



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Ciencias y Sistemas

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APOYO EN LA NAVEGACIÓN  
DE PERSONAS NO VIDENTES EN LA METRÓPOLI DE GUATEMALA**

**Braulio Rafael Hernández Osuna**

**Francisco Javier Lemus Morataya**

Asesorado por el Ing. Miguel Ángel Cancinos Rendón

Guatemala, agosto de 2015



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APOYO EN LA NAVEGACIÓN  
DE PERSONAS NO VIDENTES EN LA METRÓPOLI DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**BRAULIO RAFAEL HERNÁNDEZ OSUNA**

**FRANCISCO JAVIER LEMUS MORATAYA**

ASESORADO POR EL ING. MIGUEL ÁNGEL CANCINOS RENDÓN

AL CONFERÍRSELES EL TÍTULO DE

**INGENIEROS EN CIENCIAS Y SISTEMAS**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2015



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Fernández Cáceres
EXAMINADOR	Ing. Luis Fernando Quiñónez
EXAMINADOR	Ing. Roberto Estuardo Ruiz Cruz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

Francisco Javier Lemus Morataya



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Floriza Avila Pesquera de Medinilla
EXAMINADORA	Inga. Sonia Yolanda Castañeda de De Paz
EXAMINADOR	Ing. Marlon Antonio Pérez Turk
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

Braulio Rafael Hernández Osuna





## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APOYO EN LA NAVEGACIÓN DE PERSONAS NO VIDENTES EN LA METRÓPOLI DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, con fecha 15 de enero de 2015.



**Braulio Rafael Hernández Osuna**



**Francisco Javier Lemus Morataya**



Universidad de San Carlos de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ciencias y Sistemas

Guatemala, 15 de mayo de 2015

Ingeniero

Carlos Alfredo Azurdia Morales

Tutor de trabajos de graduación

Respetable Ingeniero Azurdia:

Por este medio le informo como asesor del trabajo de graduación del los estudiantes universitarios de la carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, BRAULIO RAFAEL HERNÁNDEZ OSUNA, carné 200611369 y FRANCISCO JAVIER LEMUS MORATAYA, carné 200611052, que he revisado el trabajo de graduación titulado: "PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APOYO EN LA NAVEGACIÓN DE PERSONAS NO VIDENTES EN LA METRÓPOLI DE GUATEMALA", y a mi criterio el mismo está completo y cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo según el protocolo.

Agradeciendo su atención a la presente,

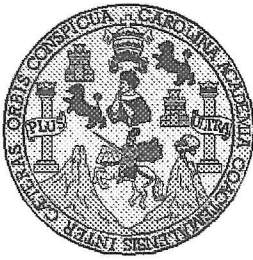
Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'MARCOS'.

Ing. Miguel Ángel Cancinos Rendón  
Asesor de trabajo de graduación  
Colegiado: 11572

MIGUEL ANGEL CANCINOS RENDON  
INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS  
COLEGIADO No. 11572





Universidad San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

Guatemala, 27 de Mayo del 2015

Ingeniero  
**Marlon Antonio Pérez Türk**  
Director de la Escuela de Ingeniería  
En Ciencias y Sistemas

Respetable Ingeniero Pérez:

Por este medio hago de su conocimiento que he revisado el trabajo de graduación de los estudiantes **BRAULIO RAFAEL HERNÁNDEZ OSUNA** con carné 2006-11369, y **FRANCISCO JAVIER LEMUS MORATAYA** con carné 2006-11052, titulado: **“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APOYO EN LA NAVEGACIÓN DE PERSONAS NO VIDENTES EN LA METRÓPOLI DE GUATEMALA”**, y a mi criterio el mismo cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo, según el protocolo.

Al agradecer su atención a la presente, aprovecho la oportunidad para suscribirme,

Atentamente,

  
**Ing. Carlos Alfredo Azurdia**  
Coordinador de Privados  
y Revisión de Trabajos de Graduación





E  
S  
C  
U  
L  
A  
  
D  
E  
  
C  
I  
E  
N  
C  
I  
A  
S  
  
Y  
  
S  
I  
S  
T  
E  
M  
A  
S

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE CIENCIAS Y SISTEMAS  
TEL: 24767644

*El Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor con el visto bueno del revisor y del Licenciado en Letras, del trabajo de graduación **“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APOYO EN LA NAVEGACIÓN DE PERSONAS NO VIDENTES EN LA METRÓPOLI DE GUATEMALA”**, realizado por los estudiantes **BRAULIO RAFAEL HERNÁNDEZ OSUNA** y **FRANCISCO JAVIER LEMUS MORATAYA**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.*

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

**Ing. Martín Antonio Pérez Türk**  
**Director, Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas**



Guatemala, 06 de Agosto de 2015







El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APOYO EN LA NAVEGACIÓN DE PERSONAS NO VIDENTES EN LA METRÓPOLI DE GUATEMALA**, presentado por los estudiantes universitarios: **Braulio Rafael Hernández Osuna y Francisco Javier Lemus Morataya**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, julio de 2015



/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por sus abundantes bendiciones recibidas durante todos los días de mi vida y llegar hasta aquí.
- Mis padres** María Alicia Osuna Rivera, Rafael Antonio Hernández Álvarez, por haberme brindado su amor incondicional, confianza, apoyo, guía y consejo a lo largo de mi vida. Por su esfuerzo y sacrificio constante, por nunca rendirse. Este logro también es suyo, siéntanse orgullosos por lo que han logrado como padres.
- Mis hermanas** Lizbeth Analicia e Ivonne Marisol Hernández, por siempre haber estado ahí cuando las necesitaba. Saben que las quiero mucho.
- Mis abuelos** Rafael Hernández, Victoria Álvarez (q. e. p. d.), Concepción Rivera (q. e. p. d), por todos sus sabios consejos.
- Todos mis tíos y primos** Por ser parte de mi familia y estar en todo momento, bueno y malo. En especial a Víctor Hernández, Patty Acevedo, Adrián Ozuna, Esperanza Palencia, Martín Lorenzana (q. e. p. d.), Martina Ozuna. Gracias.

**Braulio Rafael Hernández Osuna**



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por permitirme llegar a este momento y proveer siempre lo necesario para alcanzarlo.
<b>Mi mamá</b>	Por todo su apoyo, enseñanzas, ejemplo y motivación que me llevaron a estar aquí.
<b>A mis abuelos</b>	Por siempre apoyarme, darme sus consejos y buenos ejemplos para alcanzar esta meta.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por brindarme todos los conocimientos y experiencias necesarias para formarme como profesional.
<b>Mi asesor</b>	Por el apoyo, asesoría, buenos consejos y disposición para desarrollar el presente trabajo.
<b>Mis amigas y amigos</b>	Por todos esos momentos que compartimos durante la carrera y el apoyo que siempre tuvimos en el desarrollo de proyectos.

**Francisco Javier Lemus Morataya**



## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **Mis amigos**

Por todos esos momentos compartidos y más de algunas locuras. Por su amistad, apoyo, confianza, consejos, recordatorios e incluso algunos regaños. Por estar pendientes lograra terminar este trabajo. En especial a Víctor Rosales, Cecilia De León, Sonia Guamuch, Augusto Santizo, Karina Barrios, Doris Vega, Francisco Lemus, Silvia Cruz, Marvin Hernández, Paola Morales, Mario Castillo, Yuri Del Cid, Francisco López, Mabelita Castillo, Brenda Arriaga, Rocío Ocaña y Gabriel Rosales.

### **Compañero de tesis y amigo**

Francisco Javier. Por todo el apoyo, ayuda y confianza para la realización de este trabajo y durante la carrera. Por compartir sus conocimientos y motivación. Y por su paciencia y aguantarme, ya que es algo complicado trabajar conmigo. Gracias.

### **Todos mis catedráticos**

Por compartir sus valiosos conocimientos y lo que he aprendido de ellos a lo largo de mi formación profesional.

**Mis asesores**

Por sus enseñanzas, consejos, experiencia compartida y apoyo profesional. Principalmente al Ing. Miguel Cancinos y la Inga. Rocío Medina.

**ASAZGUA**

Por brindarme las facilidades para terminar mis estudios, y confiar en mí. Principalmente a Mario Castillo, Willy Calvillo y Juan José Grajeda.

**Braulio Rafael Hernández Osuna**



## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Dios** Por estar a mi lado, brindarme la sabiduría, las oportunidades, los recursos y todo su apoyo siempre.
- Mi mamá** Por formarme con sus enseñanzas, paciencia, entera dedicación y buenos ejemplos permitiéndome llegar a ser la persona quien soy en la actualidad.
- Mis abuelos** Por brindarme su entero e incondicional apoyo, recursos, cariño y consejos que me permiten ser hoy un profesional.
- A mis tías y tíos** Porque cada uno de ellos ha jugado un papel importante en mi vida, con su apoyo y enseñanzas, permitiéndome crecer como una persona correcta.
- A mis hermanos** Por todas las convivencias que tenemos, el apoyo y motivación que me brindan siempre para alcanzar mis metas.
- A mi novia Patricia Rodríguez** Por estar siempre pendiente de que logre mis metas, motivarme y apoyarme incondicionalmente.

**A mis amigas y amigos**

Por siempre estar al pendiente y motivarme  
en todo.

**Francisco Javier Lemus Morataya**

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XI
GLOSARIO .....	XV
RESUMEN.....	XXIII
OBJETIVOS.....	XXV
INTRODUCCIÓN .....	XXVII
1. DEFINICIONES Y CONCEPTOS.....	1
1.1. Definición de ceguera y tipos existentes.....	1
1.2. Aspectos psicológicos de los pacientes con ceguera.....	3
1.3. Enfermedades oculares causantes de ceguera.....	5
1.3.1. Ceguera de nacimiento.....	5
1.3.1.1. Glaucoma congénito.....	5
1.3.1.2. Catarata congénita .....	6
1.3.1.3. Ambliopía.....	7
1.3.2. Ceguera por accidentes.....	7
1.3.2.1. Catarata por radiación .....	8
1.3.2.2. Ceguera por trauma.....	8
1.3.3. Ceguera por enfermedad.....	9
1.3.3.1. Catarata.....	9
1.3.3.2. Degeneración macular.....	11
1.3.3.3. Retinopatía diabética .....	12
1.3.3.4. Desprendimiento de retina.....	13
1.3.3.5. Glaucoma .....	14
1.4. La movilidad para personas con ceguera y sus limitaciones ...	15
1.4.1. Técnicas pre bastón .....	16

	1.4.1.1.	Técnica de rastreo.....	17
	1.4.1.2.	Técnica de encuadre.....	17
	1.4.1.3.	Técnica diagonal .....	17
	1.4.1.4.	Técnica de cubrirse .....	18
	1.4.1.5.	Técnica de alinearse .....	18
	1.4.1.6.	Técnica para recoger objetos .....	18
	1.4.2.	Técnicas con bastón .....	19
	1.4.2.1.	Técnica de Hoover .....	19
	1.4.2.2.	Técnica de deslizamiento .....	20
	1.4.2.3.	Técnica de toque.....	20
	1.4.2.4.	Técnica para escaleras .....	21
	1.4.3.	Principales peligros en las vías urbanas .....	21
1.5.		Sensores.....	24
	1.5.1.	Breve historia .....	24
	1.5.2.	Sensores y transductores.....	26
	1.5.3.	Interferencias y compensación.....	27
	1.5.4.	Tipos de sensores.....	28
	1.5.4.1.	Sensores de temperatura .....	28
	1.5.4.2.	Sensores de presión .....	28
	1.5.4.3.	Sensores de flujo.....	29
	1.5.4.4.	Sensores de nivel.....	29
	1.5.4.5.	Sensores de proximidad o posición.....	30
	1.5.4.6.	Sensores ultrasónicos .....	30
	1.5.5.	Sensores como apoyo de las personas con discapacidad visual .....	31
1.6.		Señales de accesibilidad pedestres .....	33
	1.6.1.	Reglamentos y buenas prácticas para los pasos peatonales especializados para incapacitados visuales .....	36

	1.6.1.1.	<i>Tactile walking surface indicators</i> .....	37
	1.6.1.2.	Señales de accesibilidad pedestres.....	39
1.7.		Sistemas de reconocimiento de voz .....	40
	1.7.1.	Diagrama conceptual.....	41
	1.7.2.	Clasificación de los sistemas de reconocimiento de voz .....	43
1.8.		Sistemas de geolocalización .....	45
	1.8.1.	Sistema global de navegación por satélite (GNSS) .....	45
	1.8.1.1.	Antecedentes del sistema global de navegación por satélite (GNSS) .....	46
	1.8.2.	Sistema de posicionamiento global (GPS) .....	51
	1.8.2.1.	Estructura del sistema GPS.....	53
		1.8.2.1.1. Segmento espacial .....	54
		1.8.2.1.2. Segmento de control ....	58
		1.8.2.1.3. Segmento de usuario ...	61
	1.8.2.2.	Precisión del sistema GPS .....	62
	1.8.3.	Sistema mundial de navegación por satélite (GLONASS) .....	64
	1.8.3.1.	Antecedentes de GLONASS.....	66
	1.8.3.2.	Estructura de GLONASS .....	67
		1.8.3.2.1. Constelación GLONASS .....	68
		1.8.3.2.2. Subsistema de control y gestión .....	69
		1.8.3.2.3. Equipos de navegación del usuario.....	71
		1.8.3.2.4. GPS/GLONASS.....	72

	1.8.3.3.	Campos de aplicación .....	74
1.8.4.		Sistemas de aumento.....	75
	1.8.4.1.	WAAS.....	76
	1.8.4.2.	EGNOS .....	77
1.8.5.		Otros proyectos .....	79
	1.8.5.1.	Galileo .....	79
		1.8.5.1.1. BeiDou .....	80
1.8.6.		Navegación para interiores.....	81
2.		TECNOLOGÍA PARA NO VIDENTES Y APLICACIONES.....	83
2.1.		Desafíos que enfrentan las personas con ceguera .....	83
2.2.		Herramientas y adelantos tecnológicos como apoyo a personas con ceguera.....	85
	2.2.1.	Sistema Braille .....	86
	2.2.2.	Impresoras .....	87
	2.2.3.	Software .....	90
		2.2.3.1. Lectores de pantalla .....	90
		2.2.3.2. Aplicaciones para dispositivos móviles .....	93
		2.2.3.2.1. IOS.....	93
		2.2.3.2.2. Android.....	96
	2.2.4.	Dispositivos y periféricos .....	98
		2.2.4.1. iBill.....	98
		2.2.4.2. AllReader.....	98
		2.2.4.3. <i>EasyLink 12 Touch</i> .....	99
2.3.		Utilización de sistemas de geolocalización .....	100
		2.3.1.1. Geolocalización .....	100
		2.3.1.1.1. Historia de la geolocalización.....	102

2.3.2.	Cálculo de una posición.....	102
2.3.3.	Sistemas de coordenadas .....	105
2.3.3.1.	Sistema de coordenadas geográficas .....	106
2.3.3.2.	<i>Datum</i> .....	108
2.3.3.3.	Proyecciones de mapa a través de coordenadas cartesianas.....	111
2.3.3.4.	Sistemas de coordenadas en 3D.....	112
2.3.3.5.	Propiedades y distorsión en proyecciones del mapa .....	113
2.3.3.6.	Coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator).....	115
2.3.3.7.	Sistema de coordenadas GTM .....	117
2.4.	Utilización de sistemas de información geográfica (SIG).....	117
2.4.1.	Sistemas de información geográfica.....	117
2.4.1.1.	Historia .....	117
2.4.1.2.	Definición.....	119
2.4.1.3.	Tipos de datos (referencia pendiente).....	120
2.4.1.4.	Consultas y análisis de la información .....	121
2.4.2.	Google Maps .....	121
2.4.2.1.	API de Google Maps.....	123
2.4.2.1.1.	Servicios .....	124
2.5.	Utilización de sistemas de reconocimiento de voz .....	126
2.5.1.	Reconocimiento de órdenes .....	126
2.5.2.	Módulos de reconocimiento de voz móviles .....	128
2.5.2.1.	Siri .....	129
2.5.2.2.	Google Now .....	130

2.6.	Interfaces para invidentes .....	132
3.	DISEÑO DE LA APLICACIÓN Y PROPUESTA.....	139
3.1.	Documentación .....	139
3.1.1.	Descripción general del proyecto .....	139
3.1.2.	Metodología.....	141
3.1.3.	Descripción conceptual de la aplicación.....	142
3.1.3.1.	Objetivo .....	142
3.1.3.2.	Funciones.....	143
	3.1.3.2.1. Comunicación .....	143
	3.1.3.2.2. Intérprete.....	144
	3.1.3.2.3. Guía .....	145
3.1.3.3.	Plataforma objetivo de la aplicación ...	146
3.1.4.	Descripción componentes de la aplicación.....	147
3.1.4.1.	Lector de indicaciones.....	147
3.1.4.2.	Administrador de rutas .....	148
3.1.4.3.	Procesador de comandos de voz .....	149
3.1.4.4.	Intérprete de obstáculos .....	150
3.1.5.	Descripción conceptual del sensor.....	151
3.1.6.	Componentes del sensor.....	152
3.1.6.1.	Arduino .....	152
3.1.6.2.	Módulo <i>Bluetooth</i> HC-05 .....	154
	3.1.6.2.1. Proceso de conexión... ..	155
3.1.6.3.	Sensor ultrasónico HC-SR04 .....	156
3.1.7.	Diseño del sensor.....	159
3.1.7.1.	Arreglo de sensores .....	161
3.1.7.2.	Señales del dispositivo .....	162
3.1.7.3.	Conexión de componentes.....	163
3.2.	Diagramas de la aplicación .....	165



3.2.1.1.	Casos de uso.....	165
3.2.1.2.	Caso de uso CDU-001: definir ruta....	168
3.2.1.3.	Caso de uso CDU-002: buscar ruta...	169
3.2.1.4.	Caso de uso CDU-003: dictar comando.....	170
3.2.1.5.	Caso de uso CDU-004: capturar información del sensor.....	171
3.2.1.6.	Caso de uso CDU-005: solicitar información al usuario.....	172
3.2.1.7.	Caso de uso CDU-006: corregir comando/información .....	173
3.2.1.8.	Caso de uso CDU-007: narrar instrucción.....	174
3.2.1.9.	Caso de uso CDU-008: repetir instrucción.....	174
3.2.1.10.	Caso de uso CDU-009: guardar ruta .	175
3.2.1.11.	Caso de uso CDU-010: obtener destinos .....	176
3.2.1.12.	Caso de uso CDU-011: solicitar datos de ruta.....	177
3.2.1.13.	Caso de uso CDU-012: leer información de obstáculos .....	178
3.2.2.	Diagrama de estados.....	180
3.2.2.1.	Estado: esperando instrucción/comando.....	183
3.2.2.2.	Estado: capturando información de voz .....	183
3.2.2.3.	Estado: buscando rutas .....	184
3.2.2.4.	Estado: seleccionando ruta.....	184

3.2.2.5.	Estado: solicitando datos de ruta .....	185
3.2.2.6.	Estado: brindando indicaciones.....	185
3.2.2.7.	Estado: recuperando información del sensor.....	186
3.2.2.8.	Estado: solicitando posición GPS.....	187
3.2.3.	Diagrama de componentes .....	187
3.2.3.1.	Diagrama de clases.....	188
3.2.3.2.	Diagramas de secuencias .....	189
3.2.3.3.	Diagrama de despliegue.....	190
4.	PROTOTIPO .....	191
4.1.	Alcances.....	191
4.2.	Funciones incluidas.....	191
4.3.	Recursos utilizados .....	192
4.3.1.	Plataforma de desarrollo .....	192
4.3.2.	Librerías utilizadas .....	193
4.3.2.1.	Google <i>text to speech</i> .....	193
4.3.2.2.	Google Maps .....	194
4.3.2.3.	Reconocimiento de voz .....	195
4.3.3.	Sensores utilizados .....	196
4.3.3.1.	Sensor GPS .....	196
4.3.3.2.	Acelerómetro, giroscopio y sensor magnético.....	196
4.4.	Algoritmo de ruta definido .....	196
4.5.	Comandos de voz .....	199
4.6.	Pruebas de campo .....	199
	CONCLUSIONES.....	203
	RECOMENDACIONES .....	205

BIBLIOGRAFÍA..... 207  
ANEXOS..... 217



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ejemplo de botón de cruce.....	35
2.	Bloques guía y de advertencia .....	38
3.	Diagrama conceptual sistema de reconocimiento de voz .....	43
4.	Agrupaciones de sistemas de posicionamiento existentes .....	46
5.	Ondas y bandas de frecuencia de los satélites .....	48
6.	Comparación de las órbitas de los sistemas de posicionamiento .....	50
7.	Segmentos que conforman el sistema de posicionamiento global.....	53
8.	Constelación de satélites alrededor del mundo.....	54
9.	Plano de constelación orbital .....	55
10.	Ubicaciones de los segmentos de control terrestre.....	59
11.	Mejora de la precisión del sistema con el tiempo .....	64
12.	Disposición constelación GLONASS.....	68
13.	Subsistema de gestión y control .....	69
14.	Estado de la constelación al 4 de enero de 2015.....	70
15.	Comparación de los distintos tipos de satélites a lo largo del tiempo ..	71
16.	Señales utilizadas por los satélites GLONASS .....	72
17.	GPS y GLONASS complementarios .....	73
18.	Funcionamiento en conjunto del GPS y GLONASS.....	74
19.	Sistemas de aumento.....	76
20.	Sistema de aumento WAAS.....	77
21.	Satélites que conforman EGNOS.....	78
22.	Diagrama de puntos de acceso usados como puntos de control .....	82
23.	Impresora braille .....	89

24.	Papel con braille impreso.....	89
25.	Dispositivo Braille EasyLink .....	99
26.	Diagrama sobre el cálculo de la posición GPS .....	103
27.	Error en el cálculo de la posición .....	104
28.	Procedimiento del cálculo de la posición .....	104
29.	Latitud y longitud terrestres.....	106
30.	Elipsoide .....	108
31.	Superficies de referencia .....	109
32.	Modelo de la tierra .....	110
33.	Composición del elipsoide .....	110
34.	Posiciones en el plano cartesiano para las coordenadas (x,y) .....	112
35.	Coordenada para un punto (x,y,z) .....	113
36.	Plano de proyección de la Tierra .....	114
37.	Sistema de coordenadas UTM .....	116
38.	Módulo Bluetooth HC-05.....	155
39.	Fórmula para el cálculo de la distancia de un objeto .....	158
40.	Sensor ultrasónico HC-SR04.....	158
41.	Diagrama de bloques sensor ultrasónico. ....	160
42.	Vista frontal dispositivo .....	161
43.	Diagrama de conexiones sugerido para el dispositivo electrónico.....	164
44.	Caso de uso del sistema.....	166
45.	Casos de uso del sistema.....	167
46.	Diagrama de estados comandos de voz.....	181
47.	Diagrama de estados aplicación .....	182
48.	Diagrama de componentes.....	188
49.	Diagrama de clases .....	189
50.	Diagrama de despliegue .....	190
51.	Algoritmo de guía por la ruta. ....	198
52.	Prueba con teléfono Samsung S5 .....	239

53.	Prueba con teléfono Samsung S5.....	239
-----	-------------------------------------	-----

## **TABLAS**

I.	Osciladores utilizados para el sistema GPS.....	57
II.	Características Arduino One .....	154





## GLOSARIO

<b>2D</b>	Es una imagen plana en 2 ejes.
<b>3D</b>	Es una imagen que tiene profundidad.
<b>3G</b>	Estándar de comunicación simultanea de voz y datos, utilizado por las empresas de telefonía móvil.
<b>Ambliopía</b>	Es la pérdida de visión clara en uno de los ojos.
<b>Android</b>	Sistema operativo móvil desarrollado por Google.
<b>API</b>	Conjunto de funcionalidades que ofrece una biblioteca para ser aprovechada por otra aplicación de software.
<b>App</b>	Nombre que se le da comúnmente a las aplicaciones móviles.
<b>Arduino</b>	Placa de <i>open</i> hardware que permite controlar múltiples componentes electrónicos.
<b>ASCII</b>	Codificación de caracteres estándar en la computación.

<b>AT&amp;T</b>	Empresa estadounidense dedicada a las telecomunicaciones.
<b>Base de datos</b>	Conjunto de datos que tienen una estructura y relación lógica entre sí.
<b>Beta</b>	Sistema de software completo en su primera versión pero se encuentra en una etapa en la que todavía es inestable.
<b><i>Bluetooth</i></b>	Estándar de comunicación inalámbrica de velocidad inferior y corto alcance eficiencia en el consumo de energía.
<b>Braille</b>	Sistema de composición de información capaz de ser leído mediante el tacto basado en puntos.
<b>C++</b>	Lenguaje de programación de alto nivel ampliamente utilizado.
<b>CAD</b>	Es un conjunto de herramientas que permiten hacer diseños asistidos por computador.
<b>CD</b>	Disco compacto capaz de guardar mucha información.
<b>Ceguera</b>	Pérdida total o parcial del sentido de la vista

<b>Checkpoint</b>	Punto de control o referencia de una ruta o recorrido.
<b>Chip</b>	Circuito integrado compuesto de miles de transistores miniaturizados con una funcionalidad determinada.
<b>Club</b>	Asociación de personas reunidas por intereses comunes sobre un tema en específico.
<b>Datum</b>	Conjunto de puntos de referencia.
<b>Decodificación</b>	Componente que recibe un mensaje y lo interpreta para regresarlo a su estado inicial y de esta forma entenderlo.
<b>Doppler</b>	Efecto de distorsión del audio conforme se mueve en un punto determinado de observación.
<b>Drusas</b>	Pequeñas acumulaciones de material extracelular en la retina.
<b>Eco</b>	Efecto producido cuando la onda sonora rebota en algún punto y regresa al lugar de donde fue emitida.
<b>Elipsoide</b>	Superficie curva cerrada con 3 secciones ortogonales elípticas.

<b>Estereoscópico</b>	Es cuando se hace uso de información visual tridimensional para crear un efecto de profundidad en la imagen resultante.
<b>Excentricidad</b>	Grado de deformación que puede tener una circunferencia.
<b>Fotofobia</b>	Molestia o hipersensibilidad a la luz brillante.
<b>Gafas</b>	Instrumento óptico que corrige problemas de visión.
<b>Glaucoma</b>	Enfermedad que varía la presión normal del ojo provocando daños en el mismo.
<b>Glucosa</b>	Tipo de azúcar que se encuentre en la fruta miel y sangre de los animales.
<b>Gmail</b>	Sistema de correo electrónico desarrollado por Google.
<b>Google</b>	Nombre de la empresa desarrolladora del buscador más popular del mundo.
<b>Google Now</b>	Asistente incluido en los sistemas operativos Android.
<b>GPS</b>	Sistema de posicionamiento global.

<b>Háptico</b>	Es la ciencia que designa todo lo relacionado al tácto.
<b>Hardware</b>	Son los componentes físicos de un sistema informático.
<b>Hipermetropía</b>	Dificultad para enfocar objetos cercanos.
<b>Infrarrojo</b>	Radiación electromagnética y térmica con mayor longitud de onda que la luz visible.
<b>Internet</b>	Es una red mundial de equipos descentralizada para el intercambio de información.
<b>IOS</b>	Sistema operativo móvil desarrollado por Apple.
<b>ISO</b>	Organización internacional de estándares.
<b><i>Joystick</i></b>	Palanca de mando capaz de brindar instrucciones a un equipo.
<b>Kinect</b>	Sensor para detección de movimiento y objetos 3D desarrollado por Microsoft.
<b>Linux</b>	Sistema operativo cuyo núcleo es mantenido por una comunidad de desarrolladores alrededor del mundo.
<b>Locutor</b>	Ente que emite un mensaje por medio de la voz.

<b>Mac</b>	Sistema operativo desarrollado por Apple.
<b>Mácula</b>	Componente del ojo encargado de percibir la agudeza visual.
<b>Maps</b>	Palabra en inglés que denota mapas.
<b>Mashable</b>	Blog de noticias.
<b>Microcontrolador</b>	Es un circuito integrado programable capaz de cambiar sus funciones mediante software.
<b>Microsoft</b>	Empresa dedicada al desarrollo de software.
<b>Miopía</b>	Dificultad para enfocar objetos lejanos.
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud.
<b>ONG</b>	Organizaciones privadas no pertenecientes al gobierno.
<b>QR</b>	Código de barras con formato especial capaz de ser leído mediante cámaras o infrarrojos.
<b>Raster</b>	Es una rejilla rectangular conformada de pixeles o puntos de color capaz de ser vista en un dispositivo de representación.
<b>Siri</b>	Asistente incluido en los sistemas operativos IOS.

<b>Slot</b>	Espacio ocupado por un componente específico que puede ser reemplazado por otro igual.
<b>Smartphone</b>	Dispositivo telefónico capaz de realizar muchas tareas adicionales a las de comunicación.
<b>Software</b>	Conjunto de instrucciones que conforman la parte lógica funcional y que controla las operaciones de un dispositivo electrónico.
<b>Tablet</b>	Dispositivo móvil similar a un <i>smartphone</i> pero de mayor tamaño.
<b>Técnica</b>	Conjunto de reglas o procedimientos que tienen por objetivo un resultado determinado.
<b>Text to speech</b>	Motor de habla computarizado capaz de convertir texto en voz.
<b>Transductor</b>	Es un dispositivo que puede transformar energía que recibe de un tipo en otro tipo de energía de salida.
<b>Trigger</b>	Término en inglés para denotar una acción que se realiza basado en un evento.
<b>USB</b>	Estándar de conexión de periféricos.
<b>UV-A</b>	Rango de espectro de la luz ultravioleta.

<b>VGA</b>	Conector de video presente en la mayoría de computadoras y televisores.
<b>Wifi</b>	Siglas que denotan una red inalámbrica de equipos electrónicos basada en un estándar.
<b>Windows</b>	Sistema operativo desarrollado por Microsoft.
<b>Youtube</b>	Sitio web de videos en línea perteneciente a Google.



## RESUMEN

En el mundo existen muchas personas que padecen de discapacidad visual, para las cuales se han considerado diversas metodologías y herramientas, para que puedan movilizarse con facilidad en los entornos que los rodean y obtener información de la sociedad en la que habitan. Algunas de las herramientas más populares son el bastón para guiarse en su recorrido por las calles, perros guía entrenados para indicarles el camino o peligros que puedan estar en su camino; para la lectura de información está el método Braille o software de asistencias para lectura de contenidos en el caso que usen un computador.

Dada la tecnología que existe al momento en el que fue realizado el presente trabajo, se plantea la posibilidad de mejorar la forma en la que los discapacitados visuales pueden llegar a sus destinos, buscando la independencia de cierta forma de terceras personas que les acompañen o guíen en cuanto a la orientación por las calles de la ciudad. Esto mediante el diseño de una aplicación que deberá tener la capacidad y funcionalidades que permitan identificar la posición de la persona que la utiliza, conocer el destino deseado al cual quiere llegar y brindarle las indicaciones respectivas para que pueda avanzar al mismo.

Para comprobar la factibilidad de dicha aplicación, este trabajo plantea la construcción de un prototipo con un subconjunto de las funcionalidades definidas en el diseño de la misma, realizando mediciones para evaluar la precisión con la cual se puede guiar a las personas por una ruta determinada. Para esto, se hace uso de la infraestructura de sistemas de posicionamiento

global y las capacidades tecnológicas implementadas en los teléfonos inteligentes de hoy en día, como lo son los sensores magnéticos, acelerómetros e integrados de GPS para realizar las labores de guía y orientación de la aplicación. Toda esta funcionalidad estará orquestada por una aplicación desarrollada en el sistema operativo Android, el cual está presente en la mayoría de los teléfonos inteligentes que se encuentran en el mercado hoy en día.

Como complemento adicional, se plantea el diseño de un prototipo electrónico cuya propuesta complementaría la aplicación y brindaría información sobre el entorno que rodea a las personas con discapacidad visual que la utilicen.

Los resultados de las pruebas con el prototipo demostraron que la aplicación es viable para orientar a una persona con discapacidad visual. Es necesario tener en cuenta que los orígenes de datos utilizados por la aplicación son muy importantes, ya que entre más precisos y detallados, mejor pueden orientar al usuario al destino deseado. El reconocimiento de voz brinda muchas posibilidades para una mayor comodidad en la interacción con la aplicación, demostrando con el prototipo una adecuada confiabilidad en el reconocimiento de los mismos.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Realizar la propuesta de una aplicación móvil que permita facilitar la independencia de las personas no videntes o con problemas de visibilidad para movilizarse en las calles de la metrópoli de Guatemala, mediante comandos de voz y haciendo uso de la infraestructura tecnológica existente como lo son los sistemas de posicionamiento global (GPS), complementada con un prototipo electrónico basado en sensores que le permita detectar obstáculos en su entorno. Para poder guiarlas de una forma más segura hacia el destino que ha elegido.

### **Específicos**

1. Diseñar una aplicación móvil capaz de ayudar a personas invidentes a movilizarse en las calles de la ciudad de Guatemala.
2. Diseñar el prototipo de un dispositivo que permita complementar la información en tiempo real de la aplicación móvil, para mejorar la seguridad de la movilización de las personas invidentes.
3. Construir un prototipo de la aplicación móvil que permita guiar de forma inicial al usuario hacia el destino que ha elegido.

4. Realizar pruebas básicas que permitan verificar el uso del sistema y determinar en qué medida puede ayudar a las personas no videntes a moverse dentro de las calles de la ciudad de Guatemala.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo presenta una propuesta de mejora tecnológica orientada a las personas con discapacidad visual, para beneficiar su movilidad dentro de la metrópoli de Guatemala.

En materia de herramientas de apoyo accesibles para las personas que padecen de este tipo de discapacidad, existen muy pocas y las que se encuentran son muy básicas. La principal herramienta que tienen estas personas es el bastón, el cual sirve para identificar ciertos obstáculos, así como también diferencias de nivel en el suelo por los cuales transitan. Otra opción aunque menos accesible, son los perros guía, quienes tienen un entrenamiento especial para guiar a estas personas indicándoles en que momento deben cruzar una calle o si hay algún obstáculo en su camino.

En la actualidad, con la popularidad que han tomado los dispositivos móviles y la conexión a internet en todos ellos, es posible aprovechar los avances que estos ofrecen para mejorar las condiciones con las cuales las personas con discapacidad visual se orientan en su caminar.

Uno de los principales retos de una persona con ceguera, es el orientarse en una dirección determinada por la cual debe transitar y saber específicamente donde deben detenerse, girar y caminar para llegar a un destino determinado. Esto lo hacen usualmente consultando a personas que se encuentran cerca de ellos, al menos en las primeras veces que lo hacen y posteriormente con la rutina de las rutas más transitadas, ya distinguen los tiempos y distancias que deben recorrer.

Para estas personas, sería de mucha utilidad tener a su disposición una herramienta con la cual pudieran elegir un destino al cual llegar y recibir instrucciones de a dónde dirigirse, en que momento corregir su rumbo para cambiar de dirección y recibir una notificación de cuando están ya en el destino elegido. De esta forma, tendrían independencia de terceras personas y podrían ir a sus destinos más a gusto.

Haciendo uso de la red de posicionamiento global existente hoy en día, servicios de internet con información geográfica ya almacenada sobre diversas ciudades del planeta y herramientas puestas a disposición en la mayoría de los dispositivos móviles, el presente proyecto plantea una aplicación que actúa en el rol de guía para las personas discapacitadas por rutas establecidas por ellos mismos, hacia los destinos deseados. La propuesta incluye apoyo de un dispositivo electrónico que tiene la misión de brindar información sobre obstáculos físicos, que puedan interferir en el paso de la persona no vidente o cambios de nivel en su caminar, integrado a la aplicación.

El primer capítulo del trabajo, contiene mucha de la teoría necesaria para comprender mucho del panorama de las personas que padecen de esta discapacidad, posibles causas que ocasionan este padecimiento, así como también bases fundamentales sobre las tecnologías de las cuales se apoya la aplicación, como lo son los sistemas de reconocimiento de voz, los sistemas de posicionamiento global, sensores y señalizaciones existentes para las zonas urbanas.

El segundo capítulo de este trabajo, continúa con la tarea de documentar todos los fundamentos sobre los que descansa el presente trabajo, tratando de cambiar el enfoque a situaciones más aplicadas en la vida real, mostrando ejemplos de algunas de las herramientas existentes hoy en día para las

personas con el padecimiento visual, dando a conocer herramientas de software que tiene roles similares a los que tendrá esta aplicación, así como también dando a conocer características sobre los teléfonos inteligentes y los sistemas operativos más utilizados, que aprovechará la aplicación para su funcionalidad.

El tercer capítulo, detalla la propuesta como tal de la aplicación, presentando su diseño, funcionalidades, conceptos sobre los cuales fue elaborada y presentada la documentación que orienta a cualquier lector que esté interesado en desarrollar en su totalidad la aplicación o mejorarla según sea el caso. Asimismo, se presenta el diseño del prototipo electrónico que complementa la información, que la aplicación puede llegar a brindar a la aplicación, para proporcionar información mucho más verídica y certera que le permita avanzar en su recorrido al destino elegido.

Por último, el cuarto capítulo, denota información sobre las pruebas realizadas con el prototipo desarrollado para comprobar la factibilidad que tiene la aplicación a una baja escala y con funcionalidades reducidas, que permita demostrar la capacidad para guiar a una persona por una determinada ruta elegida.





# 1. DEFINICIONES Y CONCEPTOS

## 1.1. Definición de ceguera y tipos existentes

La ceguera se define como la pérdida del sentido de la vista ya sea parcial o total. Esta puede ser de nacimiento, resultado de algún accidente o debido a alguna enfermedad. Según la gravedad y el grado de discapacidad visual se distinguen las personas con una visión perfecta, con discapacidad visual moderada, las que tienen una discapacidad visual grave y las que están completamente ciegas (Organización Mundial de la Salud, 2015).

Las personas que tienen cierta discapacidad visual en su mayoría es debido a complicaciones en cuanto a problemas de refracción. Entre las enfermedades más comunes se encuentra la miopía, astigmatismo e hipermetropía, las cuales abarcan un 43 % de los casos de discapacidad visual moderadas y graves. En segundo lugar se encuentran las cataratas que no tuvieron un tratamiento oportuno, abarcando un 33 % de la población con discapacidad visual. Por último se encuentran las personas que padecen de glaucoma (Organización Mundial de la Salud, 2015).

Algunos de los datos más relevantes que presenta la OMS sobre la ceguera en el mundo son los siguientes:

- En 2010, el número estimado de personas con discapacidad visual era de 285 millones en todo el mundo, de las cuales 39 millones eran ciegas. A pesar de ello hubo una reducción con respecto a 2004.

- Un estimado de 120 millones de personas padecen discapacidad visual por errores de refracción no corregidos. Como la hipermetropía y la miopía que son los casos más comunes que pueden corregirse mediante el uso de gafas, lentes de contacto o cirugía refractiva.
- El 90 por ciento de las personas que tienen discapacidad visual viven en países en desarrollo, por lo que los servicios de prevención, educación, tratamiento y rehabilitación no son tan accesibles como se requieren.
- Un estimado de 82 por ciento de personas con ceguera tienen una edad mayor a 50 años, en donde la principal causa son las cataratas, el cual es un trastorno curable.
- El 28 por ciento de las personas que padecen discapacidad visual moderada o grave están en edad de trabajar, lo cual limita la capacidad de los trabajadores para llevar una vida productiva.
- Las enfermedades de la retina con la principal causa de discapacidad visual en países en desarrollo.
- El 80 por ciento de los casos de discapacidad visual y ceguera en adultos son previsibles o tratables en los países en desarrollo. Sin embargo, se necesita informar al público sobre las medidas de prevención para lograr una reducción, e incluir servicios de oftalmología como parte del sistema de atención de salud.
- La Asamblea Mundial de la Salud aprobó un plan de acción destinado a reducir las discapacidades visuales en un 25 por ciento para el 2019. El cual para ser alcanzable requiere de la colaboración de gobiernos, organismos de desarrollo, sector privado y ONG.
- Alrededor de 1,4 millones de niños tienen ceguera, en donde la causa principal son las cataratas, la retinopatía de la prematuridad y la carencia de vitamina A, de las cuales la mitad se pueden evitar o tratar. Un programa mundial en 30 países en una alianza entre la OMS y la

Asociación Internacional del Club de Leones presta servicios oftalmológicos para conservar y reestablecer la vista en los niños.

- La OMS presta apoyo y asistencia, colaborando con estados miembros y asociados internacionales para eliminar las principales causas de ceguera evitable, principalmente cataratas, glaucoma, retinopatía diabética, degeneración macular asociada a la edad y errores de refracción.

## **1.2. Aspectos psicológicos de los pacientes con ceguera**

Las personas que padecen de ceguera, principalmente los que la adquieren por alguna enfermedad o accidente, tienen un impacto muy grande en su estado mental y psicológico. En primer lugar se les priva de uno de los sentidos que brinda la mayor parte de la información del entorno, afectándoles en gran medida la forma en la que se desenvuelven en sus actividades cotidianas (Tapia, 2015).

En las primeras fases de aceptación de la discapacidad, muchas de las personas tienden a estar en estados fuertes de depresión, los cuales al no ser controlados como se debe puede llevar a estas personas a un estado mental en el que pierden toda esperanza de continuar con sus vidas. Durante estas primeras etapas es necesario demostrarle al discapacitado que tiene a su disposición nuevas formas de realizar sus tareas y hacer que supere las limitaciones que tendrá en su nueva condición.

Principalmente, las personas discapacitadas tienen que combatir con 3 limitaciones que son consecuencia de su condición. Estas son: la dificultad para desplazarse de un lugar a otro, dificultad para identificar el contexto que los rodea y la adquisición de información de la sociedad y el entorno.

La dificultad para desplazarse, es uno de los primeros problemas que le ocurren a la mayoría de las personas cuando se piensa en alguien con ceguera. Mayormente la dificultad para orientarse en el entorno que los rodea y luego avanzar en una dirección, sin saber perfectamente los obstáculos a su paso o si dicha dirección es la correcta, son factores que pueden decepcionar al discapacitado. Para confrontar este problema, es necesario instruir al discapacitado con técnicas de orientación y movilidad con el bastón o por medio de perros guía.

Al estar en esta condición, el segundo de los problemas es obtener toda la información del panorama que rodea a una persona. La visión permite en una fracción de segundo tener al rededor del 80 por ciento de la información necesaria sobre el contexto en el que una persona se encuentra y comenzar el proceso de toma de decisiones basado en toda esa cantidad de datos que ingresa la cerebro. De esta forma se puede dimensionar una habitación grande, identificar personas conocidas de entre un grupo grande o reconocer los peligros del entorno en el que se encuentre una persona. Para contrarrestar este problema, es necesario instruir a la persona y enseñarle como su cerebro potenciará los demás sentidos de los que dispone y aprender a obtener toda la información posible de ellos (Tapia, 2015).

El tercer problema influye mucho en la capacidad que tendrá para aprender sobre los diversos acontecimientos del mundo. Esto debido a que la mayor cantidad de material es consumible a través de la vista, lo cual los puede desalentar debido a su impedimento. Una de las técnicas que han apoyado a este problema, es el sistema de escritura braille, aunque existe poco material disponible en este formato. En la actualidad el internet y los dispositivos móviles facilitan un poco el acceso a la información por medios auditivos, tales como audiolibros o vídeos (Tapia, 2015).

### **1.3. Enfermedades oculares causantes de ceguera**

Las personas con una visión inferior a 20/200 con gafas o lentes de contacto se consideran legalmente ciegas, en la mayoría de los estados en los Estados Unidos. La pérdida de la visión se refiere a la pérdida parcial o completa de esta y puede suceder de manera repentina o con el paso del tiempo.

#### **1.3.1. Ceguera de nacimiento**

Una persona puede sufrir ceguera desde el nacimiento por problemas genéticos. Otra posibilidad es que desarrolle la ceguera a partir de ciertas enfermedades como el glaucoma y las cataratas.

##### **1.3.1.1. Glaucoma congénito**

Es uno de los tipos de glaucoma más temidos debido a que los síntomas aparecen en la niñez y en algunos casos en tempranas edades, lo que representan riesgos de quedar ciego prematuramente si no se trata a su debido tiempo. Una de las principales causas, es debido a una mala formación en los conductos de drenaje acuoso, lo que origina que la presión del líquido aumente en el ojo (Asociación de Glaucoma para Afectados y Familiares, 2015).

En estos casos se puede notar que la córnea sufre una pérdida de transparencia y el ojo tiende a crecer tomando un aspecto anormal, mucho más grande que el tamaño promedio. Si no se aplica un tratamiento correctivo a tiempo o el tratamiento fracasa se puede notar un adelgazamiento en la parte externa del ojo (Asociación de Glaucoma para Afectados y Familiares, 2015).

Para identificar los síntomas es de vital importancia la correcta observación por parte de los padres y comentar al pediatra si ven que se presentan los siguientes síntomas (aunque algunos puedan atribuirse a otras enfermedades):

- Fotofobia (cerrar los ojos ante fuentes de luz, notando una irritación o molestia severa).
- Mucho lagrimeo en los ojos.
- Se pierde transparencia en la córnea.

Es importante que los niños que padecen esta enfermedad, deban tener un control oftalmológico durante el resto de su vida para evitar que su visión se siga deteriorando. En algunos casos las cirugías iniciales ayudan bastante a frenar la enfermedad, pero no garantiza que ellos no vayan a necesitar más cirugías. En general, el caso es de un riesgo mucho mayor cuando la enfermedad ataca en edades menores o más prematuras (Asociación de Glaucoma para Afectados y Familiares, 2015).

#### **1.3.1.2. Catarata congénita**

La catarata consta de un problema en el cristalino del ojo, en el cual pierde su transparencia haciendo que la visión no sea óptima y se opaque. En el caso de los niños, la afección es mucho más grave, debido a que el sistema de visión aún está en formación y desarrollo. Si la enfermedad se presenta en un solo ojo, se tienen imágenes que no se ven claras y el cerebro del niño tenderá a bloquearlas para obtener una imagen más clara en el cerebro. Esta afección se conoce como Ambliopía (Infogen, 2015).

En general, la catarata congénita es tratable en la mayoría de casos, principalmente si se inicia la medicación en tempranas edades. Al corregirlo en cortas edades, se reduce el riesgo de contraer Ambliopía, que es la consecuencia más grave de este padecimiento (Infogen, 2013).

### **1.3.1.3. Ambliopía**

Esta afección se produce en niños principalmente puesto que ataca al sistema visual que está en pleno desarrollo todavía. El padecimiento consiste en la falla de uno de los ojos en enfoque y la calidad de imagen que provee al cerebro. Al recibir el cerebro estas imágenes deficientes, para lograr una mejor nitidez de visión, comienza a ignorar la imagen del ojo que es más débil provocando que uno de los ojos quede deshabilitado (Enciclopedia Medline Plus, 2015).

Esta condición es posible corregirla parcialmente cuando un niño pasa los 10 años de edad. Si se logra atacar en tempranas edades, pasados los 5 años por ejemplo, es posible todavía corregir la visión completamente. Es importante hacer un chequeo completo de la vista, lo que por lo general revela el problema en la mayoría de los casos (Enciclopedia Medline Plus, 2015).

### **1.3.2. Ceguera por accidentes**

Accidentes o lesiones a la superficie del ojo como quemaduras químicas o lesiones en deportes. Por ejemplo, desprendimiento de retina, es bastante común en los traumatismos craneales, al cabo de unos minutos, días o un espacio prolongado.

### **1.3.2.1. Catarata por radiación**

Esta afección generalmente sucede por exposición de la vista a frecuencias de luz que no están dentro del rango permisible por el ojo humano. La longitud de onda que es capaz de percibir el ojo humano va desde los 380 a los 780 nanómetros. Espectros de luz con longitudes de onda que estén fuera de este rango pueden ocasionar daños al penetrar el ojo y llegar a los tejidos haciendo quemaduras en estos (Clinica Valle, 2015).

Los rayos ultravioleta de diversos tipos son los causantes de diferentes tipos de cataratas, así como también de otro tipo de enfermedades. El espectro de rayos UV-A se han relacionado con la aparición de Cataratas y daños en la retina que originan en algunos casos degeneración macular. Es importante tomar sus precauciones y utilizar el equipo adecuado si se conoce que se tendrá exposición a radiación que pueda dañar los ojos (Clinica Valle, 2015).

### **1.3.2.2. Ceguera por trauma**

La ceguera por algún incidente, golpe o trauma como médicamente se le conoce mejor, es la segunda causa de ceguera luego de las cataratas. Por lo general el 90 por ciento de los casos se pueden tratar y evitar una pérdida total de la visión (Sánchez y otros, 2008).

Existe una amplia diversidad de accidentes que pueden causar muchas variantes de traumas que afecten la visión. Estos varían dependiendo de las diferentes edades de las personas y las actividades que realicen. Por lo regular, casos de pacientes con menos de 2 años son escasos, debido al alto cuidado que tienen los padres tienen con ellos (Sánchez y otros, 2008).



Mencionando algunas de las actividades que pueden generar traumas o lesiones que afecten la visibilidad, se listan los deportes, los trabajos que requieren actividad física (líneas de producción, carpintería, entre otras) (Sánchez y otros, 2008).

### **1.3.3. Ceguera por enfermedad**

Se trata de aquellas enfermedades que pueden provocar la pérdida parcial o total de la visión, se mencionan algunas. Por eso es recomendable hacer un examen ocular para detección temprana.

#### **1.3.3.1. Catarata**

Es una enfermedad que generalmente afecta a las personas que se encuentran en el rango de edad alto, pasando generalmente los 60 años de edad. Es una enfermedad que si no se trata con el debido tiempo y cuidados, puede llegar a provocar ceguera permanente (Enciclopedia Medline Plus, 2015).

La enfermedad afecta principalmente al cristalino, que es uno de los componentes del ojo, el cual actúa como un lente de una cámara fotográfica enviando luz hacia la parte posterior del ojo.

El cristalino es un compuesto en general de agua y determinadas proteínas, que se encuentran alineadas en posiciones claves, para que tenga un aspecto transparente y permita el correcto paso de la luz a través de él. Otra de las tareas muy importantes a su cargo, es la de realizar los ajustes de enfoque para visualizar objetos cercanos o lejanos a una determinada posición de referencia (Enciclopedia Medline Plus, 2015).

En determinadas edades, estas proteínas que componen el cristalino pueden llegar a acumularse haciendo que el cristalino se torne un poco más opaco, impidiendo el correcto paso de la luz y provocando que las personas tengan una visión borrosa. Con la edad, las proteínas continúan acumulándose empeorando el paso de la luz y provocando la ceguera finalmente. No se tiene una edad exacta en la que estas proteínas inicien su acumulación, pero se han observado casos en los que los pacientes muestran pequeñas acumulaciones desde los 40 años de forma minúscula, haciendo que no lo noten en su visión (Enciclopedia Medline Plus, 2015).

Entre los síntomas de la catarata se pueden listar los siguientes:

- Visión borrosa u opaca.
- Intensidad de los colores disminuida.
- Se ve un borde en las luces, la intensidad de la luz del Sol o lámparas se sienten muy brillantes o intensas.
- Dificultad para ver por la noche.
- Múltiples imágenes en el ojo o visión doble.
- Ajustes seguidos en la graduación de los lentes si se utilizan.

El tratamiento para este padecimiento suele ser la receta de lentes graduados y con protección anti reflejo para evitar sentir ofensiva la luz. Para los casos en los que la visibilidad ya es casi nula, se recomienda realizar una intervención quirúrgica en la cual se remueve el cristalino del ojo y se inserta un lente artificial que realiza la misma función. La intervención quirúrgica es en general satisfactoria con un porcentaje del 90 por ciento de probabilidad de éxito (Enciclopedia Medline Plus, 2015).

### **1.3.3.2. Degeneración macular**

Esta enfermedad, al igual que con las cataratas, suele presentarse en edades avanzadas de una persona, generalmente posteriores a los 60 años de vida. Afecta generalmente la visión central del ojo, provocando que no sea posible ver con claridad muchos de los detalles de la imagen que se proyecta al cerebro (Enciclopedia Medline Plus, 2015).

Esto es provocado por la degeneración de la mácula del ojo, que se encuentra en la parte posterior del mismo (justo en el centro de la retina) y es responsable de captar todos los pequeños detalles de la imagen que se proyecta la cerebro. Existen dos tipos de degeneración, del tipo húmeda y seca (Enciclopedia Medline Plus, 2015).

En el caso de la degeneración húmeda, se debe a nuevos vasos sanguíneos que crecen en la región inferior de la retina que son muy frágiles, ocasionando sangrado y por consecuencia levantan la mácula de su lugar provocando que la visión se degrade de una forma muy rápida.

Uno de los síntomas para detectarla con el debido tiempo es si la persona ve líneas rectas como que estuvieran onduladas, en cuyo caso debe acudir de prisa a un centro de asistencia por ayuda e impedir la perdida irreversible de la visión (Enciclopedia Medline Plus, 2015).

La degeneración seca, es provocada por el deterioro y pérdida de las células que conforman la mácula, ocasionando que cada vez se pueda percibir menor cantidad de la luz que ingresa al ojo. En el progreso de la degradación de estas células es posible apreciar en casos avanzados un punto borroso en el centro de la visión. Uno de los aspectos que dan indicios de degeneración

macular seca es la presencia de drusas. Estos son depósitos amarillos que se forman debajo de la retina. La presencia de ellas no indica que se padece la enfermedad, sin embargo, la acumulación severa de ellas es la que ocasiona el padecimiento (Enciclopedia Medline Plus, 2015).

Entre los tratamientos que se pueden dar a esta enfermedad se menciona la cirugía láser, la terapia fotodinámica y recientemente inyecciones de medicamentos nuevos desarrollados para este padecimiento (Enciclopedia Medline Plus, 2015).

### **1.3.3.3. Retinopatía diabética**

Esta enfermedad principalmente, como su nombre lo indica, la padecen las personas que tienen diabetes del tipo 1 o tipo 2. Los niveles descontrolados de la glucosa en la sangre provocan diversos efectos en el organismo, entre los principales los problemas de circulación, daños a los vasos sanguíneos y otras afecciones que se complican en combinación con la obesidad (Sociedad española de diabetes, 2015).

En el caso de la visión, se ve afectada cuando inicia el deterioro de los vasos sanguíneos ubicados en la retina del ojo. Esto ocasionado por los niveles de glucosa descontrolados que actúan como toxina cuando son muy altos. En general cuando esto ocurre, se puede ocasionar un desprendimiento de la retina, provocando la pérdida de la visión para la persona (Sociedad española de diabetes, 2015).

Algunos de los síntomas que se presentan en esta enfermedad es la dificultad para ver por la noche, sombras o áreas borrosas en la visión central y

moscas volantes o manchas que se mueven en el área de visión (Sociedad española de diabetes, 2015).

#### **1.3.3.4. Desprendimiento de retina**

El motivo más común que origina esta enfermedad es debido a la ruptura de la membrana que compone la retina, permitiendo que los líquidos que tiene el ojo se filtren debajo de la membrana empeorando la condición de esta. Puede ser causado también por un traumatismo o en algunos casos si se padece de una miopía muy grave. Algunos casos también se debe a tener antecedentes de familiares que han padecido esta enfermedad (Enciclopedia Medline Plus, 2015).

Existe también el desprendimiento denominado de tracción, que generalmente les sucede a las personas que padecen diabetes y no tienen el debido control de la glucosa en la sangre por la falta de dietas. En ocasiones el sangrado interno por el deterioro de los vasos sanguíneos puede provocar que la visión se torne oscura e incluso nula (Enciclopedia Medline Plus, 2015).

Entre los síntomas se puede presentar resplandores cuando se ven luces brillantes, la visión se puede tornar algo borrosa, pueden verse moscas volantes en la vista y en ocasiones presentarse una sombra en el área visual del ojo (Enciclopedia Medline Plus, 2015).

En general el tratamiento conlleva una cirugía de forma inmediata antes de que el daño sea irreversible, sellando los vasos que se vieron afectados y prevenir el desprendimiento completo de la retina (Enciclopedia Medline Plus, 2015).

### **1.3.3.5. Glaucoma**

Es un padecimiento originado en su mayoría por trastornos en la presión que tiene el ojo en su interior. El ojo está compuesto por un líquido que debe estar en constante fluidez para que las células que componen el ojo reciban los nutrientes adecuados. El flujo del ojo pasa por membranas que se ven similares a esponjas. En ocasiones, la velocidad del flujo de líquido tiene a disminuir haciendo que el líquido se acumule en el interior del ojo, provocando un exceso de presión haciendo fuerza extra en el nervio óptico dañándolo (Enciclopedia Medline Plus, 2015).

Si bien el exceso de presión no es determinante para indicar que se padece de glaucoma, es uno de los principales motivos que originan la enfermedad. En general las personas afroamericanas de más de 40 años, las personas con más de 60 años y pacientes con familiares que han padecido anteriormente glaucoma, son propensos a desarrollar la enfermedad (Enciclopedia Medline Plus, 2015).

Los síntomas de la enfermedad son de mucho cuidado, puesto que no presenta dolor ni molestias como tal. Es de poner especial atención si se presenta una pérdida progresiva de la visión periférica o se siente que la visión ya no es la misma de hace un corto tiempo. En casos ya avanzados, es como si se viera a través de un túnel y la visión en general se torna muy borrosa (Enciclopedia Medline Plus, 2015).

El tratamiento para la enfermedad es vital que sea en el debido tiempo y ayuda únicamente a detener la enfermedad. Dependiendo de la gravedad del caso pudiera ser necesario una operación para disminuir el daño de la presión excesiva en el nervio óptico. También existen tratamientos en forma de gotas

para evitar que aumente la presión en el ojo e incluso que se deje de producir la misma cantidad de líquido (Enciclopedia Medline Plus, 2015).

#### **1.4. La movilidad para personas con ceguera y sus limitaciones**

Uno de los aspectos que sin lugar a duda son un reto para las personas que padecen ceguera, es ubicarse en el entorno en el que se encuentran. La visión facilita enormemente este proceso, brindando al cerebro una gran cantidad de información en solo una fracción de segundo. Con solo dar un vistazo a una habitación en la que se encuentre una persona, el cerebro de forma casi automática identifica todos los objetos que se encuentran en ella y traza las dimensiones de la habitación de forma que se pueda realizar un plan para avanzar a través de ella si lo desea la persona.

En el caso de una persona no vidente, la cantidad de información que pueden obtener depende en su totalidad de los demás sentidos que le quedan, que si bien estos se desarrollan mucho más en estas personas, requiere de un tiempo de adaptación y diversas técnicas para lograr una movilidad independiente.

Para lograr moverse en un ambiente, deben de dominar primordialmente 3 aspectos: puntos de referencia, pistas y los giros dados. Los puntos de referencia son todos aquellos objetos, lugares y características que puedan tomar con certeza las personas para determinar su ubicación o confirmar la dirección que desean llevar. Las pistas son detalles sonoros o de olor que le puedan indicar un peligro, confirmar la dirección que llevan o llamar su atención durante su desplazamiento. Por último, es de vital importancia que aprendan a dar los giros y estén conscientes de que tanto giran para lograr tomar diversas direcciones y no perderse en su caminar.

Es muy importante iniciar el adiestramiento de movilidad desde etapas tempranas, puesto que son los mejores momentos para desarrollar los sentidos y aprender rápidamente las diversas técnicas. Deben de iniciar por tomar toda la información posible del entorno mediante los sentidos que les quedan y realizar un plan de orientación. Aquí es muy importante tomar en cuenta los objetos de referencia y desarrollar la capacidad para ubicar los puntos cardinales tanto en ambientes cerrados como en abiertos, para determinar una ruta a seguir.

Existen diversas técnicas que se desarrollaron para facilitar la movilidad de los ciegos y están clasificadas en: técnicas pre bastón y técnicas con bastón.

Las técnicas pre bastón, son utilizadas en los inicios del adiestramiento de la movilidad e inclusive en lugares en donde las personas con ceguera se sienten más cómodas, como su casa o lugares muy frecuentados por ellos. Principalmente estas técnicas buscan identificar el contexto en el que se mueven y proteger de cierta forma a la persona de golpes con objetos. En este trabajo se darán a conocer de forma resumida diversos detalles de las técnicas sin profundizar en ellas, debido a que no es objeto principal de la investigación en la cual se enfoca este trabajo.

#### **1.4.1. Técnicas pre bastón**

También conocidas como “Técnicas de protección”, son técnicas utilizadas mayormente en lugares en donde la persona con discapacidad visual tiene mayor confianza y posee un mayor conocimiento del entorno, por lo que puede descansar del uso del bastón. También son utilizadas por personas que se inician en el adiestramiento para la movilidad, puesto que deben conocer todas las técnicas necesarias para facilitar su movilidad.



#### **1.4.1.1. Técnica de rastreo**

El principal objetivo de la técnica es reconocer los espacios y proveer una ubicación dentro del contexto en el que se encuentra la persona no vidente. Para esto, se debe pegar a una de las paredes del lugar, colocar la mano a la altura de la cadera y pegar dicho brazo a la pared.

Se debe rozar con la parte posterior de la mano la pared y tener los dedos flexionados un poco hacia la palma de la mano, de forma que no se lastimen con objetos en la pared al iniciar el recorrido de reconocimiento.

#### **1.4.1.2. Técnica de encuadre**

Esta consiste en tomar un punto de referencia para iniciar un recorrido por la habitación. Para esto se debe pegar la espalda a la pared, teniendo los talones juntos y las puntas de los pies separados ligeramente. Esto indicará como avanzar en línea recta, respecto de uno de los laterales de la habitación.

#### **1.4.1.3. Técnica diagonal**

Esta técnica permite a la persona protegerse de objetos que estén en su paso sin golpearse el torso. Se debe ubicar el brazo en una posición diagonal retirado del cuerpo, con la mano hacia abajo, de forma que sea lo primero que tenga contacto con el objeto y de esta forma protegerse de objetos que puedan estar a la altura de la cintura con los que se pueda recibir un golpe.

#### **1.4.1.4. Técnica de cubrirse**

Su principal objetivo es proteger la cara de golpes mientras se desplaza una persona. Consiste en poner la mano con la palma en dirección del desplazamiento, de forma que el codo forme un ángulo de noventa grados con el antebrazo y la mano frente a la cara con una separación de 10 centímetros. Puede ser combinada con la técnica diagonal, usando una técnica en cada brazo.

#### **1.4.1.5. Técnica de alinearse**

Consiste en aprovechar un objeto que pueda ser utilizado como referencia para el desplazamiento por una habitación. Puede ser una mesa o silla, en la cual al hacer contacto con ella, se debe utilizar la mano y dedos de forma extendida para aprovechar el borde de ella y avanzar en la dirección deseada tomando la referencia encontrada.

#### **1.4.1.6. Técnica para recoger objetos**

La persona debe estar muy atenta para obtener cualquier información sobre el objeto que cayó o que desea ubicar. Principalmente debe poner especial atención al sonido que hace un objeto al caer, para determinar un estimado de su posición. Al estar cerca según su estimación, deberá utilizar la técnica de cubrirse para agacharse y luego con las palmas de las manos, realizar movimientos en círculos cerca del suelo para detectar la posición del objeto. Esto lo deberá repetir hacia atrás, los lados y enfrente de la posible posición.

## **1.4.2. Técnicas con bastón**

Previo a introducir estas técnicas, se dará una breve descripción sobre las diferentes características de los bastones. Principalmente existen en 2 tipos, los cuales varían dependiendo de la portabilidad que el usuario requiera en un momento dado.

El bastón plegable se compone de varias varillas que se interconectan entre sí para lograr su posición prolongada, que mediante un cordel elástico es posible separar y compactarse para guardarlo cómodamente en los momentos en los que no se está utilizando. La mayoría de bastones están pensados para uso en áreas urbanas con zonas pavimentadas en su mayoría.

En algunos casos, se ven en la necesidad de utilizar un bastón rígido, que se adapta mejor a las zonas rurales, que tienen caminos con irregularidades. Este tipo de bastón debe brindar mucha fortaleza y soportar en algún caso necesario el apoyo de la persona que lo utiliza para evitar caídas.

### **1.4.2.1. Técnica de Hoover**

Esta técnica consiste en tener el bastón como referencia para obtener información sobre objetos que estén en el paso de una persona. Es muy importante tener en consideración que la postura al tomar el bastón hace mucho más fácil obtener información del mismo. Es importante tener el dedo índice alargado sobre la parte más plana del mango y el resto de dedos debe estar sujetando firmemente el mango.

La ubicación del bastón es muy importante, ya que se debe colocar al centro del cuerpo de forma que su posición esté en línea recta a la dirección en

la que se avanza. Cuando no se tiene centrado, las personas tienden a desviarse al lado en el cual está desplazado. Para una referencia central se puede tomar la posición del ombligo y en una postura un poco retirada del cuerpo.

El movimiento al aplicar la técnica es uno de los procedimientos fundamentales para que el desplazamiento sea correcto y libre de peligros. De la posición central, debe realizarse un movimiento a los lados, realizando un semicírculo de izquierda a derecha. La amplitud o diámetro del semicírculo debe ser del mismo tamaño de la separación entre hombros para la persona que aplica la técnica, ya que de esta forma se garantiza que el tamaño de su cuerpo está respaldado y libre de obstáculos. Los pasos deben ser contrarios al movimiento del bastón, es decir, si se mueve el bastón a la izquierda, se debe dar un paso con el pie derecho y viceversa. Esto para garantizar que el paso que se da, es certero y no existen obstáculos al realizarlo.

#### **1.4.2.2. Técnica de deslizamiento**

Es una técnica que sirve principalmente para desplazarse por lugares cerrados como edificios o casas y consiste en colocar el bastón en dirección diagonal, con la punta rozando la esquina o ángulo recto formado por la pared y el suelo, deslizándolo para seguir la pista sobre el desplazamiento por la pared. De esta forma la persona puede identificar los diversos ambientes del lugar en el que se encuentra.

#### **1.4.2.3. Técnica de toque**

Permite el desplazamiento de la persona por terrenos que son muy irregulares. Consiste en tomar el bastón y ponerlo en una dirección con una

inclinación mayor de forma que apunte al suelo. Deben darse entre dos y tres toques al suelo para determinar si hay cambios de nivel en el suelo y estimar si el siguiente paso será en una posición más alta o baja.

Se recomienda para estos terrenos, utilizar un bastón que sea mucho más rígido, de forma que pueda ser utilizado como apoyo en un momento requerido de desequilibrio.

#### **1.4.2.4. Técnica para escaleras**

Permite identificar peldaños de escaleras y dar un paso seguro a través de ellas. Para aplicar la técnica se debe sujetar el bastón en una posición perpendicular al suelo y la punta indicará la altura que tiene el peldaño de la escalera. Es importante que el bastón siempre esté un peldaño adelantado para que la persona pueda subir o bajar correctamente, estimando el tamaño del paso para el siguiente peldaño.

En los casos en los que no se reconoce o siente otro peldaño, hay dos opciones que pudieran presentarse. La primera es que se ha alcanzado un descanso en las escaleras, para lo cual se puede utilizar la técnica de “deslizamiento” y determinar hacia donde están ubicadas las siguientes escaleras. El segundo caso es cuando ya no existen más peldaños, por lo que se deberá tener mucho cuidado de explorar el entorno para evitar caídas peligrosas al final de las escaleras.

#### **1.4.3. Principales peligros en las vías urbanas**

Para todas las personas con discapacidad visual, sin lugar a dudas movilizarse en lugares urbanos es una de las tareas que les implica una gran

dificultad. Existen muchos peligros a los que son vulnerables, sin mencionar lo complicado de ubicarse y elegir el destino adecuado.

Empezando por el hecho de que al no recibir información visual sobre su entorno, esquivar a las personas al caminar hace que su desplazamiento sea considerablemente lento. Identificar cruces de calles se les dificulta e identificar el momento en el que vienen o no vehículos para cruzar una calle, hace que sea peligroso transitar por la ciudad.

En las ciudades más desarrolladas ya se tienen implementadas medidas para hacer más cómodo y seguro el desplazamiento de las personas con discapacidad visual. Una de las metodologías que ya se convirtió en un estándar ISO, son los indicadores de superficie táctil para caminar (*Tactile Walking Surface Indicators* por su nombre en inglés) que son básicamente patrones que les indican a las personas con discapacidad visual aspectos sobre su avance (Copant, 2015).

Estos patrones están colocados en las longitudes de las calles y alertan sobre los cambios de calle, gradas próximas en su recorrido, rampas y otros obstáculos. Principalmente se tienen 2 patrones, de los cuáles los primeros son los patrones de atención, que consisten en pisos con relieve de puntos y son colocados en lugares en donde las personas deben hacer una pausa y evaluar que obstáculo está enfrente o si hay un cambio de dirección o bifurcaciones. Estos se colocan antes de escaleras, cruces de calles, paradas de buses o trenes y cerca de entradas a edificios.

Los segundos patrones son los de guía, que se utilizan para marcar un camino seguro por el que pueden transitar las personas. Ambos patrones se pueden combinar para construir recorridos y brindar información importante a

los usuarios, para hacer más cómodo su caminar. Estos patrones pueden ser identificados con un bastón o utilizando zapatos con suelas especiales que permiten sentir los tipos de marcas en el suelo.

La correcta instalación de los indicadores de superficie dará comodidad y seguridad a las personas discapacitadas visualmente que lo utilicen. Lugares habituales en los que se realiza la instalación de estos indicadores es cerca de monumentos o lugares turísticos, paradas de buses y trenes, escaleras o rampas y en los cruces de las calles. En algunos países inclusive, para los patrones de atención, se les colocan sensores de presión que activan el semáforo para que las personas puedan cruzar cómodamente y con mayor seguridad.

Algunas recomendaciones para realizar una instalación adecuada, es no incurrir en el abuso de la instalación de patrones de atención que puedan confundir al peatón no vidente y hacer que su dirección no sea la correcta. También se debe evitar la instalación de estos patrones con mucha anticipación a los obstáculos que se desean comunicar, evitando que las personas entiendan que el peligro ya ha quedado atrás (Tokuda y otros, 2008).

En cuanto a los patrones de guía, deben ser consistentes en la ruta que se quiere expresar, de forma que no tengan cambios bruscos de dirección que puedan confundir a las personas con problemas de visión. Deben evitarse los caminos estilo laberinto con muchos cruces, ya que en cada uno de los cruces, se debe colocar un patrón de atención que alerte a la persona del cambio de dirección. Estos deberán colocarse con la debida separación de los obstáculos como: paredes, bordillos, vías del tren y calles, de forma que puedan tener un seguro caminar las personas que lo sigan.

Por último, deberán de instalarse con un contraste de colores que sea fácil de identificar por parte de las personas que tengan visibilidad limitada y seguir su trayecto. Además, los tamaños de los relieves que tienen los pisos deberán considerar no ser un obstáculo para las personas que utilicen sillas de ruedas, ya que se les estaría limitando su movilidad.

## **1.5. Sensores**

Dispositivos capaces de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación y transformarlas en variables eléctricas, y hacer la lectura de manera fácil.

### **1.5.1. Breve historia**

Desde los inicios, la humanidad ha realizado todo tipo de esfuerzos por construir e inventar máquinas que les permitan desarrollar el trabajo con una menor dificultad. Los primeros inventos realizados, no podían llamarse directamente máquinas, pues eran herramientas lanzas, cuchillos, palancas, entre otros, muy sencillas y operadas manualmente.

Con el desarrollo de las sociedades, se llegó a la idea de recrear diversos comportamientos de seres vivos, lo que llevó a diversos inventores a producir obras maestras de la ingeniería para llegar a este fin. Surgieron algunos autómatas, que eran capaces de recrear movimientos de los seres humanos, como la escritura o el interpretar una melodía de piano.

Posteriormente, avances como el desarrollo de la energía eléctrica, los motores de vapor y finalmente los motores de combustión interna, dieron paso a una nueva era de industrialización de procesos, en la que la mano de obra



evoluciona a tareas realizadas por máquinas. Con esto, el nivel de complejidad de las máquinas incrementó, haciendo necesario tener diversos mecanismos de control del funcionamiento de los mismos en las magnitudes físicas como: la temperatura, fuerza, señales magnéticas u ópticas.

Con la llegada del proceso de producción en serie, se consiguió la masificación de los productos de consumo cotidianos, acelerando el crecimiento económico social en las ciudades más desarrolladas. En un principio se utilizaban personas capacitadas para realizar las diversas tareas en las etapas de los procesos de producción, con ayuda de máquinas en algunos procesos. Años más tarde, con la especialización de las máquinas, el desarrollo de la electrónica digital y la instalación de robots en las plantas de producción, permitió incrementar las capacidades de producción, generando la necesidad de implementar en las máquinas las capacidades de obtener información sobre el entorno de la tarea que desempeñaban. Tareas como medir el nivel de llenado de una botella de agua gaseosa o inspeccionar el nivel de cocción de una fritura, se lograron realizar con innovaciones como los sensores de nivel de agua y sensores infrarrojos u ópticos capaces de verificar la tonalidad que debe tener un determinado objeto.

La especialización de los sensores fue originándose dependiendo del tipo de campo en el que eran utilizados, brindando sensores que son capaces de medir o detectar señales de los 6 tipos de magnitudes físicas, como lo son: magnitudes mecánicas, térmicas, magnéticas, eléctricas, ópticas y moleculares o químicas. En las siguientes secciones del capítulo, se profundizará un poco sobre los sensores y los tipos que existen.

### **1.5.2. Sensores y transductores**

Un sensor es un dispositivo que en concepto tiene una parte de observación y otra parte empírica. Sirven principalmente para percibir información sobre algún tipo de energía y tiene la capacidad de dar una salida medible según el interés o aplicación (Areny, 2008).

Antes de entrar a detalle con los sensores, es necesario introducir el concepto de transductor. Este es un dispositivo capaz de transformar un tipo de energía en otro. Esto lo logra sin afectar la naturaleza de la señal física que se está midiendo o percibiendo. Principalmente, los transductores se componen de 2 partes: la primera encargada de obtener la señal o magnitud de energía y la segunda, encargada de proveer una respuesta a tal energía captada (Areny, 2008).

En la primera parte es donde entra en acción el sensor, que se podría definir como un transductor de entrada, responsable de captar alguno de los 6 tipos de energías que pueden ser medidas. Estas son: mecánicas, térmicas, eléctricas, químicas, ópticas y magnéticas (Areny, 2008).

Para el segundo, se denominan actuadores o accionadores, ya que establecen una metodología de respuesta a los estímulos percibidos por el sensor, produciendo una salida en un formato de conveniencia. Estos pueden ser en alguno de los 6 tipos de energías mencionados con anterioridad, aunque el más utilizado es el eléctrico por la facilidad con la que se pueden integrar a los sistemas actuales (Areny, 2008).

### **1.5.3. Interferencias y compensación**

Un aspecto importante en toda medición realizada con sensores, es considerar las interferencias internas y externas que pueda tener el sistema. Las interferencias internas, son aquellas que son intrínsecas a los componentes que conforman el sistema y afectan a la salida que da un sensor. Las interferencias externas por otra parte, son las que están presentes en el medio donde se realiza la medición, como por ejemplo altas temperaturas en una línea de producción (Areny, 2008).

En ambos casos, se ve afectado el resultado de interés, por lo que se debe hacer un estudio y evaluar todos los aspectos que puedan interferir e implementar técnicas de compensación. Estas técnicas permiten realizar una corrección en la magnitud de salida de forma que siempre se obtiene la medida correcta, haciendo insignificantes las interferencias del ambiente o las que posean los componentes del sistema (Areny, 2008).

Una de las técnicas para la reducción de interferencias es el filtro. Este puede ser ubicado en la entrada del componente de medición o en algún punto intermedio donde sea requerido. Su función principal es la de separar las señales que vienen en el medio que se mide y permitir de mejor forma la recepción de la señal que es de interés (Areny, 2008).

Dependiendo de los resultados o mejoras realizadas por las técnicas de compensación, pudiera ser necesario realizar ampliaciones a las señales que se captan, además de verse en la necesidad de realizar una recalibración de las unidades de comparación, para que las señales correspondan a los valores correctos que se desean medir (Areny, 2008).

#### **1.5.4. Tipos de sensores**

En la búsqueda del sensor o sensores que tienen una mayor aplicación para las personas con ceguera, se realizará una pequeña revisión de la variedad de sensores de la que se dispone en la actualidad y son mayormente utilizados en las plantas o industrias que tienen cierto grado de automatización de sus procesos. Durante dicha revisión, no se entrará en mayor detalle más que el concepto de su funcionamiento, ya que no es de interés del presente trabajo profundizar en el tema.

##### **1.5.4.1. Sensores de temperatura**

Básicamente el funcionamiento de estos sensores consta de la unión de 2 piezas metálicas planas que tienen diferentes coeficientes de dilatación térmica, con lo que se consigue un factor de deformación circular debido a la variación entre las propiedades térmicas. Formándose una curvatura en ambas piezas, es posible medir la variación del radio de deformación, devolviendo la correspondiente señal eléctrica que representará al sistema un determinado valor de temperatura (Areny, 2008).

Para ajustar la sensibilidad del sensor, velocidad de respuesta y otras diversas propiedades, se puede realizar una combinación de diferentes tipos de metales, así como también jugar con los espesores de las piezas a soldar (Areny, 2008).

##### **1.5.4.2. Sensores de presión**

Para la medida de la presión que pueda tener un fluido, se procede prácticamente a compararlo con una fuerza que es conocida y ofrece cierta

resistencia en algunos casos a la fuerza que ejerce el fluido. Existen algunos sensores que utilizan fuerza mecánica por medio de resortes, que tienen cierto coeficiente de resistencia y se calibran para obtener las mediciones de presiones deseadas (Areny, 2008).

Otra opción es realizar las comprobaciones mediante diafragmas que sufren una determinada deformación, la cual representa diversas fuerzas y pueden ser calibradas para obtener las mediciones de presión dentro de un rango deseado (Areny, 2008).

#### **1.5.4.3. Sensores de flujo**

En todo proceso de transporte de fluidos, es necesario comúnmente identificar la velocidad o cantidad de líquido que pasa sobre un determinado canal de distribución. La mayoría de estos sensores tienen por objetivo medir las diferencias de presión en un punto determinado, con lo cual es posible identificar las velocidades o cantidad de fluido que pasa por un punto de interés (Areny, 2008).

Los diferentes tipos de medición utilizados están basados todos en el principio de Bernoulli, que define el comportamiento de un fluido ideal en su movimiento a través de una corriente de agua.

#### **1.5.4.4. Sensores de nivel**

El objetivo de estos sensores primordialmente es identificar el nivel de volumen de una sustancia en un tanque abierto o cerrado. De los diferentes medios para realizar la medida, se destacan los mecánicos y los basados en la diferencia de presiones (Areny, 2008).

Los métodos mecánicos, se basan de un flotador inmerso en el líquido y un mecanismo conectado a un sistema que realiza variaciones de ángulos, que al calibrar con las capacidades del tanque, permiten identificar el nivel que este tiene. Una variante a la técnica de ángulos, es la utilización de una polea y contrapesos que graduados especifican el nivel del tanque (Areny, 2008).

En el caso de la medición por medio de diferencias de presión, se inserta un tubo en el fondo del tanque y se conecta el otro extremo a la parte superior del tanque sobre la superficie del líquido. La lectura de las diferencias de presión que indicarán el nivel del tanque, cuya condición es conocer la densidad del líquido, que a su vez puede ser una fuente de error si no se conoce exactamente (Areny, 2008).

#### **1.5.4.5. Sensores de proximidad o posición**

Estos sensores tienen una gran aplicación en la industria actual, en plantas de producción y líneas de ensamblaje. Su objetivo principal es detectar un determinado objeto en frente de ellos para realizar una determinada acción deseada. Son utilizados actualmente en robots que mueven diversas materias primas en las cadenas de producción y recientemente han sido agregados en los automóviles para los sistemas de estacionamiento automático (Areny, 2008).

#### **1.5.4.6. Sensores ultrasónicos**

Estos sensores funcionan muy similar en concepto a como vuelan los murciélagos. Principalmente, se compone de dos módulos, uno emisor y el otro receptor. El emisor, envía una señal supersónica en frente del sensor, la cual se espera que rebote en algún objeto que esté frente a él, para que luego el receptor capture la señal que rebota. Básicamente estos sensores sirven para

evaluar la distancia a la que está un determinado objeto, realizando una medición del tiempo en el que el eco enviado tarda en regresar. Usualmente estos sensores tienen una distancia de detección de entre 3 centímetros y 3 metros dependiendo del modelo y fabricante. Poseen también un ángulo de amplitud en la que el eco es capaz de rebotar y ser captado.

### **1.5.5. Sensores como apoyo de las personas con discapacidad visual**

En la actualidad ya existen diversas iniciativas en materia de proyectos para el apoyo de la movilidad de las personas discapacitadas. Como parte de la solución se han implementado diversos tipos de sensores, apoyados de software y equipos electrónicos que permitan brindar información sobre el contexto en el que se encuentra una persona discapacitada.

Existe un proyecto realizado en la Universidad de Curtin, en el cual se tiene un arreglo de sensores que brindan diversos tipos de información a las personas ciegas sobre su entorno. Indicándoles sobre obstáculos que tienen en la dirección en la que caminan, así como también a los lados. Adicionalmente se agregaron cámaras estereoscópicas que son capaces de reconocer los bordes y dimensiones de los objetos, para proporcionar la información a las personas ciegas (Gomez, 2015).

Otro proyecto en desarrollo en el que se utilizan sensores como apoyo a las personas con ceguera, se ha logrado con ayuda de un sensor *Kinect* de Microsoft. Dicho sensor es un arreglo compuesto de una cámara infrarroja capaz de reconocer las superficies de los objetos, junto con una cámara VGA que es capaz de obtener imágenes sobre el entorno que tiene delante de él. La combinación de señales de ambos sensores es procesada por un software de

computadora, logrando captar y generar un modelo tridimensional de la habitación en la que se ubica el sensor (Moss, 2015).

Aplicando esta tecnología a las personas discapacitadas, se desea en concepto que el sensor sea utilizado para identificar objetos que puedan bloquear el paso de una persona. Al tener la capacidad de construir el modelo tridimensional de un objeto, es posible identificar la distancia a la cual está ubicado e indicar mediante alertas al usuario. Además, se plantea también que un software adicional, logre memorizar las diferentes formas de los objetos para que pueda notificar al usuario cuando vea en la dirección de dicho objeto sobre su presencia. El proyecto aprovecha también las ventajas del reconocimiento de gestos del sensor Kinect para recibir instrucciones de la persona que lo utiliza, de forma que puede realizar movimientos con las manos y dedos para indicar instrucciones al software que gestiona la información recibida por el sensor.

En Suiza, un grupo de investigadores han estado realizando experimentos y pruebas en un dispositivo que puede ser llevado por una persona discapacitada visualmente, para obtener información sobre el entorno en el que se movilizan. Principalmente el concepto es una red de sensores ultrasónicos que son capaces de distinguir la distancia a la que está un determinado objeto. La información proporcionada por los sensores es procesada por un circuito electrónico programado, para determinar cuál es el objeto más cercano a la persona. La respuesta de este *chip* es transmitida al usuario por medio de unos dispositivos que poseen vibradores, indicando la distancia posición en la que deben tener precaución debido al objeto (Sylvain Cardin, 2015).

Una de las claves importantes de este proyecto es la determinación en tiempo real de la posición de los objetos, así como los ajustes en la respuesta que se dé a los usuarios. Al utilizar dispositivos vibradores, es importante no



sobrecargar al usuario con señales de este tipo, ya que puede ocasionar una pérdida de la sensibilidad en la piel de la persona.

Se realizaron pruebas en cinco sujetos diferentes al simular una situación en la que una persona ciega debe pasar. Se le vendaron los ojos y luego se les colocó en el inicio de un corredor donde estaban pasando personas, con el fin de evaluar cuanto tiempo les tomaba pasar dicho corredor. Luego de diversas pruebas, las personas fueron aprendiendo a entender los estímulos e información proporcionada por el sistema, logrando que los tiempos necesarios para cruzar el corredor, fueran disminuyendo.

#### **1.6. Señales de accesibilidad pedestres**

Estas son señales diseñadas para proveer información a los peatones que tienen algún grado de discapacidad visual, ya sea total o parcial. Son instalados por lo regular en las intersecciones o cruces de calles en donde se requiere obtener información sobre el estado del flujo de tráfico.

Al circular por la calle, influye mucho el grado de independencia que una persona con discapacidad visual tenga. Principalmente se tienen 3 grupos: los que utilizan bastón blanco para moverse, los que se apoyan de otra persona para poder circular y los que utilizan un perro guía para moverse. El primero de los grupos antes mencionado, es el que tiene el menor grado de independencia, ya que debe orientarse, identificar los peligros y su contexto por si solo basado de la información que le provee el resto de sus sentidos.

Cuando se movilizan por las calles, tienen que identificar en que momento existe una intersección, lo cual es muy difícil de hacer en su condición. Existen algunas indicaciones, como lo son las TWSI (discutidas en secciones anteriores

del presente trabajo) que alertan a los discapacitados visuales sobre cuando termina una calle, o existe un peligro, aunque no brindan información sobre como cruzar las calles, ni direcciones en las cuales se debe emprender esta acción.

En estos casos es que se hace necesario utilizar las señales de accesibilidad pedestres, que básicamente brindan al discapacitado visual información sobre la dirección en la que deben cruzar la calle, así como también el momento en el que pueden hacerlo. Su desarrollo e implementación viene desde 1970 aproximadamente, pero no fue hasta posterior al 2000, que se introdujeron en el *Manual de dispositivos de control de tráfico (Manual on uniform traffic control devices)* que estandariza los procesos y normas en materia de instalación de señales de control de tráfico vehicular en las ciudades y carreteras de Estados Unidos, haciendo que estos dispositivos de ayuda a los discapacitados sean reconocidos formalmente (APS guide, 2015).

Durante varios años, han tenido una serie de mejoras y cambios, pero en concepto funcionan de la misma forma. En general se componen de una señal auditiva, que indica a las personas en qué momento pueden cruzar la calle y cuando deben esperar. Esta señal, proviene de dispositivos colocados cerca de las esquinas en los cruces de calles.

Figura 1. **Ejemplo de botón de cruce**



Fuente: *Common problems arising in the installation of accesible pedestrian signals.*  
<https://www.access-board.gov/attachments/article/1186/APS-common-problems.pdf>. Consulta: 5 de mayo de 2015.

En el momento de realizar la instalación de estos dispositivos, se deben considerar algunas buenas prácticas para garantizar que brinden información realmente útil a las personas que los utilizan y prevenir accidentes o lesiones. En cuanto a la posición, estos deben ubicarse a 1,5 metros de distancia de la línea de cebra que indica el cruce de peatones, alineándose con la dirección en la que las personas deberán cruzar (es decir, en línea recta del inicio de la línea de “cebra” que marca la calle) (APS guide, 2015).

Existen algunos casos, en los que se deben situar 2 señales en la misma intersección, para los cuales se deberá mantenerse una distancia mínima entre ellos de 3 metros, para evitar confusiones en cuanto a que calle cruzar, así como también evitar que la señal auditiva confunda a los peatones sobre qué dirección cruzar. Apoyando esta ambigüedad de direcciones, se utiliza una

grabación indicando el nombre de la calle sobre la cual se pueda cruzar, para evitar algún accidente a la persona que utiliza el paso.

El dispositivo que se instala, consta de diversos componentes que apoyan a su fácil ubicación y proveen información de diversas formas a los discapacitados. La mayoría de ellos cuentan con un botón, que les permite solicitar el cruce de calles, para lo cual una señal auditiva le indica el momento en el cual pueden cruzar. Adicionalmente, muchos de ellos cuentan con etiquetas en sistema braille, que indican el nombre de la calle, así como alguna otra información relevante para la persona.

Es usual encontrar en el dispositivo, señales en relieve que indiquen la dirección en la cual deben cruzar, así como también en algunos casos, estos dispositivos pueden emitir vibraciones que indiquen a las personas cuando deben cruzar, en caso padezcan de alguna deficiencia auditiva, adicionalmente a la visual.

Estos dispositivos son de gran utilidad para las personas con discapacidad visual, aunque en Guatemala se encuentran únicamente en algunas intersecciones de la capital. Es de vital importancia la correcta instalación siguiendo las buenas prácticas de implementación, para que sean de real utilidad para la comunidad y eviten realmente los accidentes para las personas que se basan de la información que estos dispositivos brindan.

#### **1.6.1. Reglamentos y buenas prácticas para los pasos peatonales especializados para incapacitados visuales**

En esta sección se brindará la información al respecto, sobre las recomendaciones encontradas en la implementación de los pasos peatonales

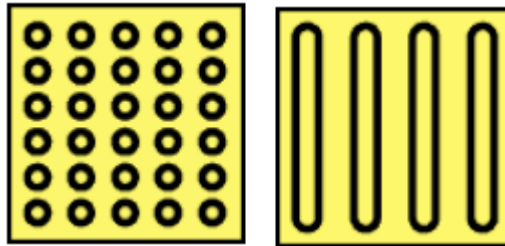
para las personas con discapacidad visual. Estas normas y buenas prácticas se han ido mejorando a lo largo de los años con la experiencia de diversas instalaciones en ciudades al rededor del mundo, aprendiendo sobre los errores que se han cometido en algunos casos.

Las buenas prácticas se dividirán en las 2 principales metodologías para los pasos peatonales especializados en personas ciegas. En secciones anteriores se discutían sobre los TWSI que compondrán la primera sección y las señales de accesibilidad pedestre que se discuten al inicio de este capítulo. Ambos pueden instalarse en conjunto para la construcción de los pasos peatonales que guíen a las personas con discapacidad visual, implementando bloques guías con pasos que terminen con dispositivos de botón de las señales auditivas, equipos que indican el momento en el que se deba realizar el cruce de las calles.

#### **1.6.1.1. *Tactile walking surface indicators***

Es importante para la correcta implementación de los bloques, hacer la combinación adecuada de bloques de dirección y bloques de advertencia sin llegar a exageraciones en la cantidad, así como también en la disposición de los mismos.

Figura 2. **Bloques guía y de advertencia**



Fuente: *Guide book for the proper installation of tactile ground surface indicators.*  
<http://iatss.or.jp/pdf/tenjie.pdf>. Consulta: 5 de mayo de 2015.

Para la instalación de los bloques de advertencia, se deberán seguir las siguientes recomendaciones:

- Se deberán colocar únicamente en los lugares en donde realmente se deba indicar una pausa y reorientación de dirección o cruce de calles.
- Estos deberán estar ubicados con una distancia correcta previo al obstáculo que se quiere informar, para evitar que las personas atiendan con mucha antelación al mismo, provocando que no lo puedan encontrar en donde es oportuno esquivarlo.
- No se deben colocar en cantidades excesivas que puedan confundir al peatón sobre qué dirección tomar.
- No deberán colocarse en una distribución muy contigua, ya que las personas estarán continuamente evaluando cual es el obstáculo que deben superar, haciendo que su caminar sea mucho más lento y pierdan confiabilidad de la ruta trazada.

Para la instalación de los bloques de guía, se deberán seguir las siguientes recomendaciones:

- Las rutas deberán ser consistentes y simples evitando cruces muy bruscos, que permitan que los discapacitados visuales pierdan la pista del mismo.
- Deberán evitarse al máximo las intersecciones de muchos caminos, y en los casos en los que sean estrictamente necesarios, deberán agregarse adecuadamente los bloques de advertencia que indiquen la división de rutas.
- No es recomendable la instalación de los bloques definiendo una ruta muy cerca del paso de trenes o vehículos, ya que puede representar un peligro para las personas discapacitadas. Deberá definirse la ruta en una distancia segura del paso de medios de transporte.

#### **1.6.1.2. Señales de accesibilidad pedestres**

En la instalación de este tipo de tecnologías se deberá tener en cuenta los siguientes aspectos para su correcta implementación y beneficiosa utilización:

- El volumen del dispositivo indicador de cruce no deberá ser muy largo por 2 motivos principales. El primero de ellos es para evitar que en el caso en el que se encuentren 2 dispositivos cercanos, no se confunda el sonido de un dispositivo con el otro. El segundo motivo, es para evitar que personas que tienen sus viviendas cerca, comercios, hospitales, entre otros, tengan el ruido molesto de estos dispositivos dentro de las instalaciones. Es recomendable ajustarlos con un volumen audible a no más de 3,7 metros de la posición del dispositivo.
- La posición deberá ser alineada con el cruce de calles, de forma que el botón marque la posición adecuada en la que deberán cruzar las personas que lo utilicen. Se deberá evitar colocarlos en posiciones en las

que en el centro de la calle exista un arriate que pueda representar un peligro para los discapacitados que crucen.

- En los casos en los que sea necesario instalar 2 dispositivos para cada una de las calles en una intersección, es recomendable agregar mensajes a cada uno de los dispositivos que indiquen cuál de las calles es la que tiene la vía libre para cruzar. Esto se puede realizar grabando una narración con el nombre de la calle sobre la cual se puede cruzar.
- La flecha instalada en estos dispositivos debe apuntar en la dirección adecuada y alineada perfectamente con la posición del cruce de la calle, para evitar que la persona pueda tomar una dirección incorrecta.
- Los dispositivos se deberán colocar evitando colocar obstáculos alrededor como basureros, arriates y jardines que impidan el fácil acceso al botón.

### **1.7. Sistemas de reconocimiento de voz**

Las últimas décadas han sido muy importantes en cuanto a avances tecnológicos, llegando al punto en el que los teléfonos inteligentes tienen una gran porción del mercado de tecnología, por su facilidad de utilización y portabilidad. Los primeros intentos de hacer que una máquina fuera capaz de reconocer el lenguaje humano, fueron de Alexander Graham Bell, obteniendo como resultado el teléfono. Varios años más tarde, los laboratorios de AT&T hicieron los primeros avances en crear un sistema que era capaz de reconocer los dígitos para el idioma inglés, en el cual tenía que ajustarse la voz de una persona en particular para que funcionara correctamente (Hierro Álvarez, 2015).

Fue hasta después de los años sesenta, cuando se inició la definición de los diversos aspectos que se debían tener en cuenta para realizar un sistema



de reconocimiento de voz, los cuales formaron la base para el desarrollo de los sistemas que se conocen hoy en día.

En su momento se identificaron conceptos como la dependencia del locutor, las características del flujo de habla (velocidad y separación de las palabras) y el tamaño del vocabulario que son factores muy decisivos en el momento de la construcción de uno de estos sistemas (Hierro Álvarez, 2015).

En las siguientes secciones se describirán los diversos conceptos que componen uno de estos sistemas, sin entrar en un detalle muy específico de cada uno, debido a que no es objeto de este estudio el profundizar en este tipo de tecnologías, más que dar una idea general de su composición.

### **1.7.1. Diagrama conceptual**

Como todo sistema de procesamiento de información, se obtiene una secuencia de audio que es percibida por el sistema, se analiza, se procesa y se traduce en instrucciones que servirán como eventos para realizar diversas acciones. Para estos sistemas de reconocimiento la correcta percepción del audio es vital para tener un correcto reconocimiento del lenguaje. Esto se logra mediante el uso de micrófonos que cuenten con una buena capacidad de percepción y fidelidad. En la actualidad incluso se utilizan micrófonos secundarios dedicados a filtrar ruido o interrupciones en el audio objetivo a captar (Tapias Merino, 2015).

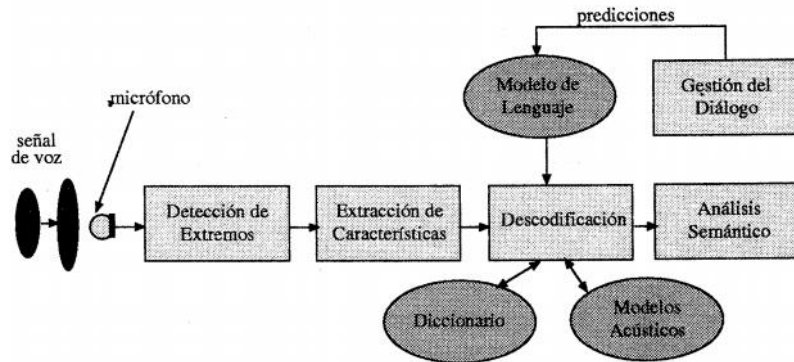
Una vez reconocido y almacenado el audio que se desea analizar, este debe ser procesado por el analizador de extremos que es una especie de filtro que mediante el reconocimiento de patrones, identifica si existe la presencia de voz o lenguaje que se deba procesar y traducir. La siguiente fase la tiene el

extractor de características que realiza el reconocimiento de parámetros que apoyarán el proceso de reconocimiento en las siguientes fases de la traducción (Tapias Merino, 2015).

El principal trabajo de todo el proceso de traducción lo tiene el descodificador, que mediante el uso de modelos acústicos, un diccionario y modelos definidos sobre un lenguaje en particular, realizan el proceso de reconocimiento de todas aquellas palabras que componen el lenguaje que tiene por objetivo reconocer. Por último, la información interpretada pasa por un analizador semántico, quien finalmente obtiene la frase que se identificó y la pone en el contexto adecuado según las reglas que este tenga definidas.

Los modelos acústicos utilizados por el descodificador, son una serie de patrones conocidos o similares, en algunos casos basados en estadísticas y rangos de vectores, los cuales permiten identificar o predecir la palabra que representa una onda captada por los micrófonos de un sistema de reconocimiento de voz.

Figura 3. Diagrama conceptual sistema de reconocimiento de voz



Fuente: *Sistemas de reconocimiento de voz en las telecomunicaciones.*

[https://www.google.com.gt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&ved=0CEYQFjAG&url=http%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F227026.pdf&ei=gNNzVOGP GcigNsfhgJgL&usg=AFQjCNHO\\_zDA25Y6-F010i4nZ4cGDOQHCg&sig2=ffixJ0qAGJEEk\\_9e\\_5GuQw&bvm=bv.80185997,d.eXY&cad=rja](https://www.google.com.gt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&ved=0CEYQFjAG&url=http%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F227026.pdf&ei=gNNzVOGP GcigNsfhgJgL&usg=AFQjCNHO_zDA25Y6-F010i4nZ4cGDOQHCg&sig2=ffixJ0qAGJEEk_9e_5GuQw&bvm=bv.80185997,d.eXY&cad=rja). Consulta: 10 de mayo 2015.

### 1.7.2. Clasificación de los sistemas de reconocimiento de voz

Los sistemas de reconocimiento se pueden clasificar de acuerdo a diferentes criterios que definen sus alcances y capacidades para reconocer la voz de un individuo en particular. Los criterios son: cantidad de locutores, tamaño del vocabulario, tiempo de respuesta (Tapias Merino, 2015).

Según la cantidad de locutores que pueden reconocer, se clasifican en dependientes e independientes del locutor. Los sistemas dependientes del locutor, necesitan de una calibración con la información de voz y patrones del locutor que lo utilizará. Usualmente la calibración consiste de un texto de referencia que el usuario debe leer, de forma que el sistema almacene el tono de voz, velocidad de dictado y los patrones que son característicos para la onda de sonido de la persona que lo utiliza. Estos son muy limitados, puesto que

requieren de una nueva calibración con cada usuario que se desea agregar al sistema (Tapias Merino, 2015).

Los sistemas independientes del locutor, se basan en diversos patrones de ondas de sonido que tienen de muestra y tratan de identificar el texto buscando patrones parecidos a los modelos estadísticos que tienen almacenados. Estos sistemas suelen ser mucho más complicados y requieren una capacidad de procesamiento mucho mayor que los dependientes del locutor. Los sistemas independientes por lo general tienen una tasa de fallos 10 veces mayor que los sistemas dependientes (Tapias Merino, 2015).

Su clasificación según el tamaño del diccionario, define que tan amplio es el lenguaje que tiene capacidad de reconocer. En sus inicios, los sistemas tenían diccionarios realmente pequeños, con algunos dígitos únicamente y pocas palabras que eran capaces de reconocer. Hoy en día, se tienen sistemas que son capaces de reconocer lenguajes casi completos, con diccionarios que pueden llegar a pasar las 40 000 palabras. La complejidad a la hora de reconocer la voz aumenta considerablemente según el tamaño del diccionario y es necesario definir modelos con cierta optimización para hacer más rápida la predicción de las frases (Tapias Merino, 2015).

Según su velocidad, se tienen los reconocedores en tiempo real, que poseen la capacidad para dar una respuesta casi instantánea a los comandos identificados de la voz recibida. Los demás reconocedores tienen un tiempo de respuesta más lento que es ajustado a los diversos requerimientos según la aplicación que se les dará.

## **1.8. Sistemas de geolocalización**

También denominada georreferenciación, la geolocalización implica el posicionamiento que define la localización de un objeto en un sistema de coordenadas determinado.

### **1.8.1. Sistema global de navegación por satélite (GNSS)**

El Sistema Global de Navegación por Satélite conocido por sus siglas en inglés GNSS (Global Navigation Satellite Systems), es un conjunto de satélites que permiten el posicionamiento y localización geográfica de cualquier punto del globo terrestre en cuatro dimensiones (posición y hora). Estos satélites forman un sistema pasivo de navegación basado en radiofrecuencias, el cual proporciona una referencia espacio temporal para navegaciones y geolocalización aéreas, marítimas o terrestres, sin importar las condiciones climatológicas, las 24 horas del día y para cualquier número de receptores o usuarios (Laboratorio de Astronomía, Geodesia y Cartografía, 2015).

Actualmente el GNSS lo conforman el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) o NAVSTAR, norteamericano, el sistema GLONASS ruso, el sistema europeo Galileo, el sistema chino BEIDOU y algunos todavía en proyecto. También existen sistemas de aumento para estos satélites a nivel global (SBAS) como EGNOS (Europa), WAAS (USA), MSAS (Japón) y a nivel regional como IRSS (Rusia) y QZSS (China) entre otros (Navipedia, 2015).

La siguiente gráfica muestra cómo se agrupan los mismos:

Figura 4. **Agrupaciones de sistemas de posicionamiento existentes**



Fuente: *Navipedia*. [http://www.navipedia.net/index.php/Main\\_Page](http://www.navipedia.net/index.php/Main_Page). Consulta: 5 de mayo de 2015.

#### **1.8.1.1. Antecedentes del sistema global de navegación por satélite (GNSS)**

Un precursor terrestre de los sistemas de navegación por satélite como es LORAN, (*L*ong *R*ange Navigation, navegación de largo alcance). El cual a través de una frecuencia de radio utilizaba estaciones de transmisión, monitores de sitio para ubicaciones conocidas y un centro de control para que los usuarios pudieran determinar su posición (International Loran Association, 2015).

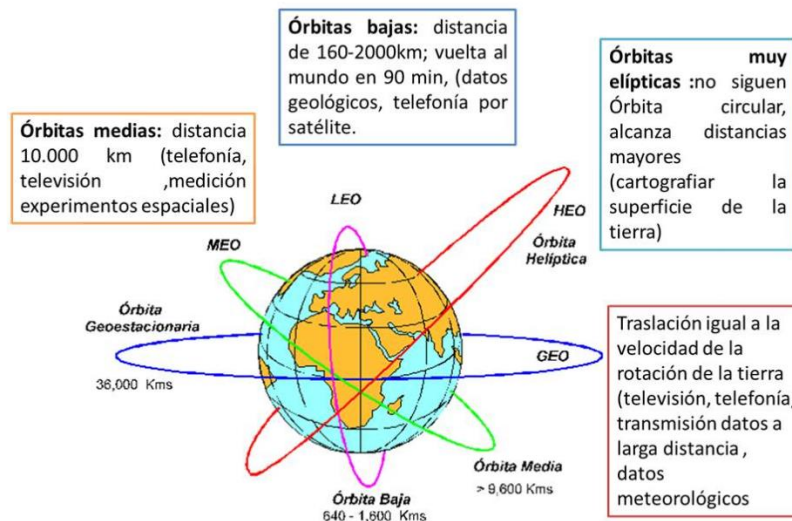
El primer satélite de navegación experimental fue puesto en marcha por Estados Unidos en 1960, bajo el nombre de Transit aunque para la Marina de los Estados Unidos se refería como NavSat (*Navy Navigation Satellite System*).

El cual se basa en el desplazamiento de *doppler* de las señales de radio para conocer la posición de un satélite con una órbita conocida debido a las diferencias de frecuencia que este emite durante su recorrido (Úrvilág úrkutatási hírportál, 2015).

El uso eficaz de los sistemas de órbita baja de la Armada generó gran interés en la tecnología. La necesidad de un sistema de navegación para todo uso, que pudiera responder a los requisitos de todos los usuarios potenciales como aviones, barcos, vehículos terrestres se hizo evidente. El nuevo sistema tenía que proporcionar visibilidad de radio simultánea de no menos de cuatro satélites desde cualquier punto de la tierra en todo momento, mientras se mantenía el número total de vehículos espaciales a un mínimo. Esta consideración limitaba alturas orbitales de la constelación de satélites a no más de 20 000 kilómetros, órbitas más altas no dan lugar a la zona de cobertura más amplia y, en consecuencia, un menor número de satélites.

La siguiente gráfica muestra los distintos tipos de órbitas y su uso:

Figura 5. Ondas y bandas de frecuencia de los satélites



Fuente: *Comunicación vía satélite*. <https://ricomviasatelite.wordpress.com/>. Consulta: 5 de mayo de 2015.

El sistema se mantuvo como un secreto militar hasta 1967, cuando se retiró el cifrado y barcos comerciales y civiles pudieron utilizarlo. Posteriormente topógrafos utilizaron este sistema. El cual se utilizó para volver a medir la altura del Monte Everest al final de la década de 1980.

Siete años más tarde es lanzado el primer satélite Timation, de la marina americana, y en 1978, es puesto el primer satélite GPS, del bloque I. Este sistema ha ido evolucionando con hechos como el lanzamiento del primer satélite GLONASS, en 1982; el primer procesamiento de datos GPS, hecho en la Universidad de Berna, en 1983; el lanzamiento del primer satélite del Bloque II GPS, en 1989; el inicio del uso del posicionamiento en tiempo real, en 1993, el lanzamiento del primer receptor GPS GLONASS RTK, en 1997; la aprobación



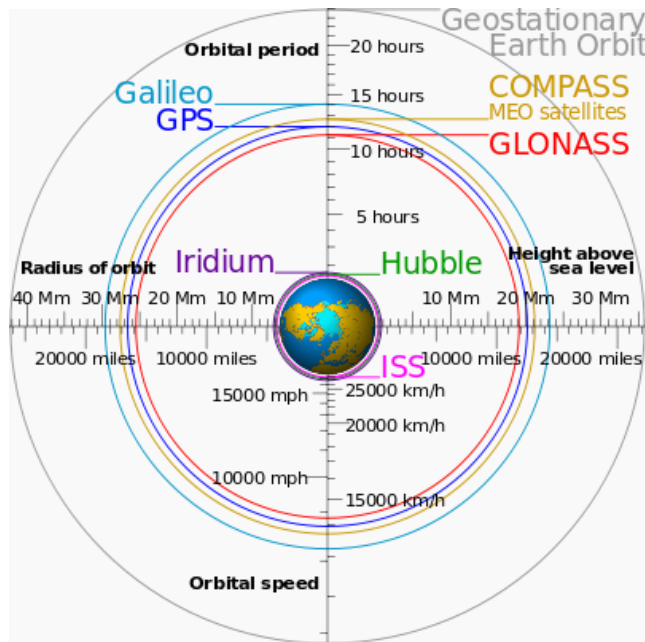
del programa Galileo por el Consejo de Transportes de la Unión Europea, en 2003, entre otros (Úrvilág úrkutatási hírportál, 2015).

Para asegurar la visibilidad concurrente de al menos cuatro satélites para todos los usuarios, se requiere una constelación mínima de 18 satélites. Con el incremento a 24 satélites disponibles se logra mejorar la precisión y el rendimiento de posicionamiento, dando la opción de escoger los cuatro mejores de todos los satélites visibles (GPS, 2015).

GLONASS y GPS son un ejemplo de cómo tecnologías que se desarrollaron como parte de defensa militar, se pueden adaptar para usos civiles que han logrado un gran impacto con su uso en distintas áreas como: la agricultura, la aviación, la navegación, la cartografía, telecomunicaciones, medio ambiente, seguridad, rescate y salvamento, entre otros.

La siguiente gráfica muestra la comparación de los sistemas GPS, GLONASS, Galileo y Compass (órbita terrestre media) órbitas satelitales del sistema de navegación con la Estación Espacial Internacional, el Telescopio Espacial Hubble y las órbitas de la constelación Iridium, órbita terrestre geoestacionaria, y el tamaño nominal de la Tierra. La órbita de la Luna es 9,1 veces más grande (en la radio y la longitud) que la órbita geoestacionaria (Rojas López, 2015).

Figura 6. **Comparación de las órbitas de los sistemas de posicionamiento**



Fuente: *Wikipedia*. <https://es.wikipedia.org/wiki/GLONASS>. Consulta: 5 de mayo de 2015.

Una de sus características es la interoperabilidad con los sistemas GPS y GLONASS, permitiendo que el usuario consiga obtener su localización con el mismo receptor teniendo cualquier combinación de satélites, lo mismo se pretende conjuntamente con Galileo y Compass. Un gran número de satélites en combinación con la inclinación de las órbitas permite un recubrimiento mismo en las latitudes mayores.

Otros sistemas como EGNOS o WAAS han sido desarrollados para incrementar los sistemas operacionales GPS y GLONASS, haciendo que la señal de estos se encuentre disponible para aplicaciones donde se necesita la mayor confiabilidad y precisión como la aviación.

Todos los sistemas que conforman GNSS tienen como objetivo básico proveer la posición de un punto, en cualquier parte del mundo, en cualquier momento y bajo cualquier condición climática. Sin embargo, los usos de esta tecnología van más allá del posicionamiento para fines de mapeo debido a las tendencias actuales, muchas veces las aplicaciones del GNSS trabajan de manera interconectadas (Navipedia, 2015).

### **1.8.2. Sistema de posicionamiento global – (GPS)**

El sistema de posicionamiento global (GPS) o por sus siglas en inglés *Global Positioning System*, es un servicio de radio-navegación satelital propiedad de los Estados Unidos de América, el cual proporciona información fiable a los usuarios sobre posicionamiento, navegación y cronometría, esto de forma gratuita y disponible las 24 horas del día de forma ininterrumpida.

Para todo usuario que cuente con un receptor del GPS, el sistema le proporcionará su localización y la hora exacta en cualquier condición atmosférica, de día o de noche, en cualquier lugar del mundo y sin límite al número de usuarios simultáneos (GPS, 2015).

Este sistema consta de hasta 32 satélites en órbita media alrededor de la Tierra, en seis diferentes planos orbitales, el número exacto de satélites va variando de acuerdo al procedimiento de retiro y reemplazo de satélites en órbita. Este sistema ha estado de forma operacional desde 1978 y globalmente disponible desde 1994, GPS es actualmente el sistema de navegación por satélite más utilizado a nivel mundial (GPS, 2015).

De forma básica desde el espacio los satélites de GPS transmiten señales de radiofrecuencia que reciben e identifican los receptores de los mismos. Estos transforman la información obtenida para mostrar de forma tridimensional las coordenadas al usuario, esto es latitud, longitud y altitud, así como también la hora precisa.

El sistema GPS emite en dos canales distintos, Channel Standard *Positioning Service* (SPS), disponible para uso civil y el Channel *Precise Positioning Service* (PPS), disponible para usos civiles y militares, los cuales tienen rangos de frecuencias distintos de acuerdo a la señal a utilizar en cada caso (Google Sites, 2015).

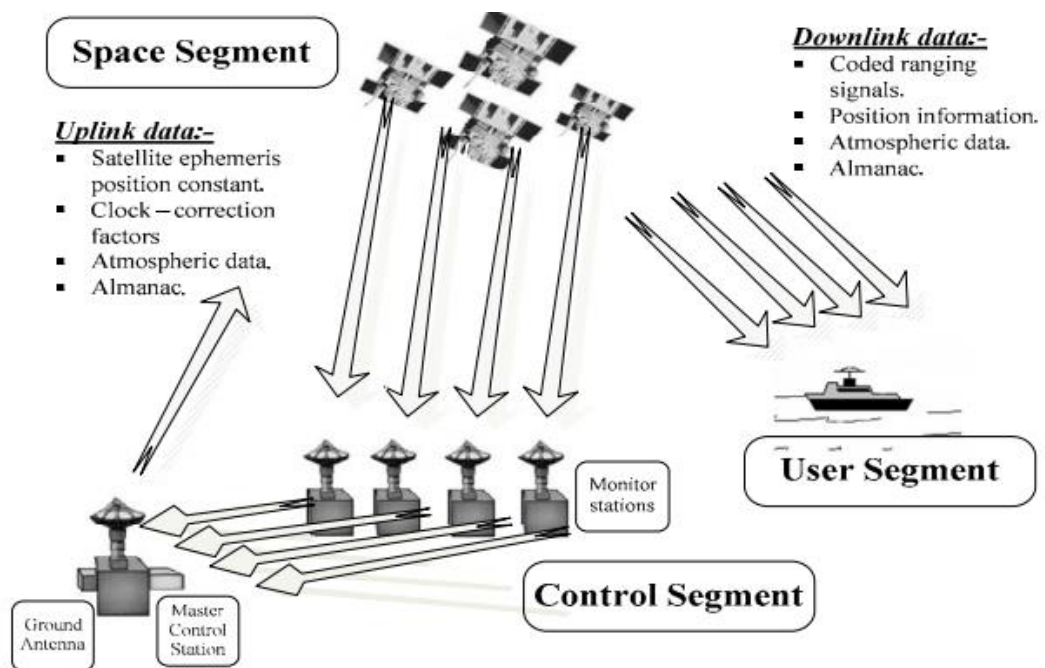
Al día de hoy es casi del alcance de la mayoría de personas en el mercado adquirir un pequeño receptor de GPS, principalmente en un *smartphone*. Con estos, los usuarios pueden determinar con exactitud su ubicación y desplazarse fácilmente al lugar a donde desean trasladarse, a través de cualquier medio de locomoción, como por ejemplo: a pie, en carro, bicicleta, bus, tren, avión, barco, entre otros.

El GPS se está volviendo indispensable en todos los sistemas de transporte del mundo ya que sirve de apoyo para la navegación aérea, marítima y terrestre. Algunos servicios de emergencia y rescate utilizan GPS para la localización y coordinación horaria de misiones que puedan salvar vidas. Algunas actividades como de agricultores, topógrafos, inmobiliarias, utilizan este servicio porque les provee una forma más eficiente, segura, económica y precisa de información (GPS, 2015).

### 1.8.2.1. Estructura del sistema GPS

El sistema tiene una estructura claramente definida por tres segmentos: el segmento espacial, que consta de los satélites en órbita alrededor de la Tierra, el segmento de control, que son estaciones terrestres y el segmento del usuario, que lo conforman los receptores de los usuarios. Actualmente la Fuerza Aérea de los Estados Unidos desarrolla, mantiene y opera los segmentos espacial y de control (Princeton University, 2015).

Figura 7. Segmentos que conforman el sistema de posicionamiento global

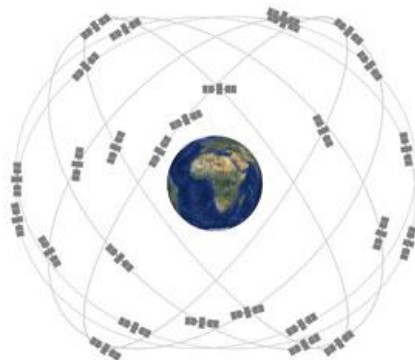


Fuente: Sistemas GNSS. [http://lagc.uca.es/web\\_lagc/docs/curso\\_rap/Presentacion\\_II.pdf](http://lagc.uca.es/web_lagc/docs/curso_rap/Presentacion_II.pdf).  
Consulta: 5 de mayo de 2015.

### 1.8.2.1.1. Segmento espacial

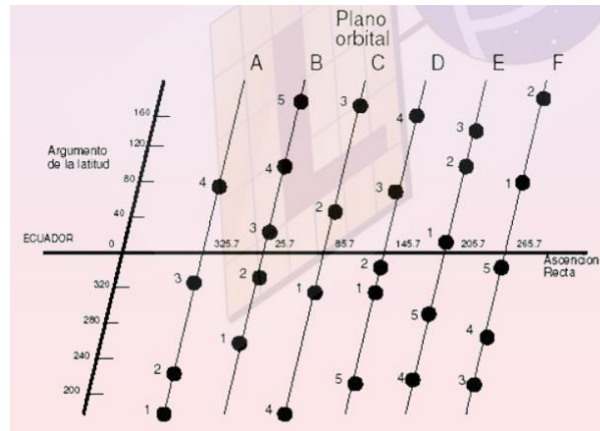
El segmento espacial está compuesto por una constelación de satélites que transmiten las señales de radio a los usuarios, tanto de navegación como de comunicación, así como las diferentes señales que envían y reciben cada uno de los receptores. Según el sitio oficial del proyecto, los Estados Unidos asumen el compromiso a mantener la disponibilidad de al menos 24 satélites GPS operativos, el 95 por ciento del tiempo. Para garantizar este compromiso, la Fuerza Aérea ha mantenido hasta 32 satélites GPS operativos durante los últimos años como parte de esta constelación (GPS, 2015).

Figura 8. **Constelación de satélites alrededor del mundo**



Fuente: GPS. <http://www.gps.gov/systems/gps/space/>. Consulta: 15 de mayo de 2015.

Figura 9. Plano de constelación orbital



Fuente: Sistema GNSS. [http://www.google.com/url?q=http%3A%2F%2Flagc.uca.es%2Fweb\\_lagc%2Fdocs%2Fcurso\\_rap%2FPresentacion\\_II.pdf&sa=D&sntz=1&usg=AFQjCNE5BLSSRfA6pw81h8h4RbYqKWrsVa](http://www.google.com/url?q=http%3A%2F%2Flagc.uca.es%2Fweb_lagc%2Fdocs%2Fcurso_rap%2FPresentacion_II.pdf&sa=D&sntz=1&usg=AFQjCNE5BLSSRfA6pw81h8h4RbYqKWrsVa). Consulta: 7 de mayo de 2015.

Esta constelación de satélites está diseñada de tal manera que garantice una cobertura global en cualquier parte del planeta. Estos satélites están dispersos en seis planos orbitales igualmente espaciados en una órbita terrestre media (MEO) casi circular a una altitud aproximadamente de 20 200 kilómetros o 12 550 millas sobre la superficie de la Tierra. Estos planos orbitales están referenciados de la A-F y con un número para cada posición de un satélite, con una inclinación de 55 grados con respecto al ecuador, y una excentricidad de 0,02, por lo que su semieje mayor es de 26 700 kilómetros. Cada satélite tiene periodos orbitales de aproximadamente 12 horas, por lo que cada uno de estos da la vuelta a la Tierra dos veces al día. El tiempo máximo de observación de un satélite es de hasta 4 horas y cuarto, con 15 grados sobre el horizonte (GPS, 2015).

Cada plano contiene cuatro *slots* ocupados por los satélites de la línea base. A esta distribución le llaman 24-slot y garantiza que los usuarios pueden ver al menos 4 satélites desde prácticamente cualquier punto de la Tierra. Aunque normalmente la Fuerza Aérea de los Estados Unidos mantiene más de 24 satélites GPS en órbita para mantener la cobertura, cada vez que algún satélite necesita estar fuera de servicio por mantenimiento. Estos satélites adicionales pueden aumentar el rendimiento general del GPS pero no se consideran parte de la constelación principal. (GPS, 2015)

Un dato importante es que en junio de 2011, la Fuerza Aérea realizó una ampliación de la constelación GPS conocida como la configuración expandible 24. Tres de los 24 *slots* se expandieron, y seis satélites fueron reposicionados, a manera que tres de los satélites adicionales se convirtieron en parte de la línea de base de la constelación. A raíz de este cambio el GPS opera efectivamente como una constelación de 27 *slots* con una mejor cobertura en gran parte del mundo (GPS, 2015).

Los relojes y osciladores son la fuente de la frecuencia patrón que genera las señales GPS. La precisión de un reloj, o más propiamente su estabilidad se mide sobre un segundo y representa la dispersión de los valores de la frecuencia de banda. La siguiente tabla muestra el tipo de oscilador y su estabilidad (Laboratorio de astronomía, geodesia y cartografía, 2015).



Tabla I. **Osciladores utilizados para el sistema GPS**

Tipo de oscilador	Estabilidad	Tiempo necesario para perder 1 segundo
<b>Cristal de cuarzo</b>	$10^{-9}$	30 años
<b>Rubidio</b>	$10^{-12}$	30 000 años
<b>Cesio</b>	$10^{-13}$	300 000 años
<b>Maser de hidrógeno</b>	$10^{-14}$	30 000 000 años

Fuente: elaboración propia.

Esta constelación también está categorizada por distintos bloques, ya que es una mezcla de satélites viejos y nuevos, de la siguiente manera: (GPS.GOV).

- Bloque I: prototipos iniciales lanzada entre 1978-1985, está fuera de uso.
- Bloque II /IIA (segunda generación, *Advanced*): con 4 satélites operacionales, contiene además cuatro relojes atómicos: dos de cesio y dos de rubidio. Incorpora una técnica de encriptación, con adquisición gruesa (C/A) con códigos de frecuencias L1 para usuarios civiles, y de precisión P(Y) con códigos de frecuencia L1 y L2 para militares. Lanzado entre 1990 y 1997 con un diseño de 7,5 años de vida.
- Bloque IIR (Reposición): con 12 satélites operacionales, poseen osciladores atómicos de hidrógeno, un reloj de monitoreo a bordo, con códigos de frecuencia C/A en L1, y P(Y) para L1 y L2. Lanzado entre 1997-2004 con un diseño de 7,5 años de vida.
- Bloque IIR (M) (modernizado): con 7 satélites operacionales, todas las señales heredadas del bloque IIR, con una segunda señal L2 (L2C) para civiles y una nueva señal con código M para militares, mejorada y con niveles de potencia flexible. Lanzado entre 2005-2009 con diseño de 7,5 años de vida.

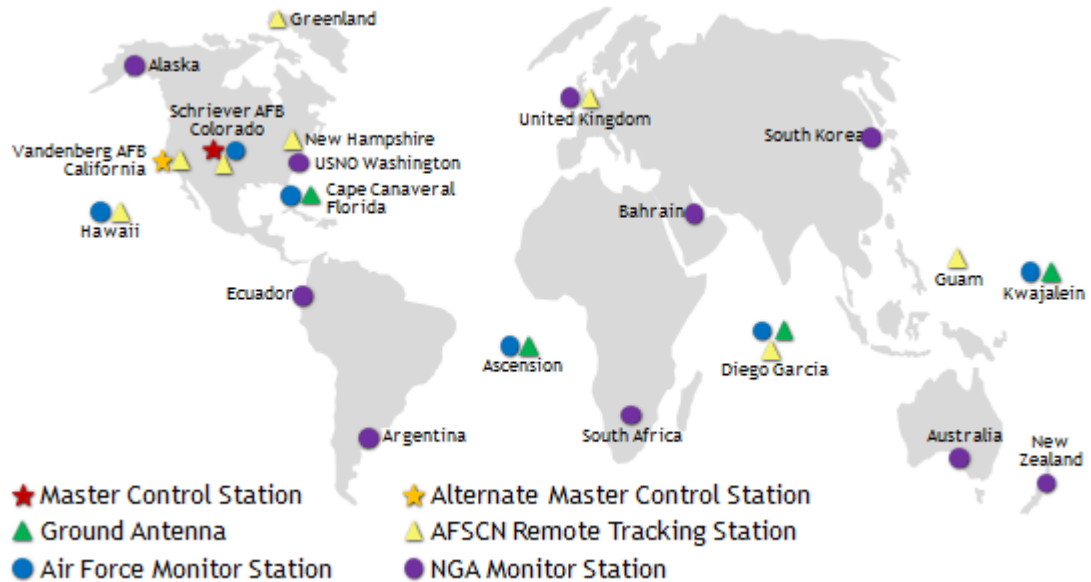
- Bloque IIF (Sigra-on): son los actuales satélites, con 7 operacionales. Todas las señales del Bloque IIR (M), y una tercera señal para civiles con frecuencia L5. Relojes atómicos avanzados, mejoras en la intensidad, precisión y calidad de la señal. Lanzado desde 2010 y un diseño de 12 años de vida.
- GPS III: se encuentra ahora en fase de producción. Estos tendrán todas las señales de bloque IIF, una cuarta señal civil en L1 (L1C). La fiabilidad de la señal será mejorada, así como la precisión e integridad. No habrá Disponibilidad Selectiva (SA) y estará formada por 9 satélites con reflectores láser, búsqueda y rescate de carga útil. Comenzará su lanzamiento en 2016 con un diseño de 15 años de vida.

#### **1.8.2.1.2. Segmento de control**

El segmento de control está formado por el conjunto de estaciones en Tierra que recogen los datos de los satélites y monitorizan el sistema GPS. Esta es una red global de instalaciones que realizan un seguimiento continuo de la constelación, llevando a cabo un seguimiento de cada satélite GPS, monitoreando sus emisiones para determinar los parámetros orbitales y el estado de sus osciladores. Realizan un análisis sobre los datos recibidos y hacia los usuarios, y además envían comandos e información a la constelación (Princeton University, 2015).

El segmento actual de control operacional incluye una estación de control principal, una estación de control maestro suplente, 12 de mando y control de antenas, y 16 sitios de monitoreo. La ubicación de estas instalaciones se muestra en el mapa siguiente (GPS, 2015):

Figura 10. Ubicaciones de los segmentos de control terrestre



Fuente: GPS. <http://www.gps.gov/systems/gps/control/>. Consulta: 15 de mayo de 2015.

La constelación GPS ofrece un alto rendimiento debido a la dedicación de sus operadores, los hombres y mujeres de la Fuerza Aérea de Estados Unidos. Ellos son conocidos como el Segundo Escuadrón de Operaciones Espaciales (2SOPS) ubicados en Schriever, en la Base de la Fuerza Aérea de Colorado Springs, en Colorado y son los responsables del mando, así como el control diario de la constelación GPS. El escuadrón garantiza la disponibilidad continua del GPS de alta precisión a millones de usuarios, tanto militares como civiles, sobre una base militar que funciona 24/7 (GPS, 2015).

A continuación se describe cada una de las instalaciones que forman parte del segmento de control (GPS, 2015):

- La Estación de Control Maestro (MCS): la Estación de Control Maestro se encuentra ubicada en Colorado, siendo allí donde 2SOPS realiza las funciones de control de segmentos primarios, proporcionando el mando y control de la constelación GPS. La Estación de Control Maestro (MCS) genera mensajes y archivos de navegación para asegurar el estado correcto y la precisión de la constelación de satélites. Esta también recibe información de navegación de las estaciones de monitoreo, y utiliza esta información para calcular la ubicación exacta de los satélites GPS en el espacio, para luego realizar la carga de estos datos a los satélites.

La MCS supervisa los mensajes de navegación y la integridad del sistema, lo que permite a 2SOPS determinar y evaluar el estado del funcionamiento de la constelación GPS. Ellos utilizan el MCS para realizar el mantenimiento de satélites y dar resolución de cualquier anomalía que pueda ocurrir. En el caso de un fallo del satélite, el MCS puede cambiar la posición de los satélites para mantener una constelación GPS óptima.

- Las estaciones de monitoreo: las estaciones de monitoreo y seguimiento de los satélites GPS tienen como función principal enviar la información que recopilan de la constelación a la Estación de Control Maestro. Algunas estaciones de monitoreo recogen datos atmosféricos, mediciones de rango/proveedor y señales de navegación.

Estos sitios utilizan receptores GPS sofisticados y son operados por el MCS. Hay 16 estaciones de monitoreo ubicadas en todo el mundo, entre ellos seis de la Fuerza Aérea y 10 de la Agencia Nacional de Inteligencia Geospacial (NGA).

- Antenas terrestres: las antenas terrestres se utilizan para comunicarse con los satélites GPS para fines de mando y control. Estas antenas admiten enlaces de comunicaciones de S-band que envían cargas de datos de envío/transmisión para realizar la carga al programa procesador y recolectar los datos de telemetría. Las antenas terrestres también son responsables de las transmisiones de comandos normales a los satélites. El rango de la S-band permite que 2SOPS pueda proporcionar la resolución de anomalías y apoyo de órbita temprana.

Hay cuatro emplazamientos de antenas de tierra especial del sistema colocados con las estaciones de monitoreo en el atolón de Kwajalein, Isla Ascensión, Diego García y Cabo Cañaveral. Además, el segmento de control está conectado a la red de la Octava Fuerza Aérea de Control de Satélites (AFSCN) en estaciones de seguimiento a distancia en todo el mundo, para el aumento de la visibilidad, flexibilidad y robustez para telemetría, seguimiento y comando.

#### **1.8.2.1.3. Segmento de usuario**

Está formado por todos los receptores GPS que reciben las señales del segmento espacial y sus programas de procesamiento de datos. Cualquier receptor o grupo de receptores de GPS ya sea en tierra, mar o aire forman parte de este segmento. Un software especial en el receptor es capaz de mostrar al usuario su posición en tres dimensiones (latitud, longitud, altitud) y la hora.

Una antena receptora de GNSS es la encargada de recibir la información de los satélites, para que luego el receptor transforme la frecuencia recibida para ser analizada por los compuestos electrónicos y luego mediante *firmware*

trasladar esta información un software especial para ser trasladada finalmente al usuario (Princeton University, 2015).

### **1.8.2.2. Precisión del sistema GPS**

Según la página oficial del proyecto, el gobierno de Estados Unidos está comprometido a proporcionar el GPS para la comunidad civil, en los niveles de rendimiento especificados en la Norma de desempeño GPS *Standard Positioning Service* (SPS). Por ejemplo, la señal GPS en el espacio ofrecerá en el peor caso una exactitud de pseudorange de 7,8 metros a un nivel de confianza del 95 por ciento. Esta no es la misma que la precisión del usuario; el pseudorange es la distancia desde un satélite GPS a un receptor (GPS, 2015).

La precisión real que los usuarios pueden alcanzar depende de factores fuera del control del gobierno de los Estados Unidos, incluidos los efectos atmosféricos, el bloqueo del cielo y la calidad del receptor. Datos obtenidos del mundo real de la FAA (Administración Federal de Aviación) muestran que se obtiene una alta calidad en los receptores GPS (SPS) proporcionando una buena precisión horizontal de 3,5 metros. Una mayor precisión puede alcanzarse mediante el uso de GPS en combinación con sistemas de aumento. Estos permiten el posicionamiento en tiempo real dentro de unos pocos centímetros y mediciones posteriores a nivel de milímetros.

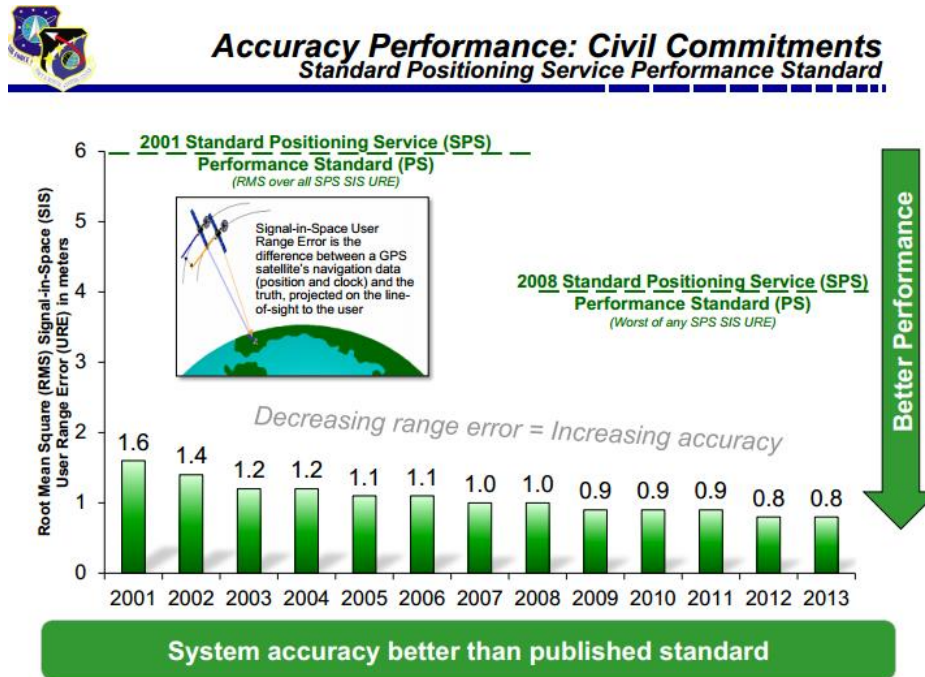
El gobierno de Estados Unidos está comprometido con la modernización de la constelación GPS para permitir una mayor precisión civil sin aumentos. Un ejemplo de esto, se aprecia en el lanzamiento del primero de muchos satélites GPS de última generación lanzado por primera vez en 2005 (GPS, 2015).

La precisión de la señal de GPS en el espacio es en realidad el mismo, tanto para el servicio civil del GPS (SPS) y el servicio de GPS militares (PPS). Sin embargo, MSF transmite en una frecuencia, mientras PPS utiliza dos. Esto significa que los usuarios militares pueden realizar corrección ionosférica, una técnica que reduce la degradación de radio causada por la atmósfera de la Tierra. Con menos degradación, PPS ofrece una mayor precisión que el SPS básica. Algunos usuarios pueden mejorar el SPS básico con aumentos locales o regionales. Estos sistemas que aumentan la precisión del GPS civil más allá de PPS.

El programa de modernización de GPS en curso es la adición de nuevas señales y frecuencias civiles a los satélites GPS, lo que permite la corrección ionosférica para todos los usuarios. Con el tiempo, la diferencia entre la precisión militar y GPS civil desaparecerá. Pero GPS militares continuarán ofreciendo importantes ventajas en términos de mejora de la seguridad y la resistencia. Lo cual es distinto a lo que era la Disponibilidad Selectiva (SA), en la que durante la década de 1990, los satélites de GPS empleaban una característica que degradaba la exactitud civil sobre una base global. La cual años después fue deshabilitada para hacer que el GPS fuera más sensible a los usuarios civiles y comerciales en todo el mundo. Los Estados Unidos no tienen intención de volver a utilizar SA de nuevo (GPS, 2015).

La siguiente gráfica muestra el aumento de la exactitud de la señal civil a lo largo del tiempo.

Figura 11. Mejora de la precisión del sistema con el tiempo



Fuente: GPS. <http://www.gps.gov/systems/gps/performance/accuracy/>. Consulta: 3 de mayo de 2015.

### 1.8.3. Sistema mundial de navegación por satélite (GLONASS)

El GLONASS es también conocido como GLObalnaya NAVigatsionnaya Sputnikovaya Sistema, este fue desarrollado por la antigua Unión Soviética como la versión rusa del sistema GPS estadounidense. Actualmente es administrado por la Federación Rusa y operado por el Ministerio de la Defensa de la Federación de Rusia con importantes aplicaciones civiles y militares (NIS GLONNAS).

Este es un sistema basado en radio-navegación por satélites, al cual también proporciona la información de la posición y la hora de los usuarios que



lo utilizan. Inició como un producto de la industria de defensa militar de alta tecnología, y ahora es un excelente ejemplo de cómo las tecnologías desarrolladas inicialmente para aplicaciones militares pueden ser adoptadas para el sector civil. El rápido crecimiento de las aplicaciones civiles de la tecnología de navegación por satélite GPS estadounidense justifica un cambio de enfoque de doble uso militar y civil para GLONASS, y un importante aumento de la financiación para el desarrollo del sistema.

En la actualidad, los sistemas GPS y GLONASS se han convertido en medios globales estratégicos para garantizar la seguridad nacional y el desarrollo económico. El mantenimiento del sistema GLONASS, mejorando su rendimiento operativo y la calidad de los servicios de navegación, y la garantía de uso de GLONASS junto con GPS en Rusia y en todo el mundo son importantes para una gran cantidad de usuarios. Sistemas comparables están siendo desarrollados por los países europeos con Galileo y China con Compass.

El propósito principal del sistema GLONASS es ser un sistema mundial de navegación por satélite, diseñado para determinar la ubicación por coordenadas, velocidad mediante componentes del vector de velocidad, el momento exacto para sus usuarios, en diversas categorías ya sea marítimo, aéreo, terrestre y otros. El sistema proporciona apoyo a la navegación continua durante todo el año en todo el mundo, en toda hora y sin importar las condiciones climáticas, a un número garantizado de usuarios móviles y fijos al mismo tiempo y sin interrupción, esto a lo largo de la superficie de la Tierra y en elevaciones de hasta 2 000 km, sin limitaciones.

El acceso sin restricciones a las señales de navegación GLONASS para uso civil, se proporciona gratuitamente para los usuarios locales dentro de Rusia y extranjeros por igual (NIS GLONASS, 2015).

### **1.8.3.1. Antecedentes de GLONASS**

El inicio de los sistemas de navegación por satélite de Rusia la antigua Unión Soviética comenzaron en los años 60 con el lanzamiento del Satélite Cosmos-192 en noviembre de 1967, el cual proporcionaba la posición con una precisión de 250-300 metros. El sistema fue ordenado por el Ministerio de Defensa y las pruebas del sistema, así como la operación, se llevó a cabo por la Dirección de las Unidades Comandante Espacial, posteriores Fuerzas Militares Espaciales y ahora las fuerzas espaciales.

Luego en 1972, se inició la creación de un sistema de navegación por satélites que más adelante iba a ser conocido como GLONASS. En 1976, se lanzó la primera generación de satélites Tsiklon-Tsikada, que constaba de 6 satélites que orbitaban alrededor de la Tierra a una altitud de 1 000 kilómetros, los cuales permitían obtener la posición de un barco o submarino en intervalos de una hora y media a 2 horas, con una precisión de entre 80 a 100 metros, con un tiempo de respuesta de 6 minutos. Para 1978, se desarrolló un plan para conseguir una precisión horizontal de entre 20 a 30 metros, una precisión vertical de entre 10 a 20 metros, una vez que el sistema estuviera totalmente desplegado.

En octubre de 1982, el lanzamiento del satélite Kosmos-1413, dio el inicio a la constelación de GLONASS. Para 1993, la constelación había llegado a 8 satélites y en 1995, la constelación alcanzó los 24 satélites de navegación, proporcionando así una cobertura de posicionamiento global en todo momento.

Para 2003, se lanzó el primer satélite GLONASS-M de segunda generación con mejoras en precisión de posicionamiento y vida útil a 7 años. Para 2010, la constelación llegó a 22 satélites funcionales, con una disponibilidad de 100 por ciento en Rusia y 995 en todo el mundo. Para 2011, se lanzó el primer satélite de tercera generación GLONASS-K con mejor precisión de posicionamiento y vida útil de 10 años.

### **1.8.3.2. Estructura de GLONASS**

El sistema GLONASS está formado por 29 satélites, de los cuales hay 24 en activo, situados en tres planos orbitales y distribuidos 8 satélites en cada uno de estos planos igualmente espaciados, desde un ángulo de 45 grados y cada plano espaciado a 120 grados en el plano ecuatorial. Se identifican por el número de *slot* que define el plano orbital correspondiente y la ubicación dentro del plano. Y se mueven a una altitud aproximada de 19 100 km sobre la superficie terrestre y completan una órbita en alrededor de 11:15:44 horas.

Este emite en dos canales que son: el *Channel of Standard Accuracy* (CSA), el cual está disponible para uso civil, y el *Channel of High Accuracy* (CHA), el cual está disponible solo para usos autorizados.

El sistema GLONASS consta de tres elementos:

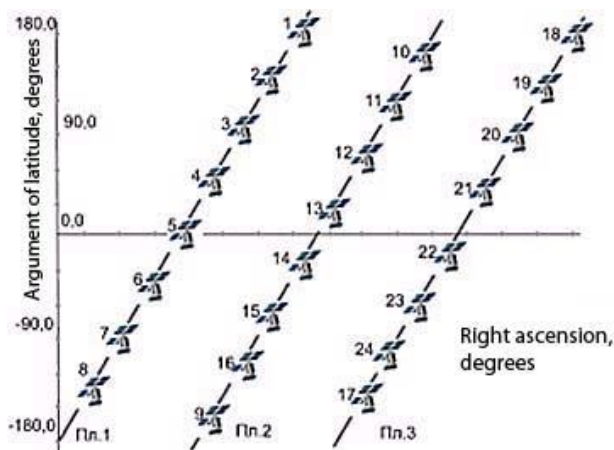
- Constelación de satélites GLONASS
- Control y subsistema de gestión
- GLONASS equipos de navegación del usuario

### 1.8.3.2.1. Constelación GLONASS

La constelación de satélites GLONASS consta de 24 vehículos espaciales, uniformemente distribuidos en tres planos orbitales. Los satélites operan en órbitas circulares a una altitud de 19100 kilómetros. Esta configuración permite una cobertura mundial ininterrumpida de la superficie de la Tierra y el espacio terrestre de la esfera de la navegación.

Vehículos espaciales Glonass-M con tiempos de vida operativos de siete años, transmiten señales de navegación en bandas de frecuencias L1 y L2, los últimos satélites Glonass -K1 Introducir L3 CDMA y todos los satélites emplean los relojes atómicos de cesio.

Figura 12. Disposición de la Constelación GLONASS



Fuente: NIS GLONASS. [http://www.nis-glonass.ru/en/glonass/technical\\_descript/](http://www.nis-glonass.ru/en/glonass/technical_descript/). Consulta: 3 de mayo de 2015.

### 1.8.3.2.2. Subsistema de control y gestión

El subsistema de control y gestión está conformado en GLONASS por el centro de control del sistema, una red de medición y gestión, además de los puestos de control, distribuidos en todo el territorio de Rusia. Las tareas del subsistema de control y gestión incluyen el control de la funcionalidad y la transmisión de señales de control a los vehículos espaciales GLONASS adecuada.

Para el mantenimiento de los satélites actualmente mantiene 24 en activo y 2 en espera para cualquier contingencia que pueda ocurrir, mientras los otros 3 están en fases de pruebas o mantenimiento. Tienen el reemplazo programado de los satélites GLONASS-M con la nueva generación de satélites GLONASS-K con una vida útil de 10 años, ya que las pruebas de los satélites GLONASS-M comenzaron en 2011.

Figura 13. Subsistema de gestión y control



Fuente: *Glonass* <http://www.glonass.it/eng/glonass-story.aspx>. Consulta: 3 de mayo de 2015.

Figura 14. Estado de la constelación al 4 de enero de 2015

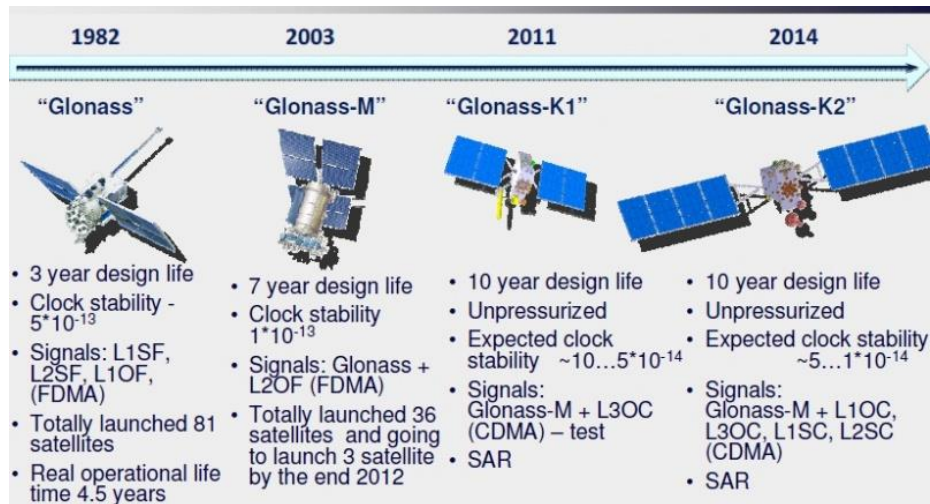


Fuente: *Federal Space Agency*. <https://glonass-iac.ru/en/index.php>. Consulta: 6 de mayo de 2015.

La nueva generación de satélites GLONASS-K cuenta con:

- Señales de navegación civiles adicionales utilizando división de código de canal en las bandas L1 y L3.
- Aumento de la precisión de la solución de navegación del usuario a tres metros o mejores.
- GLONASS hora del sistema error de transmisión escala de 12 ns o mejor.
- Navegación disponibilidad campo de 98 por ciento o más en un período de 24 horas.
- Compatibilidad y complementariedad con GPS actual y futura del GNSS Galileo y Compass.
- Implementación de la función de búsqueda y rescate como MEO órbita terrestre media segmento del sistema Cosp.

Figura 15. **Comparación de los distintos tipos de satélites a lo largo del tiempo**



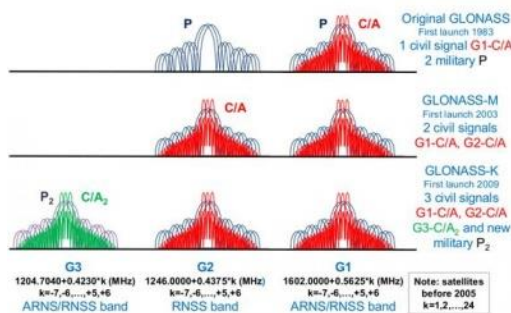
Fuente: *Navipedia*. [http://www.navipedia.net/index.php/GLONASS\\_Future\\_and\\_Evolutions](http://www.navipedia.net/index.php/GLONASS_Future_and_Evolutions). Consulta 5 de mayo de 2015.

### 1.8.3.2.3. Equipos de navegación del usuario

Los equipos de navegación del usuario calculan sus coordenadas, la velocidad y el tiempo de las señales de navegación por satélite GLONASS recibidos. Las especificaciones y características de funcionamiento de los equipos de navegación para uso personal pueden ser confirmadas por los sistemas de certificación voluntaria a discreción de los fabricantes. El equipo utilizado para realizar mediciones está sujeto a certificación obligatoria de acuerdo con las leyes rusas.

La utilización del sistema por los usuarios se realiza a través de mediciones de no-solicitud de alcance a cuatro satélites GLONASS, así como la recepción y procesamiento de mensajes de navegación. Los mensajes de navegación describen la posición del satélite en el espacio y el tiempo. Al procesar las mediciones obtenidas y los mensajes de navegación recibidos, se logra obtener las coordenadas tridimensionales del usuario, la velocidad se obtiene de los componentes del vector y la escala de tiempo del usuario está vinculado con el sistema ruso Nacional Etalon UTC de escala de tiempo (SU).

Figura 16. **Señales utilizadas por los satélites GLONASS**



Fuente: *Navipedia*. [http://www.navipedia.net/index.php/GLONASS\\_General\\_Introduction](http://www.navipedia.net/index.php/GLONASS_General_Introduction).

Consulta: 5 de mayo de 2015.

#### 1.8.3.2.4. GPS/GLONASS

Actualmente ambos sistemas trabajan de forma independiente, pero debido a su utilización en Servicios asociados a la búsqueda y rescate (SAR) en tiempo real, para ubicar el lugar en donde hay que actuar y planificar de la menor manera como atender la situación, estos dos sistemas se han vuelto complementarios entre sí, tomando en cuenta la ventaja de que ahora los receptores permiten recibir señales de los dos sistemas, GLONASS y GPS, (aunque con sistemas de referencia diferentes).



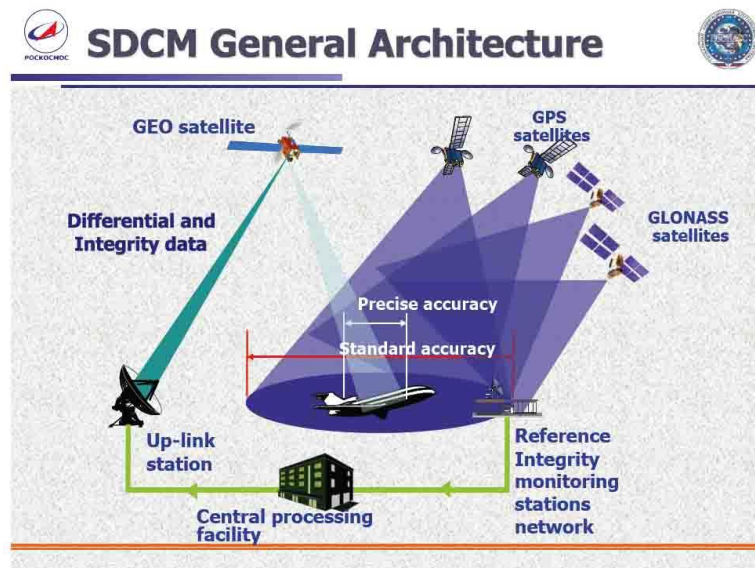
Esto hace más interesante las posibilidades del sistema GLONASS en la medición como apoyo al GPS y viceversa. Caracterizada por el hecho de que si se observan más satélites en el mismo tiempo se logra obtener mediciones más precisas y un ahorro en los tiempos de adquisición, mejorando la exactitud, el acceso, la integridad y continuidad de los servicios de navegación para los usuarios.

Figura 17. GPS y GLONASS complementarios



Fuente: *Sputnik Mundo*. <http://sp.rian.ru/images/14801/45/148014580.jpg>. Consulta: 5 de mayo de 2015.

Figura 18. Funcionamiento en conjunto del GPS y GLONASS



Fuente: *Inside GNSS*. <http://www.insidegnss.com/node/1631>. Consulta: 5 de mayo de 2015.

### 1.8.3.3. Campos de aplicación

Modernas soluciones de navegación por satélite ya son ampliamente utilizados en diversas áreas de la esfera socioeconómica, lo que permite:

- *Overland*, el aire, marítimo, fluvial y de navegación del vehículo espacial, la dirección de los flujos de tráfico de todos los modos de transporte, el control sobre el transporte de cargamentos valiosos y peligrosos, el control sobre la pesca en aguas territoriales, búsqueda y rescate, y el monitoreo ambiental.

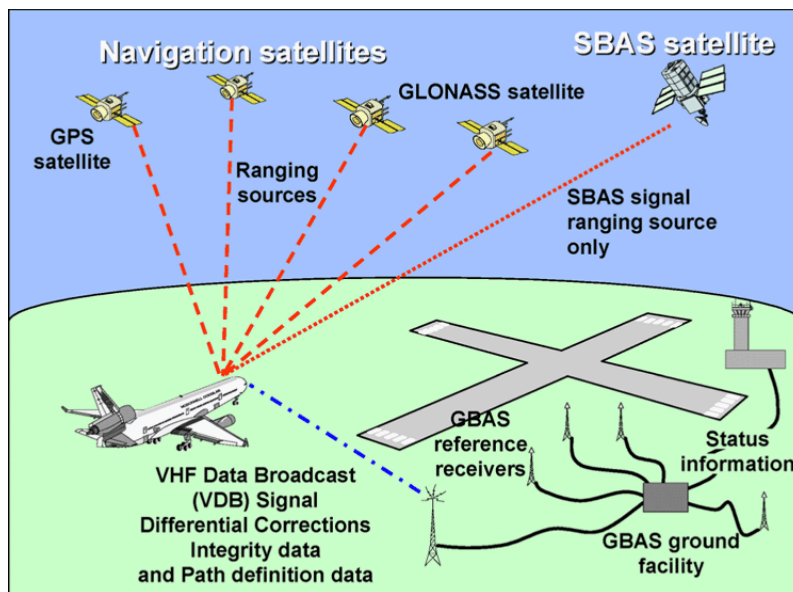
- Levantamientos geodésicos y de alta precisión (dentro de unos pocos centímetros) de fijación de posición para el tendido de oleoductos y gasoductos, líneas de transmisión de energía eléctrica, y en la construcción.
- Soluciones de sincronización para industrias de telecomunicaciones y de energía eléctrica.
- Soluciones para tareas geofísicas fundamentales.
- Navegación personal para usuarios individuales.

La navegación por satélite ya está en uso en la agricultura, para el cultivo de tierras automatizados por cosechadoras y en la industria minera. Las aplicaciones de las tecnologías de navegación por satélite están en constante crecimiento. Es difícil imaginar el resto de nuevos campos, en los que las aplicaciones para los sistemas de navegación por satélite surgirán siguiente. Basta señalar que la corriente en tiempo real absoluta precisión de posicionamiento es de tres centímetros o mejor.

#### **1.8.4. Sistemas de aumento**

Un sistema de aumento es cualquier sistema que ayude al GPS proporcionando precisión, integridad, disponibilidad, o cualquier otra mejora de posicionamiento, la navegación, y el momento que no es parte inherente de la propia GPS. Una amplia gama de diferentes sistemas de aumento se han desarrollado tanto por el sector público y privado. Para cumplir con los requisitos específicos, el gobierno estadounidense ha enviado una serie de sistemas de acceso público de aumento de GPS. Estos pueden ser de la siguiente manera: GBAS para sistemas de aumento en Tierra, SBAS basados en satélites y ABAS aéreos.

Figura 19. **Sistemas de aumento**

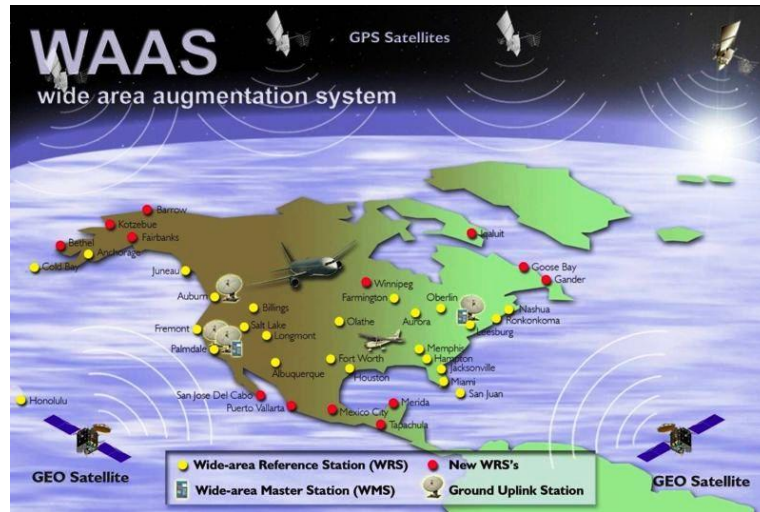


Fuente: *IEEE XPLORE*. [http://ieeexplore.ieee.org/ieee\\_pilot/articles/96jproc12/jproc-TMurphy-2006101/article.html](http://ieeexplore.ieee.org/ieee_pilot/articles/96jproc12/jproc-TMurphy-2006101/article.html). Consulta: 5 de mayo de 2015.

#### 1.8.4.1. **WAAS**

Sistema de aumento de área extensa (WAAS), es un sistema de aumentación basado en satélites operados por la Administración Federal de Aviación (FAA), compatible con la navegación aérea en toda América del Norte. Aunque está diseñado principalmente para usuarios de la aviación, WAAS está ampliamente disponible en los receptores utilizados por otro posicionamiento, navegación y temporización de las comunidades. FAA se compromete a proporcionar el servicio WAAS en las prestaciones especificadas en la Norma de Desempeño WAAS GPS. FAA está mejorando WAAS para aprovechar el futuro GPS señal de seguridad de la vida, para proporcionar un rendimiento aún mejor.

Figura 20. Sistema de aumento WAAS



Fuente: *Federal aviation asociation*. <http://www.nstb.tc.faa.gov/>. Consulta: 5 de mayo de 2015.

#### 1.8.4.2. EGNOS

Sistema geoestacionario europeo complementario de navegación (EGNOS): es el primer sistema europeo de navegación por satélite. Este sistema tiene como finalidad aumentar el sistema de navegación por satélite GPS estadounidense y lo hace adecuado para aplicaciones críticas de seguridad como volar aviones o barcos navegando por canales estrechos.

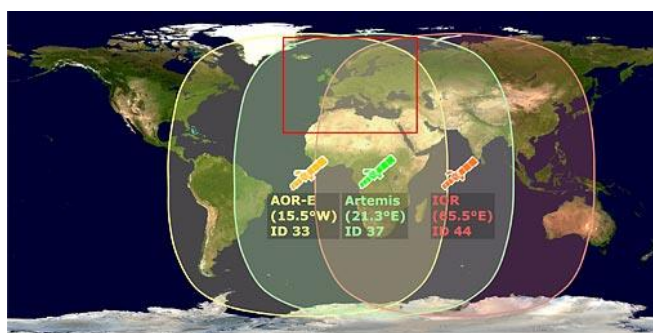
Consta de tres satélites geoestacionarios y una red de estaciones terrestres, EGNOS logra su objetivo mediante la transmisión de una señal que contiene información sobre la fiabilidad y la precisión de las señales de posicionamiento enviadas por GPS. Permite a los usuarios de Europa y más allá determinar su posición a menos de 1,5 metros.

EGNOS es un proyecto conjunto de la ESA, la Comisión Europea y Eurocontrol, la Organización Europea para la Seguridad de la Navegación Aérea. Es la primera actividad de Europa en el campo de Sistemas de Navegación Global por Satélite (GNSS) y es un precursor de Galileo, el sistema de navegación global por satélite en plena fase de desarrollo en Europa.

EGNOS es propiedad de la Comisión Europea y sus operaciones son gestionadas a través de un contrato con un operador con sede en Francia, la European Satellite Services Provider. El servicio ha estado disponible desde finales de 2009. Los datos de posicionamiento EGNOS están libremente disponibles en Europa a través de señales de satélite a cualquier persona equipada con un receptor GPS habilitado para EGNOS.

El servicio en directo de seguridad de EGNOS ha sido declarado oficialmente disponible para la aviación en marzo de 2011. Las señales espaciales de navegación se han convertido en utilizables para la tarea crítica de la seguridad de las aeronaves de guía, tanto vertical como horizontalmente, durante las aproximaciones de aterrizaje.

Figura 21. **Satélites que conforman EGNOS**



Fuente: EGNOS. <http://www.hr-tews.de/GPS/egnoss.htm>. Consulta: 5 de mayo de 2015.

### **1.8.5. Otros proyectos**

Galileo es el propio sistema de navegación global por satélite de Europa, proporcionando un servicio de posicionamiento global garantizado de alta precisión bajo control civil. Es interoperable con GPS y GLONASS. Los receptores Galileo calculan su posición usando principios de triangulación.

#### **1.8.5.1. Galileo**

El programa Galileo es una iniciativa de Europa por un sistema de navegación global por satélite del estado de la técnica, proporcionando una garantía de servicio de posicionamiento global de alta precisión bajo control civil. Mientras que la prestación de servicios de navegación y posicionamiento autónomos, Galileo será interoperable con otros sistemas GNSS tales como GPS y GLONASS. El sistema constará de 30 satélites, que se desplegarán en un enfoque escalonado, y la infraestructura de tierra. Un usuario podrá tomar una posición con el mismo receptor de cualquiera de los satélites en cualquier combinación. Al ofrecer frecuencias dobles de serie, Galileo ofrecerá una precisión de posicionamiento en tiempo real hasta el rango del medidor. Se garantizará la disponibilidad del servicio en las circunstancias más extremas e informará a los usuarios de un fallo de un satélite.

Los sistemas GPS de Estados Unidos, GLONASS de Rusia y BeiDou de China son sistemas bajo control militar que proporcionan un servicio civil, pero que la administración pública podría ser desconectada, o hacen menos preciso cuando se desee, por ejemplo, en caso de conflicto.

El mundo se ha vuelto tan dependiente de los servicios prestados por la navegación por satélite en la vida diaria que debe reducirse un servicio o desconectada, el potencial interrupción de negocios, la banca, el transporte, la aviación, la comunicación, entre otros, por nombrar solo unos pocos, lo haría ser muy costosos por ejemplo, en términos de ingresos para los negocios, la seguridad vial.

#### **1.8.5.1.1. BeiDou**

El BeiDou o BDS, también conocido como BeiDou-2 o Compass, es el sistema de navegación por satélite de segunda generación de China que será capaz de proporcionar señales de posicionamiento, navegación y servicios de temporización, a los usuarios en una de forma continua en todo el mundo.

Aunque la evolución de su sistema de navegación regional hacia una solución global fue iniciada en 1997, la aprobación formal por parte del Gobierno del desarrollo y el despliegue del Sistema de BDS se hizo en 2006. Se espera que proporcione los servicios de navegación a nivel mundial para el 2020, al igual que los sistemas GPS, GLONASS o Galileo. Para diciembre de 2011, el sistema BeiDou fue anunciado oficialmente para prestar servicio operativo inicial, proporcionando servicios de navegación de posicionamiento y temporización pasivos iniciales para toda la región de Asia-Pacífico, con una constelación de 10 satélites, 5 satélites GEO y 5 IGSO satélites. Durante 2012, se pusieron en marcha 5 satélites adicionales, 1 satélite GEO y 4 satélites MEO, con lo que se eleva a 14 el número de satélites de la constelación. Hasta 2020, el sistema va a lanzar los satélites restantes y evolucionar hacia la capacidad de navegación global.



### **1.8.6. Navegación para interiores**

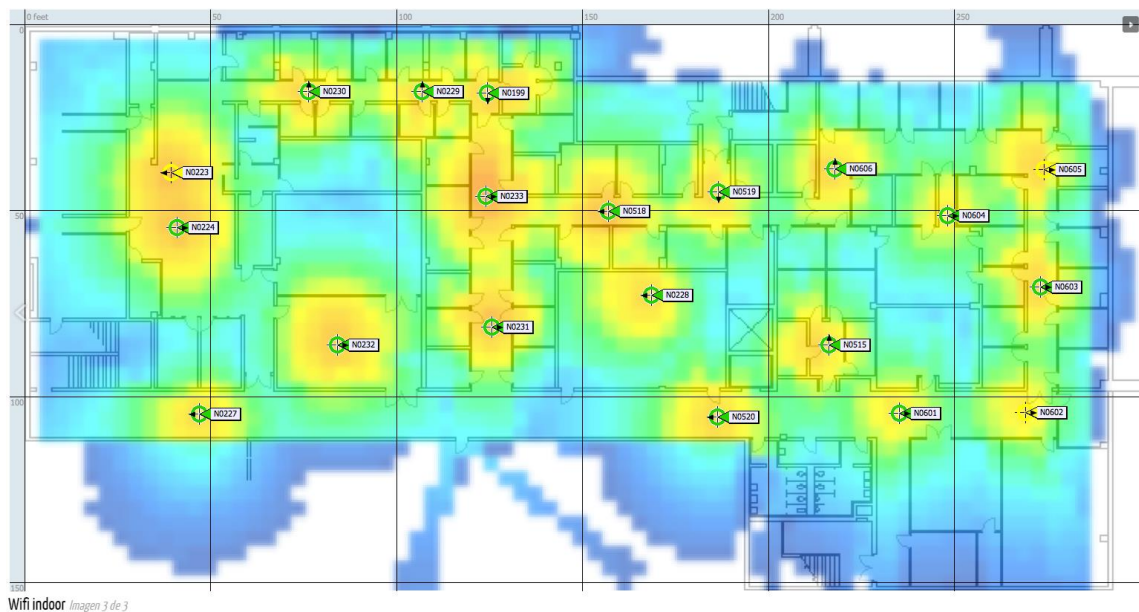
La tecnología GPS está en todas partes, se tiene el conocimiento existe un serio problema cada vez que se desea usar un dispositivo GPS en una zona extensa y cubierta, debido a los evidentes problemas técnicos que presentan en esta tecnología. Estos van desde la falta triangulación entre satélites por culpa de la ausencia física de cobertura, hasta los materiales empleados en la edificación y la forma del edificio, que supone la pérdida total o parcial de señal.

Un ejemplo de esta situación, ocurre en un aeropuerto en el que nunca se ha estado y se desea ubicar un lugar determinado. El GPS no es capaz de indicar por donde se debe ir, puesto que no encontrará o triangulará la posición. Existe una compañía que está trabajando en la actualidad en un proyecto llamado Pole Star Indoor GPS. Este proyecto tiene por objetivo brindar la ubicación dentro de aeropuertos, universidades, centros comerciales.

En ausencia, parcial o total de señal que comunique a los satélites con los dispositivos móviles, será necesario utilizar otro tipo de señal. Es común encontrar en los edificios o lugares públicos hoy en día, señales wifi para las cuales se debe crear una infraestructura muy compleja haciendo uso de puntos de acceso, balanceadores de carga, entre otros. Es posible al tener toda esta serie de dispositivos interconectados, realizar un mapa de la infraestructura para conseguir de cierta forma diversas rutas, en donde los puntos de control o *checkpoints* serán en los puntos de acceso que esta posea. Esto permite crear coordenadas personalizadas utilizando los puntos de acceso como una falsa triangulación vía satélite.

Pero para darle todavía más precisión, este proyecto hace uso de sensores de movimiento, brújulas, y periféricos *bluetooth*, todos ellos presentes en la mayoría de los teléfonos inteligentes de hoy en día. En este caso, si retoma el ejemplo anterior del aeropuerto, aquellos lugares que lo deseen pueden activar una señal *bluetooth*, de modo que es posible comprobar que se está próximo a la ubicación del establecimiento deseado.

Figura 22. **Diagrama de puntos de acceso usados como puntos de control**



Fuente: *El Android libre*. <http://www.elandroidelibre.com/2013/03/la-navegacion-gps-en-interiores-pole-star-tendra-soporte-para-android.html>. Consulta: 5 de mayo de 2015.

## **2. TECNOLOGÍA PARA NO VIDENTES Y APLICACIONES**

### **2.1. Desafíos que enfrentan las personas con ceguera**

En el diario vivir, para todas las actividades que se realizan la visión brinda la mayor cantidad de información necesaria para identificar el contexto actual y tomar las decisiones para las acciones al momento de realizar las tareas. En el caso de una persona discapacitada visualmente, esto cambia totalmente su forma de vida.

En general, el primer inconveniente que tienen, es cuando necesitan identificar su entorno. Deben valerse de los sentidos que les quedan para descubrir todo lo que está en el lugar donde se encuentren, principalmente haciendo uso del tacto y el oído, son los 2 sentidos que más les sirven para identificar objetos a su alrededor, ya sea en movimiento o estáticos. Para esto deberán entrenarse en las técnicas expresadas en el capítulo 1 de este trabajo, en donde se explica cómo deberán proceder en los diversos escenarios a los que se enfrentan en su día a día. Aún con las técnicas descritas, a estas personas les lleva mucho tiempo el ubicarse en un lugar que desconocen totalmente, haciendo que sea de un reto e impedimento en algunos casos para salir y desear conocer nuevos lugares.

El segundo inconveniente principal que encuentran las personas con ceguera, es desde el punto de vista social. Debido a su discapacidad, son muy limitadas las actividades en común que pueden realizar junto con personas que sí gozan de visión, haciendo que su autoestima baje o se sienten desplazados.

Otro aspecto a tener en cuenta, es que en la sociedad son pocas las actividades que están pensadas para las personas con este tipo de discapacidades, aunque es importante aclarar que, gran parte de las actividades que se realizan, pueden ser adaptadas mediante herramientas especiales para que personas con esta discapacidad las puedan realizar también (Belmonte, 2015).

El tercer aspecto a considerar, es el de la información y adelantos tecnológicos, ya que debido a su discapacidad, son reducidos los medios para enterarse del acontecer mundial o del país donde residen. El periódico o medios leídos como las páginas de internet, no son opción para este tipo de personas. En su lugar deberán utilizar medios narrados como la televisión o la radio, que podrán atender mediante el sentido del oído. En la actualidad, muchos de los contenidos nuevos se están generando mediante internet, lo que hace difícil que una persona con discapacidad visual pueda utilizar un *smartphone*, *tablet* o computadora.

El sistema operativo móvil Android tiene un componente llamado *TalkBack* el cual tiene por objetivo leer todo lo que se encuentra en la pantalla, para que las personas mediante el oído puedan encontrar las aplicaciones y opciones que deseen seleccionar en el teléfono. Es una posibilidad muy buena para las personas con discapacidad visual, aunque aun así es muy lento acceder a las opciones deseadas, debido a que deben esperar que el teléfono lea los textos y nombres de los elementos en pantalla. Existen también otras aplicaciones y componentes que permiten a las personas no videntes, hacer uso de los dispositivos inteligentes de hoy en día, aunque necesitan de la buena disposición de los usuarios a aprender la metodología para utilizarlas y dedicar tiempo en la práctica, así como el manejo de estas aplicaciones.

Los inconvenientes presentados en la presente sección, deberán ser superados por las personas con ceguera y dependerá mucho de la actitud que demuestren ante las dificultades que encuentren. Principalmente existen 2 caracteres que predominan en las personas que tienen esta discapacidad: las optimistas y las pesimistas.

Las primeras tienen un carácter que les permite obtener una disposición a enfrentar las adversidades e ingeniar soluciones para confrontarlas. Estas personas tienen una habilidad para adaptarse a los diversos contextos sociales, obteniendo una alta probabilidad de integración y éxito al realizar las tareas de su día a día reforzando su autoestima.

El segundo grupo, tienen una actitud que no ayuda a confrontar los problemas, cayendo en actitudes autodestructivas que bloquean sus deseos de probar nuevas soluciones o ingeniarse la forma en la que pueden sobrellevar las actividades que realizan día con día.

En el presente trabajo, se propondrá una herramienta que permita confrontar y apoyar el problema del entorno, principalmente en lugares abiertos de la metrópoli de Guatemala. De forma que una persona pueda caminar por las calles aumentando su independencia y con el conocimiento de en qué dirección debe ir para llegar al destino deseado.

## **2.2. Herramientas y adelantos tecnológicos como apoyo a personas con ceguera**

Hasta hace poco tiempo, a una persona que no podía ver le estaba vedado acceder a mucha de la información circulante, elemento que ha logrado compensarse gracias a los avances tecnológicos existentes.

### **2.2.1. Sistema Braille**

Es una de las primeras innovaciones realizadas que se idearon para comunicar información a las personas que padecían de discapacidad visual. Fue inventado a mediados del siglo XIX y la idea provino de un sistema desarrollado para comunicar información en ejercicios militares, sin que dichas comunicaciones llamaran la atención de enemigos durante las noches (Wikipedia, 2015).

Fue rediseñado por el francés Louise Braille, quien realizó pruebas en el sistema de comunicación militar, validando que su funcionamiento era correcto para el objetivo que se le iba a dar. Posteriormente, tuvo la idea de reinventarlo y establecerlo como un sistema de comunicación para las personas con discapacidad visual, ya que él mismo padecía de dicha discapacidad.

Fue establecido en sus inicios, como un sistema de seis puntos dispuestos en posiciones pares en una matriz de 3 filas y 2 columnas. Las diferentes combinaciones de puntos faltantes en las 6 posiciones hacen 64 combinaciones que sirven para definir el alfabeto en este sistema. Debido a que esta cantidad de combinaciones no es suficiente para representar completamente los símbolos existentes fuera del alfabeto, se dispuso agregar puntuaciones intermedias entre los caracteres que anteponen el contexto con el que se debe tomar el siguiente carácter. Mediante esta solución, es posible representar en este sistema las tildes, mayúsculas, números y hasta notas musicales.

Es importante diferenciar, que no es un lenguaje, sino un sistema de codificación de caracteres que permite representar palabras con una simbología diferente en el medio en el cual se plasma. De esta forma, es posible representar palabras de cualquier idioma salvo las excepciones de símbolos

que son requeridos en algunos idiomas, utilizando los símbolos del alfabeto en la codificación braille.

Posteriormente se realizaron modificaciones y se incrementó la cantidad de puntos utilizados a 8, en matrices de 4 filas y 2 columnas, de forma que se pudiera representar en una sola celda todos los caracteres de la codificación ASCII. Esto permitió la facilidad de implementar dispositivos de escritura para computadoras y dispositivos móviles, de forma que las personas con discapacidad visual puedan utilizar los equipos.

Desde su implementación, esta codificación ha sido la base sobre la cual se diseñan las diferentes herramientas, señalización en elevadores y demás lugares de las casas o edificaciones, periféricos para computadoras y demás accesorios que tienen por objetivo ser utilizados por personas no videntes.

### **2.2.2. Impresoras**

Uno de los aspectos que revolucionó la forma de comunicar los acontecimientos e información en el mundo moderno fue gracias al desarrollo de la imprenta. De esta forma era muy sencillo compartir los conocimientos a través de libros, detalles de eventos mediante afiches, entre otros. Con el desarrollo de la informática y la computadora, una de las invenciones que facilitó en gran medida la creación de textos por parte de las personas particulares, fue el desarrollo de las impresoras.

Las impresoras tradicionales, existen de diversos tipos, que en sus inicios únicamente eran capaces de imprimir en un solo color negro por lo regular o gris en algunos casos y posteriormente los adelantos permitieron que cada vez

podrían generar muchos más colores logrando obtener imágenes de gran calidad.

Por los tipos de impresión, se encuentran de burbujas de tinta, láser o en los inicios de matriz mecanismo similar a una máquina de escribir, con cinta de tinta que tienen diversos costos según la tecnología empleada, así como los tipos de suministros de tinta que dependerá del tipo de impresión que realice.

En el caso de la impresora braille, el mecanismo de impresión cambia totalmente, ya que no es necesario el uso de tinta para plasmar el texto en el papel utilizado. El mecanismo se basa de percutores que realizan una determinada presión sobre el papel, de forma que se puedan generar las muescas de braille con el tamaño suficiente para que puedan ser percibidas al tacto por las personas.

En cuanto al papel, se utiliza por lo general un papel más grueso, pero siempre tienen una bandeja donde se coloca el papel y otra de salida donde se almacena ya con las muescas grabadas de la impresión que se realizó. Todas las impresoras tienen la capacidad de imprimir el sistema Braille de 6 puntos, aunque ya hay algunas en el mercado que realizan la impresión de 8 puntos en el sistema ASCII.

A pesar de que su diseño fue pensado para imprimir la codificación braille, hay algunas que tienen la capacidad de imprimir imágenes, realizando las muescas que permitan a las personas reconocer la silueta de la figura que se plasmó en el papel.

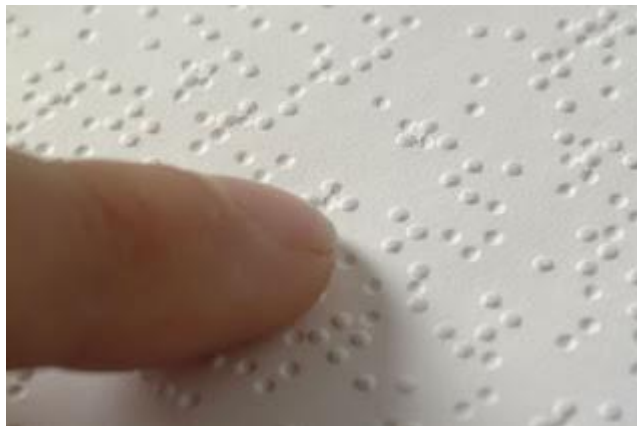


Figura 23. **Impresora braille**



Fuente: *Soluciones integrales vía.* [http://www.ver.com.co/ingles/index.php?page=shop.product\\_details&product\\_id=92&flypage=flypage.tpl&pop=0&option=com\\_virtuemart&Itemid=53](http://www.ver.com.co/ingles/index.php?page=shop.product_details&product_id=92&flypage=flypage.tpl&pop=0&option=com_virtuemart&Itemid=53). Consulta: 5 de mayo de 2015.

Figura 24. **Papel con braille impreso**



Fuente: *Adaptabilidad de la PC para discapacidad visual.* <http://compuparadiscapacidadvisual.blogspot.com/2011/06/impresoras-braille.html>. Consulta: 5 de mayo de 2015.

### **2.2.3. Software**

Uno de los problemas con el que se enfrentan las personas con discapacidad visual, es como identificar el contenido que se muestra en la pantalla de la computadora o dispositivo móvil que se encuentran utilizando. Todos ellos están diseñados para que sean utilizados casi al 100 por ciento mediante la vista.

#### **2.2.3.1. Lectores de pantalla**

Es allí, donde el concepto de un lector de pantalla entra en juego para ofrecer una posibilidad para las personas con ceguera, de utilizar los computadores o dispositivos móviles. Principalmente se deben distinguir dos tipos básicos, que difieren por el método de comunicación que se utilizará con el usuario. El primero utiliza un motor de traducción de texto a voz, para narrar todo el contenido que se muestra en pantalla, de forma que el usuario mediante el oído pueda percibir la información. El segundo tipo, varía utilizando un dispositivo que permite mostrar en braille los comandos o información que se muestra en pantalla, de forma que mediante el tacto, el usuario perciba la información de la computadora.

Independientemente del tipo de salida al usuario, se utilizará el término leer para indicar el proceso de comunicación con el usuario. La metodología que utilizan estos programas, es leer a la persona la información que se muestra en la pantalla del dispositivo o computador. Para esto, es necesario que la herramienta de software tenga un nivel alto de integración con el sistema operativo, para identificar los componentes que se muestran en pantalla y de esta forma transmitir al usuario que es lo que está seleccionado o se muestra actualmente en la pantalla.

Debido a la falta de visión, no es posible utilizar el ratón del computador para seleccionar las opciones de las aplicaciones que se muestran en pantalla. Los diversos lectores de pantalla, tienen establecidos para este fin una serie de atajos de teclado con el que las personas deberán seleccionar e ingresar instrucciones al computador. Este es otro motivo por el cual tienen que tener un alto grado de integración con el sistema operativo, para no entrar en conflicto con los atajos que ya posee el sistema operativo para diversas opciones.

Las aplicaciones soportadas de forma nativa por este tipo de sistemas dependerán de cada proveedor, aunque son incluidas por lo general los principales navegadores web, suites de ofimática más comunes, así como también aplicaciones que son utilizadas con mayor frecuencia o son más populares. Existe la posibilidad también en algunas de estas aplicaciones, de generar nuevos *scripts* que permitan agregar nuevas aplicaciones que no son soportadas de forma nativa, utilizando el API proporcionado para desarrolladores.

En cuanto al lenguaje, estas aplicaciones soportan los idiomas en los que son desarrollados los sistemas operativos, debido a la integración que se realiza. Aun así, para leer documentos, son soportados diversos idiomas y varía dependiendo del fabricante de la aplicación.

Un aspecto que es muy interesante de estas aplicaciones, es la alta integración que tienen para informar sobre las páginas web con los navegadores más populares del mercado. El aspecto principal a tener en cuenta, es que funcionará mejor en páginas web que estén diseñadas con buenas prácticas y plantillas definidas.

Esto es debido a que estas aplicaciones interpretan el código de la página web que se muestra al usuario y realiza una búsqueda de títulos, enlaces, listas y opciones que se renderizan en la página, para brindar opciones reducidas, además de útiles para la selección del usuario. De esta forma, mediante combinaciones de teclas establecidas en el programa para las páginas web, se puede desplazar mediante los enlaces o seleccionar que la aplicación realice la lectura de un párrafo de texto definido en la página.

En los diversos sistemas operativos de computador, existen ya aplicaciones de este tipo, las cuales se detallarán en la siguiente lista:

- Windows
  - Jaws
  - Hal
  - Windows Eyes
  
- Mac OS X
  - Voice Over
  
- Gnu Linux
  - Gnopernicus
  - Speakup

Para los dispositivos móviles, ya existen también lectores de pantalla, aunque la forma de seleccionar las opciones y moverse por el contenido de la pantalla es táctil, con narración de las opciones por las cuales se sitúa el dedo. Algunas de las aplicaciones que realizan esta función en los diversos dispositivos móviles, son detalladas en la lista que se muestra a continuación:

- IOS
  - *Voice Over*
  
- Android
  - Google TalkBack
  - Spiel

### **2.2.3.2. Aplicaciones para dispositivos móviles**

La tecnología avanza a un ritmo apresurado, revolucionando muchas de las actividades que se realizan a diario. En el caso de los dispositivos móviles, han brindado una practicidad y comodidad mediante el desarrollo de aplicaciones o *apps* como son conocidas comúnmente, que han permitido facilitar casi todas las tareas que se pueda imaginar o hacer día con día. Para esto, han aprovechado al máximo periféricos de los terminales como la cámara, acelerómetro, micrófono y GPS.

Algunas de las aplicaciones que se están desarrollando, ya incluyen ayudas para los discapacitados, en las que las personas con ceguera ya son objetivo de algunos desarrolladores de *apps*. En esta sección, se realizará un análisis de diversas aplicaciones que se encontraron y la solución planteada a un problema que tengan las personas con discapacidad visual en sus actividades diarias.

#### **2.2.3.2.1. IOS**

Algunas de las aplicaciones ya disponibles para la plataforma de Apple, se mencionan las siguientes:

- *LookTel Money Reader*: uno de los problemas a los que una persona con discapacidad visual se enfrenta, es al momento de realizar algún pago con efectivo en un establecimiento. Algunas personas realizan dobleces especiales para identificar el valor del billete, pero al recibir el cambio, desconocen el valor de los billetes que les son entregados.

La aplicación permite a las personas ciegas identificar la denominación de los billetes haciendo el uso de la cámara de su teléfono inteligente. Es ideal para prescindir de consultar a otra persona la denominación de los billetes. Únicamente es necesario apuntar la cámara al billete y haciendo uso de la función *voice over* del sistema operativo, la aplicación dirá mediante voz la denominación del billete que tiene en frente. Una limitación que tiene, es en ambientes donde hay poca luz.

- *SayText*: habitualmente al estar en algún establecimiento como un restaurante o un supermercado, existen diversos letreros como el menú de comidas o avisos de información sobre reglas del lugar, que es importante conocer para decidir lo que se hará en el establecimiento. La aplicación permite mediante la cámara, tomar una foto al letrero o texto que se desea leer, para lo cual reproduce un sonido característico cuando el teléfono reconoce que el documento está completo en el rango de la cámara. Al tomar la foto, la aplicación reconoce el texto que contiene la imagen, leyéndolo con una voz alta para obtener la información.
- *Color Identifier*: todos los días por la mañana, al momento de vestirse, una persona con ceguera pudiera confundir el color de las prendas vistiéndose con una combinación que no deseaba. Esta aplicación, mediante la cámara del teléfono, tiene por objetivo indicar el color que

reconoce del objeto que tiene enfrente del lente. De esta forma, la persona puede identificar los colores de los objetos, ubicando los del color que desea realmente.

- *Talking Tag LV*: la aplicación permite grabar notas de voz que indican que objeto es el que tiene la persona frente a él. Para esto, utiliza la cámara del *smartphone* en busca etiquetas especiales con códigos similares a los QR, que indicarán que objeto es el que está frente al teléfono. La persona debe hacer una grabación la primera vez que etiqueta un objeto, para guardarlo en la base de datos de la aplicación y luego al escanear la etiqueta, la aplicación reproducirá la nota de voz que fue asociada a él. Esto es ideal para etiquetar películas, discos de música o cualquier otro objeto que utilicen con frecuencia.
- *Navigon*: es una aplicación que ofrece orientación por diversas rutas de Estados Unidos, ya sea en autopistas o caminos que se transiten en vehículos o direcciones a pie si el recorrido se realizará caminando. Ofrece instrucciones mediante voz, lo cual permite a las personas con discapacidad visual obtener una referencia sobre cómo llegar a un destino deseado. Ofrece también una opción para regresar a casa, que le da las instrucciones para regresar a la ubicación que tiene marcada como hogar.
- *The Talking Calculator*: esta sencilla aplicación, permite a las personas con problemas de visión, realizar operaciones matemáticas. Mediante voz, indica a las personas que botones son los que está seleccionando para ingresar los números y operaciones deseadas, así como el resultado de la operación indicada.

### 2.2.3.2.2. Android

Algunas de las aplicaciones para la plataforma de Android, se pueden mencionar:

- Google TalkBack: es una aplicación de lectura de pantalla que permite a las personas obtener información sobre lo que muestra un dispositivo móvil y tomar decisiones sobre las acciones que desea realizar. Este es un componente integrado dentro del sistema operativo y forma parte de las aplicaciones que ofrece Google, tal como Gmail, Youtube y otras que van incluidas dentro de Android. Entre las principales características, se debe destacar las alertas por voz y retroalimentación mediante vibraciones para indicar alertas o contenidos al usuario. Como parte de la personalización de la aplicación, tiene ajustes de volumen, idioma, vibraciones y configuraciones para acciones cuando la pantalla esté apagada o aprovechar el sensor de proximidad del terminal.
- La metodología mediante la cual trabaja la aplicación, es utilizando el dedo para explorar los contenidos que tiene la pantalla. Debe colocarse presionando ligeramente la pantalla y al deslizarlo, TalkBack indicará mediante voz que es lo que tiene seleccionada la persona en ese momento. Para seleccionar la opción, deberán realizar un doble *tap* en la pantalla, con lo que la aplicación indica nuevamente lo que aparece en la pantalla. Como parte de la introducción a su uso, la aplicación cuenta con un tutorial que se activa la primera vez que es utilizada.
- *Audible for Android*: esta es una aplicación que permite a las personas encontrar material de lectura en formato de audiolibros. Fue ideada para las personas que no tienen el tiempo suficiente para sentarse a leer



algún texto y de esta forma mientras se dirigen a otros lugares pueden escuchar el contenido de las obras literarias favoritas. A pesar de no ser diseñada específicamente para personas con discapacidad visual, puede ser beneficiosa ya que el material de lectura en formato braille para ellos puede ser muy limitado. Es una compañía que forma parte de Amazon, así la cantidad de libros que estarán en formato de audio de seguro irá en incremento.

- Ray App: uno de los problemas que tienen las personas con discapacidad visual, es el utilizar menús y comandos de los dispositivos móviles que fueron diseñados en realidad para las personas que pueden hacer uso del sentido de la vista. Aunque existen herramientas que permiten narrar las opciones que existen en la pantalla del dispositivo, resulta muy difícil ubicarlas y seleccionarlas. Ray App, provee al dispositivo móvil de una interfaz simplificada que proporciona comodidad a la persona discapacitada para moverse entre las opciones del teléfono. El concepto en general, es de una pantalla de ocho opciones dispuestas alrededor de la posición en donde la persona coloca el dedo. Al mover su dedo en alguna de las posiciones, la aplicación narra el nombre de la función colocada en esa ubicación y basta con levantar el dedo para confirmar la selección.

La aplicación ofrece diversas herramientas que pueden ser administradas bajo su interfaz, como lo son los contactos del teléfono, mensajes de texto, reproductor de música, entre otras. Al crear una cuenta en su sitio web, ofrece la posibilidad también de que un familiar o amigo pueda agregar información a la aplicación como por ejemplo: nuevos contactos telefónicos, agregar canciones a la librería de música o establecer el listado de marcado rápido en el teléfono.

## **2.2.4. Dispositivos y periféricos**

En esta sección se realizará una revisión de algunos de los equipos o dispositivos de hardware, de los cuales tienen disponibilidad las personas con discapacidad visual. Durante varios años se ha tenido avances en cuanto a los sensores que se tienen hoy en día, así como también el software que les añade un extra de características y procesamiento.

### **2.2.4.1. iBill**

Este dispositivo electrónico tiene como finalidad identificar los billetes que tenga una persona e indicar la denominación que tienen. Es de gran utilidad para las personas con discapacidad visual, puesto que les brinda la independencia necesaria a la hora de manejar dinero en efectivo. Tiene una ranura pequeña donde se inserta la punta del billete y un par de botones que inician la detección del billete, que es indicado por una voz robótica. El dispositivo trabaja con una batería AAA y tiene autonomía de 1 año aproximadamente con un uso frecuente diario. Además, tiene la opción de conectar un auricular en caso el usuario lo desee, así como también de un modo que indica mediante vibración la denominación.

### **2.2.4.2. AllReader**

Es una máquina que fue diseñada muy similar a un escáner, pero agregando las capacidades de interpretar el texto que se encuentra en documentos, afiches y otros medios impresos, brindando independencia para interpretar la información por sí mismos a las personas con ceguera.

Tiene la capacidad también de leer en diversos idiomas de forma muy fluida y con un acento bastante aceptable. Agrega opciones adicionales como la conexión de dispositivos de medios USB, memoria interna para almacenamiento de documentos y lector de CD.

#### **2.2.4.3. EasyLink 12 Touch**

Es un dispositivo que permite a las personas con ceguera ingresar información a los dispositivos móviles y mediante la pantalla en braille de 12 caracteres, percibir información proporcionada por el dispositivo móvil. Se compone de 6 teclas con las que la persona puede escribir en braille, 3 teclas para funciones especiales y un *joystick* para navegar por las diversas opciones y la pantalla que muestra la información del dispositivo. Tiene conectividad *bluetooth*, con lo que puede integrarse con computadoras o dispositivos móviles. La pantalla braille, muestra la información que el usuario tiene seleccionada en el dispositivo en el momento que lo utiliza, así como también notificaciones sobre mensajes o avisos.

Figura 25. **Dispositivo Braille EasyLink**



Fuente: *Optelec*. <https://in.optelec.com/products/easylink-12-touch.html>. Consulta 5 de mayo de 2015.

## **2.3. Utilización de sistemas de geolocalización**

La geolocalización se refiere a la posición de un objeto específico en que se define su localización, mediante un punto en un sistema de coordenadas determinado.

### **2.3.1.1. Geolocalización**

El conocimiento geográfico se estructura en diferentes conjuntos de información, ya sean mapas interactivos que ofrecen una visión interactiva de la información geográfica como respuesta a cuestiones concretas, datos geográficos que incluyen información vectorial, modelos digitales del terreno, así como modelos de geoprosesamiento, de datos, y de metadatos. La tecnología de geolocalización se basa en sistemas llamados Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la gestión, análisis y visualización de conocimiento geográfico. La localización puede realizarse de dos maneras: por un lado, directa, es decir, que se pone en marcha a través de coordenadas, y por otro lado referencial, que se efectúa mediante un punto de interés determinado (Google Sites, 2015).

Hoy en día el concepto de geolocalización tiene un significado muy distinto debido a que su evolución se ha visto impulsada por el uso de internet, la web y las redes sociales principalmente. De este modo la geolocalización tiene un impacto sociológico ya que este está asociado a publicaciones realizadas por una persona, organización o institución, permitiendo la localización de contenidos digitales, como: vídeo, noticias, fotografías, permitiendo realizar una cartografía digital.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que los beneficios que reporta la geolocalización dependen del tipo de organización que utilice esta tecnología. En el caso de los usuarios, las compañías ofrecen una serie de servicios, con el fin de localizar e identificar a una persona a través de un dispositivo móvil. Así, a través de un móvil o un mecanismo GPS, la señal se convierte en unas coordenadas x y y que son las que posibilitan su situación de un punto en el mapa. En el caso de las compañías, la geolocalización da la oportunidad de poner en marcha acciones de *marketing* dirigido. Mientras, en el caso de la administración, los beneficios en este sector giran en torno al ámbito de la seguridad principalmente.

Sin duda alguna, la geolocalización es uno de los servicios más populares en los dispositivos móviles, ya que por su portabilidad permiten conocer la ubicación geográfica y actualizarla a medida que se va desplazando el usuario del mismo. Se destacan principalmente los teléfonos móviles denominados *smartphone*, con funciones especializadas, los cuales traen integrados receptores de GPS, los cuales gracias a la red de satélites que rodea al planeta pueden obtener su ubicación en cualquier parte del mundo.

Otra alternativa ampliamente usada es la del Google Earth o Google Maps, que consiste en un programa informático, similar al sistema de información geográfica (SIG), que permite obtener imágenes del planeta en formato 3D y 2D respectivamente, en combinación con imágenes de satélite, mapas y así facilita la visualización de imágenes a escala del lugar del globo terráqueo que se pretenda identificar (Google Sites, 2015).

#### **2.3.1.1.1. Historia de la geolocalización**

Desde los inicios de la humanidad, el hombre creó la necesidad de inventar sistemas que le permitieran volver a casa. Desde las señales de humos hasta la geolocalización, han pasado muchos años, pero siempre se ha buscado lo mismo, conocer la ubicación en la que se encuentra.

La geolocalización es un tema que desde hace años es de mucho interés. En una infografía de *Mashable* se muestra cómo ha ido evolucionando la historia de la localización, desde que el ser humano comenzó a guiarse por señales de humo y las estrellas, pasando por instrumentos de navegación, como: brújulas, triangulación por antenas de radio y satélites GPS, hasta llegar a los modernos dispositivos GPS y las aplicaciones en un *Smartphone*. Mostrando como se ha logrado avanzar en el campo de la georreferenciación y como ha ido evolucionando en un tiempo relativamente corto (Google Sites, 2015).

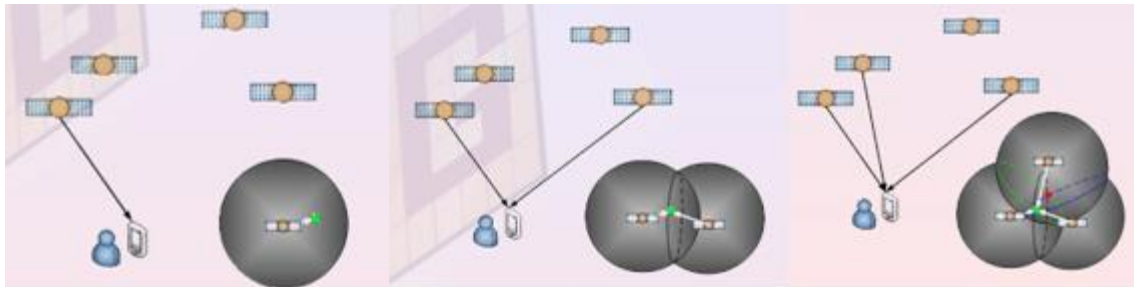
Actualmente todo es más sencillo en cuestión de saber ubicación, el vehículo, el teléfono móvil, una *tablet*, e incluso un reloj, puede proveer la posición exacta sobre el globo terráqueo, e incluso indicar como llegar hasta otro punto específico, pero para llegar a este momento han pasado varios años, distintas formas y sistemas.

#### **2.3.2. Cálculo de una posición**

El cálculo de la posición depende básicamente de dos parámetros, que son: la posición del satélite y el reloj del mismo. Dicha información es recogida en la señal enviada por el satélite hasta el receptor, siendo el proceso de cálculo el siguiente:

- La situación de los satélites es conocida por el receptor con base en las efemérides, parámetros que son transmitidos por los propios satélites.
- El receptor GNSS mide su distancia de los satélites y utiliza esa información para calcular su posición. Esta distancia se mide calculando el tiempo que la señal tarda en llegar al receptor.
- Son necesarios al menos cuatro satélites para obtener la posición, con tres satélites se tiene la capacidad de calcular la posición en tres dimensiones.

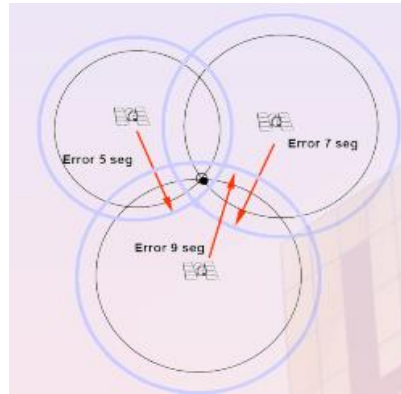
Figura 26. **Diagrama sobre el cálculo de la posición GPS**



Fuente: *Sistema GNSS*. [http://www.satellites.site90.net/Sistema\\_GPS/como\\_funciona.html](http://www.satellites.site90.net/Sistema_GPS/como_funciona.html).  
Consulta: 5 de mayo de 2015.

Si los relojes de los satélites no están sincronizados con el reloj del receptor, se comete cierto error en la medida del tiempo, y las tres esferas no intersectarán en un punto. Los relojes de los receptores no miden el tiempo tan preciso como los relojes atómicos de los satélites.

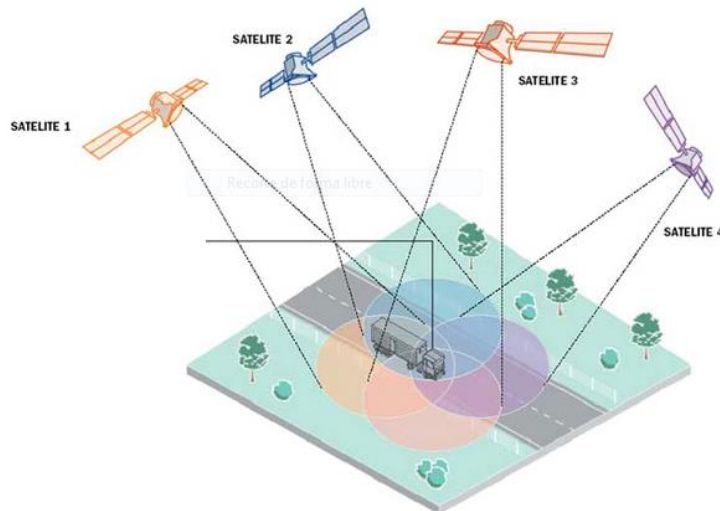
Figura 27. **Error en el cálculo de la posición**



Fuente: *Sistemas GNSS*. [http://lagc.uca.es/web\\_lagc/docs/curso\\_rap/Presentacion\\_II.pdf](http://lagc.uca.es/web_lagc/docs/curso_rap/Presentacion_II.pdf).  
Consulta 10 de mayo de 2015.

La siguiente gráfica muestra de mejor manera el cálculo de la posición:

Figura 28. **Procedimiento del cálculo de la posición**



Fuente: *La ciencia en el cole*. [http://lacienciaalcole.blogspot.com/2013\\_06\\_01\\_archive.html](http://lacienciaalcole.blogspot.com/2013_06_01_archive.html).  
Consulta: 10 de mayo 2015.



### 2.3.3. Sistemas de coordenadas

La georreferenciación es el uso de coordenadas de mapa para asignar una ubicación espacial a entidades cartográficas. Todos los elementos en un mapa tienen una ubicación geográfica y una extensión específica que permiten situarlos en la superficie de la Tierra o cerca de ella. La capacidad de localizar de manera precisa las entidades geográficas es fundamental tanto en la representación cartográfica como en los SIG.

La correcta descripción de la ubicación y la forma de entidades requiere un marco para definir ubicaciones del mundo real. Un sistema de coordenadas geográficas se utiliza para asignar ubicaciones geográficas a los objetos. Un sistema de coordenadas de latitud-longitud global es uno de esos marcos. Otro marco es un sistema de coordenadas cartesianas o planas, que surge a partir del marco global.

Los mapas representan ubicaciones en la superficie de la Tierra que utilizan cuadrículas, gráficas y marcas de graduación con etiquetas de diversas ubicaciones terrestres (tanto en medidas de latitud-longitud como en sistemas de coordenadas proyectadas, como metros en el sistema UTM). Los elementos geográficos incluidos en un mapa se trazan en un orden específico como capas, una sobre otra, para su representación.

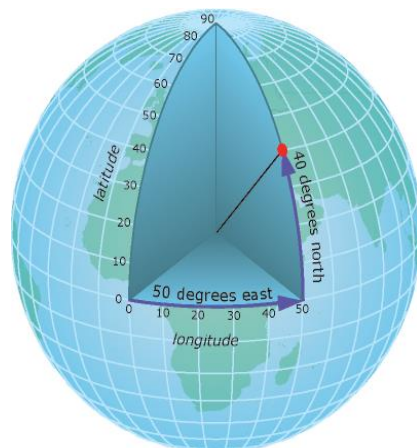
Existen varios tipos de sistemas de coordenadas, el sistema clásico y conocido utiliza la latitud y la longitud dentro de un sistema de coordenadas esféricas angulares, conocido como Coordenadas Geográficas. Otros sistemas son el sistema UTM (*Universal Transversal Mercator*) o el GTM (*Guatemala Transversal Mercator*).

### 2.3.3.1. Sistema de coordenadas geográficas

La Tierra tiende a parecer una esfera uniforme si esta se observa desde el espacio, sin embargo, su superficie no es del todo uniforme. Debido al hecho de que el GPS debe proporcionar coordenadas en cualquier lugar de la superficie terrestre. Este utiliza un sistema de coordenadas geodésico basado en un elipsoide. Un elipsoide que también es conocido como esferoide, es una esfera aplanada o achatada, que representa de forma geométrica la forma de la superficie de la Tierra.

Un método para describir la posición de una ubicación geográfica en la superficie de la Tierra consiste en utilizar mediciones esféricas de latitud y longitud. Estas son mediciones de los ángulos (en grados) desde el centro de la Tierra hasta un punto en su superficie. Este tipo de sistema de referencia de coordenadas generalmente se denomina sistema de coordenadas geográficas.

Figura 29. **Latitud y longitud terrestres**



Fuente: *Arcgis resources*. <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n000000s000000.htm>. Consulta: 10 de mayo de 2015.

La longitud mide ángulos en una dirección este-oeste. Las mediciones de longitud comúnmente se basan en el meridiano de Greenwich, que es una línea imaginaria que realiza un recorrido desde el Polo Norte, a través de Greenwich, Inglaterra, hasta el Polo Sur. Este ángulo es de longitud 0. El oeste del meridiano de Greenwich por lo general se registra como longitud negativa y el este, como longitud positiva.

Si bien la longitud y la latitud se pueden ubicar en posiciones exactas de la superficie de la Tierra, no proporcionan unidades de medición uniformes de longitud y distancia. Solo a lo largo del ecuador, la distancia que representa un grado de longitud se aproxima a la distancia que representa un grado de latitud. Esto se debe a que el ecuador es la única línea paralela que es tan extensa como el meridiano. Los círculos con el mismo radio que la Tierra esférica se denominan círculos grandes. El ecuador y todos los meridianos conforman círculos grandes.

Por encima y por debajo del ecuador, los círculos que definen las líneas paralelas de latitud se vuelven gradualmente más pequeños hasta que se convierten en un solo punto en los Polos Norte y Sur, donde convergen los meridianos. Mientras los meridianos convergen hacia los polos, la distancia que representa un grado de longitud disminuye a cero. En el esferoide de Clarke 1866, un grado de longitud en el ecuador equivale a 111 321 kilómetros, mientras que a una latitud de  $60^\circ$  solo equivale a 55 802 kilómetros. Ya que los grados de latitud y longitud no poseen una longitud estándar, no es posible medir distancias o áreas en forma precisa o visualizar datos fácilmente en un mapa plano o una pantalla de ordenador.

Utilizar muchas aplicaciones aunque no todas de representación cartográfica y análisis SIG a menudo requiere un marco de coordenadas planas

más estable, que suministran los sistemas de coordenadas proyectadas. De forma alternativa, algunos de los algoritmos utilizados para los operadores espaciales tienen en cuenta el comportamiento geométrico de los sistemas de coordenadas esféricas (*Localizaciones geográficas*, 2015).

### 2.3.3.2. **Datum**

El elipsoide que se utiliza para representar la superficie de la Tierra es el que más se ajusta exactamente a la forma de la Tierra. Este no tiene una superficie física, sino que es una superficie definida matemáticamente. Actualmente existen diversos elipsoides o lo que es lo mismo, diferentes definiciones matemáticas de la superficie de la Tierra. El elipsoide utilizado por el GPS es conocido como WGS84 o Sistema Geodésico Mundial 1984 por sus siglas en inglés *World Geodetic System*, 1984.

Figura 30. **Elipsoide**



Fuente: *GPS Basic*. <http://www.caminsdemuntanya.com/publica/docus/GPSBasics.pdf>.  
Consulta: 10 de mayo de 2015.

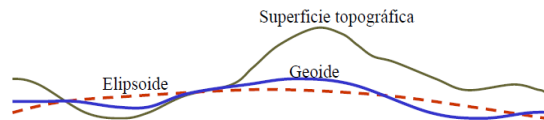
Se define como *Datum* como el punto tangente al elipsoide es la figura geométrica que representa la superficie de la Tierra y al geode la forma real de la superficie de la Tierra donde ambos son coincidentes.

Un elipsoide está compuesto por un semieje menor (radio Polar), un semieje mayor (radio Ecuatorial) y el aplastamiento.

Figura 31. **Superficies de referencia**

*Superficies de referencia*

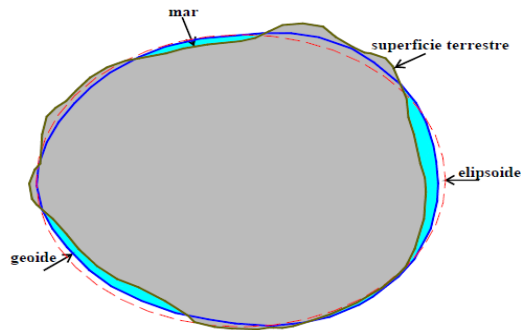
- Superficie topográfica – superficie tangible a partir de la cual realizamos todas las mediciones.
- Geode – superficie de nivel (realidad física).
- Elipsoide – superficie matemática apta para realizar cálculos geodésicos.



Fuente: *Localizaciones geográficas*.

<http://www.cartesia.org/data/apuntes/cartografia/cartografia-datum.pdf>. Consulta: 7 de mayo de 2015.

Figura 32. **Modelo de la Tierra**

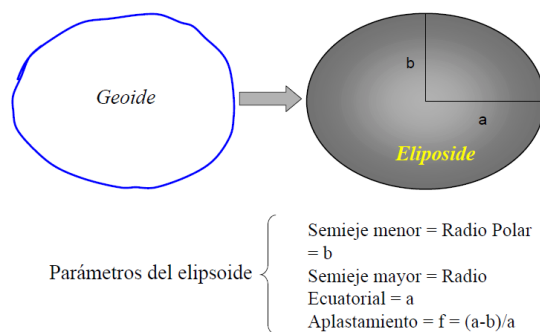


Fuente: *Localizaciones geográficas*.

<http://www.cartesia.org/data/apuntes/cartografia/cartografia-datum.pdf>. Consulta: 7 de mayo de 2014.

Un elipsoide está compuesto por un semieje menor el radio polar, un semieje mayor el radio ecuatorial y el aplastamiento.

Figura 33. **Composición del elipsoide**



Fuente: *Localizaciones geográficas*.

<http://www.cartesia.org/data/apuntes/cartografia/cartografia-datum.pdf>. Consulta: 7 de mayo de 2014.

Los datos del elipsoide utilizado para WGS84 son los siguientes:

- Semieje menor (b): 6 356 752,3142 m
- Semieje mayor (a): 6 378 137 m
- Aplastamiento (f): 0,003352810671831

### **2.3.3.3. Proyecciones de mapa a través de coordenadas cartesianas**

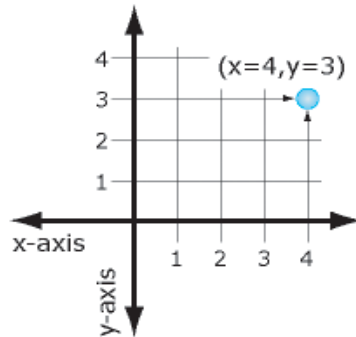
Un sistema de coordenadas proyectadas es cualquier sistema de coordenadas diseñado para una superficie llana, como un mapa impreso o la pantalla de una computadora (digital).

Los sistemas de coordenadas cartesianas en 2D y 3D brindan el mecanismo para describir la ubicación y la forma geográfica de las entidades utilizando los valores x y y.

El sistema de coordenadas cartesianas utiliza dos ejes: uno horizontal (x), que representa el este y el oeste, y otro vertical (y), que representa el norte y el sur. El punto de intersección de los ejes se denomina el origen. Las ubicaciones de los objetos geográficos se definen en relación al origen, utilizando la notación (x,y), donde x se refiere a la distancia del eje horizontal, y y se refiere a la distancia del eje vertical. El origen se define como (0,0).

En la ilustración que se muestra a continuación, la notación (4,3) registra un punto que se encuentra cuatro unidades por encima en x y tres unidades por encima en y desde el origen.

Figura 34. **Posiciones en el plano cartesiano para las coordenadas (x,y)**



Fuente: *Arcgis resources*. <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n000000s000000.htm>. Consulta: 7 de mayo de 1015.

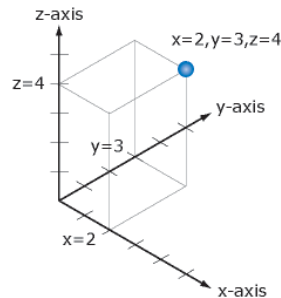
#### **2.3.3.4. Sistemas de coordenadas en 3D**

Cada vez más sistemas de coordenadas proyectadas utilizan un valor z para medir la elevación por encima o por debajo del nivel del mar.

En la ilustración que se muestra a continuación, la notación (2, 3, 4) registra un punto que está dos unidades por encima de x y tres unidades por encima de y desde el origen, y cuya elevación está cuatro unidades por encima de la superficie de la Tierra a 4 metros por encima del nivel del mar.



Figura 35. **Coordenada para un punto (x,y,z)**

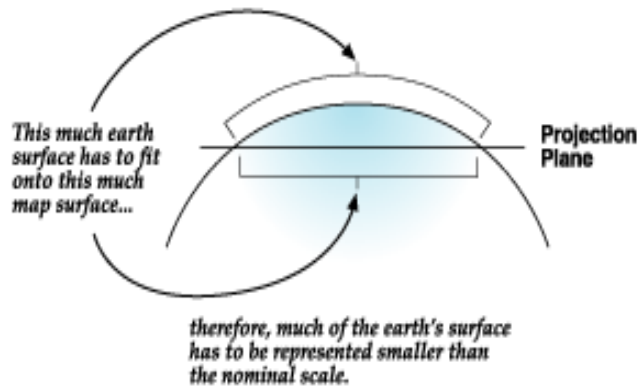


Fuente: *Arcgis resources*. <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n000000s000000.htm>. Consulta: 7 de mayo de 1015.

### **2.3.3.5. Propiedades y distorsión en proyecciones del mapa**

Debido a que la Tierra es esférica, uno de los desafíos que deben afrontar los cartógrafos o profesionales de SIG es cómo representar al mundo real por medio de un sistema de coordenadas llanas o planas. Para poder comprender el dilema, se debe pensar cómo aplanaría una pelota de básquetbol; esto no se puede hacer sin distorsionar su forma o crear áreas de discontinuidad. El proceso de aplanamiento de la Tierra se denomina proyección, de ahí el término proyección de mapas.

Figura 36. **Plano de proyección de la Tierra**



Fuente: *Cartografía*. [http://loseskakeados.com/joomla1cinco/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10776:cartografa-acerca-de-las-proyecciones-cartograficas&catid=338:cartografa&Itemid=283](http://loseskakeados.com/joomla1cinco/index.php?option=com_content&view=article&id=10776:cartografa-acerca-de-las-proyecciones-cartograficas&catid=338:cartografa&Itemid=283). Consulta: 7 de mayo de 2015.

Un sistema de coordenadas proyectadas se define sobre una superficie plana de dos dimensiones. Las coordenadas proyectadas se pueden definir en 2D  $x, y$  o 3D  $x, y, z$ , donde las mediciones  $x, y$  representan la ubicación en la superficie de la Tierra y  $z$  representaría la altura por encima o por debajo del nivel del mar.

A diferencia de un sistema de coordenadas geográficas, un sistema de coordenadas proyectadas posee longitudes, ángulos y áreas constantes en las dos dimensiones. Sin embargo, todas las proyecciones de mapa que representan la superficie de la Tierra como un mapa plano crean distorsiones en algún aspecto de la distancia, el área, la forma o la dirección.

Los usuarios deben lidiar con estas limitaciones utilizando proyecciones de mapa que se adaptan al uso previsto, su ubicación geográfica específica y la extensión deseada. El software SIG también puede transformar la información

entre sistemas de coordenadas diversos, para admitir la integración de conjuntos de datos guardados en sistemas de coordenadas que difieren y para respaldar diversos flujos de trabajo fundamentales.

Muchas proyecciones de mapas están diseñadas para fines específicos. Se podría usar una proyección de mapa para preservar la forma y otra para preservar el área con proyecciones conformes frente a proyecciones de áreas equivalentes.

Estas propiedades, la proyección de mapa, junto con esferoide y *datum* se convierten en parámetros importantes en la definición del sistema de coordenadas para cada conjunto de datos SIG y cada mapa. Al registrar descripciones detalladas de estas propiedades para cada conjunto de datos SIG, los equipos pueden volver a proyectar y transformar las ubicaciones geográficas de los elementos del conjunto aleatoriamente en cualquier sistema de coordenadas adecuado.

Por lo tanto, es posible integrar y combinar información de múltiples capas SIG independientemente de sus sistemas de coordenadas. Esta es una función fundamental de los sistemas SIG. La ubicación precisa comprende la base de casi todas las operaciones SIG.

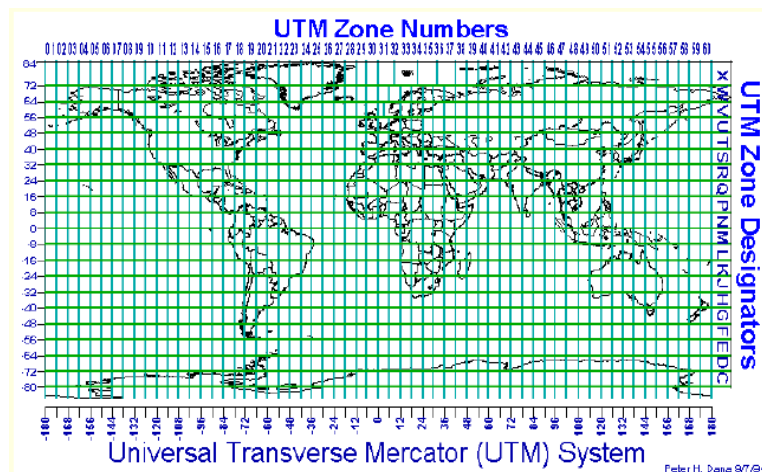
#### **2.3.3.6. Coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator)**

Los sistemas de coordenadas UTM son proyecciones de la superficie de la Tierra, la cual está constituida por un conjunto de coordenadas planas, que cubren la superficie de la Tierra entre los 80 grados de latitud sur y los 84

grados de latitud norte. Estas están divididas en 60 porciones las cuales se llaman husos, numerados del 1 al 60.

Cuando se utilizan coordenadas UTM se debe tomar siempre en cuenta los usos en los que se encuentra la zona del mapa representado. Un huso es el área situada entre dos meridianos de la Tierra, el cual comprende 6 grados de longitud. Las coordenadas UTM tienen un sistema de referencia distinto en cada huso, con eso se logra conseguir que las distorsiones producidas por este tipo de representaciones se disminuyan.

Figura 37. Sistema de coordenadas UTM



Fuente: Características de las Coordenadas UTM.  
[http://www.elgps.com/documentos/utm/coordenadas\\_utm.html](http://www.elgps.com/documentos/utm/coordenadas_utm.html). Consulta 7 de mayo de 2015.

Guatemala se encuentra entre los husos 15 y 16, 92 grados W y 88 grados W. El uso de la zona 15 posee como meridiano central 93 grados W, y el huso de la zona 16 posee como meridiano central 87 grados W.

### **2.3.3.7. Sistema de coordenadas GTM**

Guatemala ha desarrollado su propio sistema de coordenadas llamado GTM Guatemala Transversa de Mercator, el cual establece a Guatemala en una única zona, cuyo meridiano central es 90,5 grados W, compuesto por parte de los husos 15 y 16. Esta proyección fue creada con el fin de compensar el efecto de la distorsión existente entre los límites de los husos.

## **2.4. Utilización de sistemas de información geográfica (SIG)**

Desde los inicios de la humanidad, se observó en el hombre la necesidad de plasmar de forma gráfica diversos aspectos de los contextos que lo rodean. Un ejemplo de esto se encuentra en las pinturas rupestres, en las cuales el hombre primitivo representaba animales que veía, plantas e incluso algunos ríos o lagunas.

### **2.4.1. Sistemas de información geográfica**

En esta sección se realizará una reseña sobre los sistemas de información geográfica, viendo algunos aspectos como antecedentes y descripción de los mismos.

#### **2.4.1.1. Historia**

Conforme el hombre se fue estableciendo en un solo lugar, en vez de andar nómada buscando alimentos, se vio la necesidad de conocer las diversas ubicaciones en las cuales estaba establecido, llevándolo a realizar representaciones de su entorno conforme lo exploraba y regresaba a su ubicación.

De esto, se tiene registros de los egipcios, quienes fueron los primeros en marcar sus tierras y plasmar los diversos recorridos que hacían durante sus viajes.

El comercio fue uno de los factores determinantes de apoyar la necesidad de plasmar las diversas rutas y ubicaciones geográficas, de los diferentes pueblos en los que se encontraban productos selectos específicos de la ubicación geográfica. La introducción de la brújula y el astrolabio apoyo en gran medida la exactitud la navegación por tierra, como también en alta mar. Con estas herramientas era posible triangular posiciones, conocer la ubicación de una forma bastante precisa y permitió la elaboración de mapas con una mejor calidad.

La información contenida en los mapas era en su mayoría sobre los diversos accidentes geográficos que se ubicaban en las regiones, como lo son montañas, ríos, lagunas, entre otros. Sin embargo, muy poca de la información sobre criminología, salud y otros temas eran relacionados con los mapas para investigación. En 1854, el doctor John Snow fue uno de los primeros en realizar un análisis de los casos de cólera que se presentaban, relacionándolos geográficamente en una investigación que resultó en determinar la ubicación y origen de la enfermedad, beneficiando a la población que estaba siendo afectada. Este fue uno de los primeros ejemplos de la ventaja que ofrecían los sistemas de información geográfica (Wikipedia, 2015).

Con la introducción de la informática, se desarrolló hardware y software que era capaz de manipular grandes cantidades de datos en un tiempo mucho menor, hacer cálculos, realizar mediciones más precisas mediante sistemas de GPS y mediante programas de dibujo asistidos por computadora se generaron

mapas que permitían analizar la información de una forma mucho más práctica y conveniente.

En la actualidad, gracias a la introducción de los teléfonos inteligentes, conceptos como las redes sociales y con las diversas aplicaciones implementadas en estos dispositivos, la captura de información georreferenciada es mucho más accesible, permitiendo hacer un análisis de casi cualquier tipo, inclusive cuando los usuarios no se dan cuenta de ello. Un ejemplo es los orígenes de acceso a un sitio web, para identificar las regiones desde las cuales se tiene mayor cantidad de visitantes. En el futuro, la mayor parte de la información que se almacenará en los diferentes servicios ofrecidos en la nube, incluirán muy probablemente datos de posición y ubicación geográfica.

#### **2.4.1.2. Definición**

Un sistema de información geográfica se compone de dispositivos de hardware y herramientas de software que permiten la captura y manipulación de información, imágenes satelitales, diversos grupos de datos asociados a una ubicación geográfica de una región.

Se compone en muchos casos de herramientas de manejo de datos como lo son las bases de datos, sistemas de software para diseño y dibujo asistido por computadora, librerías y algoritmos de cálculos matemáticos, así como también de modelos estadísticos que permiten la manipulación de la información que estos administran, de forma que permiten resolver incógnitas a problemas que se desean resolver en una determinada región.

La parte fundamental de estos sistemas, es el uso de mapas relacionando información de alguna índole, en especial a determinadas posiciones que se resaltan en el mapa. Estos mapas en la actualidad, se obtienen mediante fotos satelitales que son tomadas mediante un proceso de proyección para corregir las inexactitudes que ocurren por la forma elipsoidal del planeta, al convertirlos en planos que son representaciones mucho más fáciles de trabajar y ubicar en coordenadas cartesianas. Para la relación de los datos con los mapas, se utilizan sistemas de coordenadas de longitud y latitud que son asociadas en una base de datos, de forma que al realizar la consulta sobre un área en específico, se puede obtener todos los aspectos que se relacionaron a la misma.

#### **2.4.1.3. Tipos de datos (referencia pendiente)**

El almacenamiento en este tipo de sistemas por lo regular se realiza ya sea en formato vectorial o en formato *raster*. El formato vectorial, se vale de información que representa puntos, líneas o polígonos cerrados para representar los objetos en los mapas. Los puntos están conformados de pares de coordenadas, que al agruparlos conforman líneas y estas al agruparlas forman polígonos. En general el modelo de datos vectoriales es de mucha utilidad cuando se representan objetos que están bien definidos, dando la ventaja de ser más fáciles de manipular.

El formato *raster*, se caracteriza conceptualmente mediante una matriz de valores que coinciden con la imagen o mapa que se desea analizar, dando una posición exacta para cada una de las celdas de datos que contienen información de un aspecto en específico. La información puede ser por ejemplo el grado de precipitación de agua en determinada región o el nivel de fertilidad de los suelos en un determinado sector del mapa.



Este tipo de dato en particular permite representar mayor cantidad de información, pero implica la necesidad de mayor potencia computacional a la hora de realizar un análisis de la información almacenada en él.

#### **2.4.1.4. Consultas y análisis de la información**

Una vez el sistema de información geográfica se alimenta con la información que se recopila sobre las regiones que se desean estudiar y los aspectos que se quieren evaluar en ella, es importante establecer las relaciones de posicionamiento con los mapas que se almacenan para su posterior estudio.

La verdadera ventaja que aportan estos sistemas es en cuanto a su capacidad para generar una representación visual de alguna región deseada, ubicar los datos en el mapa y desplegar estadísticas y métricas que brindan aspectos para tomar una decisión sobre una determinada situación. La información puede ser estructurada en diversas capas visuales, que dan la facilidad de visualizar 2 o más variables de estudio en un mismo mapa y establecer la correlación entre ambas proporcionando datos relevantes para la solución a una incógnita o problema planteado.

#### **2.4.2. Google Maps**

Es un servicio de mapas desarrollado por Google, que proporciona imágenes satelitales sobre diversas regiones del mundo, permitiendo obtener información sobre la localización en el mundo de ciudades, accidentes geográficos y diversos puntos de interés en diversas ciudades y localidades del mundo.

Las coordenadas que provee la herramienta, están interpretadas mediante el sistema WGS84, que es el estándar en coordenadas mundial, permitiendo visualizarlas para cualquier punto que se seleccione en la interfaz que provee al usuario. Es posible también ingresar las coordenadas y la aplicación indicará cual es el punto al que pertenecen, mostrando la respectiva imagen asociada a los datos ingresados.

En la actualidad, es una herramienta que provee no solo imágenes por satélite georreferenciadas, sino que proporciona también información relacionada a las localidades que muestra, pareciéndose mucho a un sistema de información geográfica, sin entrar en esta categoría realmente. Para la mayoría de las ciudades en el mundo, la aplicación muestra datos sobre direcciones de las calles y edificios, locación de las paradas de buses o trenes, así como también lugares de interés para turistas.

Recientemente comenzó a incorporar inclusive datos sobre el tráfico de las ciudades, llegando a proveer capacidades para navegación entre diversos destinos, configurando la ubicación de origen y destino para luego desplegar datos, como por ejemplo: el tiempo que llevará el viaje y la distancia que se recorrerá. Para las rutas de navegación que provee, proporciona 3 tipos de movilización: en vehículo, en bus y caminando.

No todas las rutas están disponibles en los tres tipos de transporte que la herramienta proporciona, por lo que habrá que revisar en el momento de establecer la ruta, si se dispone en el medio de transporte deseado.

El servicio está interconectado con otras de las aplicaciones ofrecidas por Google, por lo que es posible que sugiera información relacionada con las búsquedas o mapas consultados. Por ejemplo, en el caso de estar visualizando

una ubicación en donde se encuentren puentes o monumentos, mostrará en una sección aparte, fotos sobre estos objetos que se encuentran dentro de la región observada.

#### **2.4.2.1. API de Google Maps**

Es una interface de programación proporcionada por Google, para el desarrollo de aplicaciones de terceros, en donde se puede aprovechar la información que dicha herramienta provee en la versión pública de Google Maps y manipularla para diversos fines en la aplicación que desarrolla la entidad que consume la información.

Para hacer uso de esta API, es necesario brindar una clave que Google proporciona para una cuenta de Google, de forma que puedan identificar el uso que se le da al API y de esta forma contactar al desarrollador de la aplicación, en caso se utilice de forma inapropiada. Como parte de las restricciones que tiene el API, establece diversas limitantes en cuanto a la cantidad de consultas que se pueden realizar, siendo un usuario estándar. Los usuarios de la sección de *Business* de Google, tienen derecho a librar estas limitaciones con un costo adicional de suscripción.

En cuanto al versionamiento del API, Google se compromete a mantener los métodos utilizados de una determinada versión, aun cuando ellos realicen la publicación una nueva revisión de las librerías. Esto para dar la seguridad a los desarrolladores de que sus aplicaciones no dejarán de funcionar con las nuevas revisiones o mejoras publicadas. Es importante destacar en esta garantía, que no cubre todas aquellas funcionalidades que se encuentren marcadas como de prueba, ya que no se sabe si formarán parte del API finalmente.

### 2.4.2.1.1. Servicios

Entre las funcionalidades que agrupa el API de Google Maps, se destacan algunos módulos que proveen información específica en caso no se requiera de obtener mapas completos, sino solo subconjuntos de información para procesarla dentro de alguna aplicación que se esté desarrollando.

- Rutas: es un componente que permite obtener una serie de rutas posibles para un origen y un destino definidos en la petición de los datos al API de Google. Estas peticiones pueden ser de forma texto indicando el nombre del destino o mediante las coordenadas (latitud y longitud) del lugar de destino, así como del origen.

La petición lleva una serie de parámetros que se pueden personalizar, dependiendo de la información que se desee obtener en la ruta. Los que son requeridos para realizar la petición son:

- Origen: indica el punto de partida desde donde se iniciará el cálculo de la ruta.
- Destino: indica el punto final hasta donde deberá llevar la ruta solicitada.
- *TravelMode*: establece el medio de transporte que se utilizará en las rutas. Esto será determinante para que el API devuelva la ruta adecuada al medio de transporte que se utilizará. Las opciones disponibles están mediante carro, en bicicleta, transporte público y caminando.

Un parámetro opcional que puede ser de mucha utilidad, es un conjunto de puntos que representan hitos en la ruta y denotan lugares por los cuales la

ruta debe pasar exactamente. Esto sirve para realizar ajustes en la ruta e indicar al API puntos importantes a considerar.

En el caso de la propuesta del proyecto que se está realizando, la API de rutas de Google, se evaluará como una fuente de datos para el cálculo de rutas de la aplicación. De forma que no se deban realizar todos estos cálculos en la aplicación y ésta forma bajar la carga de procesamiento necesaria, reduciendo de ésta forma los requerimientos de hardware para los dispositivos móviles objetivo.

- Matriz de distancia: este servicio devuelve el cálculo de las distancias que se deben recorrer, así como también los tiempos para un conjunto de orígenes y destinos sin entrar en mayor detalle sobre las rutas que se deben seguir para llegar de un punto a otro. Para esta función es necesario también especificar el tipo de vehículo o medio de transporte a utilizar.
- Elevación: este servicio provee información sobre la altitud para las coordenadas enviadas en la petición. Un valor numérico que indica la cantidad en metros para las coordenadas enviadas, cuyo valor será positivo si es sobre el nivel del mar y negativo en caso contrario.

Es importante aclarar, que en caso el servicio no tenga la cantidad exacta para las coordenadas consultadas, se realizará una interpolación entre los puntos más cercanos y se devolverá el valor promedio de elevación para dicho punto.

## **2.5. Utilización de sistemas de reconocimiento de voz**

El obtener información sobre los diálogos que una persona pueda hacer, es un proceso que lleva un elevado grado de complejidad. Por lo regular es deseable reconocer un lenguaje lo más natural posible, reconociendo frases completas que permitirán una mayor comodidad al usuario, percibiendo que pueden hacerlo como si fuese con otra persona. Si bien, esto es lo ideal, es una tarea compleja y que en muchos casos existe información en las frases que no tienen mayor importancia para los comandos que se desean indicar a una herramienta o programa.

### **2.5.1. Reconocimiento de órdenes**

Se iniciará por hacer una revisión de los procesos necesarios para realizar el reconocimiento de órdenes de voz, para luego proponer el esquema que se definirá en el presente trabajo. La información sonora debe capturarse por lo general haciendo uso de micrófonos que lo transforman en una señal acústica digital capaz de ser interpretada y procesada en un sistema.

Para hacer dicha captura, es necesario contar con micrófonos de la mejor calidad posible, para que el proceso de reconocimiento tenga un mayor grado de exactitud y el procesamiento sea mejor. En la actualidad, se utilizan incluso arreglos de micrófonos, de los cuales algunos sirven para hacer una distinción entre el ruido de fondo y el audio que en realidad se desea procesar.

La señal capturada, se analiza y se compara contra una base de datos que contiene las especificaciones para distinguir las palabras que se obtuvieron mediante la señal de audio. Esta base de datos es una recopilación de pronunciaciones de diversos tonos de voz para las diferentes palabras que se

reconocen de un idioma en específico, con lo cual se compara la señal capturada para confirmar o aproximar una traducción de las palabras que se han reconocido. Esto permite realizar la traducción del audio capturado en el texto necesario que es mucho más fácil de procesar.

Al obtener el texto, se deberá realizar una revisión sobre las palabras reconocidas, compararlas con un modelo probabilístico que permita confirmar si el orden de las mismas tiene sentido o es necesario realizar alguna corrección en caso sea posible. Este paso es el análisis semántico, que define la lógica que tienen las palabras reconocidas en el orden recibido. El paso final, es ejecutar las instrucciones que fueron identificadas, ejecutando el diccionario de comandos y acciones definidos en la herramienta de software.

Habiendo revisado el proceso general de reconocimiento de voz, se procede ahora a presentar el modelo que se utilizará en el presente proyecto para realizar dicho reconocimiento. Básicamente se pueden identificar 2 módulos que se encargan de realizar el reconocimiento de órdenes, los cuales son el módulo de reconocimiento de voz y el módulo de reconocimiento natural del lenguaje.

Para el presente trabajo, debido a que el objetivo final es la propuesta de una aplicación móvil, se aprovecharán los beneficios que los sistemas operativos móviles ya poseen, brindando un módulo integrado con el sistema para realizar el reconocimiento de las palabras que dicte el usuario. Estos sistemas ya devuelven el texto capturado de la señal de audio lista para la interpretación. Estos ya existen en IOS, Android y Windows Phone, llamados Siri, Google Now y Cortana respectivamente.

El segundo módulo, es uno de los componentes sobre los que se trabajará en el presente trabajo, ya que se deben definir la serie de instrucciones que reconocerá la aplicación, así como los diálogos que indicará al usuario para dar a conocer todas las opciones o comandos que tendrá a su disposición. Es importante aclarar, que el prototipo, tendrá una serie limitada de comandos, considerando de momento los más importantes para evaluar la factibilidad del desarrollo de una aplicación con la totalidad de funciones que se diseñarán en la propuesta realizada.

En una sección posterior del presente capítulo, se definirá el esquema general de comandos, incluidas las palabras claves que al reconocerse ejecutan una acción específica. También se establecerá la estructura de menús con los diálogos correspondientes que permitirán al usuario conocer qué opciones tiene a su alcance y tomar una decisión sobre la opción que desee seleccionar en un determinado momento.

### **2.5.2. Módulos de reconocimiento de voz móviles**

Previo a comenzar con el diseño del módulo de reconocimiento del lenguaje natural que se utilizará en el diseño de la aplicación, de la cual tiene objetivo el presente estudio, se realizará una pequeña revisión de aspectos e historia sobre los diferentes módulos de reconocimiento de voz integrados en las diferentes plataformas móviles que existen hoy en día. Únicamente se evaluarán las integradas en los sistemas operativos, puesto que no se tiene por objetivo utilizar alguna implementada por algún tercero, ya que dificulta el diseño y desarrollo en caso de no proveer la suficiente documentación.



### **2.5.2.1. Siri**

Es un asistente integrado dentro del sistema operativo IOS de Apple que es utilizado en sus dispositivos móviles Iphone, Ipod y Ipad. Es importante aclarar que este en particular no es solo un módulo de reconocimiento de voz, sino que es una aplicación que tiene diversos componentes que brindan una serie de funcionalidades bastante completas.

En inicio, uno de los componentes principales, es el módulo de reconocimiento de voz, que en la actualidad es capaz de reconocer diversos idiomas de forma muy fluida y con una exactitud impresionante. Su analizador semántico tiene un modelo estructurado que permite identificar diversos contextos a los que puede aplicar la frase capturada del usuario y con ayuda de una conexión a información de diversos servicios, permite ofrecer una serie de opciones al usuario basado en lo que desea.

La base de datos y conjunto de servicios a los que accede, se compone de: diversos restaurantes, lugares de entretenimiento, servicios de ubicación, entre otros, que ofrecen una amplia gama de opciones a la hora de realizar consultas. Por ejemplo, es posible consultar sobre el clima para la ubicación actual en la que se encuentra el teléfono, para lo que Siri realizará la consulta correspondiente a los servicios de meteorología locales o inclusive internacionales para las coordenadas en las que se encuentra la persona que realiza la consulta.

Uno de los objetivos principales que tiene Siri, es el de proveer información al usuario de una forma muy natural y cómoda, realizando consultas como si se tratase de hacerlas a una persona que brinda un servicio. De cierta forma se puede decir, que las personas casi pueden tener una

conversación con la herramienta, ya que sus respuestas también son en un lenguaje muy natural.

Inicialmente fue un proyecto desarrollado de forma independiente a las plataformas de Apple, hasta que luego de diversas negociaciones, fue adquirida finalmente por Apple en el 2010 y fue integrado en el sistema operativo IOS cuando lanzaron el iPhone 4S.

Además de tener las capacidades de búsqueda de productos, servicios e información, integraron funciones del sistema operativo a las capacidades de Siri, como lo son: mensajes de texto, llamadas, notas de texto o voz y otras funcionalidades. De momento, no es posible utilizar las funciones de Siri directamente desde aplicaciones desarrolladas por terceros, ya que Apple no proporciona ningún API que exponga las funcionalidades de reconocimiento a los desarrolladores. Debido a esto, la plataforma de Apple no será una opción objetivo para el desarrollo del prototipo en el presente trabajo.

#### **2.5.2.2. Google Now**

Es el nombre que recibe el asistente que está integrado en el sistema operativo Android, que es parte del desarrollo que mantiene Google como sistema operativo móvil libre para dispositivos móviles. Dicho asistente, al igual que Siri, tiene un módulo de reconocimiento de voz incorporado que tiene la capacidad de traducir a texto las frases indicadas por un usuario en muchos lenguajes de los que ya cuenta con compatibilidad.

Una vez reconocida la frase, Google utiliza el motor de búsqueda para realizar la obtención de la información que solicita el usuario mediante voz. Google tiene un concepto para esto de tarjetas que agrupan información

solicitada por el usuario dependiendo del contexto de la frase y establecido en diversas categorías. Algunos ejemplos de estas tarjetas, cabe mencionar el correo Gmail que está integrado con funcionalidades, como: eventos, correo, vuelos, películas, noticias, lugares, deportes, entre otras.

El asistente, al igual que Siri, tiene las capacidades de aprender y conocer ciertos aspectos del usuario que lo utiliza mientras se van realizando consultas a la herramienta. Toda esta información está almacenada y asociada a una cuenta de Google, que es para muchos componentes del sistema operativo Android necesaria desde el inicio de la configuración. Con toda esta información, posteriormente tiene la capacidad de mostrar sugerencias e información relacionada a búsquedas anteriores, como por ejemplo, resultados de un equipo que es consultado frecuentemente en la categoría de deportes.

Para el proyecto que se propone en el presente trabajo, se tiene la ventaja de que Google sí expone dentro de los componentes de desarrollo el módulo de reconocimiento de trabajo en los idiomas soportados por el sistema operativo a los desarrolladores, de forma que las aplicaciones pueden aprovechar las capacidades de voz para las funcionalidades que se desarrollen. Debido a esto, la plataforma elegida para el prototipo será sobre el sistema operativo Android dadas las necesidades de componentes de reconocimiento de voz para obtener las instrucciones y comandos por parte de los usuarios.

En una sección posterior del capítulo, se definirá la estructura de comandos que se interpretará con la ayuda del módulo de reconocimiento de voz que ofrece el sistema operativo Android. Se adelanta de antemano que el presente trabajo realizará la captura de órdenes de voz únicamente para el idioma español que es el que se utiliza en el país en el cual se publicará el presente trabajo.

## 2.6. Interfaces para invidentes

Uno de los principales problemas que enfrentan las personas con discapacidad visual, es la falta de métodos para interactuar con las diferentes herramientas, máquinas o dispositivos tecnológicos que tiene a su alcance. Por lo general, todo equipo que se desarrolla se hace pensando en personas con capacidad visual, debido a que es mucho más fácil y menos costoso de lo que llevaría la investigación y desarrollo de interfaces para personas discapacitadas.

En la actualidad existen proyectos que ya están pensando en personas que tienen discapacidad visual y proveen un apoyo en ciertas tareas que realizan en el día a día. En una sección anterior del capítulo se comentaba sobre herramientas como Google *TalkBack* que se enfocan en permitir el uso de un *smartphone* mediante los sentidos del tacto y oído, así como también se vieron algunos dispositivos que dan retroalimentación a las personas mediante el uso del sistema braille.

En esta sección se analizarán algunos de los experimentos y desarrollos que se están trabajando sobre interfaces para personas con discapacidad visual, tomándolo como un preámbulo para obtener diversas bases sobre las cuales fundamentar la interfaz que se desarrollará en capítulos posteriores del presente trabajo.

En Canadá, en la Universidad de Waterloo, se diseñó un experimento sobre la utilización de software CAD por parte de personas que carecen de visión. Los programas de CAD tienen una capacidad formidable brindando el apoyo para la construcción de modelos por lo regular para fabricar piezas, construcción de casas e incluso simulaciones virtuales de cosas que sería muy costoso producir con el fin de realizar pruebas.

En lo general, este tipo de aplicaciones requieren de la visión para hacer la construcción de los modelos y la mayoría de acciones son realizadas mediante un ratón que controla un cursor en la pantalla.

Pensando en una solución para las personas con discapacidad visual, los investigadores a cargo del estudio pensaron en utilizar el sonido como un orientador de la posición en la que una persona está controlando el dibujo en pantalla y realizar una determinada acción únicamente basándose en las referencias auditivas.

Como resultado, establecieron 3 diferentes escenarios de pruebas, en los que establecieron diversos sonidos. El primer escenario, la referencia eran tonos de diversas intensidades que indican el posicionamiento del cursor en la pantalla. De la misma forma los otros 2 escenarios fueron con melodías e instrumentos de una orquesta, respectivamente.

Los sonidos fueron dispuestos de forma que el movimiento en el eje X controlaba el balance del audio, el eje Y controlaba la agudeza y eje Z controlaba el volumen del audio tanto para el escenario de tonos, como para el de melodías. En el caso de la orquesta, el plano X-Z fue configurado para cambiar de instrumentos y el eje restante Y fue configurado para cambiar la oscilación del instrumento que se interpretaba.

Como parte de la investigación, se realizó primero una corrida con sujetos que eran capaces de ver perfectamente en 2 diferentes conjuntos de pruebas, como un punto inicial de comparación. El primero se les permitió hacer el uso de la vista, sin reproducir el audio configurado. En el segundo conjunto, se les permitió guiarse únicamente utilizando el sentido del oído.

Los primeros resultados arrojaron que los sujetos tuvieron mejor exactitud en los ambientes con sonido, aunque el tiempo aumentó considerablemente al realizar la tarea que debían completar.

En el caso de las personas con discapacidad visual, solo se corrieron las pruebas de audio, puesto que eran las de interés del experimento. Para los 3 escenarios, el que tuvo mejores resultados es en el cual se reproducían tonos, ya que les brindaba una información mucho más precisa. En comparación con las pruebas realizadas en videntes, se logró evidenciar una diferencia de tiempo, tomándoles más tiempo en realizar las tareas a los sujetos con ceguera. Aun así, lograron completar las tareas, lo que indica que los diferentes escenarios si les brindaban información de utilidad para cumplir con el trabajo encomendado. En conclusión, es posible mediante el audio brindar información sobre los movimientos en los diferentes planos de diseño en un programa de dibujo asistido por computadora.

Si es de usar medios auditivos para establecer la comunicación entre una persona con ceguera y una computadora o dispositivo, el lenguaje es uno de los medios indicados y mejor adaptados para la situación. En la actualidad existen ya tecnologías que son capaces de traducir el texto a voz y viceversa permitiendo reconocer comandos que la persona dicte al computador y expresar información mediante narraciones como salida del mismo.

Una universidad de República Checa, sugiere un sistema que facilite la utilización de un computador por parte de personas con discapacidad visual. Como parte primordial del sistema, se tiene un módulo principal que está al pendiente de supervisar las indicaciones de voz que el usuario dicta a la aplicación.

Este regula automáticamente los momentos en los cuales tiene que estar a la escucha de nuevos comandos o debe utilizar los recursos para comunicar resultados o información al usuario.

De esta forma, al escuchar un comando indicado por el usuario, el módulo principal identifica la naturaleza del comando e interpreta cuál de las aplicaciones o componentes del sistema debe atender la solicitud. Al encontrar el recurso adecuado, envía la instrucción al mismo y regresa inmediatamente al modo de escucha para percibir un comando nuevo dictado por el usuario.

Los submódulos que estaban ejecutando una acción solicitada por el usuario, se comunican con el módulo principal para indicar que necesita realizar una comunicación o respuesta, con lo que este indica al componente de narración la información que se debe transmitir al usuario para terminar la acción que este solicitó previamente.

Aparte del uso del audio para brindar información a las personas con ceguera, uno de los sentidos que les es muy funcional para este fin es el sentido del tacto. Sin embargo, falta desarrollar interfaces que permitan identificar a las personas con discapacidad visual, información a través del tacto sobre tareas que deban realizar o equipos que necesiten controlar.

Existen dispositivos que tienen pantallas especiales con protuberancias que cambian dependiendo de la información que se desee mostrar a la persona, a través del sistema braille que es uno de los medios de comunicación comunes en las personas con ceguera. Sin embargo, en determinadas tareas, estas pantallas tienen muy limitada la cantidad de información que pueden transmitir y en algunas situaciones resultan inútiles.

En un esquema tradicional, la mayoría de los dispositivos tienen un modelo en el cual es requerida la visión para obtener la información que brindan, siendo la comunicación unidireccional. Por ejemplo, el uso de la computadora es habitualmente mediante un teclado y ratón, los cuales sirven como entrada de información al computador y la pantalla muestra los resultados a las acciones definidas por el usuario.

Existen propuestas de construir dispositivos hápticos, que permitan mediante movimientos en los mismos o vibraciones, brindar información a los usuarios. Para esto, el modelo tradicional debe cambiar, puesto que los dispositivos son bidireccionales, siendo tanto de entrada de información, como de salida, brindando estímulos que los discapacitados visuales pueden interpretar dependiendo del contexto. De esta forma, es posible que mediante estos dispositivos, las personas puedan interpretar por ejemplo información sobre la textura de una superficie al manejar una máquina mediante vibraciones o movimientos del control que utilizan para operarla.

Si bien estas tecnologías pueden ayudar a tareas como identificar objetos, todavía presentan algunos problemas o limitaciones. Estos dispositivos por ejemplo, pudieran ayudar a identificar figuras geométricas sencillas, como: triángulos, círculos, entre otros. Pero en el caso de imágenes o modelos complejos, todavía faltaría encontrar la forma adecuada en la que estos dispositivos sean capaces de transmitir la gran cantidad de información necesaria.

En experimentos realizados a diversos sujetos ciegos, se pudo comprobar que estas tecnologías tienen altas probabilidades de ser utilizadas como apoyo a estas personas. Se prepararon pruebas en las que se debían identificar figuras geométricas, relaciones espaciales entre figuras y texturas.



En la mayoría de pruebas con las personas, se obtuvieron resultados de exactitud de más del 65 por ciento de las respuestas correctas. Esto demuestra que la información transmitida mediante estos dispositivos puede ser confiable y precisa luego de un adiestramiento adecuado. Solo es de diseñar los estímulos táctiles de forma que se acoplen a las tareas que se deben realizar.



### **3. DISEÑO DE LA APLICACIÓN Y PROPUESTA**

#### **3.1. Documentación**

Las personas con ceguera en la actualidad, en un mundo en donde el ritmo de vida es muy acelerado, presentan muchos problemas para transitar independientemente de un destino a otro.

##### **3.1.1. Descripción general del proyecto**

El tradicional bastón permite identificar obstáculos en el recorrido y ha sido de mucha utilidad durante muchos años en el caminar de las personas con discapacidad visual. Sin embargo, aún para orientarse en una dirección específica, la persona con ceguera debe en ocasiones consultar a una persona que esté a su alrededor y corregir de esta forma su rumbo al destino deseado.

Además de no brindar referencia de posición y dirección en la cual se debe caminar, el bastón solo permite detectar objetos en un rango corto, generalmente de la cintura hacia abajo, que es el rango de acción efectivo que esta herramienta tiene. Cuando los obstáculos están por encima de la cintura o a la altura de la cabeza, esta herramienta resulta ineficaz para la protección contra golpes a su portador.

El presente proyecto entrega una propuesta para el desarrollo de una aplicación que simplifique de cierta forma la movilidad de las personas discapacitadas visualmente. En concepto, la aplicación busca orientar a su usuario sobre el sentido en el cual avanzar a un destino deseado.

Para lograr este fin, se apoyará de los servicios de posicionamiento global para conocer la ubicación de la persona en un momento determinado y los servicios de internet para el trazado de rutas, de forma que se pueda orientar las direcciones que debe seguir y llegar a un destino deseado.

Como complemento de la aplicación, se propone un sensor que tendrá por objetivo estar pendiente e identificar obstáculos en el caminar del usuario, de forma que pueda tomar sus precauciones y esquivar los impedimentos en su ruta.

El sensor deberá tener comunicación activa con la aplicación, la cual interpretará y procesará las señales emitidas de dicho dispositivo para brindar la información adecuada al usuario. En su diseño completo, el periférico tendrá un arreglo de sensores ultrasónicos que identificarán aspectos, como: objetos que bloqueen el paso de la persona, cambios en el nivel de suelo y obstrucciones que se encuentren a la altura superior del cuerpo.

El presente trabajo contendrá un diseño completo de las funcionalidades de la aplicación, contemplando los diversos componentes que se deberán desarrollar para lograr la funcionalidad de la aplicación. En el detalle del diseño, se establecerán también los detalles de los servicios externos a los que la aplicación tendrá conexión, así como las diversas tecnologías que aprovechará para lograr su funcionamiento.

Para realizar un estudio de la viabilidad de la aplicación, se realizará un prototipo que contenga únicamente algunas de las funcionalidades, que serán detalladas más adelante en el trabajo. Las funcionalidades serán un subconjunto de las que se encuentran en el diseño, debido a que se desarrollará únicamente como un plan piloto de estudio sobre su factibilidad

para llevarlo a la realidad en su totalidad. Los resultados obtenidos permitirán presentar las conclusiones que serán determinantes para evaluar la factibilidad de la construcción completa del proyecto.

### **3.1.2. Metodología**

La propuesta de aplicación que se presenta en este trabajo, tiene un desarrollo característico, puesto que su construcción debe ser de forma continua e incremental. De esta forma es posible ir agregando las diversas funcionalidades e ir las probando de una vez para garantizar que el entregable final funciona correctamente.

Las metodologías brindan un conjunto de buenas prácticas para el desarrollo del proyecto, organización al equipo al definir roles y establece la forma en la que se trabajarán las tareas, la comunicación y así como el tiempo que se empleará en entregar una nueva funcionalidad.

Para el desarrollo de este proyecto en particular, no se utilizó una metodología de desarrollo de software, sino que el trabajo realizado fue basado en un modelo de ciclo de vida del software. Estos modelos definen también ciertos lineamientos que orientan las etapas que se deben cumplir para tener un producto entregable al cliente.

El desarrollo en espiral es un modelo de ciclo de vida del software que tiene varias iteraciones, en las cuales se realizan pruebas para garantizar que lo solicitado funciona como debe y se obtiene información valiosa que sirve de entrada para la siguiente iteración de desarrollo del proyecto.

Este modelo define cuatro etapas esenciales para cada iteración que se realiza del proyecto. Se inicia estableciendo los objetivos para el proyecto que se va a desarrollar. En esta etapa se identifican los límites y alcances que tendrá el proyecto y se identifican posibles riesgos que puedan existir a la hora del desarrollo el proyecto.

En la siguiente etapa, se realiza un análisis de los riesgos identificados en la fase de objetivos, haciendo una revisión e identificando las formas mediante las cuales se contrarrestarán los riesgos, mitigándolos un poco.

Una vez claros los objetivos, identificados los riesgos y entendidas las necesidades planteadas, se inicia la fase de construcción y pruebas de la aplicación de software. Por último, se realiza una revisión de la primera corrida de las fases del proyecto y se establece si es necesario realizar alguna otra iteración adicional, para terminar funcionalidades aún pendientes del proyecto que se está trabajando.

### **3.1.3. Descripción conceptual de la aplicación**

A continuación se describe en qué consiste el proyecto de este trabajo de investigación y se espera sea llevado a la realidad, para el beneficio de las personas con capacidades distintas.

#### **3.1.3.1. Objetivo**

La principal finalidad de la aplicación es proveer al discapacitado visual cierto nivel de confianza en su caminar por la metrópoli de Guatemala, en cuanto a la dirección que debe seguir para llegar a un destino deseado. Para

esto deberá monitorear su posición y brindar las indicaciones adecuadas para que pueda cambiar su rumbo y aproximarse al destino deseado.

### **3.1.3.2. Funciones**

La aplicación tendrá a su cargo diversas tareas para lograr el objetivo anteriormente descrito. Estas tareas se subdividen en los diversos componentes que conformarán la aplicación, los cuales se describirán en secciones posteriores de este trabajo. Las tareas se verán desde un punto de vista de roles, para explicar de mejor forma los diversos panoramas desde los que se puede apreciar la acción de la aplicación.

#### **3.1.3.2.1. Comunicación**

Uno de los principales temas y responsabilidades que asumirá la aplicación, es el rol de comunicadora. Deberá transmitir al usuario toda la información que le sea útil para que su recorrido sea lo más eficiente posible, además de advertir las direcciones adecuadas para llegar al destino deseado. Esta dirección de comunicación es vital, pero debe ser bidireccional, puesto que al no poseer visibilidad de la pantalla de un teléfono inteligente, la aplicación deberá disponer de opciones para escuchar al usuario e interpretar los comandos que él desee ejecutar.

Fuera de la vista del usuario, otro objetivo en su rol de comunicación, es la de obtener la información de rutas y destinos desde internet. Esta función es vital, para que el usuario tenga la comodidad y seguridad de encontrar los diferentes destinos a los que desee llegar, además de la certeza de que tiene la información necesaria para llegar al mismo.

Por último, en este mismo rol, tendrá la responsabilidad de estar en constante comunicación con el periférico electrónico que lo complementa. Al realizar esta tarea, tendrá la capacidad de informar sobre los diversos obstáculos o irregularidades en la ruta por la que se desplaza su usuario, aumentando la confianza de este en su caminar. En caso de no poseer el periférico, la aplicación deberá seguir comunicando únicamente las indicaciones sobre la ruta de forma independiente.

#### **3.1.3.2.2. Intérprete**

Dado que se planea que la entrada de comandos o solicitudes por parte del usuario sea mediante el reconocimiento de voz, la aplicación deberá desempeñar un papel fundamental de intérprete, capturando los comandos o instrucciones brindadas y determinando qué acciones se deben ejecutar.

Para esto, la aplicación tendrá implementado un algoritmo que descifrará la voz del usuario, comparándola con una serie de comandos grabados en el diccionario interno de la misma. Cada una de las palabras almacenadas en la aplicación, tendrá un comando o tarea asociada, así como los respectivos parámetros o información requerida para completar la misma.

Uno de los retos a vencer en este rol, es el ruido externo sobre el cual no se tiene control. Este, en muchos de los casos hará difícil que la aplicación pueda reconocer correctamente los comandos de voz dictados a la misma. Debido a que la aplicación está orientada a ser utilizada por diversos dispositivos, en los que las marcas serán muy variadas, es un problema que dependerá mucho de la calidad del dispositivo y la tecnología de micrófonos implantada en el mismo.



Por parte del algoritmo de la aplicación, se considerarán las pausas necesarias para interpretar el comando dictado, así como la retroalimentación oportuna al usuario en caso no se logre captar o entender la instrucción brindada.

### **3.1.3.2.3. Guía**

Es uno de los puntos clave y parte del núcleo para el correcto funcionamiento de la aplicación. La aplicación por sí misma, con la información de las rutas, no tiene valor si no existe un proceso que esté en constante monitoreo de la ubicación del usuario, procesando y preparando las siguientes instrucciones que le puedan guiar en su caminar.

La aplicación deberá ser capaz de identificar alguna desviación en el curso de la persona, comparándola en todo momento con la ruta en curso e indicar esta situación para que la persona pueda corregir su rumbo.

Debido al ruido que puede existir en ambientes externos, como calles, alrededores de las construcciones, entre otras, la aplicación tendrá la disponibilidad de repetir instrucciones al usuario en caso él así lo requiera. Una recomendación para aprovechar al máximo los comandos, es el uso de audífonos que permitirán al usuario captar con mejor calidad las instrucciones emitidas por la aplicación. Esto, siempre teniendo el debido cuidado de no bloquear completamente el audio del ambiente exterior, ya que puede resultar contraproducente para la persona que utiliza la aplicación.

### **3.1.3.3. Plataforma objetivo de la aplicación**

Debido a que uno de los motivos que impulsan el presente proyecto, es que la aplicación pueda ser utilizada en una gran cantidad dispositivos, se planifica como plataforma móvil el sistema operativo de Google Android.

En la actualidad un gran porcentaje de los teléfonos inteligentes de diversas gamas y precios funcionan bajo este sistema operativo, dando la ventaja de que los usuarios puedan comprar un teléfono asequible y hacer uso de la aplicación. Con esto se desea que la mayoría de las personas, no importando su nivel de recursos económicos, tengan la posibilidad de hacer uso de la aplicación.

Debido a que se contemplan dispositivos de gamas bajas en cuanto a recursos y procesamiento, se busca también desarrollar una aplicación que sea eficiente y óptima en el consumo de los recursos. Esto asegurará que estos dispositivos, tengan la capacidad de ejecutar la aplicación y brindar una experiencia agradable, además de fluida.

En cuanto al ambiente de desarrollo en el sistema operativo Android, uno de los problemas es la fragmentación que existe de las versiones que se tienen instaladas en los diversos dispositivos. Esto hace necesario que se establezca no solo una versión del sistema, sino que se tome una versión mínima del sistema operativo, que soportará la aplicación. Para esto, la versión mínima de la plataforma de desarrollo, define también las características a las cuales la aplicación podrá hacer uso del sistema operativo. Al momento de realizar el presente trabajo, la plataforma del sistema operativo mínima más común en la mayoría de los dispositivos es la versión 4.0.3 denominada por su nombre público *Ice Cream Sandwich*.

### **3.1.4. Descripción componentes de la aplicación**

En esta sección se dispone a documentar y explicar los diversos componentes que agrupan las diferentes tareas que realizará la aplicación. Estos componentes definirán la estructura general de la aplicación, la cual se apreciará en los diagramas que sustentan el diseño de la misma.

#### **3.1.4.1. Lector de indicaciones**

La aplicación tendrá la tarea de comunicar al usuario la información, advertencias y situaciones que se presenten durante los recorridos de rutas que él realice. Este componente gestionará la funcionalidad necesaria para reproducir los diálogos y comunicar de forma efectiva la información al usuario.

Expondrá a los demás componentes de la aplicación, diversas interfaces que les permitirán transmitir las comunicaciones al usuario. De esta forma, los demás componentes solo envían la información que se debe comunicar y este componente realiza todas las acciones necesarias para trasladarlo al usuario.

Entre las principales funcionalidades que este componente abstrae, se mencionan las siguientes:

- Gestionará un historial de las comunicaciones enviadas al usuario, de forma que se puedan repetir alguna si el usuario lo desea.
- Tendrá la capacidad de administrar el volumen del dispositivo de audio a niveles configurados por el usuario que sean cómodos a su uso.
- Recibirá frases por parte de los demás componentes y las reproducirá a los usuarios con los ajustes predefinidos a los gustos del usuario.

### 3.1.4.2. Administrador de rutas

El principal objetivo de la aplicación, es proveer la capacidad de guiar al usuario por las diversas calles de la metrópoli en este caso de Guatemala. Para lograr este fin, este componente tendrá encapsulada toda la funcionalidad necesaria para realizar la búsqueda y orientación por una de las rutas seleccionada por el usuario.

Dentro de las principales funcionalidades que este componente abstrae, se mencionan las siguientes:

- Estará pendiente de monitorear la ubicación mediante el módulo GPS, de forma que pueda comparar la posición actual, con las indicaciones de la ruta que se está actualmente recorriendo el usuario.
- Realizará la solicitud de los datos e indicaciones al API de rutas de Google *Maps*, enviando el origen y destino deseado por el usuario, estableciendo las configuraciones adecuadas para hacer la consulta.
- Comunicará al lector de indicaciones las instrucciones necesarias para que el usuario pueda hacer las correcciones pertinentes en su ruta, de forma que llegue a su destino.
- Al realizar la búsqueda de la ruta, gestionará diversas opciones devueltas para mostrar al usuario y que él logre seleccionar la deseada.
- Administrar las rutas favoritas almacenadas por el usuario y tendrá una caché de rutas frecuentes por el usuario para preservar el uso de datos móviles en un plan de datos.

### **3.1.4.3. Procesador de comandos de voz**

El componente tendrá bajo su responsabilidad la escucha de la información que el usuario brinde a la aplicación y desencadenar el comando o tarea adecuada, así como también comunicar los parámetros o información a los componentes de la aplicación que lo soliciten para terminar una determinada labor en curso.

El componente para el prototipo estará configurado únicamente para el español, ya que es el idioma nativo del país en donde se realizarán las pruebas del mismo. De la misma forma, a pesar de que el componente de captura de voz del sistema operativo Android tiene la capacidad para reconocer una gran cantidad de palabras del idioma Español, el prototipo tendrá una serie de palabras limitadas que podrá interpretar para desencadenar las diversas funcionalidades que esta tendrá.

Entre las principales tareas funcionalidades que el componente abstrae, se mencionan las siguientes:

- Capturar la información de voz del usuario, interpretar y ejecutar las acciones correspondientes.
- Contendrá un diccionario de palabras clave que irán asociadas a un diagrama de estados o mapa de comandos que dictaran las tareas de la aplicación.
- Se comunicará con el lector de Indicaciones para indicar la información necesaria por parte del usuario y de esta forma proporcionar a los demás componentes para la realización de la tarea ordenada.

#### **3.1.4.4. Intérprete de obstáculos**

Como complemento a la aplicación y apoyo a la persona discapacitada visualmente, se tiene previsto el diseño de un sensor que brindará información sobre los diversos obstáculos o peligros que el usuario pueda tener en su recorrido por la ruta que sigue hacia su destino.

El sensor constará de un arreglo de sensores que capturarán información relevante sobre la distancia a la que pueda tener un objeto en su paso o los cambios de nivel que puedan existir en su caminar. El componente descrito en esta sección tendrá la responsabilidad de vigilar la información que el sensor envíe y dispondrá de la lógica, para procesar la información e identificar las advertencias que debe comunicar al usuario para que esté prevenido de lo que depara en su recorrido.

Dispondrá de comunicación con el lector de indicaciones con una mayor prioridad a la de los demás componentes, debido a que la naturaleza de sus actividades pueden prevenir accidentes al usuario.

Entre las principales funcionalidades que este componente abstraerá, se mencionan:

- Realizará la interpretación de la información del sensor para identificar el tipo de obstáculo o problema que se presente en su recorrido.
- Tendrá un algoritmo que identificará cuál de las señales del sensor debe tomar en cuenta con prioridad sobre alguna otra.
- Poseerá un catálogo de frases que comunicará al usuario dependiendo de los escenarios en los que se encuentre.

### 3.1.5. Descripción conceptual del sensor

La aplicación contará con un periférico que le brindará información de vital importancia para el usuario, indicando los obstáculos reconocidos que deberá tomar en cuenta a la hora de avanzar por la ruta hacia un destino deseado.

El dispositivo estará compuesto de sensores que estarán en constante monitoreo, para identificar posibles peligros en el desplazamiento de la persona que lo porta. Un algoritmo estará a cargo de orquestar las señales de los sensores y determinar en qué momento debe avisar a la aplicación de un posible peligro, enviando la información relevante para proveerla al usuario.

La comunicación del dispositivo se realizará por medio del estándar *Bluetooth*, puesto que resulta ideal para el proyecto por sus virtudes y características. Principalmente se busca la conservación de las baterías del periférico, lo cual es posible con esta tecnología de comunicación, ya que está pensada para el uso en dispositivos pequeños. Otra de las ventajas que aporta y por la que se eligió, es que es comúnmente usado en la mayoría de los teléfonos inteligentes de hoy en día, lo cual le da un nivel de compatibilidad muy alto.

El dispositivo en su diseño se contempla el uso de baterías recargables, para mayor comodidad del usuario, además de ser común su uso en dispositivos de este tipo hoy en día. Se espera que la autonomía del mismo sea óptima para un uso prolongado, situación que se comprobará en el capítulo de pruebas sobre el prototipo planteado.

Con el objetivo de reducir los costos en la fabricación del mismo, se plantea el uso de tecnologías *open hardware*, que tienen muchos recursos de

documentación, librerías y software de uso libre y colaborativo, además de ser hardware de bajo costo, aspecto que hará muy accesible el dispositivo.

### **3.1.6. Componentes del sensor**

Habiendo conocido conceptualmente la funcionalidad del sensor, es necesario describir los componentes que se utilizarán para su construcción, de forma que se conozcan las características de cada uno por separado y detallar la forma en la que se conectarán para trabajar como un conjunto.

#### **3.1.6.1. Arduino**

Es un dispositivo que facilita el desarrollo de prototipos electrónicos, debido a que tiene capacidades que pueden adaptarse a diversos componentes o periféricos que se deseen controlar. En la actualidad es utilizado abiertamente, ya que posee una amplia comunidad que desarrolla librerías para implementar proyectos sencillos y han logrado conectar una gran cantidad de módulos o componentes electrónicos, con lo que es fácil replicar dispositivos publicados en internet.

El Arduino es prácticamente una placa que consta de un microcontrolador con capacidades programables, que dispone de entradas y salidas tanto digitales como analógicas para conectar diversos módulos electrónicos o dispositivos que alimentarán con información a la placa, esta los procesará y realizará las salidas correspondientes para los resultados del software implementado en ella.

El proyecto surge con el fin de establecer una plataforma de desarrollo de hardware, extensible y de bajo costo, a la que pudiera acceder una gran



cantidad de personas alrededor de mundo. Debido a esto, la plataforma sobre la cual se desarrollan los programas que corren en ella, son multiplataforma, siendo capaz de usarse tanto en Windows, Mac OS X y Linux (Arduino).

El entorno de programación sobre el cual se trabajan las instrucciones que se descargan al microcontrolador, es a través de un IDE desarrollado específicamente para estas placas, mediante el lenguaje de programación *Processing/Wiring*, que es una adaptación basada en el entorno Java adaptado para principiantes o personas que no tienen mucho conocimiento de programación. Esto con el objetivo de ofrecer un entorno sencillo, en donde las personas no requieran de conocimientos muy profundos y puedan experimentar con la placa, sin necesidad de mucho esfuerzo.

La mayor cantidad de librerías para esta placa, están escritas en el lenguaje C++, ya que lo soporta el entorno de programación y es uno de los lenguajes favoritos para trabajar con componentes electrónicos programables, como controladores PIC.

Existen diversos tipos de Arduino, los cuales se ajustan a diferentes necesidades. Difieren en la capacidad de procesamiento que estos tienen, cantidad de entradas y salidas, memoria para el almacenamiento de programas y periféricos que posean para interactuar con otros dispositivos, como por ejemplo tarjetas de red inalámbricas, entre otros. En el caso del proyecto que se á desarrollado, debido a la funcionalidad sencilla del sensor, se utilizará la versión de Arduino llamada One.

Dicha versión se utiliza en la mayoría de los proyectos, por la versatilidad que provee con sus características de procesamiento y cantidad de entradas. Algunas de las características que posee se muestran en la tabla II.

Tabla II. **Características de Arduino One**

<b>Aspecto</b>	<b>Capacidad</b>
Voltaje de operación	5 voltios
Velocidad de reloj	16Mhz
Microcontrolador	Atmega328
Número de entradas/salidas digitales	14
Número de entradas analógicas	6

Fuente: elaboración propia.

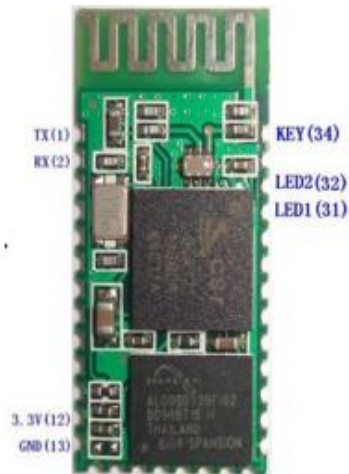
### **3.1.6.2. Módulo *Bluetooth* HC-05**

Entre los diversos componentes electrónicos que se utilizan hoy en día, el módulo *Bluetooth* es un componente vital en la mayoría de proyectos que requieren de comunicación de forma inalámbrica, a la vez que se mantiene el consumo de batería en niveles bajos.

El módulo HC-05 es un dispositivo que permite la comunicación serial mediante el estándar *Bluetooth*, de forma que es posible conectarlo para enviar información a computadoras, teléfonos inteligentes y otros periféricos que se desarrollen sobre una placa Arduino por ejemplo.

Existen dos modos de configuración en los que puede realizar la comunicación con otros dispositivos. Estas características definen la forma en la que dos módulos realizarán la comunicación. El primer modo es el maestro, que es el que gestiona la conexión entre uno o más dispositivos en modo esclavo. Dos dispositivos en modo esclavo no pueden comunicarse directamente y deberán hacerlo mediante el maestro al que están conectados. El módulo HC-05, soporta ambos modos, siendo el esclavo mayormente utilizado en la mayoría de los casos, como en el presente proyecto.

Figura 38. **Módulo *Bluetooth* HC-05**



Fuente: *Electgpl*. <http://electgpl.blogspot.com/2013/01/modulo-bluetooth-hc-06.html>. Consulta: 7 de mayo de 2015.

### 3.1.6.2.1. **Proceso de conexión**

Se debe tener en cuenta que la comunicación mediante dos dispositivos *Bluetooth* lleva un proceso en el cual ambos dispositivos acuerdan conectarse formalmente. Esto fue definido de esta forma, para garantizar la seguridad en los dispositivos, evitando conexiones no deseadas. El proceso en general consta de los siguientes pasos:

- **Solicitud (*inquiry*):** es el primer paso para iniciar la comunicación entre dispositivos. Se realiza un rastreo para encontrar información sobre el otro dispositivo siempre que esté en modo visible. El dispositivo que hace la petición, recibe la dirección del otro que está en espera.
- **Paginación (*paging*):** es el paso en el cual se formaliza la conexión entre los 2 dispositivos, intercambiando las direcciones de ambos para realizar la comunicación.

- **Conexión:** es el estado en el que los dispositivos ya se encuentran enviando y recibiendo información. Este se divide en varios estados:
  - **Modo activo:** la comunicación se está realizando en ese preciso momento.
  - **Modo olfateo (*sniff*):** el dispositivo está en un estado en el cual conserva energía, escuchando comunicaciones en intervalos de 100 milisegundos.
  - **Modo de espera:** el dispositivo entra en suspensión un intervalo definido de tiempo, para luego activarse en busca de establecer comunicación. El maestro puede colocar un dispositivo en este estado.
  - **Modo estacionado (*park*):** se diferencia con el estado anterior, siendo el maestro el único que puede invocar este estado y decirle al dispositivo que salga de él. Se consumen muy pocos recursos de energía en este estado.

### **3.1.6.3. Sensor ultrasónico HC-SR04**

Con el fin de que el dispositivo que apoyará la aplicación pueda reconocer los obstáculos que estén en el recorrido de la persona que lo utiliza, se hará uso de un sensor ultrasónico. Este actúa basado en el principio del eco que usan los murciélagos para desplazarse cuando vuelan. Se emite una onda supersónica, monitoreando y esperando el rebote de la misma en un objeto que esté a su paso.

Estos sensores tienen ciertas características que se deberán tener en cuenta en el momento de realizar la calibración, configuración y programación

de los parámetros en la aplicación. Estas características se detallan a continuación:

- **Ángulo de observación:** el sensor cuenta con un determinado rango de amplitud en el cual puede captar el eco emitido. Para este componente electrónico, dicho ángulo es de entre 15 y 20 grados. En el momento de realizar las mediciones, se debe contemplar este parámetro, combinándolo con la distancia necesaria para notificar al usuario sobre un determinado obstáculo.
- **Distancia de reconocimiento:** la distancia mínima es de 2 centímetros y la máxima es de 4 metros aproximadamente. Para evitar posibles errores de detección de objetos, se evitarán utilizar los máximos como patrones de aviso sobre la presencia de obstáculos.
- **Voltaje de operación:** el voltaje recomendado es de 5 voltios para evitar errores en su correcto funcionamiento.

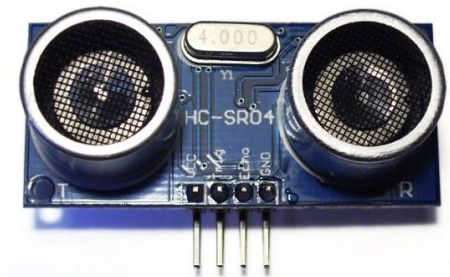
La forma de operación del sensor es mediante el envío periódico de una señal, la cual es controlada desde la terminal de *trigger*, enviando una señal de voltaje alto durante 10 microsegundos. Al emitir la señal, el sensor queda en espera del rebote del eco en algún objeto, transmitiéndolo mediante la terminal de respuesta que irá conectada al circuito. El cálculo de la distancia, se realiza mediante la fórmula que se muestra en la figura 40, el cual es para una distancia en centímetros.

Figura 39. **Fórmula para el cálculo de la distancia de un objeto**

$$Distancia = \frac{\text{Intervalo de tiempo de regreso}}{58}$$

Fuente: elaboración propia.

Figura 40. **Sensor ultrasónico HC-SR04**



Fuente: WNGEEK. <https://wngeek.wordpress.com/2013/06/11/todo-sobre-sensores-de-ultrasonidos-y-arduino/>. Consulta: 17 de mayo de 2015.

En la disposición de los sensores, se tiene planificado implementar cinco, los cuales estarán encargados de verificar dos aspectos importantes. Cuatro de los sensores, identificarán objetos que puedan ser obstáculos en el camino de la persona que los utiliza, situándolos en dos diferentes alturas para brindar un mayor ángulo de visión. El quinto sensor estará dirigido hacia el suelo y tendrá como responsabilidad informar sobre un cambio de nivel en el piso, brindando la posibilidad de identificar gradas, banquetas o irregularidades en el caminar de la persona que lo porta.

El sensor deberá tener un proceso de calibración, que en principio se desea que sea automático, para brindar las indicaciones correctas. Al activarse, el software del mismo realizará la calibración respectiva, identificando las

distancias iniciales y realizando las siguientes mediciones basados en dichas distancias.

### **3.1.7. Diseño del sensor**

Haciendo uso de todos los componentes descritos en secciones anteriores en esta sección se procederá a describir el diseño y funcionamiento que deberá tener el sensor en su implementación formal. Debido a que el presente trabajo es una propuesta, no se realizará la implementación del sensor, sino en su lugar se realizarán los planteamientos necesarios para su construcción.

El sensor constaría de un módulo Arduino, que es el que orquestará la funcionalidad del mismo, controlando las entradas de información del arreglo de sensores ultrasónicos, procesando cuál de las señales tiene una mayor prioridad y comunicando mediante el módulo *Bluetooth* las instrucciones recibidas a la aplicación para que notifique oportunamente al usuario del obstáculo identificado.

En la siguiente figura se muestra un diagrama de bloques que orienta como estaría compuesto el sensor al realizar su construcción.

Figura 41. **Diagrama de bloques sensor ultrasónico**



Fuente: elaboración propia, con programa Visio 2010.

Existen detalles técnicos que se deben considerar para la construcción del sensor en cuanto a los requerimientos de operación de los diversos componentes. Uno de ellos es el voltaje necesario para que estos funcionen, que dependerá voltaje mínimo y el voltaje máximo de todos los componentes. Para el caso de los 3 componentes que utilizaría el sensor, es soportada una alimentación de energía de 5 voltios. Un aspecto importante será utilizar una batería que pueda satisfacer dichos requerimientos de energía.



### 3.1.7.1. Arreglo de sensores

El dispositivo dispondrá de un arreglo de 5 sensores ultrasónicos encargados de comunicar la distancia de diversos objetos reconocidos al usuario. La disposición de estos estará de forma que puedan centrarse en los objetos que están frente a la persona que lo porta, así como identificar posibles obstáculos a los lados de la persona.

En la siguiente figura, se muestra una vista frontal del dispositivo, en donde se puede apreciar la disposición que tendrán los sensores que brindarán información al usuario sobre obstáculos.

Figura 42. **Vista frontal dispositivo**



Fuente: elaboración propia, con programa Visio 2010.

Los sensores del uno al tres, están encargados de identificar la parte frontal y los sensores del cuatro al cinco se ocuparán de los obstáculos que puedan venir de los laterales de la persona. Existirán prioridades en cuanto a la información que los sensores emitan, ya que eso determinará que indicación se debe dar a la persona que lo utiliza.

El sensor con mayor prioridad, será el sensor tres, que estará orientado al piso y tiene la responsabilidad de medir los cambios de nivel de superficie con respecto al suelo. Es de vital importancia notificar esto por encima de los demás

sensores, ya que puede representar el inicio de escaleras o alguna caída o final de calle.

La segunda prioridad la tendrán los sensores uno y dos, que estarán enfocados al frente del dispositivo y verán la parte alta (para detectar obstáculos que estén a la altura superior del cuerpo), así como la parte frontal (obstáculos que estén a la altura de la cintura).

La última prioridad la tendrán los sensores laterales, puesto que asumiendo que el desplazamiento en su mayoría es hacia el frente, existe una mayor probabilidad de encontrar primero obstáculos frontales que en los laterales.

### **3.1.7.2. Señales del dispositivo**

El controlador del Arduino deberá contemplar en su programación, los procedimientos para comunicar a la aplicación los datos relevantes sobre su estado, así como también, la información que obtiene de los sensores instalados en el dispositivo.

En cuanto a las señales de estado que el sensor debiera contemplar comunicar a la aplicación, se mencionan las siguientes:

- Vinculado correctamente
- Estado de los sensores
- Conexión realizada
- Nivel de carga en la batería
- Alerta de batería baja

Con respecto a las señales que deberá notificar a la aplicación en relación a los sensores de proximidad, estos respetarán el orden de prioridades definido para los mismos. De esta forma deberá notificar las siguientes situaciones:

- Cambio de nivel de piso
- Obstáculo al frente alto (arriba de la cintura)
- Obstáculo de altura media
- Obstáculo lateral
- Problema con recepción de información de los sensores

### **3.1.7.3. Conexión de componentes**

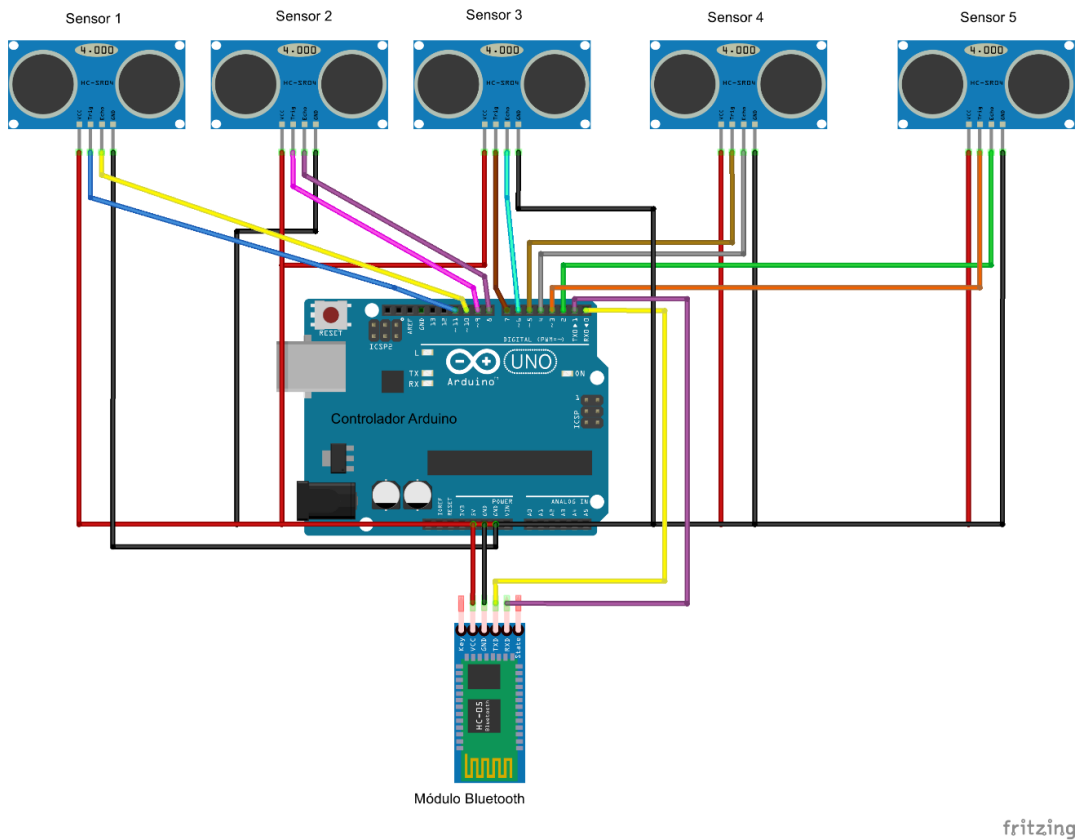
La comunicación entre los diversos componentes del dispositivo, serán realizados en su mayoría al controlador Arduino. Se usarán principalmente las entradas y salidas digitales, para conectar el arreglo de sensores de proximidad. Para el caso del módulo de comunicación *Bluetooth*, se utilizarán las entradas TX y RX que están preparadas en el controlador para realizar comunicaciones seriales de información, con lo cual será posible comunicarse con la aplicación.

Uno de los aspectos importantes a tener en cuenta, es que todos los sensores y el módulo *Bluetooth* estarán conectados a la fuente de alimentación que provee el controlador Arduino, la cual es de 5 voltios. Es importante tener en cuenta, que si se alimenta el controlador mediante conexión USB, el máximo de corriente que podrá entregar es de 500 miliamperios.

Es preferente utilizar el conector de corriente alterno, con el cual estará condicionado a la máxima cantidad de corriente que pueda entregar el transformador o batería que se utilice.

En la figura 44, se muestra la conexión de los componentes del dispositivo.

Figura 43. **Diagrama de conexiones sugerido para el dispositivo electrónico**



Fuente: elaboración propia, con programa Fritzing.

Las líneas en rojo muestran las conexiones de voltaje que tendrán todos los componentes del dispositivo, así como también las negras muestran las conexiones a tierra. El módulo *bluetooth*, va conectado de una forma especial conectando el pin RX del módulo *bluetooth* al pin TX del Arduino y el pin TX de

uno al RX del otro. Los sensores de proximidad, van conectados de los pines digitales 2 al 11 del Arduino.

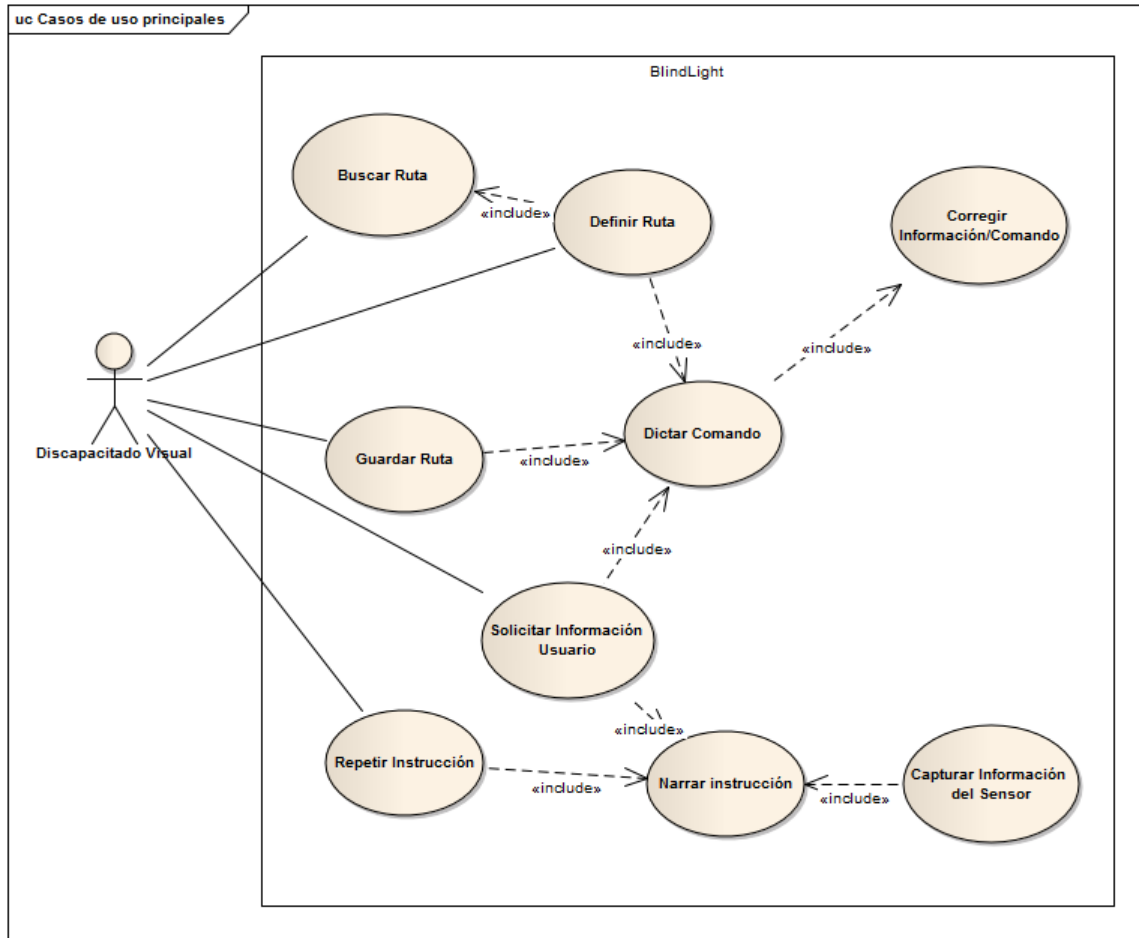
### **3.2. Diagramas de la aplicación**

Como parte del diseño de la aplicación se crearon diversos diagramas que fundamentan varios aspectos o perspectivas desde las cuales se aprecia la funcionalidad de la aplicación. En los siguientes apartados se irá definiendo cada uno de los diagramas en cuanto a su propósito y la información que aportan a la aplicación.

#### **3.2.1.1. Casos de uso**

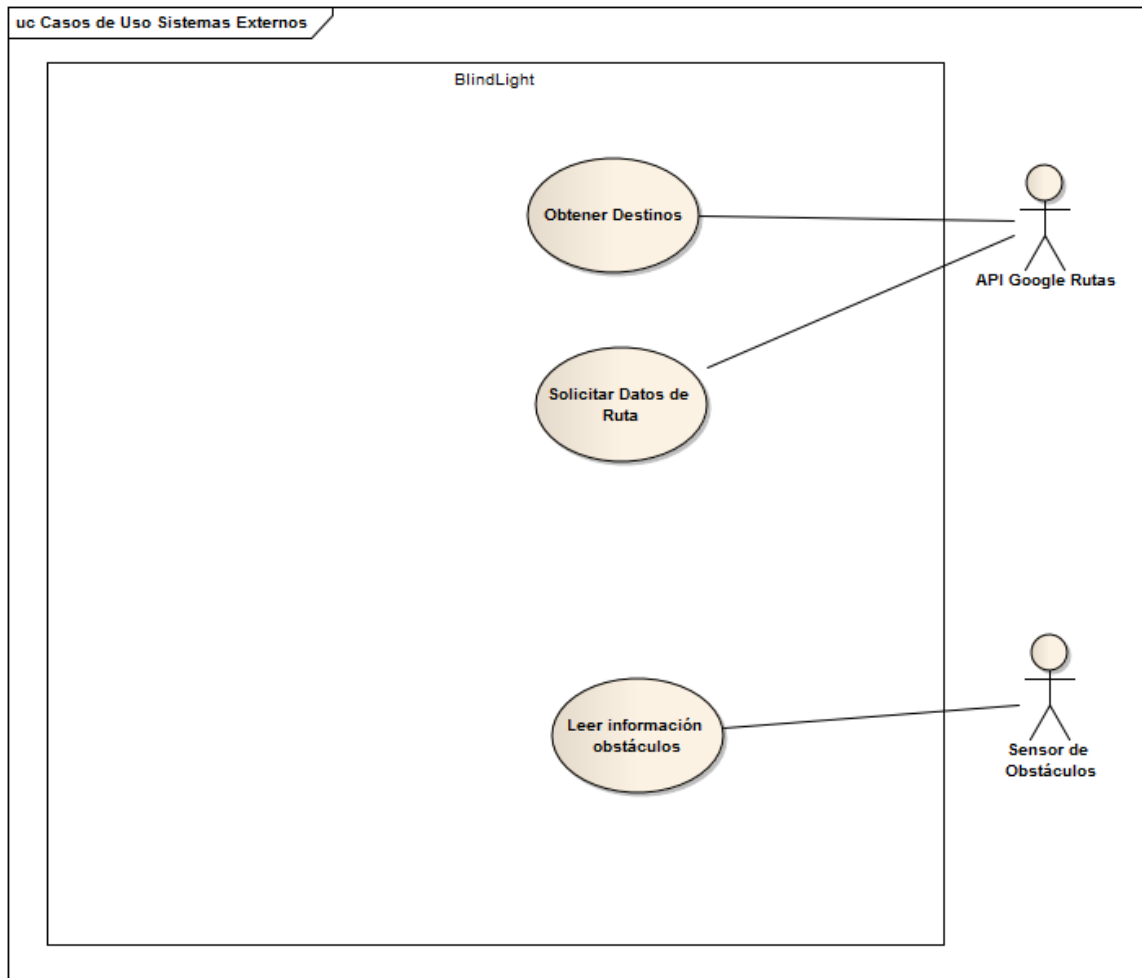
Este diagrama muestra de forma gráfica y descriptiva las interacciones de los usuarios con el sistema que se está diseñando. De esta forma se pueden identificar funcionalidades que debe tener la aplicación requeridas por el usuario. En la primera parte se mostrará el diagrama como tal, que consta de diversas elipses con los casos identificados de utilización, así como su interacción con los usuarios, denotados a los lados por un personaje representado mediante líneas.

Figura 44. Caso de uso del sistema



Fuente: elaboración propia, con programa Enterprise Architect 8.

Figura 45. Casos de uso del sistema



Fuente: elaboración propia, con programa Enterprise Architect 8.

Para apoyar cada uno de los casos de uso identificados, se describirán en las siguientes secciones, con el flujo del proceso identificado en cada uno de ellos.

### 3.2.1.2. Caso de uso CDU-001: definir ruta

Actores: discapacitado visual, aplicación

Relaciones:

Descripción: la persona discapacitada desea tomar una ruta hacia algún destino al que desea llegar, por lo que ubica y selecciona una ruta en la aplicación para iniciar su viaje.

Flujo normal:

- El usuario indica el comando de voz para iniciar el seguimiento de la ruta elegida.
- La aplicación repite el destino interpretado para confirmación del usuario.
- La aplicación solicita al usuario confirme que desea iniciar la ruta elegida.
- El usuario confirma el destino.
- La aplicación solicita los datos de la ruta.
- La aplicación inicia el recorrido.

Flujos alternos:

- No se reconoce el comando indicado por el usuario
  - Ver CDU-006
- El usuario no confirma la ruta
  - Se realiza una pausa de 15 segundos.
  - Se solicita la confirmación de la ruta nuevamente al usuario.
    - Si el usuario no confirma nuevamente, se da por terminado el caso de uso.



- Si el usuario confirma la ruta, se regresa al punto 6 del flujo normal.

### **3.2.1.3. Caso de uso CDU-002: buscar ruta**

Actores: Discapacitado visual, aplicación

Relaciones: CDU-001

Descripción: el usuario desea encontrar un destino al que desea llegar, por lo que indica a la aplicación dictando el nombre del destino para realizar la búsqueda en internet. La aplicación muestra diversos resultados para que el usuario elija el destino adecuado.

Flujo normal:

- El usuario dicta el comando para iniciar la búsqueda de la ruta.
- La aplicación solicita el nombre del destino.
- El usuario dicta el destino deseado.
- La aplicación realiza la consulta de destinos posibles en internet.
- La aplicación muestra un listado de posibles destinos con los datos referentes a cada uno de ellos al usuario.
- El usuario se desplaza por los diversos resultados mediante los comandos de voz para ubicar el destino deseado.
- El usuario dicta el comando para iniciar el recorrido hacia su destino (ver CDU-001).

Flujos alternos:

- La aplicación no captura correctamente el destino deseado por el usuario
  - a. Ver CDU-006.

- No es posible conectarse a internet.
  - Se realizan nuevos intentos de conexión a internet con intervalos de 5 segundos entre cada prueba hasta un máximo de 10 intentos.
    - En caso no se logre conexión a internet se busca en caché si se dispone de las indicaciones para continuar con la ruta elegida sin conexión.
      - ✓ Si se logra encontrar el destino, se regresa al punto 5 del flujo normal.
      - ✓ En caso no fuera posible encontrar el destino, se notifica al usuario sobre la situación.

#### **3.2.1.4. Caso de uso CDU-003: dictar comando**

Actores: Discapacitado visual, aplicación

Relaciones: CDU-006

Descripción: el usuario desea indicar una acción o instrucción a la aplicación por lo que presiona el botón de comandos y a continuación dicta el comando deseado a la aplicación, la cual lo interpreta para luego ejecutar la acción deseada.

Flujo normal:

- El usuario presiona el botón para iniciar la escucha de comandos (puede ser desencadenado automáticamente por la aplicación en algunos casos).
- La aplicación solicita el comando al usuario.
- El usuario dicta el comando.

- La aplicación interpreta el comando, ubica la acción siguiente y la ejecuta.

Flujos alternos:

- El comando o información no se reconoce
  - Se indica al usuario que repita el comando que dictó.
    - Si se reconoce lo dictado se pasa al punto 4.
    - Si no se reconoce el comando, se reinicia el punto 3 de los flujos alternos.
- No se reconoce el comando u orden dictada.
  - Se regresa al punto 2 del flujo normal.

#### **3.2.1.5. Caso de uso CDU-004: capturar información del sensor**

Actores: Usuario, sistema, sensor

Relaciones: CDU-007

Descripción: una de las funciones más importantes es la lectura periódica de los datos e impulsos del sensor, para notificar en el tiempo adecuado cualquier obstáculo que pueda interferir en el paso de la persona que utiliza la aplicación. La aplicación notificará al usuario cualquier obstrucción o advertencia que identifique a su paso.

Flujo normal:

- La aplicación establece conexión con el sensor.

- La aplicación solicita datos al sensor sobre objetos reconocidos y las distancias de los mismos en relación al usuario.
- La aplicación interpreta y procesa los datos obtenidos y los compara con los parámetros almacenados.
- Se notifica al usuario sobre el tipo de peligro u obstáculo que tiene enfrente de ser necesario.
- El usuario toma el mensaje y realiza la corrección del rumbo necesaria.

Flujos alternos:

- No es posible conectarse al sensor.
  - Se notifica al usuario que no fue posible obtener información del sensor para que tome las debidas precauciones al caminar.

### **3.2.1.6. Caso de uso CDU-005: solicitar información al usuario**

Actores: Discapacitado visual, aplicación

Relaciones: CDU-003

Descripción: la aplicación necesita obtener algún parámetro o dato como parte del proceso de una tarea. Narra al usuario la situación y solicita la información necesaria. El usuario dicta los datos requeridos por la aplicación.

Flujo normal:

- La aplicación narra al usuario la solicitud de información que necesita.
- El usuario escucha la solicitud y dicta la información al usuario.
- La aplicación escucha e interpreta la información obtenida.

- La aplicación continúa con el siguiente paso en el proceso de la tarea en curso con la información recibida.

Flujos alternos:

- El usuario no escuchó bien la solicitud.
  - Ver CDU-008.
- La aplicación no capturó la información.
  - Ver CDU-006.

### **3.2.1.7. Caso de uso CDU-006: corregir comando/información**

Actores: Discapacitado visual, aplicación

Relaciones:

Descripción: la aplicación no capturó un comando o información por parte del usuario, por lo que indica a este que repita lo que dijo. El usuario repite o dicta lo solicitado para que la aplicación continúe con la ejecución del proceso o tarea en curso.

Flujo normal:

- La aplicación indica al usuario que no capturó la información que necesita.
- El usuario dicta nuevamente la información o comando necesario.
- La aplicación captura la información y la interpreta.
- La aplicación ejecuta la tarea o proceso en curso.

Flujos alternos:

- El usuario decide cancelar la introducción de comando.
  - El usuario indica que ya no desea continuar con la tarea en curso.
- Problema al capturar la información dictada por el usuario.
  - Se procede al paso 1 del flujo normal para repetir el proceso.

### **3.2.1.8. Caso de uso CDU-007: narrar instrucción**

Actores: Discapacitado visual, aplicación

Relaciones:

Descripción: el componente de la aplicación que comunica instrucciones al usuario recibe órdenes de otro componente con datos para transmitirlos al usuario. El componente los procesa y prepara la voz para narrar al usuario la información recibida.

Flujo normal:

- Se recibe la orden de otro componente.
- El componente de voz recibe el texto y lo prepara para la narración.
- El componente de voz transmite el audio al usuario. El usuario escucha la instrucción y responde según corresponda.

### **3.2.1.9. Caso de uso CDU-008: repetir instrucción**

Actores: Discapacitado visual, aplicación

Relaciones: CDU-007

Descripción: el usuario necesita volver a escuchar alguna de las indicaciones realizadas por la aplicación. Para este fin indica el comando de

repetición seguido de un número de 1 a 5 que representa cuál de las últimas instrucciones desea repetir. La aplicación recibe la instrucción, ubica el texto y lo narra al usuario.

Flujo normal:

- El usuario presiona el botón para indicar un comando a la aplicación.
- El usuario indica a la aplicación el comando de repetición seguido del número de instrucción que desea volver a escuchar.
- La aplicación interpreta el comando, ubica la instrucción a repetir y la prepara para narrar.
- La aplicación narra la indicación al usuario.

Flujos alternos:

- La aplicación no reconoce el comando.
  - Ver CDU-006.

#### **3.2.1.10. Caso de uso CDU-009: guardar ruta**

Actores: Discapacitado visual, aplicación

Relaciones: CDU-003

Descripción: el usuario desea guardar la ruta en curso o que acaba de utilizar. Para ello indica a la aplicación el comando para hacerlo. La aplicación solicita los datos necesarios para almacenar la ruta en favoritos y la almacena para posterior uso.

Flujo normal:

- El usuario presiona el botón para ingresar un comando.
- El usuario dicta el comando para guardar la ruta.
- La aplicación solicita el nombre para almacenar la ruta y tener referencia posterior para ubicarla.
- El usuario brinda el nombre solicitado para la ruta.
- La aplicación guarda la ruta en favoritos para disponer de ella en otro momento.

Flujos alternos:

- La aplicación no entiende la información del usuario.
  - Ver CDU-006.

### **3.2.1.11. Caso de uso CDU-010: obtener destinos**

Actores: aplicación, API de rutas de Google

Relaciones:

Descripción: la aplicación necesita obtener una serie de opciones de ruta para un destino determinado, por lo que se conecta al servicio de Google y solicita una lista de posibles destinos para el nombre recibido. El servicio de Google, identifica el nombre del destino especificado y devuelve una lista de destinos que tienen coincidencia.

Flujo normal:

- La aplicación prepara el nombre del destino que fue solicitado.



- Se realiza la comunicación con el servicio de Google.
- Se envía al servicio de Google el nombre del destino deseado.
- El servicio de Google realiza la búsqueda de las posibles coincidencias de destinos.
- El servicio de Google retorna una lista de los destinos que coincidieron incluyendo datos de distancia, tiempo y otras estadísticas útiles para presentar los resultados.
- La aplicación recibe la información y la transforma para comunicarla.

Flujos alternos:

- La aplicación no puede conectarse al servicio de Google.
  - Se intenta nuevamente la reconexión a la aplicación luego de un tiempo de espera corto.
  - Si no es posible conectarse nuevamente, se verifica si el destino deseado no fue utilizado anteriormente por la aplicación para desplegarlo al usuario.

### **3.2.1.12. Caso de uso CDU-011: solicitar datos de ruta**

Actores: Aplicación, API de Rutas de Google

Relaciones:

Descripción: la aplicación tiene preparado un destino elegido y necesita obtener la información sobre cómo llegar al lugar indicado. Se realiza la conexión con el servicio de Google, quien brindará las indicaciones, posiciones y tiempos necesarios para brindar las indicaciones al usuario. La aplicación finalmente procesa la lista

de indicaciones para iniciar la navegación por la ruta seleccionada.

Flujo normal:

- La aplicación tiene seleccionado el nombre de un destino al que se desea llegar.
- La aplicación realiza la conexión con el servicio de Google para solicitar la información de la ruta.
- El servicio de Google, prepara todas las indicaciones, posiciones geográficas y textos solicitados por la aplicación.
- La aplicación recibe la información del servicio de Google para iniciar la navegación por la ruta.

Flujos alternos:

- La aplicación no puede conectarse al servicio de Google.
  - Se intenta nuevamente la reconexión a la aplicación luego de un tiempo de espera corto.
  - Si no es posible conectarse nuevamente, se verifica si el destino deseado no fue utilizado anteriormente por la aplicación para desplegarlo al usuario.

### **3.2.1.13. Caso de uso CDU-012: leer información de obstáculos**

Actores: Aplicación, sensor de obstáculos

Relaciones:

Descripción: la aplicación necesita determinar si existe algún obstáculo que se deba advertir al usuario mientras se moviliza en su ruta. Realiza la conexión con el sensor y hace la consulta sobre el estado de los sensores que este posee para identificar los peligros cercanos. El sensor envía los datos recibidos para que la aplicación procese los avisos respectivos.

Flujo normal:

- La aplicación realiza la conexión con el sensor mediante el protocolo *Bluetooth*.
- La aplicación envía la solicitud de información al sensor capturada en ese preciso momento.
- El sensor realiza una revisión de los sensores de los cuales dispone, con el propósito de identificar cualquier obstáculo que sea un peligro y se deba notificar.
- El sensor envía los datos requeridos en el formato que entiende la aplicación.
- La aplicación recibe la información y de ser necesario prepara para brindar una respuesta.

Flujos alternos:

- La aplicación no puede conectarse con el sensor.
  - Se intenta nuevamente realizar la conexión, esperando unos segundos.
  - En caso no se logre la conexión luego de varios intentos, se notifica dicha situación para evitar que la persona que utiliza la aplicación se confíe de que no existen peligros cerca.

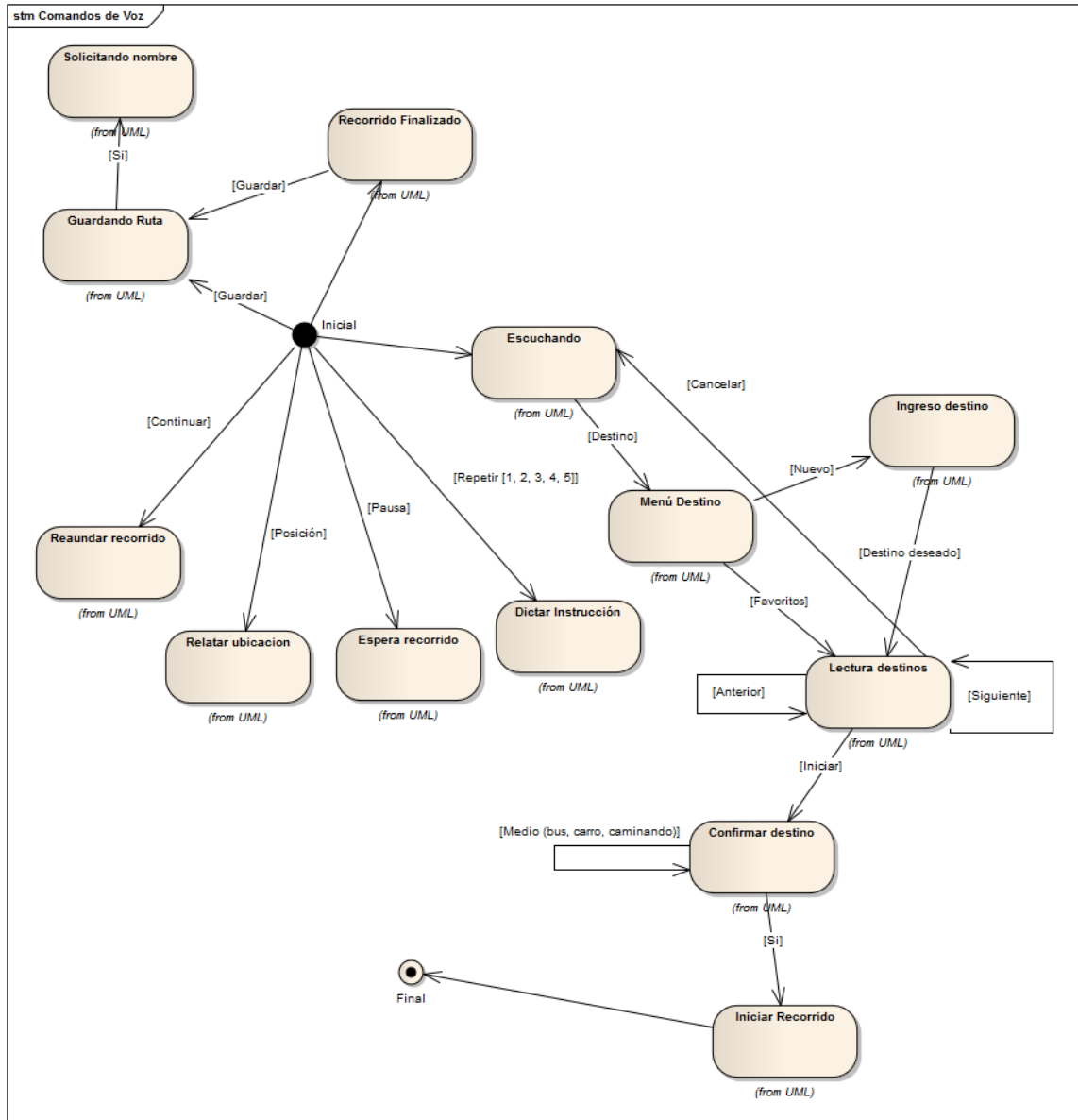
- El tiempo de espera de los datos por parte del sensor excedió el límite definido.
  - La aplicación realizará una nueva petición de datos por parte del sensor.
  - En caso no logre recibir la respuesta por segunda ocasión, enviará una señal de reinicio para el sensor.
  
- El sensor no logra enviar la información a la aplicación.
  - Se intenta nuevamente enviar la información.
  - En caso de que el segundo intento resulte inválido, se tratará de reestablecer o volver a realizar la conexión con la aplicación.

### **3.2.2. Diagrama de estados**

Este diagrama representa momentos en los que el sistema está a la espera de una acción en particular, así como también refleja los eventos que le hacen pasar de un determinado estado a otro. Esto organiza las llamadas entre los diversos componentes de la aplicación para entender su interdependencia entre sí.

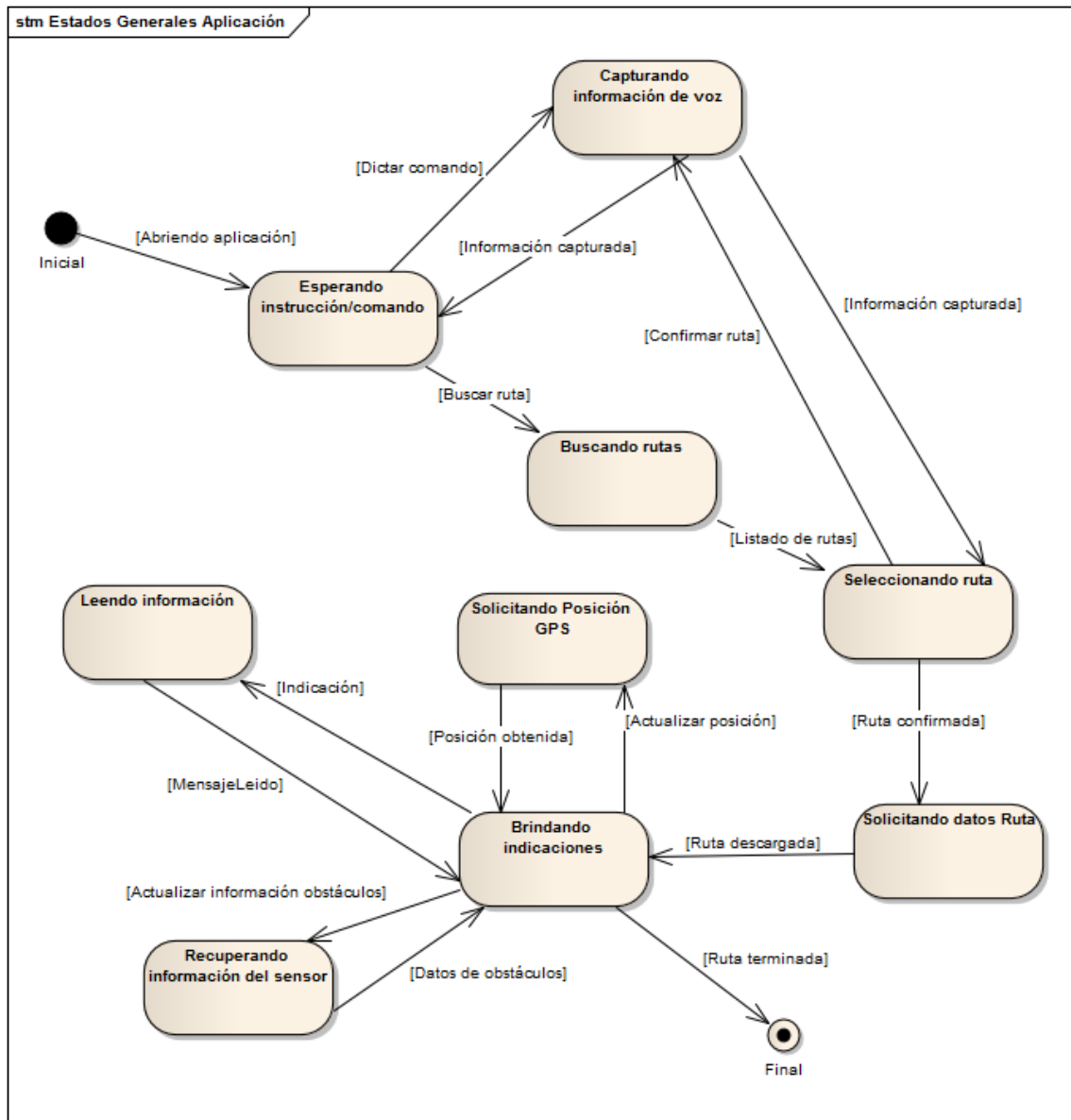
Para el presente diseño se trabajaron dos diagramas de estados: uno para los comandos de voz que podría contemplar la aplicación en su versión completa y otro para los estados propiamente que tiene la aplicación durante su funcionamiento.

Figura 46. Diagrama de estados comandos de voz



Fuente: elaboración propia, con programa Enterprise Architect 8.

Figura 47. Diagrama de estados aplicación



Fuente: elaboración propia, con programa Enterprise Architect 8.

Para el caso de los estados de la aplicación, se realizó una documentación descriptiva de los mismos, para profundizar en cuanto a las implicaciones que tiene cada uno de ellos.

### **3.2.2.1. Estado: esperando instrucción/comando**

Descripción: la aplicación se encuentra en espera de la interacción del usuario para alguna tarea que desee realizar.

Información: no hay información que se maneje en este estado.

Acciones:

- Capturar comando
- Interpretar acción deseada
- Iniciar tarea elegida

### **3.2.2.2. Estado: capturando información de voz**

Descripción: se encuentra a la espera de que el usuario indique un comando o información necesarios para continuar con un determinado proceso.

Información:

- Comando reconocido

Acciones:

- Repetir captura comando
- Interpretar señal de voz
- Transmitir texto reconocido

### **3.2.2.3. Estado: buscando rutas**

Descripción: se encuentra en la búsqueda de los destinos posibles bajo los criterios recibidos por el usuario.

Información:

- Destino indicado por el usuario

Acciones:

- Consulta de destinos en internet
- Preparar listado de destinos

### **3.2.2.4. Estado: seleccionando ruta**

Descripción: se encuentra a la espera de una decisión por parte del usuario sobre el listado de destinos recopilado. El usuario deberá confirmar al menos alguna de las rutas que se muestran o realizar una nueva búsqueda.

Información:

- Listado de rutas
- Ruta seleccionada

Acciones:

- Lectura de destino



### **3.2.2.5. Estado: solicitando datos de ruta**

Descripción: se realiza la solicitud de la información sobre la ruta e indicaciones que se darán al usuario para el destino seleccionado.

Información:

- Destino confirmado
- Información de ruta e indicaciones

Acciones:

- Solicitud de información de ruta

Preparación de indicaciones

### **3.2.2.6. Estado: brindando indicaciones**

Descripción: la aplicación se encuentra en orientación del usuario por la ruta elegida por él para llegar a su destino. Este es un estado primordial, puesto que orquesta actividades secundarias en el recorrido de la ruta.

Información:

- Información de ruta
- Posición actual del usuario
- Obstáculos detectado

Acciones:

- Lectura de indicación
- Solicitar información de posición
- Solicitar información de obstáculos
- Interpretar información de obstáculos
- Identificar siguiente indicación
- Repetir indicación

### **3.2.2.7. Estado: recuperando información del sensor**

Descripción: se realiza la conexión con el sensor y se encuentra en espera de la información sobre los obstáculos identificados.

Información:

- Obstáculo más cercano
- Sensor que lo identifica

Acciones:

- Conexión al sensor
- Solicitud de información
- Preparar información sobre los obstáculos

### **3.2.2.8. Estado: solicitando posición GPS**

Descripción: se encuentra en la espera de obtener los datos de posición de información:

- Latitud
- Longitud

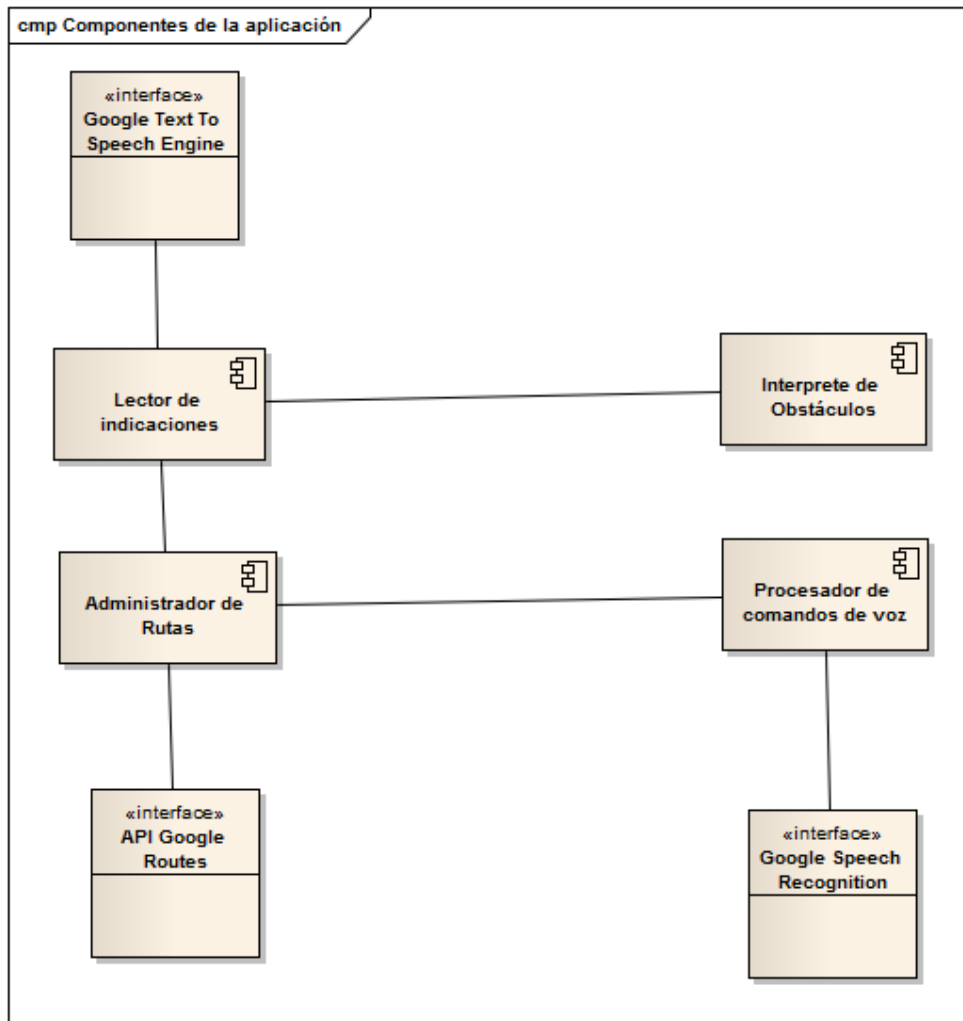
Acciones:

- Solicitar datos de posición
  - Preparar coordenadas

### **3.2.3. Diagrama de componentes**

Este diagrama muestra un panorama general en cuanto a las diversas partes que conformarán el sistema, así como su respectiva asociación entre ellas de una forma gráfica y entendible.

Figura 48. Diagrama de componentes



Fuente: elaboración propia, con programa Enterprise Architect 8.

### 3.2.3.1. Diagrama de clases

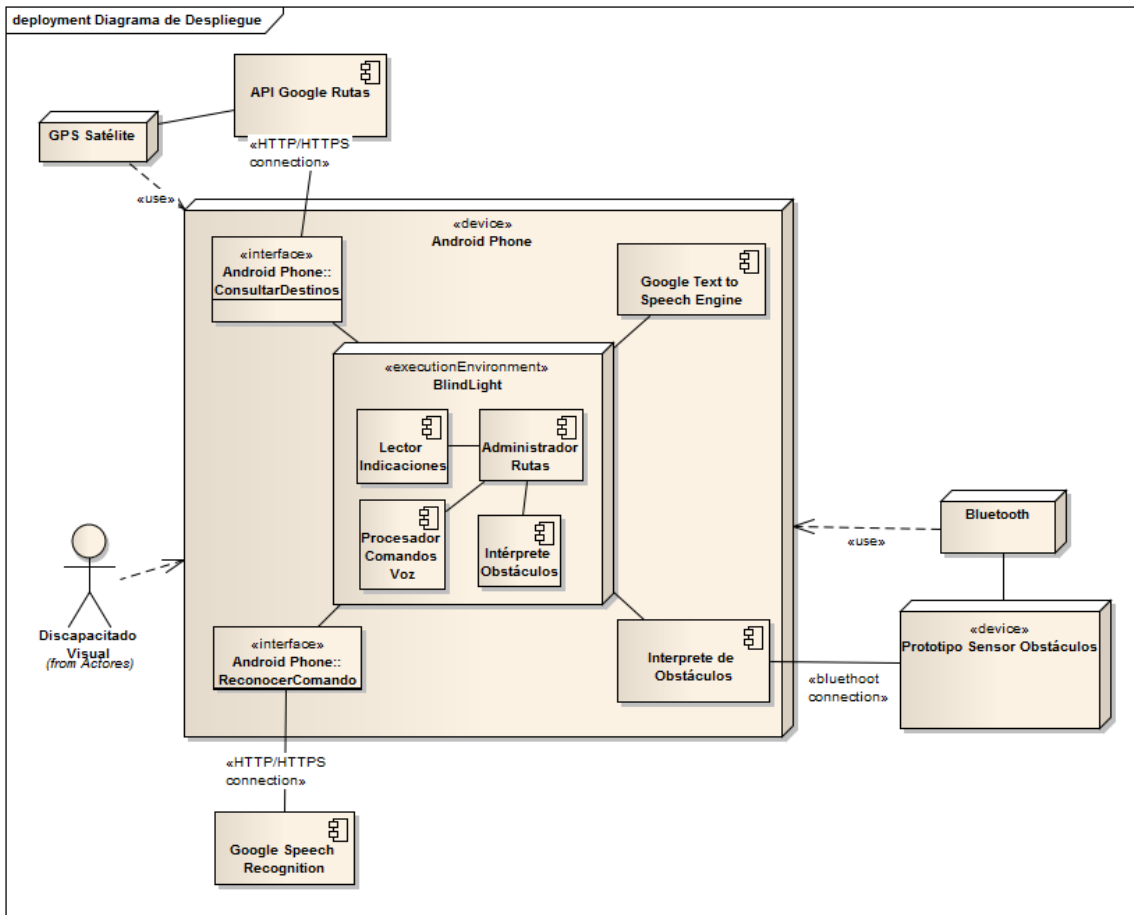
Este diagrama muestra una serie de objetos que conforman los componentes globales que se mostraron en la sección anterior, con la diferencia que estos muestran las funcionalidades puntuales que vienen incluso desde los casos de uso en diversas necesidades plasmadas.



### 3.2.3.3. Diagrama de despliegue

Este diagrama muestra el panorama de implementación, teniendo en cuenta todos los servicios, componentes y relaciones entre los mismos que tendrá la aplicación en un entorno de ejecución formal.

Figura 50. Diagrama de despliegue



Fuente: elaboración propia, con programa Enterprise Architect 8.

## **4. PROTOTIPO**

Con la finalidad de comprobar la viabilidad de la propuesta planteada en el presente trabajo, se realizó la construcción de un prototipo de la aplicación, con determinada cantidad de funciones limitada, comparada con todas las funcionalidades establecidas en el diseño de la aplicación. En el presente capítulo se mostrarán los diversos aspectos de su implementación, restricciones encontradas durante el desarrollo y resultados de las pruebas de campo para dicho prototipo.

### **4.1. Alcances**

El prototipo como tal abarca únicamente la aplicación móvil planteada, con determinadas funcionalidades básicas y vitales para probar la viabilidad del proyecto. El prototipo principalmente tiene el objetivo de evidenciar si es posible guiar a una persona por medio del oído, utilizando librerías de “Texto a voz”, a través de una ruta recopilada de internet de coordenadas GPS, que fue seleccionada por el usuario mediante ciertos comandos de voz definidos en el prototipo.

### **4.2. Funciones incluidas**

Las funcionalidades que se implementaron en la aplicación permiten de manera simplificada, guiar a una persona desde la posición establecida hasta un destino seleccionado. La lista específica de funciones que se desarrollaron en el prototipo se detalla a continuación.

- Notificación de mensajes e instrucciones por medio de diálogos de voz.
- Recepción de órdenes por medio de la voz del usuario.
- Consulta de coordenadas y rutas al API de Google *Routes* entre una coordenada destino y la posición actual del teléfono.
- Verificación de rotación con respecto al norte magnético haciendo uso de los sensores de brújula y acelerómetro del dispositivo.
- Mapa gráfico para referencia en pantalla de la ruta trazada y el seguimiento que se le va dando.
- Marcador con posición actual del usuario en el mapa.
- Opción de seleccionar un destino del área de favoritos guardados en la aplicación.
- Capacidad de agregar nuevos favoritos, desde la interfaz de la aplicación.
- Opción para repetir un comando anterior del historial de notificaciones en caso el usuario se lo haya perdido.

### **4.3. Recursos utilizados**

La plataforma elegida para desarrollar el proyecto fue el sistema operativo Android de Google, haciendo uso de las herramientas de desarrollo que éste sistema ofrece. La versión sobre la cual se trabajó fue el nivel 19 del API, que corresponde a la versión del sistema operativo 4.0.3 con nombre público *Ice cream sandwich*.

#### **4.3.1. Plataforma de desarrollo**

Esta versión ya ofrece de forma nativa las librerías para reconocimiento de voz, así como también es una de las versiones más comunes de encontrar en



los teléfonos inteligentes de actualidad, al momento de realización del presente trabajo.

Una de las ventajas que el sistema operativo ofrece, es configurar teléfonos reales en modo de desarrollo, para hacer las pruebas de la aplicación en un entorno real. En el caso del desarrollo del prototipo, se utilizaron 2 teléfonos distintos, ya que se necesitaba acceso a sensores físicos que brindarían información sobre el posicionamiento del teléfono en un momento determinado.

El software utilizado para realizar la codificación de la aplicación fue Android Studio, que es el entorno de desarrollo oficial publicado por Google, en su versión 1.0.0. Este software incluye todas las librerías necesarias para el desarrollo básico de una aplicación de Android, así como también un gestor de paquetes para descargar librerías adicionales, que fue utilizado en el prototipo como se detallará en secciones posteriores.

#### **4.3.2. Librerías utilizadas**

Una de las funciones principales del prototipo, es la de leer al usuario contenidos o información que no puede ver en la pantalla. El uso de esta librería en el proyecto, fue de utilidad para transmitir los diversos mensajes que la aplicación debía entregar al usuario para guiarlo por el recorrido al destino elegido.

##### **4.3.2.1. Google *text to speech***

La librería funciona mediante un parámetro de texto que se envía al objeto de voz y este se encarga de comunicar la información de forma verbal. Para el

caso del prototipo, se configuró en el idioma español, para realizar las pruebas ya que es el idioma oficial del país en donde se está realizando la propuesta de la aplicación.

#### **4.3.2.2. Google Maps**

Con el objetivo de guiar al usuario de la aplicación a un destino deseado, se utilizó el API de Google de mapas versión 2, para obtener el conjunto de puntos que forman la ruta a las coordenadas destino elegidas por el usuario. Esta librería se utilizó en dos formas distintas.

La primera, fue para obtener la sucesión de puntos que trazan la ruta desde la ubicación actual, hasta la ubicación destino. Los datos devueltos por la librería incluyen direcciones, tiempos estimados de llegada y coordenadas de diversos tramos. Es importante destacar, que las peticiones se configuraron para devolver coordenadas a pie, ya que se está evaluando la posibilidad de movilizarse por las calles, de momento sin utilizar ningún medio de transporte.

El segundo uso dado a la librería, fue para mostrar un mapa con la ubicación actual de la persona que utiliza la aplicación y dibujar en él la ruta que debe seguir la persona hasta el destino establecido. Esta función se agregó con fines de demostración del prototipo, de forma que visualmente se pueda comprobar si las indicaciones son correctas o no.

Es importante aclarar, que para hacer uso de esta librería, es necesario hacer un registro en el *Google Developers Console* para generar una llave que permitirá autorizar las consultas a los servidores de Google con datos de los mapas. En el caso del prototipo, se tiene una llave web y otra llave para la aplicación de Android como tal. Esta llave es necesaria para monitorear las consultas realizadas y en caso de exceder el límite gratuito, aplican cargos, un

aspecto a tener en consideración si la aplicación es puesta en producción para uso masivo.

También es necesario agregar las librerías de *Google Play Services* versión 7.0.0 para utilizar el API de Google Maps.

#### **4.3.2.3. Reconocimiento de voz**

El sistema Android ya cuenta con un motor de reconocimiento de voz integrado. Esta función fue utilizada para ingresar los comandos que desea el usuario y verificar si es viable utilizarlo ya en la aplicación real. Está disponible ya el reconocimiento de lenguajes en diversos idiomas, aunque dependerá del idioma, se requiere una conexión de internet. Los lenguajes más comunes pueden descargarse el paquete de idioma y utilizarlo sin conexión.

Para esta prueba por defecto se utilizó el idioma Español de España, para que el reconocimiento de voz pudiera utilizarse en modo sin conexión, y realizar un reconocimiento adecuado de las palabras utilizadas. Cabe mencionar que con conexión a internet, el reconocimiento de voz incluso puede configurarse a Español de Guatemala.

El teléfono al entrar en modo de reconocimiento, hace uso de los micrófonos que tenga a su disposición para interpretar el audio que captura, realiza la comparación con los datos que tiene almacenados o mediante la conexión a internet y retorna una cadena con todas las palabras que se lograron identificar.

### **4.3.3. Sensores utilizados**

Los diversos sensores de los cuales están provistos los teléfonos hoy en día, apoyaron diversas funciones del prototipo. En esta sección se detallarán los diversos sensores que se implementaron durante el desarrollo del prototipo.

#### **4.3.3.1. Sensor GPS**

Este fue de vital importancia, puesto que indicaba la ubicación del teléfono en todo momento y servía de patrón comparador sobre la ruta obtenida del servicio de Google Maps, que era la que guiaba al usuario al destino deseado. La precisión de las coordenadas que éste sensor provee, dependerá por supuesto de cada fabricante del mismo.

#### **4.3.3.2. Acelerómetro, giroscopio y sensor magnético**

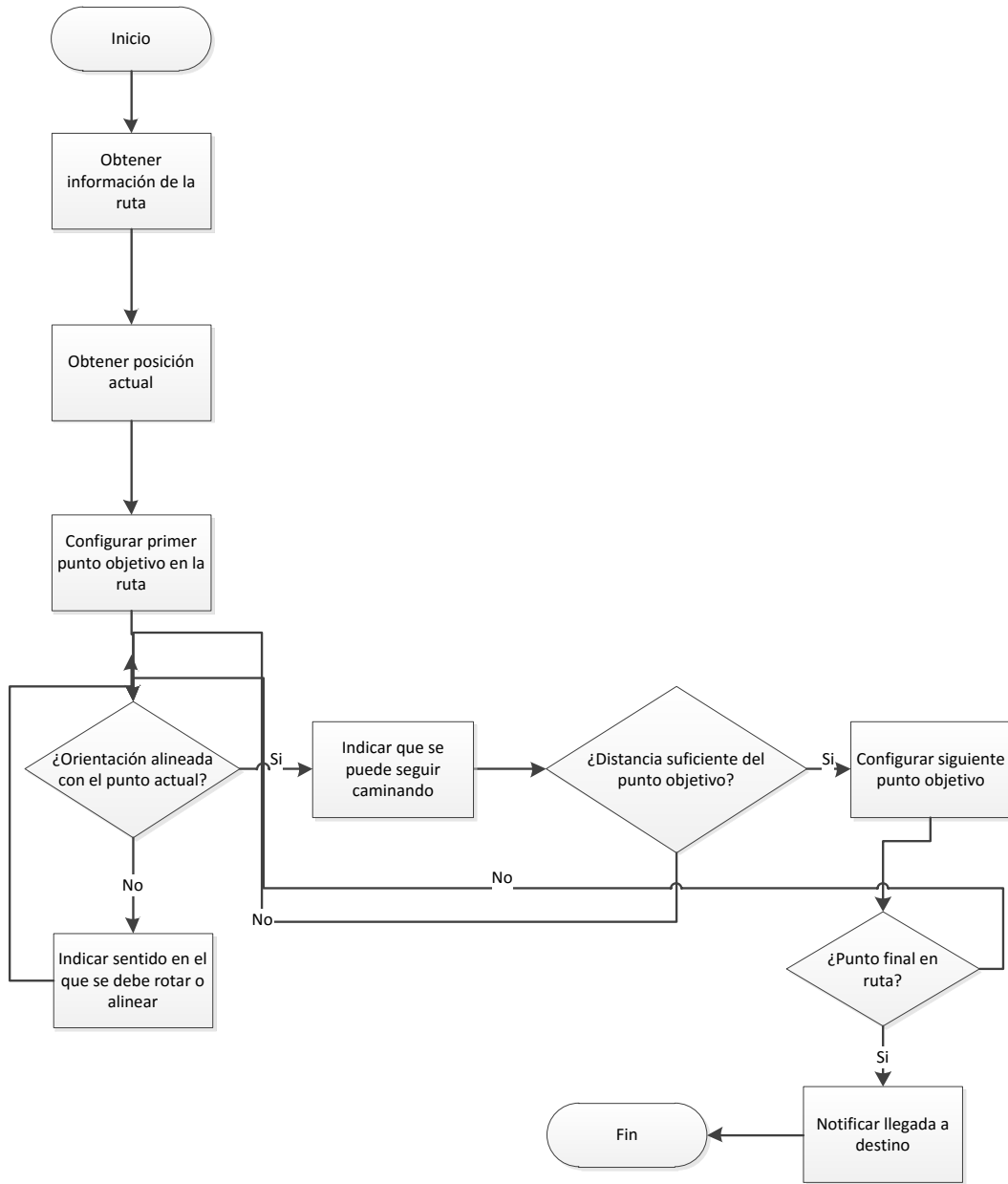
Estos sensores se utilizaron en conjunto para obtener la orientación del teléfono con respecto al norte magnético y obtener información valiosa, para procesar el cambio de orientación que la persona debía tener para llegar a la siguiente coordenada de la ruta. El sistema operativo Android, provee ya librerías que permiten con una mayor facilidad obtener información ya procesada en cuanto a la posición y orientación del teléfono.

### **4.4. Algoritmo de ruta definido**

El procedimiento de guía de la aplicación por una ruta establecida por el usuario se describe en la figura 51. La ruta consta de una serie de puntos establecidos que deberá seguir el usuario para ir llegando a su destino. El

teléfono se mantiene monitoreando la posición actual del teléfono, comparándolo con la distancia y orientación del siguiente punto al que el usuario debe llegar. Dependiendo de la desviación que este tenga en un determinado momento, la aplicación notifica al usuario la corrección que debe obtener para alinearse con el próximo punto en la ruta.

Figura 51. Algoritmo de guía por la ruta



Fuente: elaboración propia, con programa Enterprise Architect 8.

#### **4.5. Comandos de voz**

Con el fin de realizar pruebas sobre la función de reconocimiento de voz, se implementaron algunos de los comandos del diseño completo de la aplicación en el prototipo. La lista de los comandos implementados se muestra a continuación:

- Nuevo: permite al usuario seleccionar un destino nuevo de los diversos puntos ya almacenados previamente en la aplicación.
- Repetir: permite al usuario escuchar nuevamente una indicación que pudo haber perdido en su momento.
- Favoritos: permite seleccionar un destino de los favoritos de la aplicación que tiene ya almacenados.

#### **4.6. Pruebas de campo**

Con el fin de comprobar el comportamiento de las funciones esenciales o básicas de los distintos componentes que forman parte del prototipo, se realizaron las siguientes pruebas de campo.

Se realizaron las pruebas del prototipo en ambientes que pudieran simular un entorno de uso real o lo más cercano al mismo, partiendo desde condiciones controladas, hasta ambientes con factores variables.

Para ver el detalle del funcionamiento de la aplicación en las pruebas ver el anexo 4.

Estas pruebas de campo se realizaron con las siguientes características:

- Lugares: parqueo de la Universidad Francisco Marroquín. Facultad de Ingeniería, Rectoría, Plaza de los Mártires, caminamientos externos e internos de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Zona 17 y zona 10 de la ciudad de Guatemala.
- Condiciones climáticas: las distintas pruebas se realizaron en horarios comprendidos entre las 11:00 a.m. y las 5:00 p.m. con un clima relativamente soleado y despejado.
- Condiciones ambientales: se utilizó una aplicación de sonómetro digital con el fin de medir la cantidad de ruido que existía en cada situación y si estos podían influir en el prototipo, principalmente en los comandos de voz. Estos registraron entre los 40 db en los ambientes silenciosos y los 75 db en los ambientes con ruido.
- Prototipo: una de las características que utilizaron para el prototipo es que a pesar de que por seguridad la interfaz final de la aplicación, no contiene botones u otros componentes visuales que puedan presionarse por el usuario sin intención y ocasionar un resultado no deseado; para efectos de la depuración y verificación de las pruebas se muestran mapas e información sobre las rutas, puntos, coordenadas, ubicaciones y algunas otras variables de interés para guiar a un usuario no vidente.
- Configuración de destinos: uno de los aspectos a considerar es la búsqueda de destinos, ya que el realizar la misma con solamente la voz, podría ocasionar que el destino elegido no sea el deseado. Por lo mismo, aprovechando el hecho que una persona (posiblemente un familiar, conocido o encargado de la persona no vidente) debe configurar de



forma inicial el teléfono del usuario, se diseñó una pantalla visual para poder registrar destinos favoritos. Permitiendo esto una mayor seguridad al momento de definir un destino en específico. Cabe destacar que para llegar a esta pantalla se utiliza un comando de voz, para evitar la utilización de un componente visual.

Dentro de los resultados obtenidos después de las pruebas de campo se puede observar la siguiente información:

- Comandos de voz: la respuesta al reconocimiento de los distintos comandos de voz en los distintos ambientes (silenciosos y con ruido), dio como resultado el 91,4 por ciento (ver anexo 1) de acierto al momento de reconocer un comando o instrucción por voz. Se toma aproximadamente 5 segundos entre reconocer un comando de voz y obtener una respuesta del mismo. Se tarda aproximadamente 12 segundos el buscar una ruta por medio del comando de voz y hasta 45 segundos sí el destino no se reconoce hasta con 3 intentos.
- Conexión a internet: se utilizaron celulares con conexión 3G, los cuales reflejaron un consumo de aproximadamente 70 kb para la búsqueda de cada ruta. Cabe mencionar que se utilizó un mapa visual con las rutas determinadas y la posición del usuario, por motivos de verificación para el prototipo, lo cual pudo generar un mayor uso de datos para la carga del mapa, que la aplicación con su interfaz final; y un tiempo aproximado de entre 2 a 3 segundos el obtener una ruta del API de Google a través de la conexión a internet.
- GPS: el sensor de GPS mostró una buena calidad en las señales obtenidas, con un tiempo aproximado de 6 segundos para cada

actualización de la ubicación actual, sin pérdidas notables de señal. Un tiempo de aproximadamente 8 segundos para obtener la primera ubicación inicial y entre 5 a 6 satélites GPS por punto obtenido. Con una precisión de aproximadamente de entre 5 a 12 metros. Cabe mencionar que al caminar sobre ubicaciones techadas u obstruidas aéreamente, la precisión de los puntos obtenidos de GPS tienden a disminuir su precisión a comparación de ambientes totalmente libres.

- Rutas de Google: una de las observaciones que se tienen al momento de obtener una ruta a pie desde el API de Google, es que todavía están en una versión *Beta*, por lo que su utilización no es del 100 por ciento fiable a pesar que sus indicaciones son bastantes precisas y confiables. Esto podría mejorarse con mecanismos auxiliares de rutas propias definidas para la ciudad de Guatemala con las correcciones correspondientes. Un dato a tomar en consideración, es que estas rutas presentan inconvenientes en áreas que no tienen definida una ruta peatonal, como: algunos parqueos, áreas cerradas o privadas, y principalmente en interiores.

## CONCLUSIONES

1. Es posible guiar a personas no videntes, con la ayuda de herramientas tecnológicas. Siendo por el momento un buen complemento al tradicional bastón al que están acostumbrados a utilizar.
2. La utilización de una ruta (puntos o coordenadas) obtenida de una fuente de datos externa, proporciona una guía adecuada de las indicaciones a seguir para poder guiar a una persona invidente, complementado la misma con indicaciones en tiempo real para corregir su orientación (rotación) para alinearse con la misma.
3. El origen de datos de Google es bastante preciso en determinados puntos de la ciudad de Guatemala, a pesar que todavía se encuentra en una fase beta.
4. En ambientes con poco ruido, el prototipo de la aplicación mostró reconocer con alto porcentaje de éxito los comandos de voz que se le indicaban a la misma.
5. La precisión de la ubicación en una ruta determinada, depende en gran medida de los factores climatológicos y del contexto en el que se encuentre. En áreas libres de obstáculos aéreos se logra una muy buena precisión para la guía de una persona invidente.

6. Teniendo un origen de datos bastante preciso y detallado sobre la ciudad de Guatemala, la aplicación es viable para indicar a las personas invidente los pasos o la ruta que deben seguir para llegar a sus destinos deseados, con indicaciones adecuadas y confiables.

## RECOMENDACIONES

1. Es posible mejorar las indicaciones que se da al usuario teniendo una fuente de datos mucho más detallada de la ciudad de Guatemala, agregando en las rutas obstáculos, como: pasarelas, pendientes, cruces de calles y semáforos, para proveer las indicaciones adecuadas a la persona con discapacidad visual.
2. Comercios importantes pudieran definir las ubicaciones en los orígenes de datos para atraer visitas de personas con discapacidad visual, teniendo el medio para llegar por su cuenta a estos lugares.
3. Se puede lograr una mejor optimización de la batería del dispositivo, tomando mediciones de la ubicación con una frecuencia menor. Es necesario definir el punto adecuado entre posición exacta para guiarlo por la ruta y rendimiento de la batería del dispositivo.
4. Se podría complementar la utilización de una fuente de datos externa con un una red colaborativa, entre las personas que se movilizan a pie dentro de la ciudad de Guatemala, con el fin de realizar las correcciones necesarias sobre las rutas y puntos, así como la adición de cruces de calles, semáforos, pasarelas, entre otros. Generando mejores datos y con mayor precisión en las indicaciones para la guía de una persona invidente.



## BIBLIOGRAFÍA

1. *Adaptabilidad de la PC para discapacidad visual*. [en línea]. <<http://compuparadiscapacidadvisual.blogspot.com/2011/06/impresoras-braille.html>>. [Consulta: 5 de mayo de 2015].
2. APS guide. *Accessible pedestrian signals*. [en línea]. <<http://www.apsguide.org/>>. [Consulta: 19 de mayo de 2015].
3. *Arcgis resources*. [en línea]. <<http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000s000000.htm>>. [Consulta: 10 de mayo de 2015].
4. Arduino. *Getting started*. [en línea]. <<http://arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. [Consulta: 12 de mayo de 2015].
5. ARENY PALLÁS, Ramón. *Sensores y acondicionadores de señal*. Barcelona, España: Marcombo, 2008. 474 p.
6. Asociación de Glaucoma para Afectados y Familiares. *Glaucoma congénito*. [en línea]. <[http://www.asociaciondeglaucoma.es/glaucoma/glaucoma\\_congenito.html](http://www.asociaciondeglaucoma.es/glaucoma/glaucoma_congenito.html)>. [Consulta: 6 de mayo de 2015].

7. BARLOW, Janet. *Common problems arising in the installation of accessible*. [en línea]. <<https://www.access-board.gov/attachments/article/1186/APS-common-problems.pdf>>. [Consulta: 11 de mayo de 2015].
8. BATUSEK, Robert; KOPECEK, Ivan. *User interfaces for visually impaired people*. [en línea]. <<http://ui4all.ics.forth.gr/UI4ALL-99/Batusek.pdf>>. [Consulta: 5 de mayo de 2015].
9. BELMONTE GÓMEZ, José Antonio. *Ceguera y deficiencia visual: aspectos generales*. [en línea]. <[https://www.google.com.gt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCUQFjAB&url=http%3A%2F%2Fulises.cepgranada.org%2Fmoodle%2Fpluginfile.php%2F15077%2Fmod\\_folder%2Fcontent%2F0%2FDOCUMENTOS%2Fcap29.pdf%3Fforcedownload%3D1&ei=iUicVOOuJ5OAgwTyj4SgAQ&usg](https://www.google.com.gt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCUQFjAB&url=http%3A%2F%2Fulises.cepgranada.org%2Fmoodle%2Fpluginfile.php%2F15077%2Fmod_folder%2Fcontent%2F0%2FDOCUMENTOS%2Fcap29.pdf%3Fforcedownload%3D1&ei=iUicVOOuJ5OAgwTyj4SgAQ&usg)>. [Consulta: 5 de mayo de 2015].
10. *Características de las coordenadas UTM*. [en línea]. <[http://www.elgps.com/documentos/utm/coordenadas\\_utm.html](http://www.elgps.com/documentos/utm/coordenadas_utm.html)>. [Consulta: Consulta 7 de mayo de 2015].
11. CARDIN, Sylvain; THALMANN, Daniel; VEXO, Frederic. *Wearable system for mobility improvement*. [en línea]. <<http://infoscience.epfl.ch/record/99038/files/VisualComputer.pdf>>. [Consulta: 18 de mayo de 2015].



12. *Cartografía*. [en línea]. <[http://loseskakeados.com/joomla1cinco/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10776:cartografa-acerca-de-las-proyecciones-cartograficas&catid=338:cartografa&Itemid=283](http://loseskakeados.com/joomla1cinco/index.php?option=com_content&view=article&id=10776:cartografa-acerca-de-las-proyecciones-cartograficas&catid=338:cartografa&Itemid=283)>. [Consulta: Consulta: 7 de mayo de 2015].
13. CHEYER, Adam. *Siri, regreso al futuro. La historia del asistente de voz de Apple*. [en línea]. <<http://www.applesfera.com/curiosidades/siri-regreso-al-futuro-la-historia-del-asistente-de-voz-de-apple>>. [Consulta: 8 de mayo de 2015].
14. *Clinica Valle*. [en línea]. <<http://www.clinicavalle.com/salud-visual/efectos-radiacion-solar.html>>. [Consulta: 17 de mayo de 2015].
15. Copant. *International Standard Organization*. [en línea]. <<http://www.copant.org/documents/18/106664/2012-05-25>>. [Consulta: 18 de mayo de 2015].
16. *Egnos*. [en línea]. <<http://www.hr-tews.de/GPS/egnos.htm>>. [Consulta: 5 de mayo de 2015].
17. *Enciclopedia Medline Plus*. [en línea]. <<http://www.nlm.nih.gov/>>. [Consulta: 13 de mayo de 2015].
18. *Federal aviation asociation*. [en línea]. <<http://www.nstb.tc.faa.gov/>>. [Consulta: 5 de mayo de 2015].
19. *Glonass*. [en línea]. <<http://www.glonass.it/eng/glonass-story.aspx>>. [Consulta: 3 de mayo de 2015].

20. GOMEZ, Kevin. *Multi-sensor navigation gadget for people who are blind*. [en línea]. <<http://www.electronicsnews.com.au/news/multi-sensor-navigation-gadget-for-people-who-are>>. [Consulta: 18 de mayo de 2015].
21. Google Sites. *Geolocalización*. [en línea]. <<https://sites.google.com/a/student.ie.edu/sistgeolocalizacion/tipos-de-sistemas/g-p-s>>. [Consulta: 12 de mayo de 2015].
22. GPS. *Sistema de posicionamiento global al servicio del mundo*. [en línea]. <<http://www.gps.gov/spanish.php>>. [Consulta: 21 de mayo de 2015].
23. *GPS Basic*. [en línea]. <<http://www.caminsdemuntanya.com/publica/docus/GPSBasics.pdf>>. [Consulta: 10 de mayo de 2015].
24. HIERRO ÁLVAREZ, Jorge. *Informe técnico sobre los sistemas de Reconocimiento de voz*. [en línea]. <<https://jorgehierro.files.wordpress.com/2008/02/voice-reconigionii.pdf>>. [Consulta: 18 de mayo de 2015].
25. *IEEE xplore*. [en línea]. <[http://ieeexplore.ieee.org/ieee\\_pilot/articles/96jproc12/jproc-TMurphy-2006101/article.html](http://ieeexplore.ieee.org/ieee_pilot/articles/96jproc12/jproc-TMurphy-2006101/article.html)>. [Consulta: 5 de mayo de 2015].
26. Infogen. *Cataratas congénitas del recién nacido*. [en línea]. <<http://infogen.org.mx/cataratas-congenitas-cataratas-del-recien-nacido/>>. [Consulta: 12 de mayo de 2015].

27. International Loran Association. *eLoran definition document*. [en línea]. <<http://www.loran.org/ILAArchive/eLoran%20Definition%20Document/eLoran%20Definition%20Document-1.0.pdf>>. [Consulta: 16 de mayo de 2015].
28. Laboratorio de astronomía, geodesia y cartografía. *Sistemas GNSS*. [en línea]. <[http://lagc.uca.es/web\\_lagc/docs/curso\\_rap/Presentacion\\_II.pdf](http://lagc.uca.es/web_lagc/docs/curso_rap/Presentacion_II.pdf)>. [Consulta: 13 de mayo de 2015].
29. *La ciencia en el cole*. [en línea]. <[http://lacienciaalcole.blogspot.com/2013\\_06\\_01\\_archive.html](http://lacienciaalcole.blogspot.com/2013_06_01_archive.html)>. [Consulta: 10 de mayo 2015].
30. LEIBS, Andrew. *Top iPhone apps for the blind & visually impaired*. [en línea]. <<http://assistivetechology.about.com/od/ATCAT6/tp/Top-10-Iphone-Apps-For-The-Visually-Impaired.htm>>. [Consulta: 9 de mayo de 2015].
31. *Localizaciones geográficas*. [en línea]. <<http://www.cartesia.org/data/apuntes/cartografia/cartografia-datum.pdf>>. [Consulta: 7 de mayo de 2014].
32. MEDEIRO CARNEIRO, Marcelo; VELHO, Luiz. *Assistive interfaces for the visually impaired using force feedback devices and distance transforms*. [en línea]. <<http://itd.athenpro.org/volume10/number2/carneiro.html>>. [Consulta: 15 de mayo de 2015].

33. MEREU, Stephen; KAZMAN, Rick. *Audio enhanced 3D interfaces for visually impaired users*. [en línea]. <<http://old.sigchi.org/chi96/proceedings/papers/Mereu/rnk-txt.htm>>. [Consulta: 25 de mayo de 2015].
34. MOSS, Richard. *Camera lets blind people navigate with gestures*. [en línea]. <<http://www.technologyreview.com/news/520356/camera-lets-blind-people-navigate-with-gestures/>>. [Consulta: 20 de mayo de 2015].
35. Navipedia. *The reference for Global Navigation Satellite Systems*. [en línea]. <[http://www.navipedia.net/index.php/Main\\_Page](http://www.navipedia.net/index.php/Main_Page)>. [Consulta: 10 de mayo de 2015].
36. NIS GLONNAS. [en línea]. <<http://www.nis-glonass.ru/en/>>. [Consulta: 15 de mayo de 2015].
37. Organización Mundial de la Salud. *Ceguera y discapacidad visual*. [en línea]. <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/es/>>. [Consulta: 19 de mayo de 2015].
38. Princeton University. *Global Navigation Satellite System (GNSS)*. [en línea]. <<https://www.princeton.edu/~alaink/Orf467F07/GNSS.pdf>>. [Consulta: 18 de mayo de 2015].
39. PUCP. *Introducción a las tecnologías de reconocimiento de voz*. [en línea]. <<http://blog.pucp.edu.pe/item/54702/introduccion-a-las-tecnologias-de-reconocimiento-de-voz>>. [Consulta: 13 de mayo de 2015].

40. RCS Components. *HC Serial Bluetooth Products*. [en línea]. <[http://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/hc\\_hc-05-user-instructions-bluetooth.pdf](http://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/hc_hc-05-user-instructions-bluetooth.pdf)>. [Consulta: 16 de mayo de 2015].
41. ROJAS LÓPEZ, Estefania. *Comunicación vía satélite*. [en línea]. <<https://ricomviasatelite.wordpress.com/2013/06/03/que-es-la-comunicacion-via-satelite/>>. [Consulta: 14 de mayo de 2015].
42. SÁNCHEZ, Rocío; et al. *Trauma ocular*. [en línea]. <<http://mingaonline.uach.cl/pdf/cuadcir/v22n1/art13.pdf>>. [Consulta: 12 de mayo de 2015].
43. *Sistema GNSS*. [en línea]. <[http://www.satellites.site90.net/Sistema\\_GPS/como\\_funciona.html](http://www.satellites.site90.net/Sistema_GPS/como_funciona.html)>. [Consulta: 5 de mayo de 2015].
44. Sociedad española de diabetes. *¿Qué alteraciones produce la diabetes en el organismo?* [en línea]. <<http://www.sediabetes.org/gestor/upload/pdf%20dkv/3Qu%C3%A9%20alteraciones%20produce%20la%20diabetes%20en%20el%20organismo.pdf>>. [Consulta: 2 de mayo de 2015].
45. *Soluciones integrales vía*. [en línea]. <[http://www.ver.com.co/ingles/index.php?page=shop.product\\_details&product\\_id=92&flypage=flypage.tpl&pop=0&option=com\\_virtuemart&Itemid=53](http://www.ver.com.co/ingles/index.php?page=shop.product_details&product_id=92&flypage=flypage.tpl&pop=0&option=com_virtuemart&Itemid=53)>. [Consulta: 5 de mayo de 2015].

46. TAPIA, Iván. *Psicología de la ceguera*. [en línea]. <[http://www.integrando.org.ar/datosdeinteres/it\\_psicologia\\_ceguera.htm](http://www.integrando.org.ar/datosdeinteres/it_psicologia_ceguera.htm)>. [Consulta: 15 de mayo de 2015].
47. TAPIAS MERINO, Daniel. *Sistemas de reconocimiento de voz en las telecomunicaciones*. [en línea]. <[https://www.google.com.gt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&ved=0CEYQFjAG&url=http%3A%2F%2Fdialog.net.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F227026.pdf&ei=gNNzVOGPGcigNsfhgJgL&usg=AFQjCNHO\\_zDA25Y6F010i4nZ4cGDOQHCg&sig2=ffixJ0qAGJEEk\\_9e\\_5GuQw&bvm=bv.8018](https://www.google.com.gt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&ved=0CEYQFjAG&url=http%3A%2F%2Fdialog.net.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F227026.pdf&ei=gNNzVOGPGcigNsfhgJgL&usg=AFQjCNHO_zDA25Y6F010i4nZ4cGDOQHCg&sig2=ffixJ0qAGJEEk_9e_5GuQw&bvm=bv.8018)>. [Consulta: 9 de mayo de 2015].
48. TOKUDA, Katsumi; et al. *Guidebook for the proper installation of tactile*. [en línea]. <<http://iatss.or.jp/pdf/tenjie.pdf>>. [Consulta: 11 de mayo de 2015].
49. Úrvilág úrkutatási hírportál. *Cincuenta años de navegación por satélite*. [en línea]. <[http://www.urvilag.hu/navigacio\\_es\\_terkepeszet/20100413\\_50\\_eves\\_a\\_muholdas\\_navigacio](http://www.urvilag.hu/navigacio_es_terkepeszet/20100413_50_eves_a_muholdas_navigacio)>. [Consulta: 6 de mayo de 2015].
50. WATSON, Léonie. *What is a screen reader?* [en línea]. <<http://www.nomensa.com/blog/2005/what-is-a-screen-reader>>. [Consulta: 17 de mayo de 2015].
51. Wikipedia. *Google Now*. [en línea]. <[http://es.wikipedia.org/wiki/Google\\_Now](http://es.wikipedia.org/wiki/Google_Now)>. [Consulta: 22 de mayo de 2015].

52. ———. *Impresora Braille*. [en línea]. <[http://es.wikipedia.org/wiki/Impresora\\_braille](http://es.wikipedia.org/wiki/Impresora_braille)>. [Consulta: 14 de mayo de 2015].
53. ———. *Sistema Braille*. [en línea]. <[http://es.wikipedia.org/wiki/Braille\\_\(lectura\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Braille_(lectura))>. [Consulta: 8 de mayo de 2015].
54. ———. *Sistema de Información Geográfica*. [en línea]. <[http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_informaci%C3%B3n\\_geogr%C3%A1fica#Historia\\_de\\_su\\_desarrollo](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_informaci%C3%B3n_geogr%C3%A1fica#Historia_de_su_desarrollo)>. [Consulta: 17 de mayo de 2015].





## ANEXOS

### 1. Pruebas de comandos de voz

Para realizar las pruebas de los comandos de voz se agregó un archivo de texto a la aplicación móvil como una especie de *Log* que indica si la aplicación logró reconocer correctamente el comando de voz o falló en el intento. De acuerdo a esto se obtuvo los siguientes datos:

- Se realizaron 58 reconocimientos de voz en total.
- De los cuales 53 fueron correctos y en 5 ocasiones falló el reconocimiento.
- Con esto se tiene como resultado un 91,4 por ciento de acierto al reconocer un comando de voz y un fallo en el reconocimiento de 8,6 por ciento, que pudo ser causado por distintos factores como el ruido.

### 2. Equipo físico utilizado para las pruebas

Para la realización de las pruebas de campo se utilizó el equipo físico con las siguientes características:

- Smartphone Samsung Galaxy S5 Mini con las siguientes características:
  - Pantalla *Touchscreen* capacitiva de 720x1280 pixeles y 4.5 pulgadas
  - 1,5 GB de Memoria *RAM*
  - Procesador *Quad-Core* 1,4 Ghz (Samsung Exynos 3 Quad 3470 / CPU ARM Cortex-A7 / GPU ARM Mali-400MP4)
  - Sistema Operativo Android 4.4.2 Kitkat
  - GPS con soporte A-GPS y GLONASS

- 3G HSDPA 42.2 Mbps / HSUPA 5.76 Mbps

Vista frontal Samsung S5 mini



Fuente: teléfono de prueba.

Vista posterior Samsung S5



Fuente: teléfono de prueba.

- Smartphone Alcatel One Touch Idol con las siguientes características:
  - Pantalla *Touchscreen* capacitiva de 540x960 píxeles y 4.7 pulgadas
  - 1GB de Memoria *RAM*
  - Procesador *Dual-Core 1 Ghz* (MediaTek MT6577+ / (CPU ARM Cortex-A9 / GPU PowerVR SGX531 Ultra)
  - Sistema Operativo Android 4.1 Jelly Bean
  - GPS con soporte A-GPS
  - 3G HSDPA 7.2 Mbps / HSUPA 5.76 Mbps

Vista posterior Alcatel



Fuente: teléfono de prueba.

### Vista frontal Alcatel



Fuente: teléfono de prueba.

- Audífonos Samsung con control de audio, con conector de 3,5 mm.

### Audífonos utilizados en pruebas



Fuente: auriculares para prueba de audio en comandos de voz.

- Smartphone Sony Xperia M2 con las siguientes características:
  - Pantalla *Touchscreen* capacitiva de 540 x 960 píxeles y 4,8 pulgadas

- 1GB de Memoria RAM
- Procesador Qualcomm MSM8926 Snapdragon 400 quad-core 1,2 GHz
- Sistema Operativo Android 4.3 Jelly Bean
- GPS con soporte A-GPS y GLONASS
- 3G HSDPA 21Mbps / HSUPA 5.76Mbps

Vista frontal Sony Xperia M2



Fuente: teléfono de prueba.

## Vista posterior Sony Xperia M2



Fuente: teléfono de prueba.

- Audífonos Sony con control de audio de 3,5 mm y botón para control de audio

Audífonos utilizados en las pruebas



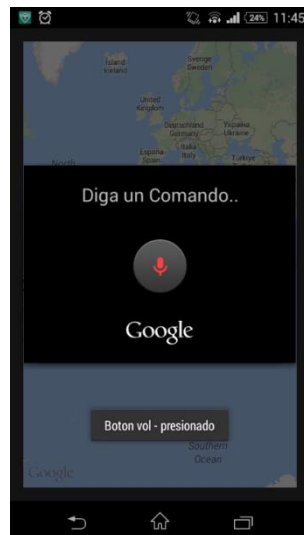
Fuente: audífonos para prueba de audio de comandos de voz.



## Comandos de voz

Para hacer la interacción con la aplicación, como era objetivo que la utilizaran personas con discapacidad visual, se agregó un componente que es capaz de reconocer los comandos de voz. En la versión prototipo, se establecieron únicamente unos pocos comandos que eran suficientes para realizar las pruebas y mediciones de la aplicación. Para ingresar al modo de escucha es necesario únicamente en caso de tener conectados los auriculares el botón de control de audio (*headhook*), o también utilizar el botón “volumen –“ del teléfono, el cual también se puede utilizar este botón para iniciar la captura de comandos, este botón se dejó así a manera de un método alternativo en caso no contar con audífonos en ese momento, aunque sugerimos utilizar siempre los audífonos ya que la lectura del micrófono es mucho mejor, incluso en ambientes con ruido.

## Escucha de comandos de voz



Fuente: modo de reconocimiento de voz de la aplicación.



En el momento en el que la aplicación reconoce un comando, lo repite para hacer la confirmación del usuario de que se reconoció correctamente la instrucción indicada.

Entre los comandos establecidos para el prototipo se pueden mencionar:

- Nuevo: permite elegir un nuevo destino al cual la persona desea llegar. Este será de una lista de destinos que se tienen almacenados en la aplicación (posteriormente se detallará como agregar más destinos a la aplicación)
- Mostrar favoritos: esta combinación de palabras, muestra un mapa en modo libre que permite elegir nuevos puntos para almacenarlos en la aplicación como destinos.
- Modo pruebas. esta combinación de palabras, muestra un panel con los datos de depuración y pruebas de la aplicación.

Nuevo destino

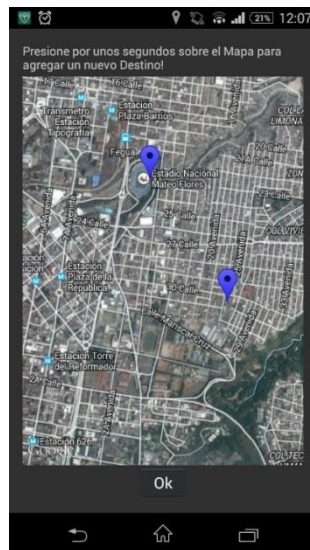
Con la instrucción para un nuevo destino, la aplicación automáticamente pregunta el nombre para el destino, el cual es buscado posteriormente con alguna coincidencia de entre los puntos almacenados en los favoritos de la aplicación. En el caso de no entender el destino deseado o no tenerlo, la aplicación lo vuelve a consultar hasta 3 veces.

## Favoritos

Esta opción permite a un usuario agregar nuevos destinos para que puedan ser seleccionados posteriormente y establecer una ruta que se deba seguir. Es importante aclarar, que ésta opción la debe utilizar una persona con capacidad de ver la pantalla, ya que se utilizan funciones con el sentido del tacto para marcar los puntos en pantalla.

Para iniciar este modo, es necesario decir el comando mostrar favoritos, con lo cual se abre un mapa en modo libre, con el cual se puede navegar y establecer un punto deseado a voluntad.

## Búsqueda de favoritos

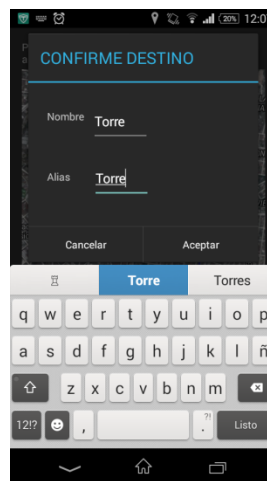


Fuente: destinos favoritos marcados en la vista de mapa de la aplicación.

Para desplazarse por el mapa, es posible hacerlo como se manipulan imágenes en los teléfonos inteligentes con pantalla táctil. Un dedo sirve para desplazarse en una determinada dirección. Para acercar o alejar el mapa, se utilizan dos dedos acercándolos o alejándolos entre según sea el caso.

Cuando se encuentra el punto deseado únicamente es necesario dejar presionado el punto a agregar a favoritos durante unos segundos con el dedo y aparecerá la siguiente ventana. En la cual es necesario definir el nombre del punto y un alias, de preferencia de una palabra, para que sea mucho más fácil encontrarlo a la hora de buscar la ruta.

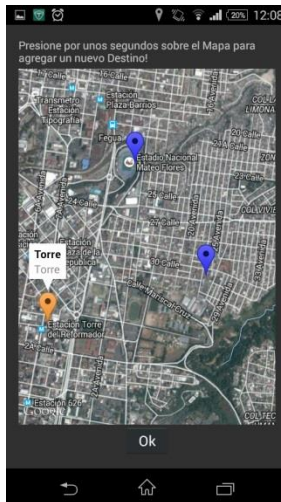
### Guardar favorito



Fuente: interfaz para almacenar un destino favorito nuevo.

Una vez confirmado el nuevo destino favorito se mostrará en el mapa en color naranja. Los puntos azules que se muestran son los destinos favoritos que se han guardado con anterioridad.

## Pantalla de favoritos



Fuente: destino favorito seleccionado en el mapa de la aplicación.

## Modo depuración

El modo de depuración o pruebas fue agregado al prototipo para hacer verificaciones sobre el funcionamiento correcto de la aplicación. De esta forma se pueden ver los valores de los diversos parámetros que utiliza la aplicación para funcionar. En modo normal, la aplicación tiene una vista completa del mapa en su pantalla.

Para ingresar a este modo, es necesario presionar la tecla de volumen o la tecla del audífono para entrar en el modo de dicción de comandos. Estando en este modo, se debe decir el comando modo pruebas. Cuando la aplicación reconoce satisfactoriamente el comando, reduce un cierto porcentaje el mapa y muestra opciones en la parte superior como se muestra en la siguiente imagen.

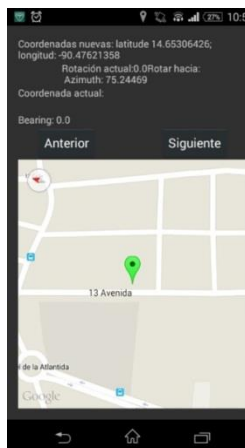
## Pantalla inicial de la aplicación



Fuente: Vista mientras se detecta la señal del GPS.

Una vez la aplicación ubica la coordenada actual del GPS, muestra en la parte superior la información referente sobre la rotación y posicionamiento del teléfono.

## Coordenada actual en mapa



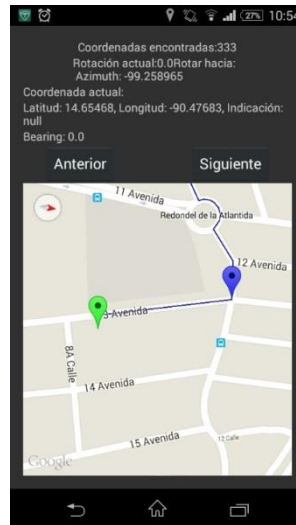
Fuente: Ubicación actual marcada en la vista de mapa.

Como se puede observar, los datos mostrados son los siguientes:

- **Coordenadas nuevas:** indican las coordenadas de posición en la cual se encuentra el teléfono.
- **Rotación actual:** indica la rotación que se tiene en un momento preciso del teléfono con respecto al polo magnético de la tierra.
- **Rotar hacia:** indica mediante un signo - si se debe rotar a la izquierda o un signo + si se debe rotar a la derecha. Esta indicación es la que brinda la aplicación por medio de lectura de voz, aunque acá se muestra para comprobar si el dialogo es correcto con lo que muestra la pantalla.
- **Azimut:** muestra el dato obtenido de la brújula del teléfono, basado en grados, sobre la dirección del teléfono con respecto al campo magnético de la tierra. Este va de -180 grados a 180 para formar la circunferencia completa.
- **Coordenada actual:** son las coordenadas del siguiente punto al cual se está dirigiendo al usuario de la aplicación. En éste modo, estas se pueden cambiar utilizando los botones de anterior y siguiente. En el modo normal, el teléfono es el que guía automáticamente a la persona y cuando está en el punto destino, mueve automáticamente el punto actual al siguiente objetivo.
- **Bearing:** dato que muestra la rotación que se debe tener al siguiente punto que se tiene como meta. Se obtiene calculando la rotación actual, con las coordenadas del punto objetivo.

Al elegir un destino mediante los comandos para hacerlo, la aplicación muestra el mapa como es habitual, con la salvedad que se ve reducido por los datos mostrados en la parte superior.

## Vista de ruta en la aplicación



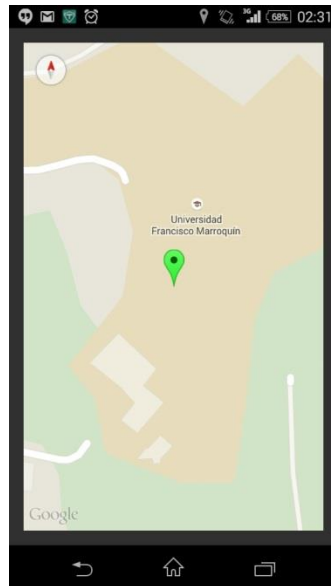
Fuente: ruta definida mostrándose en mapa a seguir por él usuario.

## 4. Detalle de pruebas

A continuación se muestran algunas de las capturas de pantallas obtenidas durante la realización de una de las pruebas de campo.

En esta imagen podemos observar como el punto inicial verde nos indica nuestra ubicación actual al iniciar las pruebas.

## Posición actual previa a pruebas

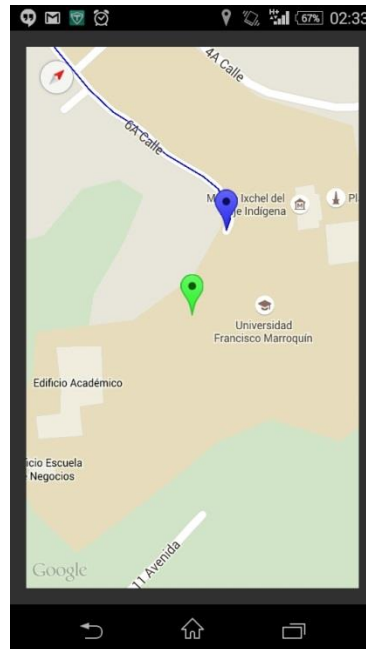


Fuente: ubicación actual mostrada en el mapa.

En la siguiente imagen se muestra como al momento de buscar una ruta hacia un destino, esta muestra un punto azul con la primera indicación hacia donde debe dirigirse el usuario para poder llegar a ese destino. El punto verde siempre indica la posición actual del usuario.



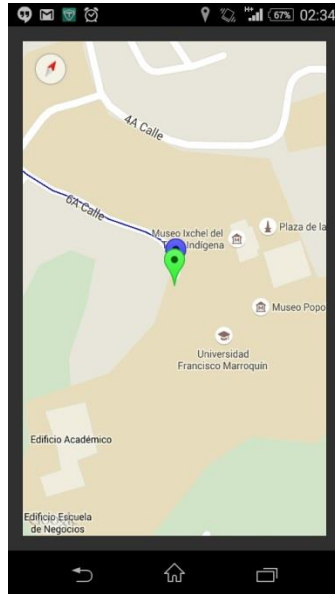
## Ruta encontrada



Fuente: Ruta a seguir por él usuario.

En la siguiente imagen se muestra como de acuerdo a las indicaciones obtenidas, el usuario va llegando a la primera indicación. La línea azul indica la ruta a seguir para llegar al destino deseado.

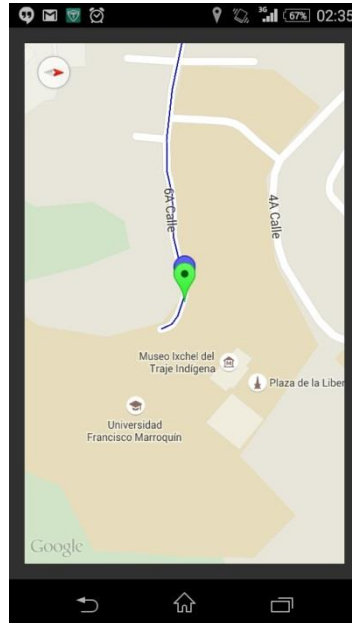
## Ruta a seguir



Fuente: guía al siguiente punto marcado.

En la siguiente imagen se ve cómo al ir avanzando entre las distintas indicaciones se mantiene la línea azul de la ruta a seguir. Y a medida que el punto verde que indica la posición actual alcanza cada indicación se va mostrando la siguiente indicación.

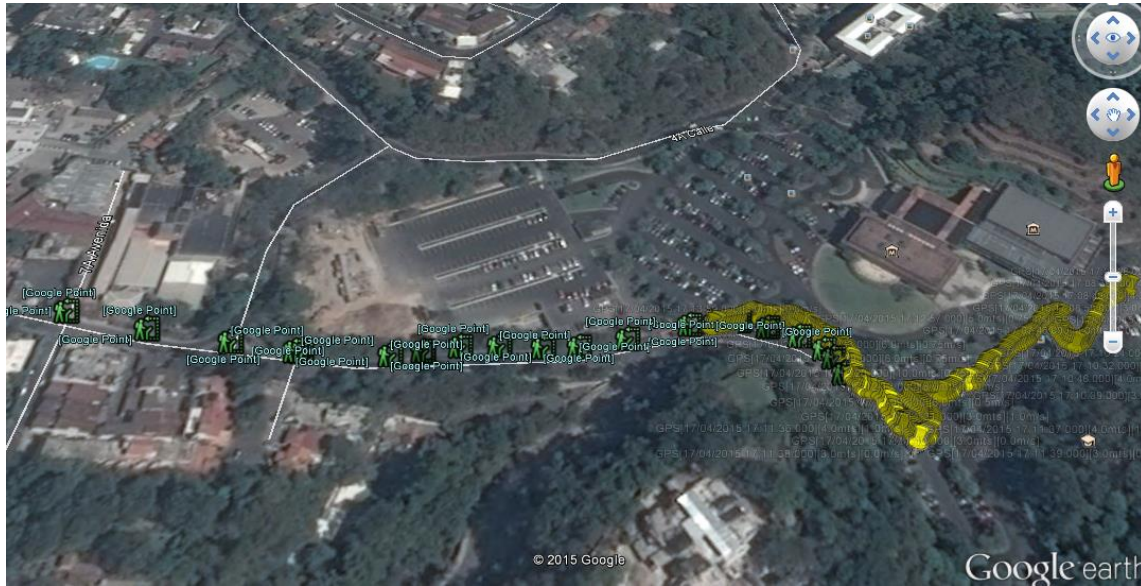
## Seguimiento de ruta en la aplicación



Fuente: marca del siguiente punto en la ruta.

A continuación se muestra un mapa que detalla cómo se va moviendo el usuario respecto a la ruta que se definió para llegar al destino deseado.

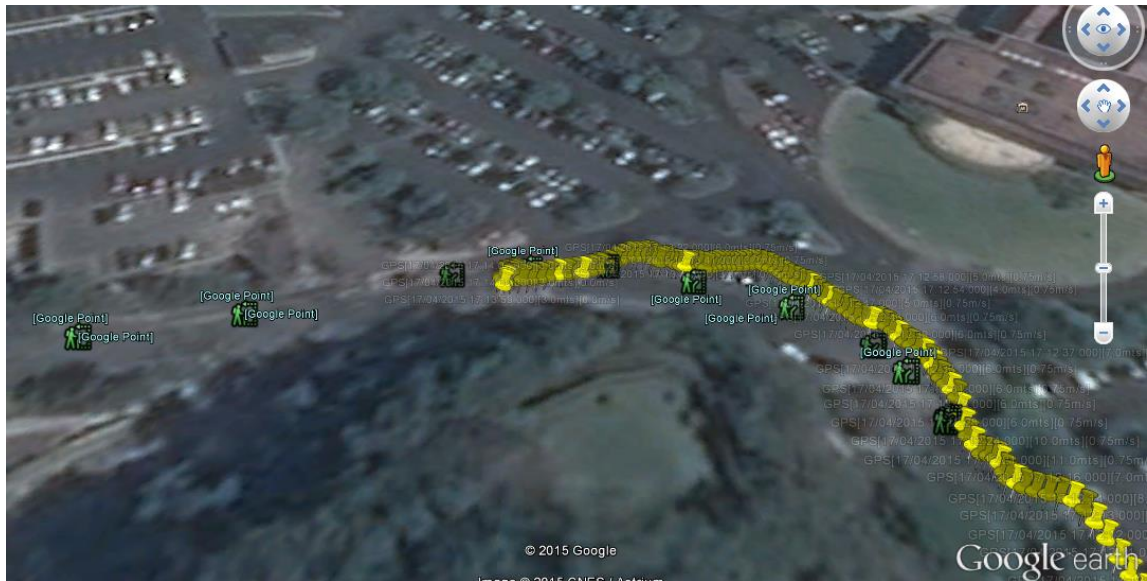
## Prueba en Universidad Francisco Marroquín



Fuente: vista de planta de la ruta de prueba del prototipo.

En esta imagen podemos ver como los puntos que aparecen en verde son las indicaciones que debe seguir el usuario para llegar al destino deseado. Los puntos amarillos muestran como el usuario ha ido moviéndose de acuerdo a las indicaciones dadas por la aplicación para poder pasar por cada punto definido de la ruta.

## Prueba en Universidad Francisco Marroquín



Fuente: vista de la ruta recomendada por la aplicación.

Estas imágenes fueron generadas con Google Earth, a través de un archivo .kml, obtenido de un archivo de texto generado por la aplicación como una especie de *Log*. Esto es con el fin de poder corroborar los datos obtenidos en las pruebas de campo. Y verificar no solo la precisión de las indicaciones de la ruta para el usuario, sino también como este va siguiendo las indicaciones dadas por la aplicación para poder seguir cada uno de los puntos definidos de la ruta, que lo llevará hacia su destino seleccionado.

Otra ubicación abordada en las pruebas de la aplicación fue en la Universidad de San Carlos de Guatemala. Para esta ubicación, se encontró que las rutas que provee el servicio de Google, no contiene algunos de los pasos peatonales del lugar. Por lo que los datos no fueron muy representativos. A continuación se muestran unas fotos de campo sobre las pruebas realizadas en las instalaciones.

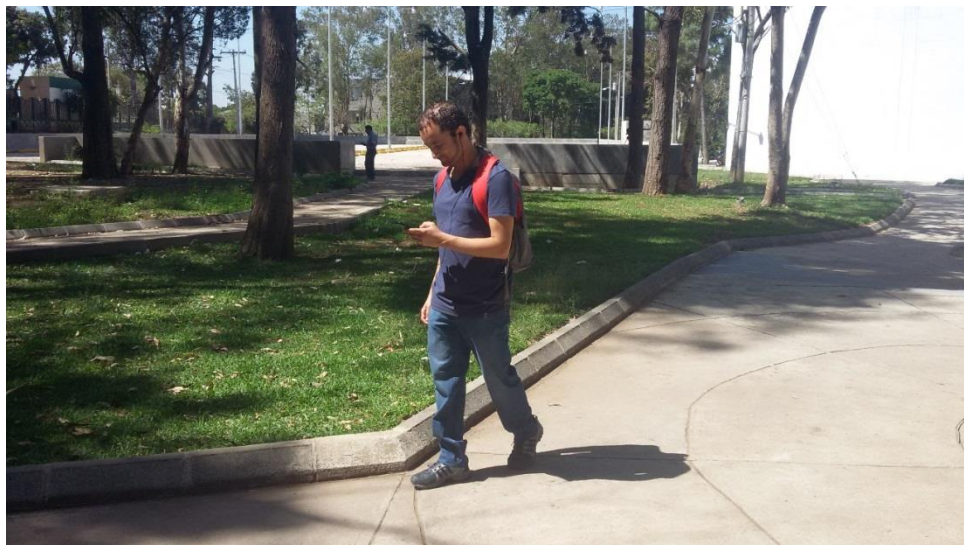


### Prueba con teléfono Sony



Fuente: Prueba cerca del edificio T-13 en Universidad de San Carlos de Guatemala.

### Prueba con teléfono Sony



Fuente: Prueba de guía de la aplicación.

Figura 52. **Prueba con teléfono Samsung S5**



Fuente: Prueba de la aplicación cerca de biblioteca central Usac.

Figura 53. **Prueba con teléfono Samsung S5**



. Fuente: Seguimiento de ruta en campo.

