

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN



**BASTÓN SENSORIAL GEOLOCALIZADOR INTELIGENTE PARA
APOYAR EN EL DESPLAZAMIENTO DE PERSONAS INVIDENTES EN
LA ORGANIZACIÓN REGIONAL DE CIEGOS DEL PERÚ –
CHICLAYO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

AUTOR

ROGER JAIME FERNANDEZ LLONTOP

ASESOR

MARLON EUGENIO VILCHEZ RIVAS

<https://orcid.org/0000-0003-2979-0731>

Chiclayo, 2021

**BASTÓN SENSORIAL GEOLOCALIZADOR INTELIGENTE
PARA APOYAR EN EL DESPLAZAMIENTO DE
PERSONAS INVIDENTES EN LA ORGANIZACIÓN
REGIONAL DE CIEGOS DEL PERÚ – CHICLAYO**

PRESENTADA POR:
ROGER JAIME FERNANDEZ LLONTOP

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

APROBADA POR:

María Ysabel Arangurí García
PRESIDENTE

Gregorio Manuel Leon Tenorio
SECRETARIO

Marlon Eugenio Vilchez Rivas
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios por ser el autor de mis días y me da
fortaleza día a día.

A mis padres por apoyarme en todo momento
de la tesis.

AGRADECIMIENTOS

A la Organización Regional de Ciegos del Perú –
Chiclayo, por brindarme su total e incondicional
apoyo.

A mi asesor de tesis Marlon Eugenio Vélchez
Rivas por ser mi guía en la presente tesis.

RESUMEN

La presente investigación, tiene como propósito de superar uno de los aspectos que limitan la normal actividad de las personas invidentes, lo cual tienen limitaciones para su desplazamiento, son una carga para su familia, son discriminados por la sociedad y no desarrollan sus actividades adecuadamente. Para ello se desarrolló un bastón sensorial geolocalizador inteligente para el desplazamiento de las personas invidentes de la Organización regional de ciegos del Perú – Chiclayo. Ante esta realidad, es importante formular la siguiente pregunta ¿De qué manera se podría apoyar en el desplazamiento de las personas invidentes de la Fundación Once para la Solidaridad con Personas Ciegas de América Latina (FOAL) – Chiclayo?

Frente a esta pregunta se determinó que el bastón sensorial geolocalizador inteligente, permitirá a las personas invidentes de la Organización Regional de Ciegos del Perú – Chiclayo desplazarse en su entorno con mayor confianza y seguridad.

Finalmente, se concluye que se estableció el modelo del bastón sensorial geolocalizador inteligente y sus componentes, se determinaron las características diferenciales bastón sensorial geolocalizador inteligente con respecto a otros modelos existentes, se determinó la arquitectura de la tecnología que permita dar soporte al funcionamiento del bastón sensorial geolocalizador inteligente, se diseñó e implementó el bastón sensorial con sistema de orientación y ubicación para ayudar a las personas invidentes del FOAL el cual fue probado por las personas invidentes, permitiendo hacer su vida más dinámica ya que evitarán obstáculos durante su desplazamiento, permitirá su ubicación en tiempo real, podrán comunicarse a través de llamadas y enviar mensajes de texto con sus parientes y desplazarse con mayor seguridad.

PALABRAS CLAVE: Bastón sensorial geolocalizador, bastón para ciegos, desplazamiento de personas invidentes, ciegos.

ABSTRACT

The purpose of this research is to overcome one of the aspects that limit the normal activity of blind people, which have limitations for their displacement, are a burden on their family, are discriminated against by society and do not develop their activities properly. For this, an intelligent geolocating sensory stick was developed for the displacement of blind people from the Regional Organization of the Blind in Peru - Chiclayo. Given this reality, it is important to ask the following question: How could support be given to the displacement of blind people from the Once Foundation for Solidarity with Blind People of Latin America (FOAL) - Chiclayo?

Faced with this question, it was determined that the intelligent geolocating sensory stick will allow blind people of the Regional Organization of the Blind in Peru - Chiclayo to move around in their surroundings with greater confidence and security.

Finally, it is concluded that the model of the intelligent geolocating sensory stick and its components was established, the differential characteristics of the intelligent geolocating sensory stick with respect to other existing models were determined, the architecture of the technology that allows to support the functioning of the sensory stick was determined. Intelligent geolocator, the sensor cane was designed and implemented with orientation and location system to help blind people of FOAL which was tested by blind people, allowing to make their life more dynamic since they will avoid obstacles during their movement, it will allow its location. In real time, they can communicate through calls and send text messages with their relatives and move with greater security.

KEYWORDS: Geolocating sensory cane, cane for the blind, movement of blind people, blind people.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	14
II.	MARCO TEÓRICO	17
2.1.	ANTECEDENTES	17
2.1.1.	ANTECEDENTES INTERNACIONALES	17
2.1.2.	ANTECEDENTES NACIONALES.....	18
2.1.3.	ANTECEDENTES LOCALES.....	19
2.2.	BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS	20
2.2.1.	DISCAPACIDAD VISUAL	20
2.2.1.1.	Posibles causas	20
2.2.1.2.	Concepto de baja visión	21
2.2.2.	LAS PERSONAS CIEGAS Y EL USO DEL BASTÓN	23
2.2.2.1.	Definición de persona ciega	24
2.2.2.2.	Bastón	24
2.2.3.	METODOLOGÍA RUP	27
2.2.3.1.	Definición	27
2.2.3.2.	Características	27
2.2.4.	SISTEMAS EMBEBIDOS	28
2.2.4.1.	Concepto.....	28
2.2.4.2.	Clasificación	28
2.2.4.3.	Ciclo de vida.....	28
2.2.5.	GEOLocalIZACIÓN.....	29
2.2.5.1.	Tipos de geolocalización.....	29
2.2.6.	ARDUINO	29
2.2.6.1.	Tipo de arduino	30
2.2.7.	SENSORES.....	31
2.2.8.	MOTORES VIBRADORES	31
2.2.9.	OPEN DATA.....	32
2.2.10.	APLICACIÓN MÓVIL.....	32
2.2.10.1.	Tipos de aplicaciones móviles	32
2.2.11.	BATERÍA LIPO	34
2.2.11.1.	Clasificación de baterías lipo.....	34
2.2.11.2.	Potencia de batería lipo.....	35

2.2.11.3. Voltaje ideal de una batería lipo	35
III. METODOLOGÍA	36
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	36
3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	36
3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	36
3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	36
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	36
3.3.1. POBLACIÓN	36
3.3.2. MUESTRA	37
3.3.3. MUESTREO	37
3.4. CRITERIOS DE SELECCIÓN	38
3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	38
3.5.1. VARIABLES	38
3.5.1.1. Variable independiente	38
3.5.1.2. Variable dependiente	38
3.5.2. INDICADORES (OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES)	39
3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	40
3.7. PROCEDIMIENTOS	40
3.7.1. METODOLOGÍA DE DESARROLLO	40
3.7.2. ANÁLISIS DE RIESGOS	41
3.7.3. PRODUCTO ACREDITABLE	42
3.7.4. MANUAL DE USUARIO	42
3.8. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	43
3.9. MATRIZ DE CONSISTENCIA	44
3.10. CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	45
IV. RESULTADOS	46
4.1. EN BASE A LA METODOLOGÍA UTILIZADA	46
4.1.1. ITERACIÓN #1: PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO	46
4.1.2. ITERACIÓN #2: ANÁLISIS PRELIMINAR DE REQUERIMIENTOS – MODELADO DE NEGOCIO.....	59
4.1.3. ITERACIÓN #3: ANÁLISIS PRELIMINAR DE REQUERIMIENTOS – CASOSX DE USO.....	61

4.1.4.	ITERACIÓN #4: ANÁLISIS	63
4.1.5.	ITERACIÓN #5: REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO DEL PROTOTIPO	69
4.1.6.	ITERACIÓN #6: DISEÑO DEL PROTOTIPO	80
4.1.7.	ITERACIÓN #7: INTEGRACIÓN TOTAL DEL SISTEMA	102
4.1.8.	ITERACIÓN #8: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	108
4.2.	EN BASE A LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	111
4.2.1.	IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES QUE GENERAN EL DEFICIENTE DESPLAZAMIENTO DE LAS PERSONAS INVIDENTES	111
4.2.2.	DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DIFERENCIALES DEL BASTÓN SENSORIAL GEOLOCALIZADOR INTELIGENTE CON RESPECTO A OTROS MODELOS EXISTENTES	111
4.2.3.	ESTABLECIMIENTO DEL MODELO TECNOLÓGICO DEL BASTÓN SENSORIAL GEOLOCALIZADOR INTELIGENTE Y SUS COMPONENTES QUE PERMITA FACILITAR EL DESPLAZAMIENTO SEGURO DE LAS PERSONAS INVIDENTES	111
4.2.4.	DETERMINACIÓN DE LA ARQUITECTURA DE LA TECNOLOGÍA QUE PERMITA DAR SOPORTE AL FUNCIONAMIENTO DEL BASTÓN SENSORIAL GEOLOCALIZADOR INTELIGENTE.....	112
4.2.5.	VALIDACIÓN DE LA EFICIENCIA CON RESPECTO AL DESPLAZAMIENTO DE LAS PERSONAS INVIDENTES.....	113
V.	DISCUSIÓN	114
VI.	CONCLUSIONES.....	115
VII.	RECOMENDACIONES.....	116
VIII.	LISTA DE REFERENCIAS	117
IX.	ANEXOS.....	120
	ANEXO N° 01. ANÁLISIS DE RIESGOS	120
	ANEXO N° 02. ENTREVISTA AL REPRESENTANTE DE LA ORGANIZACIÓN REGIONAL DE CIEGOS.....	125
	ANEXO N° 03. ENCUESTA DIRIGIDA A LAS PERSONAS INVIDENTES.....	126
	ANEXO N° 05. CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO ACREDITABLE DE LA ENTIDAD DONDE SE EJECUTÓ LA TESIS	133

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I.....	39
TABLA II	40
TABLA III.....	44
TABLA IV.....	55
TABLA V	57
TABLA VI.....	78
TABLA VII	120
TABLA VIII.....	120
TABLA IX.....	121
TABLA X.....	122
TABLA XI.....	123
TABLA XII	124

ÍNDICE DE FIGURAS

FIG. 1. ORGANIGRAMA FOAL - CHICLAYO	46
FIG. 2. IMAGEN DE REGLETA BRAILE.....	52
FIG. 3. IMAGEN DEL BASTÓN CONVENCIONAL O LLAMADO TAMBIÉN BASTÓN BLANCO ...	52
FIG. 4. IMAGEN DE ÁBACO BRAILLE	53
FIG. 5. DIAGRAMA DEL CONTEXTO DEL NEGOCIO	59
FIG. 6. DIAGRAMA DE CASOS DE USO DEL NEGOCIO	59
FIG. 7. DIAGRAMA DE ACTIVIDADES UBICAR BASTÓN	59
FIG. 8. DIAGRAMA DE ACTIVIDADES REALIZAR DESPLAZAMIENTO.....	60
FIG. 9. DIAGRAMA DE OBJETOS DEL NEGOCIO UBICAR BASTÓN	60
FIG. 10. DIAGRAMA DE OBJETOS DEL NEGOCIO REALIZAR DESPLAZAMIENTO	61
FIG. 11. MODELO DEL DOMINIO	61
FIG. 12. DIAGRAMA DE CONTEXTO	61
FIG. 13. DIAGRAMA DE CASOS DE USO	62
FIG. 14. PAQUETE DE ANÁLISIS	63
FIG. 15. DIAGRAMA DE REALIZACIÓN DE CASOS DE USO DE ANÁLISIS.....	63
FIG. 16. D.C.A. R.C.U.A. GESTIONAR PARIENTE	63
FIG. 17. D.C.A. R.C.U.A. GESTIONAR INVIDENTE.....	64
FIG. 18. D.C.A. R.C.U.A. IDENTIFICAR UBICACIÓN DEL INVIDENTE.....	64
FIG. 19. D.C.A. R.C.U.A. VISUALIZAR RUTA	64
FIG. 20. D.C.A. R.C.U.A. CORREGIR RUTA	65
FIG. 21. D. COL. R.C. U. A. GESTIONAR PARIENTE	65
FIG. 22. D. COL. R.C. U. A. GESTIONAR INVIDENTE.....	66
FIG. 23. D. COL. R.C. U. A. IDENTIFICAR UBICACIÓN DEL INVIDENTE.....	66
FIG. 24. D. COL. R.C. U. A. VISUALIZAR RUTA	66
FIG. 25. D. COL. R.C. U. A. CORREGIR RUTA	67
FIG. 26. D. C. P. GESTIONAR PARIENTE	68
FIG. 27. D. C. P. GESTIONAR INVIDENTE	68
FIG. 28. D. C. P. IDENTIFICAR UBICACIÓN DEL INVIDENTE.....	68
FIG. 29. D. C. P. VISUALIZAR RUTA	68
FIG. 30. D. C. P. CORREGIR RUTA	68
FIG. 31. DIAGRAMA DE CLASES GENERAL	69
FIG. 32. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE TIPOS DE SENSORES ULTRASÓNICOS [36] [37] [38] [39] [40]	72
FIG. 33. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE TIPOS DE MÓDULOS GSM [36] [37].....	73

FIG. 34. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE TIPOS DE MÓDULOS GPS [41] [42].....	75
FIG. 35. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MOTORES VIBRADORES [43] [44] [45].....	76
FIG. 36. IMAGEN DEL MÓDULO DE ORIENTACIÓN	81
FIG. 37. IMAGEN DE LA ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE ORIENTACIÓN.....	82
FIG. 38. DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE ORIENTACIÓN	85
FIG. 39. CÓDIGO PARA DETERMINACIÓN DE DISTANCIA DEL SENSOR HC – SR04	86
FIG. 40. DECLARACIÓN DE LA FUNCIÓN “ULTRA. RANGING”	86
FIG. 41. CÓDIGO DE LOS MOTORES VIBRADORES	87
FIG. 42. CONFIGURACIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES	87
FIG. 43. LÓGICA DEL PROGRAMA.....	88
FIG. 44. IMAGEN DEL MODELO DE UBICACIÓN	89
FIG. 45. ESTRUCTURA DEL MODELO DE ORIENTACIÓN	90
FIG. 46. DIAGRAMA DE FLUJO DE SMS.....	92
FIG. 47. DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS	92
FIG. 48. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DEFINICIÓN DE VARIABLES Y LIBRERÍAS	93
FIG. 49. CÓDIGO PARA OBTENCIÓN DE COORDENADAS DE MODULO GPS	94
FIG. 50. CONFIGURACIÓN DE MÓDULO GPS Y SIM800L.....	94
FIG. 51. LÓGICA DEL PROGRAMA.....	95
FIG. 52. IMÁGENES DEL APLICATIVO MÓVIL	96
FIG. 53. IMAGEN DE LA ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE LA APLICACIÓN MÓVIL	96
FIG. 54. IMAGEN DE LA PANTALLA DE ACCESO COMO ADMINISTRADOR.....	97
FIG. 55. IMAGEN DE LA PANTALLA DE REGISTRO DE DATOS DE PARIENTES E INVIDENTES	98
FIG. 56. IMAGEN DE PANTALLA DE REPORTE DE RUTAS (1)	99
FIG. 57. IMAGEN DE PANTALLA DE REPORTE DE RUTAS (2)	99
FIG. 58. IMAGEN DE LA PANTALLA DE ACCESO DEL USUARIO	100
FIG. 59. IMAGEN DE PANTALLA DE UBICACIÓN EN TIEMPO REAL.....	101
FIG. 60. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN.....	102
FIG. 61. IMAGEN DE ETAPA DE ALIMENTACIÓN	103
FIG. 62. IMAGEN DE ETAPA DE UBICACIÓN.....	103
FIG. 63. IMAGEN DE ETAPA DE ORIENTACIÓN.....	104
FIG. 64. IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO	104
FIG. 65. IMAGEN DE TODOS LOS DISPOSITIVOS MONTADOS EN EL PROTOTIPO	105
FIG. 66. IMAGEN DE LA CONEXIÓN DE ARDUINO NANO Y MÓDULO SIM 800L	105
FIG. 67. IMAGEN DE LA CONEXIÓN DE ARDUINO NANO Y GPS NEO 6M.....	106

FIG. 68. IMAGEN DE LA CONEXIÓN DE ARDUINO NANO CON LOS SENSORES HC – SR04 Y MOTORES VIBRADORES	107
FIG. 69. IMAGEN DEL MONTAJE TOTAL DEL PROTOTIPO BASTÓN INTELIGENTE	107
FIG. 70. IMAGEN SOBRE LAS PRUEBAS DEL SISTEMA DE ORIENTACIÓN.....	108
FIG. 71. IMÁGENES DE PRUEBA DEL SISTEMA DE UBICACIÓN	110

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación, tiene como propósito superar uno de los distintos aspectos que limitan la normal actividad de las personas que padecen de discapacidad visual parcial o total. Según un estudio de la Organización Mundial de la Salud [1] se sabe que alrededor del mundo existen aproximadamente 285 millones de personas con dicha capacidad, de las cuales 39 millones son ciegas y 246 millones presentan baja visión. Aproximadamente un 90% de la carga mundial de discapacidad visual se concentra en los países de ingresos bajos. El 82% de las personas que padecen ceguera tienen 50 años o más. Se puede afirmar de las investigaciones revisadas que la distribución mundial de las principales causas de discapacidad visual es como sigue: errores de refracción (miopía, hipermetropía o astigmatismo) no corregidos 43%; cataratas no operadas 33% y glaucoma 2%”. Según la Agencia Peruana de Noticias ANDINA [2] existen cerca de 160,000 personas invidentes de las que casi 600,000 sufren de alguna discapacidad visual, las estadísticas a nivel nacional indican que “la principal causa de ceguera es por catarata bilateral con 47%; seguida por errores refractivos no corregidos con 15%, glaucoma con 14% y la retinopatía diabética con el 5%. El 37% de los ciegos por cataratas se encuentran distribuidos en regiones de la sierra y selva, en su mayoría población rural; el 63% restante se ubica en zonas urbano-marginales de la costa, incluyendo Lima y Callao”. En la ciudad de Chiclayo se encuentra la Fundación Once para la Solidaridad con Personas Ciegas de América Latina (FOAL) [3], conformada por un grupo de discapacitados invidentes de 165 personas ciegas. Para determinar la situación problemática del contexto en estudio, se aprecia que el bastón convencional, es una herramienta con el cual las personas invidentes del FOAL en Chiclayo, se apoyan para poder desplazarse, pero no de una manera segura; ya que presenta limitaciones, esto afecta el desarrollo de sus actividades normales, haciéndolo dependiente de alguien cuando quiera ir a otro lugar, en lo referido a lo social el resto de personas lo ven como una carga por su discapacidad teniendo que estar con ella en todo momento sufriendo daños psicológicos como discriminación, aislamiento, que provocan limitantes en su accionar, frustración, etc., que en general disminuyen su autoestima.

La presente tesis denominada “BASTÓN SENSORIAL GEOLOCALIZADOR INTELIGENTE PARA APOYAR EN EL DESPLAZAMIENTO DE PERSONAS INVIDENTES EN LA ORGANIZACIÓN REGIONAL DE CIEGOS DEL PERÚ – CHICLAYO”, se inicia con el propósito de desarrollar un bastón sensorial geolocalizador inteligente para el desplazamiento de las personas invidentes de la Organización regional de ciegos del Perú – Chiclayo.

Ante esta realidad, es importante formular la siguiente pregunta ¿De qué manera se podría apoyar en el desplazamiento de las personas invidentes de la Fundación Once para la Solidaridad con Personas Ciegas de América Latina (FOAL) – Chiclayo?

Frente a esta pregunta y la necesidad de profundizar el problema, se estableció que el bastón sensorial geolocalizador inteligente, permitirá a las personas invidentes de la Organización Regional de Ciegos del Perú – Chiclayo desplazarse en su entorno con mayor confianza y seguridad.

Para lograrlo, se identificaron los factores que generan el deficiente desplazamiento de las personas invidentes, se determinaron las características diferenciales del bastón sensorial geolocalizador inteligente con respecto a otros modelos existentes, se estableció el modelo tecnológico del bastón sensorial geolocalizador inteligente y sus componentes que permita facilitar el desplazamiento seguro de las personas invidentes, se determinó la arquitectura de la tecnología que permita dar soporte al funcionamiento del bastón sensorial geolocalizador inteligente, se implementó el bastón sensorial y finalmente se validó su eficiencia con respecto al desplazamiento de las personas invidentes.

Esta investigación se sustenta desde el punto de vista científico porque desarrolla una solución que permitió disminuir los problemas encontrados, siguiendo las pautas metodológicas, las cuales se contrastaron a través de los indicadores establecidos en los objetivos específicos, realizando un pre test y post test a las personas invidentes con la finalidad de afirmar o negar la hipótesis planteada en esta investigación, así como enfocando la respuesta de mejora. Desde el punto de vista económico la propuesta de solución sostiene bajos costos de inversión, en beneficio de las personas invidentes, adquiriendo el dispositivo a bajo costo, lo que incide directamente en la satisfacción de las personas invidentes generando ingresos económicos para la institución que le permita seguir apoyando a estas personas con discapacidad. Como argumento social se propone que la solución

permitirá a las personas invidentes, puedan movilizarse de una manera segura, mejorar su capacidad de valerse por sí mismo logrando que la sociedad pueda verlos como personas que no generan cargas adicionales. Para el beneficiario interno, la solución propuesta permitirá disminuir el riesgo de accidentes de las personas invidentes y puedan desplazarse de una manera segura. Tecnológicamente se integra la visualización de mapas y ubicaciones con la herramienta de la Interfaz de Desarrollo de Aplicaciones (API) de Google Maps, también se considera la tecnología de Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Se han considerado para esta investigación los siguientes antecedentes:

2.1.1. Antecedentes internacionales

Ribón [4] su problemática consistía en la movilidad en las vías de Cartagena para personas con Discapacidad debido a que las calles de las ciudades no son aptas para el tránsito de las personas invidentes. Se aplicó la tecnología basada en sensores ultrasónicos. El prototipo desarrollado, permitió detectar a cierta distancia objetos, personas, animales, entre otros, que se le crucen a la persona, adaptando este sistema al bastón que ellos usan convencionalmente, dándole así más seguridad a la hora de transitar en las calles de cualquier ciudad del país. Su objetivo es la seguridad en el desplazamiento de las personas invidentes. *La presente antecedente se relaciona con la investigación, debido a que su diseño integrado y la tecnología basada en los ultrasonidos garantizan un buen margen de respuesta a los obstáculos. Se tomó en consideración esta tesis ya que su valor agregado es el apoyo a personas invidentes.*

Gutiérrez [5], centra su problemática en las personas no videntes del país de Ecuador, quienes se encuentran expuestas a una serie de problemas debido a su discapacidad, impidiendo el desarrollo de sus actividades cotidianas; así como la existencia de poca tecnología para su apoyo. Se aplicó la metodología para la gestión Tecnológico, se consiguió guiar a una persona discapacitada visualmente en la recolección de datos mediante visión artificial utilizando Python, OpenCV, una Raspberry Pi, dos cámaras web, audífonos y una batería de 2500 amperios hora, implementado todo en un prototipo portables que calcule el ángulo de desviación y la distancia del objeto con respecto del usuario. *Se tomó en cuenta esta tesis ya que su valor agregado reside en la utilización de 02 cámaras para obtener la distancia desde el usuario hacia objetos utilizando diferentes técnicas de visión artificial.*

Alvarado y Muñoz [6], centra su problemática en la falencias que carecen las diferentes herramientas y dispositivos orientadas al

apoyo de las personas invidentes, limitándose solo a detectar obstáculos estáticos, la metodología empleada se basa en la creación de redes neuronales artificiales a partir del algoritmo genético cooperativo evolutivo (AGCC). Se diseñó e implemento un sistema anticolidión para invidentes, que usa redes neuronales artificiales evolutivas (RNAE), los resultados del sistema diseñado fueron la eficacia de las redes neuronales para dar una respuesta, detectando objetos estáticos como en movimiento y proporcionando así seguridad al invidente, evitando que colisione con objetos. *Este trabajo de investigación se tomó en cuenta ya que se emplea la inteligencia artificial a través de redes neuronales para el apoyo a resolver problemas ocasionados por la discapacidad visual de los invidentes.*

2.1.2. Antecedentes nacionales

Quezada [7], define la problemática de su tesis en las dificultades que presentan las personas ciegas al desarrollar sus actividades en el día a día, ya sea a la hora de desplazarse de un lugar a otro, la metodología que utilizo se basa en la investigación cualitativa. se desarrolló un dispositivo electrónico, la cual es capaz de detectar objetos, desniveles, con una distancia máxima de detección de 150 centímetros, permitiendo que las personas invidentes pueden desplazarse con mayor seguridad. *Se tomó en consideración ya que el proyecto desarrollado se enfoca en el apoyo de las personas invidentes.*

Parra [8] centra su problemática en las personas invidentes de nuestro país Perú, ya que carecen de medios tecnológicos que sirvan como apoyo en el desplazamiento de las personas que conviven con esta discapacidad, la metodología utilizada es la metodología para la gestión Tecnológico, Se logró diseñar un dispositivo el cual detecta y brinda información de la distancia, hasta 2.20 metros con paredes y objetos con superficies planas; y orientación (centro, derecha e izquierda) de obstáculos mediante el uso de sensores ultrasónicos. El dispositivo brinda dicha información a través de una pantalla LCD, motores vibradores y una señal sonora, de esta manera el

invidente puede ser advertido de obstáculos, teniendo como finalidad el desplazamiento de una manera más segura. *Se tomó en consideración ya que la finalidad es mejorar el desplazamiento de las personas invidentes en el Perú.*

Lizágarra [9] centra su problemática en la discapacidad visual de las personas invidentes limitándonos de sus actividades diarias, la metodología utilizada se centra en la investigación empleando el estudio descriptivo – explicativo, se propone diseñar un bastón Electrónico con sensores para mejorar el modo de vida de los invidentes, los resultados obtenidos se determina en el interés de las personas con discapacidad visual ya que tendrán más seguridad en el desplazamiento diario. *El presente trabajo de investigación se tomó en cuenta por que está orientado a la implementación de un dispositivo electrónico, empleando componentes electrónicos para el apoyo de las personas invidentes.*

2.1.3. Antecedentes locales

El diario La industria [10], centra la problemática en la falta de apoyo de las autoridades hacia las personas invidentes, quienes quejan de muchos problemas debido a la discapacidad visual, pero sobre todo a impulsar en ellos el desarrollarse y valerse por sí mismo, generando puestos de trabajos que les ayuden a solventar gastos, la metodología empleada se centra en la investigación, los invidentes proyectan implementar un taller del sistema Braille, utilizando plantillas y punzones, más sobre la escritura Braille, como su historia, las series y signos lingüísticos a través de prácticas dirigidas de lectura y escritura, los resultados se darán en los participantes quienes aprenderán los aspectos básicos de dicho sistema de lectura y escritura en alto relieve, además de este modo los invidentes podrán obtener recursos económicos que podrán solventar sus gastos de otras actividades. *El siguiente informe se tomó en cuenta por que se centra en la perseverancia de las personas invidentes en generar sus propios puestos de trabajo minimizando los problemas que los a quejan.*

RPP Noticias [11] informa de la problemática de las personas invidentes centrándose en la discriminación al no ser contratados por parte de las empresas privadas y públicas pese a tener una carrera profesional, en este caso no se respetarían las leyes de inclusión social, Durante esta manifestación algunas personas se colocaron vendas en los ojos y ayudados de bastones, simularon por un momento ser ciegos, para sentir lo mismo que sienten estas personas. *La relación que se tiene con este informe son los problemas que los invidentes viven día a día.*

2.2. Bases teórico científicas

2.2.1. Discapacidad visual

Según Gómez [12] la discapacidad visual la define como una anomalía que sufren la estructura de los ojos a causa por una patología ocular o una lesión cerebral, la cual causa la disminución de la visión parcial o total de la vista.

Este contenido nos permitirá entender con más profundidad el origen, naturaleza de la discapacidad visual y algunos conceptos básicos. Su relevancia radica en que sienta las bases para proponer un producto acreditable acorde a sus necesidades.

2.2.1.1. Posibles causas

Según la OMS [13] posibles causas que generan la discapacidad visual son las enfermedades crónicas, los errores de refracción no corregidos y las cataratas no operadas son las principales causas de la discapacidad visual en los países de ingresos medios y bajos.

El texto comienza definiendo la deficiencia del órgano visual, un concepto que, según el autor causa limitaciones y constituye desventaja para el ser humano. Desde mi punto de vista puedo decir que una discapacidad visual existe cuando no podemos ver lo que la personas videntes ven, las causas como lo define la Organización Mundial de la Salud, son los errores de refracción no corregidos y las cataratas no operadas; son causas principales de la discapacidad visual, esto se debe a que en muchos países

como Perú donde los ingresos de las familias son medios o bajos, no pueden llevar un control de prevención para evitar enfermedades como la discapacidad visual que conlleva a la pérdida parcial o total de la visión.

Cuando una persona pierde la visión parcial o total, tiene que aprender a desarrollarse en su entorno social desarrollando destrezas en otros sentidos de su cuerpo para poder sobrellevar esta enfermedad, por esta razón se tiene que buscar soluciones tecnológicas que sirvan a las personas invidentes como ayuda para desarrollarse con mayor facilidad.

2.2.1.2. Concepto de baja visión

La Asociación D.O.C.E [14] definen la baja visión Como una disminución de las funciones visuales, no recuperable por tratamiento y/o corrección refractiva. Se considera paciente de baja visión a todo aquel cuya agudeza visual esté comprendida entre 0.05 y 0.3, en el mejor ojo y/o un campo visual inferior a 20° en el mejor ojo. Estos pacientes mantienen una visión útil, a la que se denomina resto visual.

El concepto de baja visión difiere del de ceguera. Las personas con baja visión son capaces de utilizar su resto visual para poder seguir realizando algunas actividades diarias. Sin embargo, hay que diferenciarlo del concepto de ceguera legal, que alude a aquellas personas con una agudeza visual inferior a 1/10 y/o un campo visual inferior a 10°, siendo en este caso muy difícil la rehabilitación visual.

Los pacientes considerados de baja visión pueden sufrir, como consecuencia de su deficiencia visual, una serie de alteraciones psicológicas. Alteraciones estas tan importantes que se deben tener en cuenta a la hora de intentar una rehabilitación visual o la adaptación de ayudas,

ya que este estado psicológico puede interferir en la predisposición del paciente para su recuperación.

Habitualmente, un paciente que sufre una pérdida de visión entra en un proceso de adaptación a la nueva situación.

Causas de la deficiencia visual

Cózar [15] manifiesta que la deficiencia visual puede aparecer por diversos motivos, la más frecuentes, son las que afectan al globo ocular, destacando como más importantes:

Mandal [16] afirma que son muchas las causas que conllevan a que una persona sufra las consecuencias de la deficiencia visual, tales como daño al ojo, condiciones heredadas, infecciones, entre otras causas. A continuación, describo las principales causas:

Daño a los ojos: Son causadas por las actividades diarias que una persona realiza utilizando dispositivos electrónicos, por algún golpe que sufra jugando algún deporte que comprometa el órgano de la vista, así como golpes por accidentes de tránsito; los cuales hacen que la vista sufra debilitaciones visuales.

Heredadas: Es una condición congénita causada por un trastorno o estado patológico caracterizada por la pérdida funcionales del órgano de la vista.

Infecciones de los ojos: Se dan por los contagios virales como el sarampión alemán que se trasmite de la fuente madre al feto durante el embarazo convertido en un bebé nacido con discapacidad visual.

Ambliopía: Es una enfermedad que se da en las personas en una edad temprana a causa de la disminución visual por falta de estimulación entre ambos ojos, por lo que el cerebro favorece a un ojo más que el otro.

Catarata: Esta enfermedad mayormente se da por el envejecimiento de las personas por el pasar de los años, el cual ocasiona la pérdida de transparencia del lente natural

del ojo que es el medio por donde pasan los rayos de luz que llegan a la retina para luego formarse las imágenes, por esta razón al opacarse el lente ocasiona que los rayos de luz no lleguen de manera nítida hacia la retina por lo que las personas sufren pérdida progresiva de la visión.

Retinopatía diabética: La Retinopatía Diabética, es una enfermedad crónica que afecta al metabolismo aumentando en exceso el azúcar en la sangre, produciendo que se dañen los vasos sanguíneos de la retina y como efecto causa la ceguera, también se puede decir que aumenta el riesgo de padecer otras enfermedades como glaucoma, cataratas y otras enfermedades.

Glaucoma: Es una enfermedad que se caracteriza por afectar el sistema nervioso de la vista, debido a que se obstruye el sistema de drenaje por donde fluye el líquido intraocular del ojo, haciendo que este se acumule y causando presión ocular en el interior del ojo, dañándose el nervio óptico y conllevando a la pérdida de la visión.

Degeneración macular relativa a la edad: Esta enfermedad se caracteriza por la degeneración visual por causa del pasar de los años, quien destruye lentamente la visión, la cual dificulta la lectura y de manera nítida.

Discapacidad visual relacionada con el sida: Esta enfermedad se debe a que afecta todo el sistema inmunológico del cuerpo, por lo que las diversas áreas del cuerpo pueden contraer una infección, incluyendo al ojo, ocasionando la pérdida total de la vista.

2.2.2. Las personas ciegas y el uso del bastón

En una publicación ALMEIRA 360 [17] comenta que para muchas de las personas que sufren con discapacidad visual, parcial o total, el bastón es una herramienta con el cual se identifican y que sirven para detectar y esquivar obstáculos que se les presentan en su desplazamiento. La mayoría de las personas desconocen las técnicas

de uso de esta importante herramienta, la cual debe ser adecuada y que existen muchos modelos en el mercado.

Con el siguiente contenido, podemos definir las características físicas del futuro bastón sensorial, de tal manera que sea posible un prototipo que se acomode a sus necesidades. Su relevancia radica en definir las características estándares del bastón sensorial propuesto.

2.2.2.1. Definición de persona ciega

La ASOCIACIÓN D.O.C.E [18] define a una persona ciega son aquellas que no pueden ver nada o tienen una ligera percepción de visión que pueden identificar la luz y oscuridad, pero la forma de los objetos.

2.2.2.2. Bastón

La Organización Nacional de Ciegos Españoles – ONCE [19] nos indica que el bastón blanco, conocido también como bastón largo o de Hoover, es fabricado con tubos de material de aluminio hueco y recubierto de material plástico, en la parte inferior lleva un base de jebe o de metal que sirve como base para afirmar el bastón, en la parte superior lleva un mango de goma para que pueda ser cogida con facilidad. Puede ser rígido o plegable. El bastón rígido se podría decir que debido a su estructura sólida transmite mejor las sensaciones táctiles, mientras que el bastón plegable es más fácil de portar ya que se puede guardar en cualquier lugar pequeño y es más apropiado para personas que no lo usan muy seguido.

En cuanto a la medida, debe llegar hasta la apófisis xifoides del esternón, siendo las medidas más comunes 1.05; 1.10; 1.15 y 1.20 metros. Es muy importante respetar la altura apropiada para cada persona ya que un bastón muy corto no permitirá anticipar lo suficiente los obstáculos u obligará a posturas incorrectas con el consiguiente perjuicio físico mientras que un bastón muy largo resultará incómodo y tampoco permitirá la toma correcta. [17]

Técnicas de uso

Basándonos en la definición de Cuapio [20] podemos manifestar que la práctica en el uso del bastón debe ser constante como para que el usuario lo utilice de manera adecuada y forma segura. Hay muchas técnicas que la persona debe aprender para el uso adecuado del bastón (como la de la Técnica diagonal y Técnica rítmica).

a. Técnica diagonal

Es la técnica que se utiliza para el desplazamiento en el interior de un lugar que la persona no conoce. Consta en colocar el bastón en forma diagonal, delante del cuerpo de modo que el golpe pueda ser amortiguado. Se toma colocando la parte interna de la muñeca hacia abajo, con el dedo índice extendido y colocando el bastón a unos 30° del cuerpo de manera que la punta quede (sin tocar el suelo) delante del pie del lado contrario al que sostiene el bastón. [17]

b. Técnica rítmica

Es la técnica que permite a las personas desplazarse de una manera más segura y de manera independiente en exteriores de lugares conocidos y no conocidos. Consiste en mover en forma de barrido el bastón delante del cuerpo mientras se camina con la finalidad de detectar obstáculos en el camino. [17]

Para ello es importante que:

- El bastón se debe sostener de forma correcta, es decir con la muñeca apoyada en el centro del cuerpo, el dedo índice en extensión (a fin de posibilitar una buena percepción táctil e imprimirle direccionalidad al movimiento), ubicando el bastón extendido hacia delante de modo que la punta quede delante del pie que comenzará la marcha.

- La posición del brazo sea la adecuada, es decir que esté con el hombro relajado en posición primaria (sin que se extienda hacia delante ni hacia atrás, ni esté elevado ni caído), el brazo al costado y el antebrazo apoyado delante del cuerpo formando un ángulo de 90° con respecto al brazo de forma de posibilitar la correcta toma.
- El movimiento de la muñeca se realice en forma recta de derecha a izquierda evitando movimientos circulares que imprimirían al bastón una dirección incorrecta.
- El arco sea el adecuado, es decir levemente más ancho que el ancho del cuerpo de modo que al moverse el bastón anticipe en forma efectiva el sitio en que la persona va a pisar. El bastón debe tocar el suelo en los extremos derecho e izquierdo del arco levantándose levemente del piso (en el caso de la técnica de dos puntos) o deslizándose (en el caso de la técnica de contacto constante).
- El ritmo se realice de modo que el bastón toque el suelo del lado derecho mientras que el pie izquierdo se adelanta y viceversa.

c. Movilidad y orientación de los invidentes

El movimiento es un elemento básico para el aprendizaje. Cuando el invidente explora y tiene contacto físico con su mundo es cuando el aprendizaje se lleva a cabo. Las personas que padecen de incapacidades de la vista típicamente necesitan que se les anime a explorar su medioambiente. Para ellos el mundo puede ser desconcertante e impredecible, o puede no ofrecerles motivación. [21]

El entrenamiento en Orientación y Movilidad (O & M) ayuda al niño ciego o incapacitado de la vista a darse

cuenta en donde está y a dónde desea ir (orientación). También lo ayuda a poder llevar a cabo su plan de moverse a dónde quiere ir (movilidad). El desarrollo de las habilidades de orientación y movilidad debe iniciarse en la infancia, comenzando a concientizarlo de su cuerpo y movimiento. Esta concientización debe continuar sin interrupción hasta que el niño se convierta en adulto, al ir aprendiendo habilidades que le permitan navegar su mundo de manera eficiente, eficaz y segura. [21].

2.2.3. Metodología RUP

El contenido que se desarrollará a continuación, permitió entender la presente metodología y ponerla en práctica para el desarrollo del software para el bastón sensorial, definiendo sus etapas y características.

2.2.3.1. Definición

Es una metodología de desarrollo de software que se basa en componentes e interfaces, haciendo uso del Lenguaje Unificado de Modelado (UML). Es una de las más usadas para el análisis, implementación y documentación de los sistemas orientados a objetos. [22]

2.2.3.2. Características

- **Orientado a los casos de uso:** Que reflejan las necesidades de los usuarios futuros, definiéndolos desde el modelado de negocio y representándolo a través de los requerimientos funcionales.
- **Centrado en la arquitectura:** Describe cada uno de los elementos que componen la estructura del futuro sistema. Se representa a través de vistas en las que se incluyen diagramas UML
- **Iterativo e Incremental:** El cual involucra a cada una de las iteraciones o flujos de trabajo de forma planificada. [22]

2.2.4. Sistemas embebidos

Este marco teórico, permitió establecer la base científica para el desarrollo del bastón sensorial, especificando cada uno de las etapas y actividades de su ciclo de vida para el desarrollo del prototipo que se define en la presente tesis. Su relevancia radica en que es la hoja de ruta a seguir para la implementación del bastón sensorial.

2.2.4.1. Concepto

“Es un conjunto de dispositivos electromecánicos que interactúan bajo una estrategia de control, previamente programada e incrustada en dichos dispositivos, a fin de lograr una respuesta rápida, eficiente y local ante los cambios percibidos” [23]

“Hace referencia a todo circuito electrónico digital capaz de realizar operaciones de computación, generalmente en tiempo real, que sirven para cumplir una tarea específica de un producto.” [24]

2.2.4.2. Clasificación

Galeano [23], los clasifica en:

- Clase 1 – Productos electrónicos de uso general.
- Clase 2 – Productos electrónicos de servicio ininterrumpido.
- Clase 3 – Productos electrónicos con alto grado de confiabilidad.

2.2.4.3. Ciclo de vida

Pérez et. Al. [25], propone el siguiente ciclo de vida para sistemas embebidos:

- **Definición de especificaciones.** Se determinan los requisitos del sistema a desarrollar
- **Diseño global.** Diseño y visión total del sistema.
- **Implementación.** Es la fase en la que se pone en práctica el diseño elaborado anteriormente.
- **Test unitario.** Verificación del correcto funcionamiento de los componentes hardware y software.

- **Integración.** Unión de todos los módulos que forman parte del sistema.
- **Test operacional.** Realización de las últimas pruebas sobre un escenario real para identificar los errores y obstáculos.

2.2.5. Geolocalización

La geolocalización es un proceso capaz de ubicar la posición geográfica a través de coordenadas que determina la posición de un punto en el espacio. [26]

Este contenido es de mucha importancia y relevancia ya que forma parte del valor agregado del producto acreditable, ya que será posible la ubicación en tiempo real de la persona invidente, permitiendo que pueda desplazarse sin inconvenientes y desarrolle normalmente sus actividades cotidianas.

2.2.5.1. Tipos de geolocalización

- **GPS:** Es un sistema de posicionamiento global de localización, creado por el departamento de defensa de Estados Unidos con fines militares, que permite determinar posición, velocidad y tiempo; además utiliza una red de ordenadores y 24 satélites, para determinar triangulación, altitud, longitud de cualquier objeto en la superficie terrestre. [27]
- **GSM:** Es un sistema global para comunicaciones móviles implementado mediante la combinación de satélites y antenas terrestres; también conocidas como tecnología móvil 2G o de segunda generación. [27]
- **WIFI (WPS):** Es un sistema estándar de seguridad de red, que nos permite conectarnos de forma inalámbrica y simplifica el acceso. [27]

2.2.6. Arduino

Arduino [28] es una plataforma electrónica de código abierto (Open Source) basada en hardware y software fáciles de usar. Se programa usando el “Arduino Programming Language” (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.

Debido a que la plataforma electrónica de Arduino es fácil de interactuar con el usuario, es económica, su entorno de programación es simple y claro y es de código abierto extensible tanto en hardware como en software, simplificó el proceso de trabajo con microcontroladores, permitiendo que el ensamblaje del resto de componentes y el software se integren adecuadamente, admitiendo la interoperabilidad entre ellos.

2.2.6.1. Tipo de arduino

Existen varios tipos de Arduino, tales como:

- **Duemilanove:** Es una placa con microcontrolador basada en el ATmega168 (datasheet) o el ATmega328 (datasheet)., Tiene 14 pines con entradas/salidas digitales (6 de las cuales pueden ser usadas como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un cristal oscilador a 16Mhz, conexión USB, entrada de alimentación, una cabecera ISCP, y un botón de reset. [28]
- **Mega:** El Arduino Mega es una placa microcontrolador basada ATmeg1280 (datasheet). Tiene 54 entradas/salidas digitales (de las cuales 14 proporcionan salida PWM), 16 entradas digitales, 4 UARTS (puertos serie por hardware), un cristal oscilador de 16MHz, conexión USB, entrada de corriente, conector ICSP y botón de reset. [28]
- **Nano:** El Arduino Nano es una pequeña y completa placa basada en el ATmega328 (Arduino Nano 3.0) o ATmega168 (Arduino Nano 2.x) que se usa conectándola a una protoboard. Tiene más o menos la misma funcionalidad que el Arduino Duemilanove, pero con una presentación diferente. No posee conector para alimentación externa, y funciona con un cable USB Mini-B en vez del cable estándar. [28]

- **Pro:** La Arduino pro es una placa con un microcontrolador ATmega168 (datasheet) o en el ATmega328 (datasheet). La Pro viene en versiones de 3.3v / 8 MHz y 5v / 16 MHz. Tiene 14 E/S digitales (6 de las cuales se pueden utilizar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un resonador interno, botón de reseteo y agujeros para el montaje de tiras de pines. Viene equipada con 6 pines para la conexión a un cable FTDI o a una placa adaptadora de la casa Sparkfun para dotarla de comunicación USB y alimentación. [28]

2.2.7. Sensores

Son dispositivos que emiten señales analógicas y que las convierten magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad o un sensor capacitivo), una tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica. [29]

Este concepto nos ha hecho entender las características principales de los sensores, ya que con ello se pudo configurar su uso para que se pueda detectar los obstáculos y ayude al mejor desplazamiento. Su relevancia radica en que ayudó a la persona invidente a desplazarse correctamente, pudiendo valerse por sí mismo sin depender de otra persona.

2.2.8. Motores vibradores

Son dispositivos accionados por un motor, que por medio de un desequilibrio definido generan vibraciones mecánicas de diferentes frecuencias y amplitud.

Los vibradores interiores son herramientas eléctricas empleadas para compactar vibraciones de baja amplitud y eliminan en aire contenido en las vibraciones. [29]

Su importancia radica en que es uno de los componentes principales del bastón sensorial, ya que al vibrar alertan a la persona invidente de algún obstáculo que se presente en el camino.

2.2.9. Open data

Son datos abiertos que pueden ser utilizados, reutilizados y redistribuidos libremente por cualquier persona, y que se encuentran sujetos, cuando más, al requerimiento de atribución y de compartirse de la misma manera en que aparecen. [29]

Se usó el código abierto de la programación Arduino, ya que como es relativamente sencillo, sirve para programar la sintaxis del funcionamiento del dispositivo.

2.2.10. Aplicación móvil

Es una aplicación de software que se instala en dispositivos móviles o Tablet para ayudar al usuario en una labor concreta, ya sea para ámbito profesional o para entretenimiento.

2.2.10.1. Tipos de aplicaciones móviles

Existen tres tipos de aplicaciones móviles, que a continuación se describe:

- **Aplicaciones Nativas:** Son las que se desarrollan de forma específica para un sistema operativo determinado al que se conoce como software development kit o SDK. Cada plataforma tiene un sistema operativo diferente. Los más conocidos son iOS y Android. También existen otros como Windows Phone. [30]

La descarga o instalación de las aplicaciones nativas se realiza desde las diferentes app stores de cada dispositivo, esta aplicación no necesitan una conexión a internet para su funcionamiento [31].

Estas aplicaciones nativas tienen como ventaja la adaptación en un 100% a las funcionalidades de móvil y acceder a la mayoría de características de Hardware, su desventaja es que su costo es elevado.

➤ **Aplicaciones Web:** Estas aplicaciones pueden ser ejecutadas en cualquier dispositivo o navegador, ya que son independientes de los sistemas operativos, a diferencia de las aplicaciones nativas es que con una sola aplicación web se llega a varios dispositivos [31]. La aplicación web utiliza lenguajes muy conocidos entre los programadores como: HTML y CSS. Se ejecutan dentro del propio navegador web del dispositivo a través de una URL. Una vez que deseas utilizarla, la propia aplicación se adaptará al dispositivo que estés usando [31].

Estas aplicaciones no necesitan instalación en los dispositivos, simplemente con crear un acceso directo, servirá para utilizar la aplicación web. Aplicaciones web desarrolladas y conocidas son Google Chrome, Safari, etc.

La ventaja de esta aplicación es que su costo es económico y su desventaja es que cuenta con restricciones al acceso de ciertas características del dispositivo o como estar conectado a internet.

➤ **Aplicaciones Híbridas:** Es una combinación de la aplicación nativa con la aplicación web, estas aplicaciones se desarrollan en los lenguajes más comunes de las aplicaciones web como HTML y CSS, pueden acceder a la mayoría de características de hardware de cada dispositivo [31].

➤ Estas aplicaciones también tienen la capacidad de adaptarse a una aplicación nativa para cualquier dispositivo como Tablet, Smartphone, entre otros. Estas aplicaciones son más económicas de las otras aplicaciones descritas anteriormente, así como también se pueden instalar desde la App store y es mejor que una aplicación web [31].

2.2.11. Batería lipo

Es una poderosa opción de almacenamiento y suministro de energía eléctrica para proyectos de electrónica, robótica, Drones, sistemas embebidos y artículos de hobby. Tiene la capacidad de almacenar altas densidades de energía gracias a su componente químico, el Polímero de iones de Litio o comúnmente conocido como Polímero de Litio. De este componente químico se derivan las contracciones Li-Poli, LiPo, LiP, Li-Pol, entre otros [32].

La batería LiPo tiene amplia densidad de energía, lo que le permite mantener mayor energía durante más tiempo en comparación con otros elementos químicos que conforman a otro tipo de baterías. Con una batería LiPo vamos a obtener más energía que una batería convencional del mismo peso. [32].

Con las deficiones que se presentan a continuación, se permitió elegir de manera más acertada la fuente de alimentación, que ha permitido proveer de energía a los dispositivos que comprenden el bastón sensorial.

Finalmente, elegimos la batería lipo, porque no recalienta como las existentes en el mercado, su carga es duradera y ha sido la más apropiada para el bastón sensorial.

2.2.11.1. Clasificación de baterías lipo.

Las baterías de Lipo se clasifican de la siguiente manera:

- **NiCD (Batería de Níquel Cadmio):** Son baterías, de uso doméstico e industrial, cada vez se usa menos por el efecto memoria y al cadmio, material muy contaminante. [33]
- **NiMH (Batería de Níquel Metal Hidruro):** Este tipo de batería usa un ánodo de oxihidróxido de Níquel (NiOOH), como en la batería Ni-CD, pero el cátodo es una aleación de hidruro metálico. Esta aleación permite eliminar el cadmio, muy caro y muy contaminante para el medio ambiente. [33]
- **IonLitio (Batería de Iones de Litio):** La batería de Iones de Litio, es un dispositivo diseñado para

almacenamiento de energía eléctrica que emplea como electrolito una sal de litio que procura los iones necesarios para la reacción electroquímica reversible que tiene lugar entre el cátodo y el ánodo. [33]

- **LiPo (Batería de Polímero de Litio):** La batería de polímero de iones de litio, son pilas recargables (células de secundaria), compuestas generalmente de varias células secundarias idénticas en paralelo para aumentar la capacidad de la corriente de descarga, y están a menudo disponibles en serie de "packs" para aumentar el voltaje total disponible. [33]

2.2.11.2. Potencia de batería lipo

El voltaje de una celda en una batería es de 3.7v, y cuando la batería se utiliza, por consecuencia, este voltaje va a disminuir (se va a descargar la batería). Aquí se debe poner mucha atención para que el voltaje no disminuya por debajo de los 3.0V. [32]

2.2.11.3. Voltaje ideal de una batería lipo

El voltaje mínimo en una celda debe ser de 3.0V

El voltaje máximo en una celda de 4.2V [32]

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

Considerando a Lester y Lester (2012) citado por Hernández *et. al.* [34] el tipo de investigación de la presente tesis es aplicada y el nivel cuasi experimental, ya que “incluye tiene como justificación adelantos y productos tecnológicos”, puesto que va a “evaluar, comparar, interpretar, establecer precedentes y determinar causalidad y sus implicaciones”.

3.1.1. Tipo de investigación

Aplicada

3.1.2. Nivel de investigación

Cuasi experimental

3.2. Diseño de investigación

De acuerdo a la investigación que se desarrolló y según los estudios realizados el año 2014 por Hernández *et. al.* [34], el diseño de contrastación que se utilizó fue es la de preprueba/pos prueba con un solo grupo.

El diseño se diagrama como sigue:

G: O1 X O2

Donde:

G = Grupo se le aplica la prueba.

O1 = Observación del desplazamiento de las personas invidentes antes del uso del dispositivo.

X = Aplicación del estímulo (Bastón Sensorial Geocalizador Inteligente) (Variable Independiente)

O2 = Observación del comportamiento de los procesos de ventas y almacén después de la aplicación del sistema.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

La población objeto del estudio estuvo constituida por:

✓ **Representante de la organización** = 1

✓ **Personas invidentes** = 156

3.3.2. Muestra

La muestra se ha obtenido haciendo uso de la fórmula del *procedimiento para estimar el tamaño de la muestra representativa para una población finita* definida por Bernal [35]:

$$n = \frac{Z^2 PQN}{E^2(N - 1) + Z^2 PQ}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra por estimar.

Z = Nivel de confianza o margen de confiabilidad (95%, es decir, $Z = 1,96$).

N = Tamaño de la población (Número).

P = Proporción (intervalo, calculado a partir de los datos de la muestra, en el cual nosotros “confiamos” se encuentra la proporción de la población. En este caso $P = 0.5$).

Q = $1 - P = 0.5$.

E = Error de estimación (diferencia máxima entre la proporción muestral y la proporción proporcional que el investigador está dispuesto aceptar en función del nivel de confianza definido para el estudio. En este caso $E = 0.05 * 5\%$).

✓ Muestra 1

La muestra de la población 1 estuvo constituida por:

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 310}{0.05^2(310 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

$n = 31$ individuos

Esta muestra ha permitido entrevistar a las personas invidentes para extraer información de su experiencia con el bastón común.

3.3.3. Muestreo

La técnica de muestreo que se aplicó ha sido la de aleatorio simple teniendo como prioridad las personas con mayor grado de ceguera.

3.4. Criterios de selección

Se eligen a las personas invidentes con mayor grado de ceguera ya que son las más indicadas para realizar las pruebas de funcionamiento del bastón Geolocalizador y así pueda guiar a la persona de una manera segura sin depender de otra ayuda.

3.5. Operacionalización de variables

Las variables que se han utilizado como elementos básicos en el desarrollo de la hipótesis están identificadas de la siguiente manera:

3.5.1. Variables

3.5.1.1. Variable independiente

Bastón Sensorial Geolocalizador Inteligente

3.5.1.2. Variable dependiente

Desplazamiento de las personas invidentes

3.5.2. Indicadores (Operacionalización de variables)

TABLA I
INDICADORES

Objetivo específico	Indicador(es)	Definición conceptual	Unidad de medida	Instrumento	Definición operacional
Identificar los factores que generan el deficiente desplazamiento de las personas invidentes	Tipos de espacios de desplazamiento	Espacios donde se desplaza la persona invidente	Unidad	Cuestionario	Número de tipos de espacios de desplazamiento
	% de personas invidentes que usan un dispositivo para su desplazamiento	Porcentaje de personas que utilizan algún tipo de apoyo para su desplazamiento	Porcentaje	Cuestionario	Nro. de personas invidentes que usan un dispositivo para su desplazamiento / Nro. de personas invidentes
	% de personas invidentes que consideran útil el dispositivo para su desplazamiento	Porcentaje de personas invidentes que consideran útil el dispositivo para su desplazamiento	Porcentaje	Cuestionario	Nro. de personas invidentes que consideran útil el dispositivo para su desplazamiento / Nro. de personas invidentes
Determinar las características diferenciales bastón sensorial geolocalizador inteligente con respecto a otros modelos existentes	Características innovadoras del modelo tecnológico	Porcentaje de características innovadoras del modelo tecnológico	Porcentaje	Cuestionario	% de características innovadoras del modelo tecnológico
Establecer el modelo tecnológico del bastón sensorial geolocalizador inteligente y sus componentes que permita facilitar el desplazamiento seguro de las personas invidentes	Componentes innovadores utilizados	Nro. de componentes innovadores utilizados	Porcentaje	Cuestionario	Nro. de componentes innovadores utilizados
	Garantía de uso del bastón sensorial	Porcentaje de garantía de uso del bastón sensorial	Porcentaje	Cuestionario	% de garantía de uso del bastón sensorial
Determinar la arquitectura de la tecnología que permita dar soporte al funcionamiento del bastón sensorial geolocalizador inteligente.	Dispositivos innovadores utilizados	Nro. de dispositivos innovadores utilizados	Unidad	Cuestionario	Nro. de dispositivos innovadores utilizados
Validar la eficiencia del bastón sensorial con respecto al desplazamiento de las personas invidentes	Validación de propuesta	Aceptación de las características diferenciales del bastón sensorial	Alta / Media / Baja	Cuestionario	% de aceptación de las características diferenciales del bastón sensorial

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

A continuación, en la siguiente tabla se muestra las técnicas e instrumentos que fueron útiles para la recolección de datos.

TABLA II
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas	Instrumentos	Elementos de la población	Propósito
Entrevista	Formato de entrevista Ver Anexo N° 01	Representante de FOAL	Identificar a las personas según su grado de deficiencia visual.
Encuesta	Formato de cuestionario Ver Anexo N° 02	Personas invidentes	Identificar el problema de las personas invidentes
Observación	Formato de ficha de observación Ver Anexo N° 03	Personas invidentes	Observar que tan eficiente es el desplazamiento de la persona invidente

3.7. Procedimientos

3.7.1. Metodología de desarrollo

A continuación, se mencionan las actividades que se realizaron en cada una de las iteraciones de la metodología a seguir, en este caso RUP:

1. Iteración #1: Planificación del proyecto (Plan de sistemas)

En esta iteración se desarrollaron las siguientes actividades:

- ✓ Definición del alcance del proyecto.
- ✓ Identificación de tareas.
- ✓ Entrevistas con el representante de FOAL.
- ✓ Encuestas a las personas invidentes.
- ✓ Elaboración del plan de sistemas.

2. Iteración #2: Análisis Preliminar de Requerimientos – Modelado de Negocio

En esta iteración se desarrollaron las siguientes actividades:

- ✓ Identificación de cada uno de los procesos.
- ✓ Determinación de las actividades por cada proceso de negocio.

3. Iteración #3: Análisis Preliminar de Requerimientos – Casos de Uso

En esta iteración se desarrollaron las siguientes actividades:

- ✓ Determinación de los requisitos funcionales
- ✓ Determinación de los requisitos no funcionales.

4. Iteración #4: Análisis

En esta iteración se desarrollaron las siguientes actividades:

- ✓ Especificación de cada uno de los requerimientos funcionales.
- ✓ Identificación de las clases de análisis.

5. Iteración #5: Diseño

En esta iteración se desarrollaron las siguientes actividades:

- ✓ Diseño de la interfaz de usuario.
- ✓ Diseño de la arquitectura.
- ✓ Determinación de las clases de diseño.
- ✓ Diseño del bastón sensorial.
- ✓ Determinación de los componentes del bastón sensorial.

6. Iteración #6: Implementación y Prueba

En esta iteración se desarrollaron las siguientes actividades:

- ✓ Programación de la aplicación.
- ✓ Programación del dispositivo Arduino.
- ✓ Pruebas de campo.

3.7.2. Análisis de riesgos

El análisis de riesgos en el desarrollo de la presente tesis se efectuó con la finalidad de identificar las fases, entregables y objetivos afectados durante desarrollo de la presente tesis, las mismas de detallan en el *Anexo N° 02*.

3.7.3. Producto acreditable

1. Interfaces

Se construyeron las interfaces del Bastón sensorial geolocalizador inteligente para apoyar en el desplazamiento de personas invidentes en la Organización Regional de Ciegos del Perú – Chiclayo, las mismas que se presentan en el *ítem 4.1.6. Iteración #6: Diseño del prototipo, sección Diseño y desarrollo de aplicación móvil, en el Capítulo IV. Resultados.*

2. Diseño del prototipo

De diseñó el prototipo del Bastón sensorial geolocalizador inteligente para apoyar en el desplazamiento de personas invidentes en la Organización Regional de Ciegos del Perú – Chiclayo, el cual se detalla en el *ítem 4.1.6. Iteración #6: Diseño del prototipo, en el Capítulo IV. Resultados.*

3. Integración total del sistema

Se han unido las partes del bastón sensorial para su funcionamiento, el cual se detalla el *ítem 4.1.6. Iteración #7: Integración total del sistema, en el Capítulo IV. Resultados.*

3.7.4. Manual de usuario

Se elaboró un manual de usuario con la finalidad de ayudar a los usuarios en el uso del Bastón sensorial geolocalizador inteligente para apoyar en el desplazamiento de personas invidentes en la Organización Regional de Ciegos del Perú – Chiclayo que se implementó, la cual se muestra en el *Anexo N° 05.*

3.8. Plan de procesamiento y análisis de datos

Los datos recolectados se procesarán haciendo uso de Microsoft Excel haciendo uso de una laptop de las siguientes características:

DESCRIPCION DE COMPONENTES	CARACTERISTICAS
Sistema operativo	Windows 10 Enterprise 64-bit (10.0, Build 17134) (17134.rs4_release.180410-1804)
Idioma	Español
Marca	HP
Modelo	HP 250 G6 Notebook PC
BIOS	F.21 (Tipo: UEFI)
Procesador	Intel(R) Core(TM) i5-7200U CPU @ 2.50GHz (4 CPUs), ~2.7GHz
Memoria	4096MB RAM
Memoria SO	4012MB RAM
Paginación	6192MB used, 1819MB available

3.9. Matriz de consistencia

TABLA III
MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
<u>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</u>	<u>OBJETIVO GENERAL</u>	<u>HIPÓTESIS</u>	<u>VARIABLES DE ESTUDIO</u>
¿De qué manera se podría apoyar en el desplazamiento de las personas invidentes de la Fundación Once para la Solidaridad con Personas Ciegas de América Latina (FOAL) – Chiclayo?	Desarrollar un bastón sensorial geolocalizador inteligente para el desplazamiento de las personas invidentes de la Organización regional de ciegos del Perú – Chiclayo.	El bastón sensorial geolocalizador inteligente, permitirá a las personas invidentes de la Organización Regional de Ciegos del Perú – Chiclayo desplazarse en su entorno con mayor confianza y seguridad.	VARIABLE INDEPENDIENTE Bastón Sensorial Geolocalizador Inteligente VARIABLE DEPENDIENTE Desplazamiento de las personas invidentes
<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	<u>DESCRIPCIÓN DEL LOGRO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>		<u>INDICADORES</u>
Identificar los factores que generan el deficiente desplazamiento de las personas invidentes.	Mediante las encuestas y entrevistas que se realicen a las personas invidentes		Tipos de espacios de desplazamiento % de personas invidentes que usan un dispositivo para su desplazamiento % de personas invidentes que consideran útil el dispositivo para su desplazamiento
Establecer el modelo tecnológico del bastón sensorial geolocalizador inteligente y sus componentes que permita facilitar el desplazamiento seguro de las personas invidentes	Establecer un cuadro comparativo de las que ya existen en el mercado y establecer sus ventajas.		Componentes innovadores utilizados Garantía de uso del bastón sensorial
Determinar las características diferenciales bastón sensorial geolocalizador inteligente con respecto a otros modelos existentes.	Revisión de la literatura, análisis de los modelos existentes.		Características innovadoras del modelo tecnológico
Determinar la arquitectura de la tecnología que permita dar soporte al funcionamiento del bastón sensorial geolocalizador inteligente.	A través del diseño un modelo que se adecúe a las necesidades de las personas invidentes		Dispositivos innovadores utilizados
Validar la eficiencia del bastón sensorial con respecto al desplazamiento de las personas invidentes.	A través de los usuarios finales		Validación de propuesta

3.10. Consideraciones éticas

A continuación se listan los aspectos que se han considerado para la protección y bienestar de los participantes de esta investigación, en este caso las personas entrevistadas e invidentes encuestados, así como de la seguridad (resguardo) de los datos:

- ✓ Se aplicación técnicas de recolección de datos como encuestas y entrevistas, las cuales han sido desarrolladas con toda normalidad. En cuanto a las encuestas, éstas han sido anónimas con la finalidad de salvaguardar los datos del encuestado.
- ✓ Los datos obtenidos serán utilizados con fines netamente académicos y exclusivamente para la presente tesis.

IV. RESULTADOS

4.1. En base a la metodología utilizada

Para el desarrollo de la presente tesis considerando la fusión de dos metodologías, con la finalidad de facilitar el desarrollo del producto acreditable.

- Metodología RUP
- Metodología de sistemas embebidos

4.1.1. Iteración #1: Planificación del proyecto

A. Participantes del proyecto

- **Docente coordinador**
 - ✓ Mgtr. Ing. Marlon Eugenio Vílchez Rivas
- **Equipo del proyecto**
 - ✓ Roger Jaime Fernández Llontop
- **Contacto**
 - ✓ Mery Ordinola Farias

B. Descripción del área

- **Organigrama estructural**

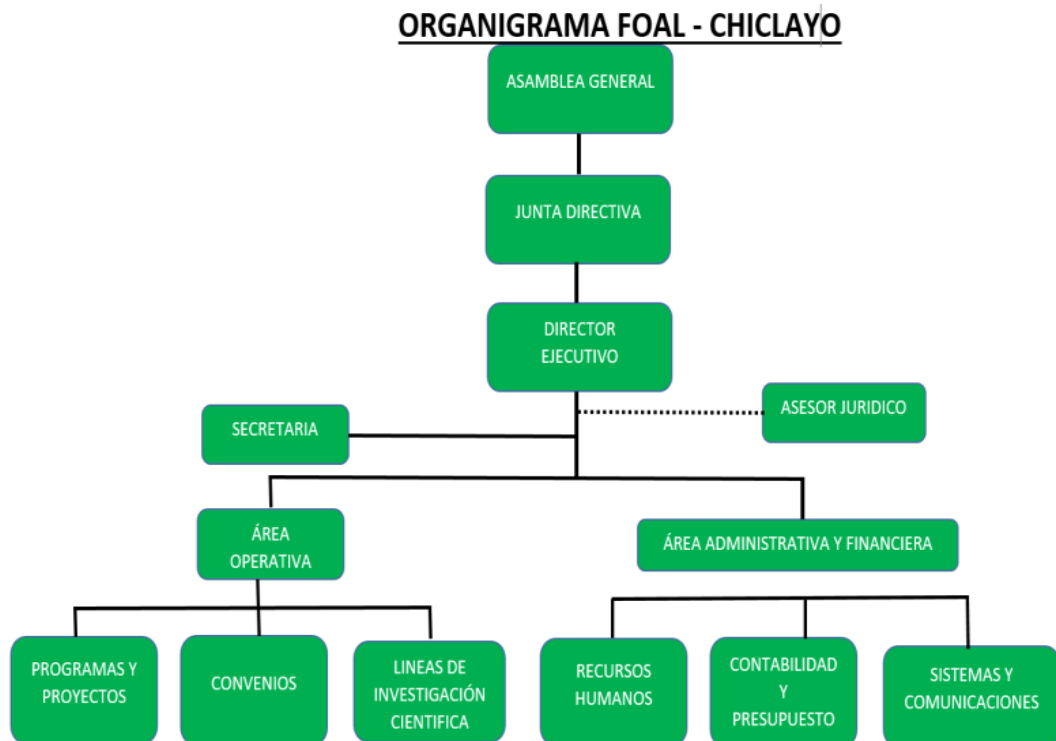


Fig. 1. Organigrama FOAL - Chiclayo

➤ **Funciones del responsable**

El responsable en su calidad de presidente de la Fundación Once América Latina – Chiclayo es la Sra. Mary Ordinola Farías que, de acuerdo con el Reglamento de Funciones, se le atribuye las siguientes funciones:

- a. Representar a la Asociación, en cuantos actos, acciones o gestiones sea necesario, figurando a la cabeza de cualquier representación de la Asociación.
- b. Convocar dentro de las normas reglamentarias las reuniones de las Asambleas Generales y la Junta Directiva.
- c. Acordar la constitución de ponencias o comisiones especiales para el estudio de un asunto concreto, sin perjuicio de las facultades que en el mismo orden corresponden a la Junta Directiva o Asamblea General.
- d. Someter a la deliberación de la Asamblea General aquellos asuntos que, habiendo sido objeto de estudio por la Junta Directiva, se estime que requieren tal acuerdo, ya sea a iniciativa propia o de un tercio, al menos, de los Vocales de la Junta que hubieran aceptado el acuerdo.
- e. Presidir las sesiones de la Asamblea General y la Junta Directiva; dirigir sus debates; conceder el uso de la palabra a los asistentes que lo soliciten; marcar el orden de las intervenciones y efectuar el señalamiento de turnos que hayan de consumirse para la defensa o impugnación del asunto; retirar, igualmente, el uso de la palabra a todo aquel que se produzca de manera inconveniente o irrespetuosa; poder obligarle a abandonar la sesión, sin perjuicio de la responsabilidad que pudiera derivarse de su actitud; determinar las cuestiones a votar y la forma de votación; disponer la suspensión de los debates sobre algún asunto y ordenar su nuevo estudio; usar de la palabra cuando lo tenga por oportuno.

- f. Firmar con el secretario la correspondencia oficial y las actas, poniendo el visto bueno a las certificaciones que el secretario expida.
- g. Hacer cumplir los acuerdos adoptados que reciba de las Asambleas Generales y de la Junta Directiva.
- h. Cuando lo estime oportuno el presidente podrá delegar alguna o algunas de estas funciones en alguno de los vicepresidentes.
- i. Proveerá los nombramientos del personal administrativo, fijando su retribución y separará de sus cargos a los mismos. Todo ello lo ratificará la Junta Directiva.

➤ **Realidad problemática**

En la ciudad de Chiclayo se encuentra la Fundación ONCE para la Solidaridad con Personas Ciegas de América Latina (FOAL), conformada por un grupo de discapacitados invidentes de 165 personas ciegas, personas que utilizan como medio de apoyo el bastón como único medio para desplazarse y detectar obstáculos, de esta manera sola la experiencia que ellos pueden ir adquiriendo, les servirán para realizar sus actividades diarias.

Es una entidad creada en 1998 por iniciativa de la ONCE (Organización Nacional de Ciegos Españoles) que trabajan para promover la plena integración educativa, social y laboral de las personas con discapacidad visual de América Latina.

El problema de las personas invidentes de la Fundación Once para la Solidaridad con Personas Ciegas de América Latina (FOAL) - Chiclayo, es que no se pueden desplazar con facilidad y de forma segura ya que muchas veces, se encuentran con obstáculos los cuales no pueden evadir y menos ser alertados por el bastón blanco o convencional; consecuencia de esto sufren golpes y fracturas en diversas zonas del cuerpo.

El bastón convencional, es una herramienta con el cual las personas invidentes de la Fundación Once para la Solidaridad con Personas Ciegas de América Latina (FOAL) – Chiclayo, se apoyan para poder desplazarse, pero no de una manera segura; ya que presenta diversas limitaciones como, por ejemplo:

1) No poder alertar obstáculos de manera segura, ya que al ser un bastón convencional no posee características que le puedan ayudar en su desplazamiento, 2) No puede detectar desniveles, esto hace que la persona tenga que adivinar” lo que hay a su alrededor, tiene que desplazar el bastón en unos 180 grados para “palpar” si es que hay algo hacia adelante y no le impida seguir con su camino, pero a pesar de ello suele tropezarse y en muchas ocasiones le causa severas lesiones, 3) No puede alertar de barreras que puedan impactar en el cuerpo del invidente de la cintura hacia la cabeza, haciendo que la persona tenga que apoyarse aparte del bastón, de una persona que lo pueda guiar en su desplazamiento; en este caso las personas de quienes dependen no tienen la disponibilidad suficiente para hacerlo dejándolos que lo hagan por si solos.

Esto limita el desarrollo de sus actividades normales, haciendo dependiente de alguien cuando quiera ir a otro lugar, en lo referido a lo social el resto de las personas lo ven como una carga por su discapacidad teniendo que estar con ella en todo momento sufriendo daños psicológicos como discriminación, aislamiento, se cohíben, se frustran, etc., disminuyendo su autoestima.

Ante ello se presenta la posibilidad de apoyar a estas personas con discapacidad, por lo que la presente tesis pretende desarrollar un dispositivo más sofisticado que pueda ayudar a los pacientes con ceguera a mejorar su calidad de vida.

Antecedentes de los diferentes problemas que presentan las personas invidentes del Fundación Once para la Solidaridad con Personas Ciegas de América Latina (FOAL) – Chiclayo.

PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL PARCIAL: En el centro del FOAL-Chiclayo, el 40% que equivale a 66 personas invidentes sufren ceguera parcial; que quiere decir que su visión es baja, por lo que estas personas no han perdido en su totalidad la visión, pudiendo aun reconocer objetos con dificultad.

PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL TOTAL: El 60 % que equivale a 99 personas invidentes que acoge el centro FOAL-Chiclayo, presentan discapacidad visual total, que quiere decir que perdieron en su totalidad la visión de la vista, por lo que no pueden reconocer ningún tipo de objeto, esto hace al invidente mucho más dependiente de otras personas para ayudarse a desplazarse y realizar otras actividades diarias.

PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL POR ACCIDENTES: El 10% que equivale a 16 personas invidentes acogidas en el centro del FOAL-Chiclayo, sufrieron accidentes de tránsito afectando en su mayoría su sistema visual y perdiendo la visión en su totalidad.

LESIONES POR TROPIEZOS: Las personas invidentes del FOAL - Chiclayo sufren lesiones por los tropiezos con objetos que no logran evadir debido a que los bastones convencionales no pueden detectar. Según lo manifestado por el Gerente del FOAL – Chiclayo, el 70% de las personas invidentes sufren al menos 2 accidentes por semana, que sumado promedio al año es de 96 accidentes por tropiezo. De las 165 personas que acoge el FOAL-Chiclayo, 15 de ellas ya han sufrido fracturas graves en diferentes partes del cuerpo y en el resto al menos una vez sufrieron accidentes

leves a causa de tropiezos o impactos que tuvieron con diferentes partes de la infraestructura del local.

MARGINADOS POR LA SOCIEDAD: Muchos de las personas invidentes acogidas por el FOAL-Chiclayo, fueron marginados por personas videntes, que nunca tuvieron ni la mínima intención de ayudarlos, al contrario, fueron empujados, maltratados y en el extremo insultado, debido a que los ven como una carga por la discapacidad visual que presentan.

C. Análisis de la situación tecnológica

➤ **Sistemas existentes**

En la institución de la Fundación ONCE América Latina – Chiclayo, no hay sistemas existentes que puedan servir como apoyo a las personas invidentes de la organización.

➤ **Aplicativos utilizados**

En la Organización Regional de Ciegos del Perú – Chiclayo, no existen aplicaciones que utilicen las personas invidentes para su apoyo en el desplazamiento.

➤ **Equipos (hardware)**

Los invidentes de la Organización Regional de Ciegos del Perú – Chiclayo, cuentan con los siguientes equipos para el apoyo de diferentes tareas que realizan día a día.

a. REGLETA BRAILLE. Es un instrumento hecho de plástico o metal y son de diferente tamaño, constan de dos planchas, la superior tiene las celdas Braille alineadas en filas y columnas, la placa inferior los puntitos que marcarán el carácter Braille. Entre ambas planchas se coloca el papel donde quedarán señalados los caracteres en Braille. Los invidentes utilizan la Regla Braille para tomar apuntes en cualquier momento, de media cuartilla o tamaño folio.



Fig. 2. Imagen de regleta braille

- b. BASTÓN CONVENCIONAL O BASTÓN BLANCO:** El bastón convencional o llamado también bastón blanco, es una herramienta con el cual las personas invidentes de la Fundación Once para la Solidaridad con Personas Ciegas de América Latina (FOAL) – Chiclayo, se apoyan para poder desplazarse, pero no de una manera segura; ya que presenta limitaciones.



Fig. 3. Imagen del bastón convencional o llamado también bastón blanco

- c. ABACO BRAILLE:** El Ábaco Braille adaptado para ciegos es un aparato de cálculo japonés, que se ha adaptado para las personas ciegas. Consiste en un bastidor de madera o plástico, de forma rectangular, dividido en un área superior y un área inferior por medio de un travesaño llamado “reglilla” central.

El Ábaco permite a los invidentes el aprendizaje manual de los algoritmos de adición, sustracción, multiplicación y división; una mejor comprensión del cálculo aritmético; el desarrollo de la creatividad y búsqueda de nuevos caminos de solución de problemas; además de la rapidez, precisión y desarrollo manual y de destrezas interdigitales.

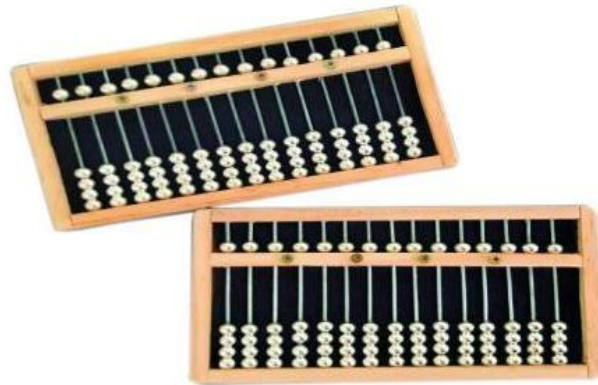


Fig. 4. Imagen de ábaco braille

D. Planificación del sistema propuesto

➤ Descripción

a. Requerimientos funcionales

- Detectar objetos cercanos al invidente para que pueda ser advertido y evitar accidentes.
- Advertir al invidente de obstáculos que se presenten en el camino.
- Realizar llamadas a su pariente accionando un botón.
- Localizar la ubicación precisa del invidente y marcar la ruta de desplazamiento origen y destino.
- Envío de mensajes de texto de manera automática accionando un botón cuando el invidente esté en peligro.
- Sincronizar datos de usuarios mediante aplicación móvil.

b. Requerimientos no funcionales

- El tiempo de la implementación del Bastón Sensorial Geo localizador es de 3 meses.

- El tiempo de energía para el uso de bastón sensorial será de 6 horas como máximo, ya que se utilizarán 1 batería Lipo de 7.4v, de 1500mAh.
- El lenguaje de programación es Arduino,

➤ **Objetivos**

a. Objetivo general

Desarrollar un bastón sensorial geolocalizador inteligente para apoyar en el desplazamiento de las personas invidentes de la Organización regional de ciegos del Perú – Chiclayo.

b. Objetivos específicos

- Identificar los factores que generan el deficiente desplazamiento de las personas invidentes.
- Establecer el modelo tecnológico del bastón sensorial geolocalizador inteligente y sus componentes que permita facilitar el desplazamiento seguro de las personas invidentes.
- Determinar las características diferenciales bastón sensorial geolocalizador inteligente con respecto a otros modelos existentes.
- Determinar la arquitectura de la tecnología que permita dar soporte al funcionamiento del bastón sensorial geolocalizador inteligente.
- Validar la eficiencia del bastón sensorial con respecto al desplazamiento de las personas invidentes.

ACTIVIDADES	MESES											
	ABRIL				MAYO				JUNIO			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
5.4 SELECCIÓN DE MOTORES VIBRADORES												
5.5 SELECCIÓN DE PLACA ARDUINO												
CAPÍTULO VI: DISEÑO DEL PROTOTIPO												
6.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE ORIENTACIÓN												
6.1.1 ESTRUCTURA DEL SISTEMA												
6.1.2 ANALISIS Y FUNCIONAMIENTO												
6.1.3 PROGRAMACIÓN												
A. DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE ORIENTACIÓN												
B. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN												
6.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE UBICACIÓN												
6.2.1 ESTRUCTURA DEL SISTEMA												
6.2.2 ANALISIS Y FUNCIONAMIENTO												
A. PROGRAMACIÓN												
B. DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE UBICACIÓN												
C. CODIGO DE PROGRAMACIÓN												
6.3 DISEÑO Y DESARROLLO DE APLICACIÓN MOVIL												
6.3.1 ESTRUCTURA DEL SISTEMA												
6.3.2 ANALISIS Y FUNCIONAMIENTO												
A. PROGRAMACIÓN												
B. CODIGO DE PROGRAMACIÓN												
CAPÍTULO VII: INTEGRACIÓN TOTAL DEL SISTEMA												
7.1 ESQUEMA CIRCUITAL DEL PROYECTO DE BASTON INTELIGENTE												
7.2 IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO												
7.2.1 IMPLEMENTACIÓN DE HARWARE												
7.2.2 CONEXIÓN ARDUINO NANO Y MÓDULO SIM 800L												
7.2.3 CONEXIÓN ARDUINO NANO Y GPS NEO 6M												
7.2.4 CONEXIÓN ARDUINO NANO, SENSORES HC – SR04 Y MOTORES VIBRADORES												
7.3 MONTAJE DEL PROTOTIPO DE BASTON INTELIGENTE												
CAPÍTULO VIII: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO												
8.1 PRUEBA DE SISTEMA DE ORIENTACIÓN												
8.2 PRUEBA DE SISTEMA DE UBICACIÓN												
CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES												
9.1 CONCLUSIONES												
9.2 RECOMENDACIONES												
CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS												

➤ Presupuesto

TABLA V
PRESUPUESTO

	ITEM	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
EQUIPOS	Laptop	1	2, 500.00	2, 500.00
	Placa Arduino Nano	1	25.00	25.00
	Sensor HC-FR04	2	10.00	20.00
	Motor Vibrador de Masa Rotativa Excéntrica	1	5.00	5.00
	Motor Vibrador Actuador Resonante Lineal	1	5.00	5.00
	Modulo GPS Ublox Neo – 6M	1	110.00	110.00
	Módulo GSM/SIM 800L	1	200.00	200.00
	Batería Lipo	2	120.00	120.00
	Cargador de Batería Lipo	1	230.00	230.00
	Cable Jumper Macho – Macho	1 Paquete	8.00	8.00
	Cable Jumper Macho – HEMBRA	1 Paquete	8.00	8.00
	Switch	1	3.00	3.00
	Estaño	2 ms	2.00	4.00
	Pistola Soldador	1	25.00	25.00
	Bastón Para Invidente	1	210.00	210.00
	SERVICIOS	Fotocopias del Material Bibliográfico	200 Hojas	0.20
Digitación e Impresión		200 Hojas	0.20	40.00
Movilidad		50 Carreras	5.00	250.00
Curso de Arduino		15 Horas	120.00	120.00
	TOTAL			4, 073.00

E. Factibilidad para el desarrollo del proyecto

➤ Factibilidad operativa

El Bastón Sensorial Geolocalizador inteligente para el apoyo de las personas invidentes está diseñada para que funcione de manera adecuada ya que utiliza dispositivos de última generación que garantizan realizar los objetivos deseados para la satisfacción de la persona invidente.

El bastón sensorial geolocalizador evidenciará un funcionamiento pleno apoyado con la sincronización, puntos de localización y la interacción de llamadas y mensajes de texto. Ante una emergencia durante el desplazamiento permitirá el envío de alertas a través de mensajes de texto al pariente.

El uso este dispositivo localiza y advierte los obstáculos que se presenten dentro del desplazamiento del invidente.

➤ Factibilidad tecnológica

El Bastón Sensorial Geolocalizador Inteligente para Apoyo de las Personas Invidentes permitirá innovar la naturaleza de los bastones convencionales existentes, integrando tecnología Arduino y la visualización de mapas y

ubicaciones con la herramienta de la Interfaz de Desarrollo de Aplicaciones (API) de Google Maps, Tecnología del Sistema GSM/SIM 800L que permitirá realizar llamadas y enviar mensajes de textos y tecnología de Sistema de Posicionamiento Global (GPS), logrando que las personas invidentes de la Organización Regional de Ciegos del Perú – Chiclayo puedan lograr un mejor desplazamiento y saber su ubicación.

➤ **Factibilidad de fechas**

El desarrollo de la implementación del Bastón Sensorial Geolocalizador Inteligente para Apoyo de las Personas Invidentes, será de acuerdo con el cronograma de actividades antes descrito, en el cual se fijan las diferentes etapas y los meses que se lograra entregar el proyecto al 100%.

➤ **Factibilidad financiera**

Los gastos de financiamiento para la implementación del Bastón Sensorial Geolocalizador Inteligente para Apoyo de las Personas Invidentes, serán cubiertos de manera personal dado a que percibo ingresos por trabajos en el rubro del comercio agrícola y actividades independientes, el costo invertido se traducirá, teniendo como base el cumplimiento de los objetivos específicos, en beneficios para las personas invidentes, quienes podrán adquirir el dispositivo a bajo costo, lo que incide directamente en la satisfacción de las personas invidentes y en el incremento de adquisición del dispositivo, lo que significa mayores ingresos económicos para el negocio.

4.1.2. Iteración #2: Análisis Preliminar de Requerimientos – Modelado de Negocio

En esta iteración se desarrollaron las siguientes actividades:

A. Diagrama de contexto de negocio

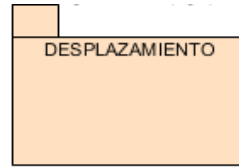


Fig. 5. Diagrama del contexto del negocio

B. Diagrama de casos de uso de negocio

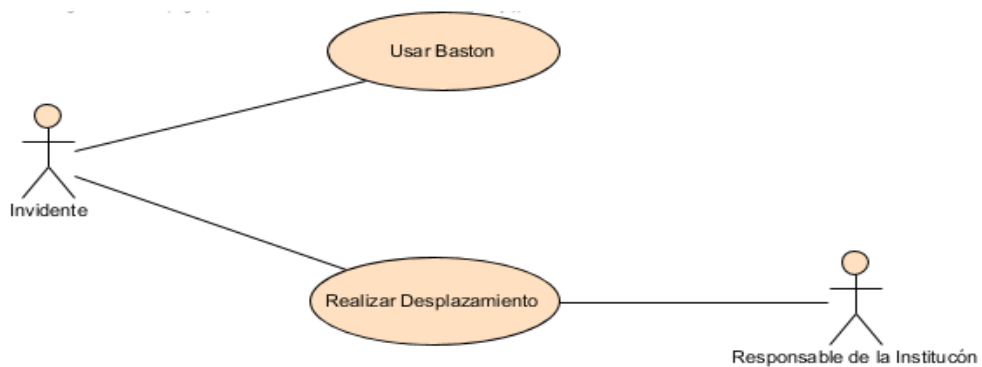


Fig. 6. Diagrama de casos de uso del negocio

C. Diagrama de actividades del negocio

➤ Ubicar bastón

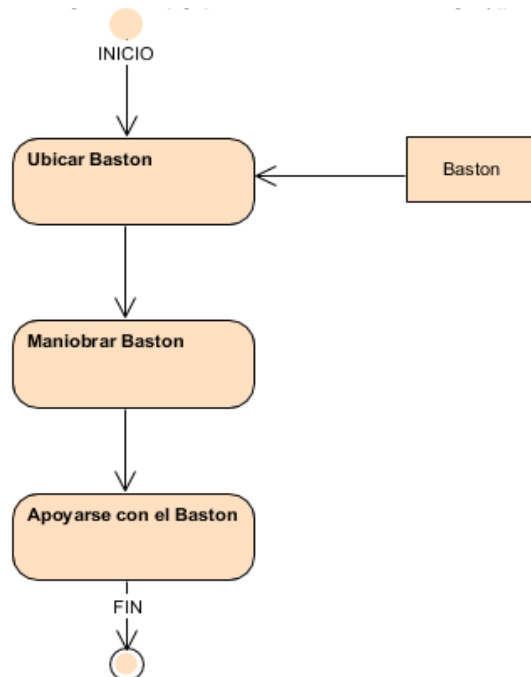


Fig. 7. Diagrama de actividades Ubicar bastón

➤ **Realizar desplazamiento**

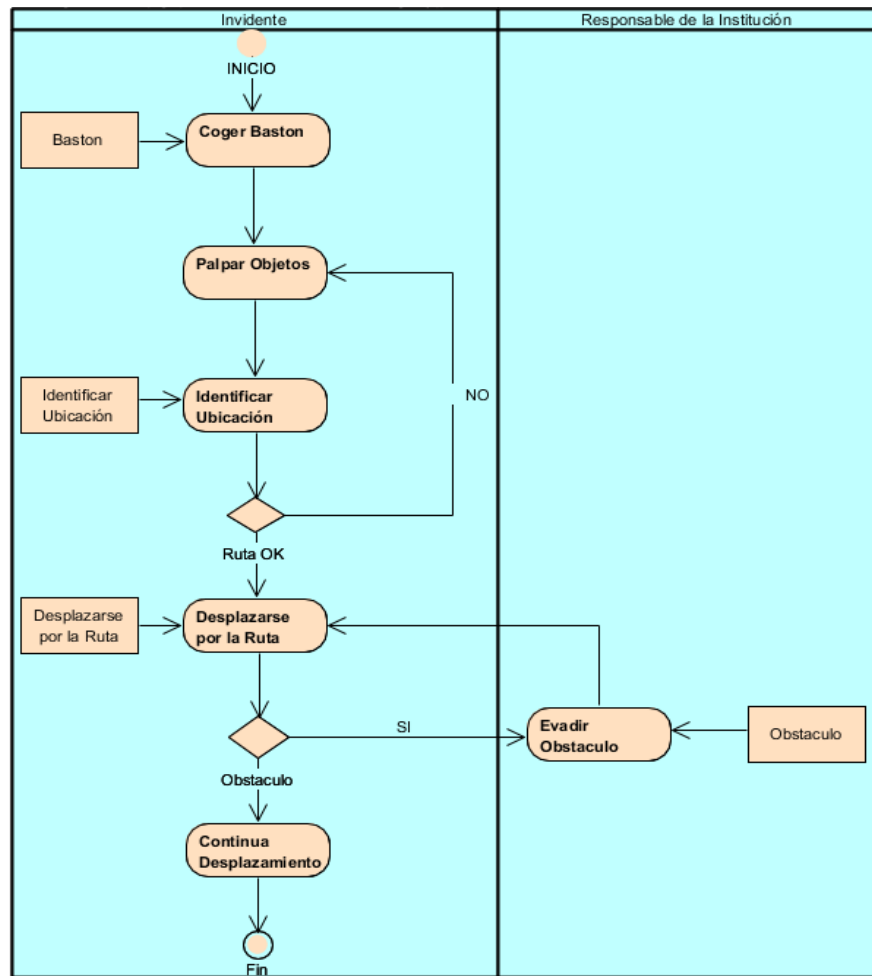


Fig. 8. Diagrama de actividades Realizar desplazamiento

D. Diagrama de objetos del negocio

➤ **Ubicar bastón**

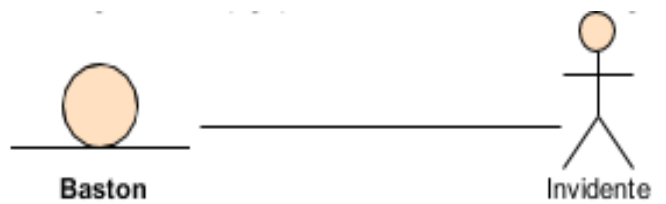


Fig. 9. Diagrama de objetos del negocio Ubicar bastón

➤ **Realizar desplazamiento**

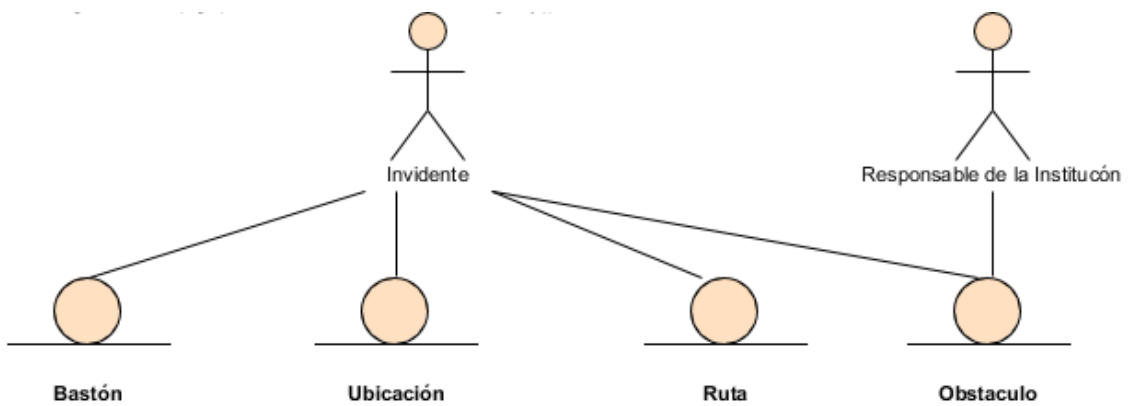


Fig. 10. Diagrama de objetos del negocio Realizar desplazamiento

E. Modelo del dominio

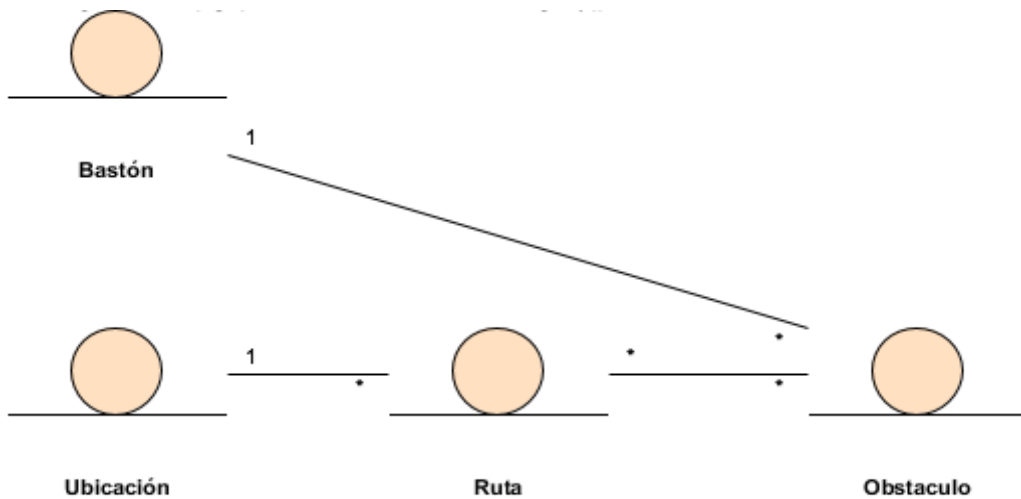


Fig. 11. Modelo del dominio

4.1.3. Iteración #3: Análisis Preliminar de Requerimientos – Casos de Uso

En esta iteración se desarrollaron las siguientes actividades:

A. Diagrama de contexto

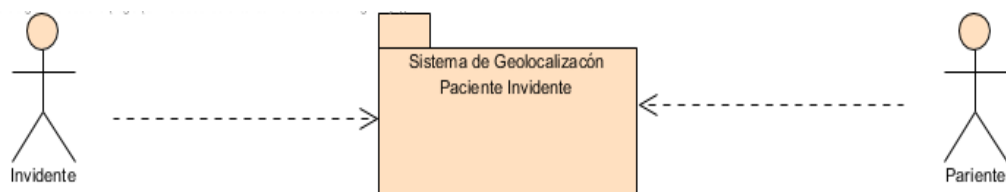


Fig. 12. Diagrama de contexto

B. Diagrama de Casos de Uso

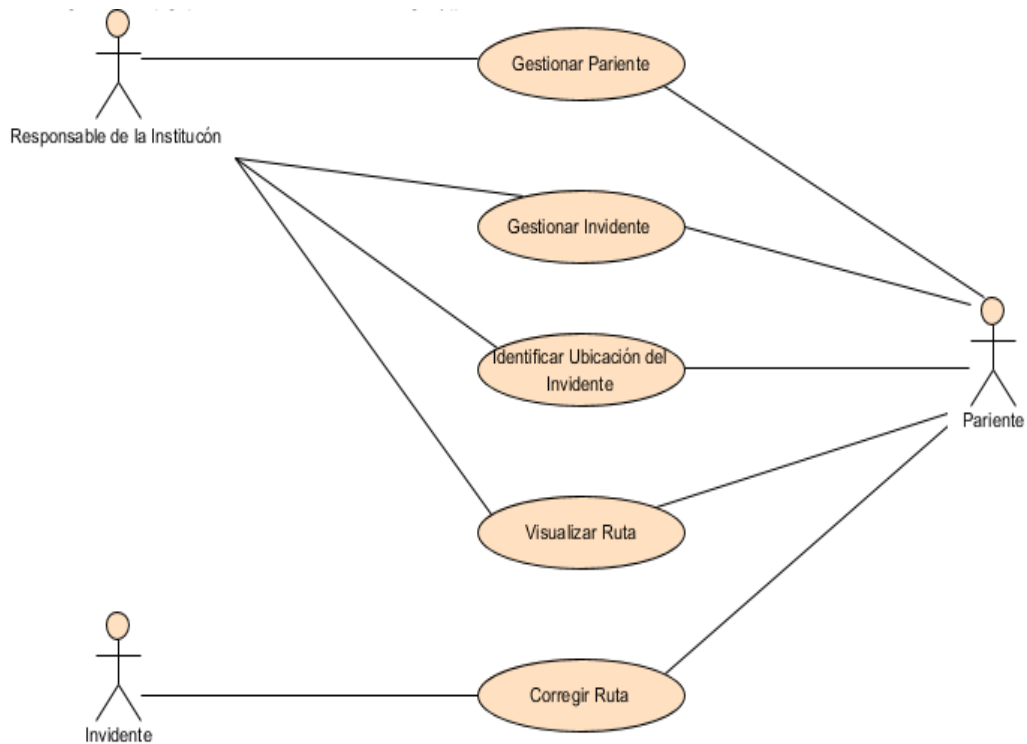


Fig. 13. Diagrama de casos de uso

C. Descripción de la Arquitectura

- ✓ **Gestionar Pariente:** Permite registrar, actualizar, y guardar los datos personales del pariente que tiene a cargo el invidente.
- ✓ **Gestionar Invidentes:** Permite registrar, actualizar, y guardar los datos del invidente.
- ✓ **Identificar Ubicación del Invidente:** Ingresando el número de celular del invidente en la aplicación se podrá ubicar al invidente a través de la coordenada de longitud y latitud arrojadas por el Módulo GPS Ublox Neo – 6M, incorporado en el bastón del invidente.
- ✓ **Visualizar Ruta:** El Pariente visualiza la ruta a través de la aplicación Móvil identificando las coordenadas de ubicación de donde se encuentra el invidente.
- ✓ **Corregir Ruta:** Modificar los puntos de ruta del invidente, guardados en la base de datos, para recomponerla.

4.1.4. Iteración #4: Análisis

En esta iteración se desarrollaron las siguientes actividades:

A. Paquete de análisis

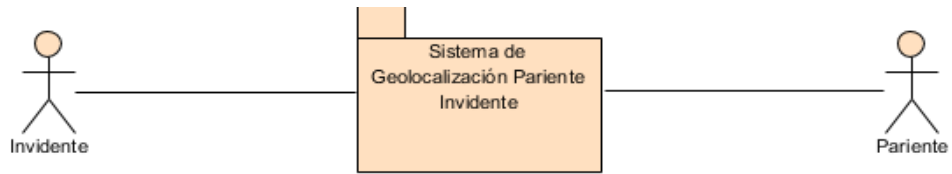


Fig. 14. Paquete de análisis

B. Diagrama de realización de casos de uso de análisis

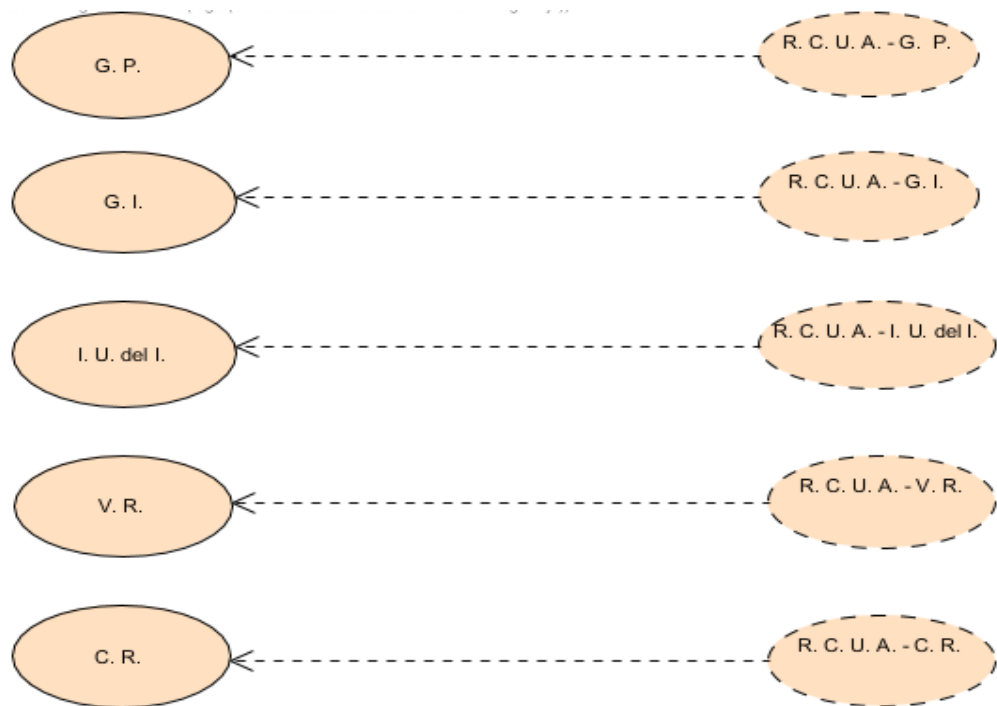


Fig. 15. Diagrama de realización de casos de uso de análisis

C. Diagrama de Clases de Análisis

✓ D.C.A. R.C.U.A. GESTIONAR PARIENTE (G.P.)

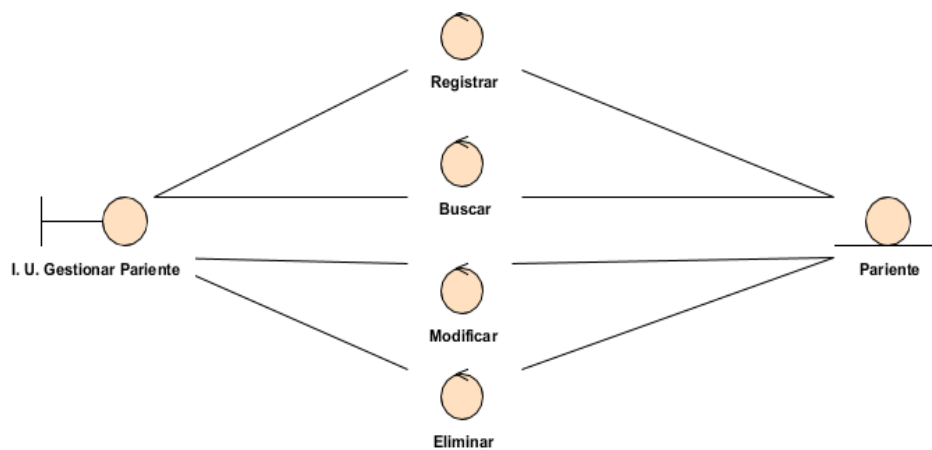


Fig. 16. D.C.A. R.C.U.A. Gestionar pariente

✓ **D.C.A. R.C.U.A. GESTIONAR INVIDENTE (G.I.)**

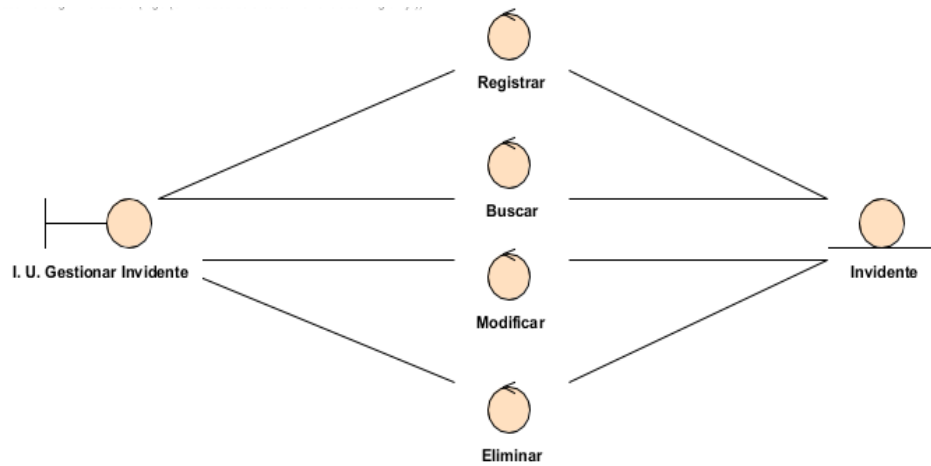


Fig. 17. D.C.A. R.C.U.A. Gestionar invidente

✓ **D.C.A. R.C.U.A. IDENTIFICAR UBICACIÓN DEL INVIDENTE (I.U. del I.)**

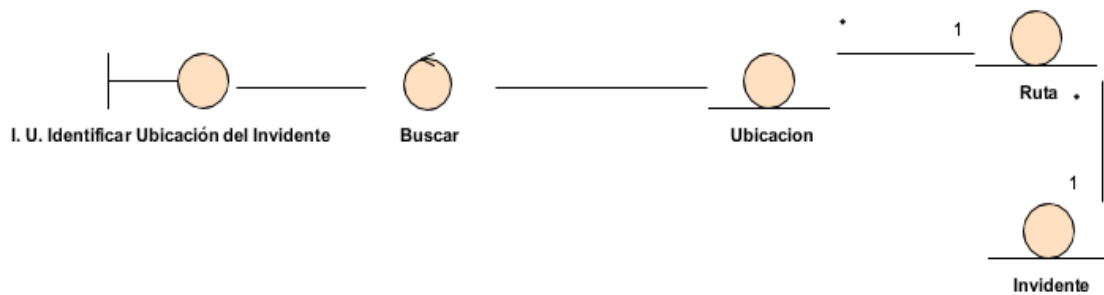


Fig. 18. D.C.A. R.C.U.A. Identificar ubicación del invidente

✓ **D.C.A. R.C.U.A. VISUALIZAR RUTA (V.R.)**

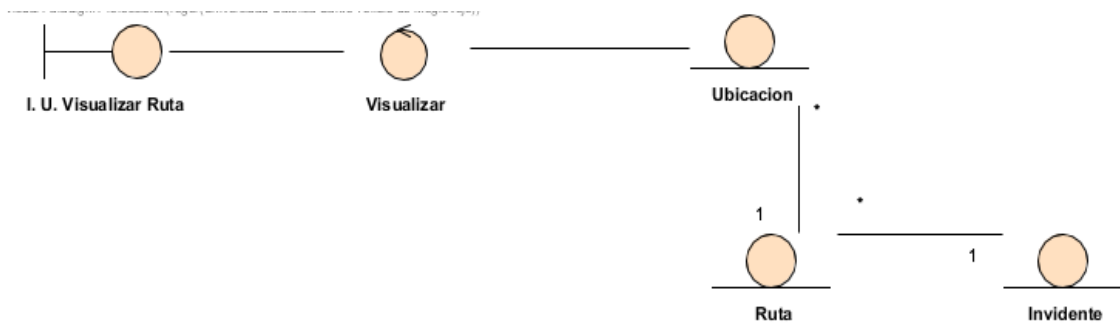


Fig. 19. D.C.A. R.C.U.A. Visualizar ruta

✓ **D.C.A. R.C.U.A. CORREGIR RUTA (C.R.)**

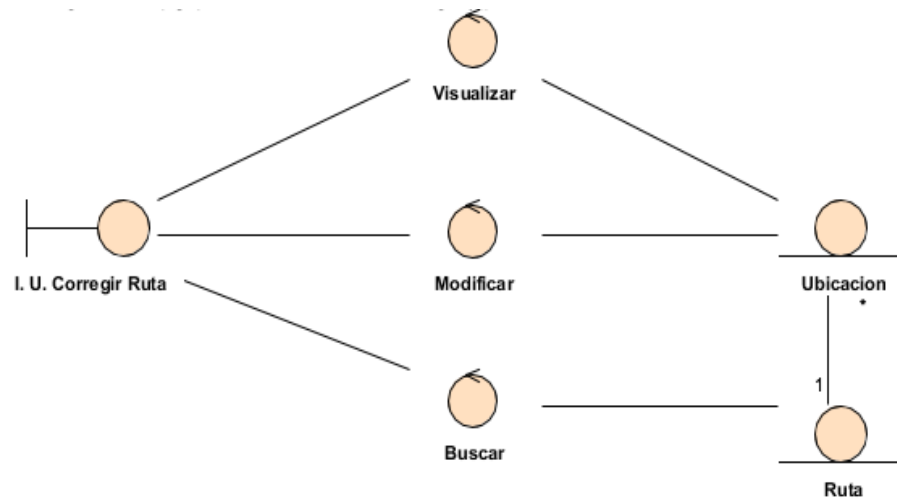


Fig. 20. D.C.A. R.C.U.A. Corregir ruta

D. Diagrama de colaboración

✓ **D. COL. R.C. U. A. GESTIONAR PARIENTE**

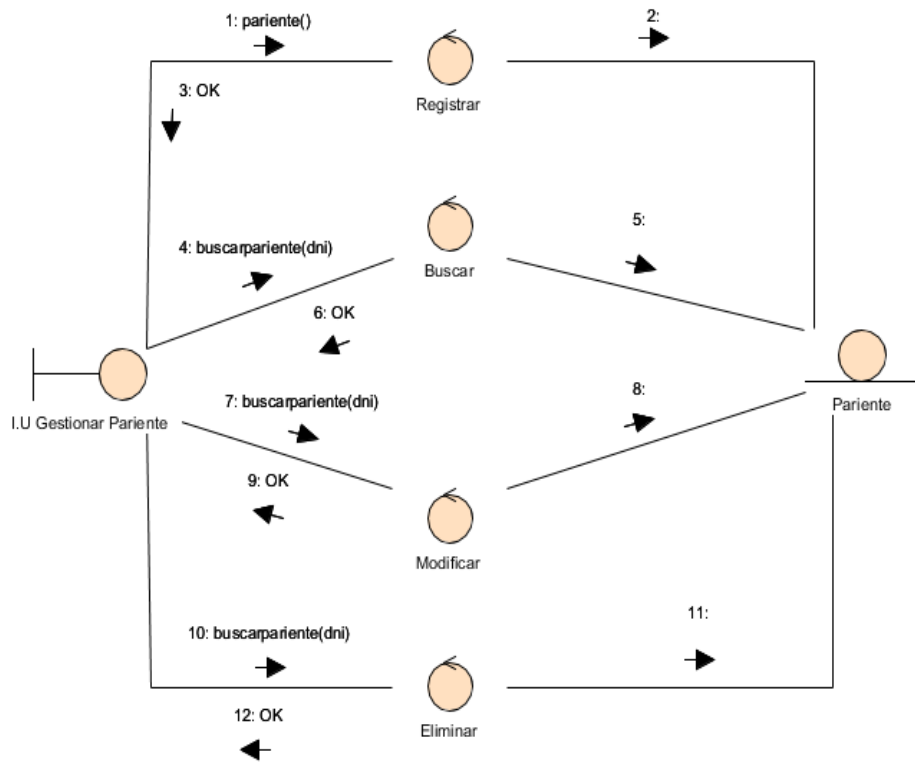


Fig. 21. D. COL. R.C. U. A. Gestionar pariente

✓ **D. COL. R.C. U. A. GESTIONAR INVIDENTE**

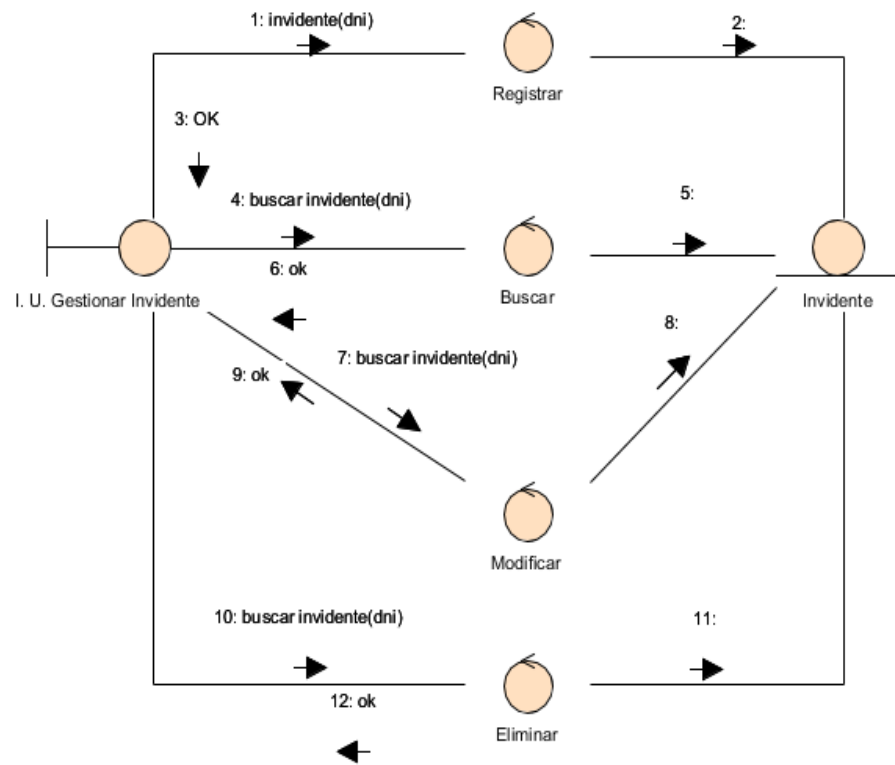


Fig. 22. D. COL. R.C. U. A. Gestionar invidente

✓ **D. COL. R.C. U. A. IDENTIFICAR UBICACIÓN DEL INVIDENTE**

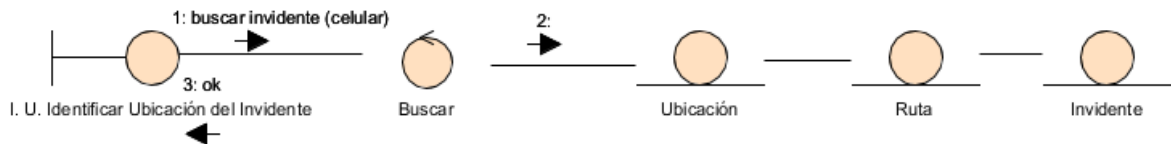


Fig. 23. D. COL. R.C. U. A. Identificar ubicación del invidente

✓ **D. COL. R. C. U. A. VISUALIZAR RUTA**

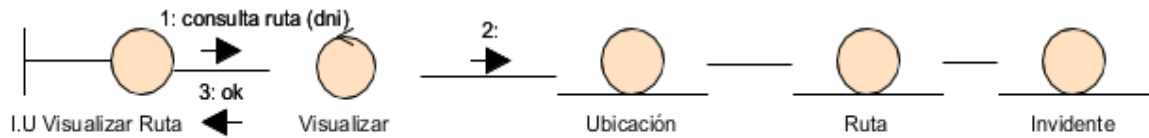


Fig. 24. D. COL. R.C. U. A. Visualizar ruta

✓ D. COL. R. C. U. A. CORREGIR RUTA

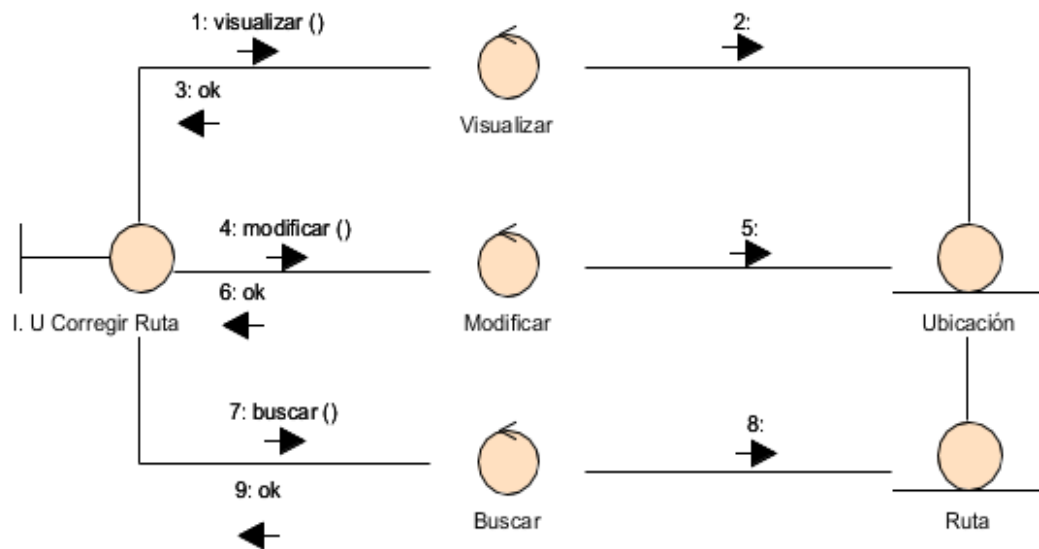


Fig. 25. D. COL. R.C. U. A. Corregir ruta

E. Descripción textual de casos de uso de análisis

- ✓ **R. C. U. A. GESTIONAR PARIENTE.** Especifica los diagramas en los que se evidencian la ejecución de cada caso de uso, mostrando su funcionamiento lógico considerando la arquitectura cliente servidor, de la gestión del pariente.
- ✓ **R. C. U. A. GESTIONAR INVIDENTE.** Especifica los diagramas en los que se evidencian la ejecución de cada caso de uso, mostrando su funcionamiento lógico considerando la arquitectura cliente servidor, de la gestión del invidente.
- ✓ **R. C. U. A. IDENTIFICAR UBICACIÓN DEL INVIDENTE.** Especifica los diagramas en los que se evidencian la ejecución de cada caso de uso, mostrando su funcionamiento lógico considerando la arquitectura cliente servidor, de la identificación de la ubicación del invidente.
- ✓ **R. C. U. A. CORREGIR RUTA.** Especifica los diagramas en los que se evidencian la ejecución de cada caso de uso, mostrando su funcionamiento lógico considerando la arquitectura cliente servidor, para corregir ruta del desplazamiento del invidente.

F. Diagrama de clases parciales

✓ D. C. P. GESTIONAR PARIENTE

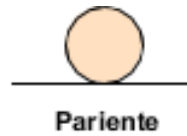


Fig. 26. D. C. P. Gestionar pariente

✓ D. C. P. GESTIONAR INVIDENTE

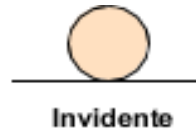


Fig. 27. D. C. P. Gestionar invidente

✓ D. C. P. IDENTIFICAR UBICACIÓN DEL INVIDENTE



Fig. 28. D. C. P. Identificar ubicación del invidente

✓ D. C. P. VISUALIZAR RUTA

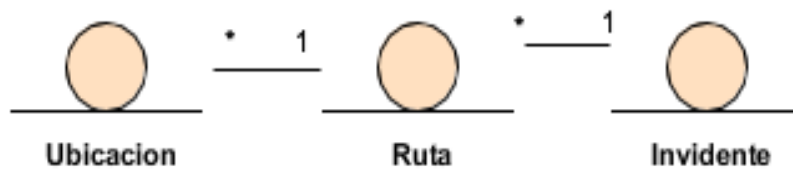


Fig. 29. D. C. P. Visualizar ruta

✓ D. C. P. CORREGIR RUTA

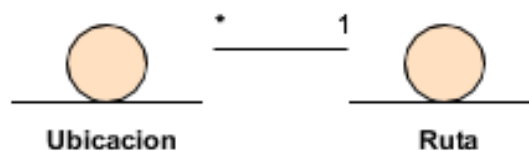


Fig. 30. D. C. P. Corregir ruta

G. Diagrama de clases general

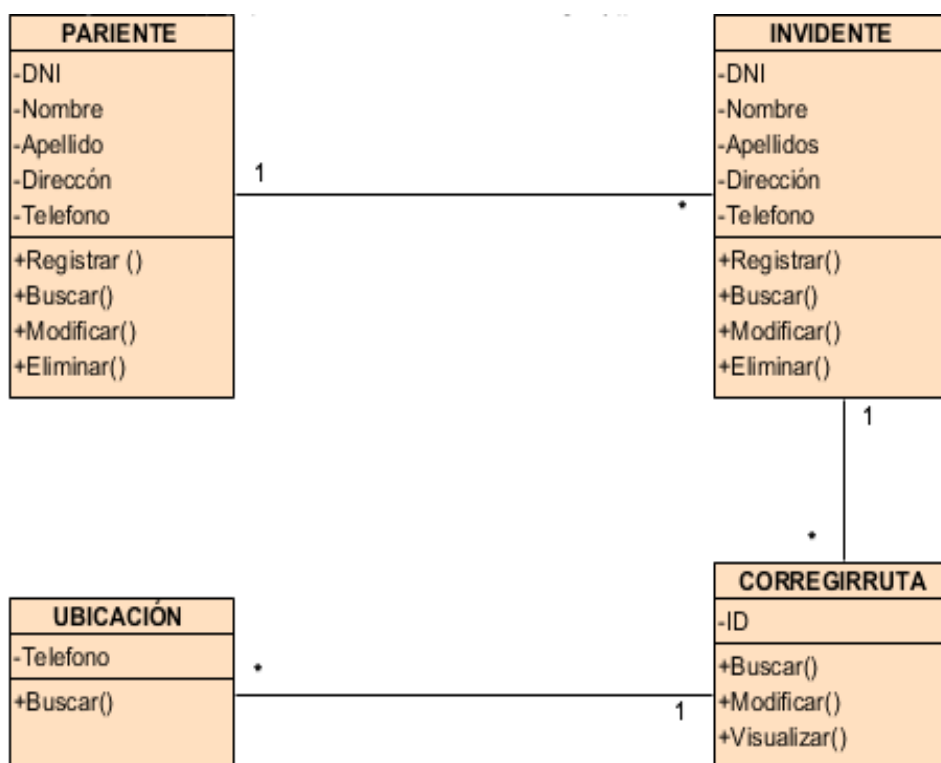


Fig. 31. Diagrama de clases general

H. Descripción de la arquitectura

- ✓ **Pariente.** Clase que almacenara los datos de los parientes de cada invidente.
- ✓ **Invidente.** Clase que almacenara los datos del invidente a cargo de los parientes.
- ✓ **Localización.** Clase que almacenara los datos de longitud y latitud captados de la ubicación del invidente.
- ✓ **Corregir ruta.** Clase que almacenara las rutas de desplazamiento de los invidentes.

4.1.5. Iteración #5: Requerimientos para el Diseño del Prototipo

La finalidad del proyecto es diseñar y construir un dispositivo electrónico través de un bastón sensorial geolocalizador inteligente; integrado por la Placa Arduino, Sensores Ultrasónicos, Motores Vibradores, Modulo GSM, Modulo GPS y Modulo de Alimentación de Energía, para el apoyo en el desplazamiento de personas invidentes del FOAL.

Para la selección de los dispositivos, se realizó una investigación en distintos documentos físicos y electrónicos, disponibles en el internet de los repositorios de tesis de distintas universidades de nivel nacional e internacional, revistas, libros electrónicos y entrevistas personales a profesionales que trabajan en electrónica; a través de esta información se determinó el hardware y software para la construcción y diseño del bastón sensorial geolocalizador inteligente.

El dispositivo electrónico está dividido en tres etapas para facilitar el diseño, construcción, programación y pruebas de cada módulo por separado.

La primera etapa consiste en el diseño y construcción del SISTEMAS DE ORIENTACIÓN que lo integran los motores vibradores, sensores ultrasónicos. El desarrollo de esta etapa se orientada a cumplir con los siguientes requerimientos funcionales del dispositivo electrónico.

- ✓ Detectar objetos cercanos al invidente para que pueda ser advertido y evitar accidentes. Esta función se realiza a través de los sensores ultrasónicos quienes detectan objetos a una mínima distancia de 1 cm y un máximo de 1.5 m.
- ✓ Advertir de los obstáculos al invidente, esta función lo realiza los motores vibradores, quien se encargan de emitir vibraciones excéntricas y lineales cuando un objeto este cerca o lejos de acuerdo con los parámetros de distancia programados, permitiéndole al invidente alertar de peligros y no sufra accidentes.

La segunda etapa consiste en el diseño y construcción del SISTEMA DE UBICACIÓN, el cual está integrado por el módulo GSM y el módulo GPS. El desarrollo de esta etapa está orientado a cumplir con los siguientes requerimientos funcionales del dispositivo electrónico.

- ✓ Localizar la ubicación en tiempo real ya que a través de su módulo GPS puede captar las coordenadas de longitud y latitud, pudiendo de esta manera saber la ubicación exacta del invidente.

- ✓ Envío de mensajes de texto de manera automática cuando el invidente esté en peligro, ya que a través de su Modulo SIM800L puede tener RED 2G, realizando funciones igual a de un celular.

La tercera etapa consiste en el diseño y construcción de la Aplicación Móvil desarrollada en Android. El desarrollo de esta etapa se orientada a cumplir con los siguientes requerimientos funcionales del dispositivo electrónico.

- ✓ Sincronizar datos de usuarios mediante la aplicación móvil hacia el bastón sensorial, que permite actualizar los datos de los parientes del invidente que utiliza el bastón sensorial inteligente geolocalizador.
- ✓ Realizar seguimiento a la persona invidente durante su desplazamiento, ya que a través de la geolocalización podrá verse en tiempo real.

A. Selección de sensores ultrasónicos

En el mercado nacional e internacional existen distintos tipos, marcas de sensores ultrasónicos, por lo que antes se debe conocer las características técnicas para seleccionar el dispositivo apropiado para el proyecto. A continuación, se muestran las características técnicas de los distintos dispositivos encontrados en el mercado.



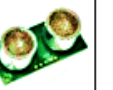


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	HC - SR04 	SRF05 	SRF06 	SRF08 	SRF10 
TENSIÓN	5V	5V	5V	5V	5V
CONSUMO	30 mA Tip. 50mA Max.	-	4 mA Tip. 20 mA Max.	3 mA en Standby-15 mA en Funcionamiento	3 mA en Standby - 15 mA en Funcionamiento
FRECUENCIA	40 KHz.	40 KHz.	40 kHz	40 kHz	40 kHz
DISTANCIA MINIMA	2 cm.	1.7 cm.	3 cm.	0 cm	0 cm
DISTANCIA MAXIMA	4.5 m.	4 m.	5.1 m.	6 m.	6 m.
PULSO DE DISPARO	10 μ S min. TTL	10 μ S min. TTL	-	3 μ S	3 μ S
PULSO DE ECO	100 μ S - 18 mS	100 μ S - 25000 μ S.	70 -100 mS	200 μ S	200 μ S
RETARDO ENTRE PULSO	10 mS Mínimo	20 mS Mínimo	-	65 mS Maximo	65 mS Maximo
TAMAÑO	45 x 20 x 45 mm	43 x 20 x 17 mm	-	43 x 20 x 17 mm	32 mm w x 15 m d x 10 mm h
PESO	4.6 gr.	-	-	10 gr.	8 gr.
COMPATIBLE	Arduino	Arduino	Arduino	Arduino	Arduino
COSTO \$/.	7.90	12.00	96.58	223.01	255.35

Fig. 32. Especificaciones técnicas de tipos de sensores ultrasónicos [36] [37] [38] [39] [40]

Haciendo un análisis del tipo de sensores ultrasónicos, se determinó que el sensor HC-SR04, es el más apropiado para el proyecto ya que cumple con las funciones a realizar, tales como el rango de detección de obstáculo que es de (2 cm – 4.5m), baja tensión (5V), fácil conexión, ligero peso de (4.6 g), compatibilidad con Arduino, precio económico y es muy comercial en el mercado nacional.

B. Selección Modulo GSM/GPRS

El módulo GSM nos permite realizar llamadas, enviar mensajes y conectarnos a internet controlada por la placa Arduino, para determinar nuestro módulo GSM, por lo que antes se debe conocer las características técnicas para seleccionar el dispositivo apropiado para el proyecto. A continuación, se muestran las características técnicas de los distintos dispositivos encontrados en el mercado.



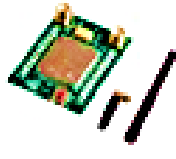
 <p>GSM SIM 800L</p>	 <p>GSM SIM 900</p>	 <p>GSM GPRS GPS A7</p>
CARACTERÍSTICAS		
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Voltaje de Operación: 3.4V a 4.4V DC ✓ Nivel lógico de 3V a 5V ✓ Consumo de corriente (sleep): 0.7 mA ✓ Interfaz: Serial UART ✓ Compatible red global Quad-band 850/900/1800/1900MHz utilizando un chip de telefonía 2G ✓ Permite realizar o recibir llamadas de voz (se debe utilizar un auricular o un altavoz de 8Ω externo y un micrófono electret) ✓ Permite el envío y recepción de mensajes SMS ✓ Comunicación de datos GPRS (TCP/IP, HTTP, etc) ✓ Receptor FM ✓ Control mediante Comandos AT (3GPP TS 27.007, 27.005 y SIMCOM enhanced AT Commands) ✓ Interfaz de comandos AT con detección automática de velocidad de transmisión ✓ Soporta A-GPS ✓ Datos GPRS: ✓ Velocidad máxima de transmisión 85.6 Kbps ✓ Protocolo TCP/IP en chip ✓ Codificación: CS-1, CS-2, CS-3 y CS-4 ✓ Soporta USSD ✓ Soporta Reloj en tiempo real (RTC) ✓ Velocidades de transmisión serial desde 1200bps hasta 115200bps ✓ Tamaño de la SIM: Micro SIM ✓ Costo \$/. 25.64 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Voltaje de Operación 9V-20V. ✓ Quad-Band 850 / 900/ 1800 / 1900 MHz - funciona en todas las redes celulares del planeta. ✓ GPRS multi ranuras 10/8 ✓ Estación móvil GPRS clase B ✓ Cumple con GSM fase 2/2+ ✓ Clase 4 (2 W @ 850 / 900 MHz) ✓ Clase 1 (1 W @ 1800 / 1900MHz) ✓ Controlable via comandos AT estándar: GSM 07.07 & 07.05 Comandos mejorados: SIMCOM AT Commands. ✓ Servicio de mensajes cortos (SMS) - para poder enviar pequeños paquetes de datos a través de la red celular. ✓ Pila TCP/UDP incorporada - permite enviar datos a un servidor web. Ejem: Pachube, Fusion Tables ✓ Incorpora un reloj en tiempo real - RTC. (Requiere pila) ✓ Puerto serial configurable para comunicación con el shield. ✓ Soporte para comunicación por software Serial (pines 6 y 7). ✓ Jack para audifonos y micrófono (handsfree) ✓ Bajo consumo (en modo reposo) - 1.5mA ✓ Jack para alimentación externa. ✓ Soporta rangos temperatura - -40°C a +85 °C ✓ Costo \$/. 220.00 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Voltaje de alimentación: 5V DC ✓ Voltaje de I/O: 3.3 V ✓ Corriente stand- by: menor a 2mA ✓ Cuatro bandas GSM/GPRS: 850,900,1800,1900 MHz ✓ Socket para Micro-SIM ✓ GPRS clase 10 ✓ Sensibilidad <-105dBm ✓ Soporta llamadas de voz ✓ Mensajería SMS ✓ Datos por GPRS, velocidad máx.: 85.6 Kbps (Descarga), 42.8 Kbps (subida) ✓ Estándar GSM 07.07 y 07.05, Comandos AT y comandos adicionales de Ai-Thinker ✓ Soporta 2 puertos seriales: uno de descarga y otro para comandos AT ✓ Utiliza el estándar de comandos AT y TCP/IP ✓ Soporte para audio digital y analógico (HR, FR, EFR, AMR) ✓ Certificaciones: ROHS, FCC, CE, CTA ✓ Formato SMT de 42 pines ✓ Costo 200.00

Fig. 33. Especificaciones técnicas de tipos de módulos GSM [36] [37]

Haciendo un análisis de los diferentes Módulos GSM/GPRS, se determinó que el módulo apropiado para el proyecto es el SIM 800L, debido a que funciona en su mayoría de redes móviles del planeta ya que cuenta con una cuatri – banda, es controlable vía comandos AT estándar, Velocidades de transmisión serial desde 1200 bps hasta 115200 bps, cuenta con una pila TCP/UDP incorporada - permite enviar datos a un servidor web, Codificación: CS-1, CS-2, CS-3 y CS-4, Soporta Reloj en tiempo real (RTC), es compatible con Arduino, precio económico y es muy comercial en el mercado nacional; a diferencia de los demás Módulos GSM que no son muy comerciales.

C. Selección de Modulo GPS

Para saber su ubicación del invidente utilizaremos el módulo GPS, el cual a través de su sistema de navegación determinara la posición y altura, por lo que antes se debe conocer las características técnicas para seleccionar el dispositivo apropiado para el proyecto. A continuación, se muestran las características técnicas de los distintos dispositivos encontrados en el mercado.

GPS NEO 6M	GSM GPRS GPS A7	GPS GSM SIM808
CARACTERISTICAS		
<ul style="list-style-type: none"> ✓ voltaje de alimentación 3V a 5V ✓ Incluye antena cerámica ✓ EEPROM para guardar datos de configuración ✓ Indicador de señal por Led ✓ Bateria de soporte de datos ✓ Tamaño de Tarjeta 23x30 mm ✓ Tamaño de la Antena 22x22 mm ✓ Precisión de Posicionamiento 2.5 MCEP ✓ Taza de Actualización 5 Hz ✓ Seguimiento y Navegación -160 dBm ✓ Protocolo de comunicación NMEA (por defecto) / UBX Binario ✓ Velocidad de Baudios 4.800, 9.600, 38400 (por defecto), 57600 ✓ Costo S/. 75.00 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Voltaje de alimentación: 5V DC ✓ Voltaje de I/O: 3.3 V ✓ Corriente stand-by: menor a 2mA ✓ Cuatro bandas GSM/GPRS: 850,900,1800,1900 MHz ✓ Socket para Micro-SIM ✓ GPRS clase 10 ✓ Sensibilidad <-105dBm ✓ Soporta llamadas de voz ✓ Mensajería SMS ✓ Datos por GPRS, velocidad máx.: 85.6 Kbps (Descarga), 42.8 Kbps (subida) ✓ Estándar GSM 07.07 y 07.05, Comandos AT y comandos adicionales de Ai-Thinker ✓ Soporta 2 puertos seriales: uno de descarga y otro para comandos AT ✓ Utiliza el estándar de comandos AT y TCP/IP ✓ Soporte para audio digital y analógico (HR, FR, EFR, AMR) ✓ Certificaciones: RDHS, FCC, CE, CTA ✓ Formato SMT de 42 pines ✓ Costo S/. 200.00 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Voltaje de alimentación: 5V. ✓ Quad-band 850/900/1800/1900M Hz. ✓ LED indicador de estado. ✓ Tecnología GPS de navegación por satélite. ✓ Ambiente de trabajo: -40 °C ~ 85 °C. ✓ Soporte comandos AT. ✓ Soportar el modo de bajo consumo de energía: 100 mA ✓ Costo 380.00

Fig. 34. Especificaciones técnicas de tipos de módulos GPS [41] [42]

De los módulos GPS antes mencionados el GPS NEO 6M, se convierte en el apropiado para el proyecto debido a las siguientes características que lo diferencian del resto:

Incluye una antena de cerámica que hace captar mejor las señales débiles.

- El voltaje de alimentación 3V a 5V.
- La precisión de posicionamiento 2.5 MCEP.
- Tiene incorporado una batería de respaldo.
- Tiene una velocidad de transmisión de datos de 9600 bps.

- Tiene incorporado una memoria EEPROM para guardar los datos de configuración del módulo, incluso cuando está apagado.
- Maneja el protocolo de comunicación NMEA (por defecto) / UBX Binario.
- Maneja una tasa de actualización 5 Hz.
- Su costo es económico.
- Es compatible con Arduino.

D. Selección de motores vibradores.

El invidente necesita ser advertido de los diversos obstáculos que se puedan presentar en su camino, por este motivo nuestro bastón sensorial geolocalizador contara con motores vibradores para que realicen esta función. En el mercado nacional e internacional se venden distintos tipos de motores vibradores por lo que a continuación conoceremos las características técnicas y se seleccionara el apropiado para que cumpla con los requerimientos funcionales requeridos.

TIPOS	Cepillado ERM	BLDC ERM	LRA
Diámetro típico	3.2 mm a 45 mm	10 mm a 12 mm	8 mm a 10 mm
Factor de forma	Moneda, cilíndrica (también <u>encapsulada / encerrada</u>)	Moneda, cilíndrica	Acuñar
Longevidad (MTTF)	100 - 600 horas	1000+ horas	1000+ horas
Amplitud de vibración normalizada	0.25G ~ 150G	1G ~ 30G	0.75G ~ 2G
Frecuencia de vibración nominal	30Hz ~ 500 Hz (1,800 RPM ~ 30,000 RPM)	200 Hz ~ 208 Hz (12,000 RPM ~ 12,500 RPM)	150 Hz ~ 205 Hz
Técnicas de montaje	Almohadilla de resorte, SMD / SMT, PCB Agujero pasante, adhesivo, caja, mamparo	Adhesivo, cerramiento, mamparo	Respaldo adhesivo
Tensión nominal	1.5V ~ 24V	3V ~ 5V	~ 2V RMS
Chip de conductor	Opcional, recomendado para hapticas hápticas.	Recomendado, a veces integrado en el motor.	Recomendado, requiere señal de CA
Dirección de vibración	Doble eje (Z y X)	Doble eje (Z y X)	Eje único (típicamente Y)
Prioridad (costo vs longevidad)	Económico	Larga vida	Larga vida

Fig. 35. Especificaciones técnicas de motores vibradores [43] [44] [45]



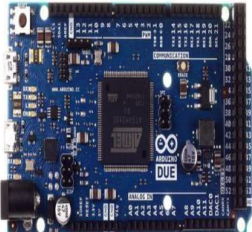


La tabla antes graficada se pueden ver las características de los distintos tipos de motores vibradores, de los cuales seleccionamos dos de ellos, el motor LRA o llamado también motor de resonancia línea y el motor ERM llamado también motor de maza excéntrica, estos dos dispositivos son los apropiados para cumplir con los requerimientos funcionales ya que a través de ellos el invidente podrá ser advertido de los diferentes obstáculos presentados en su ruta de desplazamiento.


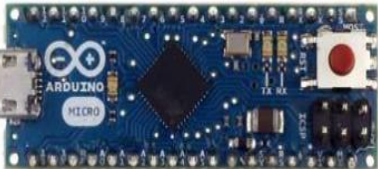


E. Selección de placa Arduino

Para el diseño y construcción del bastón sensorial inteligente es necesario utilizar hardware apropiado para el funcionamiento de todo el sistema, tomando en cuenta software, compatibilidad, costo, tamaño de acuerdo con el proyecto.

Arduino es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible, fácil de utilizar y de entender, es compatible con casi todos los módulos vendidos en el mercado nacional. Para seleccionar la placa de Arduino adecuada para el proyecto es necesario conocer las características técnicas de los diferentes modelos presentes en el mercado. A continuación, se mencionan los diferentes modelos de placas Arduino.

TABLA VI
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MODELOS DE PLACA ARDUINO

MODELO	CARACTERISTICAS
<p align="center">ARDUINO NANO</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontrolador: ATmega328 • Voltaje de funcionamiento: 5 V • Pines I/O digitales: 14 (de los cuales 6 proveen salida PWM) • Pines de entradas análogas: 6 • Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA • Corriente DC en el pin de 3.3 V: 50 mA • Memoria Flash: 32 KB (ATmega328) de los cuales 0.5 KB son utilizados por el bootloader • SRAM: 2 KB (ATmega328) • EEPROM: 1 KB (ATmega328) • Velocidad de reloj: 16 MHz
<p align="center">ARDUINO LEONARDO</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontrolador: ATmega32u4 • Voltaje de funcionamiento: 5 V • Pines I/O digitales: 20 • Canales PWM: 7 • Pines de entradas análogas: 12 • Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA • Corriente DC en el pin de 3.3 V: 50 mA • Memoria Flash: 32 KB (ATmega32u4) de los cuales 4 KB son utilizados por el bootloader • SRAM: 2 KB (ATmega32u4) • EEPROM: 1 KB (ATmega32u4) • Velocidad de reloj: 16 MHz
<p align="center">ARDUINO DUE</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontrolador: AT91SAM3X8E • Voltaje de funcionamiento: 3.3 V • Pines I/O digitales: 54 (de los cuales 12 proveen salida PWM) • Pines de entradas análogas: 12 • Corriente DC total en todos los pines I/O: 130 mA • Corriente DC en el pin de 5 V: 800 mA • Corriente DC en el pin de 3.3 V: 800 mA • Memoria Flash: 512 KB disponibles para las aplicaciones de usuario. • SRAM: 96 KB (dos bancos: 64KB Y 32 KB) • Velocidad de reloj: 84 MHz
<p align="center">ARDUINO YÚN</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontrolador AVR Arduino: ATmega32u4 • Voltaje de funcionamiento: 5 V • Pines I/O digitales: 20 • Canales PWM: 7 • Pines de entradas análogas: 12 • Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA • Corriente DC en el pin de 3.3 V: 50 mA • Memoria Flash: 32 KB (de los cuales 4 KB son utilizados por el bootloader) • SRAM: 2.5 KB • EEPROM: 1 KB • Velocidad de reloj: 16 MHz • Procesador Linux: Atheros AR9331 • Arquitectura: MIPS @400MHz • Ethernet: IEEE 802.3 10/100Mbit/s • WiFi: IEEE 802.11b/g/n • USB Tipo A: 2.0 • Lector de tarjeta: sólo Micro-SD • RAM: 64 MB DDR2 • Memoria Flash: 16 MB
<p align="center">ARDUINO MEGA 2560</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontrolador: ATmega2560 • Voltaje de funcionamiento: 5 V • Pines I/O digitales: 54 (de los cuales 15 proveen salida PWM) • Pines de entradas análogas: 16 • Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA • Corriente DC en el pin de 3.3 V: 50 mA • Memoria Flash: 256 KB de los cuales 8 KB son utilizados por el bootloader • SRAM: 8 KB (ATmega328) • EEPROM: 4 KB (ATmega328) • Velocidad del reloj: 16 MHz

MODELO	CARACTERISTICAS
<p data-bbox="352 219 576 241"><u>ARDUINO MEGA ADK</u></p> 	<ul data-bbox="727 219 1410 472" style="list-style-type: none"> • Microcontrolador: ATmega2560 • Voltaje de funcionamiento: 5 V • Pines I/O digitales: 54 (de los cuales 15 proveen salida PWM) • Pines de entradas análogas: 16 • Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA • Corriente DC en el pin de 3.3 V: 50 mA • Memoria Flash: 256 KB de los cuales 8 KB son utilizados por el bootloader • SRAM: 8 KB • EEPROM: 4 KB • Velocidad de reloj: 16 MHz
<p data-bbox="376 506 552 528"><u>ARDUINO MICRO</u></p> 	<ul data-bbox="727 477 1422 786" style="list-style-type: none"> • Microcontrolador: ATmega32u4 • Voltaje de funcionamiento: 5 V • Pines I/O digitales: 20 • Canales PWM: 7 • Pines de entradas análogas: 12 • Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA • Corriente DC en el pin de 3.3 V: 50 mA • Memoria Flash: 32 KB (ATmega32u4) de los cuales 4 KB son utilizados por el bootloader • SRAM: 2.5 KB (ATmega32u4) • EEPROM: 1 KB (ATmega32u4) • Velocidad de reloj: 16 MHz
<p data-bbox="376 842 552 864"><u>ARDUINO NANO</u></p> 	<ul data-bbox="727 813 1401 1043" style="list-style-type: none"> • Microcontrolador: ATmega168 • Voltaje de funcionamiento: 7 a 12 V • Pines I/O digitales: 14 (de los cuales 6 proveen salida PWM) • Pines de entradas análogas: 8 • Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA • Memoria Flash: 16 KB de los cuales 2 KB son utilizados por el bootloader • SRAM: 1 KB • EEPROM: 512 bytes • Velocidad de reloj: 16 MHz
<p data-bbox="392 1099 536 1122"><u>ARDUINO FIO</u></p> 	<ul data-bbox="727 1070 1401 1301" style="list-style-type: none"> • Microcontrolador: ATmega328P • Voltaje de funcionamiento: 3.3 V • Pines I/O digitales: 14 (de los cuales 6 proveen salida PWM) • Pines de entradas análogas: 8 • Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA • Memoria Flash: 32 KB de los cuales 2 KB son utilizados por el bootloader • SRAM: 2 KB • EEPROM: 1 KB • Velocidad de reloj: 8 MHz

Según el análisis de todos los modelos de placas Arduino antes mencionadas se determinó que las placas apropiadas para el proyecto es Arduino Nano, debido a que cuenta con las siguientes características a diferencia de los demás modelos cumpliendo de esta manera con lo requerido en el proyecto.

- Cuenta con un Microcontrolador: ATmega168
- Funciona con un voltaje de 7 a 12 V
- Cuenta con 14 pines digitales que pueden ser utilizados para entrada y salida usando las funciones pinMode (), digitalWrite (), y digitalRead ().
- Posee 8 Pines de entradas análogas, cada una de ellas provee 10 bits de resolución.

- Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA.
- Memoria Flash: 16 KB de los cuales 2 KB son utilizados por el bootloader.
- SRAM: 1 KB
- Cuenta con una memoria flash EEPROM de 512 bytes, para almacenar código.
- Soporta una velocidad de reloj: 16 MHz.

4.1.6. Iteración #6: Diseño del prototipo

Para el desarrollo del bastón sensorial inteligente se dividió en 2 etapas, que corresponden a la etapa de ubicación que está compuesta por un módulo GPS NEO 6 M, por el módulo GSM/GPRS SIM800L y por la tarjeta Arduino nano; y la etapa de orientación está compuesta por 2 sensores HC-SR04, por un motor vibrador de masa excéntrica, un motor vibrador resonante lineal y por el Arduino Nano.

A. Diseño del sistema de orientación

Uno de los requerimientos específicos del proyecto es que el invidente pueda ser advertido de los diferentes obstáculos presentados en el camino.

Para el cumplimiento de estas funciones se diseña la etapa de orientación en la cual utilizamos 2 sensores HC-SR04. Estos sensores HC-SR04 envía los datos adquiridos cada cierto tiempo en milisegundos mediante pulsos de voz hacia nuestro Arduino Nano. El Arduino Nano se encarga de recibir los datos enviados por los sensores HC-SR04, lo analiza y toma decisiones dependiendo de la programación hecha en este; estas órdenes son enviadas hacia nuestros actuadores (que en nuestro caso son 2 motores vibradores de masa excéntrica y resonante lineal) que vibrarán por pulsos pwm enviados desde el Arduino Nano indicando que hay un obstáculo en frente del invidente.

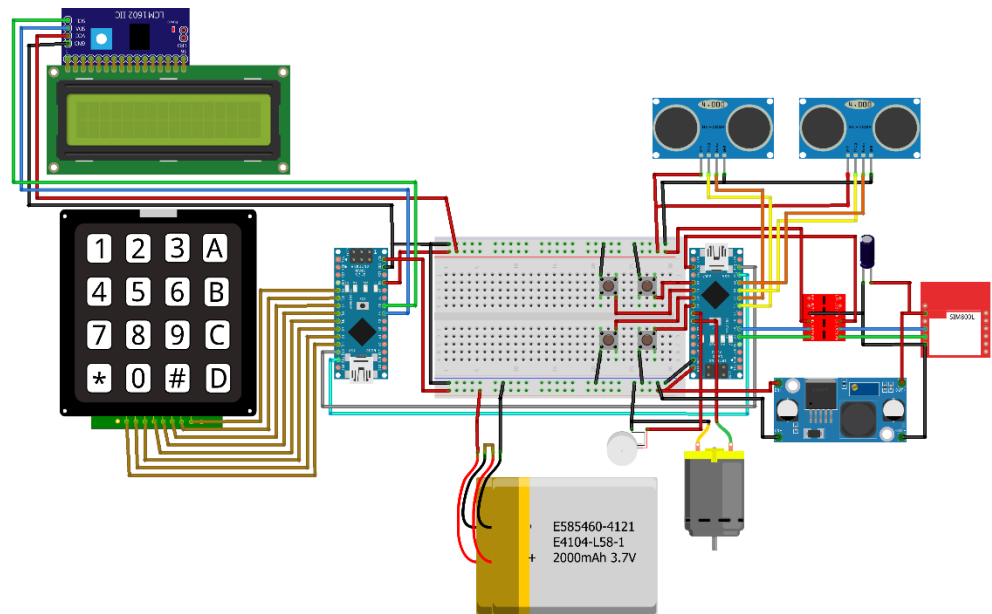


Fig. 36. Imagen Esquemático circuital del módulo de orientación

➤ Estructura del sistema

La estructura de la etapa de orientación está compuesto por 2 sensores de distancia HC-SR04 que envía y recibe un pulso de señal para medir la distancia; por una placa Arduino Nano que es el cerebro del sistema de orientación que analiza la información enviada por los sensores HC-SR04 y toma decisiones según la programación cargada en él; también por 2 motores vibradores uno de masa excéntrica y uno de resonancia lineal que son los encargados de advertir mediante vibración generados por pulsos digitales ordenados por la placa Arduino Nano.

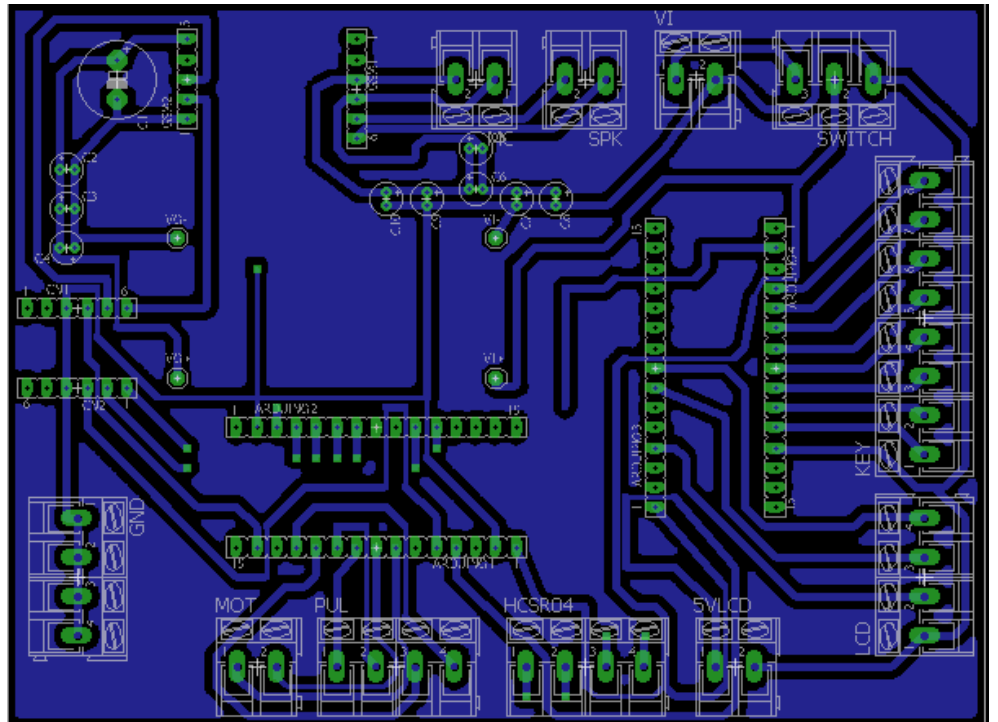


Fig. 37. Imagen Diseño del circuito impreso del módulo de orientación

➤ Análisis y funcionamiento

En el siguiente gráfico se describe la conexión del sistema de orientación que está compuesta por la placa Arduino Nano, 2 sensores HC-SR04 y 2 motores vibradores. Se suministra energía a los pines Vcc y Gnd de los sensores HC-SR04 conectando Vcc a 5v y Gnd a masa. Los pines "echo" y "trigger" de los 2 sensores se conectan a los pines digitales 6,7,8,9 respectivamente del Arduino Nano y por último se conecta el pin rojo de los motores vibradores a los pines digitales A4 y A5 del Arduino Nano, y el otro pin negro a Gnd.

El HC-SR04 es un sensor de distancia que no sólo puede detectar un objeto, como un sensor PIR, sino que también puede sentir y transmitir la distancia al objeto sin verse afectado por la luz solar. Básicamente está compuesta por 2 transductores: un micrófono y un altavoz. El sensor emite un pulso "1" de al menos de 10uS por el Pin Trigger (Disparador) enviando 8 Pulsos de 40KHz (Ultrasonido) este choca con el obstáculo y retorna al pin Echo. El pin Echo se mantendrá en alto hasta recibir el eco reflejado por el

obstáculo a lo cual el sensor pondrá su pin Echo a bajo, es decir, terminar de contar el tiempo. Es recomendable dar un tiempo de espera de aproximadamente 50ms después de terminar la cuenta. Hay ocasiones donde no se detecta ninguna señal de retorno porque no choca con ningún obstáculo, en ese caso su longitud es de 36ms como se observa en la siguiente gráfica. Para hallar la distancia a la que se encuentra un obstáculo se hace una relación entre la distancia y la duración del pulso y se calcula con la siguiente fórmula, donde la velocidad del sonido = 340m/s: Distancia= (Velocidad x Tiempo) Velocidad=340m/s. Convertimos m/s a cm/us: Velocidad del sonido=340m/s=0.034cm/us Tiempo (en us) Pero como el pulso de señal recorre 2 veces la distancia (ida y vuelta) hay que duplicar la distancia en la fórmula es de la siguiente manera:

$$2*\text{Distancia(cm)} = \text{Tiempo(us)} \times 0.034(\text{cm/us})$$

Con esta fórmula se obtiene la distancia real del sensor al obstáculo. Cabe recalcar que se conecta el pin Gnd primero antes de suministrar alimentación a VCC(5V).

El motor vibrador de masa excéntrica su funcionamiento es similar al motor DC: El motor gira al recibir un voltaje de 5V DC a través del pin A4 del Arduino Nano. Para que vibre, en el eje del motor se le pone una carga metálica semi - cilíndrica. Esta carga hace que cuando el motor gire, se genere un cabeceo de la carga con lo cual se produce la vibración.

El motor vibrador de resonancia lineal es un motor de vibración de precisión que produce una fuerza de oscilación en un solo eje. A diferencia de un motor de masa giratoria excéntrica de CC (ERM), un motor de vibración lineal se basa en un voltaje para impulsar una bobina de voz presionada contra una masa en movimiento que está conectada a un resorte. Cuando la bobina móvil se activa a la

frecuencia de resonancia del resorte a través del pin A5 del Arduino Nano, todo el actuador vibra con una fuerza perceptible.

El Arduino Nano es una placa basada en un microcontrolador ATMEL que es el cerebro de nuestro sistema de orientación. El Arduino Nano recibe la información digital o analógica de sensores en sus entradas, en este caso el pulso del pin "Echo" del HC-SR04 a su entrada digital 7. Una vez recibida la información proveniente del sensor HC-SR04 se encargará de procesar los datos que le lleguen a través de la interfaz de entrada, que es una conexión en la que podemos conectar en la placa diferentes tipos de periféricos (Sensores). Se graban instrucciones (permiten crear programas que interactúan con los circuitos de la placa), las cuales las escribes con el lenguaje de programación C++ que puedes utilizar en el entorno Arduino IDE. Estas instrucciones determinarán las decisiones que tome la placa Arduino Nano ante una distancia determinada para así poder mandar una señal digital a los pines declarados como salida para advertir al invidente mediante vibración a causa del accionamiento de los motores vibradores.

➤ **Programación**

El lenguaje de programación que utiliza Arduino para programar las funcionalidades y acciones de los dispositivos que integran el sistema de orientación está basado en Lenguaje de desarrollo C++ con mecanismos que permiten la manipulación y compilación de objetos, su interfaz de programación es muy sencillo y amigable, es un código abierto lo que nos permite modificarlo y acondicionarlo a cualquier proyecto y lo más importante que no se necesita adquirir licencias para utilizar el código. A continuación, procedemos a programar cada componente electrónico del sistema de orientación.

✓ **Diagrama de flujo del sistema de orientación**

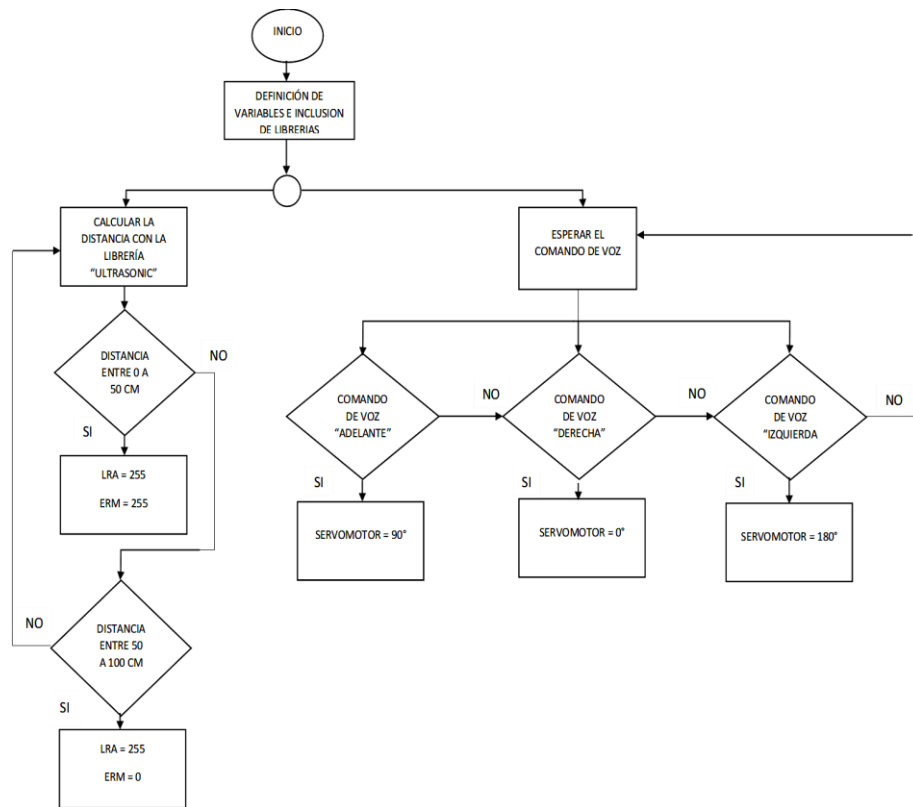


Fig. 38. Diagrama de flujo del sistema de orientación

✓ **Código de programación definición de variables y librerías**

El código de programación se empieza con la declaración de librerías de los componentes electrónicos como el sensor HC-SR04, además de librerías que me permitirán comunicar el Arduino Nano mediante comunicación Serial. Para luego declarar sus pines de señal con el Arduino Nano. Seguidamente declaramos variables de tipo entero para los pines del sensor HC-SR04 que envía una señal de rebote de 5v, y para los pines de los actuadores como son el servomotor y los motores vibradores a los cuales se le envía una señal de mando de 5v.

```

#include <SoftwareSerial.h>
#include "VoiceRecognitionV3.h"
#include <Servo.h>
#include <Ultrasonic.h>

VR myVR(2,3); // 2:RX 3:TX, you can choose your favourite pins.
Servo servol;
Ultrasonic ultra(9,8); // (Trig PIN,Echo PIN)

uint8_t records[7]; // save record
uint8_t buf[64];

int PINSERVO=4;
int PULSOMIN=1000;
int PULSOMAX=2000;
int distancia;
int erm=11;
int lra=12;

#define adelante (0)
#define derecha (1)
#define izquierda (2)

```

Fig. 39. Código para determinación de distancia del SENSOR HC – SR04

Hacemos uso de la librería “Ultrasonic”, la cual primero nos llama a declarar los pines que vamos a utilizar del Arduino Nani para luego hallar internamente la distancia mediante la fórmula de Distancia=Velocidad x Tiempo. Se declara la función “ultra. Ranging” dentro del bucle “Void Loop ()” que nos arrojará la distancia por defecto en centímetros y se guardará en la variable entera “distancia”.

```
distancia=ultra.Ranging(CM);
```

Fig. 40. Declaración de la función “ultra. Ranging”

✓ Código de motores vibradores

Para el accionamiento de componentes electrónicos de señal digital usamos la función “digitalWrite” tanto para prender o apagar el funcionamiento del motor vibrador de masa excéntrica y del motor vibrador de resonancia lineal, que estarán condicionados por la distancia del sensor HC-SR04 al obstáculo.

```

if(distancia<10)
{
  digitalWrite(lra,HIGH);
  digitalWrite(erm,LOW);
  delay(500);
}
if(distancia>10 && distancia<20)
{
  digitalWrite(lra,HIGH);
  digitalWrite(erm,HIGH);
  delay(500);
}

```

Fig. 41. Código de los motores vibradores

✓ Configuración de sensores y actuadores

El “Void setup ()” es la sección que se ejecuta una sola vez iniciado el proceso programado en el microcontrolador Arduino en donde se declara la configuración de comunicación entre dispositivos electrónicos, la velocidad de transmisión de datos entre dispositivos que está dado en baudios, así como también especificar que los pines de los dispositivos son entradas o salidas.

```

void setup()
{
  /** initialize */
  myVR.begin(9600);

  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Elechouse Voice Recognition V3 Module\r\nControl LED sample");
  servol.attach(PINSERVO,PULSOMIN,PULSOMAX);
  pinMode(erm,OUTPUT);
  pinMode(lra,OUTPUT);
}

```

Fig. 42. Configuración de sensores y actuadores

✓ Lógica del programa

La parte más importante de la programación en Arduino es la lógica de cómo va a funcionar el sistema de orientación; y estas instrucciones están especificadas dentro del “Void Loop”, bucle el cual se repite constantemente, es decir hay una constante lectura de nuestros sensores y a raíz de nuestra programación habrá un constante accionamiento de los motores vibradores durante el proceso de orientación de la persona invidente.

```

void loop()
{
  distancia=ultra.Ranging (CM) ;
  if(distancia<10)
  {
    digitalWrite (lra,HIGH);
    digitalWrite (erm,LOW);
    delay(500);
  }
  if(distancia>10 && distancia<20)
  {
    digitalWrite (lra,HIGH);
    digitalWrite (erm,HIGH);
    delay(500);
  }

  int ret;
  ret = myVR.recognize (buf, 50);
  if(ret>0){
    switch(buf[1]){
      case adelante:
        /** turn on LED */
        servol.write(90);
        delay(100);
        break;
      case derecha:
        /** turn on LED */
        servol.write(0);
        delay(100);
        break;
      case izquierda:
        /** turn on LED */
        servol.write(180);
        delay(100);
        break;
      default:
        Serial.println("Record function undefined");
        break;
    }
    /** voice recognized */
    printVR(buf);
  }
}

```

Fig. 43. Lógica del programa

B. Diseño del sistema de ubicación

La segunda etapa del Bastón Sensorial Inteligente consiste en el diseño del sistema de ubicación que está compuesto por el Módulo GSM SIM800L, el cual permite realizar llamadas, enviar mensajes de texto y navegar en internet. También está conformada por un Módulo GPS Ublox Neo – 6M, el cual permite

El Arduino Nano se encarga de recibir los datos enviados por el Módulo SIM800L y el Módulo GPS Ublox Neo – 6M, lo analiza

y toma decisiones dependiendo de la programación; estas órdenes son enviadas por comunicación serial hacia el módulo SIM800L para que este se conecte al servidor de Firebase y se pueda visualizar la ubicación del invidente en tiempo real.

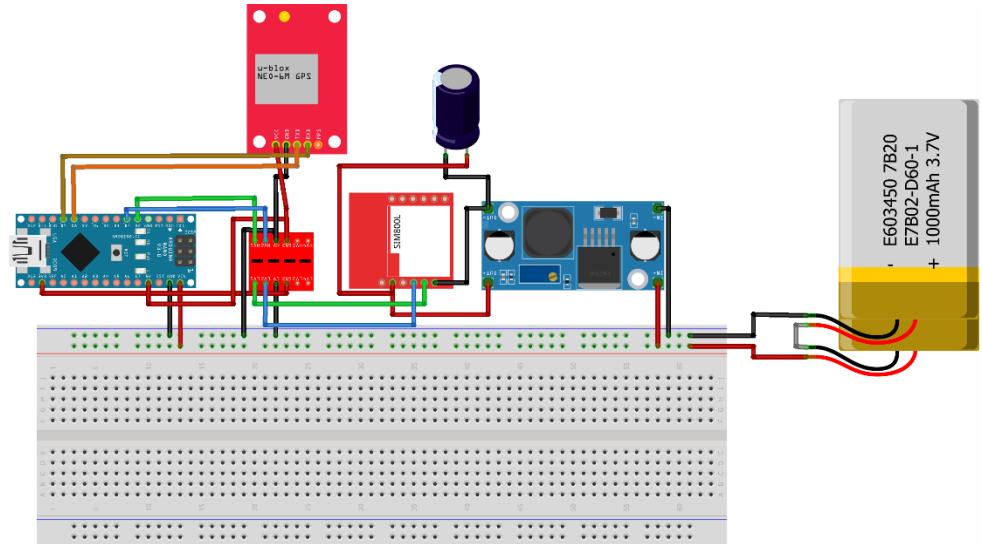


Fig. 44. Imagen Esquemático circuital del módulo de ubicación

➤ Estructura del sistema

Está conformado por el Arduino Nano quien se encarga de recibir la información de los componentes electrónicos de entrada a través de comunicación serial, también lo conforma un Módulo SIM800L que va montado sobre la placa Arduino Nano a través de sus pines alimentándolo de energía y comunicándose mediante comunicación serial por software, y por un módulo GPS Ublox Neo – 6M quien se conecta a la placa Arduino Nano mediante comunicación física.

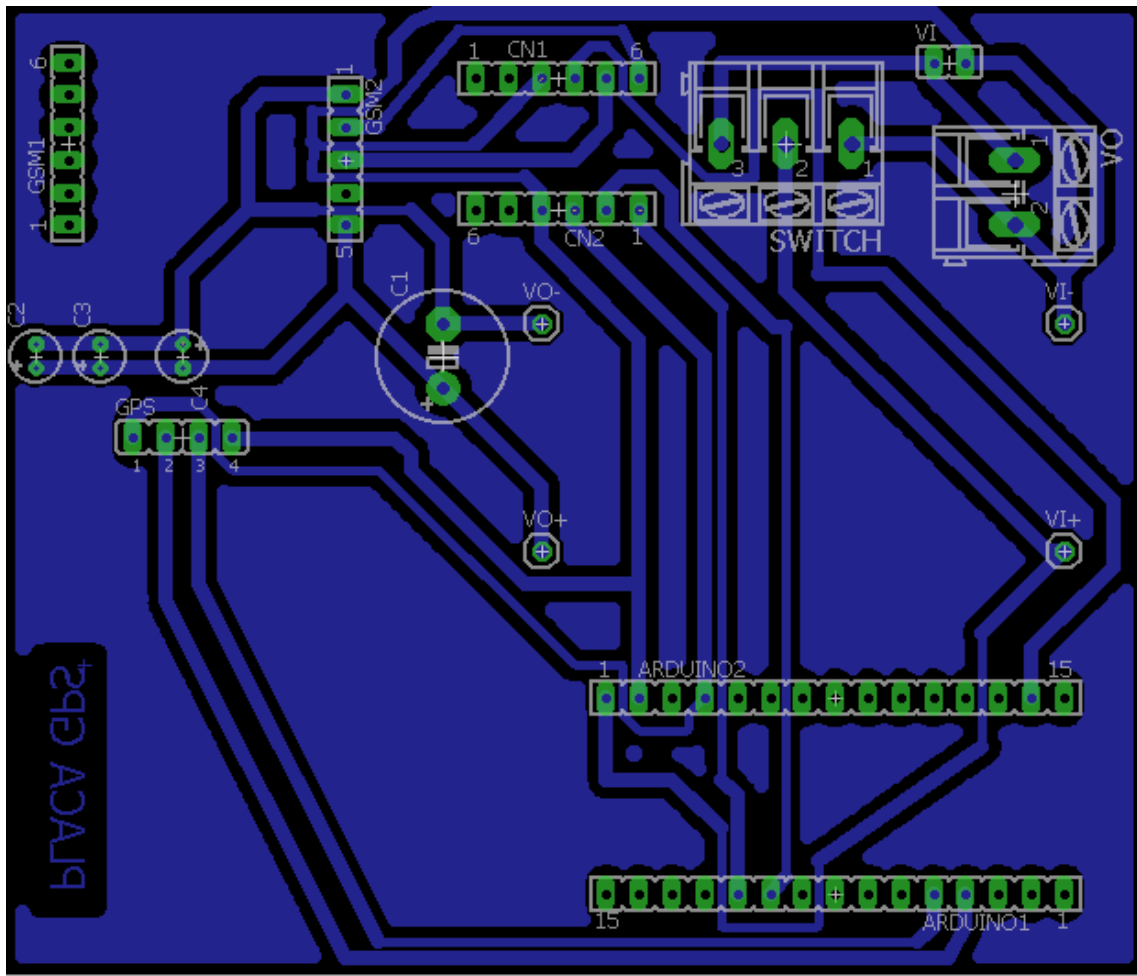


Fig. 45. Imagen Diseño del circuito impreso del módulo de ubicación

➤ **Análisis y funcionamiento**

El sistema de ubicación está compuesto por un módulo GPS Ublox Neo - 6M, por el módulo GSM/GPRS SIM800L y por la placa Arduino Nano que hacen posible este sistema de Ubicación. El módulo GPS Ublox Neo - 6M cuenta en su estructura con una antena y 4 pines, Vcc y GND que se conecta a 3.3V y tierra respectivamente suministrado por la placa Arduino Nano. El GPS cuenta con 2 pines de comunicación como son los pines TX y RX. El pin TX se encarga de transmitir las coordenadas que censa el GPS como son la latitud y altitud donde se encuentra el invidente hacia el pin de recepción de datos RX0 del Arduino Nano. El Arduino Nano recibe a través de su puerto serial por software las coordenadas del invidente captadas por el módulo GPS, para luego decodificar la latitud y longitud

mediante programación y enviar mediante el puerto serial creado por software hacia el GSM/GPRS SIM800L. Se creó un puerto serial por software para la comunicación entre el Arduino Nano con el SIM800L debido a que se utiliza un módulo GPS el cual transmite datos serial mente; esta comunicación del Arduino Nano con el módulo GPS se establece mediante el puerto serial por software del Arduino Nano. El módulo GSM/GPRS SIM800L recibe las coordenadas decodificadas por el Arduino Nano a través del puerto serial por software; y transmite a través de GPRS al servidor Firebase que se encarga de visualizar las coordenadas del invidente en un mapa satelital.

Para visualizar y modificar los contactos del invidente se hace utilidad del keypad4x4 que va conectado en los pines digitales 2,3,4,5,6,7 y 8 del Arduino Nano, este procesa la información recibida por el teclado y lo visualiza en la pantalla LCD que está conectada al Arduino Nano mediante comunicación I2C.

✓ **Programación**

La programación de Arduino Nano se realiza a través de líneas de códigos que la traduce en tareas automatizadas que queremos realizar en función de a las condiciones del entorno, utiliza un lenguaje de programación C++ con mecanismos que permiten la manipulación y compilación de objetos, su interfaz de programación es muy sencillo y amigable, la cual permite adecuarlo a cualquier proyecto que deseamos, además nos ofrece un sistema de gestión de librerías suficiente para programar.

✓ Diagramas del flujo del sistema de ubicación programación

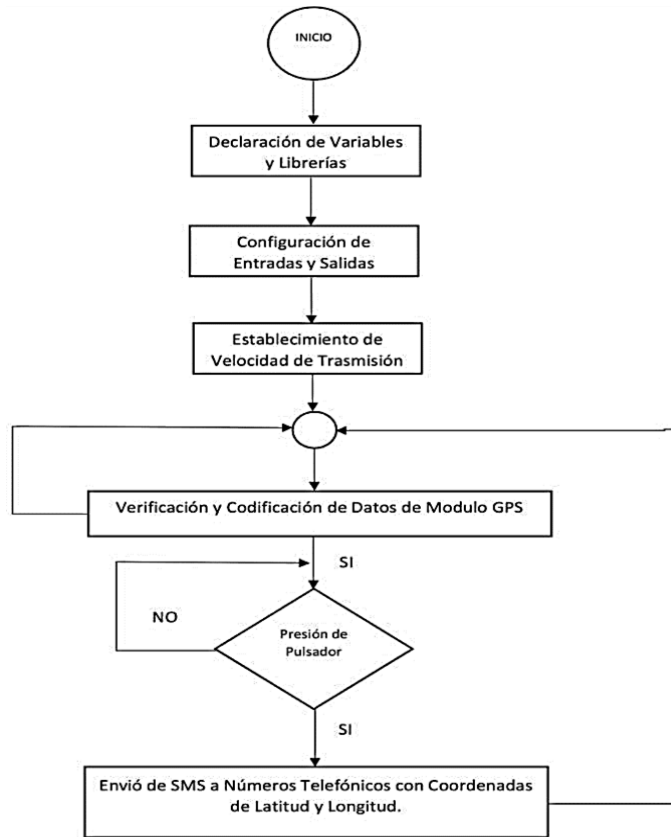


Fig. 46. Diagrama de flujo de SMS

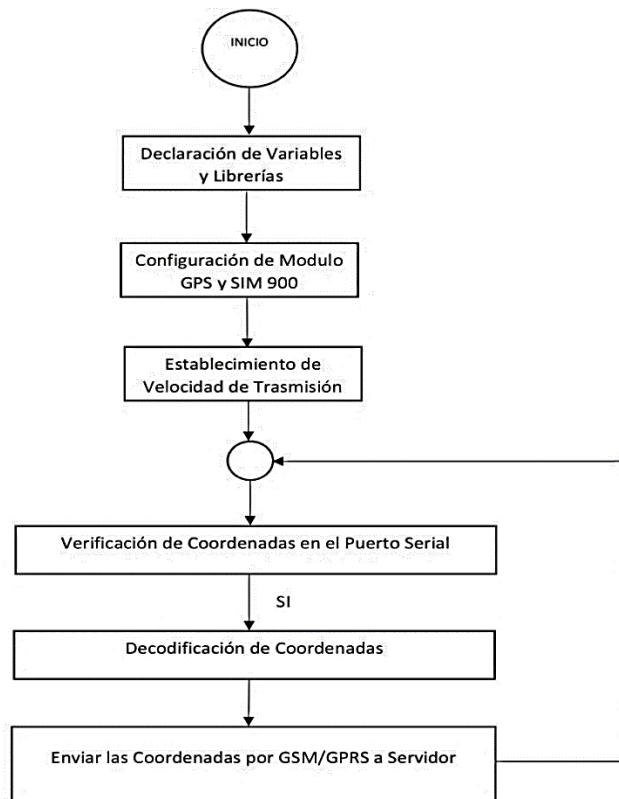


Fig. 47. Diagrama de flujo de datos

✓ Código de programación definición de variables y librerías

El código de programación se empieza con la declaración de librerías de los componentes electrónicos como el módulo GPS Ublox Neo - 6M y el módulo GSM/GPRS SIM800L, además de la librería de comunicación serial. Luego se declara los pines de señal en el Arduino Nano. Seguidamente declaramos variables de tipo “char” para la declaración de la red de nuestro Chip incrustado en nuestro SIM800L.

```
#define BLYNK_PRINT Serial

#define TINY_GSM_MODEM_SIM900
#include "TinyGPS++.h"
#include <TinyGsmClient.h>
#include <BlynkSimpleSIM800.h>

char auth[] = "a5b699a2b8524e61a8b218868e402234";
char apn[] = "claro.pe";
char user[] = "claro";
char pass[] = "claro";

BlynkTimer timer;
TinyGPSPlus gps;
// or Software Serial on Uno, Nano
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial SerialAT(2, 3); // RX, TX

TinyGsm modem(SerialAT);
```

Fig. 48. Código de programación definición de variables y librerías

✓ Código para obtención de coordenadas de modulo GPS

Para la obtención de datos se utilizará la función “Serial.available” para ver si se reciben datos por el puerto serial físico del Arduino Nano, una vez se verifique datos por el puerto serial se decodifica las coordenadas con la función “GPS.Encode (Serial.read())” para luego asignar estas coordenadas a variables locales de tipo “String”.

```

while (Serial.available ())
{
gps.encode (Serial.read ());
}
if (gps.location.isUpdated ())
{
lat_ = String (gps.location.lat (), 6);
lon_ = String (gps.location.lng (), 6);
speed_ = gps.speed.mph ();
}

```

Fig. 49. Código para obtención de coordenadas de modulo GPS

✓ Código del SIM 800L

Una vez decodificada las coordenadas se envía mediante tecnología GSM/GPRS por el módulo SIM800L hacia el servidor Firebase.

✓ Configuración de módulo GPS y SIM800L

Una vez alimentado el Arduino Nano se prende el módulo GSM/GPRS SIM800L con la instrucción “digitalWrite” donde se enviará un pulso de 5v hacia el pin 8 que es el pin de encendido por software.

Se establecen las velocidades de transmisión de datos tanto para el puerto serial físico como para el puerto serial por software del Arduino mediante la función “Serial. Begin”.

```

pinMode (8, OUTPUT);
digitalWrite (8, HIGH);
delay (3000);
digitalWrite (8, LOW);
Serial.begin (9600);

delay (10);

SerialAT.begin (9600);
delay (3000);

Serial.println ("Initializing modem...");
modem.init ();

Blynk.begin (auth, modem, apn, user, pass);
timer.setInterval (1000L, sendGPS);

```

Fig. 50. Configuración de módulo GPS y SIM800L

✓ Lógica del programa

La parte más importante de la programación en Arduino es la lógica de cómo va a funcionar el sistema de ubicación; y estas instrucciones están especificadas dentro del “void Loop”, bucle el cual se repite constantemente, es decir hay una constante lectura de las coordenadas del GPS y a raíz de nuestra programación habrá un constante envío de datos al servidor Firebase mediante tecnología GSM/GPRS.

```
while (Serial.available())
{
  gps.encode (Serial.read());
}
if (gps.location.isUpdated())
{
  lat_ = String(gps.location.lat(), 6);
  lon_ = String(gps.location.lng(), 6);
  speed_ = gps.speed.mph() ;

  Serial.println("Latitude:");
  Serial.println(lat_);
  Serial.println("Longitude:");
  Serial.println(gps.location.lng(), 6);
  Serial.println("Speed MPH:");
  Serial.println(gps.speed.mph());
  Serial.println("");
}
```

Fig. 51. Lógica del programa

C. Diseño y desarrollo de aplicación móvil

La tercera etapa consiste en el diseño y desarrollo de la Aplicación Móvil que está construida en Android Studio 3.4.1, con el lenguaje Java, aplicando POO Programación Orientado a Objetos. La base de datos empleada por la aplicación Móvil es Firbase, la cual es una base de datos en tiempo real.

La Aplicación Móvil cuenta con privilegios para el acceso como Administrador y como Usuario.

Como Administrador permite registrar, modificar y guardar los usuarios invidentes y los parientes de los invidentes.

Como Usuario permite que el pariente pueda hacerle seguimiento en tiempo real al invidente y ver el reporte de las

rutas que en el día recorrió ya que la Aplicación Móvil las guarda por fechas.

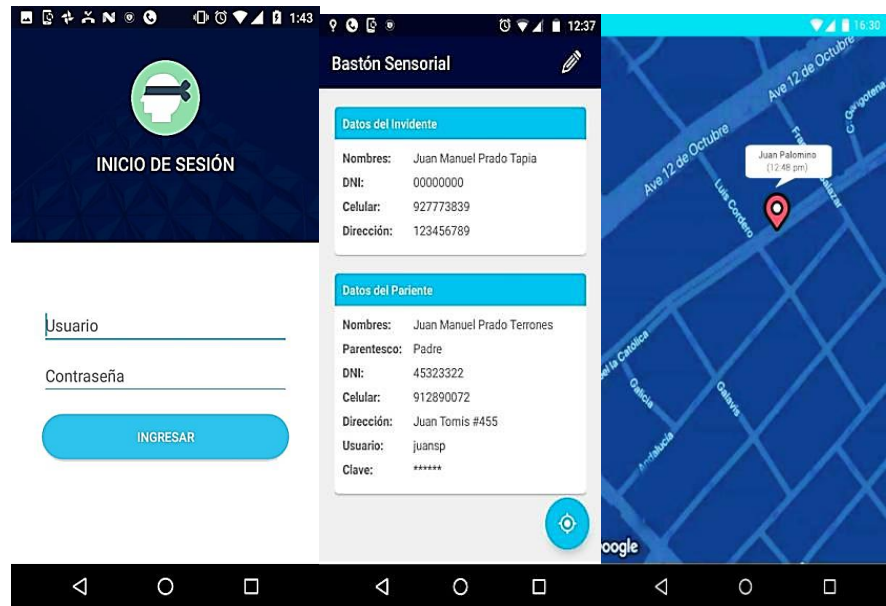


Fig. 52. Imágenes del aplicativo móvil

➤ Estructura del sistema

Está conformado por una Aplicación Móvil desarrollada en Android Studio 3.4.1 y una base de datos Firebase, la Aplicación Móvil se conecta a la Red GSM/GPRS del Módulo SIM 800L, obteniendo los datos de latitud y longitud del GPS Ublox Neo – 6M, el cual nos permite ubicar en tiempo real al invidente.

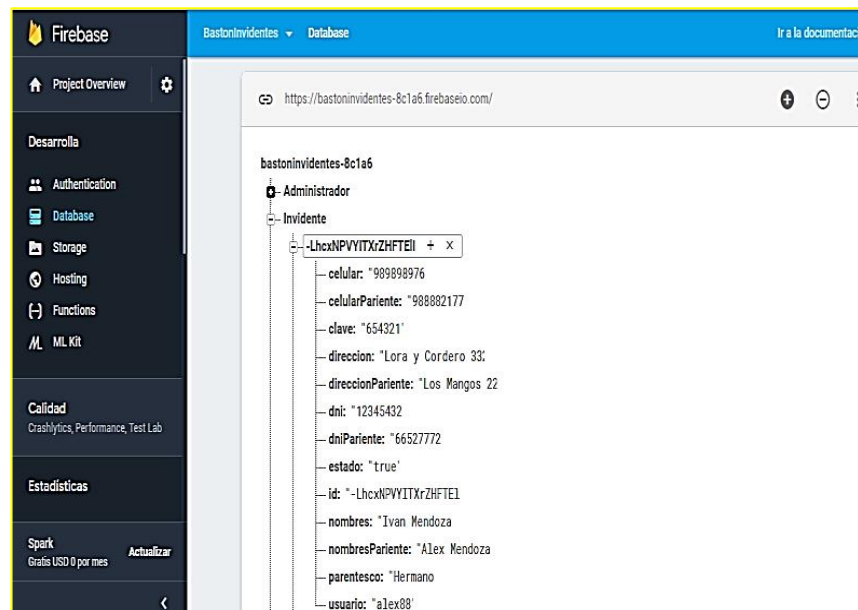


Fig. 53. Imagen de la estructura del sistema de la aplicación móvil

➤ **Análisis y funcionamiento**

La aplicación Móvil cuenta con funciones que permiten al Administrador y al Usuario interactuar de una manera amigable, aportando de esta manera privilegios como el supervisar los movimientos del invidente y conocer las rutas en las que se desplaza el invidente. La Aplicación Móvil cuenta con las siguientes funciones:

✓ **Acceso como administrador**

A través de esta función permite el acceso a la aplicación como Administrador teniendo el control total de los datos del invidente y del pariente.



Fig. 54. Imagen de la pantalla de acceso como administrador

✓ **Registro de datos de parientes e invidentes**

El administrador a través de esta función podrá registrar los datos de las personas invidentes y de los parientes de los mismos con la finalidad de contar con información en tiempo real.

The image shows a mobile application interface for a new registration. The title bar at the top is dark blue with the text 'Nuevo Registro' and a save icon. Below the title bar, there are two main sections, each with a light blue header. The first section, 'Datos del Invidente', contains four input fields: 'Nombres Completos', 'DNI', 'Celular', and 'Dirección'. The second section, 'Datos del Pariente', contains four input fields: 'Nombres Completos', 'Parentesco', 'DNI', and 'Celular'. The bottom of the screen shows the standard Android navigation bar with back, home, and recent apps buttons.

Fig. 55. Imagen de la pantalla de registro de datos de parientes e invidentes

✓ **Reporte de rutas recorridas por el invidente**

A través de esta función el administrador podrá ver las rutas recorridas por el invidente y podrá consultar las ubicaciones por fechas y direcciones registradas.



Fig. 56. Imagen de pantalla de reportes de rutas (1)

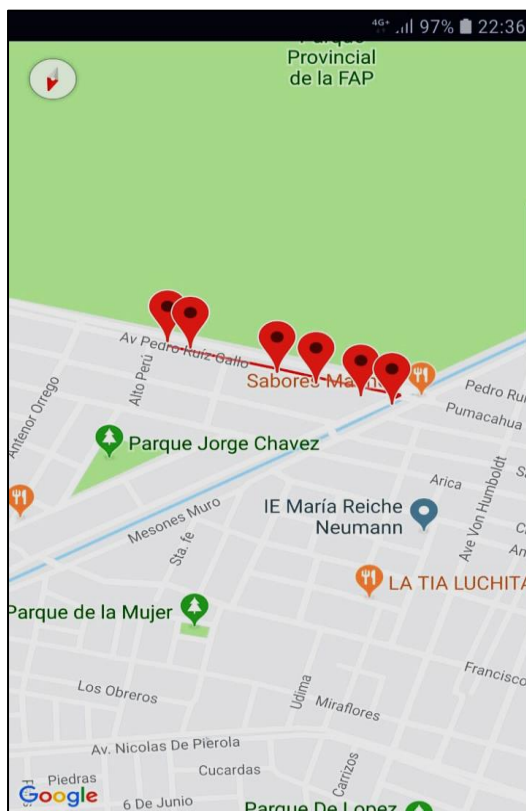


Fig. 57. Imagen de pantalla de reportes de rutas (2)

✓ **Acceso como usuario**

A través de esta función permite el acceso a la aplicación como Usuario la cual puede visualizar en tiempo real su ubicación y su desplazamiento del invidente.



Fig. 58. Imagen de la pantalla de acceso del usuario

✓ **Ubicación en tiempo real**

A través de esta función el pariente podrá ubicar en tiempo real y los movimientos de desplazamiento del invidente.



Fig. 59. Imagen de pantalla de ubicación en tiempo real

✓ Programación

La programación y desarrollo de la Aplicación Móvil se realizó a través del IDE Android Studio 3.4.1 empleando el lenguaje Java, aplicando POO (Programación Orientada a Objetos) y empleando una base de datos Firebase, la cual es una base de datos en tiempo real, con muchas facilidades para la escalabilidad; y la cual nos ha permitido implementar la geolocalización o seguimiento en tiempo real del invidente.

✓ Código de programación

El código de programación IDE Android Studio 3.4.1 empleando el lenguaje Java, aplicando POO (Programación Orientada a Objetos) y empleando una base de datos Firebase.

```

Invidente invidente = new Invidente();
databaseReference =
FirebaseDatabase.getInstance().getReference("Invidente");
String key = databaseReference.push().getKey();

invidente.setId(key);
invidente.setNombres(edNombresI.getText().toString());
invidente.setDni(edDniI.getText().toString());
invidente.setCelular(edCelularI.getText().toString());
invidente.setDireccion(edDireccionI.getText().toString());
invidente.setNombresPariente(edNombresP.getText().toString());
invidente.setParentesco(edParentesco.getText().toString());
invidente.setDniPariente(edDniP.getText().toString());
invidente.setCelularPariente(edCelularP.getText().toString());
invidente.setDireccionPariente(edDireccionP.getText().toString());
);
invidente.setUsuario(edUsuario.getText().toString());
invidente.setClave(edClave.getText().toString());
invidente.setEstado("true");
databaseReference.child(key).setValue(invidente);

DatabaseReference databaseReference2;
databaseReference2 =
FirebaseDatabase.getInstance().getReference("Usuarios");

Map<String, Object> latlang = new HashMap<>();
latlang.put("id", key);
latlang.put("MyGps", " ");
latlang.put("fechaHora", " ");
databaseReference2.child(key).setValue(latlang);

Toast.makeText(RegistroInvidente.this, "Registrado OK",

```

Fig. 60. Código de programación

4.1.7. Iteración #7: Integración total del sistema

Para la integración total del bastón inteligente se unen el sistema de orientación, sistema de ubicación y aplicación móvil en la parte de diseño y fabricación de la placa universal, así como su programación respectiva.

A. Esquema circuital del proyecto del bastón inteligente

El proyecto del bastón inteligente está dividido en 3 etapas: etapa de orientación que hace uso de sensores HC-SR04 y motores vibradores; etapa de ubicación formada por un módulo GPS NEO UBLOX 6M, el módulo GSM SIM800L; etapa de aplicación móvil desarrollado en Android Studio. Adicionalmente cuanto con una etapa de alimentación que está proporcionada por 1 baterías Lipo de 7.4V.

➤ Etapa de alimentación

El sistema total se alimenta con 1 batería Lipo: Una batería de 7.4v 1000mA. Se utiliza un regulador de voltaje LM2596 para bajar el voltaje de 7.4V a 4.3V para poder alimentar el SIM800L. y el Arduino Nano, y este a su vez pueda alimentar la pantalla LCD y el Keypad 4x4.

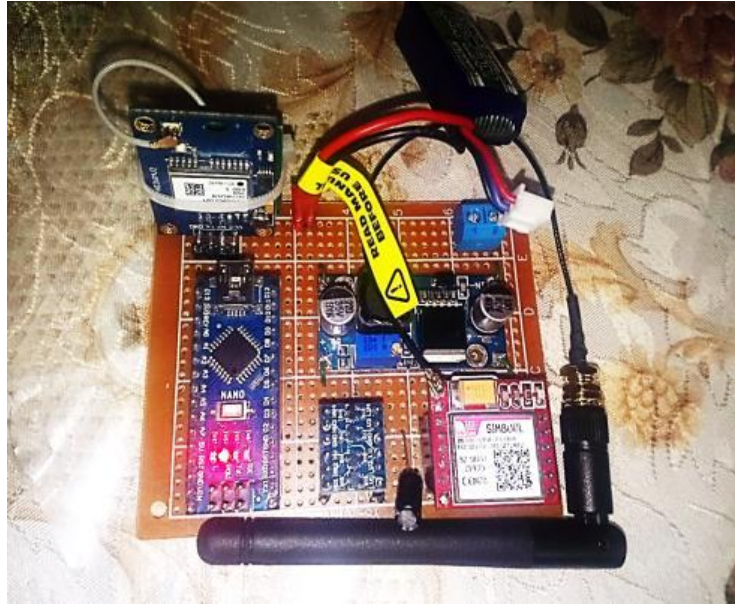


Fig. 61. Imagen de etapa de alimentación

➤ **Etapa de ubicación**

El sistema de ubicación está formado por el GPS NEO 6M y el SIM800L conectados mediante comunicación serial por software al Arduino Nano para poder captar las coordenadas de GPS y poder enviarlas al servidor Firebase mediante GPS.

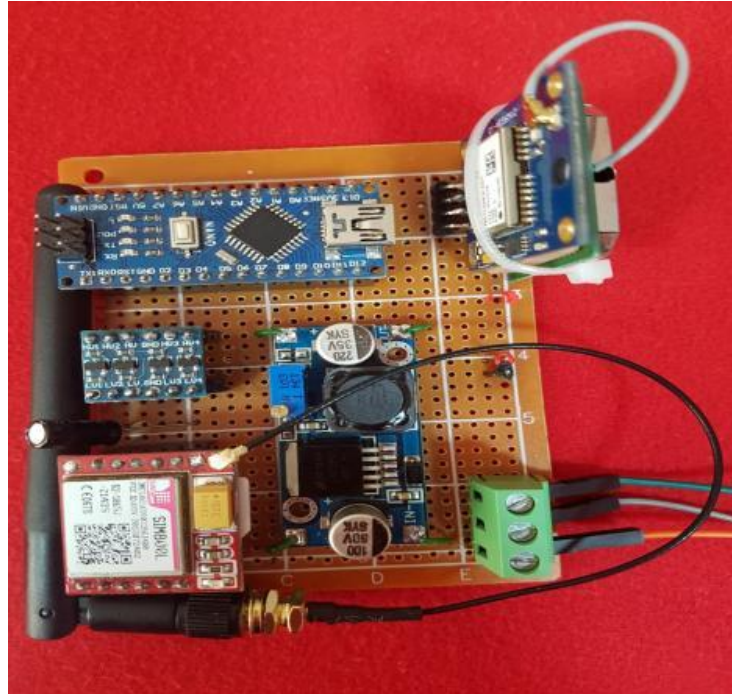


Fig. 62. Imagen de placa para la etapa de ubicación

➤ **Etapa de orientación**

En esta etapa se hace uso de Sensores de distancia que detectan la distancia para poder advertir al invidente de un posible obstáculo haciendo vibrar a motores que van conectados a una placa Arduino Nano

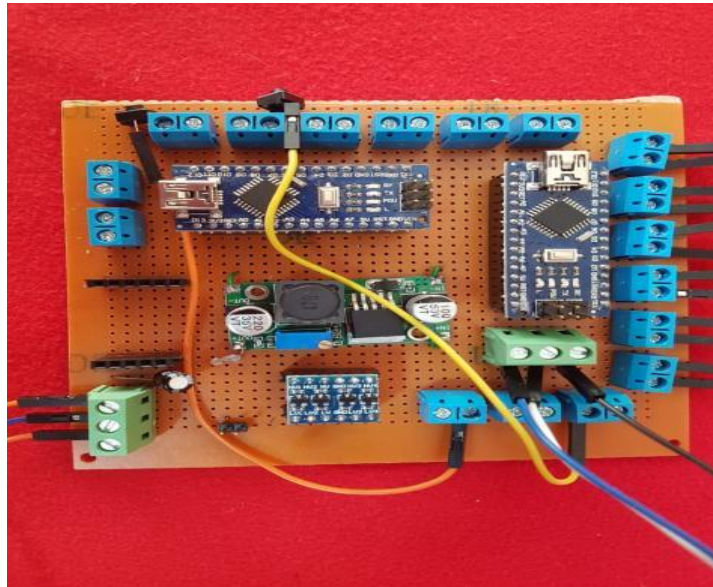


Fig. 63. Imagen de placa para la etapa de orientación

B. Implementación del prototipo

Es este apartado se muestra la conexión y montaje total del prototipo del bastón inteligente para invidentes

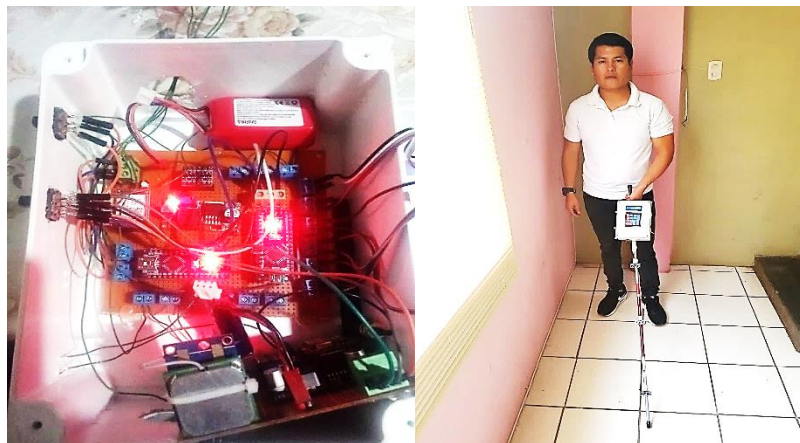


Fig. 64. Implementación del prototipo

➤ **Implementación de hardware**

Se muestra los dispositivos electrónicos montados en el prototipo de bastón inteligente, así como su ubicación correspondiente.

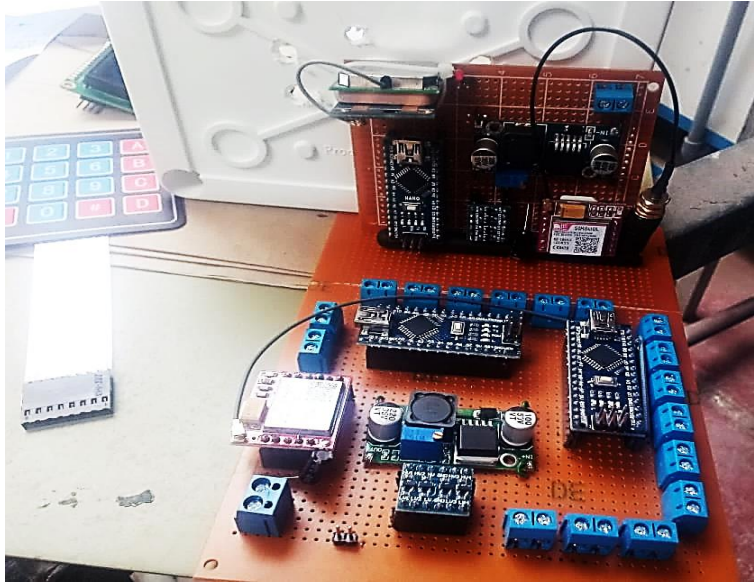


Fig. 65. Imagen de todos los dispositivos montados en el prototipo

➤ **Conexión Arduino Nano y módulo SIM 800L**

La conexión del Arduino Nano y SIM800L se realizó mediante un conversor de nivel lógico de 5v a 3.3v debido a que el SIM800L trabaja con niveles lógicos de 3.3v. Para el funcionamiento correcto del SIM800L se debe tomar en cuenta las especificaciones de este, como el voltaje de operación y corriente de consumo.

En la siguiente figura se muestra la conexión entre el Arduino y el módulo GSM tanto para llamar, recibir llamadas, enviar SMS y Conectarse a internet.



Fig. 66. Imagen de la conexión de Arduino Nano y módulo SIM 800L

➤ **Conexión Arduino Nano Y GPS NEO 6M**

Para la comunicación correcta entre el GPS y el Arduino se crea un puerto serial por software, conectando el pin Tx del GPS con el pin Rx del Arduino Nano creado por software y conectando el pin Rx del GPS con el pin Tx del Arduino. El módulo GPS se alimenta con 3.3v suministrado por el Arduino Nano.

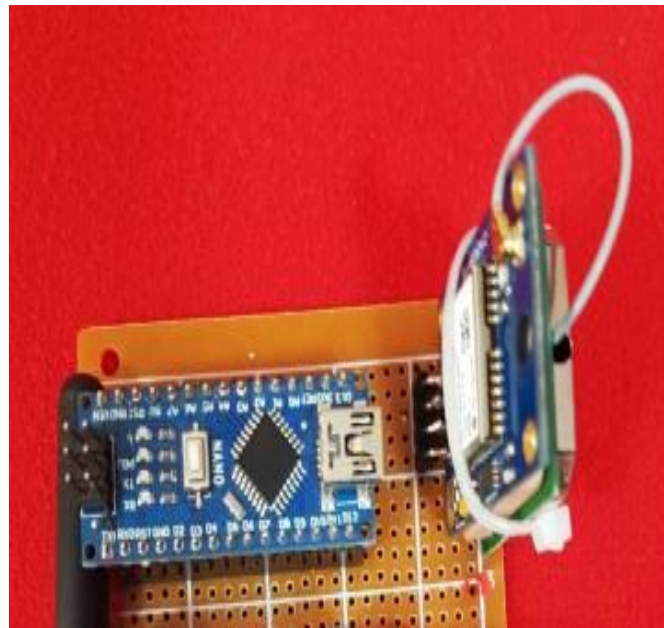


Fig. 67. Imagen de la conexión de Arduino Nano y GPS NEO 6M

➤ **Conexión Arduino Nano, Sensores HC – SR04 y motores vibradores**

Se muestra la conexión del sistema de orientación conformado por 2 sensores HC-SRF-04, un Arduino Nano, un motor vibrado de resonancia lineal y un motor de masa excéntrica.

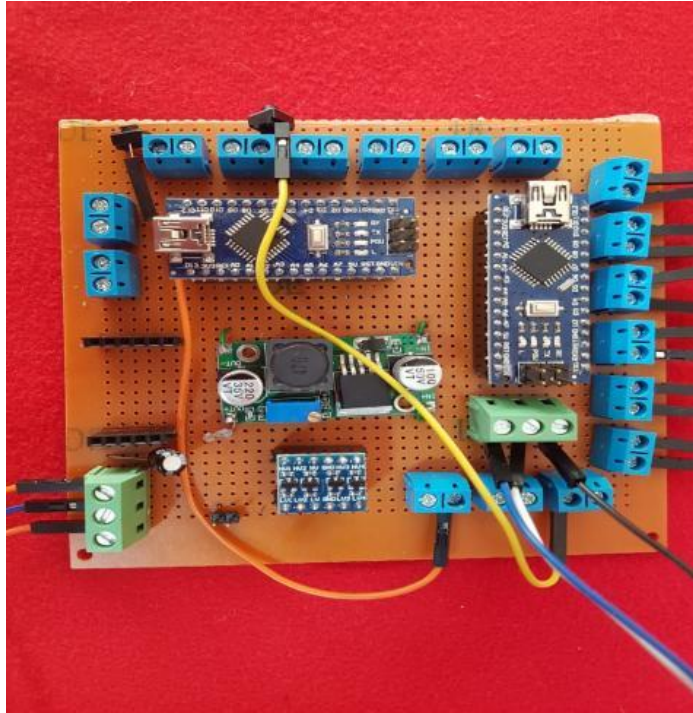


Fig. 68. Imagen de la conexión de Arduino Nano con los sensores HC – SR04 y motores vibradores

C. Montaje del prototipo del bastón inteligente

En las siguientes figuras se puede observar los componentes electrónicos montados en el bastón, así como la estructura que contiene las placas universales con los componentes electrónicos utilizados para la ubicación y orientación del invidente.

La estructura se coloca en la parte superior del bastón para una mayor comodidad del invidente.

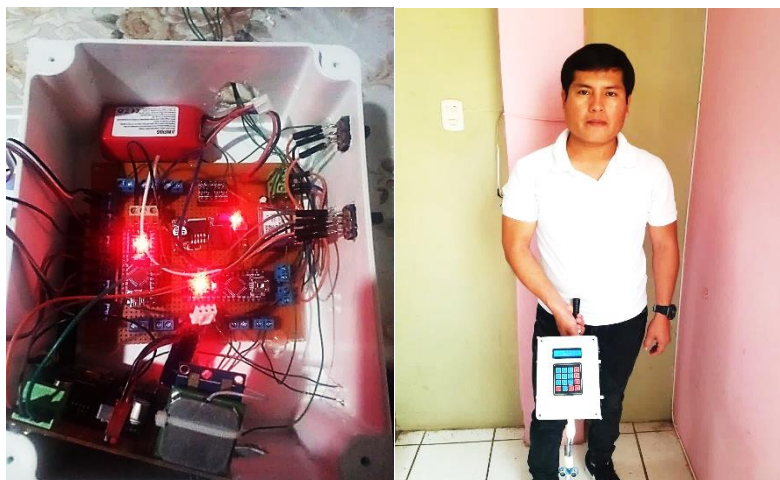


Fig. 69. Imagen del montaje total del prototipo bastón inteligente

4.1.8. Iteración #8: Pruebas de funcionamiento

Se muestran las distintas pruebas realizadas con el bastón para comprobar su correcto funcionamiento y así conseguir el funcionamiento óptimo de todo del prototipo.

A. Pruebas de sistema de orientación

En esta prueba se verifica la correcta lectura de distancia de los sensores ultrasónicos HC-SR04 hacia los obstáculos, donde se utilizará distancia hasta 100 cm que ha sido programado en el Arduino.

Se colocan los sensores recubiertos por una estructura para protegerlo.

La ubicación de los motores vibradores es en la parte superior de bastón para que el invidente pueda sentir la vibración más fuerte.



Fig. 70. Imagen sobre las pruebas del sistema de orientación

B. Pruebas de sistema de ubicación

La estructura del sistema de ubicación está ubicada en la parte superior del bastón donde irá la placa universal con el Arduino Nano, SIM800L, módulo GPS, pantalla LCD, Keypad 4x4 y baterías Lipo de 7.4v, así como se muestra en las siguientes figuras.

Un dato importante con respecto al GPS es que al iniciarse por primera vez demora entre 5 a 10 min en enviar coordenadas al Servidor Firebase.

En caso de apagar el sistema de ubicación y luego encenderlo no después de muchos minutos el GPS demora menos en inicializarse.

Se muestra la prueba de llamada del invidente donde se tuvo que presionar un pulsador para poder llamar.

Se hace la prueba para él envió de SMS a distintos números establecidos para alertar el estado del invidente.

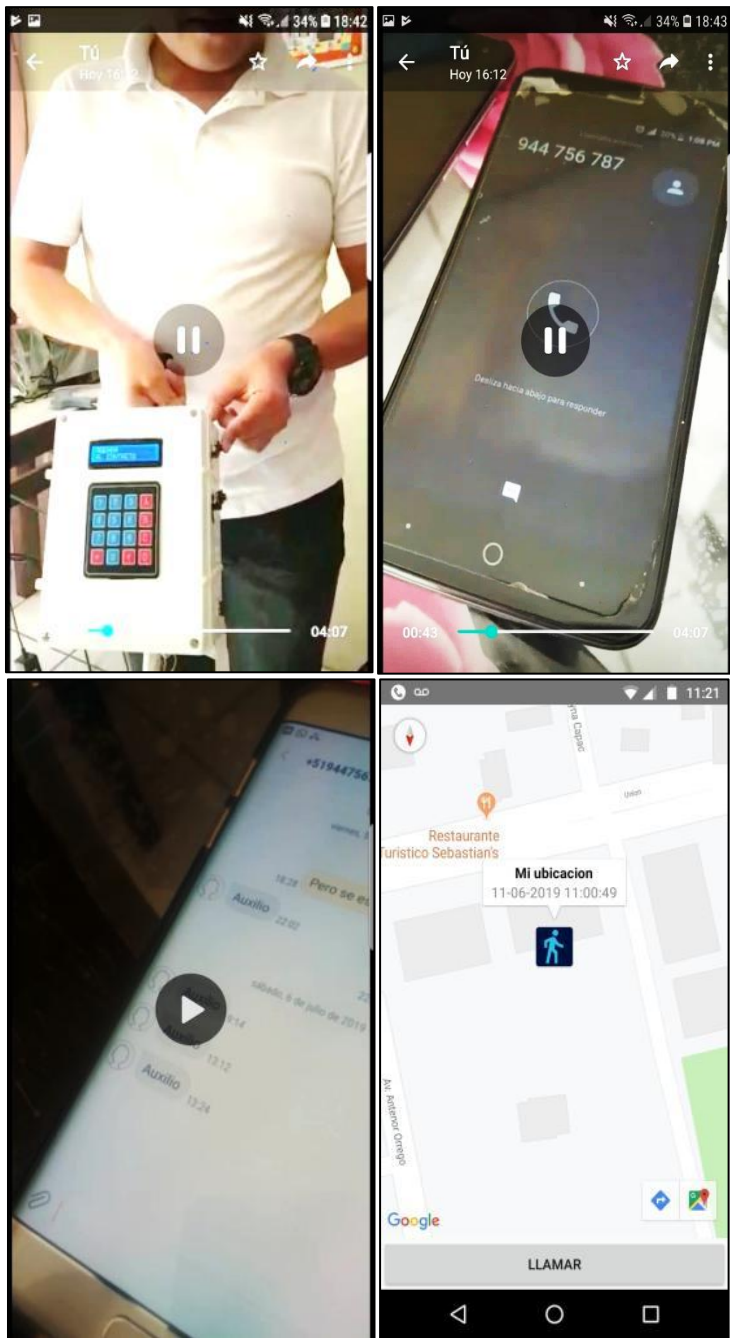


Fig. 71. Imágenes de prueba del sistema de ubicación

4.2. En base a los objetivos de la investigación

4.2.1. Identificación de los factores que generan el deficiente desplazamiento de las personas invidentes.

Los factores que generan el deficiente desplazamiento de las personas invidentes son:

- **El bastón común es el único medio de desplazamiento que no identifica los obstáculos, desniveles, barreras del camino.** Esto genera tropiezos que tienen consecuencias graves como fracturas y golpes, afectando su salud.
- **Dependencia de alguna persona para su desplazamiento.** En la mayoría de veces no tienen la disponibilidad suficiente para ayudar al familiar invidente, dejándolos solos y a su suerte.
- **Los lugares donde se desplaza cambian de distribución.** La persona invidente memoriza cada uno de los lugares donde se desplaza, sin embargo cuando ocurre una nueva distribución del lugar interno o externo se desorienta totalmente.
- **Las personas invidentes sufren marginación.** Son rechazados por la sociedad considerándolos una carga, los empujan, insultan y los maltratan.

4.2.2. Determinación de las características diferenciales del bastón sensorial geolocalizador inteligente con respecto a otros modelos existentes.

Se establecieron las características diferenciales del bastón sensorial geolocalizador respecto al bastón convencional, definidas en el ítem *4.1.1. Iteración #1: Planificación del proyecto, sección D. Planificación del sistema propuesto, a. Requerimientos funcionales.*

4.2.3. Establecimiento del modelo tecnológico del bastón sensorial geolocalizador inteligente y sus componentes que permita facilitar el desplazamiento seguro de las personas invidentes.

Se estableció el modelo tecnológico del bastón sensorial geolocalizador y sus componentes, Se tomaron en cuenta los requerimientos para el diseño del prototipo detallados en el ítem

4.1.5. Iteración #5: Requerimientos para el Diseño del Prototipo,

teniendo en cuenta lo siguiente:

- Las características de la Placa Arduino
- Los sensores ultrasónicos
- Los motores vibradores
- El módulo de voz
- El módulo GSM
- Los módulo GPS
- El módulo de alimentación de energía.

Se eligieron los dispositivos que más se adecúen, teniendo en cuenta el tamaño, peso, características técnicas y compatibilidad entre ellas,

4.2.4. Determinación de la arquitectura de la tecnología que permita dar soporte al funcionamiento del bastón sensorial geolocalizador inteligente

La determinación de la arquitectura bastón sensorial se dividió en dos etapas:

A. Diseño del prototipo

Esta etapa se detalla en el ítem **4.1.6. Iteración #6: Diseño del prototipo** teniendo en cuenta los requerimientos funcionales. Se definen dos (2) etapas:

- ✓ **Etapa de ubicación:** Compuesta por un módulo GPS NEO 6 M, por el módulo GSM/GPRS SIM800L, por la tarjeta Arduino nano, por una pantalla LCD 16x2 y un Keypad 4x4.
- ✓ **Etapa de orientación:** Compuesta por 3 sensores HC-SR04, por un motor vibrador de masa excéntrica, un motor vibrador resonante lineal y por el Arduino Nano.

B. Integración total del sistema

Esta etapa se detalla en el ítem **4.1.7. Iteración #7: Integración total del sistema**

Para la integración total del bastón inteligente se unen el sistema de orientación, sistema de ubicación y aplicación móvil en la parte de diseño y fabricación de la placa universal, así como su programación respectiva.

4.2.5. Validación de la eficiencia con respecto al desplazamiento de las personas invidentes.

Se validó la eficiencia del bastón sensorial tanto de su sistema de orientación así como su ubicación, tal y como se detalla en el ítem **4.1.8. Iteración #8: Pruebas de funcionamiento**, comprobándose su correcto funcionamiento y comodidad en el uso para las personas invidentes, logrando su funcionamiento óptimo.

V. DISCUSIÓN

Toda persona necesita realizar sus actividades cotidianas a pesar de las limitaciones que se le presentan; sin embargo, para algunos son pasajeras, pero para otros de manera permanente como las personas invidentes. Ellos necesitan de un bastón para poder desplazarse correctamente de un lugar a otro [7].

El bastón convencional tiene funciones limitadas, por lo que un bastón con características diferenciales permitirá que la persona invidente se traslade con mayor seguridad y desarrolle sus actividades sin inconvenientes mayores que “su diseño integrado y la tecnología basada en los ultrasonidos garantizan un buen margen de respuesta a los obstáculos.” [5]

Se diseñó el bastón sensorial geolocalizador y sus componentes, considerando las características de la Placa Arduino, sensores ultrasónicos, motores vibradores, módulo de voz, módulo GSM, módulo GPS y el módulo de alimentación de energía, es decir los dispositivos que se adecúen de manera eficiente, considerando el tamaño, peso, características técnicas y compatibilidad entre ellas. Con esto, tal y como lo manifiesta Lizárraga [9] el bastón mejorará el modo de vida de los invidentes, ya que tendrán mayor seguridad en el desplazamiento diario,

El dispositivo muestra la información de la persona invidente a través de una pantalla LCD, motores vibradores y una señal sonora, permitiendo su pronta ubicación. De esta manera, el invidente puede ser advertido de obstáculos, teniendo como finalidad el desplazamiento de una manera más segura, gracias al conjunto de dispositivos electromecánicos que interactúan entre sí [23].

En la validación de la eficiencia del bastón sensorial tanto de su sistema de orientación así como su ubicación, se comprobó su correcto funcionamiento y satisfacción de las personas ciegas, ya que serán capaces de ubicarse geográficamente [26], les advertirá de obstáculos mediante vibraciones y sensores. [29]

VI. CONCLUSIONES

- 1.** Las personas invidentes del FOAL – Chiclayo no cuentan con objetos o medios tecnológicos que les permitan brindar apoyo en su rutina diaria, sobre todo en su desplazamiento. Esto genera constantes accidentes a los invidentes debido a los obstáculos que no pueden ser advertidos.
- 2.** Se estableció el modelo del bastón sensorial geolocalizador inteligente y sus componentes permitiendo facilitar el desplazamiento seguro de las personas invidentes, mediante el uso de un geolocalizador, envío de mensajes, llamadas telefónicas, que lo hace muy eficiente e innovador con respecto al bastón común.
- 3.** Se determinaron las características diferenciales bastón sensorial geolocalizador inteligente con respecto a otros modelos existentes: ubicación exacta mediante captura de coordenadas enlazadas con Google Maps, identificación de obstáculos, tecnología con conexión a redes de telefonía móvil e ingreso de datos del pariente y familiar.
- 4.** Se determinó la arquitectura de la tecnología que permita dar soporte al funcionamiento del bastón sensorial geolocalizador inteligente: entorno IDE del Arduino con tecnologías GSM/GPRS/GPS para la ubicación del invidente en tiempo real, sensores ultrasónicos y motores vibradores para la identificación de obstáculos, modulo SIM 800L para conectarse a las redes de telefonía móvil, uso de dos baterías Lipo de 7.4v y de [1500 mah] para el funcionamiento de 6 horas, pantalla configurable de los datos del pariente
- 5.** Se diseñó e implementó el bastón sensorial con sistema de orientación y ubicación para ayudar a las personas invidentes del FOAL el cual fue probado por las personas invidentes. Esto les permitirá hacer su vida más dinámica ya que evitarán obstáculos durante su desplazamiento, permitirá su ubicación en tiempo real, podrán comunicarse a través de llamadas y enviar mensajes de texto con sus parientes y desplazarse con mayor seguridad.

VII. RECOMENDACIONES

- 1.** Disponer de una línea móvil post pago, para que siempre cuente con suficiente saldo y se realicen las llamadas y envío de SMS.
- 2.** Utilizar siempre el cargador apropiado para baterías Lipo, ya que si no se utiliza el cargador apropiado las baterías podrían sufrir daños y correr el riesgo de quedar obsoletas.
- 3.** Apagar el sistema cuando no se utilice el bastón, para ahorro de energía.
- 4.** Siempre cuando se realicen o se contesten llamadas, se recomienda posicionarse en un lugar específico ya que si lo hacen en pleno desplazamiento se puede sufrir algún accidente por distracción.

VIII. LISTA DE REFERENCIAS

- [1] Organización Mundial de la Salud, "Organización Mundial de la Salud," 11 10 2017. [Online]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>. [Accessed 26 09 2018].
- [2] AGENCIA PERUANA DE NOTICIAS "ANDINA", "AGENCIA PERUANA DE NOTICIAS "ANDINA"," 17 11 2014. [Online]. Available: <https://andina.pe/agencia/noticia-en-peru-cerca-160000-personas-son-invidentes-diversas-causas-531943.aspx>. [Accessed 26 09 2018].
- [3] Fundación ONCE América Latina - FOAL, "Fundación ONCE América Latina - FOAL," 01 03 2018. [Online]. Available: <https://www.foal.es/es/paginas/transparencia>. [Accessed 2019 09 24].
- [4] D. D. C. RIBÓN BARRIOS, "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE BASTÓN SENSORIAL PARA INVIDENTES MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE ULTRASONIDO," 22 01 2015. [Online]. Available: http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/2800/1/Diseño%20y%20construcción%20de%20un%20prototipo%20de%20bastón%20sensorial_Deisy%20Ribón_USBCTG_2015.pdf. [Accessed 23 09 2019].
- [5] C. A. Gutiérrez Gavilánez, "Desarrollo de un Prototipo Electrónico que Guié a Personas Invidentes en la Recolección de Objetos Mediante Audio y Visión Artificial," Quito, 2019.
- [6] J. D. Alvarado Coral and E. Muñoz, "Sistema Anticolisión para Invidentes Usando Redes Neuronales Evolutivas," *INGE CUC*, vol. 14, no. 2, pp. 28 - 44, 2018.
- [7] J. M. QUEZADA CASTILLO, "Diseño e implementación de un dispositivo electrónico de ayuda de desplazamiento para personas ciegas," 03 06 2015. [Online]. Available: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6023>.
- [8] M. Parra Farfan, "Pontificia Universidad Católica del Perú," 07 2014. [Online]. Available: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6041>.
- [9] C. R. Lizágarra Gozález, "Propuesta para Diseño de un Bastón Electrónico para Personas Invidentes que Mejorara la Calidad de su Desplazamiento Diario.," Creative Commons Atribución, Arequipa, 2018.
- [10] La Industria, "Personas Invidentes Generan su Propio Trabajo," *Personas Invidentes Generan su Propio Trabajo*, p. 1, 01 10 2019.
- [11] RPP NOTICIAS, "personas invidentes denuncian pocas oportunidades laborales," 10 10 2017. [Online]. Available: <https://rpp.pe/peru/lambayeque/chiclayo-personas-invidentes-denuncian-pocas-oportunidades-laborales-noticia-1082987>.
- [12] D. J. R. Gómez Morales, "Discapacidad visual," *Revista Cubana de Reumatología*, vol. 18, no. 1, p. 1, 2016.
- [13] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, "Ceguera y discapacidad visual," 11 10 2018. [Online]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>.
- [14] ASOCIACIÓN D.O.C.E, "BAJA VISIÓN/FUNCIÓN VISUAL SEGÚN LA OMS (ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD)," España, 2016.
- [15] J. L. Cózar Mata, "psicopedagogia.com," 27 10 2018. [Online]. Available: <https://www.psicopedagogia.com/articulos/?articulo=459>.

- [16] D. A. Mandal, "NEWS MEDICAL LIFE SCIENCES," Reviewed by April Cashin-Garbutt, MA (Editor), 31 05 2019. [Online]. Available: [https://www.news-medical.net/health/Causes-of-visual-impairment-\(Spanish\).aspx](https://www.news-medical.net/health/Causes-of-visual-impairment-(Spanish).aspx).
- [17] PERIODICO DIGITAL "ALMERIA 360", "LAS PERSONAS CIEGAS Y EL USO DEL BASTÓN," 29 06 2012. [Online]. Available: https://almeria360.com/principal-opinion/opinion/29062012_las-personas-ciegas-y-el-uso-del-baston_28524.html.
- [18] ASOCIACIÓN DOCE, "Asociación para la Defensa de la Discapacidad Visual, la Baja Visión y la Ceguera Legal," 13 11 2018. [Online]. Available: <https://asociaciondoce.com/que-es-la-ceguera-legal/>.
- [19] Organización Nacional de Ciegos Españoles - O.N.C.E, "Discapacidad visual y Autonomía Personal," *Organización Nacional de Ciegos Españoles - O.N.C.E*, vol. 1, no. 1, p. 901, 2011.
- [20] C. Cuapio, "Las Personas Ciegas y el uso del Bastón," 2014.
- [21] C. Martínez, "Entrenamiento en Orientación y Movilidad," 01 09 2010. [Online]. Available: <http://www.tsbvi.edu/seehear/fall98/waytogo-span.htm>.
- [22] EcuRed, Proceso Unificado de Desarrollo.
- [23] G. Galeano, Programación de sistemas embebidos en C, México: Alfaomega, 2009.
- [24] S. Salas Arriarán, Todo sobre sistemas embebidos, Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2015.
- [25] B. O. R. d. O. A. U. A. P. J. Perez A., "UNA METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE HARDWARE Y SOFTWARE EMBEBIDOS EN SISTEMAS CRÍTICOS DE SEGURIDAD," *Sistemas, cibernética e informática*, vol. 3, no. 2, p. 6, 2006.
- [26] G. Beltrán López, "GEOLOCALIZACIÓN Y REDES SOCIALES," redactalia, España, 2012.
- [27] KZgunea, "GEOLOCALIZACIÓN, QUÉ ES Y CÓMO FUNCIONA," 31 03 2017. [Online]. Available: <http://kzgunea.blog.euskadi.eus/blog/2017/03/31/geolocalizacion-que-es/>.
- [28] MCI electronics, "ARDUINO," 14 11 2018. [Online]. Available: <https://arduino.cl/que-es-arduino/>.
- [29] W. Chura Quispe, "Electrónica, Sensores, Actuadores y Periféricos," 11 09 2018. [Online]. Available: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/11/06/electronica-sensores-actuadores-y-perifericos/>.
- [30] YeePLY, "YeePLY in Desarrollo de apps," 21 03 2017. [Online]. Available: <https://www.yeeply.com/blog/tipos-de-app-y-para-que-sirven/>.
- [31] YeePLY, "Tipo de aplicaciones móviles," YeePLY, 05 10 2018. [Online]. Available: <https://www.yeeply.com/blog/tipos-de-app-y-para-que-sirven/>. [Accessed 2018 12 02].
- [32] TBem Robótica, "Baterías LiPo," 03 05 2017. [Online]. Available: <https://teslabem.com/blog/como-usar-y-cuidar-las-baterias-lipo/>.
- [33] RC Tecnic, "TIPOS DE BATERÍAS PARA RADIOCONTROL," [Online]. Available: https://www.rctecnic.com/blog/12_Tipos-de-bater%C3%ADas-para-RadioControl.html.

- [34] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado and P. Baptista Lucio, *Metodología de la Investigación Científica*, 6ta. ed., México D.F.: Mc. Graw-Hill, 2014, p. 634.
- [35] C. A. Bernal, *Metodología de la investigación científica: administración, economía, humanidades y ciencias sociales*, 3ra. ed. ed., Bogotá D.C.: Pearson Educación, 2010..
- [36] INTPLUS, "WWW.SuperRobotica.com," INTPLUS, 03 04 2019. [Online]. Available: <http://www.superrobotica.com/S320111.htm>.
- [37] Microsystems Engineering - MSE, "Medidor ultrasónico SRF05," 48009 Bilbao, Vizcaya (Spain), 2019.
- [38] TuElectronica.es, "HC-SR04 – Sensor de ultrasonidos con Arduino," 11 04 2019. [Online]. Available: <https://tuelectronica.es/hc-sr04-sensor-ultrasonidos-arduino/>.
- [39] Mecatronica Uno, " Mecatronica Uno," 11 04 2019. [Online]. Available: <https://mecatronicauno.com/>.
- [40] EBAY, "Srf06-Ultrasonido-distancia cuchillo con 4-20ma electricidad interfaz," 17 05 2019. [Online]. Available: <https://www.ebay.com/itm/SRF06-Ultraschall-Entfernungsmesser-mit-4-20mA-Stromschnittstelle/252488251148?hash=item3ac978f70c:g:INsAAOSwa51ZbdkD>.
- [41] Electrotec - Perú, "Electrónica y Robótica," 11 04 2019. [Online]. Available: <https://elecstore.pe/buscar?s=gsm>.
- [42] L + D Electrónica, "GPS," 11 04 2019. [Online]. Available: <https://didacticaselectronicas.com/index.php/comunicaciones/gps/tinyshield-gps-arduino-tinycircuits-detail>.
- [43] Baolong Electronic Group, "Motor de vibración de masa giratoria excéntrico - ERM," 10 04 2018. [Online]. Available: <https://www.vibrationmotors.com/eccentric-rotating-mass-vibration-motor-erm/>.
- [44] Baolong Electronic Group, "Actuador resonante lineal (LRA) ," 10 04 2018. [Online]. Available: <https://www.vibrationmotors.com/vibration-motor-product-guide/linear-resonant-actuator/>.
- [45] Precision Microdrives, "AB-028: Guía De Comparación Del Motor De Vibración," 10 04 2018. [Online]. Available: <https://translate.google.com.pe/translate?hl=es-419&sl=en&u=https://www.precisionmicrodrives.com/content/ab-028-vibration-motor-comparison-guide/&prev=search>.
- [46] J. Salkind, in *Metodos de investigación*, México, Prentice Hall, 1999.
- [47] R. H. Sampieri, "Metodologia de la Investigación," McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, Mexico, 2014.

IX. ANEXOS

ANEXO N° 01. ANÁLISIS DE RIESGOS

1. Datos generales

- **Tesista** : Roger Jaime Fernández Llontop
- **Fecha inicial** : 14 de agosto de 2019
- **Fecha final** : 28 de noviembre de 2019

2. Alcance del proyecto

Se desarrollará un bastón sensorial geolocalizador inteligente para apoyar en el desplazamiento de personas invidentes en la Organización Regional de Ciegos del Perú – Chiclayo.

El bastón sensorial permite superar uno de los aspectos que limitan la normal actividad de las personas invidentes

3. Interesados (Stakeholders)

Durante el desarrollo de la presente tesis se ha identificado a los siguientes interesados:

- **Internos**

TABLA VII
INTERESADOS INTERNOS

Interesado	Participación
Personas invidentes de la Organización regional de ciegos del Perú – Chiclayo	Participación para recolectar información mediante encuestas
Representante de la Organización regional de ciegos del Perú – Chiclayo	Pruebas de funcionamiento del bastón sensorial. Entrevista para identificar a las personas según su grado de deficiencia visual.

- **Externos**

TABLA VIII
INTERESADOS EXTERNOS

Interesado	Participación
Tesista	Desarrollo del bastón sensorial.
Asesor de tesis	Asesoramiento para el desarrollo del bastón sensorial.

4. Beneficios

Los beneficios que se van a obtener con el producto que se ha desarrollado son:

- Orientación a las personas invidentes durante en el desplazamiento.
- Independencia en su desplazamiento.
- Localización de la persona invidente en tiempo real.
- Comunicación de la persona invidente con sus familiares vía telefónica y mensajes de texto en caso que se encuentre en peligro.

5. Etapas de desarrollo

Para el desarrollo del producto de la presente tesis se ha realizado considerando las etapas de la Metodología RUP u Sistemas Embebidos, que consta de las siguientes iteraciones:

- **Iteración #4: Análisis**

- **Matriz de riesgos**

Entre los riesgos identificados en esta etapa se mencionan:

TABLA IX
MATRIZ DE RIESGOS ITERACIÓN #4: ANÁLISIS

Código del riesgo	Descripción del riesgo	Fase afectada	Causa raíz	Entregables afectados	Estimación probabilidad	Objetivo afectado	Estimación Impacto	Probabilidad por impacto	Nivel de riesgo
RE1 – 001	Requerimientos funcionales ambiguos	Análisis	Definición de requerimientos funcionales no validados	Requerimientos funcionales	4	Alcance	4	20	MUY ALTO
						Tiempo	4	20	
						Costo	4	20	
						Calidad	4	20	
						Total probabilidad por impacto		80	
RE1 – 002	Requerimientos no funcionales ambiguos	Análisis	Definición de requerimientos no funcionales no validados	Requerimientos no funcionales	4	Alcance	4	20	MUY ALTO
						Tiempo	4	20	
						Costo	4	20	
						Calidad	4	20	
						Total probabilidad por impacto		80	
RE1 – 004	Modificaciones incompletas y erróneas de los requerimientos funcionales	Análisis	Actualización incompleta o deficiente de los requerimientos.	Requerimientos funcionales	4	Alcance	2	10	MEDIO
						Tiempo	2	10	
						Costo	2	10	
						Calidad	2	10	
						Total probabilidad por impacto		40	

– **Matriz salvaguarda de riesgos**

Entre los planes de mitigación para superar riesgos identificados en esta etapa se mencionan:

TABLA X
MATRIZ DE SALVAGUARDA DE RIESGOS ITERACIÓN #4: ANÁLISIS

Código del riesgo	Amenaza / Oportunidad	Descripción del riesgo	Fase	Nivel de riesgo	Tipo de respuesta	Responsable	Plan de mitigación
RE1 – 001	Amenaza	Requerimientos funcionales ambiguos	Análisis	MUY ALTO	Salvaguarda	Tesista	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reunión con los interesados para especificar los requerimientos funcionales. ✓ Definir nuevos requerimientos ✓ Corregir requerimientos funcionales ambiguos
RE1 – 002	Amenaza	Requerimientos no funcionales ambiguos	Análisis	MUY ALTO	Salvaguarda	Tesista	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reunión con los interesados para especificar los requerimientos no funcionales. ✓ Definir nuevos requerimientos ✓ Corregir requerimientos no funcionales ambiguos.
RE1 – 003	Amenaza	Modificaciones incompletas y erróneas de los requerimientos funcionales	Análisis	MEDIO	Salvaguarda	Tesista	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reuniones con los interesados del proyecto. ✓ Participación constante de los interesados del proyecto.

- **Iteración #6: Implementación y Prueba**

- **Matriz de riesgos**

Entre los riesgos identificados en esta etapa se mencionan:

TABLA XI
RIESGOS IDENTIFICADOS ITERACIÓN #6: IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBA

Código del riesgo	Descripción del riesgo	Fase afectada	Causa raíz	Entregables afectados	Estimación probabilidad	Objetivo afectado	Estimación Impacto	Probabilidad por impacto	Nivel de riesgo
RE2 – 001	Integración del código de la programación	Implementación y prueba	El código no estaba integrado, ya que se desarrolló por módulos.	Bastón sensorial	1 – 5	Alcance	5	25	MUY ALTO
						Tiempo	5	25	
						Costo	5	25	
						Calidad	5	25	
						Total probabilidad por impacto		100	
RE2 – 002	Conexión del módulo GSM con la aplicación móvil	Implementación y prueba	Librería Arduino no contemplaba personalización del bastón sensorial	Bastón sensorial	1 – 5	Alcance	5	25	MUY ALTO
						Tiempo	5	25	
						Costo	5	25	
						Calidad	5	25	
						Total probabilidad por impacto		100	
RE2 – 003	Alimentación eléctrica para todos los módulos del circuitos	Implementación y prueba	Batería con menor amperaje	Bastón sensorial	1 – 5	Alcance	5	25	MUY ALTO
						Tiempo	5	25	
						Costo	5	25	
						Calidad	5	25	
						Total probabilidad por impacto		100	

– **Matriz salvaguarda de riesgos**

Entre los planes de mitigación para superar riesgos identificados en esta etapa se mencionan:

TABLA XII
MATRIZ DE SALVAGUARDA DE RIESGOS ETAPA 6: ITERACIÓN #6: IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBA

Código del riesgo	Amenaza / Oportunidad	Descripción del riesgo	Fase	Nivel de riesgo	Tipo de respuesta	Responsable	Plan de mitigación
RE1 – 001	Amenaza / Oportunidad	Integración del código de la programación	Implementación y prueba	MUY ALTO	Salvaguarda	Tesista	✓ Diseño de una librería especial para la integración del código en uno solo (para que todo el código se pueda acoplar en uno solo)
RE1 – 002	Amenaza / Oportunidad	Conexión del módulo GSM con la aplicación móvil	Implementación y prueba	MUY ALTO	Salvaguarda	Tesista	✓ Uso de una librería especial base diseñada por Arduino y acoplada al código del sistema del módulo GSM ✓ Mejora de la librería especial del Arduino por el tesista.
RE1 – 003	Amenaza / Oportunidad	Alimentación eléctrica para todos los módulos del circuitos	Implementación y prueba	MUY ALTO	Salvaguarda	Tesista	✓ Cambio de batería por otra de mayor amperaje. ✓ Inclusión de Reguladores de voltaje.

**ANEXO N° 02. ENTREVISTA AL REPRESENTANTE DE LA
ORGANIZACIÓN REGIONAL DE CIEGOS**

Objetivo: Identificar a las personas según su grado de deficiencia visual.

1. ¿Cuáles son los principales problemas que presentan las personas invidentes del FOAL-Chiclayo?
2. ¿Cuál es el porcentaje de personas invidentes que presentan problemas de ceguera total?
3. ¿Cuál es el porcentaje de personas invidentes que presentan ceguera parcial?
4. ¿Qué grado de dificultades presentan las personas invidentes del FOAL-Chiclayo?
5. ¿Qué proyectos se han desarrollado para solucionar problemas de las personas invidentes del FOAL-Chiclayo?
6. ¿Cuáles son los tipos de accidentes que han sufrido las personas invidentes?
7. ¿Qué tipo de discriminación han sufrido las personas invidentes del FOAL?
8. ¿Cómo ve la sociedad a las personas invidentes del FOAL?
9. ¿Cómo se apoyan las personas invidentes del FOAL, para desplazarse?
10. ¿Cuáles son las zonas de riesgo dentro del FOAL?

ANEXO N° 03. ENCUESTA DIRIGIDA A LAS PERSONAS INVIDENTES

ENCUESTA

Objetivo: Identificar el problema de las personas invidentes

Instrucciones para ser leídas al encuestado: Estimado encuestado responda a las siguientes preguntas.

Nro.	PREGUNTAS	SI	NO
1	¿Considera usted que el bastón tradicional es seguro para desplazarse?		
2	¿Considera usted que es difícil detectar un obstáculo?		
3	¿Considera usted que el perro guía es un opción segura para desplazarse?		
4	¿Considera usted que los accidentes que sufre, son por que no logra detectar un obstáculo a tiempo?		
5	¿Considera usted que uno de los problemas que causan los accidentes, son los desniveles?		
6	¿Considera usted que es un riesgo desplazarse sin un guía?		
7	¿Considera usted que al haber perdido la visión, les hace una persona dependiente de algo para desplazarse?		
8	¿Considera usted que la ceguera genera una baja autoestima en su persona?		
9	¿Considera usted, que se siente discriminado por la sociedad?		
10	¿Considera usted, que la ceguera limita el desarrollarse como persona dentro de la sociedad?		

Muchas gracias

ANEXO N° 04. MANUAL DE USUARIO

BASTÓN 5000X
Bastón para invidentes



Manual de instrucciones

ÍNDICE

ADVERTENCIAS/PRECAUCIONES	Pág.3
PIEZAS DEL OBJETO	Pág.5
Vista frontal	Pág.6
Vista posterior	Pág.7
Funciones de las piezas	Pág.8
INSTRUCCIONES DE USO	Pág.11
AGRADECIMIENTOS	Pág.15

AGRADECIMIENTOS

A nuestros usuarios
Agradecemos la adquisición de nuestro producto innovador y
esperamos que la experiencia en el uso del mismo sea amigable.

ADVERTENCIAS/PRECAUCIONES

CÓMO UTILIZAR BASTÓN INTELIGENTE

Se ha prestado especial atención a la seguridad de este producto. Cuando lo utilice, le rogamos que preste especial atención a los párrafos marcados con los siguientes símbolos.

Advertencia Este símbolo indica que el incumplimiento de esta información podría causar lesiones personales graves.

Precaución Este símbolo indica que el incumplimiento de esta información podría causar lesiones personales leves o de gravedad media, o pérdidas materiales.

CÓMO INGRESAR NÚMERO TELEFÓNICO

- Encienda el bastón y espere 20 segundos que entre en el modo operativo para que pueda funcionar de manera correcta.

-
- Para ver el contacto (número telefónico) en el bastón presiona la tecla “A”

-
- Para modificar el número telefónico presione la tecla “*”. Una vez presione la tecla “*” tendrá que ingresar el número telefónico anterior y a continuación el número telefónico nuevo.

-
- Una vez modificó el número telefónico presione “#” para poder observar el nuevo número telefónico ingresado.

PIEZAS DEL OBJETO

CÓMO ACTIVAR GPS

- Encienda el bastón y espere 20 segundos que entre en el modo operativo para que pueda funcionar de manera correcta.
- Cambiar el estado del interruptor ubicado en la parte superior del bastón.
- Esperar 2 minutos para que sea localizado en tiempo real desde la aplicación móvil

CÓMO CONTESTAR Y CORTAR LLAMADA

- Encienda el bastón y espere 20 segundos que entre en el modo operativo para que pueda funcionar de manera correcta.
- Para contestar la llamada entrante presione el pulsador ubicado al costado del pulsador de sms
- Para cortar la llamada presione el pulsador ubicado al costado del pulsador de contestar llamada

CÓMO LLAMAR A CONTACTO REGISTRADO

- Encienda el bastón y espere 20 segundos que entre en el modo operativo para que pueda funcionar de manera correcta.
- Presione el pulsador más grande ubicado en la cabecera del bastón

CÓMO MANDAR SMS DE EMERGENCIA

- Encienda el bastón y espere 20 segundos que entre en el modo operativo para que pueda funcionar de manera correcta.
- Presione el pulsador ubicado al costado del pulsador de llamada.

INSTRUCCIONES DE USO

A) VISTA FRONTAL



B) VISTA LATERAL



9. **Sensor de distancia**

El sensor HC SR04 mide la distancia para poder avisar al invidente mediante vibración la presencia de algún obstáculo.

10. **Pantalla lcd**

Pantalla en la cual el familiar puede visualizar el número telefónico registrado al que el invidente puede llamar o mandar un sms en caso de emergencia.

11. **Teclado matricial 4x4**

Teclado que permite modificar el número telefónico registrado anteriormente.

C) FUNCIONES DE LAS PIEZAS

1. **Micrófono**

Captura el sonido del entorno cuando se establece una conversación telefónica.

2. **Altavoz**

Reproduce el sonido emitido por la otra parte de la conversación telefónica.

3. **Botón para llamada**

Botón que permite llamar al contacto registrado previamente el cual se puede visualizar en la pantalla LCD.

4. **Botón para sms**

Botón que permite mandar un sms de precaución por algún peligro al contacto registrado previamente el cual se puede visualizar en la pantalla LCD.

8

5. **Botón para contestar llamada**

Botón cuya función permite contestar una llamada entrante.

6. **Botón para cortar llamada**

Botón cuya función permite cortar una llamada.

7. **Switch para prender GPS**

Switch que permite prender y apagar el GPS en el bastón para poder ser rastreado desde una app manejado por un apoderado del portador del bastón.

8. **Switch encendido de bastón**

Switch que permite prender y apagar el resto de funcionalidades del bastón.

**ANEXO N° 05. CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO
ACREDITABLE DE LA ENTIDAD DONDE SE EJECUTÓ LA TESIS**



CERTIFICADO DE ACEPTACIÓN

El que suscribe, Presidenta de la Organización Regional de Ciegos del Perú – Chiclayo, por medio de la presente hace constatar al señor:

ROGER JAIME, FERNÁNDEZ LLONTOP

Que el Sr., identificado con DNI: 42953097, ha realizado la entrega de la solución de la tesis de un "BASTÓN SENSORIAL GEOLOCALIZADOR INTELIGENTE PARA APOYAR EN EL DESPLAZAMIENTO DE PERSONAS INVIDENTES EN LA ORGANIZACIÓN REGIONAL DE CIEGOS DEL PERÚ – CHICLAYO"; en la cual, queda aprobado la solución en beneficio de la Organización Regional de Ciegos del Perú – Chiclayo – O.R.C.I.P – Chiclayo. Siendo de gran utilidad para que las personas invidentes, que conformamos esta organización, podamos tener una mejor calidad de vida.

Por la cual se extiende la presente a petición del interesado para los fines y usos convenientes.

Chiclayo, diciembre del 2019.