



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA

Y REDES DE COMUNICACIÓN

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

TEMA

**DISEÑO DE UN SISTEMA GUÍA DE RUTAS BASADO EN LA METODOLOGÍA
MOBILE-D PARA LA MOVILIDAD DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD
VISUAL EN EL CENTRO DE LA CIUDAD DE IBARRA.**

AUTOR: FLORES AGUIRRE KEVIN ISRAEL

DIRECTOR: MSC. CARLOS ALBERTO VÁSQUEZ AYALA

IBARRA- ECUADOR

2021



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL CONTACTO	
Cédula de identidad	100314440-7
Apellidos y nombres	Flores Aguirre Kevin Israel
Dirección	Pimampiro – Rumipungo y Amazonas
E-mail	kifloresa@utn.edu.ec
Teléfono móvil	0987026338
Teléfono Fijo	062937456
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DISEÑO DE UN SISTEMA GUÍA DE RUTAS BASADO EN LA METODOLOGÍA MOBILE-D PARA LA MOVILIDAD DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL EN EL CENTRO DE LA CIUDAD DE IBARRA.
AUTOR:	Kevin Israel Flores Aguirre
FECHA	19 Octubre del 2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO

TITULO	Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación
DIRECTOR	Ing. Carlos Alberto Vásquez Ayala, MSc.

CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que sume la responsabilidad sobre contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 19 días del mes de octubre de 2021

EL AUTOR:



Kevin Israel Flores Aguirre

100314440-7

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

MAGISTER CARLOS VÁSQUEZ AYALA, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA:

Que, el presente trabajo de Titulación “DISEÑO DE UN SISTEMA GUÍA DE RUTAS BASADO EN LA METODOLOGÍA MOBILE-D PARA LA MOVILIDAD DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL EN EL CENTRO DE LA CIUDAD DE IBARRA”. Ha sido desarrollado por el Señor Kevin Israel Flores Aguirre, bajo mi supervisión.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor de la verdad.



Ing. Carlos Vásquez Ayala, MSc.

CC:100242498-2

DIRECTOR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

A mi familia, toda persona que me ha permitido llegar a ser quien soy y aquellas piedras en el camino que me han hecho crecer.

Kevin Israel Flores Aguirre

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a mis padres por haberme apoyado en todo momento, incluso cuando no lo merecía, son mi fuente de fortaleza, sabiduría y amor.

A todos mis docentes que desde pequeño han sabido forjar mi ser y compartido sus conocimientos, permitiéndome conocer un mundo nuevo con cada paso que daba y permitirme proyectar hacia nuevos escalones.

Kevin Israel Flores Aguirre

INDICE GENERAL

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	I
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTOS.....	VI
1. CAPITULO I: ANTECEDENTES	1
PRESENTACIÓN DEL PROYECTO	1
1.1. Tema	1
1.2. Problema.....	1
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. Alcance	4
1.5. Justificación	6
2. CAPITULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO.....	8
2.1. Discapacidad.....	8
2.1.1. Tipos de Discapacidad	8
2.1.1.1. Discapacidad Física.....	8
2.1.1.2. Discapacidad Mental y Psicológica:	9
2.1.1.3. Discapacidad Intelectual	9
2.1.1.4. Discapacidad Sensorial	9
2.2. Discapacidad Visual	9
2.2.1. Accesibilidad y movilización de personas con discapacidad visual	11
2.3. Metodología Ágil de Desarrollo de Software.....	17

2.3.1.	Metodología Mobile-D	19
2.3.1.1.	Fase de Exploración	20
2.3.1.2.	Fase de Inicialización	20
2.3.1.3.	Fase de Producción.....	21
2.3.1.4.	Fase de Estabilización	21
2.3.1.5.	Fase de Pruebas	21
2.4.	Tecnologías de Comunicación Inalámbricas	21
2.4.1.	Redes móviles	22
2.5.	Algoritmo de camino mínimo	23
2.5.1.1.	Algoritmo de Dijkstra.....	24
2.5.1.2.	Algoritmo de Bellman-Ford.....	28
2.6.	Sistema de Posicionamiento Global	29
2.6.1.	Arquitectura del GPS.	31
2.6.2.	Banda L.....	31
2.6.3.	Funcionamiento GPS	32
2.6.3.1.	Principio de Triangulación	33
2.6.3.2.	Puntos y distancias en el plano.....	34
2.6.3.3.	Localización del receptor en el plano.....	35
2.6.3.4.	Relación con el área de un triángulo	38
2.6.3.5.	Puntos y distancias en el espacio.....	39
2.6.3.6.	Localización en el espacio (Trilateración)	40
2.6.3.7.	Medición precisa del tiempo	43

2.6.3.8.	Efectos Relativistas	43
2.6.3.9.	GPS Asistido (A-GPS).....	44
2.6.3.10.	Tipos de receptores GPS	46
2.7.	Sistemas de Información Geográfica.....	47
2.7.1.	Datos SIG.....	48
2.7.1.1.	Datos Cartográficos.....	48
2.7.1.2.	Topología	48
2.7.1.3.	Analítica	49
2.7.1.4.	Mapas	49
2.7.2.	Google Earth	49
2.7.3.	QGIS	50
2.8.	Smartphones	51
2.9.	Sistemas Operativos	53
2.9.1.	Sistemas Operativos Móviles.....	53
2.9.1.1.	Android.....	54
2.9.1.2.	iOS.....	57
2.10.	Bases de Datos.....	57
2.10.1.	MySQL.....	58
2.10.2.	PostgreSQL	58
2.10.3.	SQLite	60
2.10.3.1.	Casos adecuados para el uso de SQLite	61
2.10.3.2.	Casos que se desaconseja el uso de SQLite	61

2.11.	Lenguajes de Programación.....	62
2.11.1.	Java.....	63
2.11.2.	Python.....	63
2.12.	Entorno de Desarrollo Integrado	64
2.12.1.	NetBeans	64
2.12.2.	Eclipse	66
2.12.3.	Android Studio	67
3.	CAPITULO III: DISEÑO DEL SISTEMA	69
3.1.	Fase de Exploración.....	69
3.1.1.	Establecimiento del proyecto.....	69
3.1.2.	Definición del alcance	70
3.1.2.1.	Restricciones:	70
3.1.2.2.	Riesgos:	70
3.1.3.	Establecimiento de los stakeholders	71
3.2.	Fase de Inicialización	71
3.2.1.	Requerimientos Iniciales.....	72
3.2.1.1.	Requerimientos de Stakeholder:.....	72
3.2.1.2.	Requerimientos del Sistema:.....	74
3.2.1.3.	Requerimientos de Arquitectura:	76
3.2.2.	Análisis de requerimientos iniciales	78
3.2.2.1.	Esquema del Sistema.....	78
3.2.2.1.	Módulo de Aplicación Móvil	80

3.2.2.2.	Módulo Servidor	81
3.2.2.3.	Módulo de Base de datos	81
3.2.2.4.	Módulo de Sistema de Mapeo	82
3.2.2.5.	Descripción de sitios y obstáculos dentro del área de estudio	85
3.2.3.	Planificación de iteraciones	87
3.3.	Producción	88
3.3.1.	Primera iteración	90
3.3.2.	Segunda iteración	93
3.3.3.	Tercera iteración	97
3.3.4.	Cuarta iteración	101
3.3.5.	Quinta iteración	104
4.	CAPITULO IV: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y CONCLUSIONES	
	109	
4.1.	Estabilización	109
4.1.1.	Taller de post iteración - prueba de simulación	109
4.2.	Fase de Pruebas	111
4.2.1.	Prueba General del sistema en Ambiente Real	111
4.2.2.	Proceso de las Pruebas de Funcionamiento	112
4.2.3.	Usuarios del Sistema	115
4.2.4.	Recorridos Realizados	115
4.2.4.1.	Recorrido 1 (Desde cruce de calles Sánchez y Cifuentes y José Joaquín Olmedo, punto 53 - hacia el Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES), punto 150).	115

4.2.4.2. Recorrido 2 (Desde el cruce de calles Simón Bolívar y Juan José Flores, punto 87 – hacia la Matriz EMELNORTE, punto 49)	117
4.2.4.3. Recorrido 3 (Desde el cruce de calles José Joaquín Olmedo y Eusebio Borrero, punto 6 – hacia la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), punto 152). 119	
4.2.4.4. Recorrido 4 (Desde el cruce de calles José Joaquín Olmedo y Eusebio Borrero, punto 5 - hacia BanEcuador, punto 58).....	121
4.2.4.5. Recorrido 5 (Desde el cruce de calles Simón Bolívar y Eusebio Borrero, punto 9 - hacia la Prefectura de Imbabura, punto 63).....	123
4.2.4.6. Recorrido 6 (Desde el cruce de calles Antonio José de Sucre y Pedro Moncayo, punto 139 – hacia la Fiscalía General del Estado, punto 74).	124
4.2.4.7. Recorrido 7 (Desde el cruce de calles Simón Bolívar y Pedro Moncayo, punto 136 - hacia el GAD Municipal San Miguel de Ibarra, punto 76).....	126
4.2.4.8. Recorrido 8 (Desde el cruce de calles Simón Bolívar y Eusebio Borrero, punto 11 - hacia el parque de la Merced, punto 57).....	128
4.2.4.9. Recorrido 9 (Desde el cruce de calles Gabriel García Moreno y Vicente Rocafuerte, punto 67 - hacia el parque Pedro Moncayo, punto 60).	130
4.2.4.10. Recorrido 10 (Desde el cruce de calles José Joaquín Olmedo y Gabriel García Moreno, punto 56 - hacia el Edificio el Torreón y Asociación de no Videntes Imbabura (ANVI), punto 101).....	131
4.2.4.11. Recorrido 11 (Desde el cruce de calles Simón Bolívar y Gabriel García Moreno, punto 61 – hacia el Gobierno Provincial de Imbabura, punto 151).	133

4.2.4.12. Recorrido 12 (Desde cruce de calles Antonio José de Sucre y Gabriel García Moreno, punto 64 - hacia el Parque del Águila, EMAPA (Empresa Municipal de Agua Potable), punto 138).....	135
4.2.5. Resultados Obtenidos	137
CONCLUSIONES.....	140
RECOMENDACIONES	142
BIBLIOGRAFÍA:.....	144
ANEXOS.....	153
ANEXO 1: Formato de la entrevista realizada al personal de instrucción o apoyo a personas con discapacidad visual.	153
ANEXO 2: Formato de la entrevista realizada a personas con discapacidad visual.	154
ANEXO 3: Resumen de la entrevista realizada a Lic. Gustavo Fajardo, docente voluntario en el CEPE-I y ANVI.....	155
ANEXO 4: Resumen de la entrevista realizada a la Lic. Elena Avellanela, docente voluntario en el CEPE-I y ANVI.....	155
ANEXO 5: Resumen de la entrevista realizada al Sr. Juan Puma, presidente de la Asociación de No Videntes Imbabura (ANVI).	156
ANEXO 6: Resumen de la entrevista realizada a la Sra. Vilma Guerrero, miembro del CEPE-I y ANVI.....	156
ANEXO 7: Resumen de la entrevista realizada a la Srta. Noemi Trejo, coordinadora del Centro de Educación Popular Especial de Imbabura (CEPE-I).157	
ANEXO 8: Resumen de la entrevista realizada al Sr. José Túquerres, miembro del CEPE-I y ANVI.....	158

ANEXO 9: Resumen de entrevistas para determinar requerimientos del usuario sobre el funcionamiento del sistema.....	158
ANEXO 10: Descripción de los obstáculos encontrados en las calles que conforman el área de estudio.	159
Tramo 1a.....	159
Tramo 1b.....	164
Tramo 2a.....	168
Tramo 2b.....	172
Tramo 3a.....	175
Tramo 3b.....	179
Tramo 4a.....	182
Tramo 4b.....	185
Tramo 5a.....	188
Tramo 5b.....	192
Tramo 6a.....	195
Tramo 6b.....	199
Tramo 7a.....	202
Tramo 7b.....	205
Tramo 8a.....	209
Tramo 8b.....	212
Tramo 9a.....	215
Tramo 9b.....	218

Tramo 10a.....	221
Tramo 10b.....	224
Tramo 11a.....	227
Tramo 11b.....	231
Tramo 12a.....	234
Tramo 12b.....	237
ANEXO 11: Representación de los obstáculos encontrados en el mapa.....	241
ANEXO 12: Formato encuesta para determinar el grado de dificultad y costo de los obstáculos.....	245
ANEXO 13: Resultados obtenidos de la encuesta en el ANEXO 12.	247
ANEXO 14: Resultados de las tareas realizadas en las iteraciones de la Fase de Producción.....	248
Iteración 1	248
Iteración 2	252
Iteración 3	256
Iteración 4	260
Iteración 5	262
ANEXO 15: Funcionamiento del algoritmo Dijkstra en la generación de rutas.	266

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Gráfico estadístico del grado de discapacidad visual de personas registradas en Ibarra.....	11
<i>Figura 2.</i> Acompañamiento de la persona guía junto a la persona con discapacidad visual.....	12
<i>Figura 3.</i> Técnica de protección alta.	13
<i>Figura 4.</i> Técnica de protección baja.	14
<i>Figura 5.</i> Técnica de rastreo.	15
<i>Figura 6.</i> Bastón Blanco.	16
<i>Figura 7.</i> Persona con discapacidad visual haciendo uso de bastón y perro guía para movilizarse	17
<i>Figura 8.</i> Fases de desarrollo de Mobile-D	20
<i>Figura 9.</i> Grafo con vértices y distancias donde se aplicará el algoritmo de Dijkstra	25
<i>Figura 10.</i> Grafo con vértices y distancias donde se aplicará el algoritmo de Dijkstra	28
<i>Figura 11.</i> Sistemas GNSS y sus órbitas	30
<i>Figura 12.</i> Segmentos que componen el GPS	31
<i>Figura 13.</i> Distribución de la Banda L para uso civil y militar.....	32
<i>Figura 14.</i> Mediciones de distancia para ubicación de puntos mediante principio de triangulación.....	34
<i>Figura 15.</i> Puntos en el plano cartesiano.....	35
<i>Figura 16.</i> Distancias en el plano cartesiano.....	35
<i>Figura 17.</i> Posición del receptor sobre la circunferencia.	36
<i>Figura 18.</i> Intersección de los puntos R1 y R2.	36

<i>Figura 19.</i> Eje de coordenadas en S1.	37
<i>Figura 20.</i> Plano cartesiano con 3 ejes coordenados.....	40
<i>Figura 21.</i> Intersección de esferas formadas por distancias de 3 satélites.	41
<i>Figura 22.</i> Puntos de intersección de las esferas centradas en satélites S1 y S2 forman una circunferencia.	42
<i>Figura 23.</i> Esfera con centro S3 corta a la circunferencia en R1 y R2.....	42
<i>Figura 24.</i> Componentes principales del A-GPS.	45
<i>Figura 25.</i> Logo de Google Earth.....	50
<i>Figura 26.</i> Muestra de la interfaz de trabajo del software QGIS.	51
<i>Figura 27.</i> Persona con discapacidad visual haciendo uso de su teléfono inteligente.	53
<i>Figura 28.</i> Gráfico comparativo de la participación en el mercado de sistemas operativos móviles.....	54
<i>Figura 29.</i> Estadística de los lenguajes de programación más usados actualmente..	62
<i>Figura 30.</i> Logo NetBeans.	65
<i>Figura 31.</i> Logo de Eclipse IDE.....	66
<i>Figura 32.</i> Imagen representativa de Android Studio.	68
<i>Figura 33.</i> Esquema del Sistema propuesto.	79
<i>Figura 34.</i> Mapa de las calles del centro de la ciudad de Ibarra, delimitada el área de estudio y lugares.	84
<i>Figura 35.</i> Mapa de las calles del centro de la ciudad de Ibarra, ubicación de obstáculos.	86
<i>Figura 36.</i> Diagrama de flujo del sistema.	89
<i>Figura 37.</i> Diagrama de flujo correspondiente a la iteración 1.	90
<i>Figura 38.</i> Diagrama de flujo correspondiente a la iteración 2.	94

<i>Figura 39.</i> Diagrama de flujo correspondiente a la iteración 3.	98
<i>Figura 40.</i> Diagrama de bloques correspondiente a la iteración 4.	102
<i>Figura 41.</i> Diagrama de flujo correspondiente a la iteración 5.	105
<i>Figura 42.</i> Generación de una ruta simulada en el software Lockito.	110
<i>Figura 43.</i> Resultado obtenido en la aplicación móvil tras generar la ruta en Lockito.	110
<i>Figura 44.</i> Ruta producida por el algoritmo de Dijkstra en QGIS desde el punto 53 (ubicación usuario) al 150 (MIES).	116
<i>Figura 45.</i> Usuarios Juan Puma y Jessica Chamico haciendo recorrido sin el uso del sistema dentro de la ruta establecida.	117
<i>Figura 46.</i> Ruta producida por el algoritmo de Dijkstra en QGIS desde el punto 87 (ubicación usuario) al 49 (EmelNorte).	118
<i>Figura 47.</i> Usuarios Juan Puma y Jessica Chamico haciendo uso del sistema dentro de la ruta establecida.....	118
<i>Figura 48.</i> Ruta producida por el algoritmo de Dijkstra en QGIS desde el punto 6 (ubicación usuario) al 152 (CNT).	120
<i>Figura 49.</i> Usuario Juan Puma haciendo uso del sistema dentro de la ruta establecida.	120
<i>Figura 50.</i> Ruta producida por el algoritmo de Dijkstra en QGIS desde el punto 5 (ubicación usuario) al 58 (BanEcuador).	122
<i>Figura 51.</i> Usuario Juan Puma haciendo uso del sistema dentro de la ruta establecida.	122
<i>Figura 52.</i> Ruta producida por el algoritmo de Dijkstra en QGIS desde el punto 107 (ubicación usuario) al 63 (Prefectura de Imbabura).	123

<i>Figura 53.</i> Ruta producida por el algoritmo de Dijkstra en QGIS desde el punto 139 (ubicación usuario) al 74 (Fiscalía).	125
<i>Figura 54.</i> Usuario Noemi Trejo haciendo uso del sistema dentro de la ruta establecida.	125
<i>Figura 55.</i> Ruta producida por el algoritmo de Dijkstra en QGIS desde el punto 136 (ubicación usuario) al 76 (GAD Municipal de Ibarra).	127
<i>Figura 56.</i> Usuario Noemi Trejo haciendo uso del sistema dentro de la ruta establecida.	127
<i>Figura 57.</i> Ruta producida por el algoritmo de Dijkstra en QGIS desde el punto 11 (ubicación usuario) al 57 (Parque La Merced).	129
<i>Figura 58.</i> Usuario Jessica Chamico haciendo uso del sistema dentro de la ruta establecida.	129
<i>Figura 59.</i> Ruta producida por el algoritmo de Dijkstra en QGIS desde el punto 67 (ubicación usuario) al 60 (Parque Pedro Moncayo).	131
<i>Figura 60.</i> Ruta producida por el algoritmo de Dijkstra en QGIS desde el punto 56 (ubicación usuario) al 101 (Edificio el Torreón - ANVI).	132
<i>Figura 61.</i> Usuario Jessica Chamico realizando recorrido 10 sin el uso del sistema.	133
<i>Figura 62.</i> Ruta producida por el algoritmo de Dijkstra en QGIS desde el punto 28 (ubicación usuario) al 151 (Gobierno Provincial).	134
<i>Figura 63.</i> Usuario Jessica Chamico realizando el recorrido 11 sin el apoyo del sistema.	134
<i>Figura 64.</i> Ruta producida por el algoritmo de Dijkstra en QGIS desde el punto 64 (ubicación usuario) al 138 (Parque del Águila-EMAPA).	136

<i>Figura 65.</i> Interfaz gráfica de la aplicación móvil donde se muestra el botón con la función para recalcular la ruta.	139
--	-----

ANEXOS

<i>Figura 1.</i> Tramo 1 que se compone de la calle Sánchez y Cifuentes en sentido norte-sur.	160
<i>Figura 2.</i> Cruce de calle entre la Sánchez y Cifuentes y Eusebio Borrero.....	160
<i>Figura 3.</i> Segmento 1 de la calle Sánchez y Cifuentes	161
<i>Figura 4.</i> Segmento 2 de la calle Sánchez y Cifuentes	162
<i>Figura 5.</i> Segmento 3 de la calle Sánchez y Cifuentes	162
<i>Figura 6.</i> Segmento 4 de la calle Sánchez y Cifuentes	163
<i>Figura 7.</i> Segmento 5 de la calle Sánchez y Cifuentes	163
<i>Figura 8.</i> Cruce de calle entre la Sánchez y Cifuentes y Eusebio Borrero.....	164
<i>Figura 9.</i> Segmento 1 de la calle Sánchez y Cifuentes	165
<i>Figura 10.</i> Segmento 2 de la calle Sánchez y Cifuentes	166
<i>Figura 11.</i> Segmento 3 de la calle Sánchez y Cifuentes	166
<i>Figura 12.</i> Segmento 4 de la calle Sánchez y Cifuentes	167
<i>Figura 13.</i> Segmento 5 de la calle Sánchez y Cifuentes	167
<i>Figura 14.</i> Tramo 2 que se compone de la calle José Joaquín Olmedo en sentido norte-sur.....	168
<i>Figura 15.</i> Cruce de calle entre la José Joaquín Olmedo y Eusebio Borrero	169
<i>Figura 16.</i> Segmento 1 de la calle José Joaquín Olmedo.....	169
<i>Figura 17.</i> Segmento 2 de la calle José Joaquín Olmedo.....	170
<i>Figura 18.</i> Segmento 3 de la calle José Joaquín Olmedo.....	170
<i>Figura 19.</i> Segmento 4 de la calle José Joaquín Olmedo.....	171
<i>Figura 20.</i> Segmento 5 de la calle José Joaquín Olmedo.....	171

<i>Figura 21.</i> Cruce de calle entre la José Joaquín Olmedo y Eusebio Borrero	172
<i>Figura 22.</i> Segmento 1 de la calle José Joaquín Olmedo	173
<i>Figura 23.</i> Segmento 2 de la calle José Joaquín Olmedo	173
<i>Figura 24.</i> Segmento 3 de la calle José Joaquín Olmedo	174
<i>Figura 25.</i> Segmento 4 de la calle José Joaquín Olmedo	174
<i>Figura 26.</i> Segmento 5 de la calle José Joaquín Olmedo	175
<i>Figura 27.</i> Tramo 3 que se compone de la calle Simón Bolívar en sentido norte-sur.	175
<i>Figura 28.</i> Cruce de calle entre la José Joaquín Olmedo y Eusebio Borrero	176
<i>Figura 29.</i> Segmento 1 de la calle Simón Bolívar	176
<i>Figura 30.</i> Segmento 2 de la calle Simón Bolívar	177
<i>Figura 31.</i> Segmento 3 de la calle Simón Bolívar	177
<i>Figura 32.</i> Segmento 4 de la calle José Joaquín Olmedo	178
<i>Figura 33.</i> Segmento 5 de la calle José Joaquín Olmedo	178
<i>Figura 34.</i> Cruce de calle entre la José Joaquín Olmedo y Eusebio Borrero	179
<i>Figura 35.</i> Segmento 1 de la calle José Joaquín Olmedo	180
<i>Figura 36.</i> Segmento 2 de la calle José Joaquín Olmedo	180
<i>Figura 37.</i> Segmento 3 de la calle José Joaquín Olmedo	180
<i>Figura 38.</i> Segmento 4 de la calle José Joaquín Olmedo	181
<i>Figura 39.</i> Segmento 5 de la calle José Joaquín Olmedo	181
<i>Figura 40.</i> Tramo 4 que se compone de la calle Antonio José de Sucre en sentido norte-sur.....	182
<i>Figura 41.</i> Cruce de calle entre la José Joaquín Olmedo y Eusebio Borrero	183
<i>Figura 42.</i> Segmento 1 de la calle Antonio José de Sucre	183
<i>Figura 43.</i> Segmento 2 de la calle Antonio José de Sucre	184

<i>Figura 44.</i> Segmento 3 de la calle Antonio José de Sucre	184
<i>Figura 45.</i> Segmento 4 de la calle Antonio José de Sucre	185
<i>Figura 46.</i> Segmento 5 de la calle Antonio José de Sucre	185
<i>Figura 47.</i> Cruce de calle entre la Simón Bolívar y Eusebio Borrero.....	186
<i>Figura 48.</i> Segmento 1 de la calle Simón Bolívar.....	186
<i>Figura 49.</i> Segmento 2 de la calle Simón Bolívar.....	187
<i>Figura 50.</i> Segmento 3 de la calle Simón Bolívar.....	187
<i>Figura 51.</i> Segmento 4 de la calle Simón Bolívar.....	188
<i>Figura 52.</i> Segmento 5 de la calle Simón Bolívar.....	188
<i>Figura 53.</i> Tramo 5 que se compone de la calle Vicente Rocafuerte en sentido norte- sur.	189
<i>Figura 54.</i> Cruce de calle entre la Vicente Rocafuerte y Eusebio Borrero	190
<i>Figura 55.</i> Segmento 1 de la calle Vicente Rocafuerte	190
<i>Figura 56.</i> Segmento 2 de la calle Vicente Rocafuerte	191
<i>Figura 57.</i> Segmento 3 de la calle Vicente Rocafuerte	191
<i>Figura 58.</i> Segmento 4 de la calle Vicente Rocafuerte	192
<i>Figura 59.</i> Segmento 5 de la calle Vicente Rocafuerte	192
<i>Figura 60.</i> Cruce de calle entre la José Vicente Rocafuerte y Eusebio Borrero	193
<i>Figura 61.</i> Segmento 1 de la calle Vicente Rocafuerte	193
<i>Figura 62.</i> Segmento 2 de la calle Vicente Rocafuerte	194
<i>Figura 63.</i> Segmento 3 de la calle Vicente Rocafuerte	194
<i>Figura 64.</i> Segmento 4 de la calle Vicente Rocafuerte	194
<i>Figura 65.</i> Segmento 5 de la calle Vicente Rocafuerte	195
<i>Figura 66.</i> Tramo 6 que se compone de la calle Pedro Vicente Maldonado en sentido norte-sur.....	196

<i>Figura 67.</i> Cruce de calle entre la Pedro Vicente Maldonado y Eusebio Borrero ..	196
<i>Figura 68.</i> Segmento 1 de la calle Pedro Vicente Maldonado	197
<i>Figura 69.</i> Segmento 2 de la calle Pedro Vicente Maldonado	197
<i>Figura 70.</i> Segmento 3 de la calle Pedro Vicente Maldonado	198
<i>Figura 71.</i> Segmento 4 de la calle Pedro Vicente Maldonado	198
<i>Figura 72.</i> Segmento 5 de la calle Pedro Vicente Maldonado	199
<i>Figura 73.</i> Cruce de calle entre la Pedro Vicente Maldonado y Eusebio Borrero ..	199
<i>Figura 74.</i> Segmento 1 de la calle Pedro Vicente Maldonado	200
<i>Figura 75.</i> Segmento 2 de la calle Pedro Vicente Maldonado	200
<i>Figura 76.</i> Segmento 3 de la calle Pedro Vicente Maldonado	201
<i>Figura 77.</i> Segmento 4 de la calle Pedro Vicente Maldonado	201
<i>Figura 78.</i> Segmento 5 de la calle Pedro Vicente Maldonado	202
<i>Figura 79.</i> Tramo 7 que se compone de la calle Eusebio Borrero en sentido oeste-este.....	202
<i>Figura 80.</i> Cruce de calle entre la Eusebio Borrero y Sánchez y Cifuentes.....	203
<i>Figura 81.</i> Segmento 1 de la calle Eusebio Borrero.....	203
<i>Figura 82.</i> Segmento 2 de la calle Eusebio Borrero.....	204
<i>Figura 83.</i> Segmento 3 de la calle Eusebio Borrero.....	204
<i>Figura 84.</i> Segmento 4 de la calle Eusebio Borrero.....	205
<i>Figura 85.</i> Segmento 5 de la calle Eusebio Borrero.....	205
<i>Figura 86.</i> Cruce de calle entre la Eusebio Borrero y Sánchez y Cifuentes.....	206
<i>Figura 87.</i> Segmento 1 de la calle Eusebio Borrero.....	206
<i>Figura 88.</i> Segmento 2 de la calle Eusebio Borrero.....	207
<i>Figura 89.</i> Segmento 3 de la calle Eusebio Borrero.....	207
<i>Figura 90.</i> Segmento 4 de la calle Eusebio Borrero.....	208

<i>Figura 91.</i> Segmento 5 de la calle Eusebio Borrero.....	208
<i>Figura 92.</i> Tramo 8 que se compone de la calle Germán Grijalva en sentido oeste-este.....	209
<i>Figura 93.</i> Cruce de calle entre la Germán Grijalva y Sánchez y Cifuentes	209
<i>Figura 94.</i> Segmento 1 de la calle Germán Grijalva	210
<i>Figura 95.</i> Segmento 2 de la calle Germán Grijalva	210
<i>Figura 96.</i> Segmento 3 de la calle Germán Grijalva	211
<i>Figura 97.</i> Segmento 4 de la calle Germán Grijalva	211
<i>Figura 98.</i> Segmento 5 de la calle Germán Grijalva	212
<i>Figura 99.</i> Cruce de calle entre la Germán Grijalva y Sánchez y Cifuentes	212
<i>Figura 100.</i> Segmento 1 de la calle Germán Grijalva	213
<i>Figura 101.</i> Segmento 2 de la calle Germán Grijalva	213
<i>Figura 102.</i> Segmento 3 de la calle Germán Grijalva	214
<i>Figura 103.</i> Segmento 4 de la calle Germán Grijalva	214
<i>Figura 104.</i> Segmento 5 de la calle Germán Grijalva	215
<i>Figura 105.</i> Tramo 9 que se compone de la calle García Moreno en sentido oeste-este.....	215
<i>Figura 106.</i> Cruce de calle entre la García Moreno y Sánchez y Cifuentes.....	216
<i>Figura 107.</i> Segmento 1 de la calle García Moreno.....	216
<i>Figura 108.</i> Segmento 2 de la calle García Moreno.....	217
<i>Figura 109.</i> Segmento 3 de la calle García Moreno.....	217
<i>Figura 110.</i> Segmento 4 de la calle García Moreno.....	218
<i>Figura 111.</i> Segmento 5 de la calle García Moreno.....	218
<i>Figura 112.</i> Cruce de calle entre la García Moreno y Sánchez y Cifuentes.....	219
<i>Figura 113.</i> Segmento 1 de la calle García Moreno.....	219

<i>Figura 114.</i> Segmento 2 de la calle García Moreno.....	220
<i>Figura 115.</i> Segmento 3 de la calle García Moreno.....	220
<i>Figura 116.</i> Segmento 4 de la calle García Moreno.....	221
<i>Figura 117.</i> Segmento 5 de la calle García Moreno.....	221
<i>Figura 118.</i> Tramo 10 que se compone de la calle Juan José Flores en sentido oeste-este.....	222
<i>Figura 119.</i> Cruce de calle entre la Juan José Flores y Sánchez y Cifuentes.....	222
<i>Figura 120.</i> Segmento 1 de la calle Juan José Flores.....	223
<i>Figura 121.</i> Segmento 2 de la calle Juan José Flores.....	223
<i>Figura 122.</i> Segmento 3 de la calle Juan José Flores.....	223
<i>Figura 123.</i> Segmento 4 de la calle Juan José Flores.....	224
<i>Figura 124.</i> Segmento 5 de la calle Juan José Flores.....	224
<i>Figura 125.</i> Cruce de calle entre la Juan José Flores y Sánchez y Cifuentes.....	225
<i>Figura 126.</i> Segmento 1 de la calle Juan José Flores.....	225
<i>Figura 127.</i> Segmento 2 de la calle Juan José Flores.....	226
<i>Figura 128.</i> Segmento 3 de la calle Juan José Flores.....	226
<i>Figura 129.</i> Segmento 4 de la calle Juan José Flores.....	227
<i>Figura 130.</i> Segmento 5 de la calle Juan José Flores.....	227
<i>Figura 131.</i> Tramo 11 que se compone de la calle Miguel Oviedo en sentido oeste-este.....	228
<i>Figura 132.</i> Cruce de calle entre la Miguel Oviedo y Sánchez y Cifuentes.....	228
<i>Figura 133.</i> Segmento 1 de la calle Miguel Oviedo.....	229
<i>Figura 134.</i> Segmento 2 de la calle Miguel Oviedo.....	229
<i>Figura 135.</i> Segmento 3 de la calle Miguel Oviedo.....	230
<i>Figura 136.</i> Segmento 4 de la calle Miguel Oviedo.....	230

<i>Figura 137.</i> Segmento 5 de la calle Miguel Oviedo.....	231
<i>Figura 138.</i> Cruce de calle entre la Miguel Oviedo y Sánchez y Cifuentes.....	231
<i>Figura 139.</i> Segmento 1 de la calle Miguel Oviedo.....	232
<i>Figura 140.</i> Segmento 2 de la calle Miguel Oviedo.....	232
<i>Figura 141.</i> Segmento 3 de la calle Miguel Oviedo.....	233
<i>Figura 142.</i> Segmento 4 de la calle Miguel Oviedo.....	233
<i>Figura 143.</i> Segmento 5 de la calle Miguel Oviedo.....	234
<i>Figura 144.</i> Tramo 12 que se compone de la calle Pedro Moncayo en sentido oeste-este.....	234
<i>Figura 145.</i> Cruce de calle entre la Pedro Moncayo y Sánchez y Cifuentes	235
<i>Figura 146.</i> Segmento 1 de la calle Pedro Moncayo.....	235
<i>Figura 147.</i> Segmento 2 de la calle Pedro Moncayo.....	236
<i>Figura 148.</i> Segmento 3 de la calle Pedro Moncayo.....	236
<i>Figura 149.</i> Segmento 4 de la calle Pedro Moncayo.....	237
<i>Figura 150.</i> Segmento 5 de la calle Pedro Moncayo.....	237
<i>Figura 151.</i> Cruce de calle entre la Pedro Moncayo y Sánchez y Cifuentes	238
<i>Figura 152.</i> Segmento 1 de la calle Pedro Moncayo.....	238
<i>Figura 153.</i> Segmento 2 de la calle Pedro Moncayo.....	239
<i>Figura 154.</i> Segmento 3 de la calle Pedro Moncayo.....	239
<i>Figura 155.</i> Segmento 4 de la calle Pedro Moncayo.....	240
<i>Figura 156.</i> Segmento 5 de la calle Pedro Moncayo.....	240
<i>Figura 157.</i> Mapa que muestra la ubicación de bolardos-gradas	241
<i>Figura 158.</i> Mapa que muestra la ubicación de huecos-desniveles-rampas.....	242
<i>Figura 159.</i> Mapa que muestra la ubicación de paradas	243

<i>Figura 160.</i> Mapa que muestra la ubicación de postes-semáforos-señales de tránsito	244
<i>Figura 161.</i> Mapa que muestra la ubicación de Cruces de calle	245
<i>Figura 162.</i> Instalación de repositorios para QGIS	248
<i>Figura 163.</i> Verificación de errores en los mensajes d registro de QGIS	249
<i>Figura 164.</i> Instalación PostgreSQL	249
<i>Figura 165.</i> Creación usuario base de datos	250
<i>Figura 166.</i> Verificación compatibilidad versiones	250
<i>Figura 167.</i> Conexión base de datos mediante pgAdmin.....	251
<i>Figura 168.</i> Lanzamiento de instancia en la nube de AWS	251
<i>Figura 169.</i> Pantalla inicio de Android Studio.....	252
<i>Figura 170.</i> Complemento Quick Map Services en QGIS.....	252
<i>Figura 171.</i> Conexión XYZ mapa base de OSM	253
<i>Figura 172.</i> Conexión base de datos con QGIS	253
<i>Figura 173.</i> Instalación PgRoutingLayer en QGIS	254
<i>Figura 174.</i> Modificación capa obstáculos en QGIS	254
<i>Figura 175.</i> Creación nuevo usuario en Base de Datos.....	255
<i>Figura 176.</i> Creación nueva Base de Datos	255
<i>Figura 177.</i> Creación extensión postgis	256
<i>Figura 178.</i> Creación capa vectorial para los vértices.....	256
<i>Figura 179.</i> Creación capa vectorial para líneas	257
<i>Figura 180.</i> Importación de la capa a la Base de datos desde QGIS.....	257
<i>Figura 181.</i> Ejecución de código en Base de datos para crear topología.....	258
<i>Figura 182.</i> Actualización y agregación de capa topología en QGIS.....	258
<i>Figura 183.</i> Generación de ruta entre dos puntos del mapa.....	258

<i>Figura 184.</i> Generación de ruta dentro de la DB con algoritmo Dijkstra.	259
<i>Figura 185.</i> Generación de IP elástica fija en el servidor.	260
<i>Figura 186.</i> Instalación de herramientas en la nube.	260
<i>Figura 187.</i> Instalación servicios LAMP en el servidor en AWS.	261
<i>Figura 188.</i> Conexión del servidor con aplicación móvil mediante aplicación web.	261
<i>Figura 189.</i> Envío de la petición de dato a la aplicación móvil.	262
<i>Figura 190.</i> Selección lenguaje de programación Java.	262
<i>Figura 191.</i> Creación de las activities y xml	263
<i>Figura 192.</i> Importación de librerías.	263
<i>Figura 193.</i> Indicaciones de uso.	264
<i>Figura 194.</i> Reconocimiento de voz.	264
<i>Figura 195.</i> Petición de ruta al abrir aplicación.	265
<i>Figura 196.</i> Graficar ruta en el mapa	266
<i>Figura 197.</i> Generación de ruta en la calle Eusebio Borrero	268
<i>Figura 198.</i> Exportación de la capa de datos de la ruta generada	268
<i>Figura 199.</i> Tabla de atributos de la capa resumen de ruta.	269
<i>Figura 200.</i> Saltos desde el nodo 1 al nodo 6 en la ruta generada.	269
<i>Figura 201.</i> Saltos desde el nodo 6 al nodo 11 en la ruta generada.	270
<i>Figura 202.</i> Saltos desde el nodo 11 al nodo 15 en la ruta generada.	270
<i>Figura 203.</i> Saltos desde el nodo 15 al nodo 19 en la ruta generada.	271
<i>Figura 204.</i> Saltos desde el nodo 19 al nodo 23 en la ruta generada.	272

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.</i> Categorías de discapacidad visual según la OMS.	10
<i>Tabla 2.</i> Principales valores del Manifiesto Ágil	18
<i>Tabla 3.</i> Principios del Manifiesto Ágil.....	18
<i>Tabla 4.</i> Ventajas y desventajas de Mobile-D.	19
<i>Tabla 5.</i> Generaciones de tecnologías móviles.....	23
<i>Tabla 6.</i> Matriz de distancias entre vértices de la figura 9.	25
<i>Tabla 7.</i> Camino generado desde el vértice de origen.	25
<i>Tabla 8.</i> Camino generado a partir del vértice 2.....	26
<i>Tabla 9.</i> Camino generado a partir del vértice 5.....	26
<i>Tabla 10.</i> Camino generado a partir del vértice 3.....	27
<i>Tabla 11.</i> Camino generado a partir del vértice 4.....	27
<i>Tabla 12.</i> Camino generado a partir del vértice 6.....	27
<i>Tabla 13.</i> Partes que conforman un sistema de información geográfica.	47
<i>Tabla 14.</i> Características de QGIS	51
<i>Tabla 15.</i> Características de los smartphones	52
<i>Tabla 16.</i> Versiones de Android	55
<i>Tabla 17.</i> Características de Base de Datos MySQL.....	58
<i>Tabla 18.</i> Características de Base de Datos PostgreSQL	59
<i>Tabla 19.</i> Ventajas y Desventajas de Base de Datos PostgreSQL.....	60
<i>Tabla 20.</i> Características de Base de Datos SQLite	61
<i>Tabla 21.</i> Ventajas y Desventajas del IDE NetBeans.....	65
<i>Tabla 22.</i> Características IDE Android Studio	67
<i>Tabla 23.</i> Comparativa entre IDEs Android Studio y Eclipse.....	68
<i>Tabla 23.</i> Lista de Grupos de Interés del Sistema propuesto.....	71

<i>Tabla 24.</i> Requerimientos de Usuario.	73
<i>Tabla 25.</i> Requerimientos del Sistema	74
<i>Tabla 26.</i> Requerimientos de Arquitectura.	76
<i>Tabla 27.</i> Selección de Software para el módulo de Aplicación Móvil.	80
<i>Tabla 28.</i> Selección de Proveedor para el módulo de Servidor.	81
<i>Tabla 29.</i> Selección de Proveedor para el módulo de Base de Datos.	82
<i>Tabla 30.</i> Selección de Proveedor para el módulo Sistema de Mapeo.	82
<i>Tabla 31.</i> Lista de lugares encontrados en el área de estudio.	84
<i>Tabla 32.</i> Listado de Obstáculos encontrados en el área de estudio.	87
<i>Tabla 33.</i> Listado de Obstáculos encontrados en el área de estudio.	87
<i>Tabla 34.</i> Planificación de Iteraciones.	88
<i>Tabla 35.</i> Desarrollo de la iteración 1.	91
<i>Tabla 36.</i> Tabla de resultados Iteración 1.	93
<i>Tabla 37.</i> Desarrollo de la iteración 2.	95
<i>Tabla 38.</i> Tabla de resultados Iteración 2.	96
<i>Tabla 39.</i> Desarrollo de la iteración 3.	99
<i>Tabla 40.</i> Tabla de resultados Iteración 3.	100
<i>Tabla 41.</i> Desarrollo de la iteración 5.	103
<i>Tabla 42.</i> Tabla de resultados Iteración 4.	104
<i>Tabla 43.</i> Desarrollo de la iteración 5.	106
<i>Tabla 44.</i> Tabla de resultados Iteración 5.	108
<i>Tabla 45.</i> Resultados de la prueba general del sistema.	111
<i>Tabla 46.</i> Fases a cumplir para aplicación de las pruebas de funcionamiento.	112
<i>Tabla 47.</i> Listado de personas a usar el sistema durante las pruebas.	115
<i>Tabla 48.</i> Resultados de la prueba en el recorrido 1.	117

<i>Tabla 49.</i> Resultados de la prueba en el recorrido 2.....	119
<i>Tabla 50.</i> Resultados de la prueba en el recorrido 3.....	121
<i>Tabla 51.</i> Resultados de la prueba en el recorrido 4.....	122
<i>Tabla 52.</i> Resultados de la prueba en el recorrido 5.....	124
<i>Tabla 53.</i> Resultados de la prueba en el recorrido 6.....	126
<i>Tabla 54.</i> Resultados de la prueba en el recorrido 7.....	128
<i>Tabla 55.</i> Resultados de la prueba en el recorrido 8.....	130
<i>Tabla 56.</i> Resultados de la prueba en el recorrido 9.....	131
<i>Tabla 57.</i> Resultados de la prueba en el recorrido 10.....	133
<i>Tabla 58.</i> Resultados de la prueba en el recorrido 11.....	135
<i>Tabla 59.</i> Resultados de la prueba en el recorrido 12.....	136
<i>Tabla 45.</i> Resultados obtenidos de las pruebas.	137
<i>Tabla 1.</i> Resultado de la encuesta realizada al Sr. Milton Solano.....	247
<i>Tabla 2.</i> Resultado de la encuesta realizada a la Srta. Noemi Trejo.....	247
<i>Tabla 3.</i> Resultado de la encuesta realizada al Sr. Juan Puma	248

RESUMEN

Las personas con discapacidad visual pueden enfrentarse a varias dificultades al transitar por las calles de la ciudad como cruces peatonales, postes, desniveles, entre otros; para lo cual deben tener un extenso entrenamiento previo que requiere memorizar calles, ubicaciones, referencias; debido a los riesgos y complejidad que presenta movilizarse muchos de ellos prefieren no salir de sus hogares asilándose de la sociedad. Este trabajo está orientado a mejorar la movilidad de las personas con discapacidad visual al usar rutas óptimas para su desplazamiento dentro del centro de la ciudad de Ibarra, para ello se hace uso del algoritmo de Dijkstra y de las 5 fases de la Metodología Mobile-D. La primera fase de exploración nos permite determinar aspectos generales del Trabajo de Grado como sus stakeholders, alcance, consideraciones, riesgos, entre otros. Su segunda fase de inicialización ayuda a plantear los requerimientos con los que debe contar el sistema y planificar las iteraciones necesarias. En la tercera fase de producción se ejecuta el plan de iteraciones, alcanzando así paso a paso el funcionamiento por separado de los módulos componentes del sistema (Sistema de Mapeo, Base de Datos, Servidor, Aplicación). La cuarta fase de estabilización pretende unir todos los módulos del sistema para alcanzar una primera versión funcional, la cual es sometida a un ambiente simulado (software Lockito). Por último, la quinta fase de pruebas corrige cualquier error existente en la fase anterior y emplea el sistema en ambiente real, para ello los usuarios (miembros de ANVI y CEPE-I) pueden realizar sus consultas de ruta desde una esquina perteneciente al área de estudio hacia cualquiera de los 12 destinos disponibles, siendo estos lugares de interés o necesarios para la vida diaria de los stakeholders. Durante las pruebas fue posible alcanzar una eficiencia promedio del 12% en las rutas propuestas, reduciendo en aproximadamente 1 minuto el tiempo que le tomaría normalmente al usuario completar su recorrido.

ABSTRACT

People with visual disabilities can face various difficulties when traveling through the streets of the city such as pedestrian crossings, posts, unevenness, among others; for which they must have extensive prior training that requires memorizing streets, locations, references; Due to the risks and complexity involved in mobilizing, many of them prefer not to leave their homes by isolating themselves from society. This work is aimed at improving the mobility of people with visual disabilities by using optimal routes for their movement within the center of the city of Ibarra, for this, the Dijkstra algorithm and the 5 phases of the Mobile-D Methodology are used. . The first phase of exploration allows us to determine general aspects of the Degree Project such as its stakeholders, scope, considerations, risks, among others. Its second initialization phase helps to establish the requirements that the system must have and plan the necessary iterations. In the third production phase, the iteration plan is executed, thus achieving step by step the separate operation of the component modules of the system (Mapping System, Database, Server, Application). The fourth stabilization phase aims to unite all the system modules to reach a first functional version, which is subjected to a simulated environment (Lockito software). Finally, the fifth phase of tests corrects any existing errors in the previous phase and uses the system in a real environment, for this the users (members of ANVI and CEPE-I) can make their route queries from a corner belonging to the area of study to any of the 12 available destinations, these being places of interest or necessary for the daily life of the stakeholders. During the tests, it was possible to achieve an average efficiency of 12% on the proposed routes, reducing by approximately 1 minute the time it would normally take for the user to complete their journey.

1. CAPITULO I: ANTECEDENTES

PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

El contenido de este capítulo detalla los fundamentos para el desarrollo del presente trabajo de titulación, los cuales son: el tema, el problema, los objetivos, el alcance y la justificación, que se conjugan en el desenvolvimiento de este proyecto, dando a conocer sus bases, al igual que sus limitaciones; con el propósito de obtener un sistema guía de rutas basado en la metodología Mobile-D para la movilidad de personas con discapacidad visual en el Centro de la ciudad de Ibarra.

1.1. Tema

DISEÑO DE UN SISTEMA GUÍA DE RUTAS BASADO EN LA METODOLOGÍA MOBILE-D PARA LA MOVILIDAD DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL EN EL CENTRO DE LA CIUDAD DE IBARRA.

1.2. Problema

En el Ecuador existen cerca de 450000 personas con discapacidad (Discapacidades, 2016), según datos del CONADIS, la discapacidad visual es la cuarta más recurrente en la provincia de Imbabura, la cual se puede presentar por enfermedades, herencia genética o por algún tipo de accidente. En el centro de la ciudad de Ibarra podemos encontrar la ubicación de instituciones importantes que brindan diferentes servicios como el GAD Municipal, Bancos, SRI, notarías, Centro de Salud, Prefectura de Imbabura; además de centros de recreación como: parques, museos, Teatro Gran Colombia y las oficinas de entes de apoyo como la Asociación de No Videntes Imbabura y Centro de Educación Popular Imbabura, quienes brindan capacitaciones en uso de herramientas y terapia ocupacional, psicológica, grupal, individual para que se facilite su adaptación al medio.

En su estudio, Idrovo Israel, señala que uno de los problemas reside en que las personas con discapacidad visual se aíslan de la sociedad en sus hogares, debido a que allí se sienten seguros y temen salir a las calles ya que ellos son dependientes de la asistencia de alguien más, caso contrario podrían desorientarse y terminar perdiéndose debido a obstáculos en su camino y ruidos comunes que se pueden escuchar al transitar por las calles de la ciudad.

La falta de una señalización y guías adecuadas para personas con discapacidad visual dificultan el acceso a servicios y edificios principales de la ciudad. Según afirma Milton Solano, las mayores dificultades al transitar por las calles es la imprudencia de los conductores, intersecciones y rampas para discapacitados mal ubicadas; también comenta que las formas que él utiliza para moverse son las técnicas de rastreo con el bastón y técnicas del reloj, lo cual requiere de mucha práctica y no suelen ser tan precisas. Noemi Trejo, Coordinadora del Centro de Apoyo Pedagógico Especializado Imbabura, menciona que el centro de la ciudad de Ibarra es un lugar caótico, muchas veces debe caminar varias calles hasta llegar a su oficina ubicada en el Edificio Torreón; en el trayecto suele encontrarse con diversos obstáculos como: veredas, desniveles, transeúntes, ciclistas, negocios; muchos de ellos pueden ser solventados en parte con la ayuda indispensable del bastón, opina que es necesario tener un complemento adicional al bastón para mejorar su movilidad por las calles.

Es importante incentivar el uso de las TICs de forma inclusiva, poniendo a disposición un sistema de rutas para personas con discapacidad visual que sea accesible y facilite su movilización en el centro de la ciudad de Ibarra, limitado por las calles: Eusebio Borrero, Pedro Moncayo, Sánchez y Cifuentes y Pedro Vicente Maldonado; dicho sistema consta del desarrollo de una aplicación móvil basada en la metodología Mobile-D, que cuente con posicionamiento global (GPS), esto ayudará a la persona a ubicarse dentro de un área geográfica determinada, también será necesario mapear la zona mediante programas

como Google Earth, QGIS, obteniendo datos necesario como obstáculos, cruces de calles y ubicaciones principales; se escogerá un entorno gráfico de desarrollo que permita usar código libre, la aplicación estará orientada a usuarios de Sistema Operativo Android; será necesario aplicar algoritmos heurísticos como Dijkstra o Belman Ford para determinar la ruta más óptima que podrá usar la persona para llegar a su destino, permitiéndole hacer uso de servicios básicos a los cuales normalmente se le dificulta acceder.

En el centro de Ibarra se ubican los principales edificios de la ciudad, así como áreas de recreación y entes de apoyo para las personas con discapacidad visual, para que puedan movilizarse por el centro y acceder a diferentes servicios por lo general deben realizarlo con la asistencia de otra persona, caso contrario puede tener dificultades y en el peor de los casos extraviarse debido a una falta de señalización adecuada o factores como obstáculos y ruidos en el ambiente; para esto se propone el desarrollo de un sistema de rutas basado en la metodología Mobile-D que recopilará información como mapas, rutas, ubicaciones, obstáculos y la procesará para generar rutas óptimas hacia los lugares más importantes; esta información se la mostrará mediante una aplicación móvil instalada en el smartphone de la persona con discapacidad visual permitiéndoles una mejor inclusión a la sociedad al igual que mayores y mejores oportunidades para su desenvolvimiento en el medio.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un Sistema guía de rutas mediante la metodología Mobile-D para la movilidad de personas con discapacidad visual en el centro de la ciudad de Ibarra.

1.3.2. Objetivos específicos

- Establecer los alcances y límites del proyecto mediante una planificación adecuada e identificación de stakeholders.
- Documentar el diseño del sistema con base de los requerimientos físicos, técnicos y humanos de los stakeholders.
- Comprobar la funcionalidad de los módulos del sistema priorizando los requerimientos de los stakeholders.
- Realizar la implementación de la aplicación mediante la integración de todos sus módulos.
- Desarrollar pruebas y correcciones del funcionamiento del sistema

1.4. Alcance

La realización de este trabajo de grado se basará en el desarrollo de un sistema guía de rutas que permita mejorar la movilidad de personas con discapacidad visual, indicándoles la forma de llegar a la ubicación de los sitios más sobresalientes dentro de una zona en centro de la ciudad de Ibarra, limitada por las calles: Eusebio Borrero al norte, Pedro Moncayo al sur, Sánchez y Cifuentes al este y Pedro Vicente Maldonado al oeste; se lo realizará mediante la metodología Mobile-D, la cual consta de 5 fases de desarrollo; la interacción con el sistema se realizará mediante una aplicación móvil disponible para equipos con sistema operativo Android.

En la primera fase de exploración se realizará una planificación adecuada donde se establezcan los límites y alcance que tendrá el proyecto; se identificará a las personas involucradas (stakeholders), así como las ubicaciones de mayor interés para los usuarios dentro del área de estudio.

En la fase de iniciación se recopilará información bibliográfica necesaria para establecer una base de conocimientos que servirá para el desarrollo del proyecto; se determinará los requerimientos iniciales del sistema mediante el uso de encuestas y entrevistas aplicadas a los stakeholders, además se verificará que los elementos fundamentales como: equipos, software, herramientas estén disponibles para garantizar un correcto desarrollo de las siguientes fases; la aplicación móvil usará el GPS (sistema de posicionamiento global) de banda L1 que viene integrado en los smartphones, el mismo que permitirá ubicar al usuario dentro del área delimitada y el lugar al que desea llegar; será necesario establecer un sistema de mapeo como: Google Earth o QGIS, para identificar la zona geográfica de estudio, donde se podrá determinar los principales obstáculos y ubicaciones de interés (GAD Municipal, Bancos, SRI, notarías, Centro de Salud, Prefectura de Imbabura, parques, museos, Teatro Gran Colombia, Asociación de No Videntes Imbabura, entre otros). El entorno gráfico para el desarrollo de la aplicación deberá emplear código libre, ya que estará orientada a dispositivos con sistema operativo Android. Se aplicará un algoritmo heurístico como Dijkstra o Belman Ford para calcular la ruta de menor costo, el criterio para costo de la ruta se basará en asignarle un valor a la distancia de la ruta y otro valor a los obstáculos encontrados en la misma, de manera tal que el algoritmo nos permitirá trazar las rutas existentes para llegar a un destino y luego compararlas para escoger la óptima entre ellas.

La fase de producto consiste en verificar la funcionalidad de las herramientas y software del sistema, en esta se repite la programación de tres días (planificación-trabajo-liberación) hasta implementarlas todas, los requerimientos del funcionamiento del sistema serán dados por los stakeholders; la aplicación será diseñada tomando en cuenta una adecuada accesibilidad y manejo para el usuario mediante comandos de voz. El sistema tendrá en cuenta ciertos obstáculos que puedan dificultar la movilidad de la

persona con discapacidad visual como: los cruces de calles, semáforos, desniveles o rampas, el sistema emitirá una alerta al usuario para advertirle sobre estos elementos; además, se considerará el sentido de las calles, esto con el fin de mejorar su orientación y advertirles la dirección con la que transitan los vehículos.

La fase de estabilización comienza a integrar el sistema para comprobar su funcionamiento, estas pruebas serán realizadas por el desarrollador del proyecto y personas que tengan relación con el manejo de TICs, para el funcionamiento del sistema es requerido el uso de datos móviles; debido a la posibilidad de pérdida de conexión, no se puede garantizar siempre la disponibilidad del sistema; además será realizada una documentación de la primera versión del producto finalizado.

La última fase de pruebas reside en realizar correcciones en base al funcionamiento completo del sistema para obtener una versión estable del mismo que pueda satisfacer los requerimientos de los usuarios; las pruebas finales serán realizadas por personas con discapacidad visual, cabe destacar que para ellos es indispensable el uso del bastón y técnicas de orientación como la del reloj, por tal motivo se considera el uso de la aplicación como un complemento para su movilidad. Al final, existirá una retroalimentación de los problemas encontrados y se los documentará.

1.5. Justificación

Se considera persona con discapacidad a toda aquella que, como consecuencia de una o más deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales, con independencia de la causa que la hubiera originado, ve restringida permanentemente su capacidad biológica, psicológica y asociativa para ejercer una o más actividades esenciales de la vida diaria, en la proporción que establezca la normativa vigente (Ley Orgánica de Discapacidades-Art6, 2012), la discapacidad en el país es un tema que se debe sacar a la luz ya que muchas veces pasa desapercibido o no se le da la importancia necesaria; esto

da lugar a que las personas con discapacidad sean marginadas o discriminadas a pesar de que las ley las respalde.

Según el CONADIS, en la provincia de Imbabura la Discapacidad Visual es la cuarta más recurrente y existen cerca de 1300 personas que la padecen; en vista de algunas de las necesidades que sufren este grupo de personas se han formado fundaciones y entes de apoyo como la Asociación de no Videntes y el Centro de Educación Popular Especial Imbabura, donde las personas con discapacidad visual se reúnen para convivir, compartir y además capacitarse; es necesario que las personas puedan acceder a los servicios que brindan estas organizaciones para lo cual deben salir a las calles, muchas de las veces por miedo o falta de compañía no lo realizan; el uso del bastón para su movilización es algo indispensable al igual que técnicas de ubicación como la del reloj; Juan Puma, Presidente de la Asociación de No Videntes Imbabura, considera que sería bastante útil un sistema o mecanismo que sea complemento a las herramientas que ellos usan para su movilización dentro de las calles de la ciudad y que les sepa advertir sobre algunos peligros que puedan encontrar en el camino.

Es importante que se difunda el uso de las herramientas que se encuentran al alcance de las personas con discapacidad visual, como son las TICs, las cuales al usarse en conjunto con otras aplicaciones se les considera tecnologías emergentes, mediante las cuales se puede mejorar de alguna manera el estilo de vida de las personas.

Este proyecto busca promover la movilidad de las personas con discapacidad visual por las calles del centro de la ciudad de Ibarra, sector donde se encuentran lugares icónicos, de gran valor cultural, social, al igual que muchos de los edificios que brindan servicios a la ciudadanía, a los cuales se les dificulta acceder normalmente.

2. CAPITULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

El contenido de este capítulo engloba los fundamentos teóricos y metodología a ser usados como base del presente trabajo de grado. Toda la información mostrada proviene de fuentes confiables como: libros, artículos, revistas, entre otros; se plantea usar dicha información para un correcto desenvolvimiento del resto de capítulos que contienen el diseño y elaboración del sistema guía de rutas, mismo que será usado por personas con discapacidad visual mediante una aplicación móvil para teléfonos inteligentes.

2.1. Discapacidad

Se le considera una limitación o dificultad que tiene una persona para realizar actividades diarias, debido a un desorden en funciones físicas, auditivas, visuales o intelectuales. Entre las cuales destacan la discapacidad adquirida, congénita, temporal, permanente y por limitaciones del medio como: incumplimiento de sus derechos y barreras sociales por falta de empatía (CONADIS, 2014).

El Art. 6 de la Ley Orgánica de Discapacidades del 2012, considera que una persona con discapacidad cuenta con una o más deficiencias físicas, mentales o sensoriales, independiente de su causa, restringiendo su capacidad biológica, psicológica y asociativa en el cumplimiento de actividades habituales en el diario vivir.

2.1.1. Tipos de Discapacidad

Basados en la Ley Orgánica de Discapacidades se pueden distinguir cuatro tipos de discapacidades, como son:

2.1.1.1. Discapacidad Física

Se refiere a deficiencias corporales que suelen ser visibles (amputaciones, paraplejia, hemiparesia) o difíciles de encontrar debido al desperfecto y debilidad ocasionada en

órganos internos, teniendo impedimentos en acciones como: subir o bajar gradas, correr, caminar, manipular objetos, sentarse, levantarse, control de esfínteres, entre otros. La discapacidad física puede ser: genética, congénita o adquirida (CONADIS, 2017).

2.1.1.2. Discapacidad Mental y Psicológica:

Guarda relación con alteraciones o perturbaciones de la razón, del estado anímico, de conciencia, de conducta, afectividad, percepción del ambiente; por lo regular ocasionado por enfermedades mentales como esquizofrenia, trastorno bipolar, psicosis, entre otros (CONADIS, 2017).

2.1.1.3. Discapacidad Intelectual

Se trata de personas que muestran conflictos durante la comprensión de ideas complejas, de igual forma en la capacidad de razonar, solvencia de problemas, toma de decisiones; esto conlleva a deficiencias en sus procesos de socialización, comunicación interpersonal y desarrollo en la vida cotidiana, pudiendo ser influenciados rápidamente por el medio. Se ven involucradas personas con casos de Retraso Mental con grado: fronterizo, leve, moderado, grave y profundo; el rango de Coeficiente Intelectual que no involucra retraso mental oscila entre 81 a 110 puntos (CONADIS, 2017).

2.1.1.4. Discapacidad Sensorial

Dentro de este grupo, es posible encontrar deficiencias en los sentidos de la vista, audición y el lenguaje.

2.2. Discapacidad Visual

Es la disminución de la agudeza visual para leer u observar objetos. El deterioro visual puede suceder indistintamente de la edad de la persona. Existe un grupo de padecimientos oculares o accidentes causantes de la reducción del campo visual como: el pterigión,

cataratas, astigmatismo, miopía, etc. Las principales dificultades que afrontan las personas con discapacidad visual son: movilidad, orientación y comunicación (CONADIS, 2014)

A nivel mundial, se estima que alrededor de 1300 millones de personas sufren alguna forma de deterioro de visual de lejos o de cerca. Acorde a la visión de lejos, 188.5 millones de personas padecen una deficiencia visual moderada; 217 millones poseen un defecto visual moderado a grave y 36 millones son ciegas. Por otra parte, 826 millones de personas tienen una deficiencia de visión de cerca (OMS, 2018)

En la tabla 1, es posible encontrar las diferentes categorías en las que se encuentra clasificada la discapacidad visual basada en la agudeza visual según la Organización Mundial de la Salud; donde antiguamente a las categorías 1 y 2 eran denominadas Baja Visión, a partir de la categoría 3 se clasifica como ceguera (Suárez Escudero, 2011).

Tabla 1. Categorías de discapacidad visual según la OMS.

Categoría	Agudeza Visual (AV) lejana	
	AV menor a:	AV igual o mayor a:
0: Discapacidad visual leve o nula	No aplica	6/18 (metros) 3/10 (0.3) 20/60 (pies)
1: Discapacidad visual moderada	6/18 (metros) 3/10 (0.3) 20/60 (pies)	6/60 (metros) 1/10 (0.1) 20/200 (pies)
2: Discapacidad visual severa	6/60 (metros) 1/10 (0.1) 20/200 (pies)	3/60 (metros) 1/20 (0.05) 20/400 (pies)
3: Ceguera	3/60 (metros) 1/20 (0.05) 20/400 (pies)	1/60 (cuenta dedos a 1 metro) 1/50 (0.02) 5/300 (pies) (20/1200)
4: Ceguera	1/60 (cuenta dedos a 1 metro) 1/50 (0.02) 5/300 (pies) (20/1200)	Percepción de luz
5: Ceguera	No percepción de luz	
9	Indeterminado o no especificado	

Fuente: (Suárez Escudero, 2011) Obtenido de: <http://bit.ly/34eVG5d>

Según estadísticas mostradas en el sitio oficial del CONADIS, en Ibarra existen 651 personas con discapacidad visual registradas, en la figura 1, se observa el porcentaje de personas correspondiente a cada rango de discapacidad.

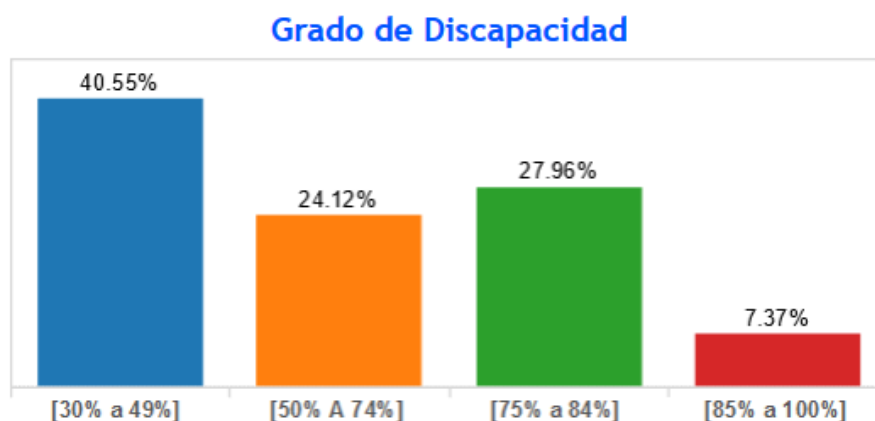


Figura 1. Gráfico estadístico del grado de discapacidad visual de personas registradas en Ibarra

Fuente: (CONADIS, 2020) Obtenido de: <http://bit.ly/2YFdAgd>

2.2.1. Accesibilidad y movilización de personas con discapacidad visual

Las personas con discapacidad visual diariamente afrontan algunos inconvenientes al transitar en el espacio público, procedentes de una falta de gestión por parte de las autoridades designadas en lo referente a seguridad vial para peatones con deficiencia visual, logrando presenciar distintos obstáculos (calles desgastadas, cruces sin señalética, desniveles, ausencia de guías, entre otros) que no posibilitan una libre circulación por ciertas áreas (Laverde Cabrera, 2013)

Los individuos con discapacidad visual pueden lograr ser conscientes del ambiente que les rodea mediante un largo proceso de aprendizaje basado en la concentración y la práctica (Rodríguez Fernández, 2017).

Las personas con discapacidad visual suelen emplear algunos métodos o instrumentos para poder desplazarse por las calles de la ciudad, como son:

Desplazamiento con guía: Para este caso es necesaria una persona que realice las labores de guía, proveyendo instrucciones y brindando soporte a lo largo del trayecto.

Para conseguir que una persona con discapacidad visual comprenda sus exteriores, es fundamental brindarle información precisa para que disponga de una imagen espacial lo más real posible, es recomendable: ofrecer una explicación verbal del sector (ONCE, 2011).

El procedimiento consiste en un grupo de señales corporales e instrucciones verbales, que brinden un desplazamiento confiable y eficiente con el soporte de una persona con visión, en varios entornos y escenarios. El individuo con discapacidad visual cumple un papel activo a lo largo de la movilización y debe proceder con naturalidad frente a cualquier acontecimiento, siguiendo las instrucciones no verbales que le provee el guía (ONCE, 2011).

En la figura 2, se indica que el guía debe caminar un paso delante de la otra persona, adaptando el ritmo de ambos; las dos posiciones son las más recomendadas para que la persona guía ofrezca confianza mientras caminan.



Figura 2. Acompañamiento de la persona guía junto a la persona con discapacidad visual

Fuente: (ONCE, 2011).

Técnicas de protección: esta técnica ayuda a que las personas se movilicen de modo autónomo por sitios previamente repasados, distinguiendo obstáculos hallados en el

recorrido a la vez que protegen sus cuerpos, esto apoya a reducir la exposición a percances (Laverde Cabrera, 2013).

La técnica de protección alta indica que se extiende el brazo a la altura del hombro y recoge el codo en un ángulo próximo de 120°. Se coloca el antebrazo frente al cuerpo permaneciendo la palma de la mano al frente y hacia afuera, con los dedos extendidos y relajados hasta la altura del rostro, a su vez que se protege la anchura del cuerpo hasta el hombro contrario (ONCE, 2011). En la figura 3, se observa un ejemplo de esta técnica.

La técnica de protección baja menciona que se debe poner la mano en el frente para descubrir algún objeto inesperado desde la cintura hacia debajo (mesas, sillones, sillas, entre otros). Coloca el brazo frente al cuerpo, cruzándolo en diagonal, de forma que la mano se ubique protegiendo el área pélvica. La palma se pone de forma que mire hacia el interior (ONCE, 2011). En la figura 4, se observa un ejemplo de dicha técnica.



Figura 3. Técnica de protección alta.

Fuente: (ONCE, 2011).



Figura 4. Técnica de protección baja.

Fuente: (ONCE, 2011).

Rastreo: Los brazos son empleados para localizar obstáculos en el perímetro, consiste en desplegar el brazo alrededor de 45 grados y mantenerlo a un lado o al frente mientras se conserva el contacto con la pared (Laverde Cabrera, 2013)

Seguimiento de superficies: Esta técnica se refiere a trasladarse en línea recta mientras se sostiene en una pared o muro como referencia, esto favorece a la persona a distinguir su entorno y ubicación espacial; la forma correcta de realizar el movimiento es continuar de forma paralela a su referencia y extender el brazo hacia el frente a la altura de la cintura manteniendo una postura cómoda. A continuación, se posicionan los dedos de la mano levemente flexionados sobre la pared guía, manteniendo la mano al frente con una distancia cercana a un paso para alcanzar a reconocer algún obstáculo y responder con antelación (ONCE, 2011)

En la figura 5, se indica un ejemplo de rastreo de la superficie.



Figura 5. Técnica de rastreo.

Fuente: (ONCE, 2011).

Dispositivos de movilidad: Muchos de estos artefactos son capaces de indicar información valiosa acerca del entorno. Cabe destacar que dichos dispositivos sirven como complemento para la orientación y movilidad. También denominados ETAs (Electronic Travel Aids) son tecnologías de apoyo mientras el usuario se desplaza en interiores y exteriores (Peralta & Urmendiz, 2014).

Los ETAs hacen posible reconocer y localizar objetos, presentando información que facilita el establecimiento de su distancia, dirección, dimensión, altura. Mismos que puede ser empleados en el bastón, la mano, colgados en el pecho; de igual manera son capaces de producir alertas a través de vibraciones o de forma auditiva (ONCE, 2011).

El bastón blanco es considerado la herramienta más utilizada a nivel internacional por las personas con discapacidad visual para trasladarse con confianza; a su vez, es un símbolo que permite distinguirlos del resto de individuos y representa las habilidades e independencia de quien lo usa. El bastón fue diseñado con el propósito de brindar seguridad en lugares que presenten alta cantidad de vehículos y personas, por lo que se

recomienda recibir una capacitación empleando las técnicas adecuadas antes de salir a las calles. (UNCUYO, 2017).

En la figura 6, se muestra a una persona haciendo uso del bastón blanco. Es una opción más económica en comparación a otras alternativas como perros guías o ETAs; además, se caracteriza por disponer de características como: alta portabilidad y utilidad (Peralta & Urmendiz, 2014).

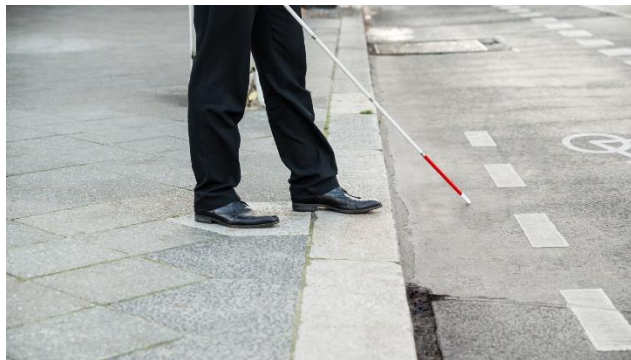


Figura 6. Bastón Blanco.

Fuente: (infobae, 2017). Obtenido de: <https://bit.ly/34kebbV>

Perros guía: Otra de las alternativas o complementos que tienen las personas con discapacidad visual para mejorar su movilidad por las calles son los perros guía, como se muestra en la figura 7.

El perro lazarillo, es un animal adiestrado con anterioridad que desempeña el papel de guía o acompañamiento durante el desplazamiento de su dueño. Algunas de las acciones que realizan los perros durante el entrenamiento son: caminar junto al amo, parar ante el cruce de calles, esquivar obstáculos, subirse a medios de transporte. Debido a los cuidados que demanda el tener una mascota o acompañante, se recomienda que sea destinado para el uso por adultos o adolescentes (Peralta & Urmendiz, 2014).



Figura 7. Persona con discapacidad visual haciendo uso de bastón y perro guía para movilizarse

Fuente: (HORACERO, 2015). Obtenido de: <http://bit.ly/2RPX4sa>

2.3. Metodología Ágil de Desarrollo de Software

Durante el mes de febrero del año 2001, aflora la palabra "ágil" asignada al desarrollo software. Lo cual tuvo como finalidad aplicar los valores y principios que posibiliten a los grupos de trabajo obtener productos de software de prisa y permita hacer frente a los cambios que puedan aparecer durante el proyecto. Aspirando a ser una opción a los métodos tradicionales de desarrollo de software, siempre distinguido por su rigidez y extensa documentación tras cada proceso a realizar (Blanco, Camarero, Fumero, Werterski, & Rodríguez, 2016)

Se fundó la Alianza Ágil con el fin de fomentar el desarrollo ágil de software y apoyar a las empresas que lo acogieran. El Manifiesto Ágil es un documento que resume dicha ideología; en la tabla 2, se expone cuatro principios a tener en cuenta.

Los cuatro postulados descritos anteriormente, sirvieron de inspiraron para formar los doce principios del Manifiesto Ágil mostrados en la tabla 3, los cuales señalan propiedades que permiten diferenciar un proceso ágil de uno tradicional.

Tabla 2. Principales valores del Manifiesto Ágil

Nro	Principio
1	Sea de forma individual o las interacciones del grupo de desarrollo acerca del avance y las herramientas. El elemento esencial para alcanzar el éxito en un proyecto de software es la gente.
2	Desarrollar software funcional en preferencia de una buena documentación. La pauta a proceder es “no elaborar documentos a lugar que sea imprescindible para tomar una decisión importante”.
3	Priorizar la cooperación con el cliente en lugar del negocio. Las condiciones particulares del desarrollo de software provocan que los proyectos fallen por pretender cumplir con plazos y costes fijados en el contrato.
4	Responder a los imprevistos en lugar de regirse a un riguroso plan. La destreza de resolver los inconvenientes que presente el proyecto determina el éxito o fracaso del mismo.

Fuente: (Penadés & Letelier Torres, 2006)

Es importante para un proyecto basarse en los lineamientos de una metodología, ya que le permite tener un mejor desenvolvimiento y alcanzar de forma eficaz los objetivos planteados; por lo cual, se ha escogido utilizar Metodología Ágil Mobile-D que se adapta de mejor manera al despliegue de aplicaciones móviles.

Tabla 3. Principios del Manifiesto Ágil.

Nro	Principio
1	Lo principal es complacer al cliente con avances pronto y constantes del software.
2	Las variaciones en los requerimientos son aceptadas.
3	Software que cumpla con el requerimiento se envía continuamente, evitando demoras y con el menor espacio posible entre transferencias.
4	El cliente y los programadores tienen la obligación de trabajar unidos lo que dura el proyecto.
5	El proyecto se edifica con base a personas motivadas.
6	El proceso más eficiente y efectivo para transmitir datos entre los miembros del grupo es la comunicación verbal de forma presencial.
7	El avance del proyecto se mide en base al software que se ejecute adecuadamente.
8	Los procesos ágiles fomentan el crecimiento sostenido.
9	La revisión continua del rendimiento técnico y buen diseño contribuyen a la agilidad del proceso.
10	Es primordial mantener la sencillez durante el proyecto.
11	Las grandes arquitecturas, requerimientos y diseños se manifiestan de grupos autoorganizados.
12	El grupo medita las formas de volverse más efectivos y acopla su conducta para alcanzar los objetivos propuestos.

Fuente: (Montoya Suarez, Sepúlveda Castaño, & Jiménez Ramos, 2016)

2.3.1. Metodología Mobile-D

Es establecida como parte del proyecto “ICARUS” en el año 2004, esta metodología se fundamenta en otras como Extreme Programming, Crystal Methodologies y Rational Unified Process (VTT Electronics, 2008). Las bases de extreme programming se han empleado en lo que respecta a las prácticas de desarrollo, las metodologías Crystal proveen un valioso input en lo que refiere a la escalabilidad de los métodos y el RUP es el cimiento para el diseño entero del ciclo de vida (Blanco, Camarero, Fumero, Warterski, & Rodríguez, 2016).

En la tabla 4, se muestran algunas ventajas y desventajas de la metodología elegida.

Tabla 4. Ventajas y desventajas de Mobile-D.

Ventajas	Desventajas
Considera un coste pequeño al efectuar cambios en el proyecto.	No se recomienda para equipos de programadores voluminosos y segmentados.
Entrega resultados de forma pronta.	Precisa de una comunicación adecuada entre los integrantes del equipo.
Garantiza el software conveniente en el momento adecuado.	

Fuente: (Abrahamsson, Hanhineva, Hulkko, Ihme, & Korkala, 2017)

Mobile-D es la metodología de VTT propuesta para el desarrollo ágil de software. Además de ser usada para producir software móvil, es conveniente para varios contextos, por ejemplo: aplicaciones de simulación de productos, logística, financiera y de seguridad. Ha sido evaluada con éxito con la certificación CMMI nivel 2, se continúa aplicando y validando constantemente en estudios de casos (VTT Electronics, 2008).

El ciclo del proyecto consta de cinco fases: exploración, inicialización, productización, estabilización y prueba del sistema, como se puede observar en la figura 8. Por lo regular, todas las fases (con distinción de la primera de exploración) comprenden tres días de tareas distintas: planificación, trabajo y liberación .



Figura 8. Fases de desarrollo de Mobile-D

Fuente: (VTT Electronics, 2008) Obtenido de: <http://bit.ly/2PeqlLK>

2.3.1.1. Fase de Exploración

La finalidad de esta fase es la preparación y organización del proyecto. Es fundamental establecer los cimientos para la puesta en marcha del producto y desarrollo de software referente a asuntos relacionados con la arquitectura del sistema, el proceso de ejecución de software y elección del entorno. Se precisan diversos grupos de partes interesadas (stakeholders) para proveer los requerimientos y su vivencia (VTT Electronics, 2008).

2.3.1.2. Fase de Inicialización

La finalidad del modelo de la fase Inicializar es posibilitar el éxito del resto de fases del proyecto; previniendo y comprobando todos los inconvenientes críticos de desarrollo para que los miembros del equipo se encuentren disponibles al finalizar la fase antes de proceder a implementar los requisitos seleccionados por el cliente (VTT Electronics, 2008).

2.3.1.3. Fase de Producción

El objetivo de la fase de Producción es aplicar la funcionalidad solicitada en el producto a través de la implementación de un ciclo de desarrollo iterativo y progresivo (VTT Electronics, 2008).

2.3.1.4. Fase de Estabilización

La finalidad del modelo de la fase de estabilización es asegurar la calidad de la puesta en marcha y ejecución del proyecto (VTT Electronics, 2008).

2.3.1.5. Fase de Pruebas

El propósito de la fase de pruebas es verificar que el sistema obtenido obedece a la funcionalidad establecida por el cliente en los requerimientos, brindando comentarios sobre la productividad del sistema y modificando desperfectos encontrados (VTT Electronics, 2008).

2.4. Tecnologías de Comunicación Inalámbricas

Las redes inalámbricas son aquellas que no ocupan un medio guiado o conector para para enlazar dispositivos, en su lugar utilizan ondas de radio.

Notebook, netbook, ordenadores de escritorio, smartphone, tabletas, asistentes digitales personales (PDA) y GPS son varios de los artefactos que normalmente hacen uso de redes inalámbricas; las cuales comparten características equivalentes a las redes cableadas al transmitir información; no obstante, las redes inalámbricas requieren transformar las señales de información a una manera adecuada para que se acople a la transmisión por medio del aire (Salazar, 2016)

2.4.1. Redes móviles

Proveen la transferencia de datos por medio de conexiones inalámbricas. Si bien dichas redes están conformadas por un elemento de radiofrecuencia, también se componen por una gran parte de infraestructura fija, con lo cual son capaces de presentar una variedad de servicios. La adaptación de nuevas generaciones para esta tecnología viene acompañada de un incremento en la capacidad con el fin de complacer la creciente demanda de usuarios y servicios con mayor alcance (Becvar, Mach, & Pravda, 2013)

El Group Special Mobile (GSM) fue el ente delegado para realizar la normativa enfocada en la emisión y recepción de datos para telefonía móvil. Los rangos de frecuencias ISM aplicada en Europa variaban entre 900 MHz y 1.800 MHz. GSM surgió en el año 1990 alcanzando velocidades de transmisión de 9,6 kbps. Dicha tecnología funciona mediante conmutación de circuitos, donde inicia con la fase de establecimiento de enlace agregando tiempo de retraso, la llamada se mantendrá abierta incluso sin transferencia de datos hasta que sea cerrada la conexión (Prieto Blázquez, 2012).

UMTS es un estándar fundamentado en la tecnología WCDMA y dirigido por la asociación 3GPP versión 4, también conocido por GSM, GPRS y EDGE. Dicho estándar fue comercializado en el año 2005, alcanzando velocidad de transmisión de 1,92 Mbps (Prieto Blázquez, 2012)

LTE-A es la cuarta generación de redes móviles, enfocada en complacer la demanda de usuarios sobre tasas de transmisión y bajo retardo en los diferentes servicios (Becvar, Mach, & Pravda, 2013)

En la tabla 5 se encuentra un resumen de las características y estándares desde la primera hasta la cuarta generación en tecnologías móviles. En el Ecuador se encuentran desplegadas redes móviles de cuarta generación, pero no en su totalidad, por lo que en

muchos sectores aún se siguen usando redes de tercera generación. Afortunadamente el área de estudio ubicada en el centro de la ciudad de Ibarra cuenta con redes de cuarta generación LTE, garantizando fluidez al momento de usar los datos móviles para navegar.

Tabla 5. Generaciones de tecnologías móviles.

Generación	Características	Estándares
Primera Generación (G1)	<ul style="list-style-type: none"> • Canales de radio analógico con frecuencias en torno a los 900 MHz o superior con modulación FM. • Equipos grandes y pesados 	<ul style="list-style-type: none"> • AMPS (Sistema telefónico móvil avanzado) • TACS (Sistema de comunicaciones de acceso total) • ETACS (Sistema de comunicaciones de acceso total extendido)
Segunda Generación (G2)	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicaciones digitales • Implementación del servicio SMS 	<ul style="list-style-type: none"> • GSM (Sistema global para las comunicaciones móviles) • CDMA (Acceso múltiple por división de código) • TDMA (Acceso múltiple por división de tiempo)
Tercera Generación (G3)	<ul style="list-style-type: none"> • Alta velocidad de transmisión de datos • Compatibilidad mundial • Compatibilidad de los servicios móviles de G3 con las redes de G2 	<ul style="list-style-type: none"> • UMTS (Sistema universal de telecomunicaciones móviles)
Cuarta Generación (G4)	<ul style="list-style-type: none"> • Cuenta con dos tecnologías alternativas o complementarias 	<ul style="list-style-type: none"> • WirelessMAN-Advanced (802.16m) • LTE Advanced

Fuente: Obtenido de: <http://bit.ly/38xzSoM>

2.5. Algoritmo de camino mínimo

Un inconveniente de optimización bastante ensayado radica en la investigación de caminos mínimos desde un origen hacia un destino. Un modelo bastante popular es aquel donde al tener un mapa de vías de una región, se señala el espacio entre cada par de cruces adyacentes para lograr establecer la distancia más reducida entre dos puntos; para ello se producen todos los recorridos probables desde la ciudad de origen hacia su destino y se

elige el más óptima entre todos ellos. Una desventaja de este tipo de algoritmos es que se terminan generando más rutas de las necesarias, utilizando recursos o esfuerzos innecesarios durante el proceso (Rodríguez Puente & Lazo Cortés, 2017).

Se toma en cuenta una red no dirigida y conexa con un nodo específico denominado origen o raíz, cada arista recibe un valor de distancia positivo. La finalidad es hallar el grupo de aristas capaz de enlazar todos los nodos de forma tal que el compendio de distancias de las aristas desde el origen hasta el nodo final sea el más pequeño; a este proceso se le conoce como árbol de camino mínimo (SPT) donde su raíz es el origen (Rodríguez Gálvez, 2009)

2.5.1.1. Algoritmo de Dijkstra

Este algoritmo tiene como objetivo descubrir el trayecto más corto desde un origen hasta un destino. Manifiesta que es posible hallar el camino mínimo empezando por la raíz hacia todos los vértices de un grafo a la vez; esta situación en ocasiones es denominada problema del camino mínimo de origen único. Este algoritmo ayuda a determinar el conjunto de aristas interconectadas cuyo valor sumado desde el origen hasta el nodo final o destino sea el óptimo. (Rodríguez Gálvez, 2009).

Dijkstra es un algoritmo que se especializa en encontrar un costo uniforme, por lo tanto, no trabaja con valores negativos en las aristas (el hecho de escoger elegir constantemente el nodo con inferior distancia, permite descartar de la búsqueda nodos que en siguientes cálculos disminuirían el valor total de la ruta al atravesar por una arista con costo negativo) (Luis Torres, 2014).

A continuación, se presenta un ejemplo del funcionamiento del Algoritmo de Dijkstra para encontrar el camino mínimo:

Para fines de este ejemplo se usará el grafo de la figura 9, donde se encuentran identificados sus vértices y distancias entre cada uno; se tomará como V_p (vértice de origen) al v_1 .

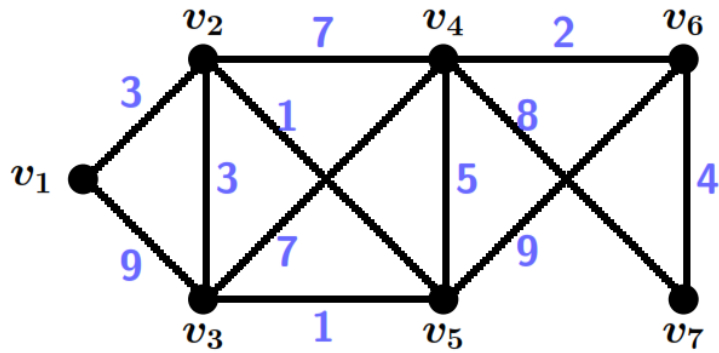


Figura 9. Grafo con vértices y distancias donde se aplicará el algoritmo de Dijkstra

Fuente: (Agüero Calvo, 2010)

A partir de la figura 9, se desarrolla la tabla 6 que contiene las distancias entre los vértices donde se coloca el valor de cero cuando el vértice se considera origen y valor de infinito entre dos vértices que no son adyacentes.

Tabla 6. Matriz de distancias entre vértices de la figura 9.

Matriz de distancias (Ω)	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7
v1	0	3	9	∞	∞	∞	∞
v2	3	0	2	7	1	∞	∞
v3	9	2	0	7	1	∞	∞
v4	∞	7	7	0	5	2	8
v5	∞	1	1	5	0	9	∞
v6	∞	∞	∞	2	9	0	4
v7	∞	∞	∞	8	∞	4	0

Fuente: (Agüero Calvo, 2010).

Partiendo del vértice 1 como origen se desarrolla la tabla 7, donde se indica $L(1)$ como el camino que sigue el algoritmo, la $D(n)$ señala el valor de distancia desde v_1 . Luego se señala la distancia más corta respecto al vértice origen.

Tabla 7. Camino generado desde el vértice de origen.

L(1)	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
0	3	9	∞	∞	∞	∞	∞

Fuente: (Agüero Calvo, 2010)

Luego, se establece el camino a partir del vértice 2, para lo cual se compara la distancia más corta desde el origen hasta el vértice 3 ($D3 < D2 + \Omega(2,3) = 9 < 3 + 2 = 9 < 5$) y se coloca el valor en la tabla 8. De igual forma se compara las distancias hacia los vértices adyacentes al vértice 2 y se colocan dichos valores en la tabla 6. $D4 = D2 + \Omega(2,4) = 3 + 7 = 10$. $D5 = D2 + \Omega(2,5) = 3 + 1 = 4$.

Tabla 8. Camino generado a partir del vértice 2.

L(1)	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
L(2)	0	3	9	∞	∞	∞	∞
	0	3	5	10	4	∞	∞

Fuente: (Agüero Calvo, 2010)

Se establece el camino a partir del vértice 5, para lo cual se compara la distancia más corta desde el vértice 3 para llegar a este ($D3 < D5 + \Omega(5,3) = 5 < 4 + 1$) y se coloca dicho valor en la tabla 9. De igual forma se compara las distancias hacia los vértices adyacentes al vértice 5 y se colocan dichos valores en la tabla 7. $D4 < D5 + \Omega(5,4) = 10 < 4 + 5 = 10 < 9$. $D6 = D5 + \Omega(5,6) = 4 + 9 = 13$.

Tabla 9. Camino generado a partir del vértice 5.

L(1)	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
L(2)	0	3	9	∞	∞	∞	∞
L(5)	0	3	5	10	4	∞	∞
	0	3	5	9	4	13	∞

Fuente: (Agüero Calvo, 2010).

Se establece el camino a partir del vértice 3, para lo cual se compara la distancia más corta desde el vértice 4 para llegar a este ($D4 < D3 + \Omega(3,4) = 9 < 5 + 7$) y se coloca el valor en la tabla 10. De igual forma se compara las distancias hacia los vértices adyacentes al vértice 3 y se colocan dichos valores en la tabla 8. $D6 < D3 + \Omega(3,6) = 13 < 5 + \infty$.

Tabla 10. Camino generado a partir del vértice 3.

L(1)	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
L(2)	0	3	9	∞	∞	∞	∞
L(5)	0	3	5	10	4	∞	∞
L(3)	0	3	5	9	4	13	∞
	0	3	5	9	4	13	∞

Fuente: (Agüero Calvo, 2010).

Se establece el camino a partir del vértice 4, para lo cual se compara la distancia más corta desde el vértice 6 para llegar a este ($D6 < D4 + \Omega(4,6) = 13 < 9 + 2$) y se coloca el valor en la tabla 11. De igual forma se compara las distancias hacia los vértices adyacentes al vértice 4 y se colocan dichos valores en la tabla 9. $D7 < D4 + \Omega(4,7) = \infty < 9 + 8$.

Tabla 11. Camino generado a partir del vértice 4.

L(1)	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
L(2)	0	3	9	∞	∞	∞	∞
L(5)	0	3	5	10	4	∞	∞
L(3)	0	3	5	9	4	13	∞
L(4)	0	3	5	9	4	13	∞
	0	3	5	9	4	11	17

Fuente: (Agüero Calvo, 2010).

Se establece el camino a partir del vértice 6, para lo cual se compara la distancia más corta desde el vértice 7 para llegar a este ($D7 < 6 + \Omega(6,7) = 17 < 11 + 4$) y se coloca dicho valor en la tabla 12.

Tabla 12. Camino generado a partir del vértice 6.

L(1)	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
L(2)	0	3	9	∞	∞	∞	∞
L(5)	0	3	5	10	4	∞	∞
L(3)	0	3	5	9	4	13	∞
L(4)	0	3	5	9	4	13	∞
L(6)	0	3	5	9	4	11	17
L(7)	0	3	5	9	4	11	15

Fuente: (Agüero Calvo, 2010).

Al culminar de aplicar el algoritmo de Dijkstra tomando el vértice 1 como origen se obtiene una ruta como se indica en la figura 10, donde es posible determinar que el camino

más corto hasta llegar al vértice más lejano es el siguiente: $v_1 \Rightarrow v_2 \Rightarrow v_5 \Rightarrow v_4 \Rightarrow v_6 \Rightarrow v_7$, con una distancia total de 15.

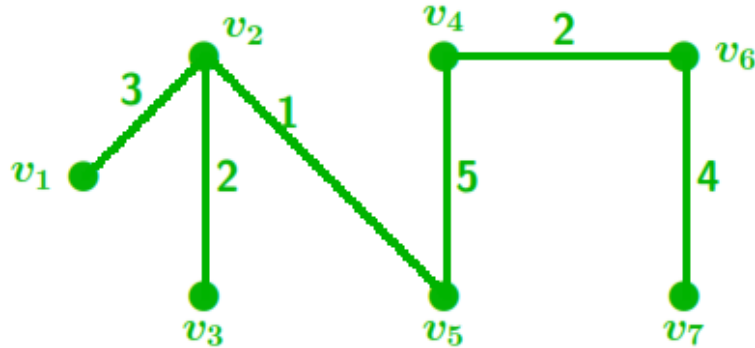


Figura 10. Grafo con vértices y distancias donde se aplicará el algoritmo de Dijkstra

Fuente: (Agiüero Calvo, 2010).

2.5.1.2. Algoritmo de Bellman-Ford

Este algoritmo reside en cuantificar la distancia de un nodo hacia el resto evitando ocasionar algún salto inicial y añadiendo 1 continuamente; una de sus ventajas es que admite trabajar con aristas de valores negativos; en cambio, su punto débil reside en las operaciones complejas de recorridos óptimos con un origen específico, lo que se halla en el orden $O(n^3)$; por tal motivo la creación de la ruta entre todos los nodos alcanza el orden de $O(n^4)$ (Aguayo Moreno, 2008).

Dicho algoritmo fue empleado en el enrutamiento de ARPANET, su funcionalidad se detalla a continuación :

- Calcula el nodo n a partir del costo de los enlaces de sus vecinos más el costo del camino que ha recorrido desde el nodo inicial s (Alaba, 2017).
- El nodo en el que se encuentra puede almacenar el costo y el camino con los demás nodos (Alaba, 2017).

- Entonces siempre utilizará únicamente la información que posea sus nodos vecinos, y no necesita el conocimiento de toda la red (Alaba, 2017).
- Para actualizar la información del costo y del camino, solamente tendrá en cuenta la información que le entrega sus nodos vecinos (Alaba, 2017).

Cabe mencionar que el algoritmo de Dijkstra solamente cuantifica aquellas aristas que incurren en los vértices designados con el mínimo camino considerado. El fallo del algoritmo de Dijkstra para grafos con aristas con pesos negativos es debido a no calcular el efecto dominó originado por aristas negativas (Rodríguez Gálvez, 2009)

2.6. Sistema de Posicionamiento Global

Un sistema de navegación por satélite con cobertura global se denomina Sistema de Navegación Global por Satélite (GNSS, por sus siglas en inglés). En la actualidad los siguientes sistemas están en funcionamiento o desarrollo (Bell, 2019):

Sistema de Posicionamiento Global, GPS de los Estados Unidos.

Sistema Satelital de Navegación Global, GLONASS de la Federación Rusa.

Sistema de Navegación Satelital BeiDou de China.

Sistema de Navegación Satelital Galileo de la Unión Europea.

La cobertura global para cada sistema generalmente se logra mediante una constelación de entre 18 y 30 satélites en órbitas terrestres medianas distribuidas entre varios planos orbitales (Bell, 2019), como se indica en la figura 11.

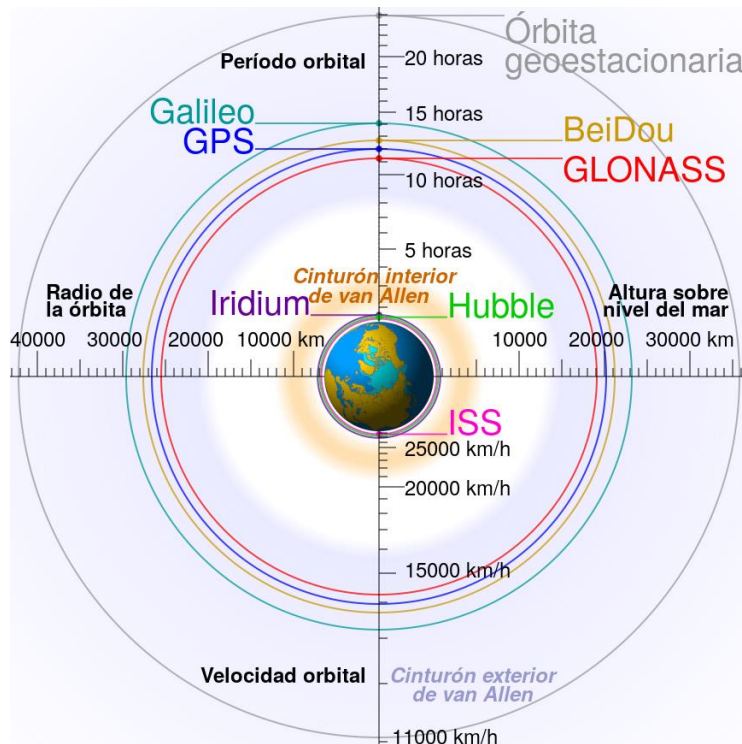


Figura 11. Sistemas GNSS y sus órbitas

Fuente: (Bell, 2019).

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS), también conocido como NAVSTAR-GPS, tiene satélites dispuestos en seis planos orbitales igualmente espaciados que rodean la Tierra, cada uno con cuatro 'ranuras' ocupadas por satélites de línea de base. Esta disposición de 24 ranuras asegura que haya al menos cuatro satélites a la vista desde prácticamente cualquier punto del planeta.

Los satélites se colocan en una órbita terrestre media (MEO), a una altitud de 20 200 km y una inclinación de 55° con respecto al Ecuador. Las órbitas son casi circulares, con una excentricidad de menos 0:02, un semieje mayor de 26560 km y un período nominal de 11 horas, 58 minutos y 2 segundos (12 horas siderales 3 horas), repitiendo la geometría cada día sideral (Sanz, Juan, & Hernández, 2013).

2.6.1. Arquitectura del GPS.

El sistema se constituye de tres segmentos básicos como se puede observar en la figura 12, el segmento espacio, conformado por 24 satélites en una órbita de 26560km de radio y periodo de 12 h.; el segmento control, cuenta con cinco estaciones monitoras responsables de conservar en órbita los satélites y vigilar su adecuado funcionamiento, tres antenas terrestres que remiten las señales a los satélites y una estación experta de control de ejecución; por último el segmento usuario integrado por antenas y receptores pasivos (Pozo, y otros).

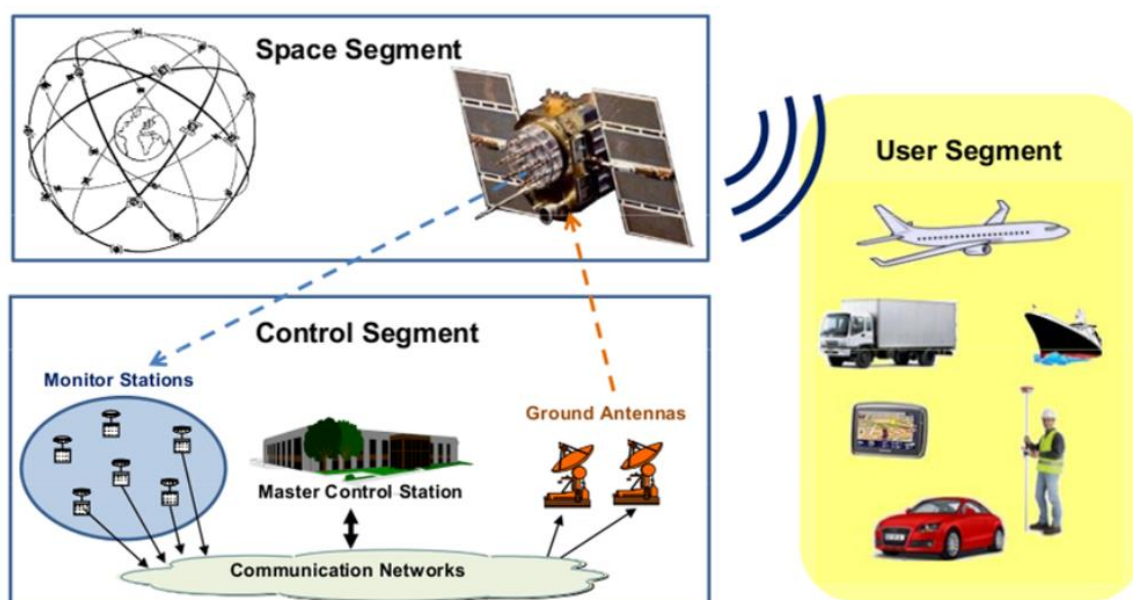


Figura 12. Segmentos que componen el GPS

Fuente: (Sanz, Juan, & Hernández, 2013) Obtenido de: <http://bit.ly/37tFJKh>.

2.6.2. Banda L.

Los satélites cuentan con un oscilador que produce una frecuencia fundamental de 10,23MHz, donde se crean dos portadoras en la banda L (radiofrecuencias de 1 GHz a 2 GHz), En la figura 13, es posible identificar las denominadas L1 y L2, resultado de multiplicar la frecuencia fundamental de 10,23 MHz por 154 y por 120, generando valores

de 1.575,42 para L1 y 1.227,60 MHz para L2, con longitudes de onda $\lambda_1 = 19,0425$ cm y $\lambda_2 = 24,4379$ cm respectivamente. Estas frecuencias ayudan a eliminar el valor del retardo ionosférico (Souto Llamas, 2009).

La frecuencia L1 es de uso civil y modulada por código de ruido pseudo aleatorio (PRN) llamado código de adquisición/grueso o estándar (C/A). De acuerdo al modo C/A cada satélite emite una señal para el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América en frecuencia L1 y otra en L2. La encriptación por códigos PRN restringe el acceso a las señales. Nombrados códigos “P” al no ser encriptadas y código “Y” al estar encriptadas. El Servicio de Posicionamiento Estándar (SPS) es de uso civil y Servicio de Posicionamiento Preciso (PPS) es restringido (Fallas, 2002).

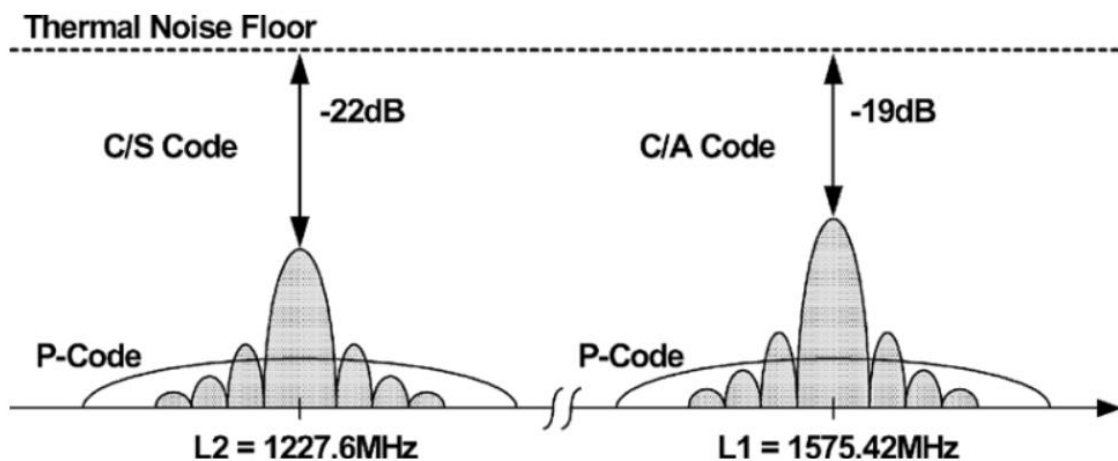


Figura 13. Distribución de la Banda L para uso civil y militar.

Fuente: (Ko, Kim, Cho, & Lee, 2005). Obtenido de: <http://bit.ly/35oLqbe>.

2.6.3. Funcionamiento GPS

Los sistemas de navegación por satélites se basan en la emisión de ondas electromagnéticas por parte del satélite, y la recepción de éstas por parte de estaciones terrestres; son necesarios al menos 3 satélites para calcular una ubicación, de forma que, conociendo la velocidad de propagación de la onda y el tiempo transcurrido entre la

emisión y la recepción de ésta, se conoce la distancia entre emisor y receptor. Basándose en el principio de trilateración, se determina la distancia de cada satélite respecto al punto de medición; al conocer las distancias es posible determinar la posición relativa propia respecto a los satélites, junto a las coordenadas del sistema es posible conseguir la posición absoluta y una gran precisión del reloj GPS (Vázquez Castaño, 2011).

2.6.3.1. Principio de Triangulación

Este principio menciona que es posible determinar el punto de origen de una transmisión por ondas de radio. Cuando el receptor GPS detecta una señal de radiofrecuencia transmitida por un satélite en su órbita, se genera una esfera virtual, cuyo centro es el propio satélite. La distancia que separa el satélite del receptor se le tratará como el radio de la esfera. Lo cual indica que el receptor se encuentra situado en un punto indeterminado de la superficie de la esfera.

A continuación, se realiza un cálculo de distancia hacia un segundo satélite, produciendo una segunda esfera virtual, misma que se sobrepone a la primera, generando un anillo imaginario que atraviesa dos puntos donde se intersecan las dos esferas.

Luego, se obtiene la distancia a un tercer satélite, produciendo otra esfera virtual, misma que intercepta con un extremo del anillo, consiguiendo dos puntos, uno en el espacio y otro en la superficie de la Tierra. El receptor tiene la capacidad de excluir la ubicación en el espacio mediante el uso de recursos matemáticos de posicionamiento y establece el punto ubicado en la Tierra como la posición correcta del receptor; este principio es representado en la figura 14.

Para detectar la altura a la que se encuentra situado el receptor GPS sobre el nivel del mar, es necesario medir la distancia hacia un cuarto satélite y generar otra esfera virtual que permita determinar dicha coordenada (Department of Defense USA, 2008)

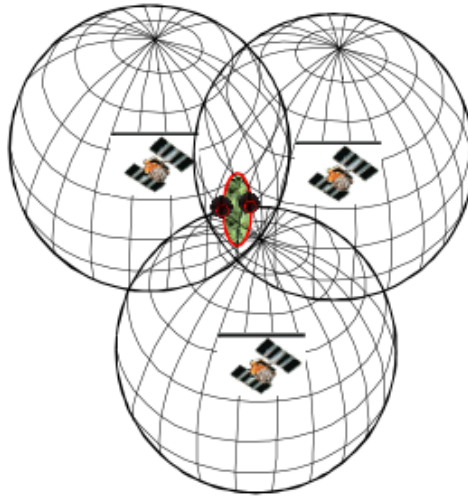


Figura 14. Mediciones de distancia para ubicación de puntos mediante principio de triangulación.

Fuente: (Fallas, 2002)

2.6.3.2. Puntos y distancias en el plano

A continuación, se muestran algunos conceptos matemáticos utilizados en el procedimiento de localización basados en un modelo bidimensional. Se utilizará el eje X y Y para indicar la ubicación de un punto P establecido por sus coordenadas cartesianas: $P = (x_0; y_0)$. (Bell, 2019)

En la figura 15 se muestra la ubicación de los puntos:

$$P_1 = (2, -1), \quad P_2 = \left(\frac{3}{2}, 2\right), \quad P_3 = (-1, 0)$$

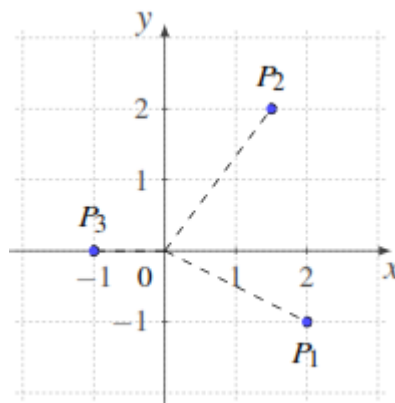


Figura 15. Puntos en el plano cartesiano.

Fuente: (Bell, 2019).

Para calcular la distancia d entre dos puntos $P_0 = (x_0; y_0)$ y $P_1 = (x_1; y_1)$ se utiliza la siguiente fórmula:

$$d(P_0, P_1) = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2}$$

La fórmula se basa en el teorema de Pitágoras, como se indica en la fig. 16

La distancia desde el origen $O = (0; 0)$ a cualquier punto $P_0 = (x_0; y_0)$ es

$$d(O, P_0) = \sqrt{(x_0)^2 + (y_0)^2}$$

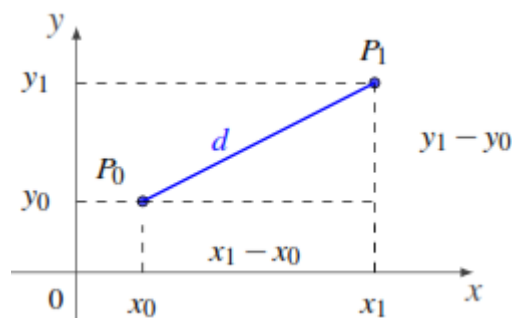


Figura 16. Distancias en el plano cartesiano.

Fuente: (Bell, 2019).

2.6.3.3. Localización del receptor en el plano

Para determinar la localización del receptor R , es necesario la distancia desde el satélite hasta R y la ubicación del satélite. Asumiendo que se tiene el dato de posición del satélite en el punto S y su distancia d resultante hasta el receptor. Esto indicaría que el receptor R se encuentra en cierto punto de la circunferencia C de radio d centrada en S . Esto se ilustra en la figura 17. Los datos obtenidos mediante el cálculo de un solo satélite son insuficientes para conocer con certeza la situación del receptor.

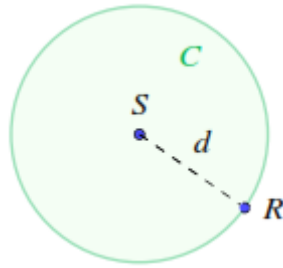


Figura 17. Posición del receptor sobre la circunferencia.

Fuente: (Bell, 2019).

Asumiendo que se disponen de dos satélites en los puntos S_1 y S_2 , y conociendo sus distancias d_1 y d_2 desde su origen hasta el receptor. Basado en el razonamiento anterior, se conoce que el receptor se encuentra en algún punto sobre la circunferencia centrada en S_1 y de radio d_1 . Al mismo tiempo, debe estar sobre algún punto de la circunferencia centrada en S_2 y de radio d_2 . Es decir que teniendo las mediciones de dos satélites la ubicación del receptor queda casi determinada: es uno de los dos puntos R_1 o R_2 en los que se intersecan ambas circunferencias, como se muestra en la figura 18.

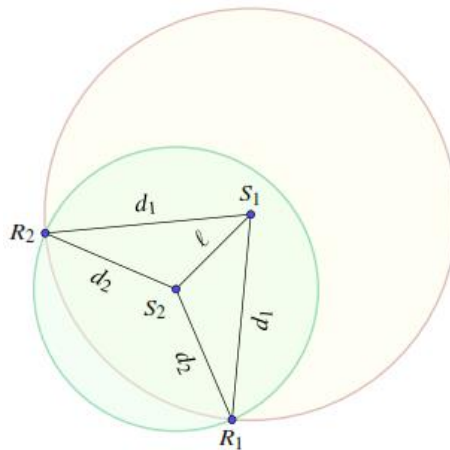


Figura 18. Intersección de los puntos R_1 y R_2 .

Fuente: (Bell, 2019).

Para encontrar las coordenadas de estos puntos en el plano, se empieza ubicando el origen de coordenadas en S_1 y el semieje positivo de las abscisas en la dirección de $\overrightarrow{S_1S_2}$

como se muestra en la siguiente figura 19. Se usa la distancia entre los satélites. Donde R tienen la misma abscisa y sus ordenadas son opuestas, es decir

$$R_1 = (x_0, y_0), \quad R_2 = (x_0, -y_0)$$

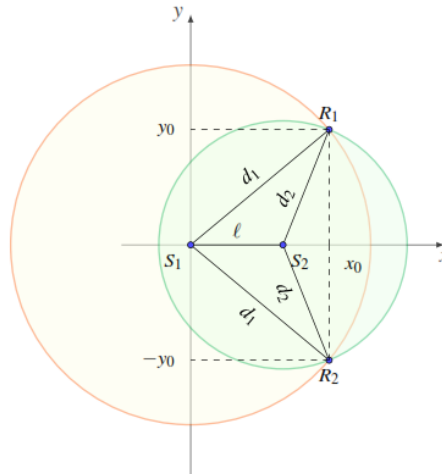


Figura 19. Eje de coordenadas en S1.

Fuente: (Bell, 2019).

Teniendo en cuenta el teorema de Pitágoras, se plantea el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{cases} d_1^2 = x_0^2 + y_0^2 \\ d_2^2 = (x_0 - \ell)^2 + y_0^2 \end{cases}$$

A la primera ecuación se resta de la segunda de la siguiente manera

$$\begin{array}{r} d_1^2 = x_0^2 + y_0^2 \\ - d_2^2 = (x_0 - \ell)^2 + y_0^2 \\ \hline d_1^2 - d_2^2 = x_0^2 - (x_0 - \ell)^2 \end{array}$$

A partir de ello es posible hallar una expresión para x0,

$$d_1^2 - d_2^2 = x_0^2 - (x_0^2 - 2x_0\ell + \ell^2)$$

$$d_1^2 - d_2^2 = 2x_0\ell - \ell^2$$

$$\frac{d_1^2 - d_2^2 + \ell^2}{2\ell} = x_0$$

Luego, se halla una expresión para y_0 , reemplazando con esta última expresión en la primera ecuación del sistema

$$d_1^2 = \left(\frac{d_1^2 - d_2^2 + \ell^2}{2\ell} \right)^2 + y_0^2$$

donde se obtiene:

$$y_0^2 = d_1^2 - \left(\frac{d_1^2 - d_2^2 + \ell^2}{2\ell} \right)^2$$

Lo que resulta en dos posibles valores para la ordenada,

$$y_0 = \sqrt{d_1^2 - \left(\frac{d_1^2 - d_2^2 + \ell^2}{2\ell} \right)^2}$$

$$-y_0 = -\sqrt{d_1^2 - \left(\frac{d_1^2 - d_2^2 + \ell^2}{2\ell} \right)^2}$$

La primera de ecuación pertenece al punto R1 y la segunda a R2

2.6.3.4. Relación con el área de un triángulo

Escribiendo el radical con denominador común ($4\ell^2$, que al distribuir la raíz da el denominador 2ℓ) y factorizando el numerador resulta la siguiente expresión:

$$y_0 = \frac{\sqrt{(d_1 + d_2 + \ell)(d_1 + d_2 - \ell)(d_2 - d_1 + \ell)(d_1 - d_2 + \ell)}}{2\ell}$$

Considerando el triángulo con vértices S1, S2 y R1 de la figura 14. Se denomina s al semiperímetro de dicho triángulo, se tiene que:

$$s = (d_1 + d_2 + \ell)/2$$

entonces la fórmula para y_0 puede escribirse de la siguiente manera:

$$y_0 = \frac{2\sqrt{s(s - \ell)(s - d_1)(s - d_2)}}{\ell}$$

Esta expresión puede interpretarse fácilmente a partir de la fórmula de Herón que se enuncia a continuación:

Fórmula de Herón. El área A de un triángulo cuyos lados miden a , b y c es:

$$A = \sqrt{s(s - a)(s - b)(s - c)}$$

donde el semiperímetro s es:

$$s = \frac{a + b + c}{2}$$

En la figura 14, y_0 es la altura del triángulo de lados d_1 , d_2 y ℓ con base ℓ . Entonces el área del triángulo es $A = y_0 \ell / 2$, de donde se puede obtener la fórmula para y_0 calculada anteriormente.

2.6.3.5. Puntos y distancias en el espacio

Para el cálculo tridimensional se agrega un eje coordenado (eje z) de forma que la ubicación de un punto P se guie por sus tres coordenadas cartesianas: $P = (x_0; y_0; z_0)$.

Por ejemplo, en la figura 20 se muestra la ubicación de los puntos:

$$P_1 = (2,3,1), \quad P_2 = (1,-2,3), \quad P_3 = (-2,0,1), \quad P_4 = \left(0,0,\frac{5}{2}\right)$$

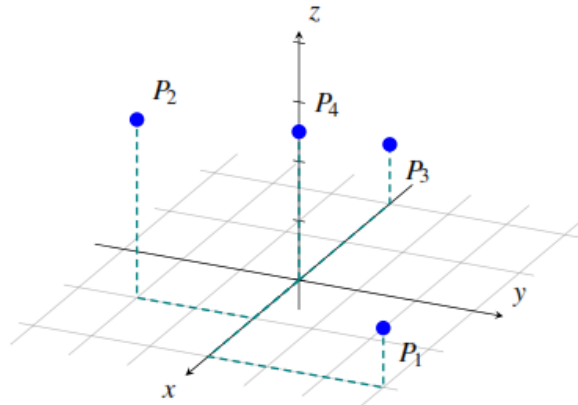


Figura 20. Plano cartesiano con 3 ejes coordenados.

Fuente: (Bell, 2019)

La distancia d entre dos puntos en el espacio $P_0 = (x_0, y_0, z_0)$ y $P_1 = (x_1, y_1, z_1)$ se calcula como:

$$d(P_0, P_1) = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 + (z_1 - z_0)^2}$$

La distancia desde el origen $O = (0; 0; 0)$ a cualquier punto $P_0 = (x_0, y_0, z_0)$ es

$$d(O, P_0) = \sqrt{x_0^2 + y_0^2 + z_0^2}$$

2.6.3.6. Localización en el espacio (Trilateración)

Para determinar el punto en el espacio en que se encuentra un receptor usando el GPS, se toma la información que proporcionan tres satélites. La situación se ilustra en la figura 21. La información de un cuarto satélite es útil para compensar el error del reloj del receptor.

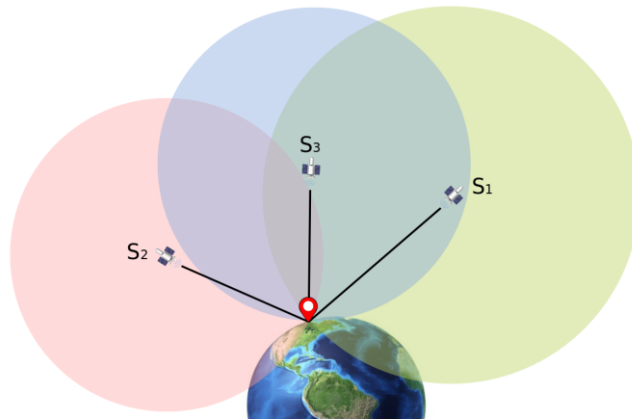


Figura 21. Intersección de esferas formadas por distancias de 3 satélites.

Fuente: (Bell, 2019)

Si se considera el espacio tridimensional, y se desea hallar la posición en el espacio en el que se encuentra un receptor, es necesario utilizar al menos tres satélites.

Comienza con un solo satélite, denominado S1. Se conoce que el receptor se encuentra a distancia d_1 de este satélite. Los puntos en el espacio que se encuentran a distancia d_1 del primer satélite forman una esfera E1 con centro S1 y radio d_1 . Tomando en cuenta que en el plano se formaba una circunferencia. En la figura 22 se muestra la esfera E1 en color verde.

Suponiendo que se conoce la distancia d_2 del receptor a un segundo satélite, denominado S2. Se puede construir una segunda esfera E2 con centro S2 y radio d_2 . En la figura 21 se indica esfera E2 de color rosa.



Figura 22. Puntos de intersección de las esferas centradas en satélites S1 y S2 forman una circunferencia.

Fuente: (Bell, 2019)

Las esferas anteriores se intersecan en una circunferencia. Los puntos del espacio que pertenecen a la circunferencia se encuentran a distancia d_1 del primer satélite y a distancia d_2 del segundo satélite.

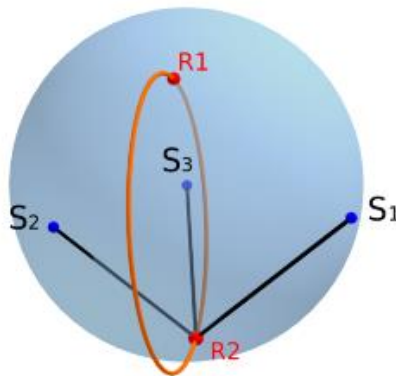


Figura 23. Esfera con centro S3 corta a la circunferencia en R1 y R2.

Fuente: (Bell, 2019)

En el caso del plano con dos satélites se registran infinitos puntos con distancia d_1 a S1 y distancia d_2 a S2. Por lo que es necesario más información para hallar la posición del receptor en el espacio. Aumentando un tercer satélite S3 y conociendo la distancia del receptor al satélite es d_3 ; forma una tercera esfera E3 con centro S3 de color azul en la figura 22 y 23. Esta esfera E3 y circunferencia se intersecan en los puntos R1 y R2, mismos que están a igual distancia de los 3 satélites, donde solamente uno de ellos se encuentra en la superficie de la tierra, determinando que el punto R2 es la posición del receptor buscado, ver en la figura 23.

Este método se lo denomina trilateración. El GPS utiliza la trilateración para determinar la posición de un receptor, calculando la señal de por lo menos cuatro satélites para corregir errores y mejorar la precisión (Bell, 2019).

2.6.3.7. Medición precisa del tiempo

La medición del tiempo de viaje es una actividad compleja de realizar. Debido a la gran velocidad de las señales de radio y a las distancias a la cual se encuentran los satélites de la Tierra, los tiempos de viaje son extremadamente cortos (Giménez & Ros, 2010).

El tiempo promedio que una señal tarda en viajar de un satélite orbitando a 20.200 km de la Tierra es de 0.067 segundos. Esto hace necesaria la utilización de relojes muy precisos como son los relojes atómicos (Giménez & Ros, 2010).

Los satélites llevan relojes atómicos con precisiones de un nanosegundo, pero situar estos de relojes en los receptores conllevaría altos costos. Para resolver este dilema los receptores calibran el tiempo mediante un cuarto satélite (Giménez & Ros, 2010)

2.6.3.8. Efectos Relativistas

La Teoría de Relatividad menciona que el tiempo va más despacio durante movimientos más rápidos. Esto va a afectar a los satélites en órbita, ya que su velocidad alrededor de la Tierra es de $v=3874$ m/s, por tanto, los relojes que llevan se atrasan respecto a los que están en la superficie del planeta. La dilatación del tiempo relativista provoca una inexactitud en el tiempo de aproximadamente 7^2 microsegundos al día (Fallas, 2002).

El tiempo corre más despacio cuanto mayor es el campo gravitatorio, por tanto, para un observador en la Tierra el reloj del satélite irá más deprisa que el suyo, ya que estos se encuentran a una altitud de 20.000 km y el potencial gravitatorio es entonces más débil. Se debe tomar en cuenta que este efecto es seis veces mayor que el anterior descrito (Fallas, 2002)

Acorde a lo descrito se puede determinar que los relojes de los satélites van algo más deprisa y es necesario corregirlo. Para ello se colocan los relojes de los satélites a una frecuencia de 10.229999995453 MHz y se operan con 10.23 MHz. Con este truco se logra compensar errores provocados en el cálculo de la distancia de 10 km por día y tiempos de 38 milisegundos (Giménez & Ros, 2010)

2.6.3.9. GPS Asistido (A-GPS)

Es una extensión del Sistema de posicionamiento global (GPS), considerada para condiciones de señal débil, donde el Time To First Fix (TTFF) de un arranque en frío de un dispositivo GPS puede tardar minutos. A-GPS puede operar en redes celulares y sistemas que pueden proporcionar enlaces de comunicación (Kashyap, Samant, Sagiraju, & Akopian, 2009).

A-GPS fue desarrollado en base a requerimientos del servicio de emergencias estadounidense, con el fin de determinar la posición de un teléfono en caso de llamada al 911; permite optimizar el tráfico de la interfaz aérea al distribuir los datos y procesamiento, así como los costos de implementación, entre la red y los móviles, obteniendo la ubicación en un rango 50 metros cuando los usuarios están en escenarios indoor y 15 metros cuando están en exteriores (Djuknic & Richton, 2001).

En la figura 24, se muestra los componentes principales del GPS-Asistido que utiliza para obtener, procesar y enviar la información a los satélites, indicando la ubicación aproximada del dispositivo.

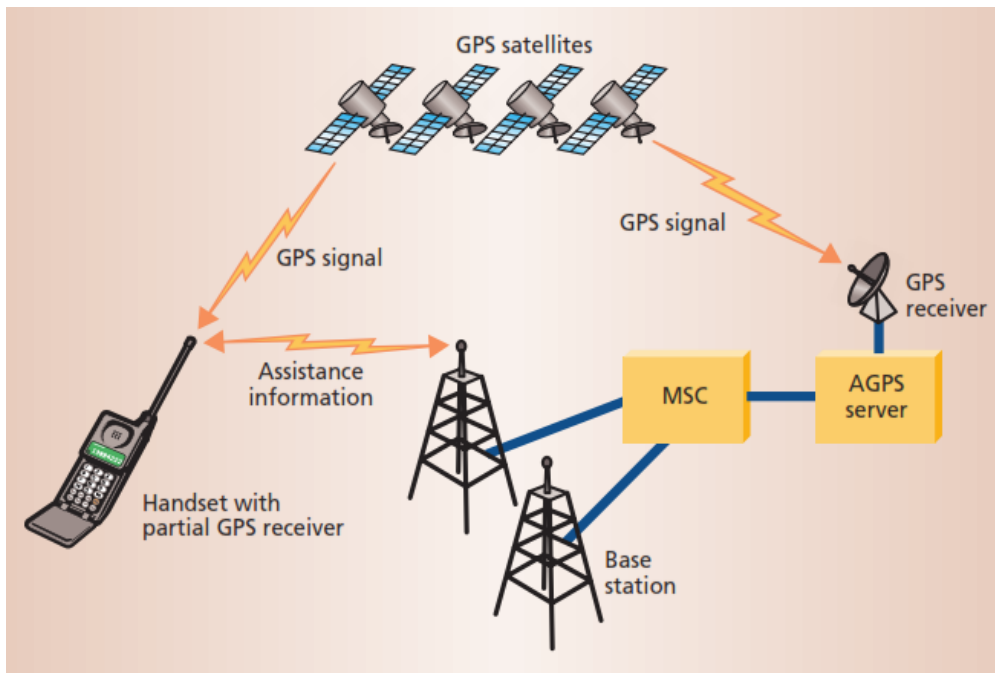


Figura 24. Componentes principales del A-GPS.

Fuente: (Djuknic & Richton, 2001).

Los principales beneficios para el usuario son TTFs más rápidos y mejor sensibilidad de adquisición efectiva. Los beneficios indirectos incluyen menos carga de trabajo para el receptor GPS y menor consumo de energía. Se requiere un enlace del receptor a un servidor para que los datos de asistencia se puedan enviar al receptor AGPS. El enlace podría implementarse en cualquier tecnología que sea conveniente para el usuario (SMS, GPRS, TCP / IP). El servidor tiene mucha más potencia de procesamiento que un receptor GPS y puede enviar varios elementos al receptor AGPS, como:

- Parámetros de efemérides y reloj satelital
- Estimación de posición
- Estimación de tiempo: aproximada (GSM) o precisa (CDMA)
- Estimación de frecuencia

El receptor puede construir rápidamente su lista de satélites visibles, estimar Doppler, fase de código, y luego medir pseudorange (Micro Modular Technologies, 2010).

Los satélites GPS transmiten a una frecuencia de 1,57542 GHz con un cambio Doppler de $\pm 4,2$ kHz. El movimiento de la MS (estación móvil) agrega 3,7 Hz/kmh y la incertidumbre en la referencia de frecuencia local de los receptores GPS agrega un error de 1,574 kHz / 1ppm de error del oscilador. Entonces, la incertidumbre total de la señal GPS observada es mayor a $\pm 4,2$ kHz. Debido a que la MS no sabe exactamente en qué frecuencia se puede recibir la señal del satélite, su receptor GPS está obligado a escanear todas las frecuencias posibles. El TTFF puede reducirse sustancialmente al proporcionar al receptor información, como las efemérides del satélite, a partir de la cual la MS puede calcular el desplazamiento Doppler del satélite y reducir así el espacio de búsqueda en un factor de diez (Weyn & Schrooyen, 2008).

2.6.3.10. Tipos de receptores GPS

Los tipos de receptor GPS se pueden clasificar en receptores GPS civiles y receptores GPS militares. Pero la forma estándar de clasificación se basa en el tipo de código que el receptor puede detectar. Hay dos tipos de códigos: código de adquisición grueso (código C/A) y código P. Las unidades receptoras de GPS del consumidor solo pueden detectar el código C/A. Este código no es exacto por lo que el sistema de posicionamiento civil se llama Servicio de posicionamiento estándar (SPS). El código P es utilizado por militares, es un código bastante preciso. Este sistema se llama Servicio de posicionamiento preciso (PPS). Los receptores GPS se pueden clasificar en función de la capacidad de decodificar estas señales (Electronics HUB, 2017).

Otra forma de clasificar los receptores GPS disponibles comercialmente se basa en la capacidad de recibir señales. Los receptores GPS se pueden dividir en:

- Receptores de código de frecuencia única
- Receptores de código suavizado de portadora de frecuencia única

- Código de frecuencia única y receptores portadores
- Receptores de frecuencia dual

2.7. Sistemas de Información Geográfica

Un sistema de información geográfica (GIS) es un marco para recopilar, gestionar y analizar datos. Enraizado en la ciencia de la geografía, GIS integra muchos tipos de datos. Analiza la ubicación espacial y organiza capas de información en visualizaciones, utilizando mapas y escenas en 3D. Con esta capacidad única, GIS revela conocimientos más profundos sobre los datos, como patrones, relaciones y situaciones, lo que ayuda a los usuarios a tomar decisiones más inteligentes (ESRI, 2018).

En la tabla 13, se encuentran los elementos que conforman un SIG (Sistema de Información Geográfica).

Tabla 13. Partes que conforman un sistema de información geográfica.

Parte	Descripción
Bases de datos espaciales	aquellas en las que la realidad se codifica mediante modelos de datos específicos.
Bases de datos temáticas	cuya vinculación con la base de datos cartográfica permite asignar a cada punto, línea o área del territorio unos valores temáticos.
Conjunto de programas	que permiten manejar estas bases de datos de forma útil para diversos propósitos de investigación, docencia o gestión.
Conjunto de ordenadores y periféricos	de entrada y salida que constituyen el soporte físico del SIG. Estas incluyen tanto el programa de gestión de SIG como otros programas de apoyo. Debido a los requerimientos de velocidad, almacenamiento y memoria RAM de un SIG
Comunidad de usuarios	que pueda demandar información espacial.
Administradores	del sistema encargados de resolver los requerimientos de los usuarios bien utilizando las herramientas disponibles o bien produciendo nuevas herramientas

Fuente: (Sarría, 2001)

2.7.1. Datos SIG

Los datos que manejan el sistema de información geográficos son muy variados, dando la oportunidad de generar diversos tipos de proyectos según su enfoque, a continuación, se presentan algunos tipos de datos SIG:

2.7.1.1. Datos Cartográficos

Los datos geográficos se pueden separar en soporte que es una unidad de observación con propiedades tipológicas, geométricas y de situación. Permitiendo su catalogarse en puntos, líneas, polígonos o volúmenes. Mientras que la variable es información cuantitativa o cualitativa por encima del soporte y le designa un valor específico. Son características intrínsecas medibles con el atributo del dato; por ejemplo: un plano parcelario de una ciudad, los soportes serían parcela, manzana, calle, distrito y las variables serían propiedad, alturas, edificabilidad, servicios urbanos (Olaya, 2014).

2.7.1.2. Topología

Resulta sustancial considerar los datos geográficos empezando por sus relaciones topológicas en un SIG. Se debe diferenciar la entidad geográfica con dos clases de localización:

Absoluta: Coordenadas de la entidad geográfica en un sistema de referencia externo. El elemento queda definido en exclusividad y no mantiene relaciones de orden con otros elementos salvo las puramente geométricas .

Relativa: El soporte mantiene con los demás elementos de su entorno una relación topológica cualitativa. Esta relación de orden es la que va a permitir interactuar entre ellos para poder hacer análisis territoriales.

Las relaciones topológicas entre los datos geográficos son básicas en un SIG puesto que son el punto de partida de todo tipo de análisis territoriales (Morea & Huerta, 2011).

2.7.1.3. Analítica

Una vez conocidos los componentes de un SIG en sus aspectos básicos, es posible distinguir los posibles análisis que se pueden abordar con la información y los procedimientos disponibles en el sistema.

Es posible contemplar datos temáticos (bases de datos alfanuméricas) y trabajar con ellos sin introducir la variable espacial. En esta perspectiva el análisis se inscribe en la solución a través de procedimientos de análisis de datos alfanuméricos o puramente estadísticos. Son trabajos comunes con otros sistemas no espaciales que se aplican a los SIG (Morea & Huerta, 2011).

2.7.1.4. Mapas

Es el despliegue gráfico de elementos espacialmente distribuidos, llamados datos, objetos o elementos que se corresponden con entidades geográficas en el mundo real.

Los datos geográficos tienen las dos componentes soporte y variable, en función del objetivo cartográfico se seleccionan elementos de la realidad, asignando a cada uno de ellos atributos que definen sus características (Olaya, 2014).

2.7.2. Google Earth

Google Earth es un programa informático que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital; éste es un servicio de Google, versión pública y gratuita de la tecnología de búsqueda geográfica, una herramienta única que reúne búsquedas locales con vista satélite y mapas 3D satelitales del mundo (Zurdo, 2007). En la figura 25, se observa el logo del software Google Earth.



Figura 25. Logo de Google Earth

Fuente: GTH (2019) Obtenido de: <http://bit.ly/35dYDEt>

Con Google Earth, puede volar a cualquier lugar de la Tierra para ver imágenes de satélite, mapas, terreno y funciones 3D. Puede explorar contenido geográfico rico, guardar sus lugares favoritos y compartir con otros.

Google Earth utiliza Keyhole Markup Language, o KML, que es un formato de archivo XML para guardar datos geográficos para su procesamiento en Google Earth. Un archivo KML se trata de igual forma que los navegadores web procesan archivos HTML (y XML). Además, tiene una estructura fundamentada en etiquetas con nombres y atributos empleados para visualización. De tal forma que Google Earth funciona como un navegador para archivos KML (Google, 2009).

2.7.3. QGIS

QGIS es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de Código Abierto licenciado bajo GNU - General Public License . QGIS es un proyecto oficial de Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Corre sobre Linux, Unix, Mac OSX, Windows y Android y soporta numerosos formatos y funcionalidades de datos vector, datos ráster y bases de datos (QGIS, 2020). En la figura 26, se muestra un ejemplo de la interfaz de trabajo del sistema de mapeo QGIS.

En la tabla 14 se muestran algunas de las características de la herramienta QGIS.

Tabla 14. Características de QGIS

Nro	Características
1	Soporte para la extensión espacial de PostgreSQL: PostGIS
2	Manejo de archivos vectoriales en formato shapefile, ArcInfo coverages, mapInfo, GRASS GIS, GeoJSON, MicroStation, AutoCAD DXF, SpatialLite y más.
3	Soporte para archivos ráster (GRASS GIS, GeoTIFF, TIFF, JPEG, ERDAS, SAGA GIS).
4	QGIS tiene amplio soporte para la interoperabilidad, conexiones eficientes a través de Open Geospatial Consortium (OGC) y las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDEs)
5	Capacidad de edición multiusuario en una misma base de datos.
6	Los datos almacenados en PostGIS pueden ser leídos y editados.
7	QGIS es un software Open Source, por tanto, no limita el uso de sus herramientas o solicita el pago de una licencia.
8	QGIS permite el uso de herramientas para geocodificación como el plugin MMQGIS y el plugin GeoCoding que permiten agregar datos al mapa.
9	La Calculadora de Campos en QGIS es una herramienta muy potente que posibilita crear y calcular datos de los campos.
10	QGIS se puede instalar en varios sistemas operativos: Windows, MacOS, Linux, incluso en Android.

Fuente: (Alonso, 2015). Adaptado de: <https://bit.ly/3gc4ezQ>

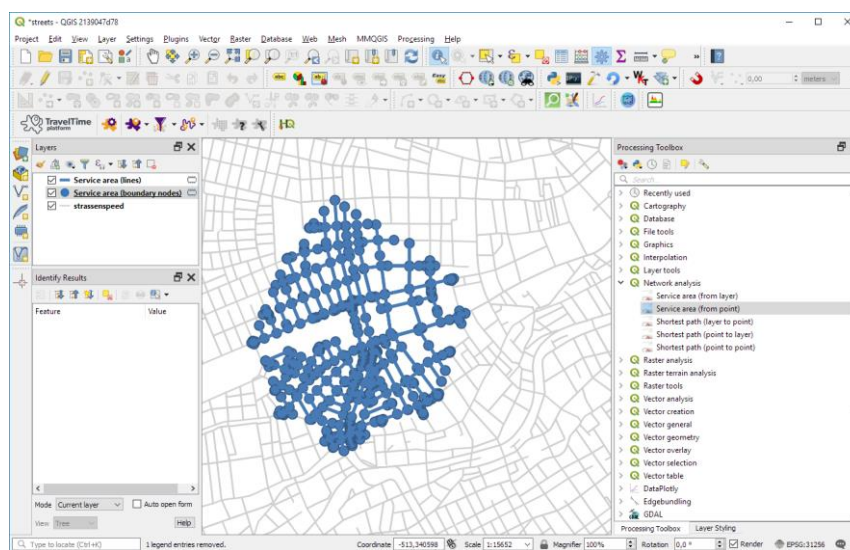


Figura 26. Muestra de la interfaz de trabajo del software QGIS.

Fuente: Obtenido de: <http://bit.ly/38xz1ha>

2.8. Smartphones

Un “smartphone” (teléfono inteligente en español) es un dispositivo electrónico con características similares a las de un ordenador personal. Es un elemento a medio camino

entre un teléfono móvil clásico y una PDA, ya que permite hacer llamadas y enviar mensajes de texto como un móvil convencional pero además incluye características cercanas a las de un ordenador personal. Una característica importante de casi todos los teléfonos inteligentes es que permiten la instalación de programas para incrementar el procesamiento de datos y la conectividad.

Estas aplicaciones pueden ser desarrolladas por el fabricante del dispositivo, por el operador o por un tercero. Los teléfonos inteligentes se distinguen por muchas características, entre las que destacan las pantallas táctiles, un sistema operativo, así como la conectividad a Internet y correo electrónico (Baz, Ferreira, Rodríguez, & García, 2009). En la figura 27, se muestra a una persona con discapacidad visual haciendo uso de un smartphone, denotando así la importancia inclusión tecnológica y su difusión.

Las principales características de los Smartphones se enlistan en la tabla 15 a continuación:

Tabla 15. Características de los smartphones

Nro	Características
1	Pantalla táctil, ideal para el fácil uso y la navegación.
2	Función multitarea.
3	Cámara digital integrada
4	Conexión Bluetooth, WiFi o datos móviles
5	Agendas electrónicas, permitiendo administrar contactos
6	Acelerómetros
7	GPS, es posible instalar un software como solución para localización y navegación.
8	Acceso a programas de agenda
9	Programas de navegación, así como habilidad de leer documentos en variedad de formatos como PDF y Microsoft Office

Fuente: (SINAVEF, 2011).



Figura 27. Persona con discapacidad visual haciendo uso de su teléfono inteligente.

Fuente: (Cavelier, 2019). Obtenido de: <http://bit.ly/2LKkoDS>

2.9. Sistemas Operativos

La mayor parte de equipos electrónicos que usamos en la actualidad como: computadores, teléfonos móviles, tabletas, consolas, entre otros, llevan incorporado un sistema operativo; el cual es un programa que controla la ejecución de aplicaciones, programas y actúa como interfaz entre las aplicaciones y el hardware del equipo. Un sistema operativo tiene los siguientes objetivos (Stallings, 2005):

- Facilidad de uso.
- Eficiencia, permite que los recursos de un sistema de computación se puedan utilizar de manera eficiente.
- Capacidad para evolucionar, se debe construir de forma que se puedan desarrollar, probar e introducir nuevas funciones en el sistema sin interferir con el servicio.

2.9.1. Sistemas Operativos Móviles

En el mercado existen diversos tipos de sistemas operativos con diferentes funciones, entre ellos se encuentran los sistemas operativos móviles, creados para dispositivos inalámbricos con pantallas pequeñas y táctiles, como los teléfonos y tabletas. El más

utilizado es Android, seguido por otros como iOS, BlackBerry OS, Symbian OS y Windows Phone (Castro, Rodríguez, & Vales, 2016). En la figura 28, es posible observar la diversidad de sistemas operativos que existía hace varios años debido a la tendencia que marco el surgimiento de los teléfonos inteligentes y una comparación con los sistemas operativos móviles existentes en la actualidad, así como su incidencia en el mercado.

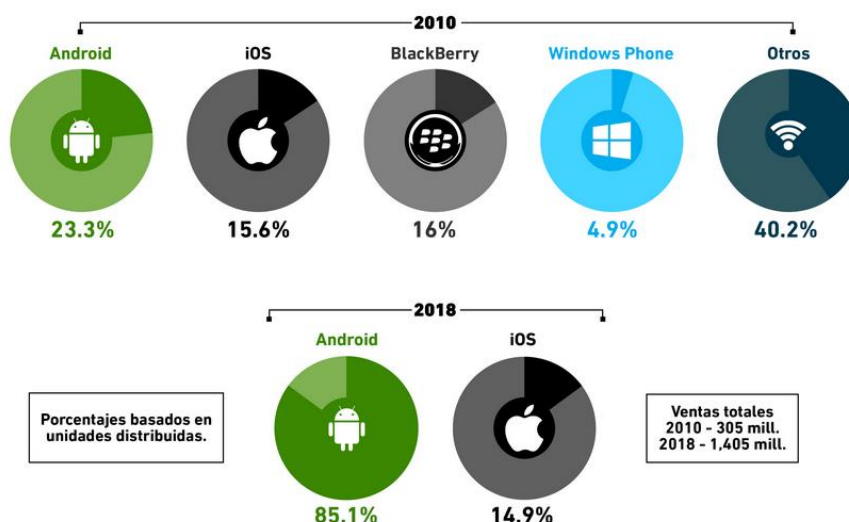


Figura 28. Gráfico comparativo de la participación en el mercado de sistemas operativos móviles.

Fuente: (Escamilla, 2019). Obtenido de: <http://bit.ly/2RLkYFk>

2.9.1.1. Android

Android es un sistema operativo de código abierto para dispositivos móviles, se programa principalmente en Java, y su núcleo está basado en Linux. Tanto el sistema operativo, como la plataforma de desarrollo están liberados bajo la licencia de Apache. Esta licencia permite a los fabricantes añadir sus propias extensiones propietarias, sin tener que ponerlas en manos de la comunidad de software libre (UA, 2013). En la tabla 16, se enlistan las diferentes versiones de Android desde sus inicios hasta las utilizadas actualmente.

Al ser de opensource, Android hace posible:

- Una gran comunidad de desarrollo, gracias a sus completas APIs y documentación ofrecida.
- Desarrollo desde cualquier plataforma (Linux, Mac, Windows, etc.)
- Su uso en cualquier tipo de dispositivo móvil.
- Permite a cualquier fabricante la posibilidad de diseñar un dispositivo que trabaje con Android, incluso adaptando o extendiendo el sistema para satisfacer las necesidades del dispositivo en cuestión.
- Los fabricantes de dispositivos evitan el coste de desarrollar un sistema operativo completo desde cero.
- Los desarrolladores evitan tener que programar APIs, entornos gráficos, aprender acceso a dispositivos hardware particulares, etc.

Tabla 16. Versiones de Android

Versión / Nombre	Fecha	Características
Android 1.0 a 1.1	2008	Las funciones que incluían este sistema eran básicas: software con apps de Google (Maps, Gmail, Calendar, YouTube). A diferencia de las otras versiones, no se le dio un nombre de postre.
1.5 Cupcake	2009	Esta versión incluye un teclado virtual y marco para widgets en aplicaciones de terceros, además, permite grabar videos.
1.6 Donut	2009	Trae consigo un soporte para redes CDMA y capacidad para administrar diferentes tamaños y resoluciones de pantalla.
2.0 a 2.1 Eclair	2009	Lo novedoso en esta versión son los fondos de pantalla en vivo, permite la transformación de voz a texto, navegación guiada por voz, sondeo de tráfico en tiempo real.
2.2 Froyo	2010	Se ofrecen ejecuciones por medio de voz, permiten girar instrucciones, además de hacer notas al pulsar un ícono o comando; incorpora soporte para Flash en su navegador Web.
2.3 Gingerbread	2010	Algo relevante de esta versión es su interfaz visual, se usaron colores brillantes y negro, los cuales luego sirvieron para mejorar el diseño de su mascota.
3.0 a 3.2 Honeycomb	2011	A diferencia de anteriores versiones, establece el uso exclusivo en tabletas con código cerrado. Fue la base para el desarrollo de versiones siguientes.
4.0 Ice Cream Sandwich	2011	Tiene una mejora en los aspectos visuales de la interfaz del usuario, esta versión sirvió tanto para teléfonos como para

		tabletas; elimina el aspecto holográfico, también cambio de lugar botones de pantalla y mejoró la visualización de notificaciones.
4.1 a 4.3 Jelly Bean	2012	Estas nuevas versiones mejoraron la estabilidad del sistema y la apariencia del mismo. Vino integrado Google Now con inteligencia predictiva, búsqueda por voz y notificaciones interactivas.
4.4 KitKat	2013	En esta versión elimina los colores negros y azules de otras versiones, a su vez coloca colores más suaves y la barra de botones tiene transparencia. Aparece la función de soporte denominada OK, Google.
5.0 Lollipop	2014	Se le conoce como la mejor versión de Android, incluye Developer Preview, da inicio a Android L y Material Design; todo esto permite que el sistema operativo, plataformas, aplicaciones, entre otros, tuvieran un mejoramiento en su aspecto. Generó un nuevo Panel de Ajustes rápidos, incorpora la máquina virtual ART con mejoras en la velocidad de apertura y aplicaciones.
6.0 Marshmallow	2015	Genera cambios en la lista scroll vertical con un selector de búsqueda rápida; Incrementa la activación y desactivación de permisos por parte de los usuarios, incluye la función No won Top, la cual muestra información de interés para el cliente. Implementa DOZE para optimizar el uso de la batería y las notificaciones usan avisos Peek.
7.0 Nougat	2016	Esta versión permite ejecutar dos aplicaciones a la vez en una pantalla compartida al presiona el icono de multitarea, también brinda la opción de responder mensajes desde la barra de notificaciones y mejor rendimiento en juegos; así como funciones para el ahorro de la batería.
8.0 Oreo	2017	Tuvo colaboración con la empresa Nabisco, realza la gestión de notificaciones y formas de visualización de estas; Notificaciones tipo Dots o Badges. Añade el Picture in Picture, lo que muestra información en una ventana flotante. Contiene más emojis, autocompletar texto e incorpora inteligencia artificial en algunas aplicaciones.
9.0 Pie	2018	Esta versión añade mejoras en interfaz, diseño de colores, sistema de navegación por gestos, WiFi RTT y gran duración de la batería, editor de capturas e inteligencia artificial en algunas características.
Android 10	2019	También llamado Android Q, se trata de una versión beta. Incorpora desarrollo en seguridad, tecnología 5G, otorga permisos a usuarios sobre las aplicaciones; se puede escoger el modo oscuro y navegación por gestos.

Fuente: (uxxermag, 2019). Adaptado de: <http://bit.ly/2E8VTMv>

Es recomendable el desarrollo de aplicaciones móviles a partir de la versión 6.0 Marshmallow, con el fin de que la App pueda ser utilizada prácticamente por cualquier dispositivo Android, sin problemas de compatibilidad.

2.9.1.2. iOS

iOS (anteriormente denominado iPhone OS) es un sistema operativo móvil de Apple. Originalmente desarrollado para el iPhone, siendo después usado en dispositivos como el iPod Touch, iPad y el Apple TV. Apple, Inc. no permite la instalación de iOS en hardware de terceros. La interfaz de usuario de iOS está basada en el concepto de manipulación directa, usando gestos multitáctiles. Los elementos de control consisten en deslizadores, interruptores y botones. La respuesta a las órdenes del usuario es inmediata y provee de una interfaz fluida. La interacción con el sistema operativo incluye gestos como deslices, toques, pellizcos, los cuales tienen definiciones diferentes dependiendo del contexto de la interfaz.

Se utilizan acelerómetros internos para hacer que algunas aplicaciones respondan a sacudir el dispositivo (por ejemplo, para el comando deshacer) o rotarlo en tres dimensiones. iOS se deriva de Mac OS X, que a su vez está basado en Darwin BSD, y por lo tanto es un sistema operativo Unix (Pedrozo Petrazzini, 2012)

2.10. Bases de Datos

Las bases de datos son el método preferido para el almacenamiento estructurado de datos. Desde las grandes aplicaciones multiusuario, hasta los teléfonos móviles y las agendas electrónicas utilizan tecnología de bases de datos para asegurar la integridad de los datos y facilitar la labor tanto de usuarios como de los programadores que las desarrollaron (Camps, y otros, 2005). A continuación, se muestran algunas de las bases de datos más usadas:

2.10.1. MySQL

MySQL es el sistema de administración de bases de datos (Database Management System, DBMS) más popular, desarrollado y proporcionado por MySQL AB. Es un sistema de gestión de base de datos relacional, multihilo y multiusuario.

MySQL fue escrito en C y C++ y destaca por su gran adaptación a diferentes entornos de desarrollo, permitiendo su interacción con los lenguajes de programación más utilizados como PHP, Perl y Java y su integración en distintos sistemas operativos.

También es muy destacable, la condición de opensource de MySQL, que hace que su utilización sea gratuita e incluso se pueda modificar con total libertad, pudiendo descargar su código fuente. Esto ha favorecido muy positivamente en su desarrollo y continuas actualizaciones, para hacer de MySQL una de las herramientas más utilizadas por los programadores orientados a Internet (Pérez García, 2007)

En la tabla 17, se enlistan algunas de las características de MySQL.

Tabla 17. Características de Base de Datos MySQL

Nro.	Características
1	Amplio subconjunto del lenguaje SQL
2	Operaciones de Indexación Online
3	Particionado de Datos
4	Conectividad segura
5	Disponibilidad en gran cantidad de plataformas y sistemas
6	Soporte de transacciones
7	Escalabilidad, estabilidad y seguridad
8	Uso de gran cantidad de memoria RAM en la instalación

Fuente: (Novella Latorre, 2012).

2.10.2. PostgreSQL

Es un avanzado sistema de bases de datos relacionales basado en Open Source. Esto quiere decir que el código fuente del programa está disponible a cualquier persona libre

de cargos directos, permitiendo a cualquiera colaborar con el desarrollo del proyecto o modificar el sistema para ajustarlo a sus necesidades. PostgreSQL está bajo licencia BSD.

Un sistema de base de datos relacionales es un sistema que permite la manipulación de acuerdo con las reglas del álgebra relacional. Los datos se almacenan en tablas de columnas y renglones. Con el uso de llaves, esas tablas se pueden relacionar unas con otras (Denzer, 2002).

PostgreSQL usa el modelo cliente/servidor. Una sesión en PostgreSQL consiste en ejecución de los siguientes procesos:

- El servidor, que maneja archivos de bases de datos, acepta conexiones a las aplicaciones cliente, y realiza acciones en la base de datos. El programa servidor de bases de datos se conoce como postmaster.
- La aplicación cliente, que necesita realizar operaciones en la base de datos. Las aplicaciones cliente pueden ser de la más diversa naturaleza: pueden ser aplicaciones de texto en una consola, aplicaciones gráficas, un servidor web que accede a la base de datos para mostrar una página, o herramientas especializadas de mantenimiento de bases de datos.

En la tabla 18 se muestran las características de PostgreSQL.

Tabla 18. Características de Base de Datos PostgreSQL

Nro.	Características
1	Base de datos 100% ACID
2	Integridad referencial
3	Manejo de tablespaces
4	Transacciones anidadas
5	COMMIT y ROLLBACK
6	PITR
7	Copias de seguridad
8	Juegos de caracteres internacionales
9	Múltiples métodos de autenticación
10	Acceso encriptado vía SSL

11	Actualizaciones integradas
12	Documentación extensa y actualizada
13	Licencia BSD
14	Disponible para Linux y UNIX en todas sus variantes y Windows 32/64bits

Fuente: (Novella Latorre, 2012).

En la tabla 19 se muestran algunas ventajas y desventajas del uso de PostgreSQL.

Tabla 19. Ventajas y Desventajas de Base de Datos PostgreSQL

Ventajas	Tiene gran escalabilidad, capaz de ajustarse al número de PCs y la cantidad de memoria del sistema de una forma eficaz, permitiéndole soportar una mayor cantidad de solicitudes al mismo tiempo de manera confiable.
	Implementa uso de rollbacks, subconsultas y transacciones, obteniendo un funcionamiento óptimo en determinados campos que otras bases de datos como MySQL no pueden.
	Tiene los recursos para comprobar la integridad referencial, al igual que el almacenamiento de procedimientos en la misma base de datos; similar a bases de datos como Oracle.
Desventajas	Consumen una cantidad de recursos grande
	Se limita a una capacidad 8K, aunque es posible aumentarla a 32K a costa de una disminución en su rendimiento

Fuente: (Cambi & Zúñiga, 2006)

2.10.3. SQLite

SQLite es un gestor de bases de datos relacional y de código abierto, cumple las expectativas y es bastante ligero. Guarda toda la base de datos en un único fichero lo que resulta ventajoso para aplicaciones pequeñas que no necesiten de un gestor de bases de datos o para dispositivos embebidos con pocos recursos. Android soporta SQLite.

Una manera de separar el código que accede a la base de datos del resto del código es abstraerlo mediante un patrón adaptador que nos permita abrir la base de datos, leer, escribir, borrar, y otras operaciones que nuestro programa pueda requerir. Lo que posibilita no introducir código SQL en el resto del programa, haciendo el mantenimiento de aplicaciones más sencillo (CCIA, 2014).

SQLite es usado en aplicaciones de grandes empresas como: Adobe, Apple, Mozilla, Google, McAfee, Microsoft, Philips, Sun, Toshiba, entre otros.

En la tabla 20 se muestran algunas de las características de la Base de Datos SQLite.

Tabla 20. Características de Base de Datos SQLite

Nro.	Características
1	Consistencia de base datos
2	Es ACID
3	Isolation
4	Durabilidad
5	Puede implementarse en sistemas operativos con pocos recursos como Android, Google Chrome
6	Simplicidad y sencillez
7	El modelo tradicional de utilizar un proceso servidor ofrece mayor protección ante aplicaciones que utilizan la base de datos y que pudieran tener fallos de programación

Fuente: (Novella Latorre, 2012).

2.10.3.1. Casos adecuados para el uso de SQLite

En aplicaciones autónomas que no es deseable que dependa de otros procesos, como podría ser un programa para llevar la contabilidad de una pequeña/mediana empresa.

Para su uso como formato de almacenamiento para cualquier aplicación.

En pequeños dispositivos que no disponen de servicio SQL (PDAs, Móviles, entre otros.) y con pocos recursos de memoria.

Bases de datos internas de programas que necesiten manejar gran cantidad de información temporal (videojuegos, programas de análisis, etc.) (Ponsoda Montiel, 2008).

2.10.3.2. Casos que se desaconseja el uso de SQLite

En aplicaciones cliente/servidor. Al tener muchos programas clientes que acceden a una base de datos almacenada en un servidor, se debería considerar el uso de un motor cliente/servidor.

En bases de datos demasiado grandes. El sistema de transacción de SQLite necesita almacenar temporalmente 256 bytes de información por cada 1 Mbyte de datos en cada consulta. Si la base de datos es excesivamente grande (varios gigabytes), la memoria comienza a convertirse en un problema.

En situaciones de alta concurrencia. Por cada solicitud de acceso a la base de datos, el motor de SQLite bloquea el fichero entero para evitar problemas de concurrencia. En muchos casos esto no es un problema, ya que cada proceso realiza su consulta rápidamente (sólo unos milisegundos) y termina. Pero hay aplicaciones que emplean alta concurrencia, para las cuales se debería buscar otro tipo de solución (Ponsoda Montiel, 2008)

2.11. Lenguajes de Programación

El lenguaje de programación nos permite comunicarnos con la máquina mediante la representación de algoritmos; se han ido desarrollando nuevos lenguajes con el pasar de los años, adaptándolos a las nuevas tecnologías. En la figura 29, se muestran los lenguajes de programación más populares en la actualidad:

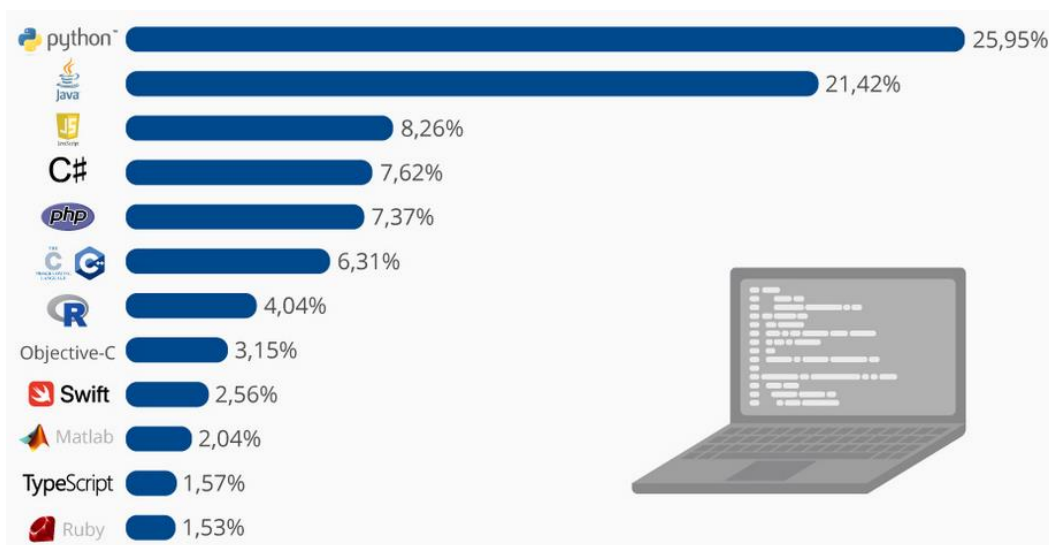


Figura 29. Estadística de los lenguajes de programación más usados actualmente.

Fuente: (statista, 2019). Obtenido de: <http://bit.ly/35eGVR1>

2.11.1. Java

Java es un lenguaje de programación creado por Sun Microsystems para poder funcionar en distintos tipos de procesadores. Su sintaxis es muy parecida a la de C o C++, e incorpora como propias algunas características que en otros lenguajes son extensiones: gestión de hilos, ejecución remota, etc.

El código Java, una vez compilado, puede llevarse sin modificación alguna sobre cualquier máquina, y ejecutarlo. Esto se debe a que el código se ejecuta sobre una máquina hipotética o virtual, la Java Virtual Machine, que se encarga de interpretar el código (ficheros compilados .class) y convertirlo a código particular de la CPU que se esté utilizando.

Cuando se programa con Java, se dispone de antemano de un conjunto de clases ya implementadas. Estas clases (aparte de las que pueda hacer el usuario) forman parte del propio lenguaje (lo que se conoce como API (Application Programming Interface) de Java (CCIA, 2005).

2.11.2. Python

Python es un lenguaje de programación poderoso y fácil de aprender. Cuenta con estructuras de datos eficientes y de alto nivel y un enfoque simple pero efectivo a la programación orientada a objetos. La elegante sintaxis de Python y su tipado dinámico, junto con su naturaleza interpretada, hacen de éste un lenguaje ideal para scripting y desarrollo rápido de aplicaciones en diversas áreas y sobre la mayoría de las plataformas.

El intérprete de Python y la extensa biblioteca estándar están a libre disposición en forma binaria y de código fuente para las principales plataformas desde el sitio web de Python, <http://www.python.org/>, y puede distribuirse libremente. El mismo sitio contiene

también distribuciones y enlaces de muchos módulos libres de Python de terceros, programas y herramientas, y documentación adicional.

El intérprete de Python puede extenderse fácilmente con nuevas funcionalidades y tipos de datos implementados en C o C++ (u otros lenguajes accesibles desde C). Python también puede usarse como un lenguaje de extensiones para aplicaciones personalizables (van Rossum, 2017).

2.12. Entorno de Desarrollo Integrado

Un IDE (ambiente de desarrollo integrado) es una herramienta de programación con funcionalidades para el desarrollo de aplicaciones exclusivamente de un solo lenguaje o de varios (Cabezas Medina, 2018).

Los componentes básicos de un IDE son (Eslava Muñoz, 2012):

- Editor de texto plano
- Compilador
- Interprete
- Herramienta para la automatización
- Depurador

2.12.1. NetBeans

NetBeans es una IDE sumamente completa, fácil de usar, cómoda, de excelente calidad y gratuita. Es muy famosa entre los programadores de java hoy en día, por lo que hay mucha información al respecto (Girardi, 2009)

Permite realizar las siguientes actividades:

- Editar el código
- Compilarlo

- Ejecutarlo
- Depurarlo

A continuación, se presenta la tabla 21, donde se muestran algunas ventajas y desventajas del uso del IDE NetBeans.

Tabla 21. Ventajas y Desventajas del IDE NetBeans

Ventajas	Desventajas
Multiplataforma.	Lento si no se cuenta con un buen computador y a su vez una memoria de gran capacidad.
Multilenguaje.	Entre más proyectos se coloca lento porque lee todo el código.
Código abierto y gratuito.	
Apoyo de la comunidad con el soporte	
Recursos como documentación, video tutoriales, traductores de plugin o herramientas que se utilizan.	
Puede trabajar con varios tipos de Módulos.	
Fácil de usar y adaptable.	
Plugin que son herramientas extra para poder agregar algún componente, funciones extras.	

Fuente: (Mendoza González, 2015)



Figura 30. Logo NetBeans.

Fuente: (FinancesOnline, 2020). Obtenido de: <http://bit.ly/2YFuDi2>

Esta herramienta nos permite simplificar tareas en proyectos de gran escala, asiste parcialmente en la escritura del código, permite usar clases predefinidas en la plataforma

(Gimeno & González, 2011). En la figura 30, se muestra el logo actualizado del IDE NetBeans

2.12.2. Eclipse

Eclipse es una plataforma de desarrollo opensource basada en Java. Fue desarrollado originalmente por IBM como el sucesor de su familia de herramientas para Visual Age. Actualmente es desarrollado por la Eclipse Foundation, una organización independiente sin ánimo de lucro que fomenta una comunidad de código abierto.

En sí mismo Eclipse es un marco y un conjunto de servicios para construir un entorno de desarrollo a partir de componentes conectados. Existen plugin para el desarrollo en Java, JDT Java Development Tools, así como para el desarrollo en otros lenguajes como C/C++, PHP, Cobol, plataformas como Android, etc.

Eclipse es un IDE recomendado para el desarrollo sobre Android y se incluye de facto en el paquete Bundle de las Android Developer Tools, por lo que el proyecto hará uso de esta herramienta complementándose con los plugin necesarios para facilitar el desarrollo del mismo (Garrido Cobo, 2013). La figura 31, indica el logo del IDE eclipse.



Figura 31. Logo de Eclipse IDE.

Fuente: (Botello, 2019). Obtenido de: <http://bit.ly/34cu0xG>

2.12.3. Android Studio

Este entorno de desarrollo fue presentado en el año 2013 en el Google I/O y pasó a tomar la batuta como la herramienta, este IDE fue desarrollado por Google, compañía propietaria de Android, así que es el IDE oficial de desarrollo para aplicaciones Android.

Está basado en IntelliJ por lo que cuenta con diferencias notables en comparación con Eclipse, esto no hace ni más difícil ni más sencillo el desarrollo de una aplicación, en realidad cambian algunas cosas como la compilación, uso de librerías o paquetes externos, pero el código de una aplicación en su mayoría funciona de la misma forma sin importar el IDE que se esté utilizando (Luján Castillo, 2018). La figura 32, está formada por el logo y una imagen relacionada al desarrollo de aplicaciones móviles.

Algunas características de Android Studio se enlistan en la tabla 22 a continuación:

Tabla 22. Características IDE Android Studio

Nro	Característica
1	Sistema de compilación flexible basado en Gradle
2	Emulador rápido y cargado de funciones
3	Entorno unificado donde puedes desarrollar para todos los dispositivos Android
4	Aplicación de cambios para insertar cambios de códigos y recursos a la aplicación en ejecución sin reiniciar la aplicación
5	Integración con GitHub y plantillas de código para ayudarte a compilar funciones de apps comunes y también importar código de ejemplo
6	Variedad de marcos de trabajo y herramientas de prueba
7	Herramientas de Lint para identificar problemas de rendimiento, usabilidad y compatibilidad de la versión, entre otros
8	Compatibilidad con C++ y NDK
9	Compatibilidad integrada para Google Cloud Plataform, que facilita la integración con Google Cloud Messaging y App Engine

Fuente: (developers, 2019).

En la tabla 23, se presenta una comparación entre los IDEs Android Studio y Eclipse.

Tabla 23. Comparativa entre IDEs Android Studio y Eclipse

Android Studio	Eclipse
Android Studio es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el sistema operativo Android de Google, diseñado específicamente para el desarrollo de Android.	Eclipse es un entorno de desarrollo integrado (IDE) que se usa ampliamente para el desarrollo de aplicaciones basadas en Java.
Android Studio es compatible con Android.	Eclipse es compatible con Android a través de la extensión Google ADT.
Android Studio tiene la herramienta de compilación Gradle.	Eclipse tiene herramientas de compilación ANT por defecto. Está más desactualizado que Gradle.
Android Studio recibe actualizaciones con frecuencia para el desarrollo de Android.	Eclipse no se actualiza con frecuencia para el desarrollo de Android.
Android Studio es compatible con Java.	Eclipse es compatible con C, C ++, C #, Java, JavaScript, Perl, PHP, Python y muchos otros lenguajes.
Android Studio fue desarrollado por Google.	Eclipse fue desarrollado por la Fundación Eclipse.
Android Studio está diseñado específicamente para el desarrollo de Android.	Eclipse está diseñado para desarrollar una variedad de aplicaciones.

Fuente: (Mandula, 2018). Adaptado de: <http://bit.ly/36kNbXb>



Figura 32. Imagen representativa de Android Studio.

Fuente: (De Juana, 2019). Obtenido de: <http://bit.ly/349VNih>

3. CAPITULO III: DISEÑO DEL SISTEMA

El contenido de este capítulo engloba las fases de la metodología Mobile-D con la que fue planteada el desarrollo de este Trabajo de Grado, se desplegará cada literal acorde a lo dictado por cada una de las 3 primeras fases: Exploración, Inicialización y Producción. En este capítulo se detallará los elementos necesarios para el progreso continuo de cada fase: selección de herramientas, así como una planificación de las iteraciones necesarias hasta completar los módulos y por último la integración de todas las partes del sistema para obtener una primera versión funcional.

3.1. Fase de Exploración

Esta fase tiene como objetivo el establecimiento y planteamiento del sistema propuesto, mediante la identificación de los requerimientos iniciales, grupos de interés, preparación de los recursos necesarios; así como una planificación adecuada para que el resto de fases tenga un desenvolvimiento adecuado.

3.1.1. Establecimiento del proyecto

El usuario con discapacidad visual hace uso del sistema guía de rutas mediante su teléfono inteligente, el cual debe tener instalado previamente la aplicación móvil. El dispositivo del usuario debe contar con datos móviles para poder utilizar el sistema, debido que es necesario conocer su ubicación actual y de destino para generar la ruta y descargar esta información desde el servidor.

El usuario podrá hacer uso del sistema mediante comandos de voz (búsqueda, ubicaciones, manual de usuario, entre otros). Existirá un botón en toda la pantalla para activar dichas funciones. Una vez encontrada la ruta a seguir por el usuario, se intercambia la información de ubicación del GPS del teléfono con los datos guardados en el servidor para guiar al usuario en los giros y advertirle de posibles obstáculos en su ruta.

3.1.2. Definición del alcance

El sistema propuesto tiene por fin, servir de guía a las personas con discapacidad visual, brindándoles rutas por las cuales tengan una mejor movilidad al momento de transitar por las calles del centro de Ibarra, advirtiéndoles a su vez de ciertos peligros u obstáculos que se encuentren en su camino.

3.1.2.1. Restricciones:

El teléfono inteligente debe contar con datos móviles para poder hacer uso del sistema guía de rutas.

Se ha tomado en cuenta las ubicaciones de mayor relevancia para los usuarios, es decir, aquellas que visitan con mayor frecuencia.

El sistema advierte sobre obstáculos fijos, es decir, no detecta obstáculos nuevos o móviles.

La funcionalidad del sistema se provee solamente dentro del área delimitada al inicio del proyecto.

3.1.2.2. Riesgos:

La precisión de la ubicación del usuario puede verse afectada por la compatibilidad del modelo o versión del sistema operativo de su dispositivo móvil.

Existen calles que no se encuentran bien delimitadas por lo que puede confundir al usuario al momento de transitar por estas.

El sistema no reconoce los obstáculos móviles o cierre de calles por disposición de autoridades, por lo que supone un riesgo.

3.1.3. Establecimiento de los stakeholders

En la tabla 23, se enlista los grupos de interés con relación a este trabajo de grado, clasificados en 5 categorías.

Tabla 23. Lista de Grupos de Interés del Sistema propuesto.

Lista de Grupos de Interés	
1 Usuarios Directos	<ul style="list-style-type: none">• Personas con discapacidad visual miembros del CEPE-I o ANVI.• Personal de instrucción o apoyo a personas con discapacidad visual.
2 Usuarios Indirectos	<ul style="list-style-type: none">• Familiares y personas cercanas a los usuarios del sistema.• Estudiantes de la Universidad Técnica del Norte.• Docentes de la Universidad Técnica del Norte.• Voluntarios que trabajen con CEPE-I y ANVI.
3 Administrador	<ul style="list-style-type: none">• Kevin Flores
4 Director y fiscalizadores del proyecto	<ul style="list-style-type: none">• Director: MSc. Carlos Vásquez• Asesor1: MSc. Edgar Maya• Asesor2: MSc. Jaime Michilena
5 Integrante del proyecto	<ul style="list-style-type: none">• Kevin Flores

La tabla contiene los grupos de interés involucrados directa o indirectamente en el Sistema Propuesto.

3.2. Fase de Inicialización

En esta fase se lleva a cabo la revisión y análisis de los requerimientos de los usuarios; además, se analizará y planificará los módulos necesarios del sistema para su funcionalidad, encaminando a una correcta operación al resto de fases.

3.2.1. Requerimientos Iniciales

A continuación, se clasifican los requerimientos para analizarlos de acuerdo con cada clase:

3.2.1.1. Requerimientos de Stakeholder:

Los requerimientos de stakeholders se relacionan con el producto final del sistema, es decir, la parte funcional que estará a disposición del usuario, quien será el veedor del cumplimiento de dichos parámetros. Para lograr determinar cuáles son los criterios a tomar en cuenta y su prioridad dentro del sistema, se utilizó como base las entrevistas realizadas a los stakeholders, mismas que se encuentran en los ANEXOS (2 al 9). En la tabla 24, se presentan los requerimientos de usuario asignados con prioridad: alta, media o baja.

Tabla 24. Requerimientos de Usuario.

Requerimientos de Usuario				
Nro.	Requerimiento	Prioridad		
		Alta	Media	Baja
	Comunicación entre la aplicación			
RST1	móvil y el usuario por medio de comandos de voz y pulsación de botones	X		
	Brindar instrucciones de uso e información de ayuda de forma auditiva al usuario.			
RST2		X		
	Retraso corto al descargar información de ruta del servidor			
RST3		X		
Requerimientos Operacionales				
	Tomar en cuenta los obstáculos como:			
RST4	semáforos, cruces de calles, rampas, postes, paradas.	X		
	Teléfono inteligente con conexión a internet (datos móviles)			
RST5		X		
RST6	Teléfono inteligente con S.O. Android	X		
	Advertencias en los cruces de calles y ante obstáculos			
RST7		X		
	Optimizar la información transmitida para reducir el consumo de datos móviles			
RST8				X
Criterios para diseño del sistema.				

3.2.1.2. Requerimientos del Sistema:

Estos requerimientos hacen referencia a la correlación que debe tener el sistema en distintos ámbitos para poder garantizar un diseño estable y funcional. En la tabla 25, se muestran los diferentes requerimientos con los cuáles deberá contar el sistema.

Tabla 25. Requerimientos del Sistema

Requerimientos Funcionales				
N°	Requerimiento	Prioridad		
		Alta	Media	Baja
RDS1	Al ingresar a la aplicación el usuario debe recibir información o guía de forma auditiva	X		
RDS2	Las ordenes que recibe la aplicación debe ser mediante comandos de voz	X		
RDS3	El sistema hace uso del GPS del teléfono inteligente para enviar la posición del usuario al servidor para responder con la ruta en el menor tiempo posible	X		
RDS4	El sistema debe guiar al usuario hasta llegar al destino	X		
RDS5	Al acercarse a un obstáculo el sistema debe emitir una señal auditiva en el dispositivo	X		

RDS6	Se debe constatar la ubicación del usuario mediante el GPS para determinar que se encuentre dentro de la ruta correcta.	X
RDS7	Presentar en la interfaz gráfica la posición del usuario	X
Requerimientos de Uso		
RDS8	Mantener la conexión a Internet mientras se haga uso de la aplicación	X
RDS9	Tener habilitado los permisos para el GPS y el micrófono para la aplicación móvil	X
RDS10	El usuario debe mantener su posición dentro de la ruta asignada.	X
Requerimientos de Interfaces		
RDS11	Se necesita conexión a internet para descargar la información de la ruta en el servidor	X
Requerimientos de Modo/Estado		
RDS12	El servidor del sistema debe estar activo y disponible al momento de utilizar la aplicación móvil	X
Requerimientos Físicos		
RDS13	Teléfono Inteligente con soporte para Android 6.0 o superior.	X

Criterios para diseño del sistema.

3.2.1.3. Requerimientos de Arquitectura:

En la tabla 26, se muestran los requerimientos de Arquitectura, los cuales se dividen en lógicos, de diseño, software, hardware y modo/estado, mismos con que servirán de guía para modelar el sistema.

Tabla 26. Requerimientos de Arquitectura.

Requerimientos Lógicos				
N°	Requerimiento	Prioridad		
		Alta	Media	Baja
RDA1	Conexión de la aplicación móvil con el servidor en la nube	X		
Requerimientos de Diseño				
RDA2	El sistema debe estar basado en software libre	X		
RDA3	El margen de error aceptable de la posición del GPS de 5 metros o menor	X		
RDA4	La velocidad del lector de texto entre 140 y 170 palabras por minuto		X	
RDA5	Generar alerta en caso de alejarse más de 5 metros de la ruta	X		
RDA6	Generar alerta 5 metros antes del cruce de calle y durante el cruce	X		
RDA7	Generar alerta 5 metros antes de encontrarse un obstáculo en el camino	X		

RDA8	Sistema informa al usuario al llegar a su destino	X	
Requerimientos de Software			
RDA9	Utilizar un IDE orientado a Android que cuente con foros actualizados y documentación oficial para guía de uso y disminución en el tiempo de desarrollo.	X	
RDA10	Instalar extensiones para ampliar el funcionamiento del IDE	X	
RDA11	Trabajar con entornos de desarrollo multiplataforma	X	
RDA12	Utilizar herramientas de código abierto para disminuir costos.	X	
RDA13	Base de datos con soporte para datos espaciales	X	
RDA14	El servidor debe permitir usar software libre	X	
RDA15	Usar un servidor que permita minimizar los costos del sistema		X
RDA16	Contratar un servidor que provea de IP elástica sin costos adicionales		X
RDA17	Utilizar versiones compatibles entre las herramientas del módulo de Sistema de Mapeo y Base de Datos	X	

Requerimientos de Modo/Estado	
El dispositivo móvil debe contar con	
RDA18	Sistema Operativo Android 6.0 o superior. X
Requerimientos de Hardware	
RDA19	Teléfono Inteligente con soporte para software requerido X
RDA20	Teléfono Inteligente con sus componentes funcionales X
RDA21	Audífonos X
Requerimientos Eléctricos	
RDA22	Batería para alimentar Teléfono Inteligente X
Criterios para diseño del sistema.	

3.2.2. Análisis de requerimientos iniciales

Durante la fase de inicialización es necesario realizar un análisis de los requerimientos del proyecto para tener un mejor dimensionamiento de este.

3.2.2.1. Esquema del Sistema

En la fig. 33 se muestra el esquema del sistema propuesto, mismo que contará con los módulos descritos a continuación:

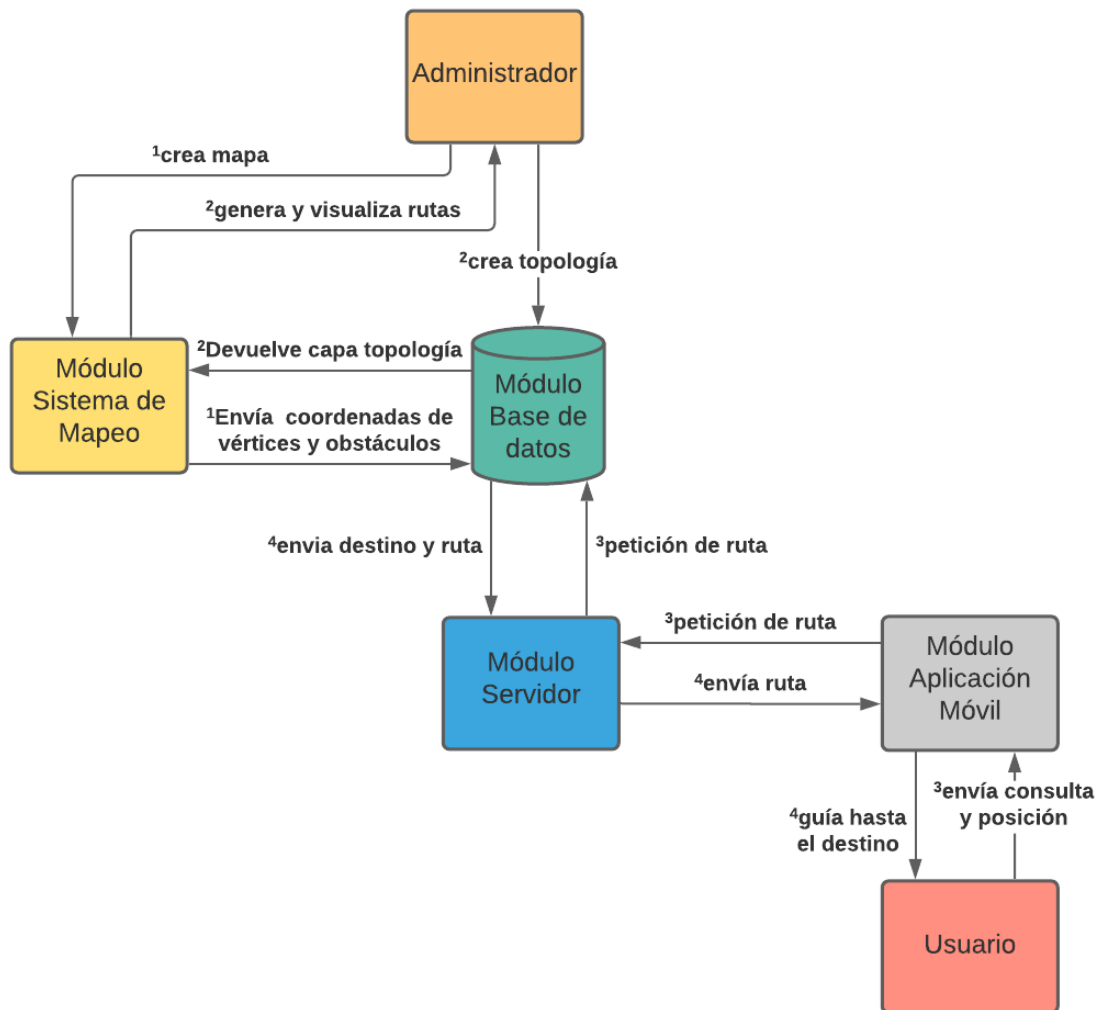


Figura 33. Esquema del Sistema propuesto.

Criterios para diseño del sistema.

- **Módulo de Sistema de Mapeo:** Es el encargado de generar el mapa base del área de trabajo y las coordenadas de los objetos dentro del mismo, trabaja en conjunto con el Módulo de base de datos para generar las rutas.
- **Módulo de Base de Datos:** Este módulo conecta la base de datos con el módulo de sistema de mapeo para guardar la información espacial en sus tablas, para ello es necesario el uso de extensiones en los programas.
- **Módulo de Servidor:** Contiene la base de datos del sistema; trabaja con una instancia en la nube para brindar accesibilidad a las rutas mediante internet, es

necesario levantar un servidor web y desarrollar un programa que permita conectarse con la aplicación móvil.

- **Módulo de Aplicación Móvil:** Es el software que estará instalado en el dispositivo del usuario y permitirá realizar las peticiones al sistema sobre las rutas a seguir. Brinda instrucciones auditivas hasta llegar al destino.

3.2.2.1. Módulo de Aplicación Móvil

A continuación, se describe en la tabla 27 la valoración para seleccionar el Entorno Gráfico de Desarrollo (IDE) a utilizar en el módulo de Aplicación Móvil.

Tabla 27. Selección de Software para el módulo de Aplicación Móvil.

Entorno Gráfico de Desarrollo - IDE						
Tipo	Requerimiento					Valoración
	RST1	RST2	RDS1	RDS2	RDS9	
Android Studio	X	X	X	X	X	
Eclipse	X	X	X	X	X	
Xamarin	X	X	X	X	X	
	RDA2	RDA9	RDA10	RDA11	RDA12	
Android Studio	X	X	X	X	X	10
Eclipse	X	-	X	X	X	9
Xamarin	X	-	X	X	-	8
Cumple "X" / No Cumple "-"						
Criterios para diseño del sistema. Módulo Aplicación Móvil						

El entorno de desarrollo seleccionado para el desarrollo del sistema es Android Studio, debido que se acopla de mejor manera a los requerimientos iniciales.

3.2.2.2. Módulo Servidor

A continuación, se describe en la tabla 28 la valoración para seleccionar del Proveedor de servicios en la nube a utilizar en el módulo de Aplicación Móvil.

Tabla 28. Selección de Proveedor para el módulo de Servidor.

Servidor						
Tipo	Requerimiento					Valoración
	RST3	RDS3	RDS11	RDA14	RDA15	
Microsoft Azure	X	X	X	X	-	4
Amazon Web Services	X	X	X	X	X	5
IBM Cloud Manage Services	X	X	X	X	-	4
Cumple "X" / No Cumple "-"						
Criterios para diseño del sistema. Módulo Servidor						

El Proveedor de servicios en la nube seleccionado para el desarrollo del sistema es Amazon Web Services (AWS), debido que cumple con los requerimientos del sistema, brindando un coste menor por la contratación de los servicios en la nube.

3.2.2.3. Módulo de Base de datos

A continuación, se describe en la tabla 29 la valoración para seleccionar la Base de Datos a utilizar en este módulo.

La base de datos seleccionada para el desarrollo del sistema es PostgreSQL, ya que cuenta con extensiones especializadas en el manejo de datos espaciales, punto fundamental para el funcionamiento del sistema.

Tabla 29. Selección de Proveedor para el módulo de Base de Datos.

Base de Datos					
Tipo	Requerimiento				Valoración
	RDA2	RDA11	RDA13	RDA18	
MySQL	X	X	X	-	4
PostgreSQL	X	X	X	X	5
SQLite	X	X	X	-	4
Cumple "X" / No Cumple "-"					
Criterios para diseño del sistema. Módulo Base de Datos					

3.2.2.4. Módulo de Sistema de Mapeo

A continuación, se describe en la tabla 30 la valoración para seleccionar el Sistema de Mapeo a utilizar en este módulo.

Tabla 30. Selección de Proveedor para el módulo Sistema de Mapeo.

Sistema de Mapeo						
Tipo	Requerimiento				Valoración	
	RST4	RST7	RDA2	RDA12	RDA17	
QGIS	X	X	X	X	X	5
Google Earth	X	X	-	-	-	2
ArcGIS	X	X	-	-	X	3
Cumple "X" / No Cumple "-"						
Criterios para diseño del sistema. Módulo Sistema de Mapeo						

El sistema de mapeo seleccionado para el desarrollo del sistema es QGIS, debido que es un software libre que cuenta con todas las funciones necesarias para generar mapas y se acopla con la base de datos anteriormente seleccionada.

Para determinar los requerimientos iniciales, se realizaron entrevistas a dos grupos diferentes, el primero está conformado por personal de instrucción o ayuda a personas con discapacidad visual; mientras que el segundo grupo se conforma de personas con discapacidad; los formatos de dichas entrevistas se encuentran en los ANEXOS 1 Y 2 respectivamente. Los resúmenes de las mismas se encuentran a partir del ANEXO 3 hasta el 8; en base a los datos obtenidos y a observación directa de los lugares, en la figura 34, se presenta el área de estudio ubicada dentro del centro de la ciudad de Ibarra, limitada por las calles: al norte, Calle Eusebio Guerrero, al sur: Calle Pedro Moncayo, al este: Calle Pedro Vicente Maldonado y al oeste: Calle Sánchez y Cifuentes; además, se enumeran los sitios de importancia visitados por los usuarios; también se tomaron en cuenta los cruces de calle ya que funcionan como puntos de referencia para que las personas se ubiquen y puedan llegar a cualquier otro sitio que no sea considerado.

En la Tabla 31 a continuación, se detallan las ubicaciones de referencia encontradas dentro del área de estudio:



Figura 34. Mapa de las calles del centro de la ciudad de Ibarra, delimitada el área de estudio y lugares.

Fuente: Google Maps.

Tabla 31. Lista de lugares encontrados en el área de estudio

Lista de Lugares encontrados en el Centro de la ciudad.	
1	Intersección de las calles Eusebio Borrero y Sánchez y Cifuentes
2	Intersección de las calles Eusebio Borrero y José Joaquín Olmedo
3	Intersección de las calles Eusebio Borrero y Simón Bolívar
4	Intersección de las calles Eusebio Borrero y Antonio José de Sucre
5	Intersección de las calles Eusebio Borrero y Vicente Rocafuerte
6	Intersección de las calles Eusebio Borrero y Pedro Vicente Maldonado
7	Intersección de las calles Germán Grijalva y Sánchez y Cifuentes
8	Intersección de las calles Germán Grijalva y José Joaquín Olmedo
9	Intersección de las calles Germán Grijalva y Simón Bolívar
10	Intersección de las calles Germán Grijalva y Antonio José de Sucre
11	Intersección de las calles Germán Grijalva y Vicente Rocafuerte
12	Intersección de las calles Germán Grijalva y Pedro Vicente Maldonado
13	Intersección de las calles García Moreno y Sánchez y Cifuentes
14	Intersección de las calles García Moreno y José Joaquín Olmedo
15	Intersección de las calles García Moreno y Simón Bolívar
16	Intersección de las calles García Moreno y Antonio José de Sucre
17	Intersección de las calles García Moreno y Vicente Rocafuerte

18	Intersección de las calles García Moreno y Pedro Vicente Maldonado
19	Intersección de las calles Juan José Flores y Sánchez y Cifuentes
20	Intersección de las calles Juan José Flores y José Joaquín Olmedo
21	Intersección de las calles Juan José Flores y Simón Bolívar
22	Intersección de las calles Juan José Flores y Antonio José de Sucre
23	Intersección de las calles Juan José Flores y Vicente Rocafuerte
24	Intersección de las calles Juan José Flores y Pedro Vicente Maldonado
25	Intersección de las calles Miguel Oviedo y Sánchez y Cifuentes
26	Intersección de las calles Miguel Oviedo y José Joaquín Olmedo
27	Intersección de las calles Miguel Oviedo y Simón Bolívar
28	Intersección de las calles Miguel Oviedo y Antonio José de Sucre
29	Intersección de las calles Miguel Oviedo y Vicente Rocafuerte
30	Intersección de las calles Miguel Oviedo y Pedro Vicente Maldonado
31	Intersección de las calles Pedro Moncayo y Sánchez y Cifuentes
32	Intersección de las calles Pedro Moncayo y José Joaquín Olmedo
33	Intersección de las calles Pedro Moncayo y Simón Bolívar
34	Intersección de las calles Pedro Moncayo y Antonio José de Sucre
35	Intersección de las calles Pedro Moncayo y Vicente Rocafuerte
36	Intersección de las calles Pedro Moncayo y Pedro Vicente Maldonado
37	Ministerio de Inclusión Social y Económica (MIES)
38	Matriz EMELNORTE
39	CNT Ibarra Centro
40	BanEcuador
41	Fiscalía General del Estado
42	Centro de Salud N°1
43	Parque la Merced
44	GAD Municipal San Miguel de Ibarra
45	Parque Pedro Moncayo
46	Edificio el Torreón y Asociación de no Videntes Imbabura (ANVI)
47	Prefectura de Imbabura
48	GAD Provincial de Imbabura
49	Parque del Águila, EMAPA (Empresa Municipal de Agua Potable)

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2.5. Descripción de sitios y obstáculos dentro del área de estudio

Luego de identificar los sitios principales a tomar en cuenta, se procede a realizar un análisis más detallado del área de estudio, comprendida por: al norte, Calle Eusebio Guerrero, al sur: Calle Pedro Moncayo, al este: Calle Pedro Vicente Maldonado y al oeste: Calle Sánchez y Cifuentes; con el fin de determinar los obstáculos existentes, esto permitirá tener una mejor comprensión de la dificultades que tienen las personas con

discapacidad visual al momento de transitar por las calles y diseñar rutas que contengan el menor número de obstáculos posibles haciendo su desplazamiento más fluido y seguro.

Para determinar la ubicación de los sitios y obstáculos dentro del área de estudio se realizó previamente un recorrido por todas las calles que la comprenden; la información a detalle se puede observar en el ANEXO 10. A continuación, se muestra la figura 35, donde se representa la posición de los obstáculos encontrados. Para una mejor visualización de los obstáculos, en el ANEXO 11, se presenta el mapa con las diferentes capas de obstáculos por separado.

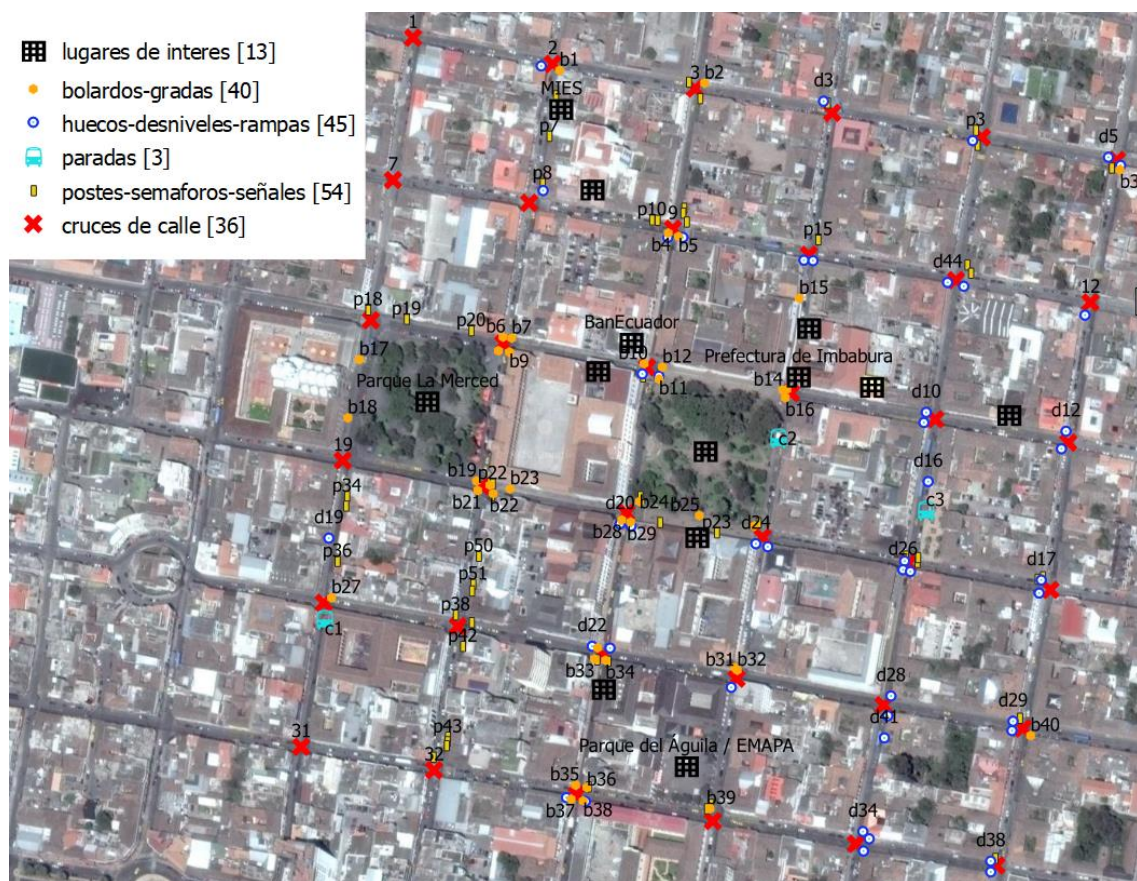


Figura 35. Mapa de las calles del centro de la ciudad de Ibarra, ubicación de obstáculos.

Fuente: Google Maps Satellite.

En la tabla 32, se detalla la cantidad de obstáculos encontrados por cada tipo en los recorridos realizados.

Tabla 32. Listado de Obstáculos encontrados en el área de estudio

Lista de obstáculos en el área de estudio		
Nro	Obstáculo	Cantidad
1	Cruce de calle	36
2	Poste de luz, semáforo o señal de tránsito	54
3	Hueco, desnivel o rampa	45
4	Bolardo, tope o grada	40
5	Parada de bus	3

Número de obstáculos identificados en cada capa dentro del mapa.

El resumen de las encuestas realizadas para determinar el grado de dificultad y movilidad que genera cada obstáculo se lo puede encontrar en el ANEXO 12; a continuación, se presenta la tabla 33, que permite identificar el costo adicional por obstáculo dentro de las posibles rutas.

Tabla 33. Listado de Obstáculos encontrados en el área de estudio

Tabla de costos por obstáculos		
Costo distancia de una calle sin obstáculos		100%
Tiempo en desplazarse por una calle sin obstáculos		1 min
Obstáculo	Tiempo extra estimado	Costo
Cruce de calle	30sg	50%
Poste de luz	20sg	33%
Semáforo	20sg	33%
Señal de Tránsito	20sg	33%
Hueco, desnivel o rampa	22sg	37%
Tope – bolardo	25sg	42%
Parada de bus	15sg	25%

Información de costo por obstáculo para cálculo de la ruta mediante Dijkstra.

3.2.3. Planificación de iteraciones

En la Tabla 34, se muestra la planificación de iteraciones a realizar hasta completar los módulos que componen el sistema propuesto.

Tabla 34. Planificación de Iteraciones

Planificación de Iteraciones		
Fase	Iteración	Descripción
Inicialización	Iteración 0	Esta iteración comprende todo el trabajo desplegado en las 2 primeras fases de la metodología (Exploración e Inicialización), la cual consiste en el establecimiento del proyecto y análisis de los requerimientos iniciales.
Producción	Iteración 1	Selección de versión, instalación y verificación del funcionamiento de las herramientas a utilizar en cada módulo.
	Iteración 2	Desarrollo en conjunto del módulo del sistema de mapeo con el módulo de Base Datos utilizando las herramientas QGIS, PgRouting, PostgreSQL, PostGIS para generar los mapas base del área de estudio y delimitar los obstáculos que se contemplaran en cada ruta.
	Iteración 3	Desarrollo del módulo de base de datos y módulo de Sistema de Mapeo con sus respectivas herramientas, donde se plantea guardar toda la información de geolocalización y las rutas calculadas para cada ubicación.
	Iteración 4	En el módulo de Servidor se propone contratar los servicios de IaaS para ubicar toda la información del módulo base de datos y módulo sistema de mapeo en la nube; de esta manera comprobar su disponibilidad mediante acceso a Internet. Al mismo tiempo debe contar con el funcionamiento de una aplicación web que permita obtener los datos generados en la base de datos, para posteriormente enviarlos a la aplicación en el dispositivo del usuario acorde la petición realizada.
	Iteración 5	En el módulo de aplicación móvil se desarrollará una App orientada a Android capaz de conectarse con el servidor para extraer la información trabajada en los anteriores módulos de tal forma que el usuario sea capaz de utilizar el sistema mediante comandos de voz y genere alertas ante los obstáculos programados.

Resumen de iteraciones a realizar para el desarrollo de los módulos del sistema.

3.3. Producción

Producción es la tercera fase de la metodología Mobile-D, misma que consiste en el desarrollo de los módulos del sistema mediante tareas asignadas en cada iteración,

obteniendo como resultado un trabajo articulado y continuo entre los componentes de cada módulo. En la figura 36, se muestra el diagrama de flujo donde se explica brevemente el funcionamiento del sistema; comienza cuando el usuario accede a la aplicación, luego se le presentará indicaciones de uso de forma auditiva, seguido de esto el usuario consultará su destino mediante comando de voz, el sistema verifica si se encuentra en una vértice válido para proceder a extraer la información desde el servidor, de ser así, se valida el destino con la base de datos; caso contrario deberá volver a realizar la consulta. De existir el destino se genera la ruta hacia este y se envía la información desde el servidor hacia la aplicación móvil, misma que deberá guiar al usuario hasta llegar a su destino.

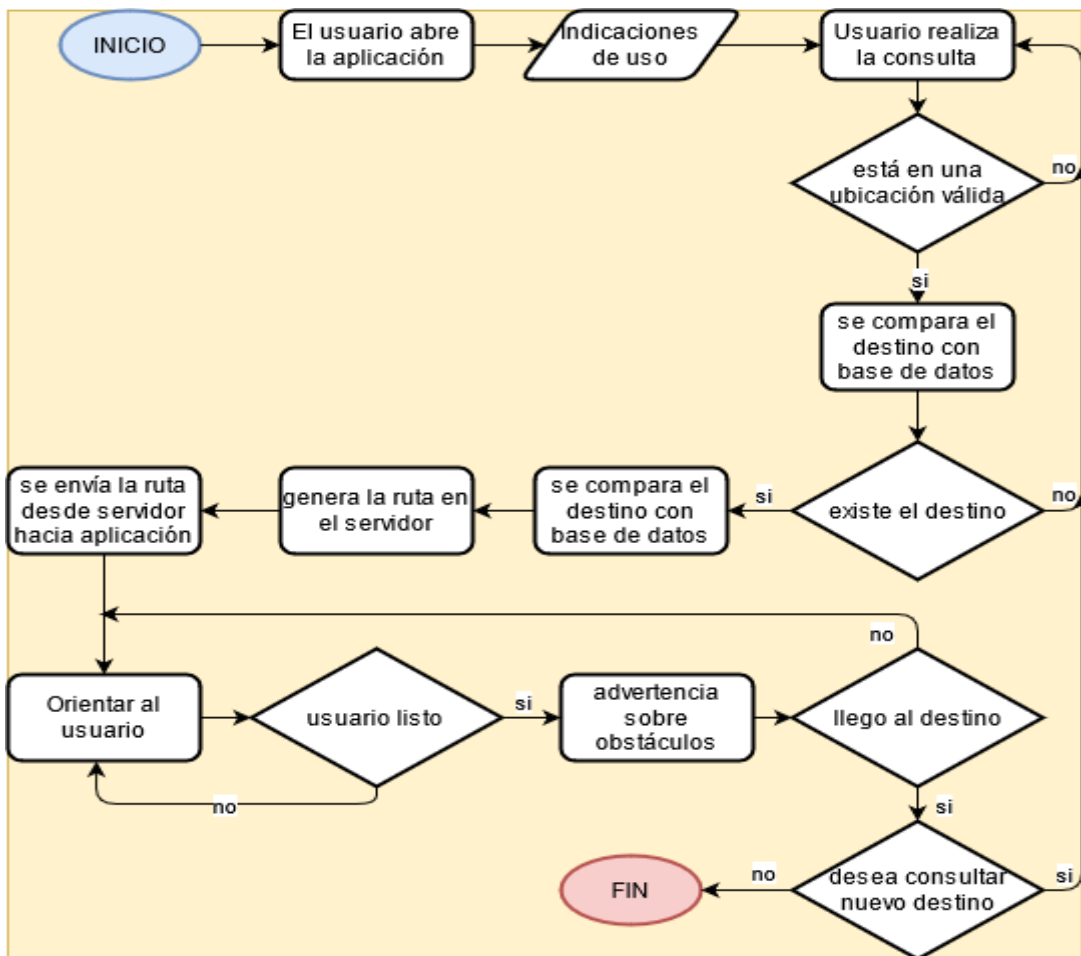


Figura 36. Diagrama de flujo del sistema.

Criterios de diseño del sistema.

3.3.1. Primera iteración

Esta iteración engloba el primer conjunto de actividades luego de completar las dos primeras fases (exploración e inicialización); tomando como base el trabajo desarrollado se procede a cumplir con la selección de versiones, instalación y verificación de funcionamiento de las herramientas y extensiones a utilizar dentro del desarrollo práctico de cada uno de los módulos que componen el sistema. En la tabla 35, se presentan las actividades planteadas para cumplir la planificación de la iteración 1.

En la figura 37, se muestra el diagrama de flujo correspondiente al comportamiento de los módulos dentro de las actividades a llevar a cabo durante la primera iteración.

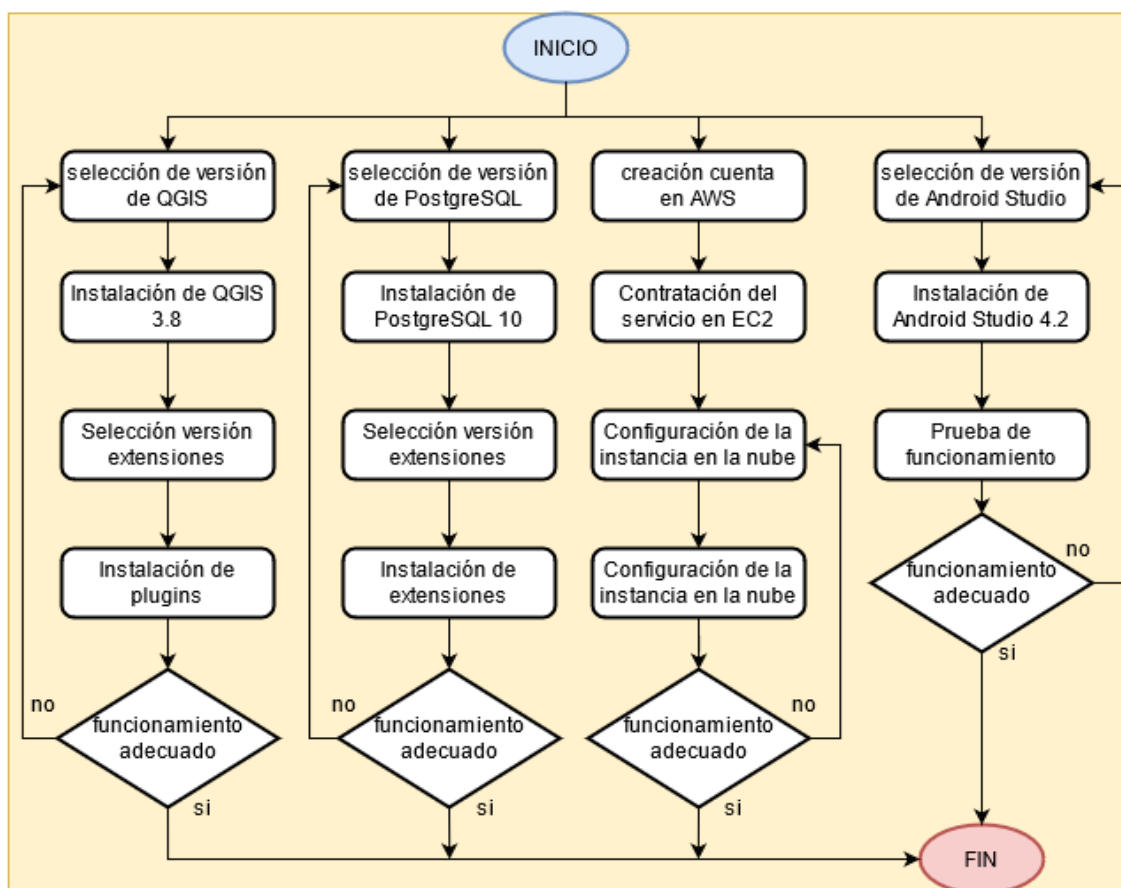


Figura 37. Diagrama de flujo correspondiente a la iteración 1.

Criterios de diseño del sistema.

Tabla 35. Desarrollo de la iteración 1.

Módulo	Iteración	Prerrequisito	Actor	Proceso	Subproceso	Tarea	Resultado	Observaciones
Sistema de Mapeo		Haber lanzado una distribución de Linux que soporte la herramienta	Administrador	1.- Instalar QGIS	Escoger una versión estable que contenga las herramientas necesarias.	Realizar el proceso de instalación con repositorios oficiales	Anexo 14 Figura 162	La release más actual tanto en la versión inestable como LTR, generaban conflictos con la versión de PyQt5
					Realizar una prueba post instalación	Verificar que la herramienta instalada no genere problemas	Anexo 14 Figura 163	Se instalaron algunos complementos para comprobar funcionamiento
Base de Datos	1	Distribución de Linux que soporte la herramienta	Administrador	2.- Instalar PostgreSQL	Agregar repositorios	Ejecutar los comandos en la consola	Anexo 14 Figura 164	No todas las versiones de PostgreSQL son compatibles con todas sus extensiones
					Habilitar UTF-8			
					escoger la versión a trabajar			
		Instalación de PostgreSQL		3.- Instalar extensión postgis	Habilitar e instalar desde base de datos con usuario nuevo	Crear usuario nuevo Verificar compatibilidad con versión de PostgreSQL	Anexo 14 Figura 165	La instalación de la extensión es posible realizarlo desde la misma base de datos
			4.- Instalar extensión pgRouting	Habilitar e instalar	Verificar compatibilidad con postgis	Anexo 14 Figura 166	La habilitación se realiza luego de instalar postgis	

				desde base de datos			
	1		Instalar pgAdmin	Realizar instalación de versión que soporte la versión de PostgreSQL	Ingresar las credenciales de acceso en la base de datos	Anexo 14 Figura 167	
Servidor	Crear cuenta de acceso en AWS	Administrador	5.- Crear una instancia en la nube	Buscar y escoger una distribución de Linux disponible que soporte las herramientas a utilizar	Realizar las configuraciones básicas y lanzar la instancia Descargar y configurar la llave pública para obtener acceso remoto	Anexo 14 Figura 168	Trabajar bajo los parámetros que establece la plataforma dentro de la capa EC2
Aplicación Móvil	Equipo actualizado con características adecuadas	Administrador	6- Instalar Android Studio	Descargar y ejecutar el programa en el equipo	Instalar y habilitar complementos útiles para el desarrollo del código	Anexo 14 Figura 169	Determinar el tipo de aplicación y lenguaje a usar para evitar conflictos en la estructura

Criterios de Diseño. Desarrollo Iteración 1.

En la tabla 36, se muestran los resultados obtenidos de las actividades realizadas en la primera iteración. Pudiendo cumplir con los parámetros establecidos para garantizar una adecuada adaptación del sistema en las tareas correspondientes a la siguiente iteración. Las evidencias de los resultados se encuentran en el ANEXO 14 – Iteración 1.

Tabla 36. Tabla de resultados Iteración 1.

Proceso-Subproceso-Tarea	Estado	Observaciones
Instalación QGIS	OK	De todas las versiones probadas la 3.8 Zanzíbar fue la más funcional
Instalación PostgreSQL	OK	Se trabajo con la versión 10.9.4 al ser compatible con las extensiones
Instalación Postgis	OK	La versión 2.4 fue compatible
Instalación pgRouting	OK	La versión 2.6 fue compatible
Instalación de pgAdmin	OK	La versión 4 fue compatible
Creación instancia en la nube de AWS	OK	Se instaló la Debian 10 Buster en la capa EC2
Instalación Android Studio	OK	Actualización a la versión 4.1.1
Pruebas de funcionamiento en las herramientas	OK	Todas compatibles y funcionales

Resultados de las tareas aplicadas en la iteración 1.

3.3.2. Segunda iteración

Esta iteración propone el desarrollo del módulo de sistema de mapeo y base de datos, para ello se hace uso del Sistema de Información Geográfico QGIS en conjunto con la base de datos PostgreSQL, la extensión postgis y pgRouting. El propósito de esta iteración es generar el mapa base del proyecto, donde sea posible identificar los obstáculos, vértices y topología. Este trabajo es la base para generar las rutas del sistema en la siguiente iteración. En la tabla 37, se presentan las actividades planteadas para cumplir la planificación de la iteración 2.

En la figura 38, se muestra el diagrama de flujo correspondiente al comportamiento de los módulos dentro de las actividades a llevar a cabo durante el desarrollo de la iteración 2. Se trabaja tanto el módulo de sistema de mapeo como el de base de datos, en el primero se crea el mapa de la zona de trabajo, se instalan plugins adicionales e identifican los obstáculos dentro del área de estudio; mientras que en el otro se crea la Base de datos mediante pgAdmin, habilitan extensiones y por último se conectan ambos módulos.

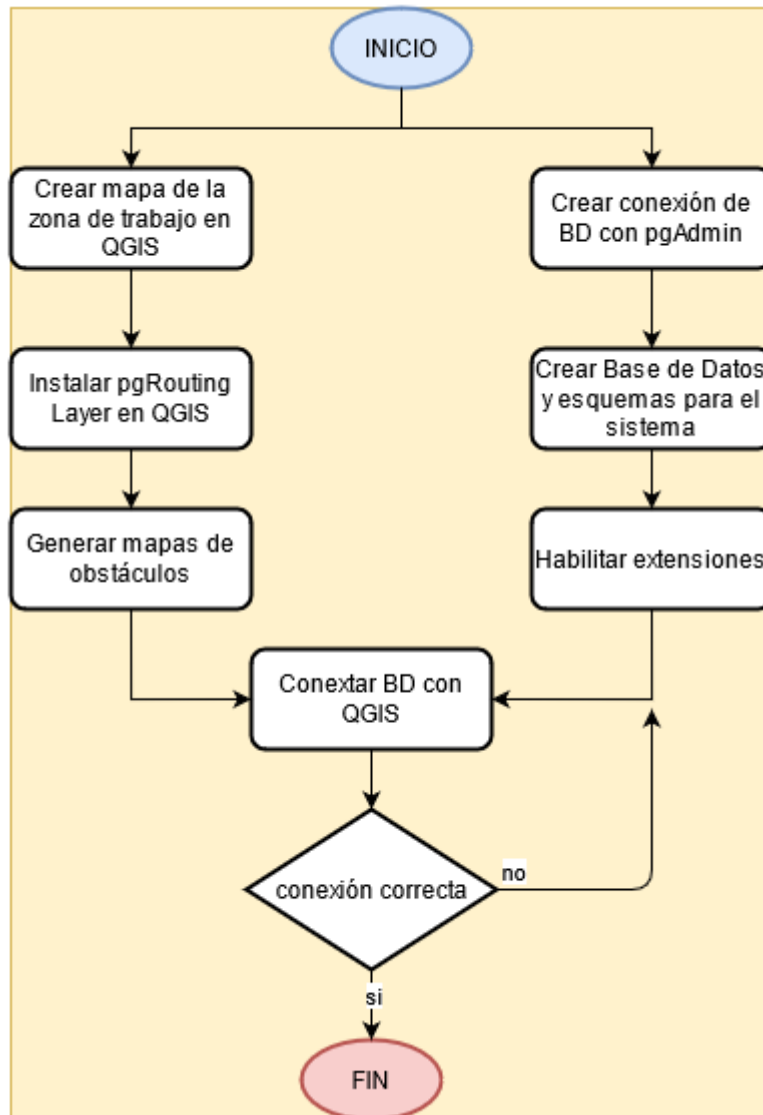


Figura 38. Diagrama de flujo correspondiente a la iteración 2.

Criterios de diseño del sistema.

En la tabla 38, se muestran los resultados obtenidos de las actividades realizadas en la segunda iteración. Pudiendo cumplir con los parámetros establecidos para servir como base de trabajo y garantizar una adecuada adaptación del sistema en las tareas correspondientes a la tercera iteración. Las evidencias de los resultados se encuentran en el ANEXO 14 – Iteración 2.

Tabla 37. Desarrollo de la iteración 2.

Módulo	Iteración	Prerrequisito	Actor	Proceso	Subproceso	Tarea	Resultado	Observaciones
Sistema de Mapeo	2	Haber instalado con éxito el Sistema de Información Geográfica QGIS	Administrador	Añadir mapa base a la zona de trabajo	Añadir el Plugin QuickMap Services.	Seleccionar el mapa del proveedor deseado y añadirlo al área de trabajo	Anexo 14 Figura 170	
					Generar nueva conexión en XYZ Tiles	Colocar el nombre de la conexión, el enlace del mapa y añadir capa	Anexo 14 Figura 171	Se uso los mapas de Google para comparar
				Conectar la Base de datos con QGIS	Iniciar nueva conexión en la barra de tareas	Ingresar los datos solicitados y aceptar	Anexo 14 Figura 172	
				Instalar el Plugin pgRouting Layer	Ingresar a la opción complementos	Dar clic en instalar última versión del plugin	Anexo 14 Figura 173	Revisar sea la versión actualizada
			Administrador	Colocación de marcadores	Crear una capa para cada tipo de obstáculo	Modificar cada marcador para diferenciarlos	Anexo 14 Figura 174	Se usaron diferentes capas para identificarlos mejor

Base de Datos	2	Distribución de Linux que soporte la herramienta	Administración Base de datos	Ingresar con pgAdmin	Crear nuevo usuario	Anexo 14 Figura 175	El ingreso es mediante el navegador
		Instalar pgAdmin para administración gráfica de la base de datos	Crear Base de datos	Seleccionar servidor donde crear base de datos	Asignar un propietario a la base de datos	Anexo 14 Figura 176	
			Crear extensiones	Habilitar extensión postgis	Habilitar extensión pgRouting	Anexo 14 Figura 177	Revisar versiones compatibles

Criterios de Diseño. Desarrollo Iteración 2.

Tabla 38. Tabla de resultados Iteración 2.

Proceso-Subproceso-Tarea	Estado	Observaciones
Agregar mapa base del área de trabajo	OK	Se añadió capas de OSM, Google Satellite y Maps
Conectar base de datos	OK	
Instalar plugin pgRouting	OK	Revisar versión actualizada
Añadir marcador para ubicaciones	OK	Diferente capa para cada tipo de obstáculo
Administración DB mediante pgAdmin	OK	Ingreso mediante navegador
Crear base de datos	OK	
Crear y habilitar extensiones	OK	Revisar versiones compatibles

Resultados de las tareas aplicadas en la iteración 2.

3.3.3. Tercera iteración

Esta iteración consiste en la generación de las rutas en el mapa correspondiente al área de estudio, para ello se hace uso de la herramienta pgRouting, la cual toma los datos de origen y destino de los vértices graficados previamente para aplicar el algoritmo de Dijkstra, encontrando así la ruta de menor costo, en otras palabras, aquella ruta que contenga el menor número de obstáculos y/o permita optimizar el tiempo de llegada a su destino por parte del usuario. En la tabla 39, se presentan las actividades planteadas para cumplir la planificación de la iteración 3.

En la figura 39, se muestra el diagrama de flujo correspondiente al comportamiento de los módulos dentro de las actividades a llevar a cabo durante el desarrollo de la iteración 3. Empieza por la creación de las capas vectoriales que contendrán los vértices y líneas en el mapa, dichas capas se las exporta a la base de datos en donde se genera la topología, esta información es proyectada como una capa dentro del mapa en QGIS; con ayuda de la extensión pgRouting Layer se generan rutas entre los vértices de la topología, dicha herramienta nos permite visualizar los datos producidos en cada ruta para su posterior análisis.

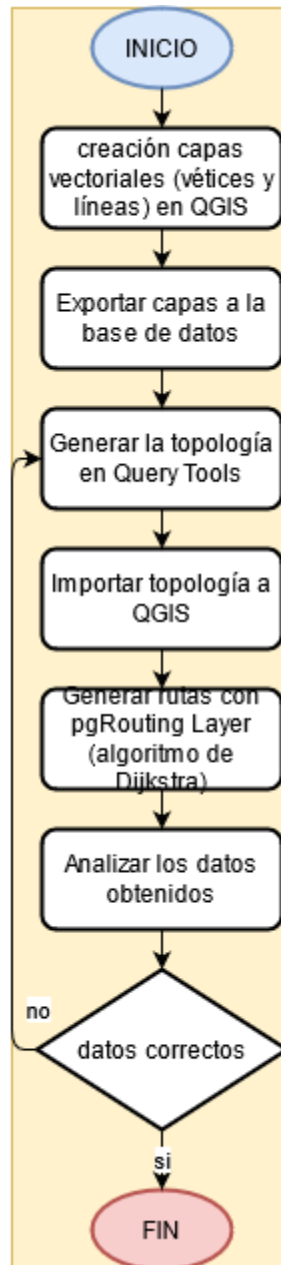


Figura 39. Diagrama de flujo correspondiente a la iteración 3.

Criterios de diseño del sistema.

Tabla 39. Desarrollo de la iteración 3.

Módulo	Iteración	Prerrequisito	Actor	Proceso	Subproceso	Tarea	Resultado	Observaciones
Sistema de Mapeo	3	Tener conectada la base de datos con QGIS	Administrador	Creación capa Vértices	Añadir nueva capa vectorial tipo Punto	Permitir edición de la capa y agregar los vértices que sean necesarios	Anexo 14 Figura 178	
		Creación capa líneas		Añadir nueva capa vectorial tipo Línea	Permitir la edición de la capa y unir los vértices.	Anexo 14 Figura 179		
		Importar capa vectorial		Ingresar al administrador de DB	Seleccionar el esquema a importar	Anexo 14 Figura 180	Verificar conexión antes de exportar	
		Generar topología		Mostrar capa importada	Ingresar a Query Tool y ejecutar código	Anexo 14 Figura 181	Revisar comandos a ingresar	
		Agregar capa de topología		Importar la capa de topología desde base de datos	Habilitar la capa topología en el mapa de trabajo	Anexo 14 Figura 182		
Base de Datos		Tener creado esquema		Generar Rutas	Seleccionar los vértices de inicio y fin	Ejecutar el plugin pgRoutingLayer	Anexo 14 Figura 183	Escoger algoritmo Dijkstra
		Instalar pgAdmin,		Manejo de los datos	Análisis de datos obtenidos	Previsualización de los datos	Anexo 14 Figura 184	

En la tabla 40, se muestran los resultados obtenidos de las actividades realizadas en la tercera iteración. Al cumplir con los parámetros establecidos, estos servirán como base para desarrollar un mejor trabajo y garantizar una adecuada adaptación del sistema en las tareas correspondientes a la cuarta iteración. Las evidencias de los resultados se encuentran en el ANEXO 14 – Iteración 3.

Tabla 40. Tabla de resultados Iteración 3.

Proceso-Subproceso-Tarea	Estado	Observaciones
Creación capa vértices	OK	
Creación capa líneas	OK	
Importar capa vectorial a DB	OK	Verificar conexión
Generar topología en DB	OK	Comprobar resultados en DB
Agregar capa topología en QGIS	OK	
Generar ruta con plugin pgRouting Layer	OK	Escoger algoritmo Dijkstra
Análisis de datos obtenidos en DB	OK	

Resultados de las tareas aplicadas en la iteración 3.

3.3.4. Cuarta iteración

La cuarta iteración consiste en el funcionamiento de una instancia o máquina virtual en la nube del proveedor AWS (Amazon Web Services), donde se cargará la base de datos que contendrá la información de las rutas, la ubicación de los lugares de interés, obstáculos, nombres de los lugares. Para este módulo también es necesario desarrollar una aplicación web, la cual se conectará a la base de datos para realizar peticiones de información sobre los lugares o rutas y posteriormente enviar dicha información hacia la aplicación móvil. En la tabla 41, se presentan las actividades planteadas para cumplir la planificación de la iteración 4.

En la figura 40, se muestra el diagrama de flujo correspondiente al comportamiento de los módulos dentro de las actividades a llevar a cabo durante el desarrollo de la iteración 4. Comienza con la configuración de la IP elástica en el servidor, luego la instalación de un servicio LAMP, posterior a esto se desarrolla el código de la aplicación web en PHP mediante el cual se establece conexión con la base de datos y por último imprimir datos mediante el servicio web.

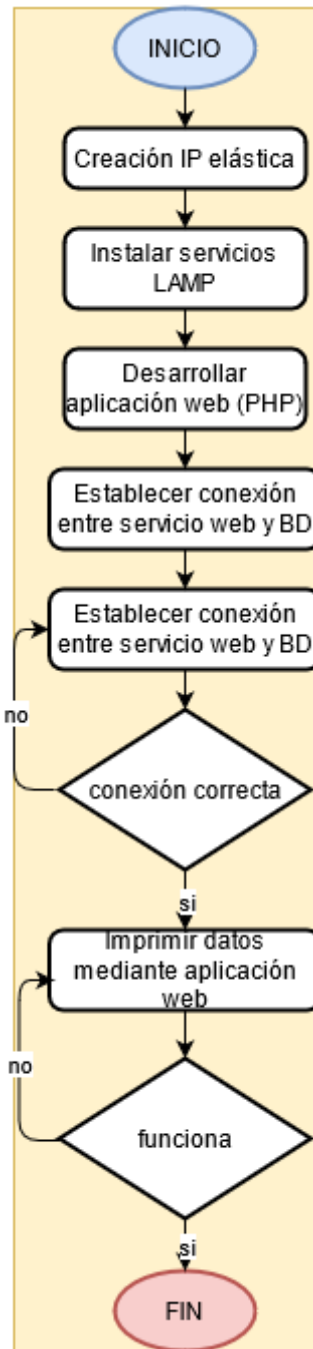


Figura 40. Diagrama de bloques correspondiente a la iteración 4.

Criterios de diseño del sistema.

Tabla 41. Desarrollo de la iteración 5.

Módulo	Iteración	Prerrequisito	Actor	Proceso	Subproceso	Tarea	Resultado	Observaciones
Servidor	4	Creación de la instancia en la nube (AWS)	Administrador	Creación IP elástica	Generar IP pública estática	Realizar la petición de IP público fija en AWS y añadirla a la instancia	Anexo 14 Figura 185	No apagar servicio
				Instalación de herramientas en la nube	Preparar el servidor con las herramientas de base de datos	Actualizar e instalar complementos	Anexo 14 Figura 186	
				Crear un servicio web	Escoger el servicio LAMP y añadir repositorios	Ejecutar comandos para instalación y verificación funcionamiento	Anexo 14 Figura 187	
		Tener generadas la información de las rutas en la Base de Datos		Desarrollar aplicación web	Usar editor de código	Establecer conexión entre servicio web y base de datos	Anexo 14 Figura 188	
			Administrador	Solicitud de datos	Selección de la tabla de líneas	Transferencia de datos a la aplicación móvil	Anexo 14 Figura 189	

Criterios de Diseño. Desarrollo Iteración 4.

En la tabla 42, se muestran los resultados obtenidos de las actividades realizadas en la cuarta iteración. Al cumplir con los parámetros establecidos, estos servirán como base para desarrollar un mejor trabajo y garantizar una adecuada adaptación del sistema en las tareas correspondientes a la quinta iteración. Las evidencias de los resultados se encuentran en el ANEXO 14 – Iteración 4.

Tabla 42. Tabla de resultados Iteración 4.

Proceso-Subproceso-Tarea	Estado	Observaciones
Creación de IP elástica	OK	No apagar servicio
Instalación de herramientas en la nube	OK	
Crear servicio web	OK	
Desarrollo aplicación web	OK	
Solicitud de datos a la DB	OK	

Resultados de las tareas aplicadas en la iteración 4.

3.3.5. Quinta iteración

La quinta iteración propone el desarrollo de la aplicación móvil, misma que será instalada en el smartphone del usuario, esta aplicación realizará las peticiones de la información solicitada por el usuario a la aplicación web del servidor, con el fin de poder trazar la ruta elegida por el usuario en su interfaz; luego procederá a brindar las indicaciones y advertencias necesarias para que el usuario pueda desplazarse por la ruta asignada y llegar a su destino sin mayores complicaciones. En la tabla 43, se presentan las actividades planteadas para cumplir la planificación de la iteración 5. En la figura 41, se muestra el diagrama de flujo de la iteración 5. Se crea el proyecto con lenguaje de programación JAVA, se añaden librerías y complementos necesarios, luego se desarrolla el código referente a las indicaciones de uso, el reconocimiento de voz y petición de ruta; tras comprobar su funcionamiento se procede a la parte del código que contendrá la ruta obtenida, graficarla en el mapa; por último, se implementa código para guiar al usuario mediante alertas sonoras.

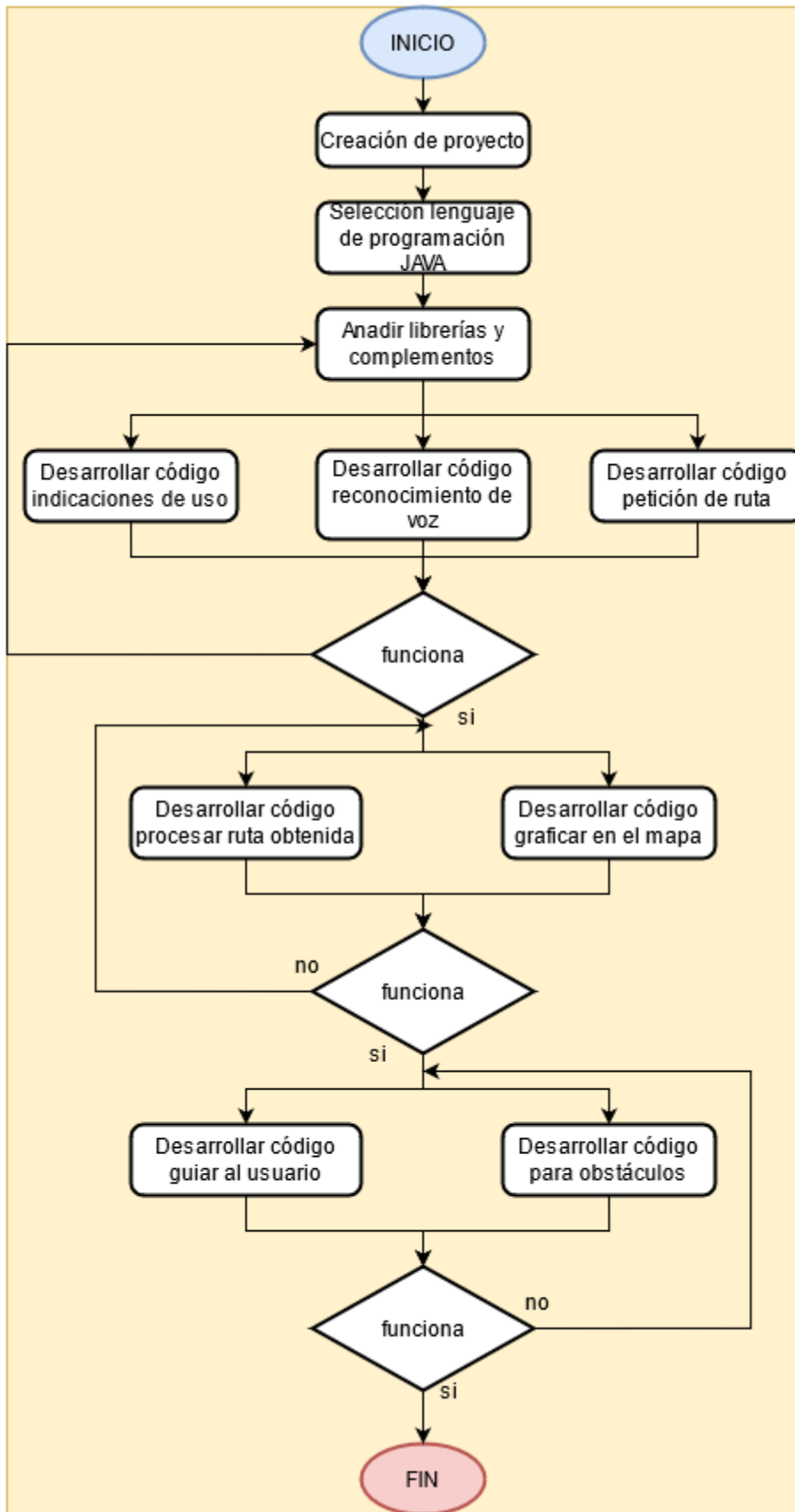


Figura 41. Diagrama de flujo correspondiente a la iteración 5.

Criterios de diseño del sistema.

Tabla 43. Desarrollo de la iteración 5.

Módulo	Iteración	Prerrequisito	Actor	Proceso	Subproceso	Tarea	Resultado	Observaciones
Aplicación Móvil	5	Instalado Android Studio	Administrador	Seleccionar lenguaje de programación		Instalar java en el equipo	Anexo 14 Figura 190	
				Creación de activities y archivos .xml		Distribución de funciones en las activities	Anexo 14 Figura 191	
		Tener Servicio Web en funcionamiento		Uso de librerías	Instalación de librerías y complementos necesarios	Hacer el llamamiento de las librerías en el código	Anexo 14 Figura 192	
				Indicaciones de uso	Programar al abrir aplicación	Brindar indicaciones mediante audio	Anexo 14 Figura 193	
				Reconocimiento de voz	Obtener voz del usuario y guardarlo en variable string	Procesar la variable y encontrar coincidencias	Anexo 14 Figura 194	
		Mantener Aplicación web activa		Petición de ruta	Solicitud a la aplicación web del servidor	Se genera la ruta en la base de datos	Anexo 14 Figura 195	
		5		Procesar la ruta	Transformar los datos a JSON	Guardar en array	Anexo 14 Figura 196	

		Graficar de la ruta en el mapa	Transformar JSON en KML	Mostrar el segmento en el mapa	Anexo 14 Figura 197
		Guiar al usuario	Calcular el ángulo de giro	Brindar indicaciones de orientación al usuario	Anexo 14 Figura 198
Aplicación Móvil	5	Generar advertencias	Identificar la posición de los obstáculos y destinos	Advertir sobre la presencia de obstáculos o llegada al destino	Anexo 14 Figura 199

Criterios de Diseño. Desarrollo Iteración 5.

En la tabla 44, se muestran los resultados obtenidos de las actividades realizadas en la quinta iteración. Al cumplir con los parámetros establecidos, estos servirán como para comprobar el funcionamiento de los módulos, permitiendo depurar y constatar las características de los mismos; al cumplir todos los requisitos establecidos, permitirá avanzar a la cuarta fase de estabilización del sistema. Las evidencias de los resultados se encuentran en el ANEXO 14 – Iteración 5.

Tabla 44. Tabla de resultados Iteración 5.

Proceso-Subproceso-Tarea	Estado	Observaciones
Crear proyecto en Android Studio habilitado lenguaje java	OK	
Creación de actividades y archivos xml	OK	
Instalación de librerías y complementos	OK	
Brindar indicaciones de uso al momento de iniciar la aplicación	OK	
Utilizar el reconocimiento de voz para recibir instrucciones	OK	
Permisos para usar funcionalidades del teléfono inteligente	OK	
Peticion de ruta al servidor	OK	
Procesar la ruta	OK	
Graficar de la ruta en el mapa en base a la ubicación del dispositivo	OK	el dato espacial recibido se grafica en el mapa con una tolerancia de 5 metros de error en la ubicación.
Indicaciones de la ruta al usuario	OK	
Advertencia de obstáculos y destino	OK	

Resultados de las tareas aplicadas en la iteración 5.

Considerando el proceso realizado acorde a la planificación de las iteraciones planteadas en la fase de Producción, se culmina el desarrollo del capítulo 3, correspondiente al Diseño del Sistema. Tras cumplir con las directrices establecidas en el diseño, es posible proceder a la fase de Estabilización, donde se prevé la implementación total del sistema y aplicación de las pruebas correspondientes al funcionamiento, tanto en un ambiente simulado como en el físico propuesto en el área de estudio.

4. CAPITULO IV: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y CONCLUSIONES

El contenido de este capítulo corresponde a las fases de Estabilización y Pruebas de la metodología Mobile-D, en las cuales está previsto la integración de todos los módulos correspondientes, verificando la funcionalidad del sistema en un ambiente controlado mediante el uso de un software de posicionamiento que simula la ubicación geográfica del dispositivo; así como dentro de las calles que conforman el área de estudio, dichas pruebas serán realizadas con personas integrantes de la Asociación de no Videntes de Imbabura (ANVI) y el Centro de Educación Popular Especial de Imbabura (CEPE-I).

4.1. Estabilización

La fase de Estabilización es la cuarta dentro de la metodología Mobile-D, dicha fase comprende la integración de todos los módulos del sistema, verificación de su funcionalidad e identificar debilidades que se presente el trabajo; luego se dará paso a la última fase de Pruebas.

4.1.1. Taller de post iteración - prueba de simulación

Una vez que se han logrado integrar los módulos del sistema, se procede a realizar una prueba en ambiente controlado mediante el software Lockito, el cual permite simular la ubicación geográfica del dispositivo del usuario en cualquier lugar del mapa; adicional se generó una ruta dentro del programa que corresponda al recorrido de la consulta para emular el movimiento del dispositivo del usuario y sea posible supervisar las respuestas del sistema ante la ejecución de dicha ruta. En la figura 42, se muestra la ruta diseñada en el simulador Lockito.

Debido a que se trata de un software que simula la posición geográfica, su ubicación dentro del mapa no varía, por tal motivo se aprecia un recorrido del usuario de forma

lineal, es decir sin variaciones en la lectura de la ubicación; esto es posible apreciar en la figura 43.



Figura 42. Generación de una ruta simulada en el software Lockito.

Fuente: Aplicación de simulación de rutas Lockito.



Figura 43. Resultado obtenido en la aplicación móvil tras generar la ruta en Lockito.

Fuente: Aplicación móvil del sistema de rutas.

4.2. Fase de Pruebas

Una vez obtenidos resultados satisfactorios del sistema ante las rutas simuladas en ambiente controlado, se procede con la fase final de la metodología Mobile-D, denominada fase de Pruebas, dichas pruebas se llevarán a cabo dentro del área de estudio y serán conducidas por personas con discapacidad visual quienes son los beneficiarios directos del trabajo de grado.

4.2.1. Prueba General del sistema en Ambiente Real

Realización de pruebas de funcionamiento en campo dentro y fuera del área de estudio para comprobar el rendimiento del sistema ante el escenario propuesto, permitiendo detectar dificultades en el uso y posibles errores. En la tabla 21, se presenta los resultados obtenidos tras los recorridos realizados, determinando si el sistema cumple los parámetros establecidos anteriormente en el diseño.

Tabla 45. Resultados de la prueba general del sistema.

Prueba General del Sistema en Ambiente Real	
Descripción	Resultados
Horario de funcionamiento del sistema, margen de error de 7 metros	ok
Funcionamiento en diversas condiciones climáticas y con margen de error aceptable de 7 metros	ok
Alerta cruces de calle	ok
Lectura de órdenes, alerta y giros en la ruta	ok
Cuando el botón es presionado, detiene el mensaje de voz y escucha la petición.	ok
Permite la actualizar la ubicación del usuario cada segundo	ok
Reconoce las consultas generadas mediante voz	ok
Reconoce las variantes de las palabras al generar la consulta	ok
Funcionamiento de la brújula, azimut para dar rumbo inicial	ok
Tono al inicio de la consulta para indicar al usuario que la aplicación le está escuchando	ok
Activación del botón al presionar la pantalla	ok
Cálculo del recorrido consultado desde la ubicación actual del usuario hacia el destino requerido mediante algoritmo de Dijkstra	ok
Respuesta del servidor con los datos requeridos inferior a 10s.	ok

Tabla de requerimientos a cumplir por el sistema en las pruebas.

4.2.2. Proceso de las Pruebas de Funcionamiento

Antes de generar las pruebas se deben cumplir 3 instancias para lograr un correcto desenvolvimiento de estas, a continuación, se las describe:

Socialización: se realiza un acercamiento con los usuarios finales para poner en conocimiento el objetivo del sistema, las medidas de bioseguridad a utilizar, tipo de pruebas a realizar, rutas y establecer acuerdos con las personas a participar en el proceso.

Capacitación: consiste en la explicación del funcionamiento del sistema, una demostración de su uso y la instalación de la aplicación móvil en los dispositivos de los usuarios.

Aplicación de Pruebas: luego de establecer los acuerdos necesarios con los usuarios se procederá a la realización de las pruebas, tomando en cuenta los lugares que visitan con mayor frecuencia. Se realizará el mismo recorrido dos veces, la primera de forma tradicional haciendo uso únicamente del bastón blanco y la segunda usando el sistema como complemento al bastón.

En la tabla 46 a continuación, se describe el proceso de las pruebas:

Tabla 46. Fases a cumplir para aplicación de las pruebas de funcionamiento.

Protocolo para pruebas de funcionamiento	
Fase	Descripción
Socialización y Capacitación	Establecer parámetros de seguridad (Normas y Protocolos Obligatorios de Bioseguridad) y compartir información sobre el proceso de pruebas, tiempos, número de repeticiones, precauciones

	<p>durante el desplazamiento en la ruta.</p> <p>Instalación y manejo de la aplicación.</p>
Horario	<p>Luego de la socialización, se acordarán las fechas y horario disponible; existirán consideraciones especiales respecto a los lugares concurridos con el fin de disminuir en lo posible cualquier tipo de contagio durante las pruebas.</p>
Bioseguridad	<p>Proporcionar elementos como guantes mascarillas, gafas, alcohol, gel desinfectante.</p>
Trabajo previo	<p>Realizar y verificar el estado de acciones previas a las pruebas, para tener todo funcional y disminuir el tiempo de exposición durante el periodo de pruebas.</p>
Acompañamiento	<p>Servir de apoyo y acompañamiento de los usuarios en todo el transcurso de las pruebas, satisfaciendo dudas y brindando las seguridades del caso para evitar cualquier tipo de accidente.</p>
Finalización de pruebas	<p>Al culminar las pruebas necesarias, acompañar a los usuarios hasta su lugar</p>

de destino y realizar una desinfección
de todos los equipos utilizados.

Fases para alcanzar las pruebas de funcionamiento

Una vez cumplida la capacitación, el usuario tiene los conocimientos necesarios para proceder a utilizar el sistema.

A continuación, se enlistan los pasos para uso de la aplicación móvil:

Paso 1: El usuario debe verificar que tenga instalada la aplicación y cuente con conexión a internet mediante datos móviles.

Paso 2: El usuario inicia la aplicación, recibe información de uso y sobre los lugares de destino, antes de poder hacer la consulta a su destino debe colocarse en una ubicación válida (esquina o sitio de interés).

Paso 3: El usuario presiona la pantalla y emite mediante su voz el destino al cual desea dirigirse, si se encuentra en una ubicación válida y el destino es reconocido, se procederá a realizar el cálculo de la ruta.

Paso 4: Atender a las indicaciones de orientación por la aplicación móvil para iniciar el recorrido.

Paso 5: El usuario debe mantenerse atento a las alertas ante obstáculos; al llegar a una esquina, esperar hasta recibir la próxima indicación y continuar el recorrido.

Paso 6: Al llegar al destino deseado, se emitirá un mensaje. El usuario puede generar una nueva consulta al presionar el botón ubicado en el contorno superior de la pantalla, siempre y cuando se encuentre en una ubicación válida. Caso contrario cerrar la aplicación.

4.2.3. Usuarios del Sistema

Para la fase de pruebas se solicitó a miembros de la Asociación de No Videntes de Imbabura (ANVI) nos presten su ayuda como usuarios del sistema, a continuación, en la tabla 47 se enlista a los voluntarios:

Tabla 47. Listado de personas a usar el sistema durante las pruebas.

Usuarios para las pruebas del sistema			
Nro	Nombre	Edad	Nivel de Discapacidad Visual
1	Noemi Trejo	67 años	Ceguera (100%)
2	Juan Puma	38 años	Ceguera (100%)
3	Jessica Chamico	29 años	Baja Visión (80%)
4	Melany Guamán	19 años	Ceguera (100%)

Fase de pruebas del sistema.

4.2.4. Recorridos Realizados

Para la ejecución de las pruebas se propusieron 12 recorridos en total, desde diferentes ubicaciones hacia los lugares de interés establecidos en base a los requerimientos del usuario. Las imágenes obtenidas pertenecen a las rutas generadas mediante el algoritmo de Dijkstra en QGIS, a continuación, se describen las rutas simuladas:

4.2.4.1. Recorrido 1 (Desde cruce de calles Sánchez y Cifuentes y José Joaquín Olmedo, punto 53 - hacia el Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES), punto 150).

En la figura 44, se muestra la ruta generada por el algoritmo de Dijkstra en el software QGIS, desde el punto 53 hacia el 150, el destino de la ruta es el Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES); el recorrido se realizó 3 veces, la primera vez por una persona sin discapacidad visual, la segunda por uno de los miembros de ANVI sin usar el

Figura 45. Usuarios Juan Puma y Jessica Chamico haciendo recorrido sin el uso del sistema dentro de la ruta establecida.

Fuente: Autoría.

Tabla 48. Resultados de la prueba en el recorrido 1.

Recorrido 1			
Nombre	Tiempo 1	Tiempo 2 (sin sistema)	Tiempo 3 (con sistema)
Administrador	3min 52sg		
Jessica Chamico		8min 33sg	7min 49sg
Juan Puma		7min 53sg	7min 42sg

Prueba de la ruta 1.

4.2.4.2. **Recorrido 2 (Desde el cruce de calles Simón Bolívar y Juan José Flores, punto 87 – hacia la Matriz EMELNORTE, punto 49)**

En la figura 46, se muestra la ruta generada por el algoritmo de Dijkstra en el software QGIS, desde el punto 87 hacia el 49, el destino de la ruta es la Empresa Emelnorte; el recorrido se realizó 3 veces, la primera vez por una persona sin discapacidad visual, la segunda por uno de los miembros de ANVI sin usar el sistema y la tercera por un usuario siendo guiado por la aplicación, midiendo así el tiempo que le toma a cada persona completar el recorrido bajo cada circunstancia. La figura 47, nos muestra a los usuarios Jessica y Juan movilizándose por las calles correspondientes al trayecto. En la tabla 49 se muestran los resultados obtenidos en las pruebas aplicadas a la ruta 2.

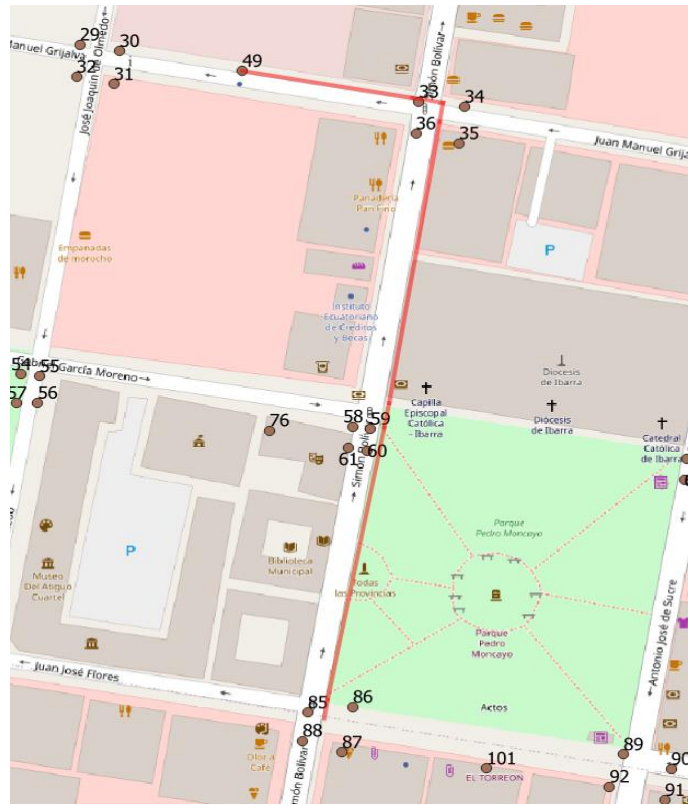


Figura 46. Ruta producida por el algoritmo de Dijkstra en QGIS desde el punto 87 (ubicación usuario) al 49 (EmelNorte).

Fuente: Software QGIS.



Figura 47. Usuarios Juan Puma y Jessica Chamico haciendo uso del sistema dentro de la ruta establecida.

Fuente: Autoría.

Tabla 49. Resultados de la prueba en el recorrido 2.

Recorrido 2			
Nombre	Tiempo 1	Tiempo 2 (sin sistema)	Tiempo 3 (con sistema)
Administrador	4min 36sg		
Juan Puma		8min 17sg	7min 53sg
Jessica Chamico		8min 48sg	7min 05sg

Prueba de la ruta 2.

4.2.4.3. Recorrido 3 (Desde el cruce de calles José Joaquín Olmedo y Eusebio Borrero, punto 6 – hacia la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), punto 152).

En la figura 48, se muestra la ruta generada por el algoritmo de Dijkstra en el software QGIS, desde el punto 6 hacia el 152, el destino de la ruta es la Empresa CNT; el recorrido se realizó 3 veces, la primera vez por una persona sin discapacidad visual, la segunda por uno de los miembros de ANVI sin usar el sistema y la tercera por un usuario siendo guiado por la aplicación, midiendo así el tiempo que le toma a cada persona completar el recorrido bajo cada circunstancia. La figura 49, nos muestra al usuario Juan haciendo uso de la aplicación móvil mientras se moviliza por las calles correspondientes al trayecto. En la tabla 50 se muestran los resultados obtenidos en las pruebas aplicadas a la ruta 3.



Figura 48. Ruta producida por el algoritmo de Dijkstra en QGIS desde el punto 6 (ubicación usuario) al 152 (CNT).

Fuente: Software QGIS.

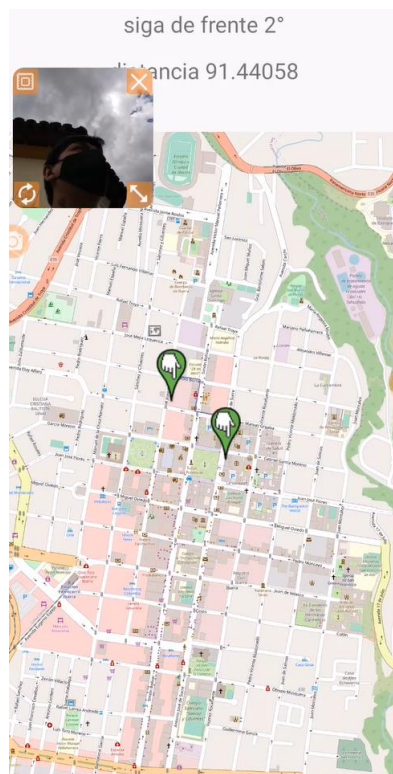


Figura 49. Usuario Juan Puma haciendo uso del sistema dentro de la ruta establecida.

Fuente: Autoría.

Figura 50. Ruta producida por el algoritmo de Dijkstra en QGIS desde el punto 5 (ubicación usuario) al 58 (BanEcuador).

Fuente: Software QGIS.



Figura 51. Usuario Juan Puma haciendo uso del sistema dentro de la ruta establecida.

Fuente: Autoría.

Tabla 51. Resultados de la prueba en el recorrido 4.

Recorrido 4			
Nombre	Tiempo 1	Tiempo 2 (sin sistema)	Tiempo 3 (con sistema)
Administrador	4min 31sg		
Melany Guamán		8min 38sg	7min 37sg
Juan Puma		7min 55sg	7min 12sg

Prueba de la ruta 4.

4.2.4.5. Recorrido 5 (Desde el cruce de calles Simón Bolívar y Eusebio Borrero, punto 9 - hacia la Prefectura de Imbabura, punto 63).

En la figura 52, se muestra la ruta generada por el algoritmo de Dijkstra en el software QGIS, desde el punto 5 hacia el 58, el destino de la ruta es BanEcuador; el recorrido se realizó 3 veces, la primera vez por una persona sin discapacidad visual, la segunda por uno de los miembros de ANVI sin usar el sistema y la tercera por un usuario siendo guiado por la aplicación, midiendo así el tiempo que le toma a cada persona completar el recorrido bajo cada circunstancia. En la tabla 52 se muestran los resultados obtenidos en las pruebas aplicadas a la ruta 5.



Figura 52. Ruta producida por el algoritmo de Dijkstra en QGIS desde el punto 107 (ubicación usuario) al 63 (Prefectura de Imbabura).

Fuente: Software QGIS.

Tabla 52. Resultados de la prueba en el recorrido 5.

Recorrido 5			
Nombre	Tiempo 1	Tiempo 2 (sin sistema)	Tiempo 3 (con sistema)
Administrador	4min 28sg		
Juan Puma		7min 33sg	7min 21sg

Prueba de la ruta 5.

4.2.4.6. Recorrido 6 (Desde el cruce de calles Antonio José de Sucre y Pedro Moncayo, punto 139 – hacia la Fiscalía General del Estado, punto 74).

En la figura 49, se muestra la ruta generada por el algoritmo de Dijkstra en el software QGIS, desde el punto 139 hacia el 74, el destino de la ruta es la Fiscalía General del Estado; el recorrido se realizó 3 veces, la primera vez por una persona sin discapacidad visual, la segunda por uno de los miembros de ANVI sin usar el sistema y la tercera por un usuario siendo guiado por la aplicación, midiendo así el tiempo que le toma a cada persona completar el recorrido bajo cada circunstancia. La figura 54, nos muestra al usuario Noemi movilizándose por las calles correspondientes al trayecto. En la tabla 53 se muestran los resultados obtenidos en las pruebas aplicadas a la ruta 6.



Figura 53. Ruta producida por el algoritmo de Dijkstra en QGIS desde el punto 139 (ubicación usuario) al 74 (Fiscalía).

Fuente: Software QGIS.



Figura 54. Usuario Noemi Trejo haciendo uso del sistema dentro de la ruta establecida.

Fuente: Autoría.

Tabla 53. Resultados de la prueba en el recorrido 6.

Recorrido 6			
Nombre	Tiempo 1	Tiempo 2 (sin sistema)	Tiempo 3 (con sistema)
Administrador	4min 56sg		
Noemi Trejo		8min 23sg	7min 33sg
Jessica Chamico		8min 31sg	7min 39sg

Prueba de la ruta 6.

4.2.4.7. Recorrido 7 (Desde el cruce de calles Simón Bolívar y Pedro Moncayo, punto 136 - hacia el GAD Municipal San Miguel de Ibarra, punto 76).

En la figura 50, se muestra la ruta generada por el algoritmo de Dijkstra en el software QGIS, desde el punto 136 hacia el 76, el destino de la ruta es GAD Municipal de Ibarra; el recorrido se realizó 3 veces, la primera vez por una persona sin discapacidad visual, la segunda por uno de los miembros de ANVI sin usar el sistema y la tercera por un usuario siendo guiado por la aplicación, midiendo así el tiempo que le toma a cada persona completar el recorrido bajo cada circunstancia. La figura 56, nos muestra al usuario Noemi movilizándose por las calles correspondientes al trayecto. En la tabla 54 se muestran los resultados obtenidos en las pruebas aplicadas a la ruta 7.



Figura 55. Ruta producida por el algoritmo de Dijkstra en QGIS desde el punto 136 (ubicación usuario) al 76 (GAD Municipal de Ibarra).

Fuente: Software QGIS.



Figura 56. Usuario Noemi Trejo haciendo uso del sistema dentro de la ruta establecida.

Fuente: Autoría.

Tabla 54. Resultados de la prueba en el recorrido 7.

Recorrido 7			
Nombre	Tiempo 1	Tiempo 2 (sin sistema)	Tiempo 3 (con sistema)
Administrador	5min 03sg		
Noemi Trejo		8min 35sg	7min 29sg
Melany Guamán		8min 43sg	7min 41sg

Prueba de la ruta 7.

4.2.4.8. Recorrido 8 (Desde el cruce de calles Simón Bolívar y Eusebio Borrero, punto 11 - hacia el parque de la Merced, punto 57).

En la figura 51, se muestra la ruta generada por el algoritmo de Dijkstra en el software QGIS, desde el punto 11 hacia el 57, el destino de la ruta es el parque de la Merced; el recorrido se realizó 3 veces, la primera vez por una persona sin discapacidad visual, la segunda por uno de los miembros de ANVI sin usar el sistema y la tercera por un usuario siendo guiado por la aplicación, midiendo así el tiempo que le toma a cada persona completar el recorrido bajo cada circunstancia. La figura 58, nos muestra al usuario Jessica movilizándose por las calles correspondientes al trayecto. En la tabla 55 se muestran los resultados obtenidos en las pruebas aplicadas a la ruta 8.

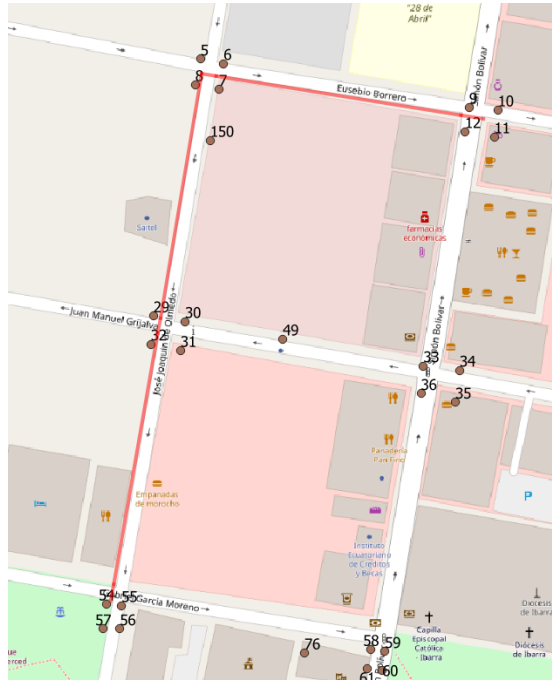


Figura 57. Ruta producida por el algoritmo de Dijkstra en QGIS desde el punto 11 (ubicación usuario) al 57 (Parque La Merced).

Fuente: Software QGIS.



Figura 58. Usuario Jessica Chamico haciendo uso del sistema dentro de la ruta establecida.

Fuente: Autoría.

Tabla 55. Resultados de la prueba en el recorrido 8.

Recorrido 8			
Nombre	Tiempo 1	Tiempo 2 (sin sistema)	Tiempo 3 (con sistema)
Administrador	4min 43sg		
Jessica Chamico		8min 45sg	7min 37sg
Noemi Trejo		8min 34sg	7min 40sg

Prueba de la ruta 8.

4.2.4.9. Recorrido 9 (Desde el cruce de calles Gabriel García Moreno y Vicente Rocafuerte, punto 67 - hacia el parque Pedro Moncayo, punto 60).

En la figura 52, se muestra la ruta generada por el algoritmo de Dijkstra en el software QGIS, desde el punto 67 hacia el 60, el destino de la ruta es el parque Pedro Moncayo; el recorrido se realizó 3 veces, la primera vez por una persona sin discapacidad visual, la segunda por uno de los miembros de ANVI sin usar el sistema y la tercera por un usuario siendo guiado por la aplicación, midiendo así el tiempo que le toma a cada persona completar el recorrido bajo cada circunstancia. En la tabla 56 se muestran los resultados obtenidos en las pruebas aplicadas a la ruta 9.



Figura 59. Ruta producida por el algoritmo de Dijkstra en QGIS desde el punto 67 (ubicación usuario) al 60 (Parque Pedro Moncayo).

Fuente: Software QGIS.

Tabla 56. Resultados de la prueba en el recorrido 9.

Recorrido 9			
Nombre	Tiempo 1	Tiempo 2 (sin sistema)	Tiempo 3 (con sistema)
Administrador	2min 09sg		
Noemi Trejo		4min 38sg	4min 09sg

Prueba de la ruta 9.

4.2.4.10. Recorrido 10 (Desde el cruce de calles José Joaquín Olmedo y Gabriel García Moreno, punto 56 - hacia el Edificio el Torreón y Asociación de no Videntes Imbabura (ANVI), punto 101).

En la figura 60, se muestra la ruta generada por el algoritmo de Dijkstra en el software QGIS, desde el punto 56 hacia el 101, el destino de la ruta son las oficinas de ANVI; el recorrido se realizó 3 veces, la primera vez por una persona sin discapacidad visual, la segunda por uno de los miembros de ANVI sin usar el sistema y la tercera por un usuario

siendo guiado por la aplicación, midiendo así el tiempo que le toma a cada persona completar el recorrido bajo cada circunstancia. La figura 61, nos muestra al usuario Jessica movilizándose por las calles correspondientes al trayecto. En la tabla 57 se muestran los resultados obtenidos en las pruebas aplicadas a la ruta 10.

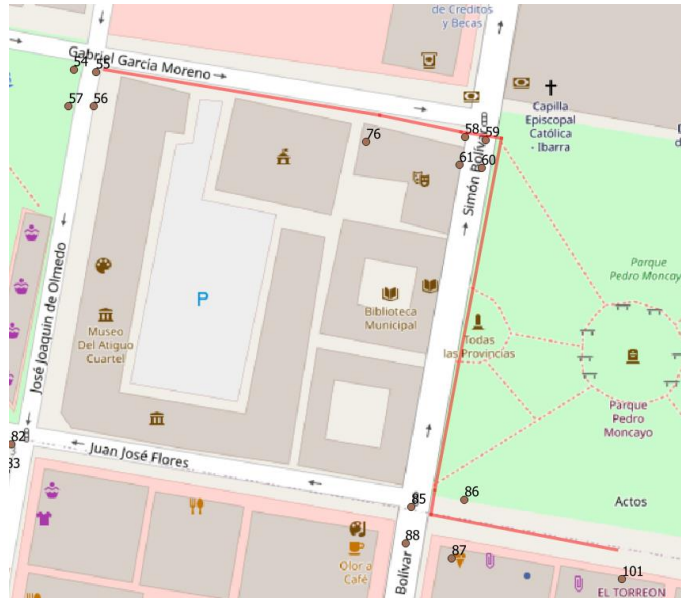


Figura 60. Ruta producida por el algoritmo de Dijkstra en QGIS desde el punto 56 (ubicación usuario) al 101 (Edificio el Torreón - ANVI).

Fuente: Software QGIS.



Figura 61. Usuario Jessica Chamico realizando recorrido 10 sin el uso del sistema.

Fuente: Autoría.

Tabla 57. Resultados de la prueba en el recorrido 10.

Recorrido 10			
Nombre	Tiempo 1	Tiempo 2 (sin sistema)	Tiempo 3 (con sistema)
Administrador	4min 19sg		
Jessica Chamico		8min 21sg	7min 34sg

Prueba de la ruta 10.

4.2.4.11. Recorrido 11 (Desde el cruce de calles Simón Bolívar y Gabriel García Moreno, punto 61 – hacia el Gobierno Provincial de Imbabura, punto 151).

En la figura 62, se muestra la ruta generada por el algoritmo de Dijkstra en el software QGIS, desde el punto 61 hacia el 151, el destino de la ruta es el Gobierno Provincial de Imbabura; el recorrido se realizó 3 veces, la primera vez por una persona sin discapacidad visual, la segunda por uno de los miembros de ANVI sin usar el sistema y la tercera por un usuario siendo guiado por la aplicación, midiendo así el tiempo que le toma a cada persona completar el recorrido bajo cada circunstancia. La figura 63, nos muestra al usuario Jessica movilizándose por las calles correspondientes al trayecto. En la tabla 58 se muestran los resultados obtenidos en las pruebas aplicadas a la ruta 10.



Figura 62. Ruta producida por el algoritmo de Dijkstra en QGIS desde el punto 28 (ubicación usuario) al 151 (Gobierno Provincial).

Fuente: Software QGIS.



Figura 63. Usuario Jessica Chamico realizando el recorrido 11 sin el apoyo del sistema.

Fuente: Software QGIS.

Tabla 58. Resultados de la prueba en el recorrido 11.

Recorrido 11			
Nombre	Tiempo 1	Tiempo 2 (sin sistema)	Tiempo 3 (con sistema)
Administrador	4min 15sg		
Noemi Trejo		8min 32sg	7min 51sg
Jessica Chamico		8min 46sg	7min 58sg

Prueba de la ruta 11.

4.2.4.12. Recorrido 12 (Desde cruce de calles Antonio José de Sucre y Gabriel García Moreno, punto 64 - hacia el Parque del Águila, EMAPA (Empresa Municipal de Agua Potable), punto 138).

En la figura 64, se muestra la ruta generada por el algoritmo de Dijkstra en el software QGIS, desde el punto 64 hacia el 138, el destino de la ruta es el parque del Águila o EMAPA; el recorrido se realizó 3 veces, la primera vez por una persona sin discapacidad visual, la segunda por uno de los miembros de ANVI sin usar el sistema y la tercera por un usuario siendo guiado por la aplicación, midiendo así el tiempo que le toma a cada persona completar el recorrido bajo cada circunstancia. En la tabla 59 se muestran los resultados obtenidos en las pruebas aplicadas a la ruta 12.



Figura 64. Ruta producida por el algoritmo de Dijkstra en QGIS desde el punto 64 (ubicación usuario) al 138 (Parque del Águila-EMAPA).

Fuente: Software QGIS.

Tabla 59. Resultados de la prueba en el recorrido 12.

Recorrido 12			
Nombre	Tiempo 1	Tiempo 2 (sin sistema)	Tiempo 3 (con sistema)
Administrador	4min 24sg		
Juan Puma		7min 13sg	6min 48sg

Prueba de la ruta 12.

4.2.5. Resultados Obtenidos

En la tabla 45 se enlistan parámetros medidos en las pruebas realizadas, así como el resultado esperado, el resultado obtenido, mediante esto determinar si se ha cumplido con los requisitos del diseño.

Tabla 45. Resultados obtenidos de las pruebas.

Descripción Prueba	Resultado Esperado	Resultado Obtenido	Cumple
Reconocimiento de voz	La aplicación móvil reconoce la voz de los usuarios	La aplicación es capaz de reconocer la voz y las órdenes del usuario incluyendo variaciones en el tono.	Si
Duración del tiempo de descarga de la ruta	Inferior a 10s.	El tiempo de respuesta usando datos móviles es alrededor de 5 segundos	Si
Rango de error de las ubicaciones por GPS	Alrededor de 5 metros	En los recorridos el margen de error es cercano a 7 metros	no
Duración del tiempo de recorrido hasta su destino cuando el usuario conoce el trayecto	Disminuir el tiempo promedio en 2 min	El sistema demostró funcionar con éxito, la reducción del tiempo en cada recorrido es proporcional a la distancia, es decir que mientras más largo el trayecto, mayor será el tiempo que se logre reducir. Dependiendo la distancia a recorrer se puede reducir el tiempo desde varios segundos hasta varios minutos; tomando en cuenta un recorrido de 5-6 cuadras en promedio se cumple con disminuir en al menos 1 minuto la ruta realizada. Cabe destacar que el sistema brinda tranquilidad al usuario al momento de usarlo porque lo libera del trabajo constante de mantener en la memoria el recorrido en proceso.	no
Duración del tiempo de llegada cuando el usuario no conoce el trayecto	Disminuir el tiempo promedio en 5 minutos y tiempo de aprendizaje de la	Cuando el usuario no conoce la ruta, se encuentra totalmente perdido por lo que prefieren no arriesgarse a caminar solos, para lograr	Si

	ruta (3 a 5 meses aprox.)	conseguir esto, requieren pasar por un largo entrenamiento en habilidades de orientación, uso del bastón, memorización de las calles, lo que podría tomarles 3 meses, 6 meses o incluso más dependiendo la experticia de la persona. El uso constante de la aplicación ayuda a que el usuario se familiarice con el recorrido y lo predisponga a salir con más frecuencia, además de acortar su proceso de aprendizaje de una ruta más segura hacia los diferentes destinos.	
Requerimiento de compañía durante el trayecto o de solicitar indicaciones	Proveer mayor independencia al usuario	El usuario fue capaz de movilizarse por las calles sin compañía.	Si
Presencia de obstáculos	Brindar al usuario una idea de los obstáculos cercanos	El sistema genera alertas al aproximarse a la ubicación de un obstáculo anteriormente mapeado, no es capaz de detectar nuevos obstáculos.	Si
Presencia de cruces de calle	Advertencia al llegar a un cruce de calle	El sistema es capaz de generar alerta al llegar a un cruce de calle	Si

Tabla de resultados obtenidos luego de las pruebas con usuarios.

Dentro del parámetro de reducción de tiempo cuando el usuario conoce la ruta, se alcanzó un resultado bastante cercano al esperado, teniendo que el tiempo promedio que se reduce en el recorrido aplicando el sistema es cercano a 1min, lo que traduce a tener una reducción en un 12% aproximadamente en el tiempo empleado en realizar una ruta. Cabe mencionar que no se puede determinar un valor de eficiencia con precisión porque las rutas tienen distintas distancias y existen factores externos como semáforos que podrían aumentar o disminuir el tiempo estimado para completar el recorrido.

A pesar de no haber existido pérdida de la ruta por parte del usuario durante la realización de las pruebas finales, se decidió agregar un botón con una función adicional en caso de que se produzca un fallo de cálculo o pérdida del usuario en uno de los vértice, la cual consiste en la recalculación de la ruta hacia el destino previamente seleccionado, de esta forma asegurar que si el usuario llega a tener algún tipo de inconveniente durante el recorrido, el sistema pueda guiarlo hasta su destino. En la figura 65, se observa la interfaz final de la aplicación tras añadir la nueva función al botón para recalcular la ruta.

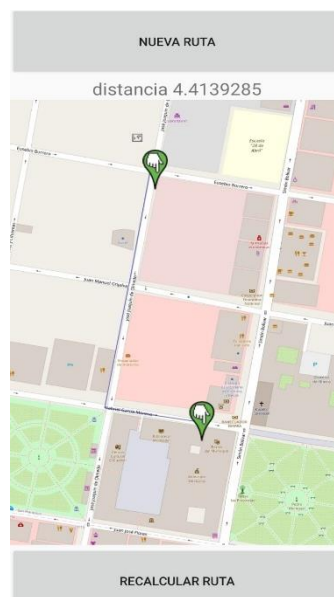


Figura 65. Interfaz gráfica de la aplicación móvil donde se muestra el botón con la función para recalcular la ruta.

Fuente: Aplicación Móvil del sistema.

CONCLUSIONES

El sistema guía de rutas funciona adecuadamente ya que es capaz de guiar a sus usuarios desde una esquina cualquiera del área de estudio que comprende 25 cuadras en el centro de Ibarra hasta su destino deseado, durante el trayecto la persona recibe indicaciones de orientación referente a la dirección que debe tomar para continuar adelante y advertencias sobre obstáculos fijos como cruces de calle, postes y bolardos; lo que ayuda a preservar la integridad del individuo durante el recorrido.

Durante el análisis de requerimientos, se determinó usar el algoritmo de Dijkstra para calcular la ruta óptima hacia el destino, los costos estimados para cada ruta fueron calculados en base a los requerimientos de los usuarios (distancia y obstáculos); en caso de extender el área de estudio o realizar cambios en los valores de las rutas, es posible recalcular toda la topología y actualizar los datos de las nuevas rutas.

De acuerdo a la metodología aplicada (Mobile-D) en la fase de producción se realizó una planificación de cinco iteraciones a cumplir, permitiendo así una ejecución y desarrollo de cada módulo perteneciente al sistema de forma ordenada y funcional, debido que es necesario alcanzar la totalidad de la planificación antes de proceder con el resto de fases.

En la fase de estabilización se procedió a comprobar la primera versión funcional del sistema dentro de un escenario de simulación con el software Lockito, permitiendo verificar el correcto acoplamiento de los módulos; al tratarse de una simulación las rutas trazadas eran perfectas ya que no presentaban variaciones de la ubicación durante el desplazamiento.

Durante la fase final de la metodología correspondiente a las pruebas del sistema, se encontró que la principal dificultad fue la baja precisión del GPS en los vértices, esto

debido principalmente a la tecnología existente, la cual provee lecturas con un rango de error que pueden ir desde 5m y ser mayores a 15m; por tal motivo no fue posible cumplir con uno de los requerimientos previstos en el diseño del sistema, logrando alcanzar una precisión de 7m para la consulta de rutas y advertencia de obstáculos. Para lograr dicho resultado se utilizó la aplicación Mobile Topographer, misma que facilita adquirir la posición geográfica de cualquier punto en el mapa.

Para la comprobación del funcionamiento del sistema, se escogieron 12 rutas con destinos diferentes, tomando en cuenta lugares de interés que visitan los usuarios; los resultados obtenidos indican que se tiene una eficiencia alrededor del 12% cuando el usuario emplea del sistema; además, hace posible reducir el tiempo que la persona ocupa en memorizar una ruta hacia un nuevo destino, lo cual normalmente le toma al menos 3 meses de práctica continua. Cabe destacar que el sistema provee mayor autonomía al individuo, pero el uso del bastón es indispensable, dicho esto la aplicación es considerada un complemento para su movilización.

RECOMENDACIONES

Para la generación de las rutas es posible usar capas de diferentes mapas como Google y OSM, donde se pueden presentar variaciones entre las ubicaciones de cada mapa, para lo cual se recomienda mejorar la precisión del GPS antes y después de realizar los recorridos.

Durante el desplazamiento del recorrido seleccionado es posible encontrar diferentes obstáculos que pueden cambiar con el tiempo, por tal motivo es recomendable realizar una actualización de la base de datos cada cierto tiempo para mantener rutas optimas en el sistema.

El sistema es capaz de orientar al usuario, pero pueden existir agentes externos o incluso variaciones en la posición del dispositivo que presenten un riesgo para el usuario, por tal motivo es necesario el uso complementario del bastón en todo momento.

Cada día se actualizan las tecnologías y recursos gracias al aporte de las comunidades que las sostienen, es recomendable alentar al uso de nuevas tecnologías y de uso libre para la generación de proyectos que puedan aportar a la sociedad.

La aplicación móvil esta desarrollada con API 24 para que puedan ser utilizados en teléfonos con Android 6.0 en adelante, permitiendo así el uso por parte de casi cualquier usuario con teléfono Android en la actualidad, cabe mencionar que los teléfonos actuales tienen un mejor rendimiento y capacidades.

Verificar que el dispositivo del usuario tenga instalada la última versión de la aplicación y cuente con conexión de datos móviles antes de usar el sistema, adicional cerrar otras aplicaciones en uso para evitar sobrecalentamiento del teléfono.

Verificar que las versiones de las herramientas a utilizar sean compatibles las unas con las otras, caso contrario podría existir conflictos e imposibilitar la conexión con la base de datos.

Utilizar una interfaz gráfica para la administración del servidor en la nube ayuda en gran medida para el manejo de la información y la actualización de los scripts que permiten la conexión y consulta de datos hacia la aplicación móvil.

La precisión de las ubicaciones influye en gran medida en el rendimiento del sistema por lo cual se sugiere hacer un levantamiento topográfico con software o hardware especializado que ayude a determinar locaciones más precisas, evitando así la recalculación de rutas por parte del usuario.

La capacitación hacia los usuarios por parte del administrador del sistema es fundamental para que conozcan su funcionamiento, resuelvan dudas y puedan hacer uso adecuado del mismo; en adición, el uso recurrente de la aplicación brinda confianza en los usuarios al momento de movilizarse por las calles y en lo posterior puedan servir de guías para más personas que deseen hacer uso del sistema.

El hecho de llevar el teléfono en las manos causa cierta inseguridad en el usuario por posibles caídas o robos, para ello se sugiere el uso de manillas o colgantes conectados al teléfono que aseguren la pertenencia de este.

El uso de un software de simulación de rutas como Lockito ayuda en gran medida para verificar la funcionalidad de los módulos y el sistema completo, pudiendo así corregir errores en una temprana etapa y alcanzar una versión estable que pueda ser aplicable en un ambiente real.

BIBLIOGRAFÍA:

- Abrahamsson, P., Hanhineva, A., Hulkko, H., Ihme, T., & Korkala, M. (2017). *Mobile-D: An Agile Approach for Mobile Application Development*.
- Aguayo Moreno, E. M. (2008). *Desarrollo de un sistema de localización de rutas óptimas entre dos puntos geográficos*. Tesis de grado, Universidad San Francisco de Quito, Colegio Politécnico, Quito.
- Agüero Calvo, R. (2010). *Redes de Comunicaciones: Algoritmos de Encaminamiento*. Universidad de Cantabria, Cantabria. Obtenido de https://ocw.unican.es/pluginfile.php/1955/course/section/2254/Tema4_Encaminamiento.pdf
- Alaba, M. (2017). *Algoritmo de Bellman-Ford Centralizado*. Universidad de las Fuerzas Armadas, Quito.
- Alonso, D. (noviembre de 2015). *mappingGIS*. Obtenido de 10 motivos para elegir QGIS frente a ArcGIS: <https://mappinggis.com/2015/11/motivos-para-elegir-qgis-frente-arcgis/>
- Baz, A., Ferreira, I., Rodríguez, M., & García, R. (2009). *Dispositivos móviles*. Universidad de Oviedo, Oviedo.
- Becvar, Z., Mach, P., & Pravda, I. (2013). *Redes móviles* (primera ed.). República Checa.
- Bell, A. L. (2019). *La matemática detrás del GPS* (primera ed.). Argentina: Universidad Nacional del Sur. Obtenido de <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/123456789/4671/3/La%20matem%C3%A1tica%20detr%C3%A1s%20del%20GPS.pdf>.

- Blanco, P., Camarero, J., Fumero, A., Werterski, A., & Rodríguez, P. (26 de junio de 2016). Metodología de desarrollo ágil para sistemas móviles: Introducción al desarrollo con Android y el iPhone. 31.
- Botello, L. (2019). *IRI*. Obtenido de Eclipse: A Brief History: <https://www.iri.com/blog/iri/business/brief-history-of-eclipse/>
- Cabezas Medina, A. (2018). *Desarrollo de Aplicación Android: E-Health*. Universitat Oberta de Catalunya.
- Cambi, J., & Zúñiga, J. (2006). *Comparación entre MySQL vs. PostgreSQL*. Universidad del Azuay, Facultad de Ciencias de la Administración, Cuenca.
- Camps, R., Casillas, L., Costal, D., Gibert, M., Escofel, C., & Pérez, O. (2005). *Software libre: Base de datos*. Barcelona, España: Universitat Oberta de Catalunya.
- Castro, L., Rodríguez, M., & Vales, A. (2016). *Sistemas Operativos*. IES Eduardo Blanco Amor.
- Cavelier, A. (16 de octubre de 2019). *AARP*. Obtenido de Aplicaciones y dispositivos para invidentes: <https://www.aarp.org/espanol/hogar-familia/tecnologia/info-2018/aplicaciones-apps-dispositivos-para-invidentes-andres-cavelier.html>
- CCIA. (2005). *Lenguaje Java y Entorno de Desarrollo*.
- CONADIS. (febrero de 2014). *Guía de Atención a Personas con Discapacidad*. Obtenido de Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades: https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/02/guia_atencion_personas_discapacidad.pdf
- CONADIS. (2017). *Guía para Atención de Personas con Discapacidad en la Salud Rural*. Quito. Obtenido de

<https://bibliotecapromocion.msp.gob.ec/greenstone/collect/promocin/index/assoc/HASH4f82.dir/doc.pdf>

CONADIS. (22 de noviembre de 2020). *Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades*. Obtenido de Estadísticas de Discapacidad: <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>

De Juana, R. (24 de octubre de 2019). *MCPRO*. Obtenido de Google lanza Android Studio 4.0 y Jetpack Compose developer preview: <https://www.muycomputerpro.com/2019/10/24/google-lanza-android-studio-4-0-y-jetpack-compose-developer-preview>

Denzer, P. (2002). *PostgreSQL*. U.T.F.S.M.

Department of Defense USA. (2008). *GPS SPS PS* (4 ed.). USA.

developers. (2019). *Android Studio*. Obtenido de <https://developer.android.com/studio/intro?hl=es-419>

Djuknic, G., & Richton, R. (FEBRERO de 2001). Geolocation and Assisted GPS. *COMMUNICATIONS*, 34(2), 123-125. doi:10.1109/2.901174

Electronics HUB. (25 de mayo de 2017). *Global Positioning System (GPS)*. Obtenido de <https://www.electronicshub.org/global-positioning-system-gps/>

Escamilla, O. (13 de agosto de 2019). *Merca2.0*. Obtenido de Este es el escenario de los sistemas operativos al que se enfrentará Huawei: <https://www.merca20.com/escenario-sistemas-operativos-huawei/>

Eslava Muñoz, V. (2012). *Aprendiendo a programar paso a paso con C*. España: bubok.

ESRI. (05 de octubre de 2018). *esri Chile*. Obtenido de Qué es GIS:
<https://www.esri.cl/es-cl/que-es-el-gis/que-es-gis>

Fallas, J. (2002). *Sistema de Posicionamiento Global*. Heredia, Costa Rica: Universidad Nacional. Obtenido de
https://www.researchgate.net/publication/228389461_SISTEMA_DE_POSICIONAMIENTO_GLOBAL

FinancesOnline. (5 de octubre de 2020). *NetBeans Review*. Obtenido de
<https://reviews.financesonline.com/p/netbeans/>

Garrido Cobo, J. (2013). *TFC Desarrollo de Aplicaciones Móviles*.

Giménez, T., & Ros, M. (2010). *Sistema de Posicionamiento Global (GPS)*. Obtenido de
<https://www.coursehero.com/file/40011806/GPSresumen-TamaraElenapdf/>

Gimeno, J., & González, J. (2011). *Introducción a Netbeans*.

Girardi, T. (2009). *Netbeans. Inicio Rápido*.

Google. (26 de octubre de 2009). *Google Earth*. Obtenido de
https://static.googleusercontent.com/media/earth.google.com/es//outreach/data/googleearthoutreach_earth_info_sheet.pdf

HORACERO. (14 de abril de 2015). *NOTIMEX*. Obtenido de Unos 285 millones de personas en el mundo padecen de discapacidad visual:
<https://www.horacero.com.mx/vida-y-cultura/unos-285-millones-de-personas-en-el-mundo-padecen-discapacidad-visual/>

infobae. (25 de marzo de 2017). *Bastón blanco, el curioso origen de la herramienta esencial de toda persona no vidente*. Obtenido de

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

Kashyap, P., Samant, A., Sagiraju, P., & Akopian, D. (2009). An Assisted GPS Support for GPS simulators for Embedded Mobile Positioning. *SPIE-IS&T*, 7256. doi:10.1117/12.806001

Ko, J., Kim, J., Cho, S., & Lee, K. (julio de 2005). A 19-mW 2.6-mm² L1/L2 Dual-Band CMOS GPS Receiver. *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, 40(7), 1414-1425.

Laverde Cabrera, O. D. (junio de 2013). Personas con Discapacidad Visual y su Accesibilidad. *TECKNE*, 11(1), 48-53.

Ley Orgánica de Discapacidades. (2012). Quito, Ecuador. Obtenido de https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/02/ley_organica_discapacidades.pdf

Luis Torres, B. A. (2014). *Algoritmo de Dijkstra*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ingeniería, Bogotá.

Luján Castillo, J. D. (2018). *Android Studio. Aprende a desarrollar aplicaciones* (Primera ed.). Ciudad de México, México: Alfaomega.

Mandula, L. (28 de enero de 2018). *Difference Between Android Studio and Eclipse*. Obtenido de <https://www.differencebetween.com/difference-between-android-studio-and-vs-eclipse/>

Mendoza González, G. (2015). *Herramienta de Desarrollo Netbeans*. Universidad del Norte.

Micro Modular Technologies. (2010). *Whitepaper: Assisted GPS*. SYMMETRY.

- Montoya Suarez, L. M., Sepúlveda Castaño, J. M., & Jiménez Ramos, L. M. (2016). Análisis comparativo de las metodologías ágiles en el desarrollo de software aplicadas en Colombia. *Gestión del Talento Humano Enfoques y Modelos*, 450-464.
- Morea, M., & Huerta, J. (2011). *Sistemas de Información Geográfica*. España.
- Novella Latorre, J. (2012). *Estudio del Sistema de Gestión de Base de Datos PostgreSQL*.
- Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*. España.
- OMS. (11 de octubre de 2018). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Ceguera y discapacidad visual: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>
- ONCE. (2011). *Discapacidad visual y autonomía personal*. (P. Ortiz, Ed.) Madrid, España: Departamento de Promoción Cultural y Braile; Dirección de Educación, Empleo y Promoción Cultural.
- Pedrozo Petrazzini, G. (2012). *Sistemas Operativos en Dispositivos Móviles*. Universidad Nacional del Nordeste.
- Penadés, M. C., & Letelier Torres, P. O. (2006). Metodologías ágiles para el desarrollo de software. *Dialnet*, 05(26). Obtenido de <http://www.cyta.com.ar/ta0502/v5n2a1.htm>
- Peralta, M., & Urmendiz, J. (2014). *Sistema de asistencia y guía para personas invidentes*. Proyecto de Grado, Universidad Autónoma de Occidente, Departamento de Automática y Electrónica, Santiago de Cali.

- Pérez García, A. A. (2007). *Desarrollo de herramientas web de gestión docente*. Tesis, Universidad Politécnica de Cartagena, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación, Cartagena.
- Ponsoda Montiel, D. (2008). *Introducción a SQLite*. I.E.S. San Vicente.
- Pozo, A., Ribeiro, A., García, M., García, L., Guinea, D., & Sandoval, F. (s.f.). *Sistema de Posicionamiento Global (GPS): Descripción, Análisis de Errores, Aplicaciones y Futuro*. Universidad de Málaga, Tecnología Electrónica, Madrid. Obtenido de <https://www.peoplematters.com/Archivos/Descargas/GPS.pdf>
- Prieto Blázquez, J. (2012). *Introducción a los sistemas de comunicación inalámbricos*. Catalunya, España: Universidad Oberta de Catalunya.
- QGIS. (2020). *Un Sistema de Información Geográfica libre y de Código Abierto*. Obtenido de <https://www.qgis.org/es/site/about/index.html>
- Rodríguez Fernández, A. C. (2017). *Alumnos con Discapacidad Visual: Análisis del procedimiento de apoyo educativo realizado desde la ONCE*. Universidad de Cantabria, Cantabria.
- Rodríguez Gálvez, M. D. (2009). *Problemas de Optimización en Árboles Generadores*. Universidad Politécnica de Madrid, Facultad de Informática, Madrid.
- Rodríguez Puente, R., & Lazo Cortés, M. (enero-abril de 2017). Búsquedas de caminos mínimos haciendo uso de grafos reducidos. *Ingeniería Industrial*, 38(1), 32-42.
- Salazar, J. (2016). *Redes Inalámbricas*. República Checa: TechPedia.
- Sanz, J., Juan, J., & Hernández, M. (2013). *GNSS DATA PROCESSING (Vol. I: Fundamentals and Algorithms)*. (K. Fletcher, Ed.) ESA.

- Sarría, F. (2001). *Sistemas de Información Geográfica*. Murcia: Universidad de Murcia.
- SINAVEF. (2011). *SMARTPHONE*.
- Souto Llamas, M. S. (2009). *Diseño de una Red Activa GNSS para la Provincia de Córdoba*. Universidad Politécnica de Valencia, Córdoba.
- Stallings, W. (2005). *Sistemas Operativos: Aspectos internos y principios de diseño* (5 ed.). Madrid, España: Pearson Educación.
- statista. (9 de enero de 2019). *Los lenguajes de programación más usados del mundo*. Obtenido de <https://es.statista.com/grafico/16580/lenguajes-de-programacion-mas-usados-del-mundo/>
- Suárez Escudero, J. C. (29 de agosto de 2011). Discapacidad visual y ciega en el adulto: Revisión del tema. 170-180.
- UNCUYO. (13 de octubre de 2017). *Universidad Nacional de Cuyo*. Obtenido de 15 de octubre: Día Mundial del Bastón Blanco: <http://educacion.uncuyo.edu.ar/15-de-octubre-dia-mundial-del-baston-blanco43>
- uxxermag. (22 de septiembre de 2019). *Todas las versiones de Android y sus características*. Obtenido de <https://uxxermag.com/todas-las-versiones-de-android-y-sus-caracteristicas/>
- van Rossum, G. (2017). *El tutorial de Python*. (F. Drake, Ed.) Argentina.
- Vázquez Castaño, J. (2011). *Fundamentos del sistema GPS* (Vol. 5). Obtenido de www.fortop.es

VTT Electronics. (28 de mayo de 2008). *AGILE Software Technologies Research Programme*. Obtenido de Mobile-D:
<http://virtual.vtt.fi/virtual/agile/mobiled.html>

Weyn, M., & Schrooyen, F. (31 de enero de 2008). *A WiFi Assisted GPS Positioning Concept*. University College of Antwerp, department of Applied Engineering.

Zurdo, D. (2007). *Google Earth: el sistema de información geográfica global de Google*.

ANEXOS

ANEXO 1: Formato de la entrevista realizada al personal de instrucción o apoyo a personas con discapacidad visual.

1.- En el Centro de Educación Popular Especial de Imbabura (CEPE-I) o Asociación de No Videntes Imbabura: ¿Qué tipo de servicios o ayuda tienen acceso las personas con discapacidad visual?

2.- ¿Qué tipo de servicio o ayuda es la más solicitada por personas con discapacidad visual que los visitan?

3.- En la Asociación de No Videntes de Imbabura y CEPE-I: ¿Qué clase de eventos o proyectos se realizan para personas con discapacidad visual?

4.- ¿Cuántas personas con discapacidad visual visitan la asociación de no videntes Imbabura y CEPE-I cada semana?

5.- ¿Cuántas personas con discapacidad visual que visitan la Asociación de No Videntes y CEPE-I pertenecen a la ciudad de Ibarra?

6.- Considera que: ¿El centro de la ciudad de Ibarra cuenta con la señalización adecuada o facilidades de movilización para personas con discapacidad visual?

7.- Las personas con discapacidad Visual que los visitan, generalmente llegan solas con la ayuda de alguna herramienta guía o acompañadas de alguna persona?

8.- ¿Conoce las dificultades que atraviesan las personas con discapacidad visual para movilizarse por el centro de la ciudad?

ANEXO 2: Formato de la entrevista realizada a personas con discapacidad visual.

- 1.- ¿Cuál es su nombre?
- 2.- ¿Cuál es su ocupación?
- 3.- ¿Cuál es su nivel de discapacidad visual?
- 4.- ¿Hace cuánto tiempo trabaja/estudia?
- 5.- ¿Cómo llega al centro de la ciudad de Ibarra?, ¿Transporte público, privado o caminando?
- 6.- ¿Recibe algún tipo de apoyo de personas o herramientas para movilizarse de un punto a otro en el centro de la ciudad?
- 7.- ¿Cuánto tiempo le toma transitar 4 calles del Centro de la ciudad?
- 8.- ¿Cuál es el mayor obstáculo que encuentra para llegar hasta su lugar de trabajo o punto específico del centro de la ciudad?
- 9.- Considera que: ¿El centro de la ciudad de Ibarra cuenta con señalización adecuada para personas con discapacidad visual?
- 10.- ¿Qué sitios o servicios suele frecuentar en la zona centro de la ciudad de Ibarra?
- 11.- ¿Usaría un camino predefinido con la menor cantidad de obstáculos posibles para llegar a un lugar de destino dentro la zona centro de Ibarra?
- 12.- ¿Cuenta con un teléfono inteligente? ¿Marca y Modelo?
- 13.- ¿Cuáles son las funciones del teléfono que más suele utilizar?

ANEXO 3: Resumen de la entrevista realizada a Lic. Gustavo Fajardo, docente voluntario en el CEPE-I y ANVI.

Gustavo Fajardo es docente voluntario en el CEPE-I y ANVI, lleva 2 años realizando esta actividad, presta servicio de capacitación en matemáticas, inglés, computación y formas orientación. Menciona que los servicios más usados en este centro son de capacitación y alimentación. Indica que trabajan 10 meses al año como cualquier otra institución, los tipos de eventos que realizan son celebración de festividades; el número de asistentes no es fijo, pero en promedio son de 18 a 20 personas que asisten cada semana. Señala que el centro de Ibarra no cuenta con una señalización adecuada para personas con discapacidad visual, además que por sus calles se encuentran todo tipo de obstáculos como subidas y bajadas de las veredas, objetos en exteriores de locales, basureros, gradas, entre otros. Menciona que las personas con discapacidad visual asistentes siempre llegan acompañadas y algunas con ayuda de su bastón guía.

ANEXO 4: Resumen de la entrevista realizada a la Lic. Elena Avellanela, docente voluntario en el CEPE-I y ANVI.

Elena Avellanela es docente voluntaria en el área de inglés, señala que en este centro y asociación se brinda todo tipo de capacitación incluso en cómo realizar algunas actividades diarias que las personas con discapacidad visual suelen tener ciertas dificultades, adicional a esto se prestan servicios como internet, computadoras, formas orientación, entre otras. Indica que se celebran festividades y cumplen con el año escolar. Menciona que aproximadamente son 30 miembros pertenecientes a toda la provincia. Su pronunciación sobre las facilidades de movilización o señalética en el centro de la ciudad es que no cuenta con ella, solamente para discapacidades física, especificando las rampas en las veredas. Comenta que algunos de los miembros llegan solos, mientras que la

mayoría acompañados, con ayuda de alguien. Opina que los principales obstáculos son letreros, caballetes, desniveles, cruces de calles, los transeúntes.

ANEXO 5: Resumen de la entrevista realizada al Sr. Juan Puma, presidente de la Asociación de No Videntes Imbabura (ANVI).

Juan Puma después de 2 años continua su labor como presidente de la Asociación de no Videntes Imbabura (ANVI), es el responsable de enseñanza en la materia de computación, lectura y escritura braille, tiene un 79% discapacidad visual en su carné, aunque señala que actualmente es total. Indica que para moverse utiliza el transporte público y camina con ayuda de su bastón, menciona que, para transitar 4 calles de la ciudad, demora alrededor de 5 a 10 minutos, pero considera que una persona con menos experiencia y sin ayuda puede tardar mucho más. Menciona que son muchos los obstáculos que enfrenta cada día, incluyendo la discriminación de las personas. Considera que existen partes no accesibles en las calles, pero la calle Bolívar es transitable. Visita lugares como el Municipio de Ibarra bastante seguido, instituciones públicas para hacer gestiones, BanEcuador, subcentro de Salud. Le atrae la idea de usar una aplicación que le indique una ruta asignada para su movilización, aunque considera que sería de mayor ayuda un dispositivo adaptable a su bastón guía. Cuenta con un teléfono móvil marca Samsung modelo J2, las funciones que más utiliza con su smartphone son WhatsApp, Facebook, Messenger, correo electrónico, YouTube, apps especialmente para comunicarse.

ANEXO 6: Resumen de la entrevista realizada a la Sra. Vilma Guerrero, miembro del CEPE-I y ANVI.

Vilma Guerrero es ama de casa, vive en la ciudad de Ibarra, lleva 4 años con un 79% discapacidad visual, utiliza el transporte público y camina para moverse. Siempre va

acompañada con persona como guía, no usa el bastón. Demora 5 a 10 min el caminar 4 calles del centro de la ciudad caminando con guía. Se ha encontrado con varios obstáculos al caminar como vitrinas, bicicletas, carros mal parqueados, desniveles, cruce de calles. Señala que el sonido de los semáforos ayuda a cruzar calle, pero además de ello no encuentra una señalización adecuada para personas con discapacidad visual en el centro de la ciudad. Visita lugares como: Parque Pedro Moncayo, Municipio, CNT, Fiscalía, centro de salud, la merced, Torreón. Considera que si estuviera dispuesta a usar una ruta con menos obstáculos. Cuenta con un teléfono Samsung J2, pero se encuentra en el proceso de aprendizaje así que lo maneja poco, para funciones básicas como conocer la hora o realizar llamadas.

ANEXO 7: Resumen de la entrevista realizada a la Srta. Noemi Trejo, coordinadora del Centro de Educación Popular Especial de Imbabura (CEPE-I).

Noemi Trejo es la Coordinadora del Centro de Educación Popular Especial Imbabura (CEPE-I), lleva 30 años desempeñando el cargo, tiene ceguera total, cuenta que fue quien incentivo a dar lugar a la educación inclusiva, contrataron a personal calificado de FACINAR, una fundación de Guayaquil para capacitación de personal voluntario. Se traslada caminando con el apoyo del bastón, dice poder transitar 4 calles de la ciudad en 10 minutos, debido a los obstáculos prefiere caminar despacio. Se ha topado con numerosas dificultades en las calles como: los mismos transeúntes, rampas, bicicletas, desniveles, huecos, diferentes objetos, vitrinas. Considera que no existe facilidades ni señalización de ayuda para personas con discapacidad visual en el centro de la ciudad. Visita muchos lugares, en especial instituciones públicas. Cuenta con un teléfono Samsung J2, el cual usa para funciones básicas, como saber la hora, recibir y realizar llamadas, WhatsApp.

ANEXO 8: Resumen de la entrevista realizada al Sr. José Túquerres, miembro del CEPE-I y ANVI.

José Carlos Túquerres Cabascango es un joven sin ocupación, tiene discapacidad visual moderada, vive en Imantag, viaja solo, usa transporte público y camina para movilizarse; menciona que no conoce el centro de la ciudad de Ibarra y tarda alrededor de 10 min en transitar 4 calles de la misma. Los obstáculos en su opinión son las veredas y cruces de calle. Considera que, si existe señalización en el caso de los semáforos, el resto no. Si está dispuesto a usar una ruta predefinida por una aplicación móvil. Cuenta con un teléfono de marca Samsung modelo J2 Prime. Las funciones que más usa son Facebook, Messenger, YouTube, WhatsApp, llamadas.

ANEXO 9: Resumen de entrevistas para determinar requerimientos del usuario sobre el funcionamiento del sistema.

El día 29 de julio de 2020 se realizó una entrevista a la Srta. Noemi Trejo, Coordinadora del Centro de Educación Popular Especial de Imbabura (CEPE-I) y al Sr. Juan Puma, presidente de la Asociación de No Videntes de Imbabura; misma que tiene como fin el ayudar a modelar el funcionamiento del sistema, acorde a sus necesidades y requerimientos en calidad de usuarios; para conocer dichos detalles, se realizaron las preguntas a continuación listadas:

- 1.- ¿Qué modelo de teléfono celular usa actualmente?
- 2.- ¿Cuáles son las aplicaciones que utiliza con mayor frecuencia?
- 3.- ¿Cómo realiza la gestión de estas aplicaciones?
- 4.- ¿Cómo preferiría interactuar con la aplicación propuesta por el sistema? (botones, comandos de voz)

5.- ¿Cómo le gustaría que la aplicación le advierta sobre obstáculos en la ruta?

6.- ¿Qué otra función adicional le gustaría presente la aplicación móvil?

ANEXO 10: Descripción de los obstáculos encontrados en las calles que conforman el área de estudio.

Se detallan los elementos encontrados en cada tramo, mismos que se extienden perpendicularmente a la calle donde se originan hasta el próximo límite de la zona, en sentido norte-sur u oeste-este de ser el caso; debido a que cada calle contiene dos aceras, se las identificará con las letras “a” y “b” respectivamente. Para caso de estudio se considerará a la porción producida por la intersección entre calles como segmento.

Tramo 1a

El tramo 1 se compone por la calle Sánchez y Cifuentes en dirección norte-sur, contiene 2 aceras a y b, al igual que 5 segmentos, todo esto es posible identificar en la figura 1.

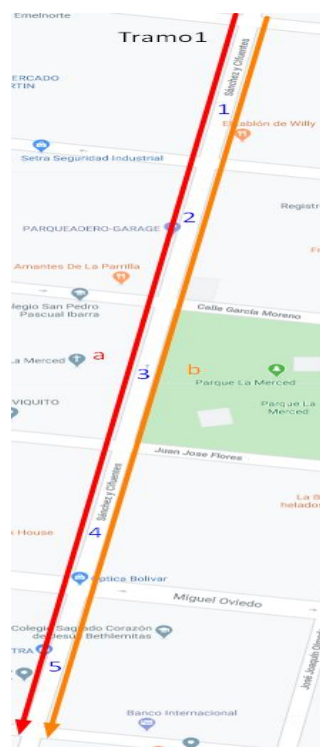


Figura 1. Tramo 1 que se compone de la calle Sánchez y Cifuentes en sentido norte-sur.

Fuente: Google Maps.

El recorrido empieza en el punto 1 de la tabla , en la acera a de la figura 1, el primer obstáculo que se encuentra en este tramo es el cruce de calle en la intersección con la Eusebio Borrero, que se muestra en la fig. 2, al existir este desnivel deben ser cuidadosos o podrían sufrir algún tipo de caída, de igual forma tener precaución con los vehículos que circulan por la zona.



Figura 2. Cruce de calle entre la Sánchez y Cifuentes y Eusebio Borrero

Fuente: Google Maps.

En el segmento 1 de este tramo no se evidencia presencia de superficie podotáctil y tiene algo de irregularidades en el terreno, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Germán Grijalva, esto se puede observar en la figura 3.



Figura 3. Segmento 1 de la calle Sánchez y Cifuentes

Fuente: Autoría.

En el segmento 2 de este tramo existe presencia de superficie podotáctil, se puede encontrar un semáforo ubicado sobre esta franja, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la García Moreno, esto se puede observar en la figura 4.



Figura 4. Segmento 2 de la calle Sánchez y Cifuentes

Fuente: Autoría.

En el segmento 3 de este tramo no existe presencia de superficie podotáctil, también se puede encontrar un gran obstáculo compuesto de gradas al comienzo de la iglesia de la Merced, lo que la vuelve intransitable para personas con discapacidad visual debido al riesgo que esta presenta y la falta de medidas de seguridad, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Juan José Flores, esto se puede observar en la figura 5.



Figura 5. Segmento 3 de la calle Sánchez y Cifuentes

Fuente: Autoría.

En el segmento 4 de este tramo existe presencia de superficie podotáctil, se puede encontrar un semáforo ubicado cerca esta franja, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Miguel Oviedo, esto se puede observar en la figura 6.



Figura 6. Segmento 4 de la calle Sánchez y Cifuentes

Fuente: Autoría.

En el segmento 5 de este tramo existe presencia de superficie podotáctil, se puede encontrar un semáforo ubicado cerca esta franja, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Pedro Moncayo, esto se puede observar en la figura 7.



Figura 7. Segmento 5 de la calle Sánchez y Cifuentes

Fuente: Autoría.

Tramo 1b

El tramo 1 se compone por la calle Sánchez y Cifuentes en dirección norte-sur, contiene 2 aceras a y b, al igual que 5 segmentos, todo esto es posible identificar en la figura 1.

El recorrido empieza en el punto 1 de la tabla 29, en la acera b de la figura 1, el primer obstáculo que se encuentra en este tramo es el cruce de calle en la intersección con la Eusebio Borrero, que se muestra en la fig. 8, al existir este desnivel deben ser cuidadosos o podrían sufrir algún tipo de caída, de igual forma tener precaución con los vehículos que circulan por la zona.



Figura 8. Cruce de calle entre la Sánchez y Cifuentes y Eusebio Borrero

Fuente: Google Maps.

En el segmento 1 de este tramo no se evidencia superficie podotáctil y tiene algo de irregularidades en el terreno, encontramos un poste de semáforo, una parada de bus y gradas de un local comercial cercanas a un poste de alumbrado público, dejando un espacio estrecho para los transeúntes, esto se puede observar en la figura 9, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Germán Grijalva.



Figura 9. Segmento 1 de la calle Sánchez y Cifuentes

Fuente: Autoría.

En el segmento 2 de este tramo existe presencia de superficie podotáctil, se puede encontrar un poste con cables ubicado cerca de esta franja, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la García Moreno, esto se puede observar en la figura 10.



Figura 10. Segmento 2 de la calle Sánchez y Cifuentes

Fuente: Autoría.

En el segmento 3 de este tramo no existe presencia de superficie podotáctil, se encuentran pequeños topes bastante distanciados para delimitar la vereda de la calle, ya que estas se encuentran al mismo nivel, esto se puede observar en la figura 11, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Juan José Flores.



Figura 11. Segmento 3 de la calle Sánchez y Cifuentes

Fuente: Autoría.

En el segmento 4 de este tramo existe presencia de superficie podotáctil, se puede encontrar una barra de tensión y un poste ubicado encima esta franja, esto se puede apreciar en la figura 12, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Miguel Oviedo.



Figura 12. Segmento 4 de la calle Sánchez y Cifuentes

Fuente: Autoría.

En el segmento 5 de este tramo existe presencia de superficie podotáctil, se puede encontrar una parada de bus ubicada sobre dicha franja, esto se puede observar en la figura 13, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Pedro Moncayo.



Figura 13. Segmento 5 de la calle Sánchez y Cifuentes

Fuente: Autoría.

Tramo 2a

El tramo 2 se compone por la calle José Joaquín Olmedo en dirección norte-sur, contiene 2 aceras a y b, al igual que 5 segmentos, todo esto es posible identificar en la figura 14.

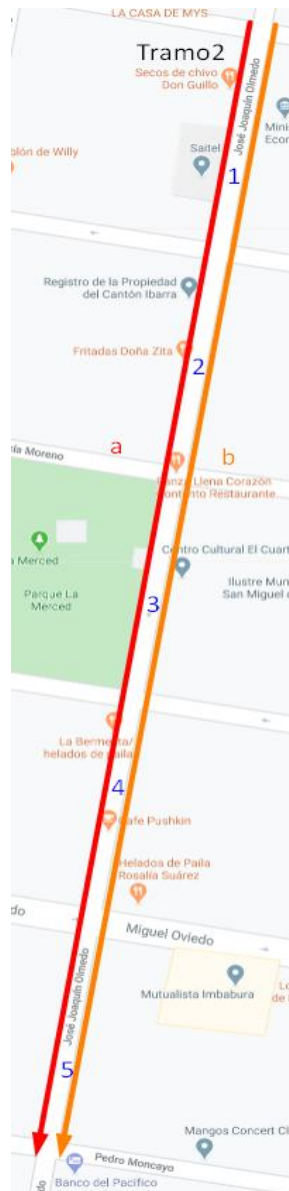


Figura 14. Tramo 2 que se compone de la calle José Joaquín Olmedo en sentido norte-sur.

Fuente: Google Maps.

El recorrido empieza en el punto 2 de la tabla 29, en la acera “a” de la figura 14, el primer obstáculo que se encuentra en este tramo es el cruce de calle en la intersección con

la Eusebio Borrero, que se muestra en la fig. 15, al existir este desnivel deben ser cuidadosos o podrían sufrir algún tipo de caída, de igual forma tener precaución con los vehículos que circulan por la zona.



Figura 15. Cruce de calle entre la José Joaquín Olmedo y Eusebio Borrero

Fuente: Google Maps.

En el segmento 1 de este tramo no se evidencia presencia de superficie podotáctil y tiene algo de irregularidades en el terreno, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Germán Grijalva, esto se puede observar en la figura 16.



Figura 16. Segmento 1 de la calle José Joaquín Olmedo

Fuente: Autoría.

En el segmento 2 de este tramo existe presencia de superficie podotáctil, no existe obstrucciones a lo largo del segmento, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la García Moreno, la cual presenta topes en el filo de su vereda, esto se puede observar en la figura 17.



Figura 17. Segmento 2 de la calle José Joaquín Olmedo

Fuente: Autoría.

En el segmento 3 de este tramo no existe presencia de superficie podotáctil, también se puede encontrar dos postes en el filo de la vereda cerca de los puestos de venta de confites, lo que deja un espacio algo estrecho para caminar, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Juan José Flores, la cual presenta topes en el filo de su vereda , esto se puede observar en la figura 18.



Figura 18. Segmento 3 de la calle José Joaquín Olmedo

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 4 se puede evidenciar un difícil acceso debido a una serie de obstáculos, el tramo presenta superficie podotáctil, es posible encontrar un semáforo ubicado cerca esta franja, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Miguel Oviedo, esto se puede observar en la figura 19.



Figura 19. Segmento 4 de la calle José Joaquín Olmedo

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 5 se presenta un dispensador de tickets de parqueo, lo que dificulta su acceso, en este tramo existe presencia de superficie podotáctil, se puede encontrar un semáforo ubicado cerca esta franja, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Pedro Moncayo, esto se puede observar en la figura 20.



Figura 20. Segmento 5 de la calle José Joaquín Olmedo

Fuente: Autoría.

Tramo 2b

El tramo 2 se compone por la calle José Joaquín Olmedo en dirección norte-sur, contiene 2 aceras a y b, al igual que 5 segmentos, todo esto es posible identificar en la figura 14.

El recorrido empieza en el punto 2 de la tabla 29, en la acera “b” de la figura 14, el primer obstáculo que se encuentra en este tramo es el cruce de calle en la intersección con la Eusebio Borrero, que se muestra en la fig. 21, al existir este desnivel deben ser cuidadosos o podrían sufrir algún tipo de caída, de igual forma tener precaución con los vehículos que circulan por la zona.



Figura 21. Cruce de calle entre la José Joaquín Olmedo y Eusebio Borrero

Fuente: Google Maps.

En el segmento 1 de este tramo no se evidencia presencia de superficie podotáctil, se presentan varios postes que pueden dificultar la movilidad, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Germán Grijalva, esto se puede observar en la figura 22.



Figura 22. Segmento 1 de la calle José Joaquín Olmedo

Fuente: Autoría.

En el segmento 2 de este tramo existe presencia de superficie podotáctil, no existe obstrucciones a lo largo del segmento, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la García Moreno, la cual presenta topes en el filo de su vereda, esto se puede observar en la figura 23.



Figura 23. Segmento 2 de la calle José Joaquín Olmedo

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 3 de este tramo existen topes en el filo de la vereda, se presenta superficie podotáctil, también se puede encontrar un poste y una señalética sobre la franja, lo que deja un espacio estrecho para circular, el próximo obstáculo es el cruce de calle

con la Juan José Flores, donde existe una serie de obstáculos, esto se puede observar en la figura 24.



Figura 24. Segmento 3 de la calle José Joaquín Olmedo

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 4 se puede evidenciar un difícil acceso debido a una serie de obstáculos, el tramo presenta superficie podotáctil, es posible encontrar un semáforo ubicado cerca esta franja, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Miguel Oviedo, esto se puede observar en la figura 25.



Figura 25. Segmento 4 de la calle José Joaquín Olmedo

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 5 se presenta un semáforo y un poste sobre la franja podotáctil, se puede encontrar una serie de postes a lo largo del segmento, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Pedro Moncayo, esto se puede observar en la figura 26.

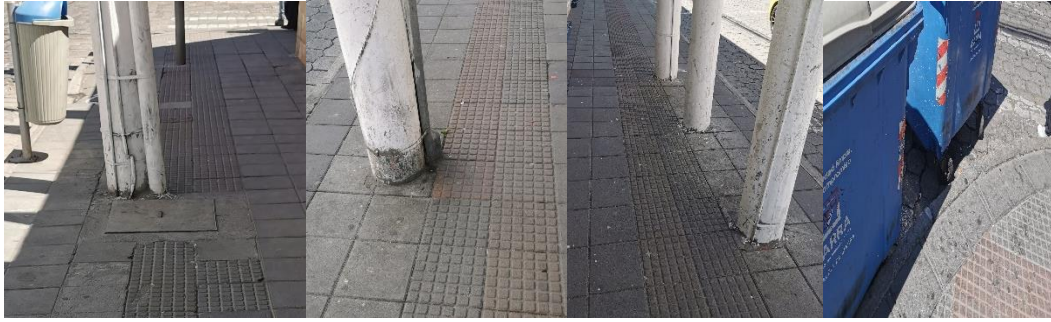


Figura 26. Segmento 5 de la calle José Joaquín Olmedo

Fuente: Autoría.

Tramo 3a

El tramo 3 se compone por la calle Simón Bolívar en dirección norte-sur, contiene 2 aceras a y b, al igual que 5 segmentos, todo esto es posible identificar en la figura 27.

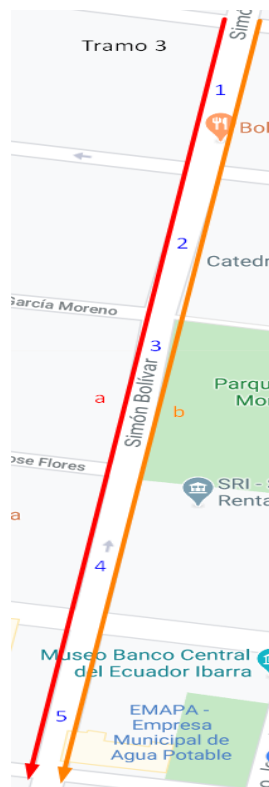


Figura 27. Tramo 3 que se compone de la calle Simón Bolívar en sentido norte-sur.

Fuente: Google Maps.

El recorrido empieza en el punto 3 de la tabla 29, en la acera “a” de la figura 27, el primer obstáculo que se encuentra en este tramo es el cruce de calle en la intersección con la Eusebio Borrero, que se muestra en la fig. 28, al existir este desnivel deben ser cuidadosos o podrían sufrir alguna caída, de igual forma tener precaución con los vehículos que circulan por la zona.



Figura 28. Cruce de calle entre la José Joaquín Olmedo y Eusebio Borrero

Fuente: Observación directa.

En el segmento 1 de este tramo no se evidencia presencia de superficie podotáctil, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Germán Grijalva donde sobresalen unos topes o bolardos al comenzar la vereda, esto se puede observar en la figura 29.



Figura 29. Segmento 1 de la calle Simón Bolívar

Fuente: Autoría.

En el segmento 2 de este tramo no existe presencia de superficie podotáctil, no existe obstrucciones a lo largo del segmento, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la García Moreno, la cual presenta topes en el filo de su vereda, esto se puede observar en la figura 30.



Figura 30. Segmento 2 de la calle Simón Bolívar

Fuente: Autoría.

En el segmento 3 de este tramo no existe presencia de superficie podotáctil, también se puede encontrar varios desniveles y algunas gradas, obstáculo es el cruce de calle con la Juan José Flores, la cual presenta topes en el filo de su vereda , esto se puede observar en la figura 31.

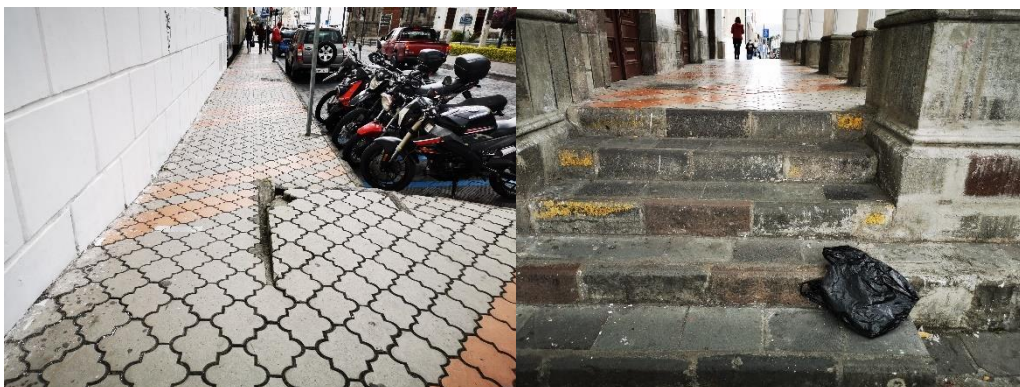


Figura 31. Segmento 3 de la calle Simón Bolívar

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 4 se puede evidenciar un difícil acceso debido a topes o bolardos, el tramo no presenta superficie podotáctil, es posible encontrar topes o bolardos al final de la calle, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Miguel Oviedo, esto se puede observar en la figura 32.



Figura 32. Segmento 4 de la calle José Joaquín Olmedo

Fuente: Autoría.

Al inicio y al final del segmento 5 se presentan topes o bolardos, lo que dificulta su acceso, en este tramo no existe presencia de superficie podotáctil, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Pedro Moncayo, esto se puede observar en la figura 33.



Figura 33. Segmento 5 de la calle José Joaquín Olmedo

Fuente: Autoría.

Tramo 3b

El tramo 3 se compone por la calle Simón Bolívar en dirección norte-sur, contiene 2 aceras a y b, al igual que 5 segmentos, todo esto es posible identificar en la figura 27.

El recorrido empieza en el punto 3 de la tabla 29, en la acera “b” de la figura 27, el primer obstáculo que se encuentra en este tramo es el cruce de calle en la intersección con la Eusebio Borrero, que se muestra en la fig. 34, al existir este desnivel deben ser cuidadosos o podrían sufrir alguna caída, de igual forma tener precaución con los vehículos que circulan por la zona.



Figura 34. Cruce de calle entre la José Joaquín Olmedo y Eusebio Borrero

Fuente: Observación directa.

En el segmento 1 de este tramo no se evidencia presencia de superficie podotáctil, se presentan postes de semáforo que pueden dificultar la movilidad, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Germán Grijalva que al inicio de la vereda presenta topes o bolardos, esto se puede observar en la figura 35.



Figura 35. Segmento 1 de la calle José Joaquín Olmedo

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 2 se encuentra topes o bolardos, no existe presencia de superficie podotáctil, no existe obstrucciones a lo largo del segmento, no presenta cruce con la calle con la García Moreno, esto se puede observar en la figura 36.



Figura 36. Segmento 2 de la calle José Joaquín Olmedo

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 3 de este tramo existen topes en el filo de la vereda, se presenta superficie podotáctil, también se puede encontrar un poste y una señalética sobre la franja, lo que deja un espacio estrecho para circular, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Juan José Flores, donde existe una serie de obstáculos, esto se puede observar en la figura 37.



Figura 37. Segmento 3 de la calle José Joaquín Olmedo

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 4 se puede evidenciar un difícil acceso debido a una serie de obstáculos, el tramo presenta superficie podotáctil, es posible encontrar un semáforo ubicado cerca esta franja, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Miguel Oviedo, esto se puede observar en la figura 38.



Figura 38. Segmento 4 de la calle José Joaquín Olmedo

Fuente: Autoría.

Al inicio y al final del segmento 5 se presentan topes o bolardos, no se observa franja podotáctil, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Pedro Moncayo, esto se puede observar en la figura 39.



Figura 39. Segmento 5 de la calle José Joaquín Olmedo

Fuente: Autoría.

Tramo 4a

El tramo 4 se compone por la calle Antonio José de Sucre en dirección norte-sur, contiene 2 aceras a y b, al igual que 5 segmentos, todo esto es posible identificar en la figura 40.



Figura 40. Tramo 4 que se compone de la calle Antonio José de Sucre en sentido norte-sur.

Fuente: Google Maps.

El recorrido empieza en el punto 4 de la tabla 29, en la acera “a” de la figura 40, el primer obstáculo que se encuentra en este tramo es el cruce de calle en la intersección con la Eusebio Borrero, que se muestra en la fig. 41, al existir este desnivel deben ser cuidadosos o podrían sufrir alguna caída, de igual forma tener precaución con los vehículos que circulan por la zona.



Figura 41. Cruce de calle entre la José Joaquín Olmedo y Eusebio Borrero

Fuente: Observación directa.

En el segmento 1 de este tramo no se evidencia presencia de superficie podotáctil y tiene algo de irregularidades en el terreno, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Germán Grijalva, esto se puede observar en la figura 42.



Figura 42. Segmento 1 de la calle Antonio José de Sucre

Fuente: Autoría.

En el segmento 2 de este tramo existe presencia de superficie podotáctil, se encuentra situadas varias gradas que dan acceso a la iglesia, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la García Moreno, esto se puede observar en la figura 43.

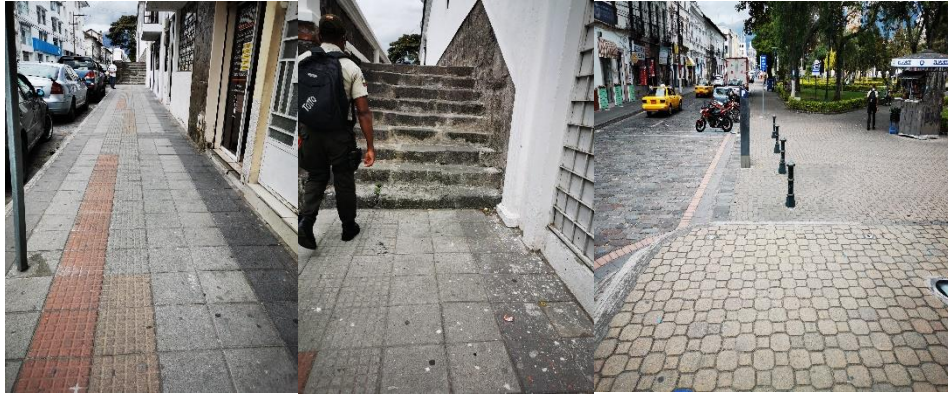


Figura 43. Segmento 2 de la calle Antonio José de Sucre

Fuente: Autoría.

En el segmento 3 de este tramo no existe presencia de superficie podotáctil, también se puede encontrar topes o bolardos, señal de tránsito, una parada de bus y otra señal de tránsito al final del segmento, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Juan José Flores, la cual presenta topes en el filo de su vereda , esto se puede observar en la figura 44.



Figura 44. Segmento 3 de la calle Antonio José de Sucre

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 4 se puede evidenciar que el cruce de calle es algo extenso, el tramo presenta superficie podotáctil, es posible encontrar una máquina de tickets, un árbol

y una rampa, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Miguel Oviedo, esto se puede observar en la figura 45.



Figura 45. Segmento 4 de la calle Antonio José de Sucre

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 5 se presenta una rampa, en este tramo existe presencia de superficie podotáctil, se puede encontrar un semáforo ubicado al final del segmento, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Pedro Moncayo, esto se puede observar en la figura 46.



Figura 46. Segmento 5 de la calle Antonio José de Sucre

Fuente: Autoría.

Tramo 4b

El tramo 4 se compone por la calle Simón Bolívar en dirección norte-sur, contiene 2 aceras a y b, al igual que 5 segmentos, todo esto es posible identificar en la figura 40.

El recorrido empieza en el punto 4 de la tabla 29, en la acera “b” de la figura 40, el primer obstáculo que se encuentra en este tramo es el cruce de calle en la intersección con la Eusebio Borrero, que se muestra en la fig. 47, al existir este desnivel deben ser cuidadosos o podrían sufrir algún tipo de caída, de igual forma tener precaución con los vehículos que circulan por la zona.



Figura 47. Cruce de calle entre la Simón Bolívar y Eusebio Borrero

Fuente: Observación directa

En el segmento 1 de este tramo no se evidencia presencia de superficie podotáctil, se presenta un poste que puede dificultar la movilidad, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Germán Grijalva, esto se puede observar en la figura 48.



Figura 48. Segmento 1 de la calle Simón Bolívar

Fuente: Autoría.

En el segmento 2 de este tramo existe presencia de superficie podotáctil, no existe obstrucciones a lo largo del segmento, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la García Moreno, esto se puede observar en la figura 49.

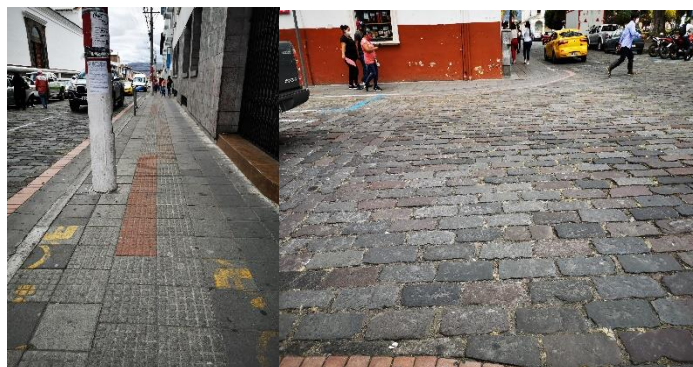


Figura 49. Segmento 2 de la calle Simón Bolívar

Fuente: Autoría.

En el segmento 3 de este tramo no se presentan obstáculos en medio de la calle, se evidencia superficie podotáctil, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Juan José Flores, esto se puede observar en la figura 50.



Figura 50. Segmento 3 de la calle Simón Bolívar

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 4 el tramo presenta superficie podotáctil, es posible encontrar un semáforo ubicado cerca esta franja, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Miguel Oviedo, esto se puede observar en la figura 51.



Figura 51. Segmento 4 de la calle Simón Bolívar

Fuente: Autoría.

En el segmento 5 no se presentan obstáculos en medio de la calle, se evidencia franja podotáctil, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Pedro Moncayo, esto se puede observar en la figura 52.

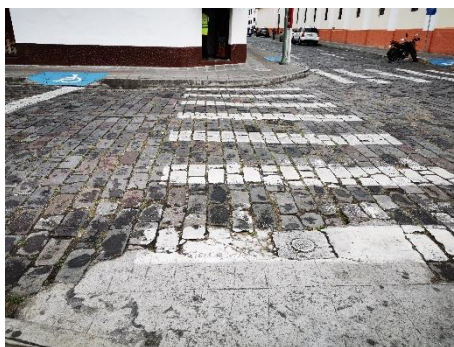


Figura 52. Segmento 5 de la calle Simón Bolívar

Fuente: Autoría.

Tramo 5a

El tramo 5 se compone por la calle Vicente Rocafuerte en dirección norte-sur, contiene 2 aceras a y b, al igual que 5 segmentos, todo esto es posible identificar en la figura 53.

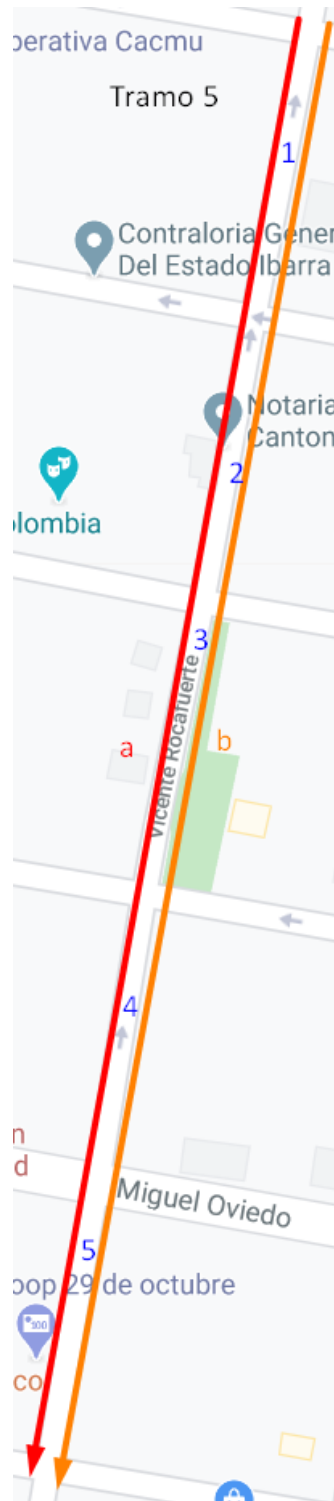


Figura 53. Tramo 5 que se compone de la calle Vicente Rocafuerte en sentido norte-sur.

Fuente: Google Maps.

El recorrido empieza en el punto 5 de la tabla 29, en la acera “a” de la figura 53, el primer obstáculo que se encuentra en este tramo es el cruce de calle en la intersección con

la Eusebio Borrero, que se muestra en la fig. 54, al existir este desnivel deben ser cuidadosos o podrían sufrir alguna caída, de igual forma tener precaución con los vehículos que circulan por la zona.



Figura 54. Cruce de calle entre la Vicente Rocafuerte y Eusebio Borrero

Fuente: Observación directa.

En el segmento 1 de este tramo no se evidencia presencia de superficie podotáctil y tiene algo de irregularidades en el terreno, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Germán Grijalva, esto se puede observar en la figura 55.



Figura 55. Segmento 1 de la calle Vicente Rocafuerte

Fuente: Autoría.

En el segmento 2 de este tramo existe presencia de superficie podotáctil, no existe obstrucciones a lo largo del segmento, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la García Moreno, esto se puede observar en la figura 56.



Figura 56. Segmento 2 de la calle Vicente Rocafuerte

Fuente: Autoría.

En el segmento 3 de este tramo existe presencia de superficie podotáctil, se evidencia un poste de semáforo al final del segmento, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Juan José Flores, la cual presenta topes en el filo de su vereda , esto se puede observar en la figura 57.



Figura 57. Segmento 3 de la calle Vicente Rocafuerte

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 4 se puede evidenciar un difícil acceso debido a una serie de obstáculos, el tramo presenta superficie podotáctil, es posible encontrar un semáforo ubicado cerca esta franja, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Miguel Oviedo, esto se puede observar en la figura 58.



Figura 58. Segmento 4 de la calle Vicente Rocafuerte

Fuente: Autoría.

En el segmento 5 existe presencia de superficie podotáctil, no se encuentran obstáculos en medio de la calle, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Pedro Moncayo, esto se puede observar en la figura 59.



Figura 59. Segmento 5 de la calle Vicente Rocafuerte

Fuente: Autoría.

Tramo 5b

El tramo 5 se compone por la calle Vicente Rocafuerte en dirección norte-sur, contiene 2 aceras a y b, al igual que 5 segmentos, todo esto es posible identificar en la figura 53.

El recorrido empieza en el punto 5 de la tabla 29, en la acera “b” de la figura 53, el primer obstáculo que se encuentra en este tramo es el cruce de calle en la intersección con la Eusebio Borrero, que se muestra en la fig. 60, al existir este desnivel deben ser cuidadosos o podrían sufrir algún tipo de caída, de igual forma tener precaución con los vehículos que circulan por la zona.



Figura 60. Cruce de calle entre la José Vicente Rocafuerte y Eusebio Borrero

Fuente: Observación directa.

En el segmento 1 de este tramo no se evidencia presencia de superficie podotáctil, se presenta un poste que puede dificultar la movilidad, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Germán Grijalva, esto se puede observar en la figura 61.



Figura 61. Segmento 1 de la calle Vicente Rocafuerte

Fuente: Autoría.

En el segmento 2 de este tramo existe presencia de superficie podotáctil, no existe obstrucciones a lo largo del segmento, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la García Moreno, esto se puede observar en la figura 62.



Figura 62. Segmento 2 de la calle Vicente Rocafuerte

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 3 de este tramo existen una rampa con topes en el filo de la vereda, no se presenta superficie podotáctil, también se puede encontrar un poste de semáforo, una señalética, una parada de bus y unas gradas, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Juan José Flores, donde existe una serie de obstáculos, esto se puede observar en la figura 63.



Figura 63. Segmento 3 de la calle Vicente Rocafuerte

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 4 se puede evidenciar una rampa, el tramo presenta superficie podotáctil, es posible encontrar un semáforo ubicado cerca esta franja, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Miguel Oviedo, esto se puede observar en la figura 64.



Figura 64. Segmento 4 de la calle Vicente Rocafuerte

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 5 se presenta una rampa, la calle presenta irregularidad en una parte, se observa otra rampa sobre la franja podotáctil al final del segmento, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Pedro Moncayo, esto se puede observar en la figura 65.



Figura 65. Segmento 5 de la calle Vicente Rocafuerte

Fuente: Autoría.

Tramo 6a

El tramo 6 se compone por la calle Pedro Vicente Maldonado en dirección norte-sur, contiene 2 aceras a y b, al igual que 5 segmentos, todo esto es posible identificar en la figura 66.

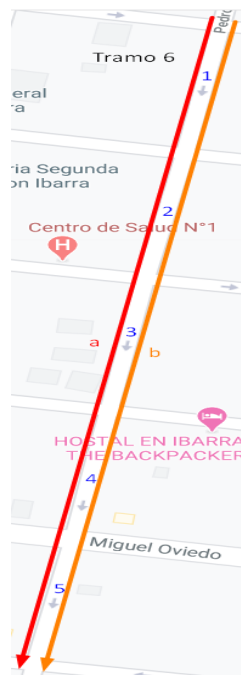


Figura 66. Tramo 6 que se compone de la calle Pedro Vicente Maldonado en sentido norte-sur.

Fuente: Google Maps.

El recorrido empieza en el punto 6 de la tabla 29, en la acera “a” de la figura 66, el primer obstáculo que se encuentra en este tramo es el cruce de calle en la intersección con la Eusebio Borrero, que se muestra en la fig. 67, al existir este desnivel deben ser cuidadosos o podrían sufrir algún tipo de caída, de igual forma tener precaución con los vehículos que circulan por la zona.



Figura 67. Cruce de calle entre la Pedro Vicente Maldonado y Eusebio Borrero

Fuente: Google Maps.

En el segmento 1 de este tramo no se evidencia presencia de superficie podotáctil y tiene algo de irregularidades en el terreno, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Germán Grijalva, esto se puede observar en la figura 68.



Figura 68. Segmento 1 de la calle Pedro Vicente Maldonado

Fuente: Autoría.

En el segmento 2 de este tramo existe presencia de superficie podotáctil, no existe obstrucciones a lo largo del segmento, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la García Moreno, la cual presenta topes en el filo de su vereda, esto se puede observar en la figura 69.



Figura 69. Segmento 2 de la calle Pedro Vicente Maldonado

Fuente: Autoría.

En el segmento 3 de este tramo no existe presencia de superficie podotáctil, también se puede encontrar dos postes en el filo de la vereda cerca de los puestos de venta de confites, lo que deja un espacio algo estrecho para caminar, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Juan José Flores, la cual presenta topes en el filo de su vereda , esto se puede observar en la figura 70.



Figura 70. Segmento 3 de la calle Pedro Vicente Maldonado

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 4 se puede evidenciar un difícil acceso debido a una serie de obstáculos, el tramo presenta superficie podotáctil, es posible encontrar un semáforo ubicado cerca esta franja, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Miguel Oviedo, esto se puede observar en la figura 71.



Figura 71. Segmento 4 de la calle Pedro Vicente Maldonado

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 5 se presenta un dispensador de tickets de parqueo, lo que dificulta su acceso, en este tramo existe presencia de superficie podotáctil, se puede encontrar un semáforo ubicado cerca esta franja, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Pedro Moncayo, esto se puede observar en la figura 72.



Figura 72. Segmento 5 de la calle Pedro Vicente Maldonado

Fuente: Autoría.

Tramo 6b

El tramo 6 se compone por la calle Pedro Vicente Maldonado en dirección norte-sur, contiene 2 aceras a y b, al igual que 5 segmentos, todo esto es posible identificar en la figura 66.

El recorrido empieza en el punto 6 de la tabla 29, en la acera “b” de la figura 66, el primer obstáculo que se encuentra en este tramo es el cruce de calle en la intersección con la Eusebio Borrero, que se muestra en la fig. 73, al existir este desnivel deben ser cuidadosos o podrían sufrir algún tipo de caída, de igual forma tener precaución con los vehículos que circulan por la zona.



Figura 73. Cruce de calle entre la Pedro Vicente Maldonado y Eusebio Borrero

Fuente: Google Maps.

En el segmento 1 de este tramo no se evidencia presencia de superficie podotáctil, se presentan varios postes que pueden dificultar la movilidad, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Germán Grijalva, esto se puede observar en la figura 74.



Figura 74. Segmento 1 de la calle Pedro Vicente Maldonado

Fuente: Autoría.

En el segmento 2 de este tramo existe presencia de superficie podotáctil, no existe obstrucciones a lo largo del segmento, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la García Moreno, la cual presenta topes en el filo de su vereda, esto se puede observar en la figura 75.



Figura 75. Segmento 2 de la calle Pedro Vicente Maldonado

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 3 de este tramo existen topes en el filo de la vereda, se presenta superficie podotáctil, también se puede encontrar un poste y una señalética sobre la franja, lo que deja un espacio estrecho para circular, el próximo obstáculo es el cruce de calle

con la Juan José Flores, donde existe una serie de obstáculos, esto se puede observar en la figura 76.



Figura 76. Segmento 3 de la calle Pedro Vicente Maldonado

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 4 se puede evidenciar un difícil acceso debido a una serie de obstáculos, el tramo presenta superficie podotáctil, es posible encontrar un semáforo ubicado cerca esta franja, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Miguel Oviedo, esto se puede observar en la figura 77.



Figura 77. Segmento 4 de la calle Pedro Vicente Maldonado

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 5 se presenta un semáforo y un poste sobre la franja podotáctil, se puede encontrar una serie de postes a lo largo del segmento, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Pedro Moncayo, esto se puede observar en la figura 78.



Figura 78. Segmento 5 de la calle Pedro Vicente Maldonado

Fuente: Autoría.

Tramo 7a

El tramo 7 se compone por la calle Eusebio Borrero en dirección oeste-este, contiene 2 aceras a y b, al igual que 5 segmentos, todo esto es posible identificar en la figura 79.

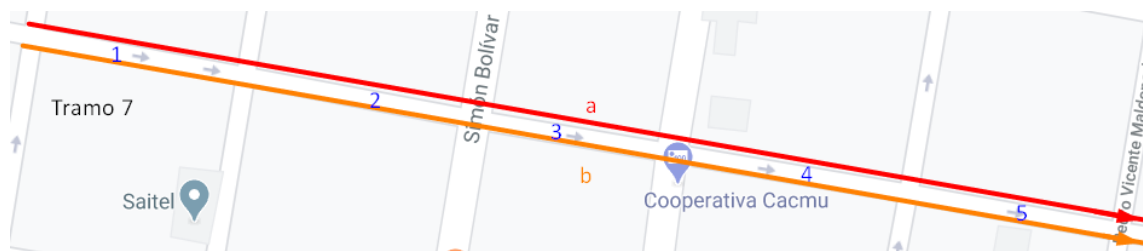


Figura 79. Tramo 7 que se compone de la calle Eusebio Borrero en sentido oeste-este.

Fuente: Google Maps.

El recorrido empieza en el punto 1 de la tabla 29, en la acera “a” de la figura 79, el primer obstáculo que se encuentra en este tramo es el cruce de calle en la intersección con la Sánchez y Cifuentes, que se muestra en la fig. 80, al existir este desnivel deben ser cuidadosos o podrían sufrir algún tipo de caída, de igual forma tener precaución con los vehículos que circulan por la zona.



Figura 80. Cruce de calle entre la Eusebio Borrero y Sánchez y Cifuentes

Fuente: Google Maps.

En el segmento 1 de este tramo no se evidencia presencia de superficie podotáctil y tiene algo de irregularidades en el terreno, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la José Joaquín Olmedo, esto se puede observar en la figura 81.



Figura 81. Segmento 1 de la calle Eusebio Borrero

Fuente: Autoría.

En el segmento 2 de este tramo existe presencia de superficie podotáctil, no existe obstrucciones a lo largo del segmento, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Simón Bolívar, la cual presenta topes en el filo de su vereda, esto se puede observar en la figura 82.



Figura 82. Segmento 2 de la calle Eusebio Borrero

Fuente: Autoría.

En el segmento 3 de este tramo no existe presencia de superficie podotáctil, también se puede encontrar dos postes en el filo de la vereda cerca de los puestos de venta de confites, lo que deja un espacio algo estrecho para caminar, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Antonio José de Sucre, la cual presenta topes en el filo de su vereda , esto se puede observar en la figura 83.



Figura 83. Segmento 3 de la calle Eusebio Borrero

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 4 se puede evidenciar un difícil acceso debido a una serie de obstáculos, el tramo presenta superficie podotáctil, es posible encontrar un semáforo ubicado cerca esta franja, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Vicente Rocafuerte, esto se puede observar en la figura 84.



Figura 84. Segmento 4 de la calle Eusebio Borrero

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 5 se presenta un desnivel, lo que dificulta su acceso, no existe presencia de superficie podotáctil, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Pedro Vicente Maldonado, esto se puede observar en la figura 85.



Figura 85. Segmento 5 de la calle Eusebio Borrero

Fuente: Autoría.

Tramo 7b

El tramo 7 se compone por la calle Eusebio Borrero en dirección oeste-este, contiene 2 aceras a y b, al igual que 5 segmentos, todo esto es posible identificar en la figura 79.

El recorrido empieza en el punto 1 de la tabla 29, en la acera “b” de la figura 79, el primer obstáculo que se encuentra en este tramo es el cruce de calle en la intersección con

la Sánchez y Cifuentes, que se muestra en la fig. 86, al existir este desnivel deben ser cuidadosos o podrían sufrir una caída, de igual forma tener precaución con los vehículos que circulan por la zona.



Figura 86. Cruce de calle entre la Eusebio Borrero y Sánchez y Cifuentes

Fuente: Observación directa.

En el segmento 1 de este tramo no se evidencia presencia de superficie podotáctil, se presenta un poste que puede dificultar la movilidad, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la José Joaquín Olmedo, esto se puede observar en la figura 87.



Figura 87. Segmento 1 de la calle Eusebio Borrero

Fuente: Autoría.

En el segmento 2 de este tramo no existe presencia de superficie podotáctil, tampoco existen obstrucciones a lo largo del segmento, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Simón Bolívar, esto se puede observar en la figura 88.



Figura 88. Segmento 2 de la calle Eusebio Borrero

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 3 no se presentan obstáculos, no cuenta con superficie podotáctil, existen algo de irregularidades en la mitad de la calle, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Antonio José de Sucre, esto se puede observar en la figura 89.



Figura 89. Segmento 3 de la calle Eusebio Borrero

Fuente: Autoría.

El segmento 4 no presenta superficie podotáctil, no contiene obstáculos que se encuentren en medio de la calle, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Vicente Rocafuerte, esto se puede observar en la figura 90.



Figura 90. Segmento 4 de la calle Eusebio Borrero

Fuente: Autoría.

En el segmento 5 se presenta un poste de luz cerca de terminar la cuadra, la calle no presenta franja podotáctil, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Pedro Vicente Maldonado, esto se puede observar en la figura 91.

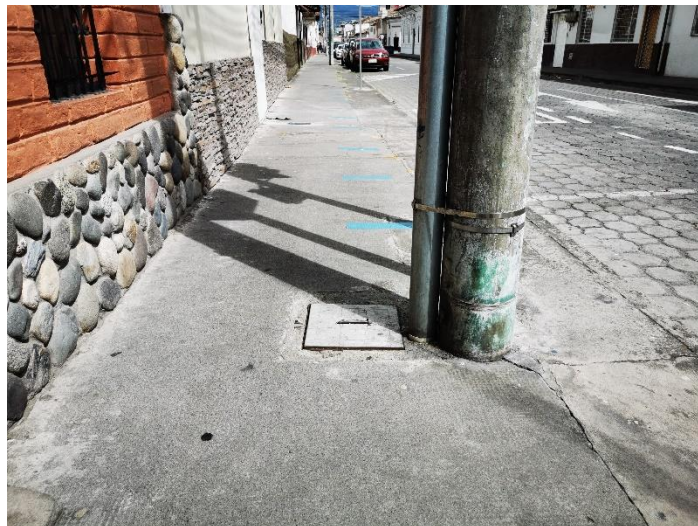


Figura 91. Segmento 5 de la calle Eusebio Borrero

Fuente: Autoría.

Tramo 8a

El tramo 8 se compone por la calle Germán Grijalva en dirección oeste-este, contiene 2 aceras a y b, al igual que 5 segmentos, todo esto es posible identificar en la figura 92.



Figura 92. Tramo 8 que se compone de la calle Germán Grijalva en sentido oeste-este.

Fuente: Google Maps.

El recorrido empieza en el punto 7 de la tabla 29, en la acera “a” de la figura 92, el primer obstáculo que se encuentra en este tramo es el cruce de calle en la intersección con la Sánchez y Cifuentes, que se muestra en la fig. 93, al existir este desnivel deben ser cuidadosos o podrían sufrir algún tipo de caída, de igual forma tener precaución con los vehículos que circulan por la zona.



Figura 93. Cruce de calle entre la Germán Grijalva y Sánchez y Cifuentes

Fuente: Observación directa.

En el segmento 1 de este tramo no se evidencia presencia de superficie podotáctil y tiene algo de irregularidades en el terreno, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la José Joaquín Olmedo, esto se puede observar en la figura 94.



Figura 94. Segmento 1 de la calle Germán Grijalva

Fuente: Autoría.

En el segmento 2 de este tramo no existe presencia de superficie podotáctil, no existe obstrucciones a lo largo del segmento, al final de la calle hay 2 postes de semáforo, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Simón Bolívar, esto se puede observar en la figura 95.



Figura 95. Segmento 2 de la calle Germán Grijalva

Fuente: Autoría.

En el segmento 3 de este tramo no existe presencia de superficie podotáctil, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Antonio José de Sucre, esto se puede observar en la figura 96.



Figura 96. Segmento 3 de la calle Germán Grijalva

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 4 se puede evidenciar una rampa de acceso debido, el tramo no presenta superficie podotáctil, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Vicente Rocafuerte, esto se puede observar en la figura 97.



Figura 97. Segmento 4 de la calle Germán Grijalva

Fuente: Autoría.

En el segmento 5 no existe presencia de superficie podotáctil, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Pedro Vicente Maldonado, esto se puede observar en la figura 98.



Figura 98. Segmento 5 de la calle Germán Grijalva

Fuente: Autoría.

Tramo 8b

El tramo 8 se compone por la calle Germán Grijalva en dirección oeste-este, contiene 2 aceras a y b, al igual que 5 segmentos, todo esto es posible identificar en la figura 92.

El recorrido empieza en el punto 7 de la tabla 29, en la acera “b” de la figura 92, el primer obstáculo que se encuentra en este tramo es el cruce de calle en la intersección con la Sánchez y Cifuentes, que se muestra en la fig. 99, al existir este desnivel deben ser cuidadosos o podrían sufrir alguna caída, de igual forma tener precaución con los vehículos que circulan por la zona.



Figura 99. Cruce de calle entre la Germán Grijalva y Sánchez y Cifuentes

Fuente: Google Maps.

En el segmento 1 de este tramo se evidencia presencia de superficie podotáctil, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la José Joaquín Olmedo, esto se puede observar en la figura 100.



Figura 100. Segmento 1 de la calle Germán Grijalva

Fuente: Autoría.

En el segmento 2 de este tramo existe presencia de superficie podotáctil, no existe obstrucciones a lo largo del segmento, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Simón Bolívar, la cual presenta topes o bolardos en el filo de su vereda, esto se puede observar en la figura 101.



Figura 101. Segmento 2 de la calle Germán Grijalva

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 3 de este tramo existen topes en el filo de la vereda, se presenta superficie podotáctil, también se puede encontrar un poste y una señalética sobre la franja, lo que deja un espacio estrecho para circular, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Antonio José de Sucre, donde existe una serie de obstáculos, esto se puede observar en la figura 102.



Figura 102. Segmento 3 de la calle Germán Grijalva

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 4 se puede evidenciar un difícil acceso debido a una serie de obstáculos, el tramo presenta superficie podotáctil, es posible encontrar un semáforo ubicado cerca esta franja, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Vicente Rocafuerte, esto se puede observar en la figura 103.



Figura 103. Segmento 4 de la calle Germán Grijalva

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 5 se presenta franja podotáctil, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Pedro Vicente Maldonado, esto se puede observar en la figura 104.



Figura 104. Segmento 5 de la calle Germán Grijalva

Fuente: Google Maps.

Tramo 9a

El tramo 9 se compone por la calle García Moreno en dirección oeste-este, contiene 2 aceras a y b, al igual que 5 segmentos, todo esto es posible identificar en la figura 105.



Figura 105. Tramo 9 que se compone de la calle García Moreno en sentido oeste-este.

Fuente: Google Maps.

El recorrido empieza en el punto 13 de la tabla 29, en la acera “a” de la figura 105, el primer obstáculo que se encuentra en este tramo es el cruce de calle en la intersección con la Sánchez y Cifuentes, que se muestra en la fig. 106, al existir este desnivel deben ser cuidadosos o podrían sufrir algún tipo de caída, de igual forma tener precaución con los vehículos que circulan por la zona.



Figura 106. Cruce de calle entre la García Moreno y Sánchez y Cifuentes

Fuente: Observación directa.

En el segmento 1 de este tramo se evidencia presencia de superficie podotáctil y existen dos postes, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la José Joaquín Olmedo, la cual presenta topes o bolardos en la vereda, esto se puede observar en la figura 107.



Figura 107. Segmento 1 de la calle García Moreno

Fuente: Autoría.

En el segmento 2 de este tramo existe presencia de superficie podotáctil, , el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Simón Bolívar, la cual presenta topes en el filo de su vereda, esto se puede observar en la figura 108.



Figura 108. Segmento 2 de la calle García Moreno

Fuente: Autoría.

En el segmento 3 de este tramo no existe presencia de superficie podotáctil, cuenta con gradas tanto al acceso como al termino de la calle, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Antonio José de Sucre, la cual presenta topes en el filo de su vereda , esto se puede observar en la figura 109.



Figura 109. Segmento 3 de la calle García Moreno

Fuente: Autoría.

En el segmento 4 se puede evidenciar una alta concurrencia de personas, el tramo presenta superficie podotáctil, el espacio para circular es algo estrecho, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Vicente Roca fuerte, esto se puede observar en la figura 110.



Figura 110. Segmento 4 de la calle García Moreno

Fuente: Autoría.

En el segmento 5 debido a protocolos de seguridad hasta el momento se encuentra limitado el acceso a personas y bloqueado el paso a vehículos, en este tramo existe presencia de superficie podotáctil, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Pedro Vicente Maldonado, esto se puede observar en la figura 111.



Figura 111. Segmento 5 de la calle García Moreno

Fuente: Autoría.

Tramo 9b

El tramo 9 se compone por la calle García Moreno en dirección oeste-este, contiene 2 aceras a y b, al igual que 5 segmentos, todo esto es posible identificar en la figura 105.

El recorrido empieza en el punto 13 de la tabla 29, en la acera “b” de la figura 105, el primer obstáculo que se encuentra en este tramo es el cruce de calle en la intersección con la Sánchez y Cifuentes, que se muestra en la fig. 112, al existir este desnivel deben ser

cuidadosos o podrían sufrir algún tipo de caída, de igual forma tener precaución con los vehículos que circulan por la zona.



Figura 112. Cruce de calle entre la García Moreno y Sánchez y Cifuentes

Fuente: Google Maps.

En el segmento 1 de este tramo no se evidencia presencia de superficie podotáctil, se presentan varios topes o bolardos y una máquina de tickets, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la José Joaquín Olmedo, esto se puede observar en la figura 113.



Figura 113. Segmento 1 de la calle García Moreno

Fuente: Autoría.

En el segmento 2 de este tramo no existe presencia de superficie podotáctil, no existe obstrucciones a lo largo del segmento, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Simón Bolívar, la cual presenta topes en el filo de su vereda, esto se puede observar en la figura 114.



Figura 114. Segmento 2 de la calle García Moreno

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 3 de este tramo existen topes en el filo de la vereda, no se presenta superficie podotáctil, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Antonio José de Sucre, esto se puede observar en la figura 115.

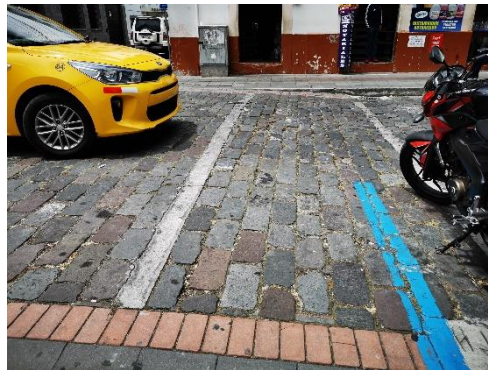


Figura 115. Segmento 3 de la calle García Moreno

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 4 no se puede evidencia grada de la vereda, presenta letreros, sillas al lado de la pared, el tramo presenta superficie podotáctil, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Vicente Rocafuerte, esto se puede observar en la figura 116.



Figura 116. Segmento 4 de la calle García Moreno

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 5 se presenta un semáforo y un poste sobre la franja podotáctil, se puede encontrar una serie de postes a lo largo del segmento, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Pedro Vicente Maldonado, esto se puede observar en la figura 117.



Figura 117. Segmento 5 de la calle García Moreno

Fuente: Autoría.

Tramo 10a

El tramo 10 se compone por la calle Juan José Flores en dirección oeste-este, contiene 2 aceras a y b, al igual que 5 segmentos, todo esto es posible identificar en la figura 118.

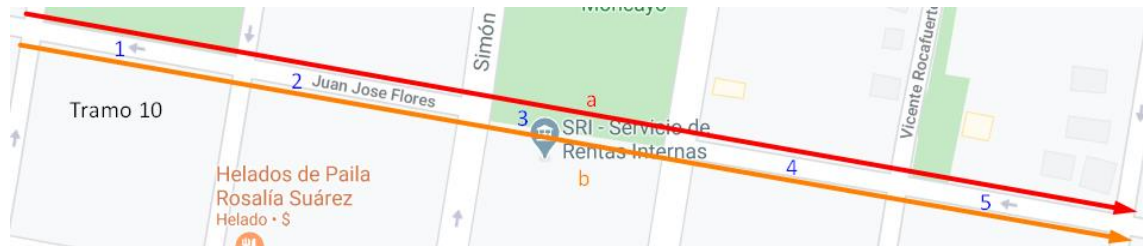


Figura 118. Tramo 10 que se compone de la calle Juan José Flores en sentido oeste-este.

Fuente: Google Maps.

El recorrido empieza en el punto 19 de la tabla 29, en la acera “a” de la figura 1118, el primer obstáculo que se encuentra en este tramo es el cruce de calle en la intersección con la Sánchez y Cifuentes, que se muestra en la fig. 119, al existir este desnivel deben ser cuidadosos o podrían sufrir algún tipo de caída, de igual forma tener precaución con los vehículos que circulan por la zona.



Figura 119. Cruce de calle entre la Juan José Flores y Sánchez y Cifuentes

Fuente: Observación directa.

En el segmento 1 de este tramo no se evidencia presencia de superficie podotáctil y topes o bolardos al filo de la vereda con la calle Olmedo, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la José Joaquín Olmedo, esto se puede observar en la figura 120.



Figura 120. Segmento 1 de la calle Juan José Flores

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 2 de este tramo existe un poste de luz, otro de semáforo, un adorno de piedra, presenta superficie podotáctil; además, contiene bancas de piedra cerca de la franja, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Simón Bolívar, la cual presenta topes o bolardos en el filo de su vereda, esto se puede observar en la figura 121.

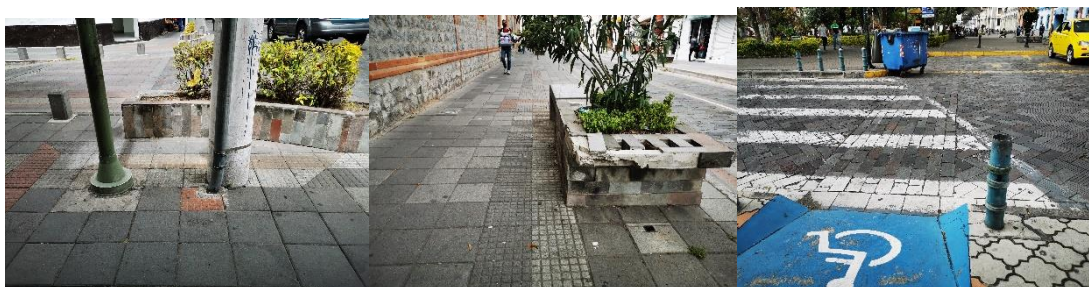


Figura 121. Segmento 2 de la calle Juan José Flores

Fuente: Autoría.

En el segmento 3 de este tramo no existe presencia de superficie podotáctil, también se puede encontrar topes y un escenario de piedra, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Antonio José de Sucre, la cual presenta topes en el filo de su vereda , esto se puede observar en la figura 122.



Figura 122. Segmento 3 de la calle Juan José Flores

Fuente: Autoría.

En el segmento 4 se puede evidenciar una rampa, el tramo presenta superficie podotáctil, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Vicente Rocafuerte, esto se puede observar en la figura 123.



Figura 123. Segmento 4 de la calle Juan José Flores

Fuente: Autoría.

En el segmento 5 no se presentan obstáculos en medio de la calle, en este tramo existe presencia de superficie podotáctil, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Pedro Vicente Maldonado, esto se puede observar en la figura 124.



Figura 124. Segmento 5 de la calle Juan José Flores

Fuente: Autoría.

Tramo 10b

El tramo 10 se compone por la calle Eusebio Borrero en dirección oeste-este, contiene 2 aceras a y b, al igual que 5 segmentos, todo esto es posible identificar en la figura 118.

El recorrido empieza en el punto 19 de la tabla 29, en la acera “b” de la figura 118, el primer obstáculo que se encuentra en este tramo es el cruce de calle en la intersección con la Sánchez y Cifuentes, que se muestra en la fig. 125, al existir este desnivel deben ser cuidadosos o podrían sufrir algún tipo de caída, de igual forma tener precaución con los vehículos que circulan por la zona.



Figura 125. Cruce de calle entre la Juan José Flores y Sánchez y Cifuentes

Fuente: Google Maps.

En el segmento 1 de este tramo se evidencia presencia de superficie podotáctil, se presenta un poste cerca de la franja, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la José Joaquín Olmedo, esto se puede observar en la figura 126.



Figura 126. Segmento 1 de la calle Juan José Flores

Fuente: Google Maps.

En el segmento 2 de este tramo existe presencia de superficie podotáctil, se evidencia una serie de obstáculos al inicio, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Simón Bolívar, la cual presenta topes en el filo de su vereda, esto se puede observar en la figura 127.



Figura 127. Segmento 2 de la calle Juan José Flores

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 3 de este tramo existen topes en el filo de la vereda, no se presenta superficie podotáctil, también se puede encontrar un poste y una señalética, lo que deja un espacio estrecho para circular, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Antonio José de Sucre, esto se puede observar en la figura 128.



Figura 128. Segmento 3 de la calle Juan José Flores

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 4, el tramo presenta superficie podotáctil, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Vicente Roca fuerte, esto se puede observar en la figura 129.



Figura 129. Segmento 4 de la calle Juan José Flores

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 5 se presenta un semáforo y un poste sobre la franja podotáctil, se puede encontrar una serie de postes a lo largo del segmento, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Pedro Vicente Maldonado, esto se puede observar en la figura 130.

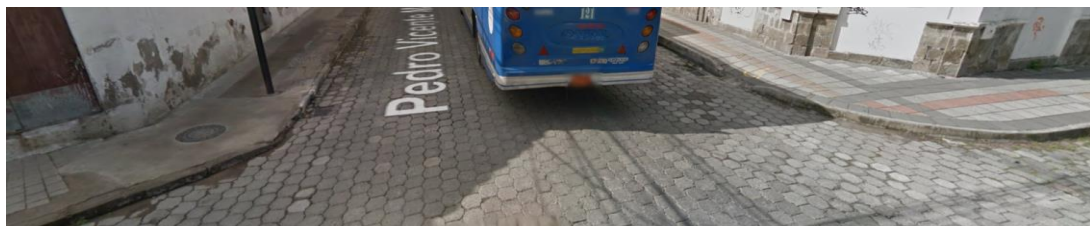


Figura 130. Segmento 5 de la calle Juan José Flores

Fuente: Autoría.

Tramo 11a

El tramo 11 se compone por la calle Miguel Oviedo en dirección oeste-este, contiene 2 aceras a y b, al igual que 5 segmentos, todo esto es posible identificar en la figura 131.

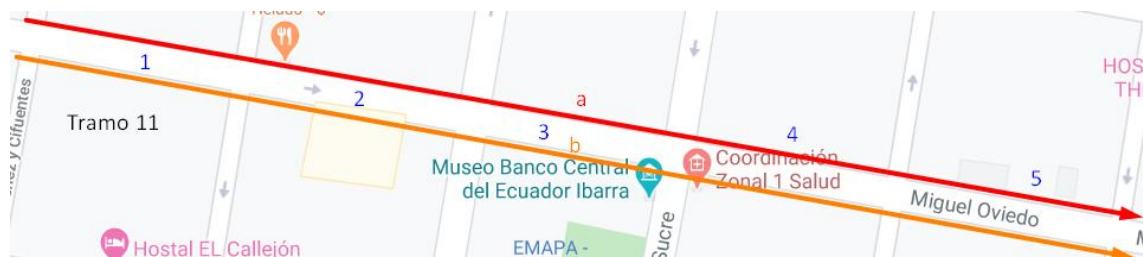


Figura 131. Tramo 11 que se compone de la calle Miguel Oviedo en sentido oeste-este.

Fuente: Google Maps.

El recorrido empieza en el punto 25 de la tabla 29, en la acera “a” de la figura 131, el primer obstáculo que se encuentra en este tramo es el cruce de calle en la intersección con la Sánchez y Cifuentes, que se muestra en la fig. 132, al existir este desnivel deben ser cuidadosos o podrían sufrir algún tipo de caída, de igual forma tener precaución con los vehículos que circulan por la zona.



Figura 132. Cruce de calle entre la Miguel Oviedo y Sánchez y Cifuentes

Fuente: Observación directa.

En el segmento 1 de este tramo se evidencia topes o bolardos al inicio, también presenta superficie podotáctil, no se observan obstáculos en medio de la calle, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la José Joaquín Olmedo, esto se puede observar en la figura 133.



Figura 133. Segmento 1 de la calle Miguel Oviedo

Fuente: Autoría.

En el segmento 2 de este tramo existe presencia de superficie podotáctil, se evidencia un semáforo encima de la franja, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Simón Bolívar, la cual presenta topes en el filo de su vereda, esto se puede observar en la figura 134.



Figura 134. Segmento 2 de la calle Miguel Oviedo

Fuente: Autoría.

En el segmento 3 de este tramo no existe presencia de superficie podotáctil, también se puede encontrar dos postes en el filo de la vereda cerca de los puestos de venta de confites, lo que deja un espacio algo estrecho para caminar, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Antonio José de Sucre, la cual presenta topes en el filo de su vereda , esto se puede observar en la figura 135.

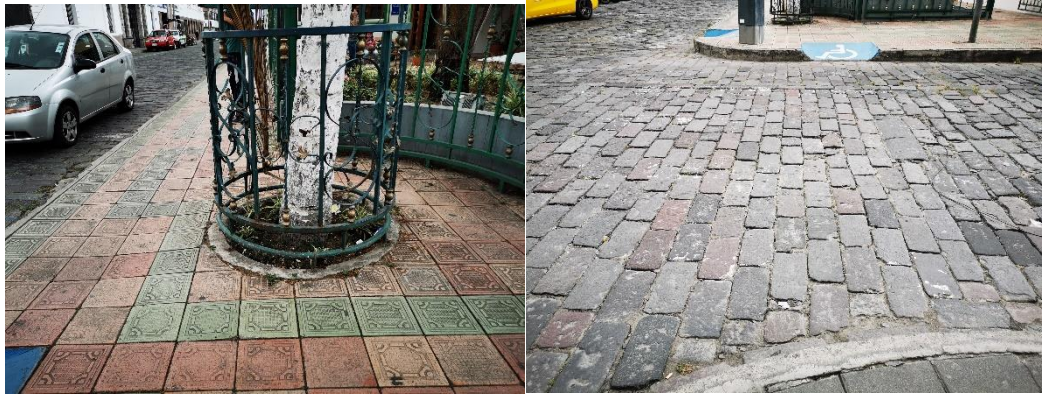


Figura 135. Segmento 3 de la calle Miguel Oviedo

Fuente: Autoría.

En el segmento 4 se puede evidenciar superficie podotáctil, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Vicente Rocafuerte, esto se puede observar en la figura 136.



Figura 136. Segmento 4 de la calle Miguel Oviedo

Fuente: Autoría.

En el segmento 5 existe presencia de superficie podotáctil, se puede encontrar una rampa al final del segmento, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Pedro Vicente Maldonado, esto se puede observar en la figura 137.



Figura 137. Segmento 5 de la calle Miguel Oviedo

Fuente: Autoría.

Tramo 11b

El tramo 11 se compone por la calle Eusebio Borrero en dirección oeste-este, contiene 2 aceras a y b, al igual que 5 segmentos, todo esto es posible identificar en la figura 131.

El recorrido empieza en el punto 25 de la tabla 29, en la acera “b” de la figura 131, el primer obstáculo que se encuentra en este tramo es el cruce de calle en la intersección con la Sánchez y Cifuentes, que se muestra en la fig. 138, al existir este desnivel deben ser cuidadosos o podrían sufrir algún tipo de caída, de igual forma tener precaución con los vehículos que circulan por la zona.



Figura 138. Cruce de calle entre la Miguel Oviedo y Sánchez y Cifuentes

Fuente: Observación directa.

En el segmento 1 de este tramo se evidencia presencia de superficie podotáctil, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la José Joaquín Olmedo, esto se puede observar en la figura 139.



Figura 139. Segmento 1 de la calle Miguel Oviedo

Fuente: Autoría.

En el segmento 2 de este tramo existe presencia de superficie podotáctil, no existe obstrucciones a lo largo del segmento, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Simón Bolívar, la cual presenta topes en el filo de su vereda, esto se puede observar en la figura 140.



Figura 140. Segmento 2 de la calle Miguel Oviedo

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 3 de este tramo existen, se presenta superficie podotáctil, también se puede encontrar un poste y una señalética sobre la franja, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Antonio José de Sucre, donde existe una serie de obstáculos, esto se puede observar en la figura 141.



Figura 141. Segmento 3 de la calle Miguel Oviedo

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 4 se puede evidenciar un difícil acceso debido a una serie de obstáculos, el tramo presenta superficie podotáctil, es posible encontrar un semáforo ubicado cerca esta franja, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Vicente Rocafuerte, esto se puede observar en la figura 142.



Figura 142. Segmento 4 de la calle Miguel Oviedo

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 5 se presenta un semáforo y un poste sobre la franja podotáctil, se puede encontrar una serie de postes a lo largo del segmento, el próximo obstáculo es

el cruce de calle con la Pedro Vicente Maldonado, esto se puede observar en la figura 143.



Figura 143. Segmento 5 de la calle Miguel Oviedo

Fuente: Google Maps.

Tramo 12a

El tramo 12 se compone por la calle Pedro Moncayo en dirección oeste-este, contiene 2 aceras a y b, al igual que 5 segmentos, todo esto es posible identificar en la figura 144.



Figura 144. Tramo 12 que se compone de la calle Pedro Moncayo en sentido oeste-este.

Fuente: Google Maps.

El recorrido empieza en el punto 31 de la tabla 29, en la acera “a” de la figura 144, el primer obstáculo que se encuentra en este tramo es el cruce de calle en la intersección con la Sánchez y Cifuentes, que se muestra en la fig. 145, al existir este desnivel deben ser cuidadosos o podrían sufrir alguna caída, de igual forma tener precaución con los vehículos que circulan por la zona.



Figura 145. Cruce de calle entre la Pedro Moncayo y Sánchez y Cifuentes

Fuente: Observación directa.

En el segmento 1 de este tramo se evidencia presencia de superficie podotáctil y tiene una máquina de tickets al término de la calle, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la José Joaquín Olmedo, esto se puede observar en la figura 146.



Figura 146. Segmento 1 de la calle Pedro Moncayo

Fuente: Autoría.

En el segmento 2 de este tramo existe presencia de superficie podotáctil, no existe obstrucciones a lo largo del segmento, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Simón Bolívar, esto se puede observar en la figura 147.



Figura 147. Segmento 2 de la calle Pedro Moncayo

Fuente: Autoría.

En el segmento 3 de este tramo existe presencia de superficie podotáctil, también se puede encontrar un poste de semáforo en el filo de la vereda, una máquina de tickets y bolardos, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Antonio José de Sucre, esto se puede observar en la figura 148.



Figura 148. Segmento 3 de la calle Pedro Moncayo

Fuente: Autoría.

En el segmento 4 se puede evidenciar superficie podotáctil, no presenta obstáculos en medio de la calle, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Vicente Rocafuerte, esto se puede observar en la figura 149.



Figura 149. Segmento 4 de la calle Pedro Moncayo

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 5 se presenta superficie podotàctil , el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Pedro Vicente Maldonado, esto se puede observar en la figura 150.



Figura 150. Segmento 5 de la calle Pedro Moncayo

Fuente: Autoría.

Tramo 12b

El tramo 12 se compone por la calle Pedro Moncayo en dirección oeste-este, contiene 2 aceras a y b, al igual que 5 segmentos, todo esto es posible identificar en la figura 144.

El recorrido empieza en el punto 31 de la tabla 29, en la acera “b” de la figura 144, el primer obstáculo que se encuentra en este tramo es el cruce de calle en la intersección con la Sánchez y Cifuentes, que se muestra en la fig. 151, al existir este desnivel deben ser

cuidadosos o podrían sufrir algún tipo de caída, de igual forma tener precaución con los vehículos que circulan por la zona.



Figura 151. Cruce de calle entre la Pedro Moncayo y Sánchez y Cifuentes

Fuente: Google Maps.

En el segmento 1 de este tramo no se evidencia presencia de superficie podotáctil, se presentan varios postes que pueden dificultar la movilidad, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la José Joaquín Olmedo, esto se puede observar en la figura 152.



Figura 152. Segmento 1 de la calle Pedro Moncayo

Fuente: Autoría.

En el segmento 2 de este tramo existe presencia de superficie podotáctil, no existe obstrucciones a lo largo del segmento, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la

Simón Bolívar, la cual presenta topes en el filo de su vereda, esto se puede observar en la figura 153.



Figura 153. Segmento 2 de la calle Pedro Moncayo

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 3 de este tramo existen topes en el filo de la vereda, se presenta superficie podotáctil, también se puede encontrar un poste y una señalética sobre la franja, lo que deja un espacio estrecho para circular, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Antonio José de Sucre, donde existe una serie de obstáculos, esto se puede observar en la figura 154.



Figura 154. Segmento 3 de la calle Pedro Moncayo

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 4 se puede evidenciar un difícil acceso debido a una serie de obstáculos, el tramo presenta superficie podotáctil, es posible encontrar un semáforo ubicado cerca esta franja, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Vicente Rocafuerte, esto se puede observar en la figura 155.



Figura 155. Segmento 4 de la calle Pedro Moncayo

Fuente: Autoría.

Al inicio del segmento 5 se presenta un semáforo y un poste sobre la franja podotáctil, se puede encontrar una serie de postes a lo largo del segmento, el próximo obstáculo es el cruce de calle con la Pedro Vicente Maldonado, esto se puede observar en la figura 156.



Figura 156. Segmento 5 de la calle Pedro Moncayo

Fuente: Autoría

ANEXO 11: Representación de los obstáculos encontrados en el mapa.

A continuación, se muestra el mapa del área de estudio con la ubicación de los obstáculos, clasificados según lo muestra la leyenda en la figura 157.

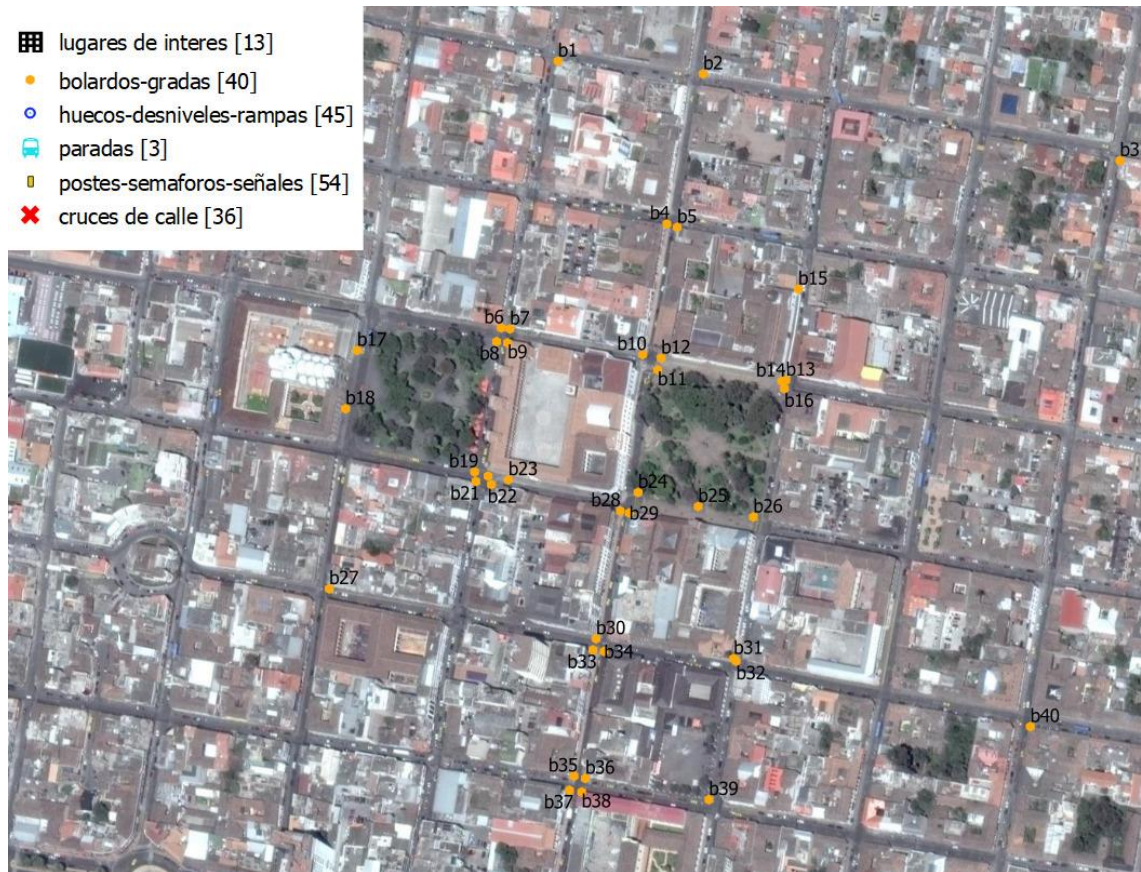


Figura 157. Mapa que muestra la ubicación de bolardos-gradas

Fuente: Elaboración propia en QGIS.

La figura 158, nos muestra la ubicación de huecos-desniveles-rampas representadas en el mapa que corresponde al área de estudio mediante un círculo blanco de contorno azul.

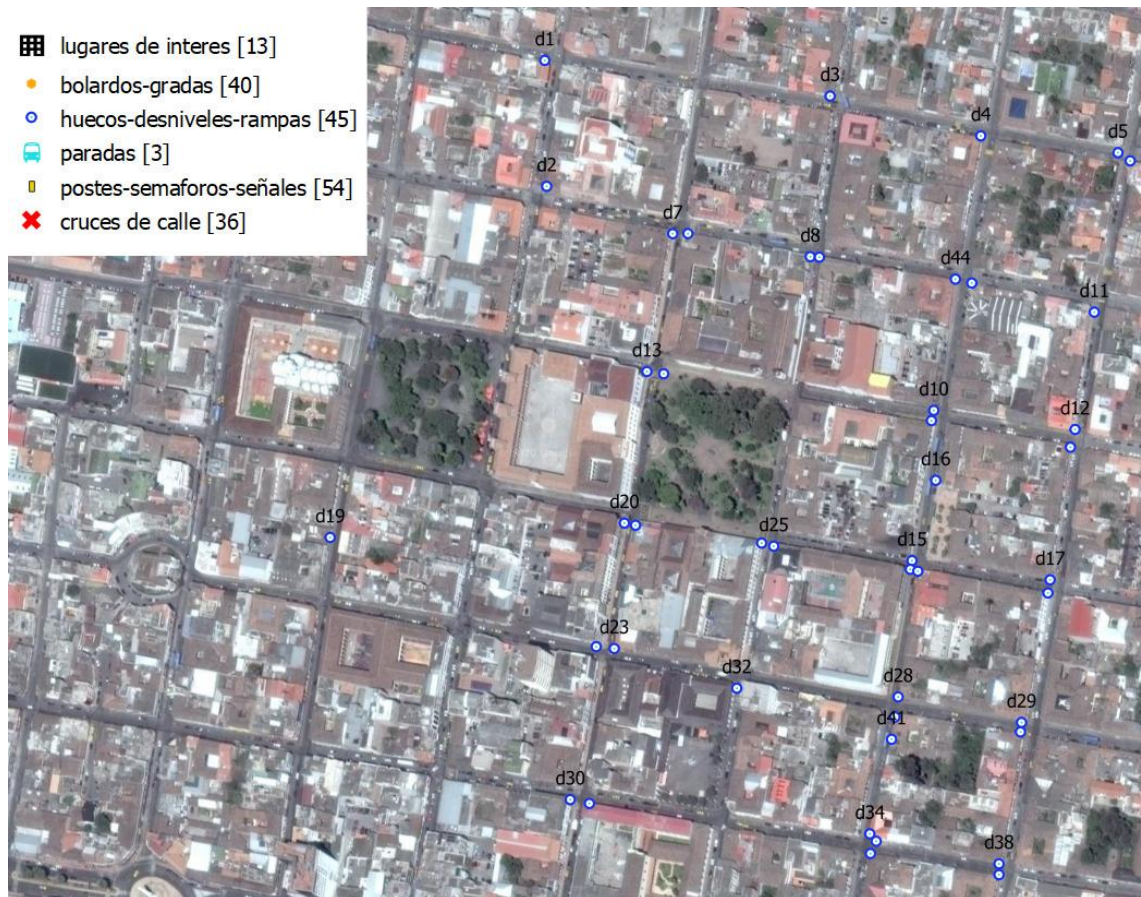


Figura 158. Mapa que muestra la ubicación de huecos-desniveles-rampas

Fuente: Elaboración propia en QGIS.

La figura 159, nos muestra la ubicación de paradas de bus representadas en el mapa que corresponde al área de estudio mediante una etiqueta de bus de color celeste.

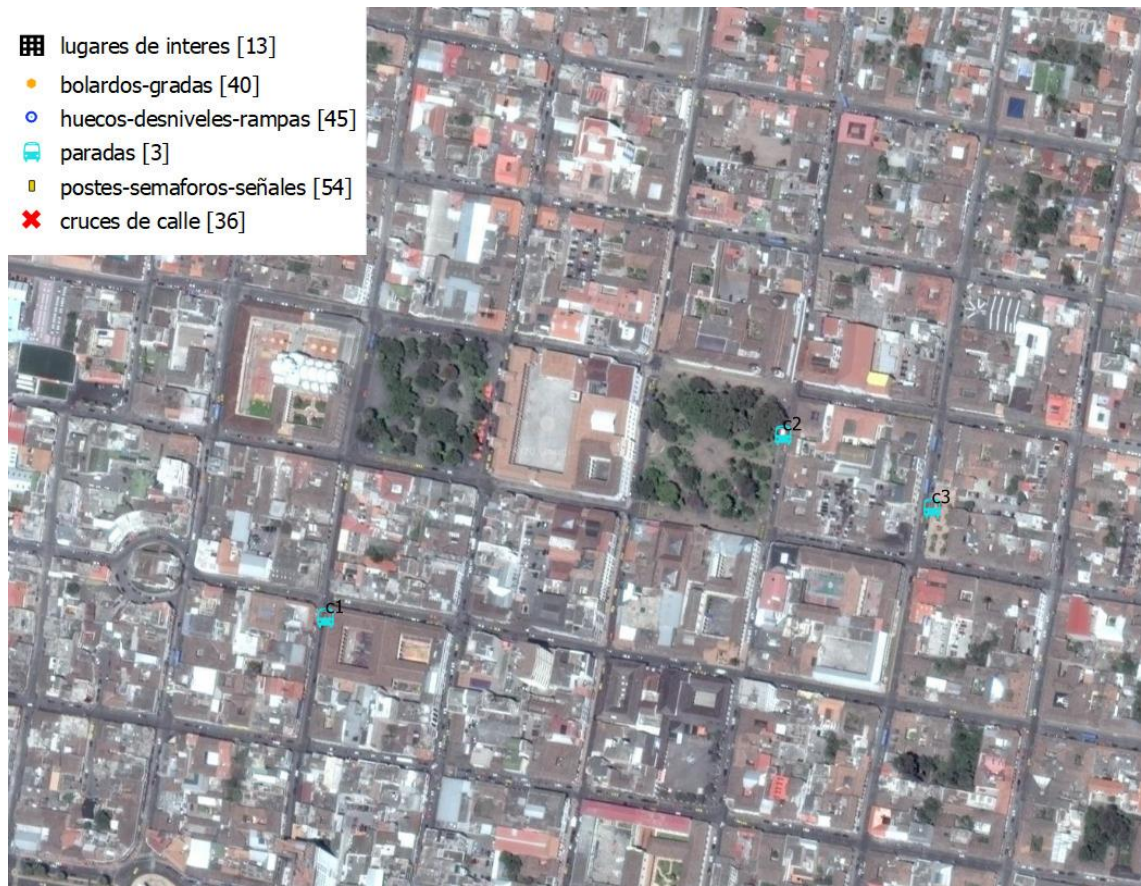


Figura 159. Mapa que muestra la ubicación de paradas

Fuente: Elaboración propia en QGIS.

La figura 160, nos muestra la ubicación de postes-semáforos-señales de tránsito representadas en el mapa que corresponde al área de estudio mediante un rectángulo de color amarillo.

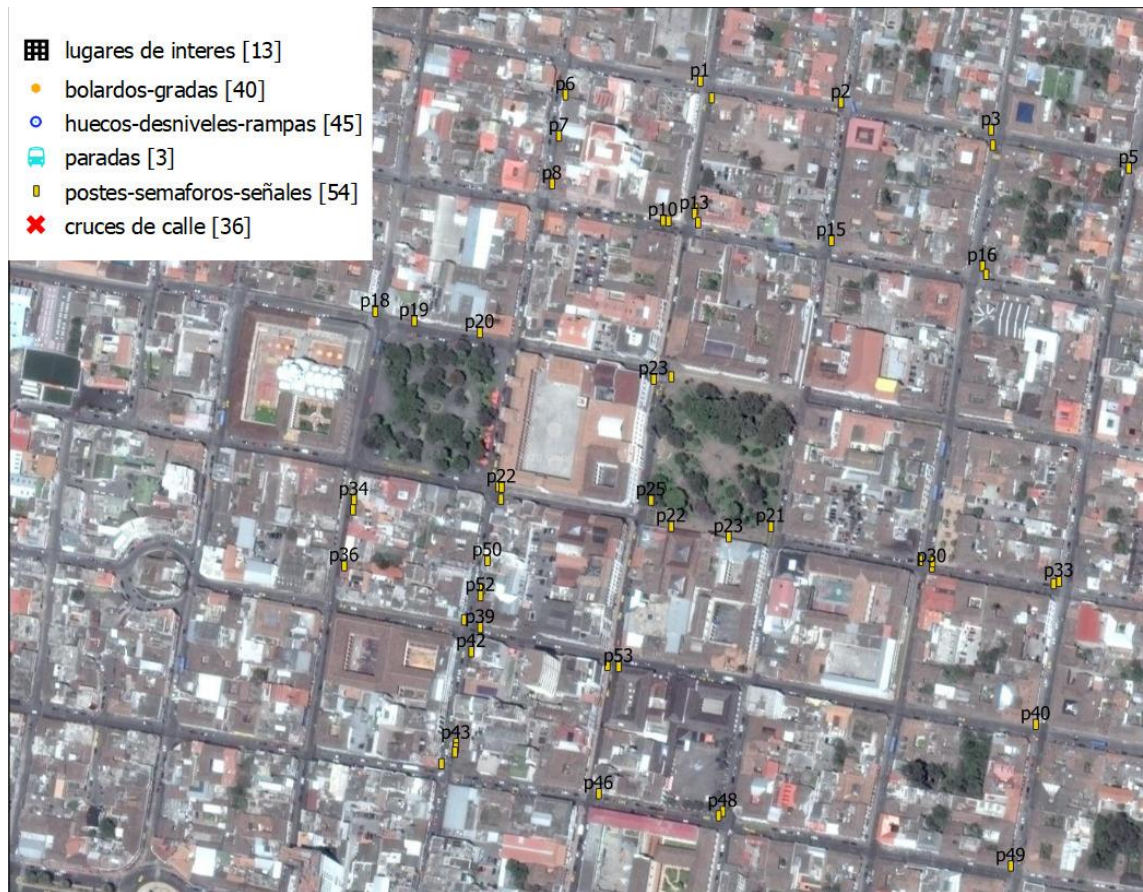


Figura 160. Mapa que muestra la ubicación de postes-semáforos-señales de tránsito

Fuente: Elaboración propia en QGIS.

La figura 161, nos muestra la ubicación de cruces de calle representadas en el mapa que corresponde al área de estudio mediante una cruz de color rojo.

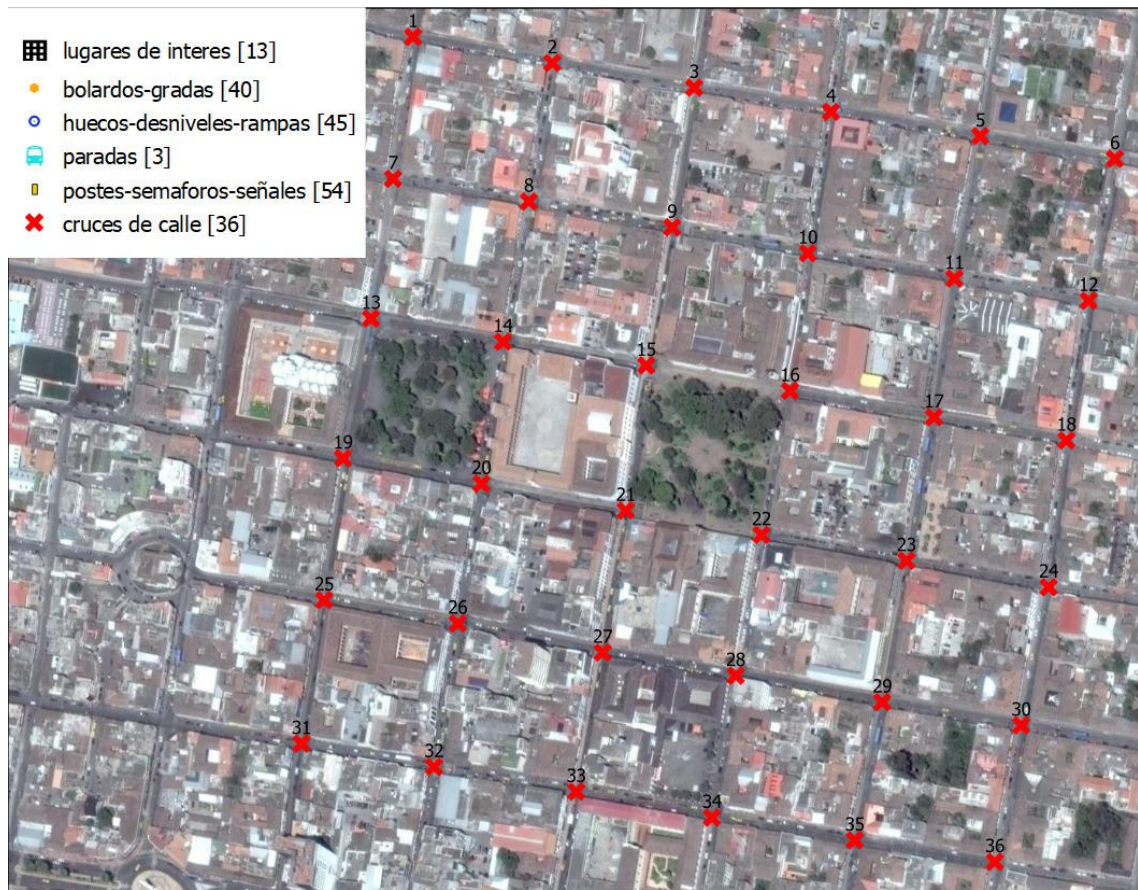


Figura 161. Mapa que muestra la ubicación de Cruces de calle

Fuente: Elaboración propia en QGIS.

ANEXO 12: Formato encuesta para determinar el grado de dificultad y costo de los obstáculos.

ENCUESTA

Esta encuesta es realizada con el fin de determinar el grado de dificultad que presentan los obstáculos encontrados en los diferentes tramos que abarca el trabajo de grado.

Se utilizarán los siguientes niveles de apreciación:

Muy difícil – difícil – medianamente difícil – fácil – muy fácil

Donde, muy difícil sería el nivel más alto equivalente a 5 puntos y muy fácil sería el nivel más bajo equivalente a 1 punto

1.- De la siguiente lista de obstáculos, en base a los niveles anteriormente explicados, ¿Qué nivel le asignaría?

Obstáculo	Nivel de dificultad por obstáculo				
	Muy difícil	Difícil	Medianamente difícil	fácil	Muy fácil
Cruce de calle					
Poste de luz					
Semáforo					
Señal de Tránsito					
Hueco, desnivel o rampa					
Bolardo, tope o grada					
Parada de bus					

2.- ¿Qué tiempo aproximado se demora en caminar 1 cuadra sin obstáculos?

3.- ¿Qué tiempo aproximado se demora en caminar 1 cuadra con obstáculos?

4.- De la siguiente lista de obstáculos, ¿qué tiempo le toma rodear o superar cada uno de ellos?

Tiempo extra por obstáculo	
Obstáculo	Tiempo
Cruce de calle	
Poste de luz	
Semáforo	
Señal de Tránsito	
Hueco, desnivel o rampa	
Bolardo, tope o grada	
Parada de bus	

ANEXO 13: Resultados obtenidos de la encuesta en el ANEXO 12.

Las encuestas fueron aplicadas el viernes 11 de septiembre. A continuación, se muestra los resultados individuales de las encuestas realizadas a la Srta. Noemi Trejo, al Sr. Milton Solano y al Sr. Juan Puma. En la tabla 1, se encuentra el resultado de la encuesta realizada al Sr. Milton Solano.

Tabla 1. Resultado de la encuesta realizada al Sr. Milton Solano

Resultados de la encuesta sobre obstáculos y movilidad		
Tiempo en desplazarse por una calle sin obstáculos		30sg – 1 min
Tiempo en desplazarse por una calle con obstáculos		2 – 3 min
Nivel de dificultad	Obstáculo	Tiempo extra estimado
medianamente	Cruce de calle	30sg – 1min
medianamente	Poste de luz	20 – 25 sg
fácil	Semáforo	20 – 25 sg
fácil	Señal de Tránsito	20sg
medianamente	Hueco, desnivel o rampa	25sg
medianamente	Tope – bolardo	25sg
medianamente	Parada de bus	15sg

Criterios para el diseño del sistema

En la tabla 2, se encuentra el resultado de la encuesta realizada a la Srta. Noemí Trejo.

Tabla 2. Resultado de la encuesta realizada a la Srta. Noemi Trejo

Resultados de la encuesta sobre obstáculos y movilidad		
Tiempo en desplazarse por una calle sin obstáculos		1 min
Tiempo en desplazarse por una calle con obstáculos		2 – 5 min
Nivel de dificultad	Obstáculo	Tiempo extra estimado
difícil	Cruce de calle	30sg – 1min
muy difícil	Poste de luz	20sg
medianamente	Semáforo	20sg
medianamente	Señal de Tránsito	20sg
muy difícil	Hueco, desnivel o rampa	20sg
muy difícil	Tope – bolardo	25sg
medianamente	Parada de bus	15sg

Criterios para el diseño del sistema

En la tabla 3, se encuentra el resultado de la encuesta realizada al Sr. Juan Puma.

Tabla 3. Resultado de la encuesta realizada al Sr. Juan Puma

Resultados de la encuesta sobre obstáculos y movilidad		
Tiempo en desplazarse por una calle sin obstáculos		1 min
Tiempo en desplazarse por una calle con obstáculos		2 – 4 min
Nivel de dificultad	Obstáculo	Tiempo extra estimado
difícil	Cruce de calle	30sg – 1min
muy difícil	Poste de luz	20sg
medianamente	Semáforo	20sg
medianamente	Señal de Tránsito	20sg
muy difícil	Hueco, desnivel o rampa	20sg
muy difícil	Tope – bolardo	25sg
medianamente	Parada de bus	15sg

Crterios para el Diseño

ANEXO 14: Resultados de las tareas realizadas en las iteraciones de la Fase de Producción.

Se presentan las imágenes de los resultados obtenidos en las actividades realizadas en las 5 iteraciones que componen la fase de producción.

Iteración 1

```

File Edit View Search Terminal Help
GNU nano 3.2 sources.list

#QGIS
deb https://qgis.org/debian buster main contrib
deb-src https://qgis.org/debian buster main contrib

#
deb http://deb.debian.org/debian buster main contrib non-free
deb-src http://deb.debian.org/debian buster main contrib non-free

deb http://deb.debian.org/debian-security/ buster/updates main contrib non-free
deb-src http://deb.debian.org/debian-security/ buster/updates main contrib non-$

deb http://deb.debian.org/debian buster-updates main contrib non-free
deb-src http://deb.debian.org/debian buster-updates main contrib non-free
#

# deb cdrom:[Debian GNU/Linux 10.2.0 _Buster_ - Official amd64 DVD Binary-1 2019]
deb cdrom:[Debian GNU/Linux 10.2.0 _Buster_ - Official amd64 DVD Binary-1 2019]

[ Wrote 30 lines ]
^G Get Help ^O Write Out ^W Where Is ^K Cut Text ^J Justify ^C Cur Pos
^X Exit ^R Read File ^\ Replace ^U Uncut Text ^T To Spell ^_ Go To Line
    
```

Figura 162. Instalación de repositorios para QGIS

La figura 162 es parte del proceso de instalación de QGIS en Debian 10. Se muestran los repositorios añadidos en el archivo sources.list necesarios para proceder a realizar la descarga del programa.

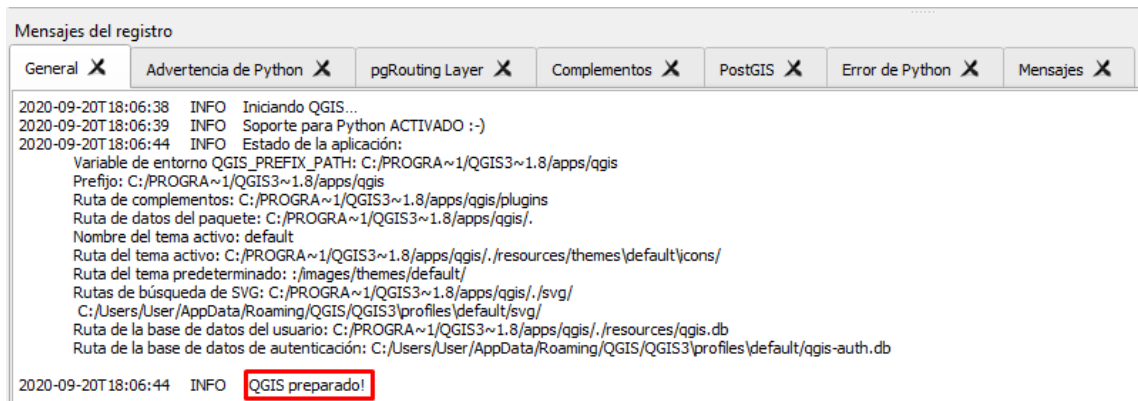


Figura 163. Verificación de errores en los mensajes d registro de QGIS

Una vez realizada la instalación del software, se procede a probar el funcionamiento del mismo mediante la utilización de las herramientas; otra forma de verificación es ingresar a los mensajes de registro o logs, como se indica en la figura 163, donde se informa sobre algún tipo de error en QGIS.

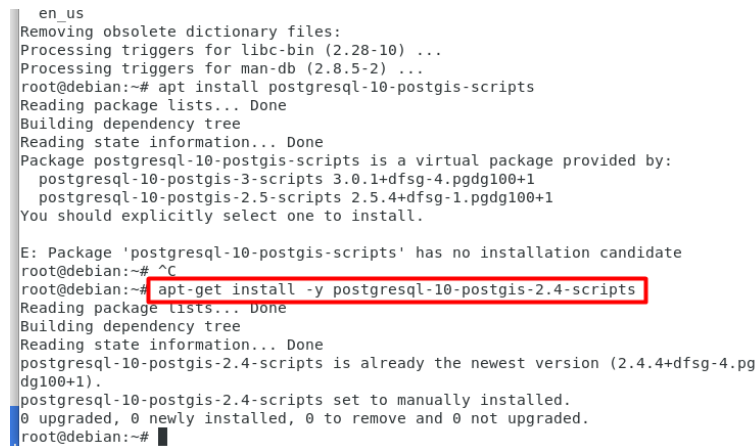


Figura 164. Instalación PostgreSQL

En la figura 164, se muestra el comando ingresado en la consola de la máquina virtual para instalar la base de datos, así como la extensión de postgis compatible con la versión de PostgreSQL.

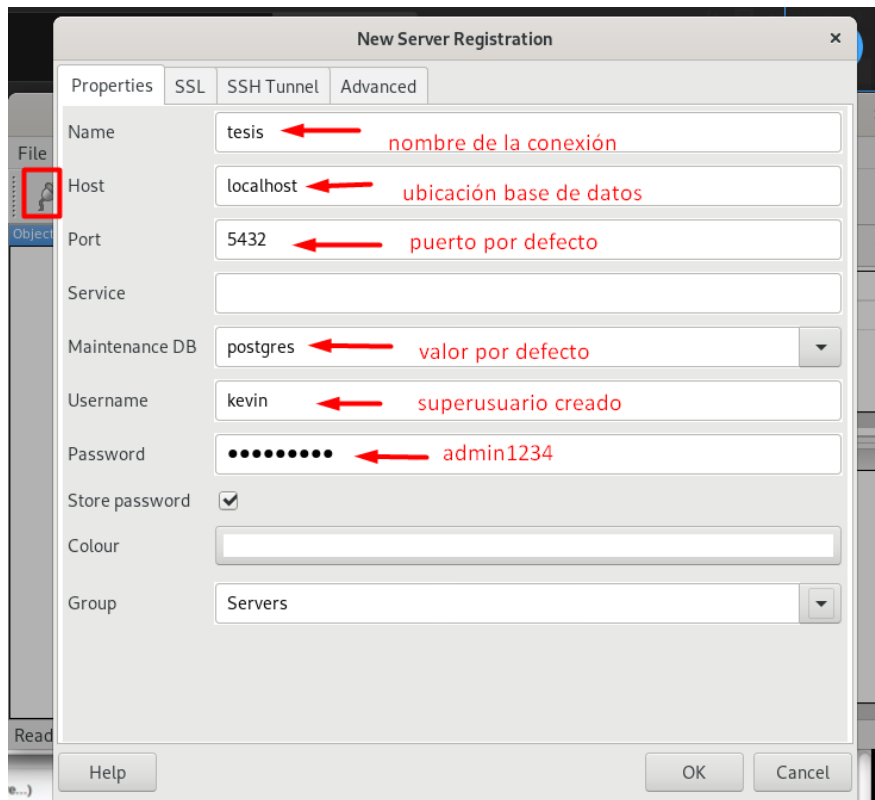


Figura 167. Conexión base de datos mediante pgAdmin

Para una administración más eficiente de la base de datos, se instaló el software pgAdmin, en la figura 167, se muestra un ejemplo de la conexión desde la herramienta hacia la base de datos.

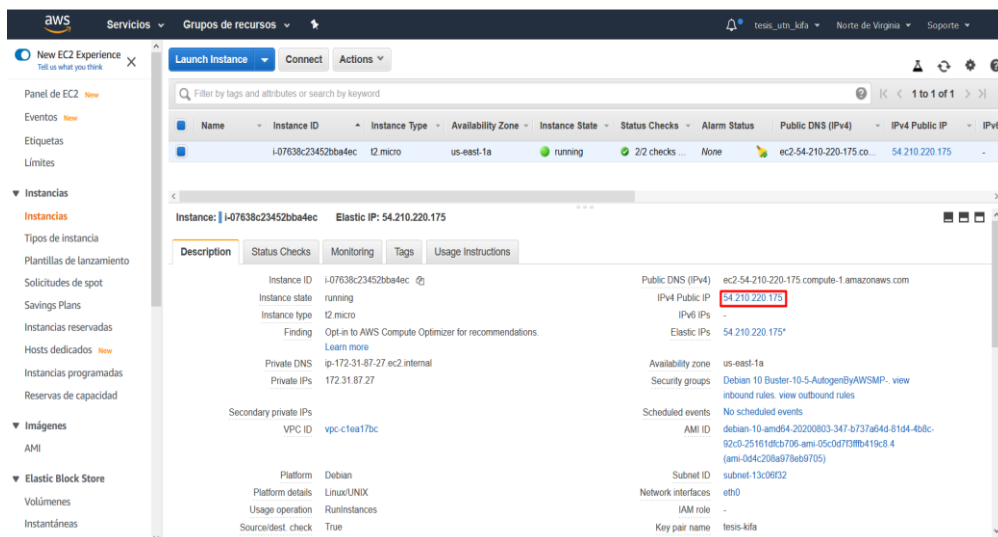


Figura 168. Lanzamiento de instancia en la nube de AWS

En la figura 168, se evidencia la configuración de la instancia en los servidores de Amazon, así como su dirección ip pública.

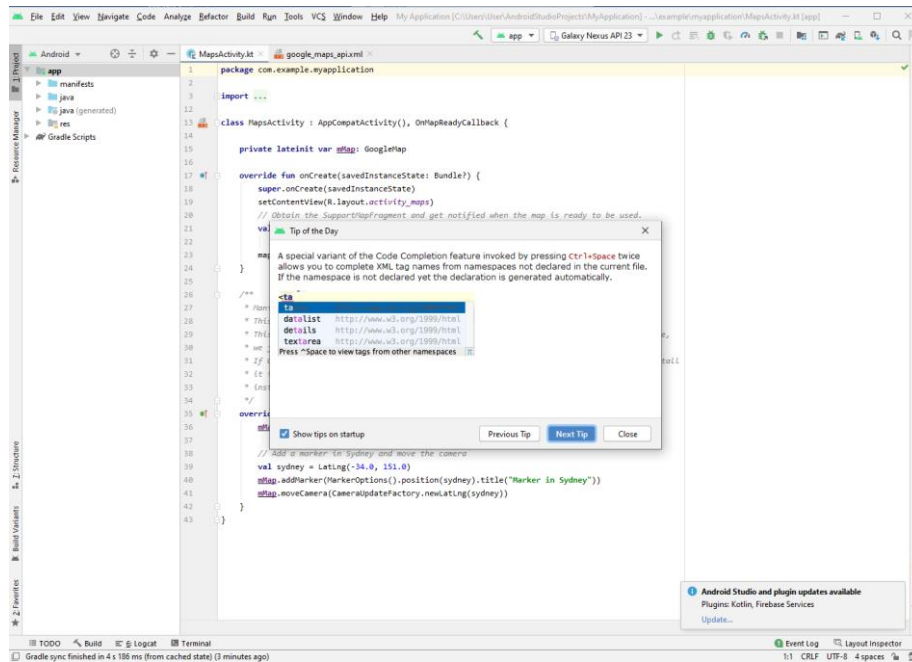


Figura 169. Pantalla inicio de Android Studio

En la figura 169, se verifica la instalación de la herramienta de Android Studio en su versión 4.0.

Iteración 2



Figura 170. Complemento Quick Map Services en QGIS

En la figura 170, se procede con la instalación del complemento QuickMapServices en el sistema de información geográfica QGIS, mismo que permite la utilización de diferentes tipos de mapas de diferentes proveedores.

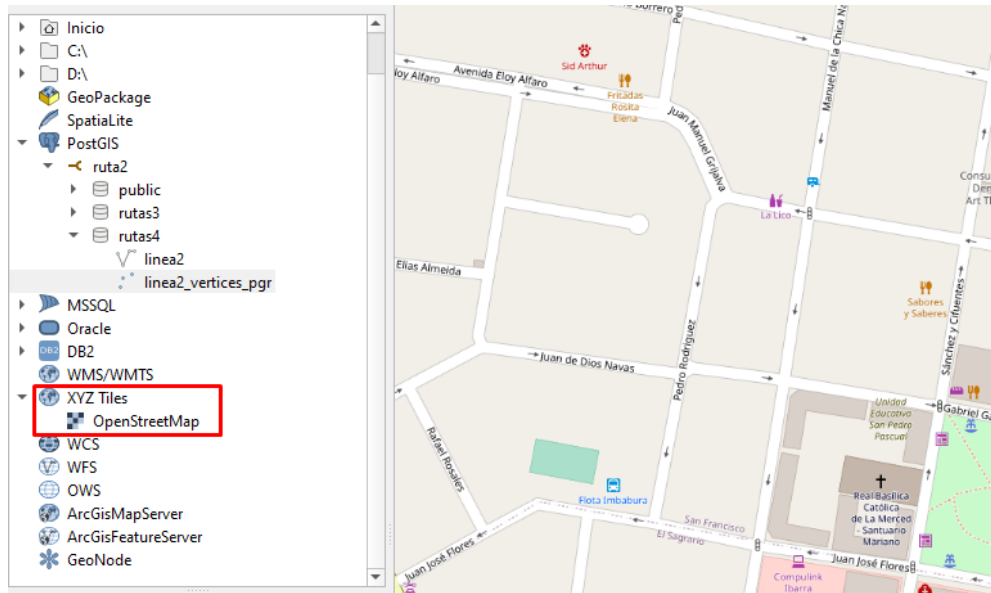


Figura 171. Conexión XYZ mapa base de OSM

En la figura 171, se muestra el mapa base agregado en el área de trabajo perteneciente a OpenStreetMap (OSM), proporcionado por la herramienta QGIS en la sección de conexiones XYZ.

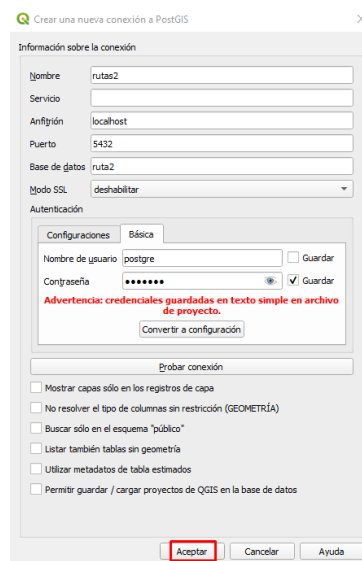


Figura 172. Conexión base de datos con QGIS

En la figura 172, se visualiza la conexión desde QGIS con la base de datos creada en la máquina virtual, con el fin de intercambiar información de las rutas entre los diferentes módulos del sistema.

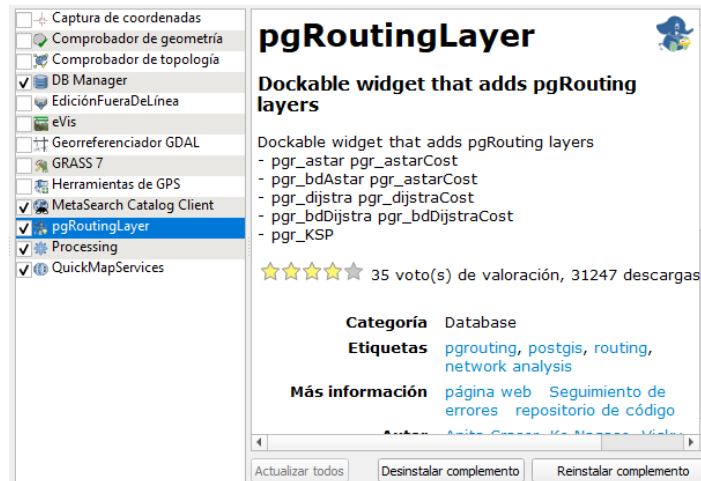


Figura 173. Instalación PgRoutingLayer en QGIS

La instalación del complemento pgRoutingLayer en QGIS se la presenta en la figura 173, este complemento será el cual nos permita verificar las rutas en la capa generada por la base de datos.

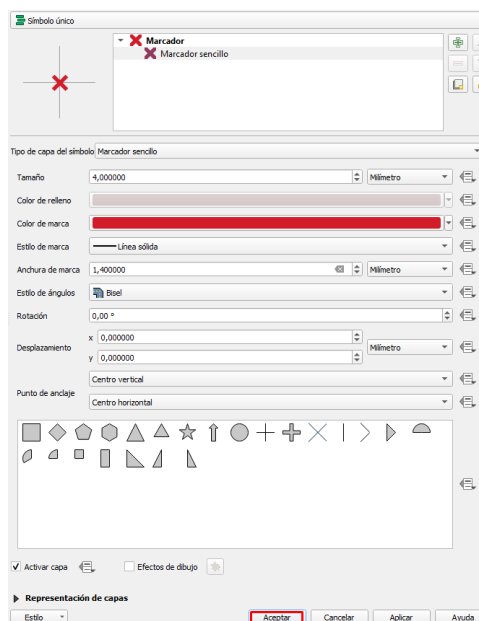


Figura 174. Modificación capa obstáculos en QGIS

En la figura 174, se presenta uno de los símbolos utilizados para diferenciar los obstáculos en las diferentes capas del mapa en QGIS que abarca el área de estudio.

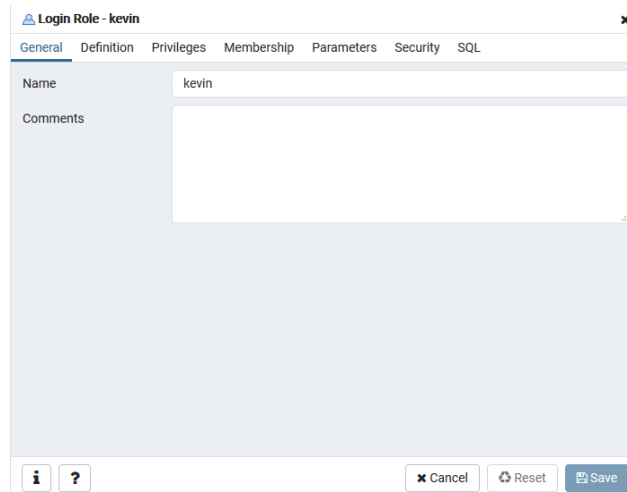


Figura 175. Creación nuevo usuario en Base de Datos

En la figura 175, se indica la creación de un nuevo usuario de la base de datos, que tenga permisos para administrar los datos generados por el sistema.

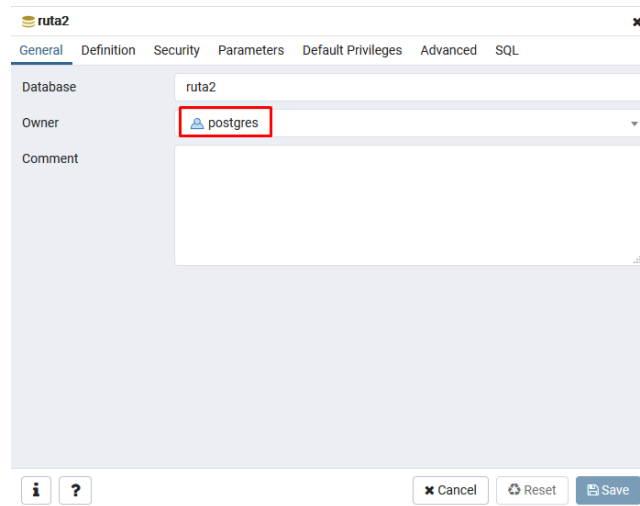


Figura 176. Creación nueva Base de Datos

En la figura 176, se muestra la creación de la nueva base de datos en el servidor, la cual pertenece a uno de los usuarios habilitados anteriormente.

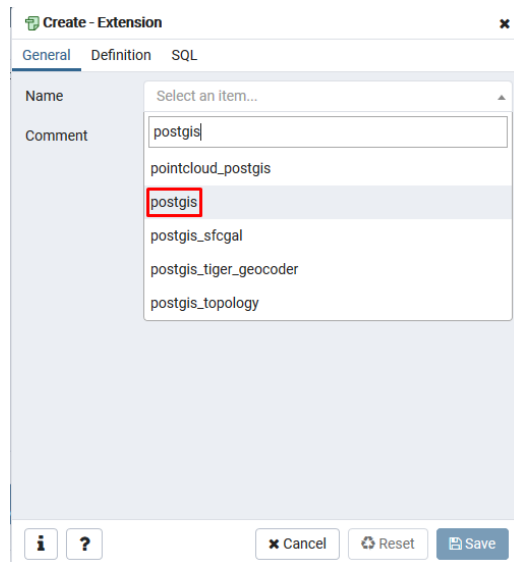


Figura 177. Creación extensión postgis

Dentro de la base de datos creada previamente, es necesario la creación de las extensiones postgis y pgRouting para poder gestionar los datos de tipo GIS, como se indica en la figura 177.

Iteración 3

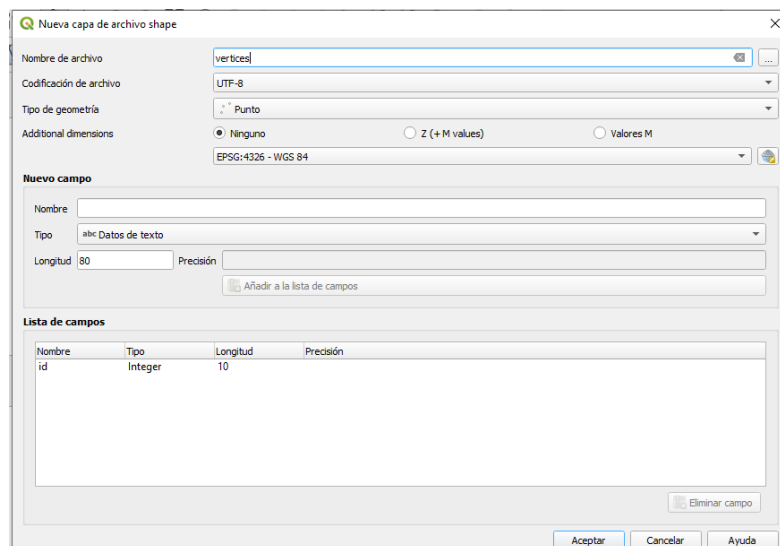


Figura 178. Creación capa vectorial para los vértices

En la figura 178, se evidencia la creación de la capa vectorial que contiene la identificación de los vértices del mapa que abarca el área de estudio, donde se escoge la opción UTF-8 como codificación de archivo y tipo de geometría punto.



Figura 179. Creación capa vectorial para líneas

En la figura 179, se presenta la capa vectorial líneas en QGIS, las cuales conectan los diferentes vértices que componen las esquinas y lugares de interés del área de estudio.

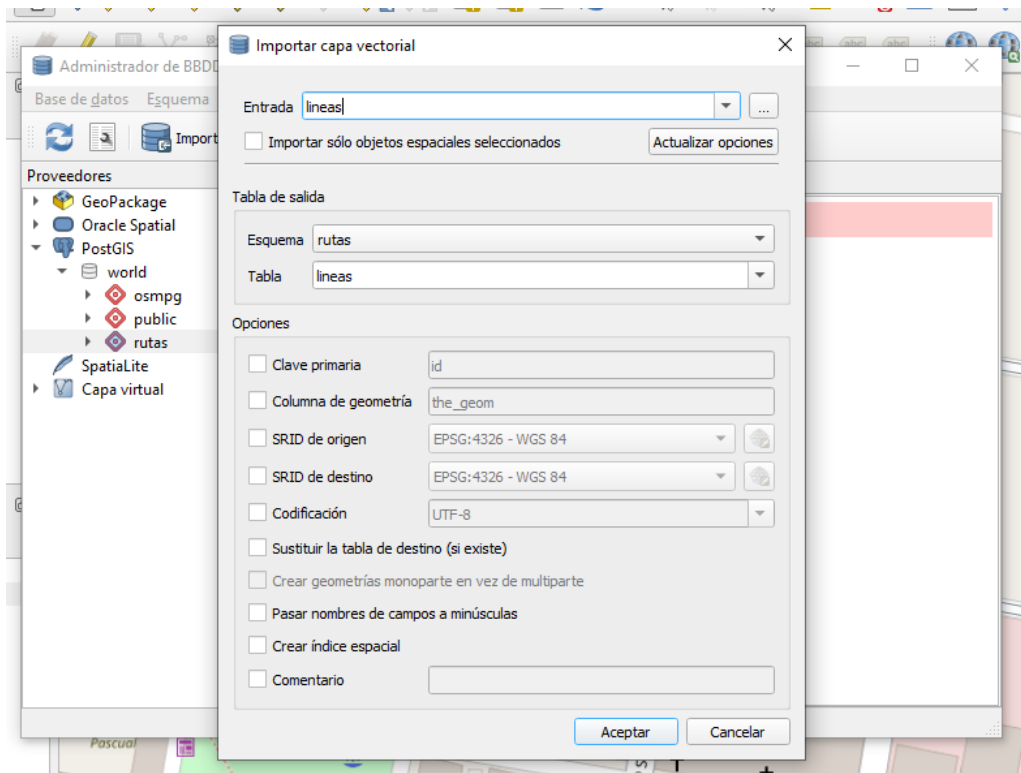


Figura 180. Importación de la capa a la Base de datos desde QGIS

Una vez concluida la capa de líneas en el mapa, se procede a importar la capa desde QGIS, con el Administrador BBDD, seleccionando las opciones mostradas en la figura 180.

```
Query Editor Query History Scratch f
1 alter table rutas.lineas add column source integer;
2 alter table rutas.lineas add column target integer;
3 select pgr_createTopology ('rutas.lineas', 0.00001, 'geom', 'id')
4 |
```

Figura 181. Ejecución de código en Base de datos para crear topología.

Posteriormente, se podrá visualizar la capa exportada en la base de datos, donde en el query tolos se procede a generar topología del área de estudio por donde pueden generarse todas las posibles rutas; se utilizan los comandos de la figura 181.

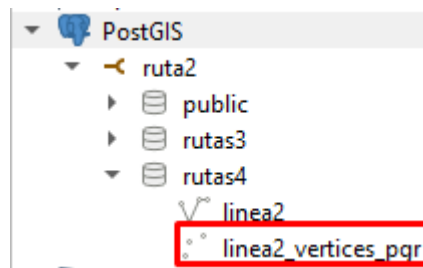


Figura 182. Actualización y agregación de capa topología en QGIS.

Una vez creada la topología, se agrega dicha capa de topología al mapa de trabajo en QGIS, como se muestra en la figura 182, donde se selecciona la capa desde del esquema de trabajo de la base de datos.

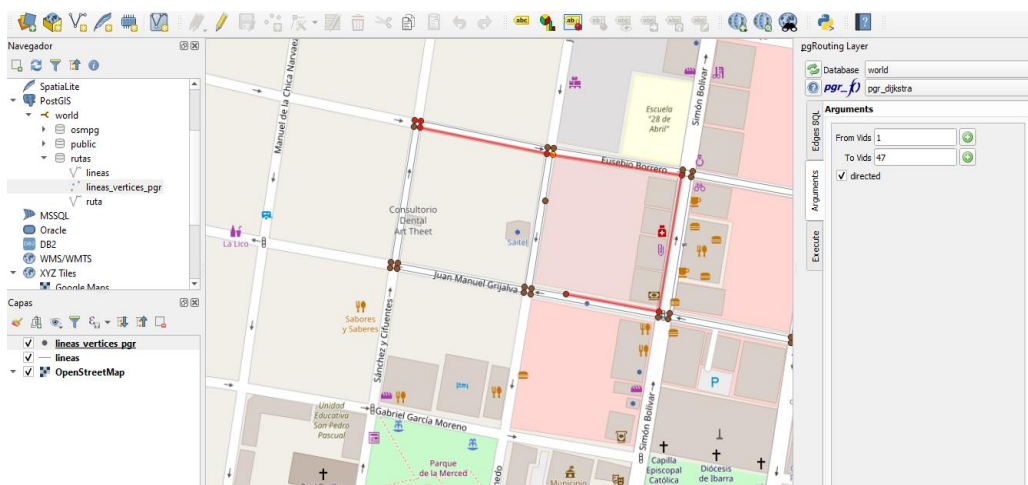


Figura 183. Generación de ruta entre dos puntos del mapa.

Para verificar la adecuada creación de la topología, se utiliza la extensión pgRoutingLayer previamente instalada y se generan rutas de prueba entre diferentes vértices, es posible ver el ejemplo en la figura 183.

```

1 SELECT a.*, ST_AsGeoJSON(b.geom) FROM pgr_dijkstra('
2     SELECT id,
3     source,
4     target,
5     cost
6     FROM rutas4.linea2',
7     1, 23) AS a
8 LEFT JOIN rutas4.linea2 as b
9 ON (a.edge = b.id) ORDER BY seq;

```

seq	path_seq	node	edge	cost	agg_cost	st_asgeojson
integer	integer	bigint	bigint	double precision	double precision	text
1	1	1	1	145	50	0 ("type":"MultiLineS...
2	2	2	2	169	100	50 ("type":"MultiLineS...
3	3	3	5	149	50	150 ("type":"MultiLineS...
4	4	4	6	170	133	200 ("type":"MultiLineS...
5	5	5	9	153	50	333 ("type":"MultiLineS...
6	6	6	10	171	212	383 ("type":"MultiLineS...
7	7	7	13	157	50	595 ("type":"MultiLineS...
8	8	8	14	172	133	645 ("type":"MultiLineS...
9	9	9	17	161	50	778 ("type":"MultiLineS...
10	10	10	18	173	137	828 ("type":"MultiLineS...
11	11	11	21	165	50	965 ("type":"MultiLineS...
12	12	12	22	166	50	1015 ("type":"MultiLineS...
13	13	13	23	-1	0	1065 [null]

Figura 184. Generación de ruta dentro de la DB con algoritmo Dijkstra.

Se procede a realizar un análisis de la información obtenida en la base de datos, para lo cual se hace uso de los comandos mostrados en la figura 184.

Iteración 4

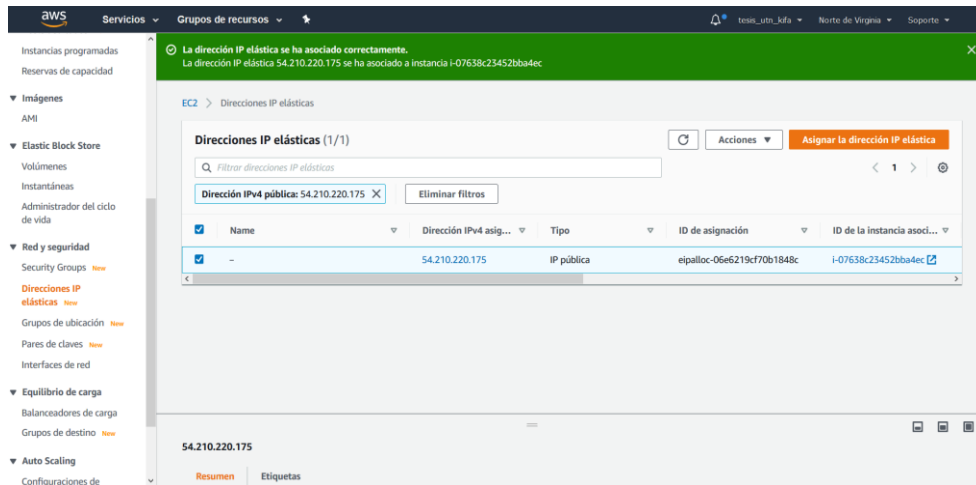


Figura 185. Generación de IP elástica fija en el servidor.

Para un mejor funcionamiento del sistema, es necesario la creación de una IP elástica en AWS como se visualiza en la figura 185; se debe tomar en cuenta que, al requerir este tipo de servicio, puede incurrir en mayores gastos si no se realiza una configuración correcta o por uso inadecuado.

```
admin@ip-172-31-87-27: ~
GNU nano 3.2 sources.list
deb http://cdn-aws.deb.debian.org/debian buster main
deb-src http://cdn-aws.deb.debian.org/debian buster main
deb http://security.debian.org/debian-security buster/updates main
deb-src http://security.debian.org/debian-security buster/updates main
deb http://cdn-aws.deb.debian.org/debian buster-updates main
deb-src http://cdn-aws.deb.debian.org/debian buster-updates main
deb http://cdn-aws.deb.debian.org/debian buster-backports main
deb-src http://cdn-aws.deb.debian.org/debian buster-backports main
deb http://apt.postgresql.org/pub/repos/apt buster-pgdg main

deb https://qgis.org/debian unstable main
deb-src https://qgis.org/debian unstable main

[ Read 15 lines ]
^G Get Help  ^O Write Out  ^W Where Is  ^K Cut Text   ^J Justify   ^C Cur Pos
^X Exit      ^R Read File  ^\ Replace   ^U Uncut Text ^T To Spell  ^_ Go To Line
```

Figura 186. Instalación de herramientas en la nube.

Dentro de la instancia generada en AWS, es necesario la instalación de todas las herramientas requeridas por los módulos, en la figura 186, se observa los repositorios agregados en el archivo source.list para posterior instalación de los programas.

```
root@ip-172-31-87-27:~# systemctl status apache2
● apache2.service - The Apache HTTP Server
   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/apache2.service; enabled; vendor preset:
   Active: active (running) since Fri 2020-09-18 05:21:19 UTC; 49s ago
     Docs: https://httpd.apache.org/docs/2.4/
   Main PID: 16836 (apache2)
     Tasks: 55 (limit: 1158)
    Memory: 7.2M
    CGroup: /system.slice/apache2.service
           └─16836 /usr/sbin/apache2 -k start
             └─16838 /usr/sbin/apache2 -k start
               └─16839 /usr/sbin/apache2 -k start

Sep 18 05:21:19 ip-172-31-87-27 systemd[1]: Starting The Apache HTTP Server...
Sep 18 05:21:19 ip-172-31-87-27 systemd[1]: Started The Apache HTTP Server.
lines 1-14/14 (END)
```

Figura 187. Instalación servicios LAMP en el servidor en AWS.

En la figura 187, se muestra la instalación de los servicios LAMP, ya que, para enviar la información de las rutas desde el servidor hacia la aplicación móvil, es requerido el uso de una aplicación web.

```
<?php
//variables para la conexión
$host= "localhost";
$port= "5432";
$user= "postgres";
$database="world";
$password = "12345";

$conexion=pg_connect("host=$host port=$port user=$user
                    dbname=$database password=$password");

//si fallara la conexión con la BD
if (!$conexion) {
    echo "error en la conexión";
}
?>
```

Figura 188. Conexión del servidor con aplicación móvil mediante aplicación web.

En la figura 188, se presenta parte del código desarrollado para la aplicación web, la cual permite la conexión con la base de datos del sistema.

```

$resultado2 = pg_query($conexion,$consulta2) or die('la consulta fallo: ' . p
g_last_error());

while ($line = pg_fetch_array($resultado2, null, PGSQL_ASSOC)) {
    $ruta[] = array_map('utf8_encode', $line);
}

echo json_encode($ruta);

//liberando el conjunto de resultados
pg_free_result($resultado2);
pg_free_result($resultado);

//cierro la conexion
pg_close($conexion);
?>

```

Figura 189. Envío de la petición de dato a la aplicación móvil.

En la figura 189, se muestra parte del código de la aplicación web, la cual permite la solicitud de información de la ruta y la guarda en una variable para su posterior envío.

Iteración 5

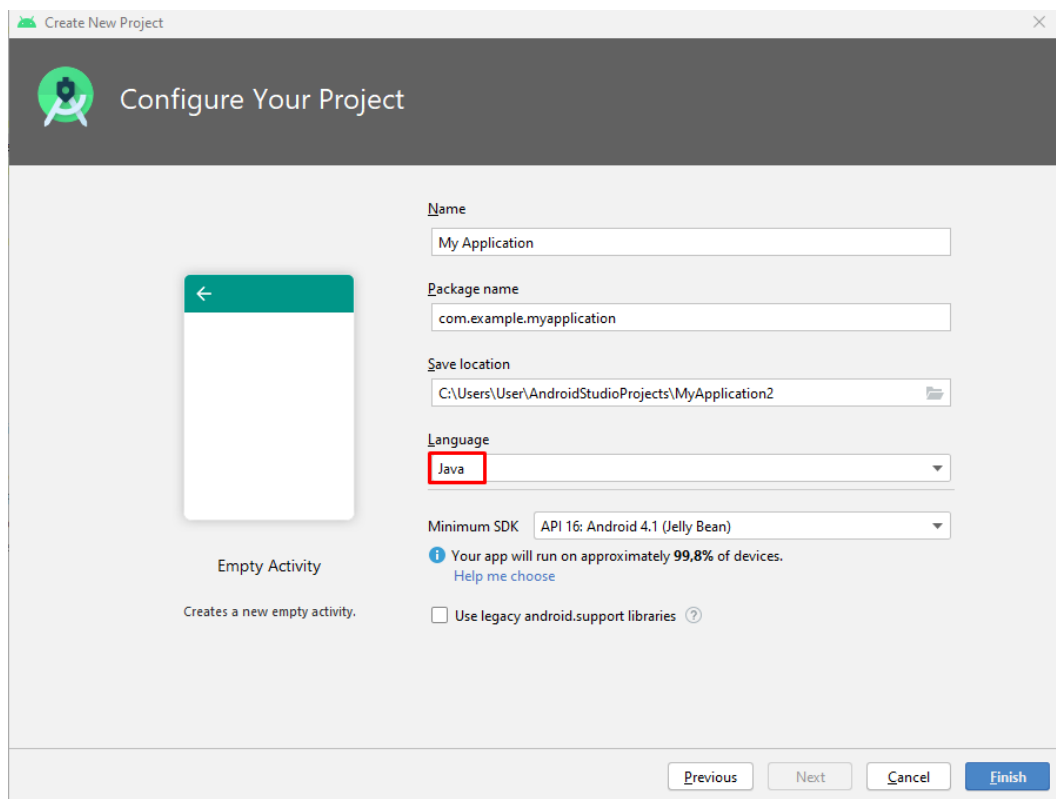


Figura 190. Selección lenguaje de programación Java.

Al crear el proyecto para desarrollo de la Aplicación Móvil, se selecciona el lenguaje de programación, en la figura 190, se observa que se trabaja con lenguaje java.

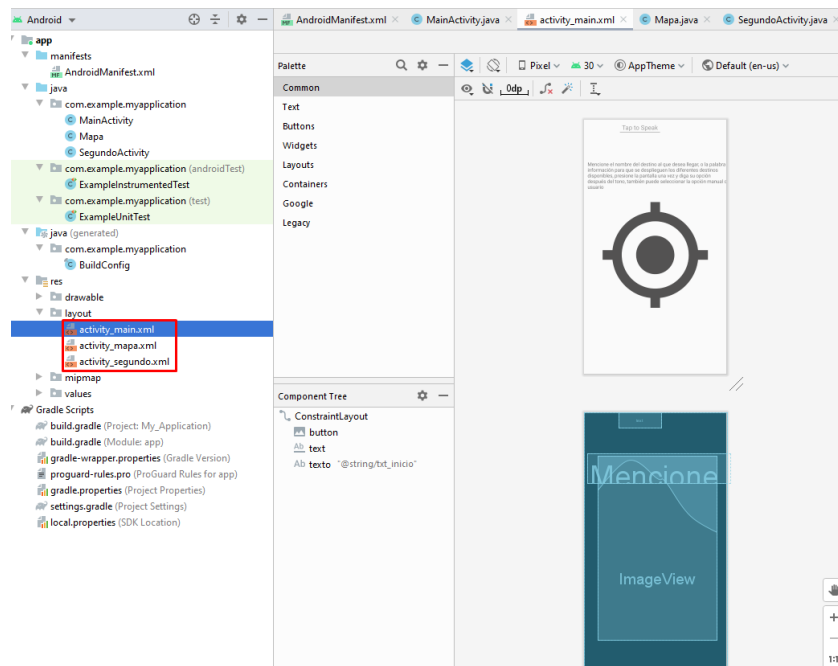


Figura 191. Creación de las activities y xml

En la figura 191, se muestran las activities y archivos .xml que conforman la aplicación móvil.

```
package com.example.myapplication;

import androidx.annotation.NonNull;
import androidx.appcompat.app.AppCompatActivity;
import androidx.core.app.ActivityCompat;
import androidx.core.content.ContextCompat;

import android.Manifest;
import android.content.Intent;
import android.content.pm.PackageManager;
import android.os.Build;
import android.os.Bundle;
import android.speech.RecognitionListener;
import android.speech.RecognizerIntent;
import android.speech.SpeechRecognizer;
import android.speech.tts.TextToSpeech;
import android.view.MotionEvent;
import android.view.View;
import android.view.WindowManager;
import android.widget.Button;
import android.widget.EditText;
```

Figura 192. Importación de librerías.

Para el funcionamiento de la aplicación móvil, es necesario el uso de varios complementos o extensiones, en la figura 192, se muestran algunas de las librerías usadas en el proyecto.

```
BuscarDestino("http://192.168.1.3:82/ejemplo/buscar_lugar.php?destino="+destino+
"");
}
public void BuscarDestino(String URL){
    final JSONArrayRequest jsonArrayRequest = new JSONArrayRequest(URL, new
Response.Listener<JSONArray>() {
    @Override
    public void onResponse(JSONArray response) {
        JSONObject jsonObject = null;
        try {
            jsonObject = response.getJSONObject(0);
            prueba.setText(jsonObject.getString("st_asgeojson"));
            enviarGeojson();
        } catch (JSONException e){
            Toast.makeText(SegundoActivity.this, e.getMessage(),
Toast.LENGTH_SHORT).show();
        }
    }
}, new Response.ErrorListener() {
```

Figura 193. Indicaciones de uso.

Al iniciar la aplicación móvil se brindan algunas indicaciones al usuario para el manejo del sistema, en la figura 193, se muestra una sección del código desarrollado que permite esta acción.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<androidx.constraintlayout.widget.ConstraintLayout
xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
xmlns:app="http://schemas.android.com/apk/res-auto"
android:orientation="vertical"
xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="match_parent">
<TextView
    android:id="@+id/textView"
    android:layout_width="224dp"
    android:layout_height="68dp"
    android:layout_marginStart="110dp"
    android:layout_marginTop="150dp"
    android:text="TextView"
    app:layout_constraintStart_toStartOf="parent"
    app:layout_constraintTop_toTopOf="parent" />
</androidx.constraintlayout.widget.ConstraintLayout>
```

Figura 194. Reconocimiento de voz.

El diseño de la aplicación móvil comprende el uso de comandos de voz para la consulta de la ruta deseada, en la figura 194, se muestra una sección del código que permite se ejecute dicha acción.

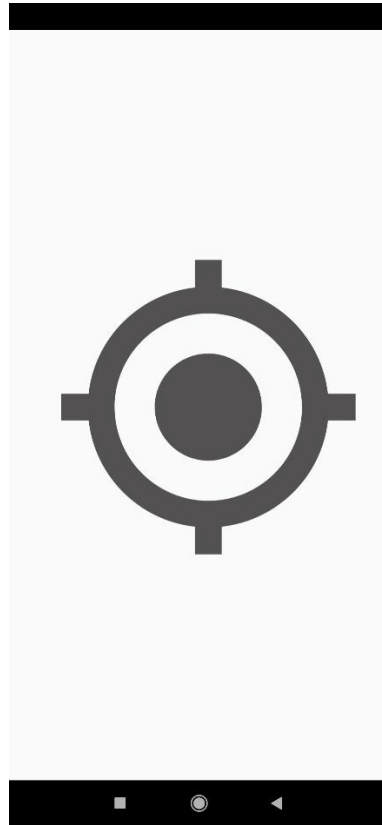


Figura 195. Petición de ruta al abrir aplicación.

En la figura 195, se muestra la imagen principal de la activity al iniciar la aplicación.

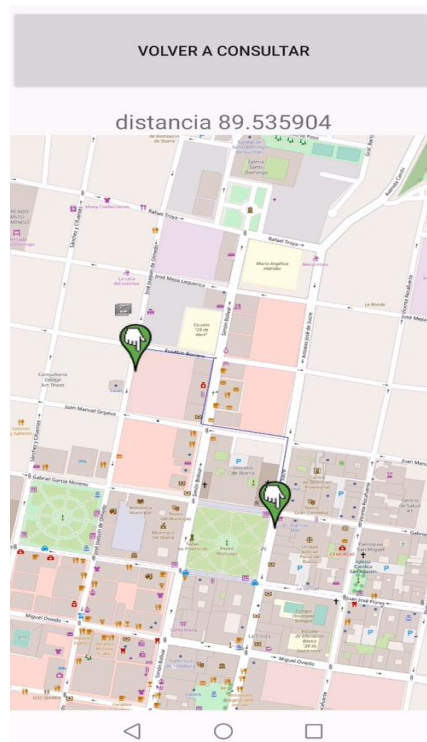


Figura 196. Graficar ruta en el mapa

En la figura 196, se muestra un ejemplo de la consulta realizada y funcionamiento de la aplicación móvil.

ANEXO 15: Funcionamiento del algoritmo Dijkstra en la generación de rutas.

Para un mejor entendimiento del proceso, se presenta un pseudocódigo que describe los pasos a seguir para ejecutar el algoritmo de Dijkstra dado un grafo G y un nodo fuente s . $V[g]$ se considera el conjunto de nodos en el grafo (Aguayo, 2008).

DIJKSTRA (Grafo G , nodo_fuente s)

// inicializa todos los nodos del grafo.

//La distancia de cada nodo es infinita

// y los padres son NULL

for $u \in V[G]$ do

```

distancia[u] = INFINITO

padre[u] = NULL

distancia[s] = 0

//se encola todos los nodos del grafo

Encolar (cola, V[G])

mientras cola != 0 do

// Se extrae el nodo que tiene distancia mínima y

//se conserva la condición

//de Cola de prioridad

u = extraer_minimo(cola)

for v ∈ adyacencia[u] do

if distancia[v] > distancia[u] + peso(u,v) do

distancia[v] = distancia[u] + peso(u,v) padre[v] = u

```

En la figura 197, se muestra una ruta generada de extremo a extremo de la calle Eusebio Borrero, dentro de los límites del área de estudio. La ruta es generada bajo el algoritmo de Dijkstra con la herramienta de pgRoutingLayer en QGIS; para ello es necesario haber generado la topología con anterioridad dentro de la base de datos de PostgreSQL. La ruta inicia en el vértice 1 correspondiente a la intersección con la calle Sánchez y Cifuentes y termina en el vértice 23 correspondiente a la intersección con la calle Pedro Vicente Maldonado.



Figura 197. Generación de ruta en la calle Eusebio Borrero

Fuente: pgRoutingLayer en QGIS.

Para comprobar el adecuado funcionamiento de la herramienta y el algoritmo, procedemos a exportar la ruta obtenida para analizar sus datos; como indica la figura 198.

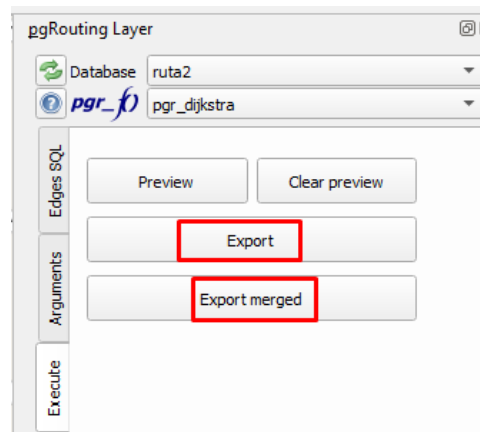


Figura 198. Exportación de la capa de datos de la ruta generada

Fuente: pgRoutingLayer en QGIS.

Escogemos la primera capa exportada y accedemos a su tabla de atributos, la cual nos indica un resumen de los elementos que componen la ruta, los cuales se evidencian en la figura 199. Las columnas indican el nombre del camino, el vértice de inicio, vértice de destino, el costo de la ruta, los vértices o nodos por los cuales atraviesa y los segmentos aledaños a dichos vértices.

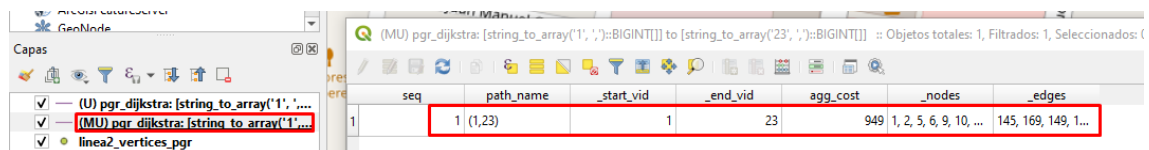


Figura 199. Tabla de atributos de la capa resumen de ruta.

Fuente: pgRoutingLayer en QGIS.

La segunda capa exportada en la figura 200, nos brinda a detalle el proceso de recorrido realizado por la ruta, en la tabla se detalla: la numeración, el nombre del camino, la secuencia de la ruta, el nodo inicial, nodo final, número de nodo correspondiente al salto, el id del segmento aledaño, el costo del salto, el costo acumulado y el id del segmento correspondientemente. Iniciando en el nodo 1, la tabla señala que el siguiente salto es el nodo 2 con un costo de 50 y costo acumulado de 50. Desde el nodo 2 el siguiente salto es el nodo 5 con un costo de 100 y costo acumulado de 150. Del nodo 5 salta al nodo 6 con un costo de 50 y costo acumulado de 200.

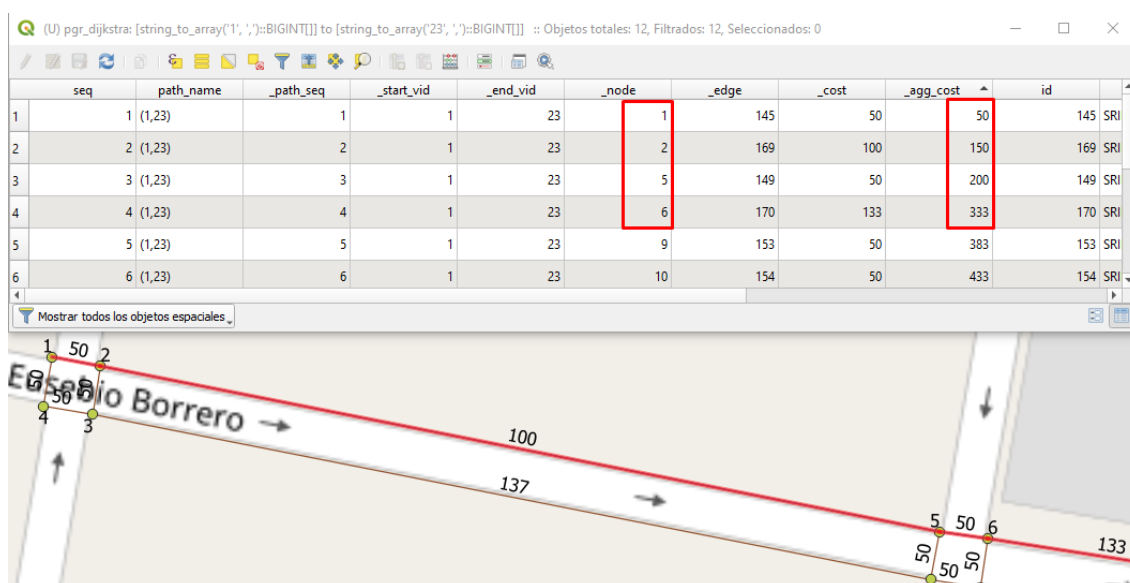


Figura 200. Saltos desde el nodo 1 al nodo 6 en la ruta generada.

Fuente: pgRoutingLayer en QGIS.

En la figura 201, el nodo 6 tiene como siguiente salto el nodo 9, costo de 133 y costo acumulado de 333. Desde el nodo 9 el siguiente salto es el nodo 10 con costo de 50 y costo acumulado de 383. Del nodo 10 salta al nodo 11 con un costo de 50 y costo acumulado de 433.

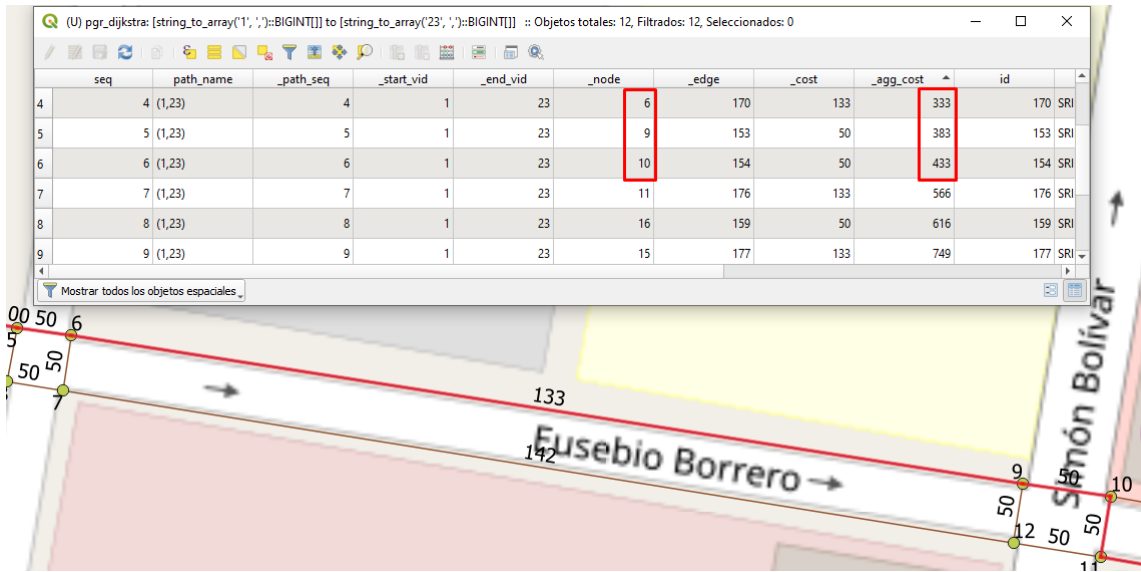


Figura 201. Saltos desde el nodo 6 al nodo 11 en la ruta generada.

Fuente: pgRoutingLayer en QGIS.

En la figura 202, el nodo 11 tiene como siguiente salto el nodo 16, costo de 50 y costo acumulado de 566. Desde el nodo 16 el siguiente salto es el nodo 15 con costo de 50 y costo acumulado de 616.

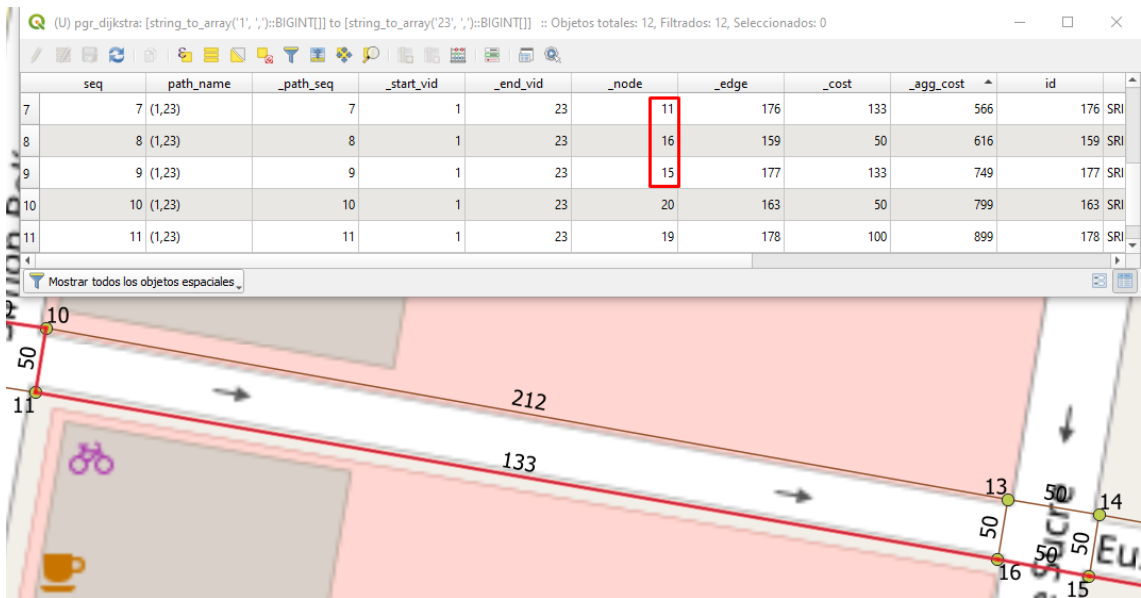


Figura 202. Saltos desde el nodo 11 al nodo 15 en la ruta generada.

Fuente: pgRoutingLayer en QGIS.

En la figura 203, el nodo 15 tiene como siguiente salto el nodo 20, costo de 133 y costo acumulado de 749. Desde el nodo 20 el siguiente salto es el nodo 19 con costo de 50 y costo acumulado de 799.

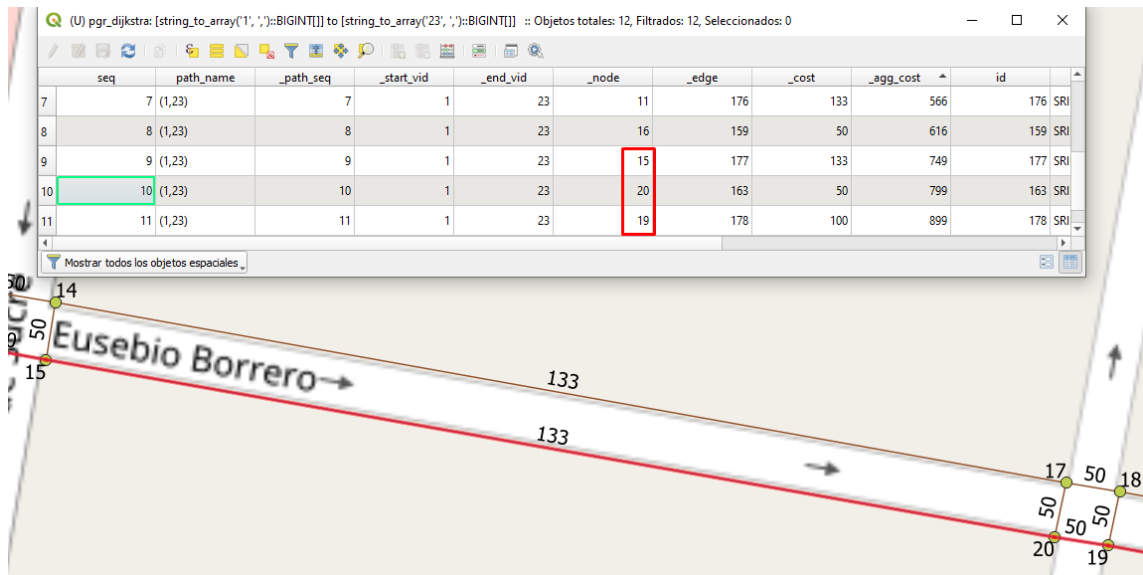


Figura 203. Saltos desde el nodo 15 al nodo 19 en la ruta generada.

Fuente: pgRoutingLayer en QGIS.

En la figura 204, el nodo 19 tiene como siguiente salto el nodo 24, costo de 100 y costo acumulado de 899. Desde el nodo 24 el siguiente salto es el nodo final 23 con costo de 50 y costo total de 949.

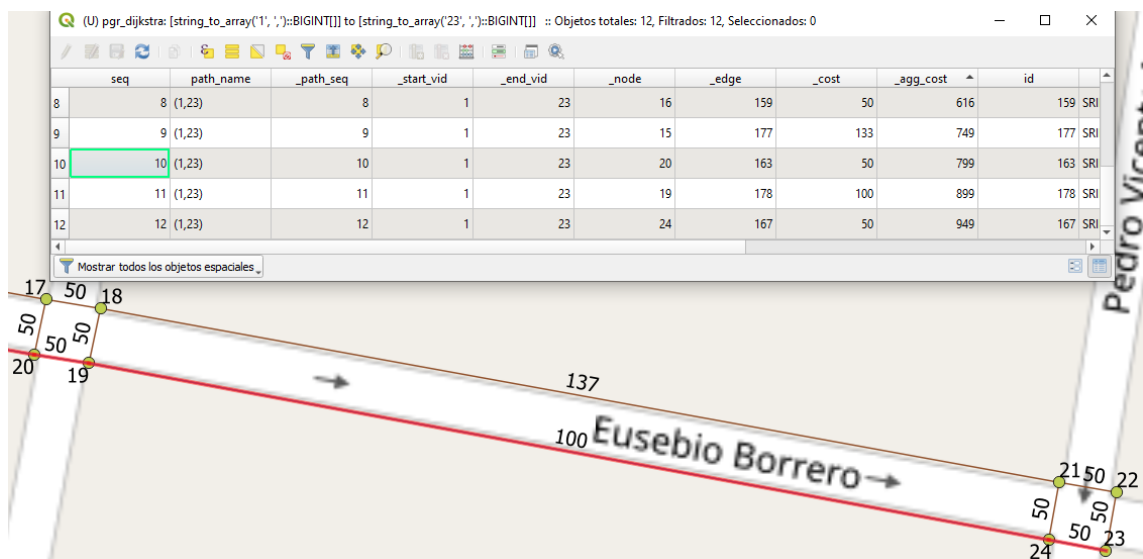


Figura 204. Saltos desde el nodo 19 al nodo 23 en la ruta generada.

Fuente: pgRoutingLayer en QGIS.

Mediante el análisis de la ruta seleccionada, es posible identificar como el algoritmo tomo los segmentos de menor costo, evitando generar una ruta con costo elevado, demostrando que la herramienta cumple con lo propuesto.