



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES

“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO
BASADO EN TARJETAS DE DESARROLLO PARA EL
DESPLAZAMIENTO, LECTURA DE TEXTO IMPRESO Y
LOCALIZACIÓN DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL”

TRABAJO DE TITULACIÓN

Tipo: DISPOSITIVO TECNOLÓGICO

Para optar al Grado Académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES

AUTORES: CARLOS ALEXIS MIRANDA BRAVO
YESENIA ELIZABETH AGUIRRE PEÑAFIEL

TUTOR: ING. EDWIN VINICIO ALTAMIRANO SANTILLÁN

Riobamba - Ecuador

2018

©2018, Carlos Alexis Miranda Bravo, Yesenia Elizabeth Aguirre Peñafiel

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
EN TELECOMUNICACIONES Y REDES

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: “IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO BASADO EN TARJETAS DE DESARROLLO PARA EL DESPLAZAMIENTO, LECTURA DE TEXTO IMPRESO Y LOCALIZACIÓN DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL”, de responsabilidad de Carlos Alexis Miranda Bravo y Yesenia Elizabeth Aguirre Peñafiel ha sido minuciosamente revisado por los miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRES	FIRMAS	FECHA
Dr. Julio Santillán VICEDECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	_____	_____
Ing. Patricio Romero DIRECTOR DE LA EIE-TR	_____	_____
Ing. Edwin Altamirano DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	_____
Ing. Fabricio Santacruz MIEMBRO DEL TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	_____

Nosotros, **Carlos Alexis Miranda Bravo y Yesenia Elizabeth Aguirre Peñafiel** somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este trabajo de titulación y el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Carlos Alexis Miranda Bravo

Yesenia Elizabeth Aguirre Peñafiel

DEDICATORIA

Esta tesis de grado se la dedico a Dios que supo bendecirme en muchas formas en este trayecto de mi vida, a mis padres Alberto y Bertha que con sus consejos, valores inculcados, sacrificio y esfuerzo diario debido a sus constantes viajes supieron brindarme el sustento y su apoyo en cada situación de este camino, a mi hermana Samy por cumplir el rol de amiga y confidente en la mayoría de situaciones vividas, a mis abuelitos Gonzalo y Aida que supieron desarrollar el rol de segundos padres siempre que estuvo a su alcance demostrándome que podía contar con ellos siempre que lo requiriese, al resto de familiares y amigos que estuvieron presentes con su soporte y su granito de arena para seguir adelante, finalmente a Yesenia mi amor que a través de este gran tiempo me brindó su comprensión siempre que lo necesité, atravesando situaciones difíciles juntos pero también compartiendo muy buenos momentos para hoy poder alcanzar juntos este gran objetivo de vida.

Alexis

El presente trabajo de titulación va dedicado a Dios por ser mi creador y regalarme cada día de mi existencia, por estar conmigo siempre guiándome y llenándome de bendiciones. A mi mami Susi por ser mi pilar fundamental, quien me escucha y está conmigo en las buenas y en las malas brindándome todo su amor y confianza. A mi papi Mesías por el apoyo brindado en todo momento, por los valores inculcados en mí y por el esfuerzo que ha hecho para que pueda superarme. A mis hermanos Fredy y Myrian por creer en mí y estar cuando los he necesitado. A mis familiares y amigos quienes estuvieron con un consejo o una palabra de aliento para motivarme a seguir adelante. A Alexis por ser esa persona con quien viví casi toda esta experiencia y que con su amor y paciencia me ayudaba y me motivaba a concluir esta meta juntos.

Yesenia

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer primeramente a Dios por brindarnos la salud, fortaleza y sabiduría para cumplir satisfactoriamente nuestros objetivos trazados. A nuestros padres por haber sido un pilar fundamental en el alcance de esta meta con su apoyo constante día a día de muchas formas en nuestras vidas basados siempre en los valores morales y principios éticos inculcados por ellos mismos. A la ESPOCH por acogernos en sus aulas y cobijarnos con el manto de la sabiduría permitiéndonos así alcanzar este objetivo de vida de llegar a ser profesionales. A nuestros maestros por guiarnos y haber compartido con nosotros sus conocimientos de manera desinteresada y altruista. Especialmente a nuestro tutor Ing. Edwin Altamirano por otorgarnos su tiempo cada vez que fuese necesario, además de brindarnos sus consejos y correcciones para poder realizar con éxito este trabajo. A nuestros demás familiares y amigos por brindarnos su compañía y apoyarnos en puntos determinados de este trayecto.

Alexis Miranda y Yesenia Aguirre.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xv
RESUMEN.....	xvii
SUMMARY	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO.....	4
1.1 Discapacidad Visual	4
1.1.1 <i>Clasificación</i>	5
1.1.2 <i>Causas</i>	5
1.1.3 <i>Invidentes en el Ecuador</i>	6
1.1.4 <i>Herramientas para la movilidad y comunicación de apoyo para personas invidentes</i> ...	7
1.2 Dispositivos Electrónicos del prototipo.....	8
1.2.1 <i>Tarjetas de Desarrollo</i>	8
1.2.1.1 <i>Raspberry Pi 3</i>	9
1.2.2 <i>Sensor Ultrasonico</i>	10
1.2.3 <i>Altavoz</i>	11
1.2.4 <i>Zumbador</i>	12
1.2.5 <i>Raspicam</i>	12
1.2.6 <i>Módulo GPS Neo 6m</i>	13
1.2.7 <i>Módulo Sim 800L</i>	14
1.3 Sistema de posicionamiento global – GPS	15
1.3.1 <i>Segmentos del sistema GPS</i>	15
1.3.2 <i>Funcionamiento</i>	17
1.3.3 <i>Niveles de servicio</i>	19
1.3.4 <i>Tipos de errores</i>	19
1.4 Red móvil.....	20
1.4.1 <i>GSM</i>	20

1.4.2	<i>GPRS</i>	21
1.5	Reconocimiento Óptico De Caracteres OCR	21
1.6	Conversión de texto a voz TTS	21
1.7	Lenguaje de Programación Python.....	22
CAPÍTULO II		
2	MARCO METODOLÓGICO	24
2.1	Esquema general del prototipo.....	24
2.1.1	<i>Diagrama del sistema de detección de obstáculos</i>	26
2.1.2	<i>Diagrama del sistema de lectura de texto impreso</i>	26
2.1.3	<i>Diagrama del sistema de botón de auxilio</i>	27
2.1.4	<i>Diagrama del sistema de anuncio de hora</i>	28
2.2	Requerimientos de Hardware.....	29
2.2.1	<i>Raspberry Pi 3 Modelo B</i>	29
2.2.2	<i>Esquema de conexión Sensor Ultrasónico HC-SR04 para detección de obstáculos</i>	30
2.2.3	<i>Esquema de conexión Raspicam para lectura de texto impreso</i>	33
2.2.4	<i>Esquema de conexión de Módulo GPS U-blox NEO-6M y Módulo Sim800L para botón de auxilio</i>	37
2.2.5	<i>Esquema de conexión de botón y parlante para anuncio de hora</i>	40
2.2.6	<i>Alimentación del prototipo</i>	41
2.3	Requerimientos de Software.....	42
2.3.1	<i>Sistema Operativo Raspbian</i>	42
2.3.2	<i>Tesseract OCR</i>	42
2.3.3	<i>eSpeak</i>	43
2.3.4	<i>Comandos AT</i>	43
2.3.5	<i>Programas Python</i>	44
2.3.6	<i>Crontab</i>	51
2.4	Ensamblaje del prototipo	52
CAPÍTULO III		
3	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	54
3.1	Tiempos de respuesta	54
3.2	Pruebas del sistema de detección de obstáculos	55
3.3	Pruebas del sistema de lectura de texto impreso	56
3.3.1	<i>Pruebas con textos de revista o libros y textos transcritos en computadora</i>	56

3.3.2	<i>Pruebas con diferentes fuentes de texto</i>	59
3.3.3	<i>Pruebas con diferentes tamaños de fuente</i>	60
3.3.4	<i>Prueba a distintas distancias del texto</i>	61
3.4	Pruebas del sistema de localización mediante botón de auxilio.....	62
3.4.1	<i>Envío de coordenadas en lugares específicos de la ciudad de Riobamba</i>	62
3.5	Pruebas del sistema de anuncio de hora	66
3.6	Tiempo de funcionamiento.....	67
3.7	Presupuesto para el montaje del prototipo	67
	CONCLUSIONES.....	68
	RECOMENDACIONES.....	71
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Especificaciones Raspberry Pi 3 Modelo B	30
Tabla 2-2: Características del Sensor Ultrasónico	31
Tabla 3-2: Pines de Conexión Detección de Obstáculos	32
Tabla 4-2: Pines de Conexión Lector de texto impreso	37
Tabla 5-2: Especificaciones Módulo GPS U-blox NEO-6M.....	37
Tabla 6-2: Especificaciones Módulo Sim800L.....	38
Tabla 7-2: Pines de Conexión Botón de auxilio.....	38
Tabla 8-2: Pines de Conexión para anuncio de hora.....	41
Tabla 9-2: Comandos AT.....	44
Tabla 1-3: Tiempos de Respuesta.....	54
Tabla 2-3: Pruebas del sistema de detección de obstáculos.....	55
Tabla 3-3: Pruebas de lectura con texto de revista y texto transcrito.....	58
Tabla 4-3: Pruebas de lectura con diferentes tipos de fuente.....	59
Tabla 5-3: Pruebas de lectura con diferentes tamaños de fuente.....	61
Tabla 6-3: Pruebas a diferentes distancias del texto.....	61
Tabla 7-3: Pruebas del sistema de localización mediante botón de auxilio.....	63
Tabla 8-3: Presupuesto del prototipo.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Estadísticas de discapacidad visual en la provincia de Chimborazo.....	7
Figura 2-1: Placa Raspberry Pi 3 Modelo B.....	10
Figura 3-1: Proceso de funcionamiento del Sensor Ultrasónico.....	10
Figura 4-1: Componentes de un altavoz.....	11
Figura 5-1: Zumbador (Buzzer).....	12
Figura 6-1: Raspicam.....	13
Figura 7-1: Módulo GPS Neo 6m.....	14
Figura 8-1: Módulo Sim 800L.....	15
Figura 9-1: Segmento Espacial de GPS.....	16
Figura 10-1: Estaciones de control en el mundo.....	17
Figura 11-1: Triangulación de GPS.....	18
Figura 12-1: Reloj del receptor GPS retrasado y sincronizado.....	18
Figura 13-1: Red móvil.....	20
Figura 14-1: Funcionamiento sistema TTS.....	22
Figura 1-2: Esquema general del prototipo.....	25
Figura 2-2: Diagrama de bloques general del sistema.....	25
Figura 3-2: Diagrama del sistema de detección de obstáculos.....	26
Figura 4-2: Diagrama del sistema de lectura de texto impreso.....	27
Figura 5-2: Diagrama del sistema de botón de auxilio.....	28
Figura 6-2: Diagrama del sistema de anuncio hora.....	28
Figura 7-2: Esquema general de conexión del prototipo.....	29
Figura 8-2: Puertos GPIO Raspberry Pi 3.....	30
Figura 9-2: Divisor de Voltaje para pin Echo.....	31
Figura 10-2: Conexión del circuito detector de obstáculos.....	33
Figura 11-2: Cámara Espía Raspberry Pi.....	33
Figura 12-2: Proceso de enfoque de la cámara.....	34
Figura 13-2: Configuración Interfaces Raspberry Pi.....	35
Figura 14-2: Foto tomada con la Raspicam.....	36
Figura 15-2: Conexión del circuito lector de texto impreso.....	36
Figura 16-2: Conexión del circuito de botón de auxilio.....	38

Figura 17-2: Comandos para instalación de GPSD.....	39
Figura 18-2: Datos recibidos por el módulo GPS.....	39
Figura 19-2: Edición de archivos Raspberry Pi.....	40
Figura 20-2: Instalación y ejecución de Minicom.....	40
Figura 21-2: Conexión del circuito de anuncio de hora.....	41
Figura 22-2: Power Bank.....	42
Figura 23-2: Sistema Operativo Raspbian.....	42
Figura 24-2: Instalación Tesseract OCR.....	43
Figura 25-2: Instalación eSpeak.....	43
Figura 26-2: Diagrama de Flujo del programa sensor.py.....	45
Figura 27-2: Código del programa sensor.py.....	46
Figura 28-2: Diagrama de Flujo del programa camara.py.....	47
Figura 29-2: Código del programa camara.py.....	47
Figura 30-2: Diagrama del Flujo del programa gpsgsm.py.....	48
Figura 31-2: Código del programa gpsgsm.py.....	49
Figura 32-2: Diagrama de Flujo del programa hora.py.....	50
Figura 33-2: Código del programa hora.py.....	51
Figura 34-2: Comando para uso de Crontab.....	52
Figura 35-2: Ejecución de cámara.py al reinicio de la Raspberry Pi.....	52
Figura 36-2: Disposición de elementos electrónicos en la pechera.....	52
Figura 37-2: Implementación final del prototipo.....	53
Figura 1-3: Persona Invidente.....	54
Figura 2-3: Medición de distancias.....	55
Figura 3-3: Detección de texto de revista.....	57
Figura 4-3: Detección de texto transcrito.....	58
Figura 5-3: Diferentes tipos de fuentes.....	59
Figura 6-3: Pruebas con diferentes tamaños de texto.....	60
Figura 7-3: Postura para una correcta lectura.....	62
Figura 8-3: A) Recepción SMS, B) Visualización de posición.....	63
Figura 9-3: Comparación de coordenadas ESPOCH.....	64
Figura 10-3: Comparación de coordenadas Parque Infantil.....	64
Figura 11-3: Hora extraída de la página web.....	66
Figura 12-3: Hora extraída por el prototipo.....	66

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Comparación entre medidas reales y detectadas.....	56
--	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Manual de Usuario

Anexo B: Hoja de especificaciones Raspberry Pi 3 Modelo B+

Anexo C: Hoja de especificaciones Módulo GPS u-blox NEO-6M

Anexo D: Hoja de especificaciones Módulo Sim800L

Anexo E: Hoja de especificaciones Convertidor USB-TTL PL2303

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

OMS	Organización Mundial de la Salud
CONADIS	Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades
FENCE	Federación Nacional de Ciegos del Ecuador
LED	Light-Emitting Diode
Wi-Fi	Wireless Fidelity
GPS	Global Positioning System
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter
USB	Universal Serial Bus
TTL	Transistor-Transistor Logic
SMS	Short Message Service
GSM	Global System for Mobile communications
EGSM	Extended GSM
SIM	Subscriber Identity Module
GPRS	General Packet Radio Service
PCS	Personal Communications Service
V	Voltio
A	Amperio
MSC	Master Control Station
MS	Monitor Station
GA	Ground Antenna
SPS	Standard Positioning Service
PPS	Precise Positioning Service
TTS	Text to Speech
OCR	Optical Character Recognition
GHz	GigaHertzios
BLE	Bluetooth Low Energy
LAN	Local-Area Network
HDMI	High-Definition Multimedia Interface
MIPI	Mobile Industry Processor Interface
DSI	Display Serial Interface
CSI	Camera Serial Interface

DC	Direct Current
GND	Ground
GPIO	General Purpose Input/Output
FPC	Flexible Printed Circuit
GPSD	Daemon GPS
AT	Attention command
UTC	Coordinated Universal Time
mAh	mili Amperio hora
NMEA	National Marine Electronics Association
URL	Uniform Resource Locator

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se implementó un prototipo electrónico basado en tarjetas de desarrollo para el desplazamiento, lectura de texto impreso y localización de personas con discapacidad visual con el fin de aportar una solución tecnológica a los problemas que enfrenta dicho grupo social. Para implementarlo se optó por el uso de dos ordenadores de placa reducida Raspberry Pi 3, un sensor ultrasónico, una cámara, un módulo GPS NEO-6M y un módulo Sim800L, todos distribuidos estratégicamente en una pechera que permite una mayor portabilidad y comodidad para la persona que lo use. El dispositivo puede detectar obstáculos a la altura del abdomen, leer textos transcritos, enviar un mensaje de auxilio con su ubicación y anunciar las horas y minutos en los que se encuentre. Se realizaron diferentes tipos de pruebas para cada funcionalidad, en el caso de la detección de obstáculos los resultados obtenidos indican que la persona será alertada mediante un pitido sobre aquellos objetos que se encuentren a una distancia mayor a 15 cm y menor a 90 cm. Para el lector se determinó que el texto a leer debe ser de preferencia transcrito en una hoja de 14.9 cm x 21 cm, estar en letra Calibri con un tamaño de 24 y a una distancia del pecho entre 20 cm y 30 cm. En el sistema de localización se alcanzaron buenos resultados con respecto a la diferencia de distancias entre los puntos obtenidos por el GPS y los dados en Google Maps, en el peor de los casos la diferencia fue de 15.5 m la cual no tiene gran significancia ya que no dificultaría encontrar al usuario. Finalmente se recomienda desarrollar más tecnologías y sistemas de apoyo que ayuden a las personas con discapacidad visual a ser incluidos en la sociedad de una mejor manera.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA>, <DISCAPACIDAD VISUAL>, <LECTOR AUDIBLE>, <LOCALIZACIÓN>, <DETECCIÓN DE OBSTÁCULOS>, <RASPBERRY PI (SOFTWARE-HARDWARE)>.

SUMMARY

In the present titling work, an electronic prototype was implemented based on development cards for the displacement, reading of printed text and location of people with visual impairment in order to provide a solution to the problems faced by this social group. To implement it, we opted for the use of two reduced board computers Raspberry Pi 3, an ultrasonic sensor, a camera, a GPS module NEO-6M and a Sim800L module, all strategically distributed in a bib that allows greater portability and comfort for the person who use. The device can detect obstacles at the height of the abdomen, read transcribed texts, send a distress message with its location and announce the hours and minutes in which it is. Different types of tests were performed for each functionality, in the case of obstacle detection the results obtained indicate that the person will be alerted by a beep on those objects that are located at a distance greater than 15 cm and less than 90 cm. For the reader it was determined that the text to be read should preferably be transcribed on a sheet of 14.9 cm x 21 cm, be in the letter Calibri with a size of 24 and a distance of the chest between 20 cm and 30 cm. In the location system, good results were achieved with respect to the difference of distances between the points obtained by the GPS and those given in Google Maps, in the worst case the difference was 15.5 m, which does not have a great significance since it would not be difficult to find the user. Finally it is recommended to develop more technologies and support systems that help visual impaired people to be included in the society in a better way.

KEYWORDS: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCE>, <ENGINEERING AND ELECTRONIC TECHNOLOGY>, <VISUAL IMPAIRMENT>, <AUDIBLE READER>, <LOCATION>, <OBSTACLE DETECTION>, <RASPBERRY PI (SOFTWARE-HARDWARE)>.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día la tecnología avanza a pasos agigantados permitiendo el desarrollo y la creación de nuevas herramientas que nos permiten solucionar ciertos problemas específicos para cada uno de los grupos sociales existentes, gracias a la aparición de las tarjetas de desarrollo se pueden implementar prototipos electrónicos que cumplan diversas funcionalidades necesarias, logrando así tener dispositivos fáciles de obtener y a un menor precio de los ya existentes.

El grupo seleccionado para nuestra investigación serán aquellas personas que presentan discapacidad visual ya que son un grupo vulnerable, los cuales debido a su condición presentan limitaciones para llevar a cabo sus actividades cotidianas de forma autónoma, desplazarse con suma facilidad por su entorno, acceder a la información, entre otras, lo cual genera un inconveniente en su integración tanto social como laboral.(Organización Nacional de Ciegos de España, 2018)

En el mundo según la OMS existen alrededor de 253 millones de personas con discapacidad visual de los cuales 36 millones poseen ceguera y 217 millones tienen discapacidad visual entre moderada y grave.(Organización Mundial de la Salud, 2017). Se estima que en regiones pertenecientes a Latinoamérica y el Caribe existen alrededor de 20.000 personas que presentan trastornos visuales y 5.000 que poseen ceguera, con respecto a una población de un millón de habitantes.(UNESCO, 2008, p.39). En Ecuador según datos oficiales del CONADIS se registran 52.473 casos de discapacidad visual de los cuales 1.510 personas se localizan en la provincia de Chimborazo.(CONADIS, 2018)

JUSTIFICACIÓN

Actualmente en el país a pesar del gran número de personas que presentan discapacidad visual, no existen muchas soluciones tecnológicas accesibles para este grupo vulnerable ya que suelen tener precios elevados o no se desarrollan herramientas adecuadas para solucionar los problemas de los mismos. Cabe recalcar que esta condición representa una latente preocupación en los familiares del invidente y a la vez implica dependencia para el cumplimiento de muchas de sus actividades, lo cual tiene una repercusión negativa en el aspecto emocional y económico del vínculo intrafamiliar.

Por todo lo descrito anteriormente este trabajo de investigación posee una gran importancia ya que se enfocará en apoyar a este grupo de personas mediante la creación de un prototipo electrónico que tendrá las siguientes funciones:

- Detección de obstáculos
- Identificación de texto impreso y conversión a voz
- Anunciar la hora
- Envío de mensajes de alerta con su ubicación.

El prototipo será implementado con base en tarjetas de desarrollo y una serie de dispositivos electrónicos acorde a las necesidades mismas del proyecto. Mediante el uso de un sensor ultrasónico se facilita la detección de los obstáculos que se encuentren en su camino, ofreciendo al usuario una información precisa y útil para ayudarlo a orientarse y moverse por el entorno.

Además se pretende emplear tecnología de conversión de texto a voz, que permita que la placa programable mediante el uso de una cámara apropiada sea capaz de reconocer caracteres impresos y convertirlos en ondas sonoras, mismas que se emitirán a través de un parlante logrando así que la interacción de las personas en cuestión con el mundo sea más fácil y segura.

Conjuntamente se quiere añadir un sistema de alarma que mediante el accionar de un botón de auxilio sea capaz de enviar un mensaje pidiendo ayuda a un familiar o allegado, el cual recibirá un enlace web en su teléfono celular con la posición exacta de la persona invidente.

El desarrollo del prototipo es factible ya que en la actualidad no se cuenta con un producto que agrupe las funcionalidades antes mencionadas, además de que se pueden encontrar fácilmente los insumos necesarios para llevar a cabo la implementación del mismo. De esta manera se pretende poder reducir el impacto de la discapacidad y satisfacer el derecho de la calidad de vida de las personas con necesidades especiales.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Implementar un prototipo electrónico basado en tarjetas de desarrollo para el desplazamiento, lectura de texto impreso y localización de personas con discapacidad visual.

Objetivos específicos:

- Investigar las principales dificultades y necesidades que atraviesa una persona invidente.
- Identificar el Software y el Hardware necesario para el montaje del prototipo electrónico.
- Implementar el prototipo electrónico portable que cumpla con las funcionalidades propuestas.
- Realizar pruebas para validar el funcionamiento del prototipo electrónico.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se estudiarán cada uno de los conceptos necesarios para la posterior implementación del prototipo, conociendo las funcionalidades de cada uno de los dispositivos que lo componen y que nos ayudan a complementar las soluciones de las necesidades de las personas que presentan discapacidad visual.

1.1 Discapacidad Visual

Se define como discapacidad a aquella deficiencia congénita o adquirida la cual representará una restricción o incapacidad para permitir el cumplimiento de las actividades que se consideran convencionales para el comportamiento del ser humano.(Egea García y Sánchez Sarabia, 2001, p.19)

Específicamente la denominada discapacidad visual se define como la pérdida del sentido de la visión que crea ciertas barreras tanto físicas como sociales e implicando un impedimento en dichos individuos que la poseen para realizar sus actividades cotidianas de una manera eficaz y con cierta facilidad. (Pérez Ruiz y Corvalán Vega, 2007, p.7)

Las principales barreras a las que las personas con discapacidad visual se encuentran expuestas pueden ser:

- Carencia de la noción del espacio y tiempo presente.
- Incapacidad de interpretar la información visual.
- Carencia de tecnologías de asistencia y sistemas de escritura braille.
- Inestabilidad emocional debido a un alto nivel de dependencia y discriminación.
- Dificultad para desplazarse de manera autónoma especialmente en ambientes desconocidos.
- Conflicto para identificar y encontrar objetos en su entorno.
- Recursos económicos insuficientes para el acceso a la tiflotecnología. (Quora, 2018)

1.1.1 Clasificación

Considerando el nivel de la afección en el sentido de la visión, esta puede ser clasificada internacionalmente en 4 grupos:

- **Ciegos:** Son individuos cuya percepción de la luz es mínima o nula, y cuya agudeza visual oscila entre 0 y 0,04. Dependiendo del modo de la aparición del trastorno se los puede considerar como ciego temprano o tardío.(Eligio de la Puente y Castro Alegret, 2006)
- **Baja visión:** Se llama bajo este término a las personas que a pesar de haber recibido algún tratamiento mantienen un rango de agudeza visual que oscila entre 20/60 y una percepción de visual inferior a 10°, si la afección visual se presenta desde el nacimiento o antes de los 3 años de edad se la considera como una baja visión temprana, posterior a ese lapso temporal será considerada tardía.(Eligio de la Puente y Castro Alegret, 2006)
- **Ambliopes:** Se denominan de esta forma a aquellas personas que poseen un deterioro en la agudeza visual la cual puede ser recuperable a través del tiempo ya que no produce ninguna lesión visible en ninguno de los dos ojos. (Eligio de la Puente y Castro Alegret, 2006)
- **Estrábicos:** Se debe a la separación del punto de fijación de los ojos del individuo lo que implica una desigualdad en el tamaño y en la forma que perciben cada uno de los ojos que en consecuencia producen el deterioro en la visión de la persona al producirse una imagen más difusa. Se lo puede clasificar en dos tipos: el convergente o también llamado endotrópico y el divergente o también conocido como exotrópico. (Eligio de la Puente y Castro Alegret, 2006)

1.1.2 Causas

La discapacidad visual puede tener origen según varios aspectos como pueden ser: alimentación, higiene, trastornos en la salud. Esto implica que al existir varios factores se pueden producir varios tipos de trastorno visual dependiendo directamente de la causa inicial.

Incluso el aspecto económico y de desarrollo de cada país puede llegar a influir en el tipo de discapacidad visual que se producirá, por ejemplo en las naciones con bajo desarrollo la mayoría de las condiciones son biológicas pudiendo producir enfermedades como tracoma o queratomalacia. En países tercermundistas las causas más fundamentales para producir ceguera son a través de infecciones parasitarias, avitaminosis de Vitamina A o desnutrición, produciendo a largo plazo enfermedades tales como la queratitis la cual consiste en una inflamación de las corneas.

En contraste a los casos anteriormente citados, en los países más desarrollados son cada vez menos frecuentes las causas por agentes externos a la genética humana, siendo así de manera general las causas más comunes los problemas que han sido heredados genéticamente de sus progenitores, en especial si la madre contrajo alguna enfermedad en los primeros meses de su periodo de gestación.(Eligio de la Puente y Castro Alegret, 2006)

1.1.3 Invidentes en el Ecuador

En el Ecuador de acuerdo a datos oficiales del Consejo Nacional Para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS) la discapacidad visual corresponde al 11,89% del total de discapacidades existentes, es decir que 52.473 personas presentan problemas visuales, de los cuales el 59.5% son hombres y el 40.5% mujeres. En la Figura 1-1 se puede apreciar que en la Provincia de Chimborazo se han registrado un total de 1.510 personas con discapacidad visual distribuidos en distintos grupos etarios con predominancia del 45,17% en el rango de entre los 30 y 65 años de edad, resaltando que un 49,74% presenta un grado de discapacidad de al menos el 50% es decir que han perdido el sentido de la vista parcial o totalmente.(CONADIS, 2018)

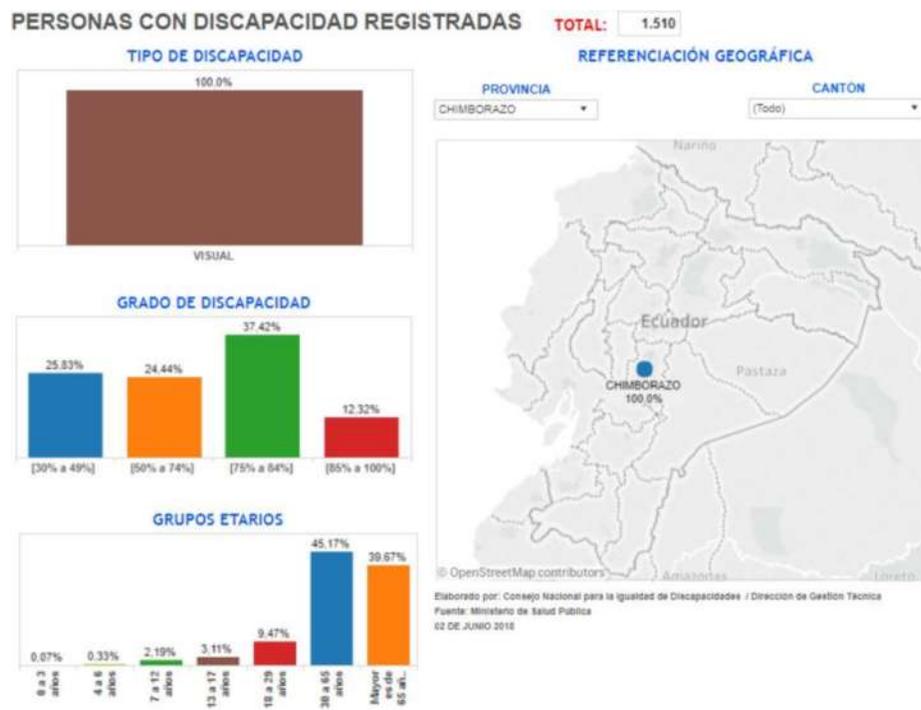


Figura 1-1: Estadísticas de discapacidad visual en la provincia de Chimborazo

Realizado por: (CONADIS, 2018)

Particularmente en Ecuador existen cientos de organizaciones tanto nacionales como provinciales, entre las que destaca la FENCE (Federación Nacional de Ciegos del Ecuador), cuya fundación data de 1985 y que en la actualidad cuenta con 43 filiales distribuidas a través de todo el territorio ecuatoriano, incluyendo instituciones educativas y asociaciones, su misión y visión se basan en un objetivo puntual que es el de mejorar la calidad de vida de los invidentes a través de su integración a la sociedad en aspectos tales como el económico, cultural y educacional. (FENCE, 2018)

1.1.4 Herramientas para la movilidad y comunicación de apoyo para personas invidentes

Al hablar de desarrollo de herramientas para los invidentes se comenzará por definir que es la tiftotecnología, la cual no es más que la aplicación de los conocimientos a través de distintos tipos de técnicas y recursos que posteriormente servirán para que las personas que presenten una discapacidad visual puedan utilizar de manera correcta la tecnología logrando así una mejor autonomía y una integración social óptima. (Collado y Giménez, 2008, p.4)

Bajo este concepto se ha logrado implementar varios tipos de herramientas de apoyo para las personas con discapacidad visual, entre las que podemos nombrar:

- **Bastón blanco:** Además de ayudar a reconocer el entorno del invidente y de esa forma aportar a su movilidad, también funciona como distintivo.
- **Pauta y punzón:** Son utilizados para la escritura braille a mano, la pauta consiste en un tipo de regleta la cual posee las plantillas de dicho sistema de escritura con las que se podrá perforar una hoja en blanco ayudados del punzón, el braille también puede ser implementado a través de la Máquina Perkins que realiza la misma tarea pero de una forma mecánica y más automatizada.
- **Brújula Parlante:** Dispositivo encargado de localizar cada uno de los 8 puntos cardinales, que a través de la acción de un botón permite al invidente saber en qué dirección se está dirigiendo.
- **Agenda Digital:** Permite la grabación y reproducción de mensajes de voz, los cuales pueden contener información útil para los discapacitados visuales a manera de notas rápidas.
- **Braille hablado:** Dispositivo electrónico que permite el ingreso de hasta 640.000 caracteres a través de un teclado especial del sistema de escritura, los datos serán reproducidos mediante un sintetizador de voz incorporado al dispositivo o mediante un ordenador conectado al mismo. (Meroño Fuentes, 2000, pp.1-3)

1.2 Dispositivos Electrónicos del prototipo

1.2.1 Tarjetas de Desarrollo

Una tarjeta de desarrollo puede ser definida como una placa de circuito impreso con software propio y hardware diseñados para facilitar la experimentación con un cierto microcontrolador. Posee además adiciones de hardware como los botones y los LED, los cuales pueden llegar a ser muy útiles en la realización de pruebas y en la depuración de los programas.(Weil, 2012)

Los componentes típicos de una placa de desarrollo incluyen:

- Circuito de alimentación.

- Interfaz de programación.
- Entradas básicas: Usualmente son botones o pulsadores.
- Salidas básicas: Generalmente son LEDs.
- Pines E/S: Para ser usados con el resto de dispositivos electrónicos como: sensores, motores, teclados, pantallas LCD, etc.

Las tarjetas de desarrollo más populares suelen ser Arduino y Raspberry Pi principalmente por su software de código abierto y su relativa facilidad de manejo, sin embargo existen varios tipos de tarjetas de desarrollo en el mercado tales como:

- Raspberry Pi.
- Arduino.
- Beaglebone.
- Joule 570x.
- DECA.
- Thunderboard.

1.2.1.1 Raspberry Pi 3

Es una placa de circuito impresa o una computadora de tamaño compacto, la cual fue desarrollada en 2011 en la Universidad de Cambridge en Reino Unido teniendo como meta principal familiarizar a los alumnos de las escuelas del país con la informática, solo un año después se iniciaría su comercialización al resto del mundo. (Universidad Politécnica de Valencia, 2013)

La premisa bajo la que fue ideada la construcción de la Raspberry es la de mantener las funcionalidades básicas de un ordenador sin que sea estrictamente necesario mantener conectados los periféricos a la misma. Adicionalmente cuenta con la gran ventaja de poder correr tareas programadas y en segundo plano, en sus últimas versiones se ha diseñado para que pueda soportar comunicaciones inalámbricas tales como el Wi-Fi y el Bluetooth. (Universidad Politécnica de Valencia, 2013)

En la Figura 2-1 se puede visualizar el ejemplar más reciente de la tecnología Raspberry Pi.

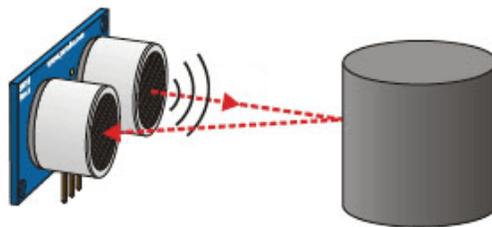


Figura 2-1: Placa Raspberry Pi 3 Modelo B

Realizado por: <https://potentiallabs.com/cart/raspberry-pi-3-wifi-ble-india-online>

1.2.2 Sensor Ultrasónico

Es un dispositivo electrónico el cual utiliza el ultrasonido a través del envío y recepción de ondas para el posterior cálculo de la distancia a la que se encuentra un objeto determinado del sensor en cuestión (véase Fig. 3-1), pudiendo abarcar un rango de medidas que van desde los 2 cm hasta los 450 cm. El envío de la onda se realiza a través de un pulso de arranque por uno de los extremos del sensor en línea recta la misma que se propaga a una velocidad uniforme y que será receptada por el otro extremo del mismo, cabe destacar su bajo consumo de potencia y su gran precisión en el cálculo de las distancias. (Hurtado Fierro, 2017, p.11)



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

Figura 3-1: Proceso de funcionamiento del Sensor Ultrasónico

Realizado por: <https://tecnopatafisica.com/tecno3eso/teoria/robotica/27-hcsr04>

1.2.3 Altavoz

Es un dispositivo electrónico que realiza las funciones de transductor partiendo de señales eléctricas para poder convertirlas en ondas de presión, este proceso no se puede realizar de una forma directa sino que se hace mediante la conversión de energía eléctrica en energía mecánica, misma que posteriormente se convertirá en energía acústica, dicho esto se puede establecer que las partes constituyentes de un altavoz son: parte electromagnética, mecánica y acústica (ver Fig. 4-1).

- **Parte Electromagnética:** Se encuentra compuesta por un imán y una bobina, la energía eléctrica se transporta hasta el imán y es receptada como campo magnético lo que producirá un movimiento en la bobina.
- **Parte Mecánica:** Compuesta por la suspensión y el cono, la bobina se encuentra situada con el cono como base de la misma, la cual con el movimiento de la bobina es arrastrada hacia la suspensión produciendo una vibración.
- **Parte Acústica:** Aquí se transmitirá la energía sonora producida por el cono hacia la sección de audición del altavoz.

El principio básico de su funcionamiento se puede resumir en una bobina alimentada con una corriente alterna variable en frecuencia y en amplitud la cual se encuentra conectada a un amplificador de salida.(Bueno Jiménez y Téllez León, 2008, p.1)

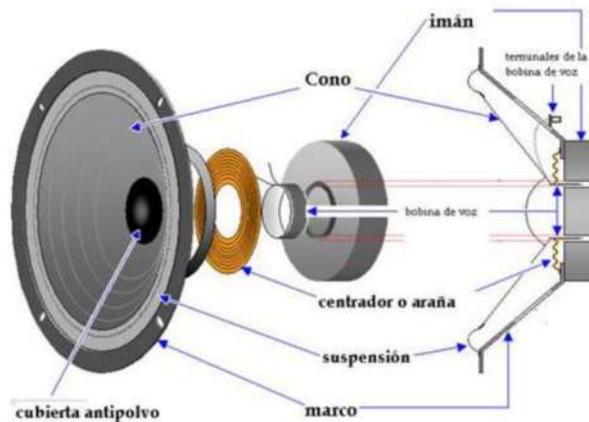


Figura 4-1: Componentes de un altavoz

Realizado por: <http://comofunciona.org/como-funciona-un-altavoz/>

1.2.4 Zumbador

Es un componente electrónico que se encuentra compuesto por un disco piezo y una placa de cerámica que posee una placa metálica añadida a la misma, el disco se puede controlar por un circuito oscilante sea este interno o externo, al ejercer una presión sobre la placa metálica se produce una carga negativa en uno de los extremos gracias a la polarización debida a un flujo de electrones, análogamente si se somete la placa a una tensión variable se producen oscilaciones a partir de una señal eléctrica, básicamente al producirse una presión dentro del zumbador se produce una señal mecánica la cual se transformará en una corriente eléctrica que produce el sonido dentro del mismo. (Chacón et al., 2012, p. 112), como se muestra en la Figura 5-1.



Figura 5-1: Zumbador (Buzzer)

Realizado por: <https://squishycircuits.com/products/piezoelectric-buzzer>

1.2.5 Raspicam

El módulo de cámara del Pi es básicamente un módulo de cámara para teléfono móvil (ver Fig. 6-1). Las cámaras digitales de los teléfonos móviles se diferencian de cámaras más grandes y más caras en algunos aspectos. El que más sobresale es que las primeras utilizan un obturador rodante para capturar imágenes. Cuando la cámara necesita capturar una imagen, lee los píxeles del sensor una fila a la vez en lugar de capturar todos los valores del pixel de una sola vez.

La noción de que la cámara está efectivamente inactiva hasta que se capture un cuadro no es del todo cierta, es decir que no se encarga de capturar una imagen fija, sino que funciona más como una cámara de video. Apenas se inicializa, está constantemente transmitiendo tramas (o más bien filas de fotogramas) por el cable plano a la Raspberry para su procesamiento. Aunque la cámara no este activa esta se encuentra ejecutando varias tareas en segundo plano como: control de ganancia automático, tiempo de exposición, balance de blancos.

Entonces, cuando se realiza una petición a la cámara para "capturar una fotografía", lo que realmente se está solicitando es que la cámara proporcione el siguiente fotograma completo que ensambla, en lugar de usarlo para obtener ganancia y exposición y luego descartarlo. (Jones, 2017, pp. 65-66)

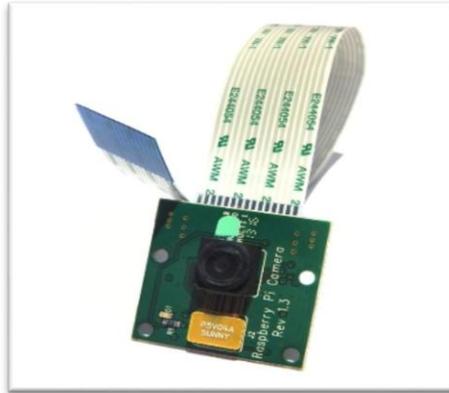


Figura 6-1: Raspicam

Realizado por: <https://uk.pi-supply.com/products/raspberry-pi-camera-board-v1-3-5mp-1080p>

1.2.6 Módulo GPS Neo 6m

En la Figura 7-1 se muestra al módulo electrónico que ofrece una precisión relativamente aceptable, tiene un protocolo estándar de comunicación con los satélites de la constelación de GPS, además posee un muy buen nivel de recepción de la señal y se puede encontrar en el mercado a un precio muy asequible.

El sistema de alimentación puede incluso funcionar sin una alimentación externa, es decir que puede trabajar conectado a la tarjeta de desarrollo sin presentar inconvenientes en su funcionamiento. La comunicación se realiza a través de una antena cerámica conectada al módulo, el cual tiene dos posibles vías de comunicación con la Raspberry Pi, por medio del puerto UART utilizando los pines propios de la tarjeta o mediante un convertidor USB-TTL conectado a la misma.

El módulo incorpora en su diseño una pila que le permite almacenar la hora, con lo cual es capaz de realizar de una forma mucho más rápida la recepción de las coordenadas. (Sancho Chilet, 2016, pp.40-41).

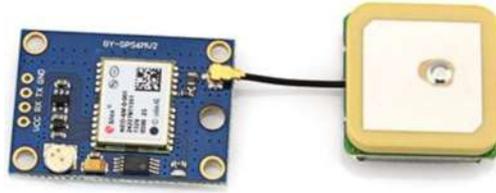


Figura 7-1: Módulo GPS Neo 6m

Realizado por: <http://fritzing.org/projects/neo6mv2-gps-module>

1.2.7 *Módulo Sim 800L*

Dispositivo electrónico (ver Fig. 8-1) capaz de enviar SMS y realizar llamadas telefónicas utilizando la red 2G o GSM, éste se conecta a la red móvil a través de una antena incorporada al mismo y con una tarjeta sim para la identificación del número. Es un módulo que puede cumplir sus funciones en todo el mundo ya que puede trabajar en cuatro frecuencias distintas:

- 850 MHz (GSM).
- 900 MHz (EGSM).
- 1800 MHz (DSC).
- 1900 MHz (PCS).

El módulo se puede encontrar en el mercado a un precio relativamente asequible y gracias a su tamaño reducido se puede implementar con suma facilidad, en lo que respecta a su alimentación necesita ser conectado a 5V con picos de corriente que deben alcanzar los 2A para que el módulo pueda establecer la comunicación con la estación base, si no se suministra el suficiente amperaje el módulo podría llegar a bloquearse o a reiniciarse constantemente durante su funcionamiento.(Sancho Chilet, 2016, pp.42-43).



Figura 8-1: Módulo Sim 800L

Realizado por: <http://avelectronics.co/productos-2/modulo-gsmgprs-sim800/>

1.3 Sistema de posicionamiento global – GPS

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de navegación basado en satélites que permite obtener la posición de una persona u objeto a cualquier hora y en cualquier lugar del mundo. (Letham, 2001, p.5) .Fue desarrollado originalmente con fines militares en los Estados Unidos por su Departamento de Defensa a inicios de la década de 1970, actualmente tiene doble uso ya que pueden acceder tanto usuarios militares como civiles. El GPS ha ganado una gran importancia pues tiene un ilimitado número de usuarios debido a su gratuidad y a las varias aplicaciones que brinda especialmente aquellas orientadas a la seguridad. (El-Rabbany, 2002, p.1)

1.3.1 Segmentos del sistema GPS

a) Segmento Espacial

Consiste de una constelación conformada por 24 satélites ubicados en órbitas prácticamente circulares que poseen una inclinación de 55° con respecto a la línea ecuatorial, éstos se encuentran distribuidos de manera uniforme en 6 órbitas, es decir, 4 satélites en cada una. Las órbitas poseen un radio de aproximadamente 20180 Km y un periodo de rotación de 12 horas (ver Fig. 9-1), lo cual permite que los receptores GPS siempre tengan acceso a cuatro satélites simultáneamente en el peor de los casos.(Huerta, Mangiaterra, y Noguera, 2005,p.7)

Los satélites son los encargados de enviar las señales a través del espacio radioeléctrico, estas portadoras son emitidas en la banda L ya que es la que presenta mejores características para la transmisión de los datos en el espacio, específicamente se usan dos frecuencias portadoras L1 a 1575.42 MHz y L2 a 1227.60 MHz.

Además se usan tres códigos pseudo-aleatorios entre ellos el más básico es el código C/A (Coarse/Acquisition) utilizado en L1 y debido a su simplicidad es leído por todos los receptores, el código P que es mucho más preciso manejado tanto en L1 como L2 y el código Y que encripta el código P para brindar más robustez y de este modo conseguir que solo L2 tenga acceso al mismo.(Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2007)



Figura 9-1: Segmento Espacial de GPS

Fuente: <https://www.carvalza.es/que-es-un-gps>

b) Segmento de Control

Es uno de los más importantes ya que se encarga de monitorear constantemente los satélites manteniéndolos en funcionamiento, monitorear y predecir la posición orbital de cada satélite, revisar y sincronizar sus relojes, enviar datos a los satélites. (Puglia y Monagas, 2012, p.5)

Está constituido por una estación de control maestra (MSC) ubicada en Colorado (ver Fig. 10-1) en donde se recogen y procesan los datos de las demás estaciones de monitoreo para de esta manera controlar las posiciones de los satélites y ajustar los relojes satelitales. También lo conforman varias estaciones de monitoreo (MS) ubicadas en distintos lugares del mundo encargadas de recibir datos satelitales y atmosféricos para después enviarlos a la estación de control maestra. Finalmente tenemos las antenas terrestres (GA) que son las que permiten la comunicación de las estaciones ya mencionadas con los satélites. (Sancho Chilet, 2016, pp. 26-27)

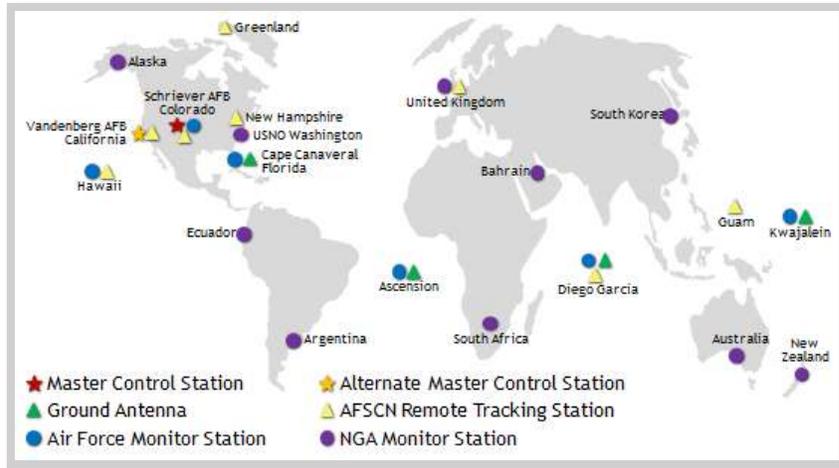


Figura 10-1: Estaciones de control en el mundo

Fuente: <https://enguidanoscalca97.wordpress.com/partes-del-gps/>

c) Segmento de Usuario

Hace referencia al receptor GPS del usuario el cual recoge las señales de los satélites, calcula distancias y permite obtener las coordenadas en donde se encuentra el usuario así como también la hora exacta en la que se encuentra. (Pozo Ruz et al., 2000). En el mercado existen muchos productos que pueden variar en precios y tamaños de lo que dependerá la precisión que posean los mismos.

1.3.2 Funcionamiento

El principio utilizado se basa en que si se conocen las distancias desde un punto en la Tierra a 3 satélites junto con las ubicaciones de los mismos, entonces la ubicación del punto puede encontrarse simplemente aplicando el proceso de triangulación, como se muestra en la Figura 11-1. (El-Rabbany, 2002, p.8)

El receptor GPS al recibir la señal de un satélite puede calcular la distancia entre ellos multiplicando el tiempo de vuelo de la señal por la velocidad de propagación, dicha distancia es el radio del círculo que rodea al satélite del que estamos recibiendo la señal y nos indica que en cualquier punto de la circunferencia puede encontrarse dicho receptor. Posteriormente se obtiene otra distancia al conectarse a un segundo satélite lo cual genera una intersección en dos puntos entre los círculos de ambos satélites limitando así la posibilidad de que el receptor se encuentre en cualquiera de los dos

sitios. Al tomar la señal de un tercer satélite realizando el mismo proceso anterior se tendrá una nueva distancia que generará un nuevo círculo el cual intersecará en uno de los dos puntos anteriormente obtenidos, por lo que el punto resultante será la ubicación en donde se encuentra nuestro receptor GPS. (Letham, 2001,p.12)

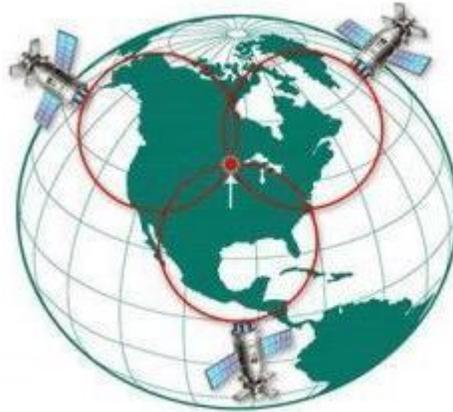


Figura 11-1: Triangulación de GPS

Fuente: <https://www.carvalza.es/que-es-un-gps>

Hay que tener en cuenta que cuando el reloj del receptor GPS está sincronizado perfectamente con los que poseen los satélites, las circunferencias se cortarían en un solo punto. Sin embargo, esto no suele suceder debido a que depende mucho de la calidad de los relojes que poseen los receptores, a causa de esto no se tendrá precisión puesto que ya no se obtendrá un solo punto sino un área pequeña como se muestra en la Figura 12-1. Para solucionar errores de sincronismo se puede utilizar la señal de un cuarto satélite que permitirá estimar de una mejor manera nuestra posición. (Correia, 2002, p.20)



Figura 12-1: Reloj del receptor GPS retrasado y sincronizado

Fuente: (Correia, 2002, p.20)

1.3.3 Niveles de servicio

El sistema GPS ofrece dos niveles de servicio, uno de ellos es SPS (Servicio de Posicionamiento Estándar) orientado para usuarios civiles de todo el mundo de manera gratuita y sin ninguna restricción. El otro nivel que ofrece es PPS (Servicio de Posicionamiento Preciso) mucho más exacto en comparación con el anterior y está destinado principalmente para usuarios militares y agencias gubernamentales seleccionadas. (Kaplan y Hegarty, 2005, p.4)

1.3.4 Tipos de errores

Podemos considerar como errores a todos aquellos que afecten de manera significativa a las medidas obtenidas en un receptor GPS, entre los más importantes tenemos:

- **Errores atmosféricos:** La señal GPS se puede ver afectada debido a que atraviesa la ionósfera que es una capa constituida por partículas cargadas eléctricamente, así como también por la troposfera en la cual se dan los fenómenos meteorológicos y existe la presencia de vapor de agua.
- **Efecto multipath:** Las señales transmitidas al llegar a la Tierra pueden rebotar varias veces antes de llegar al receptor, todo esto debido a obstáculos que se pueden presentar en el trayecto ya sea edificios, vegetación, etc.
- **Disponibilidad Selectiva S/A:** Presenta la mayor fuente de error porque es introducida intencionadamente por el equipo militar.
- **Imprecisión en los relojes:** Dado principalmente en los relojes de los receptores puesto que debido a su calidad pueden presentar leves desviaciones. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2007)

1.4 Red móvil

Los sistemas móviles mediante las ondas radioeléctricas brindan conexión entre estaciones base y terminales móviles o entre terminales móviles (ver Fig. 13-1), estas redes fueron creadas para que el terminal de usuario pueda desplazarse con libertad sin perder la comunicación siempre que éste se mantenga dentro de la zona de cobertura, la red móvil permite el intercambio de información como datos, voz o video. (Hernando Rábanos, Mendo Tomás, y Riera Salís, 2015, pp.23-24)



Figura 13-1: Red móvil

Fuente: <https://www.stelladoradus.es/estaciones-base-los-elementos-fijos-de-las-redes-moviles/>

1.4.1 GSM

Denominado Sistema Global para comunicaciones móviles, pertenece a la segunda generación (2G) de la evolución de la telefonía móvil lo cual nos indica que trabaja con señales digitales. Entre las principales características de este sistema tenemos:

- GSM es un estándar abierto.
- Emplea TDMA con 8 intervalos de tiempo por trama.
- Posee gran capacidad de tráfico.
- Permite la transmisión de voz y datos.
- Tiene un proceso de señalización digital.
- Trabaja en las bandas de 900MHz y 1800MHz.
- Utiliza la modulación GMSK.
- Amplias áreas de cobertura.
- La utilización del espectro radioeléctrico se la realiza de una manera eficiente. (Hernando Rábanos et al., 2015, pp. 332-335)

1.4.2 GPRS

GPRS (Servicio General de Paquetes vía Radio) es la evolución de GSM y está basado principalmente en la conmutación por paquetes, de esta manera se realiza una mejor utilización de los recursos puesto que solo se los utiliza cuando se transmite la información. Al estar orientado al tráfico de datos GPRS posee una tasa de transmisión de hasta 115Kbps lo cual lo hace recomendable para la utilización de correo electrónico o para la navegación en Internet. (Figuroa de la Cruz, 2008, p.18)

1.5 Reconocimiento Óptico De Caracteres OCR

Es un mecanismo creado para la digitalización de textos, los cuales son capaces de reconocer a partir de una imagen caracteres alfanuméricos para luego guardarlos como datos y así poder leerlos, modificarlos o editarlos dependiendo de lo que se desee realizar con ellos. (Parrado, 2015, pp.31-32)

Las fases que cumplen estos sistemas generalmente son los siguientes:

- **Digitalización.-** es una técnica mediante la cual se convierte un documento físico en archivos digitales. La conversión electrónica se la puede llevar a cabo mediante un scanner o cámara teniendo como resultado un archivo con formato de imagen. (Pandey et al., 2017, p.159)
- **Pre-procesamiento.-** consiste de una serie de modificaciones que se le realizan a la imagen de entrada como por ejemplo cambiar su escala de grises, cambiar su tamaño, etc, dejándola de una manera que facilite la detección de los caracteres que posea. (Pandey et al., 2017, p.159)
- **Segmentación.-** es el proceso más importante, aquí se descompone las cadenas de caracteres en caracteres individuales. Posee una gran dificultad ya que si los caracteres se encuentran muy unidos se tendrán errores en el reconocimiento. (Garrido Rojas, 2010, p.6)
- **Extracción.-** se extrae las características de cada carácter para poder identificarlos, mientras más características se detecten mejor será el reconocimiento. (Pandey et al., 2017, p.160)

1.6 Conversión de texto a voz TTS

Un conversor de texto a voz TTS (Text-To-Speech) es un sistema capaz de leer cualquier texto en voz alta, el texto puede ser introducido manualmente en un computador o se lo puede obtener como

resultado de un escaneo y un reconocimiento óptico de caracteres (OCR), cabe recalcar que generalmente suelen tener una voz robotizada. (Dutoit, 1999)

Generalmente un sintetizador TTS examina y procesa el texto de entrada, realiza su representación en sonidos, determina su pronunciación y posteriormente genera la reproducción acústica del mismo. Como se puede observar en la Figura 14-1 está conformado por dos etapas, la primera es el procesamiento del lenguaje natural que se encarga de analizar el texto y determinar su representación fonética. Realiza un pre procesamiento del texto que consiste en dividirlo en frases y oraciones, además establece el equivalente en palabras de números, abreviaturas y signos especiales para posteriormente basado en reglas o en diccionarios convertir el texto en fonemas y consecuentemente mediante la prosodia proporcionar la intensidad y duración de los sonidos de las sílabas y palabras. La segunda etapa es el procesamiento de la señal digital que mediante un sintetizador toma los datos de primer módulo y los convierte en voz. (Jaén, 2007, p.21)

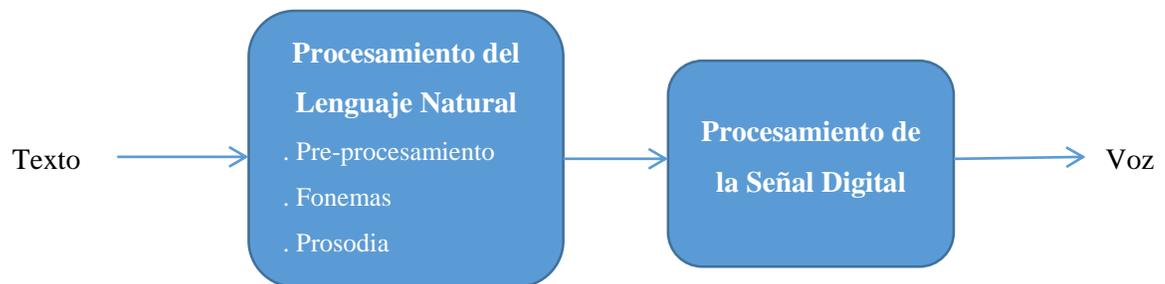


Figura 14-1: Funcionamiento sistema TTS

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

1.7 Lenguaje de Programación Python

Es un lenguaje de programación de uso libre y de nivel alto que fue diseñado y desarrollado por Guido Van Rossum en los años 80 pero que no se hizo público sino hasta el año 2000, su versión más reciente Python 3.0 data del año 2008 (Paque y Abolafia, 2013, pp.5-6), fue concebido con base en el kernel de las distribuciones GNU/Linux, una de sus principales ventajas es que permite utilizar variables sin declararlas determinando su tipo de manera automática y se basa en la sangría para mantener una estructura de control. (Doty, 2008, p.4).

Es gestionado por la organización Python Software Foundation y mantiene la misma filosofía que Linux, incluye un sistema de gestión de memoria que se ejecuta de manera dinámica, puede soportar tanto la programación estructurada como la orientada a objetos. Su estructura abarca desde una simple sentencia o expresión hasta llegar a abarcar módulos o posteriormente grandes programas desarrollados en el mismo. (Paque y Abolafia, 2013, p.7-11).

CAPITULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se describen los requerimientos de hardware y software necesarios para la implementación del prototipo así como también las funcionalidades y procedimientos realizados para el montaje del mismo.

2.1 Esquema general del prototipo

Es un prototipo multifuncional con base en tarjetas de desarrollo y su interacción con varios dispositivos electrónicos que brinda soluciones a varios problemas de las personas invidentes (ver Fig.1-2), entre las tareas que cumple tenemos:

- **Detección de obstáculos:** mediante el uso de un sensor ultrasónico se puede detectar obstáculos que se encuentren a cierta distancia del invidente.
- **Lectura de texto impreso:** a través del uso de una cámara cierto tipo de texto impreso puede ser convertido para su posterior lectura en voz alta.
- **Botón de auxilio:** envía un SMS que contiene un enlace web con la posición exacta de la persona invidente, la cual es extraída mediante GPS y puede ser visualizada en cualquier navegador de Internet.
- **Anuncio de hora:** por medio de un pulsador el sistema es capaz de informar la hora en la que se encuentra.

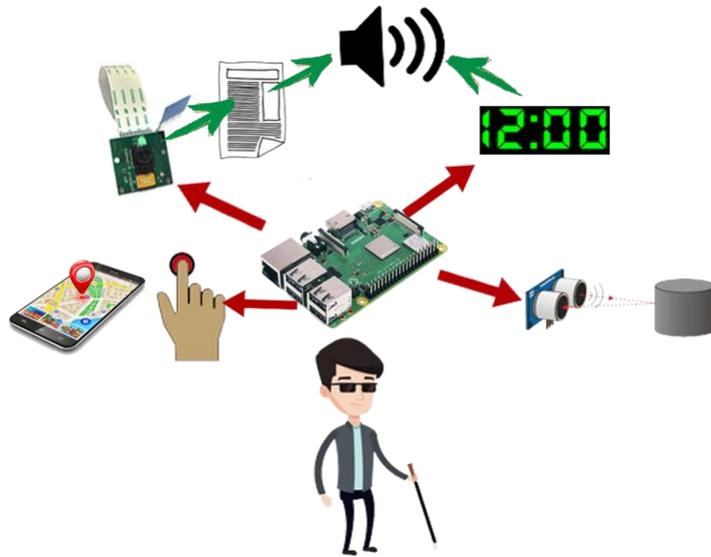


Figura 1-2: Esquema general del prototipo

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

En la Figura 2-2 mediante un diagrama de bloques se muestra la constitución y el procedimiento de cada una de sus funcionalidades de manera general.

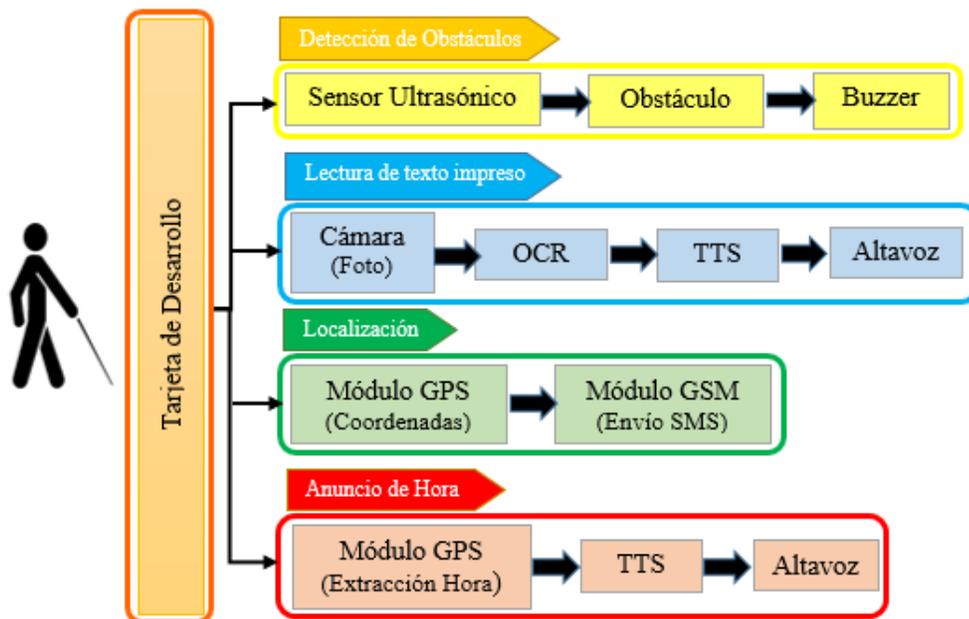


Figura 2-2: Diagrama de bloques general del sistema

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

2.1.1 Diagrama del sistema de detección de obstáculos

En la Fig. 3-2 se presenta el diagrama de bloques del sistema de detección de obstáculos en el cual el sensor se encarga del envío de una onda que viaja en línea recta para detectar obstáculos, la onda es enviada y receptada por sus extremos y la distancia hacia los objetos será determinada mediante la fórmula (1).

$$\text{Distancia} = \text{Velocidad} \times \left(\frac{\text{Tiempo}}{2} \right) \quad (1)$$

Donde Velocidad es la velocidad del sonido que corresponde al valor de 343 m/s.

El sensor se limita a reaccionar ante distancias que se encuentren en el rango de 15 cm a 90 cm, con lo que envía una señal eléctrica hacia el zumbador la cual le permite entrar en funcionamiento y emitir un sonido de alerta para evitar obstáculos.

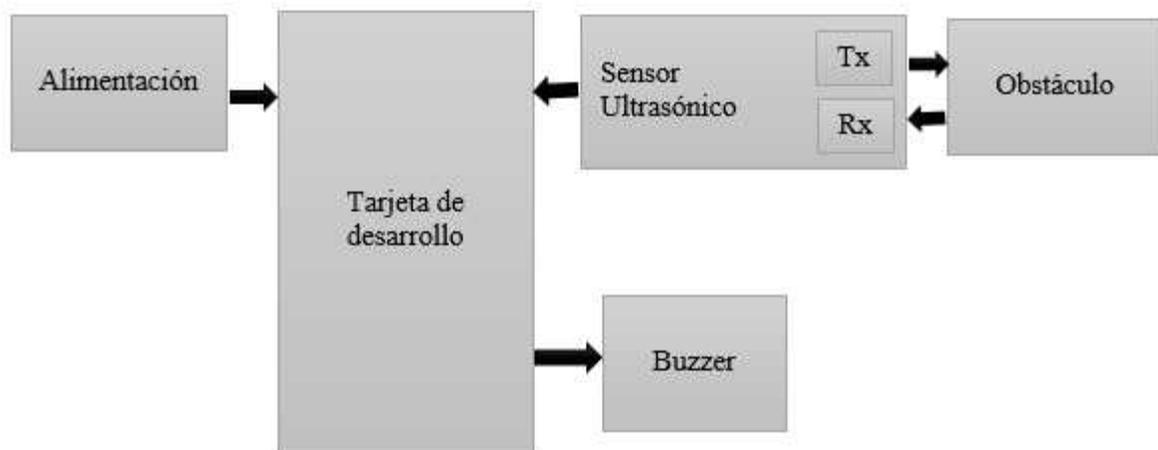


Figura 3-2: Diagrama del sistema de detección de obstáculos

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

2.1.2 Diagrama del sistema de lectura de texto impreso

Gracias a la acción de un pulsador, la cámara conectada por medio de un bus de datos a la tarjeta de desarrollo procede a capturar una imagen del texto impreso a ser leído, la cual es sometida al proceso

del reconocimiento óptico de caracteres y a su posterior conversión de texto a voz. Todo este proceso se realiza bajo la administración por parte de la tarjeta de desarrollo para que finalmente los caracteres que hayan sido reconocidos y correctamente procesados sean anunciados a través de un parlante conectado al plug de audio de la tarjeta. (Véase Fig. 4-2)

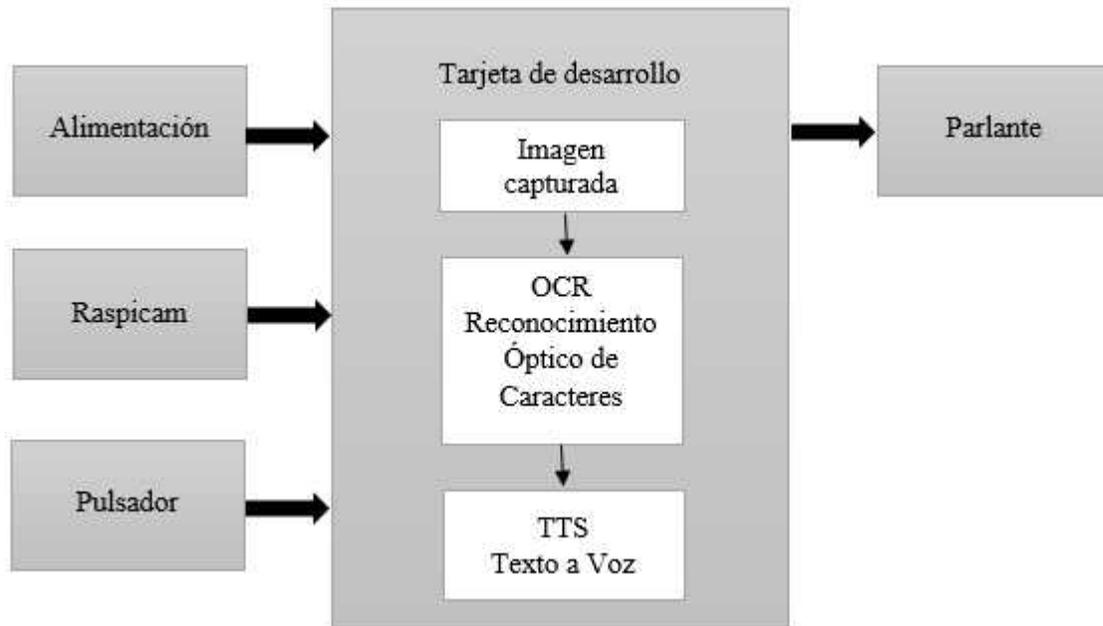


Figura 4-2: Diagrama del sistema de lectura de texto impreso

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

2.1.3 Diagrama del sistema de localización mediante botón de auxilio

Las coordenadas son obtenidas mediante la puesta en marcha de un módulo GPS, conectado a la tarjeta a través un convertor USB-TTL que le permite el envío y recepción de todos los datos disponibles por parte la constelación GPS, de los cuales nada más se extrae la latitud y longitud para que sean colocadas en un formato de enlace web determinado, que permite que sean visualizadas en un teléfono móvil a través de la recepción de un mensaje de texto el cual es enviado utilizando un módulo GSM, conectado a la tarjeta por medio de los pines correspondientes al puerto UART. Toda esta secuencia de procesos se ejecuta una vez sea presionado el botón de auxilio previamente programado. En la Figura 5-2 se puede apreciar el diagrama de funcionamiento del sistema de auxilio.

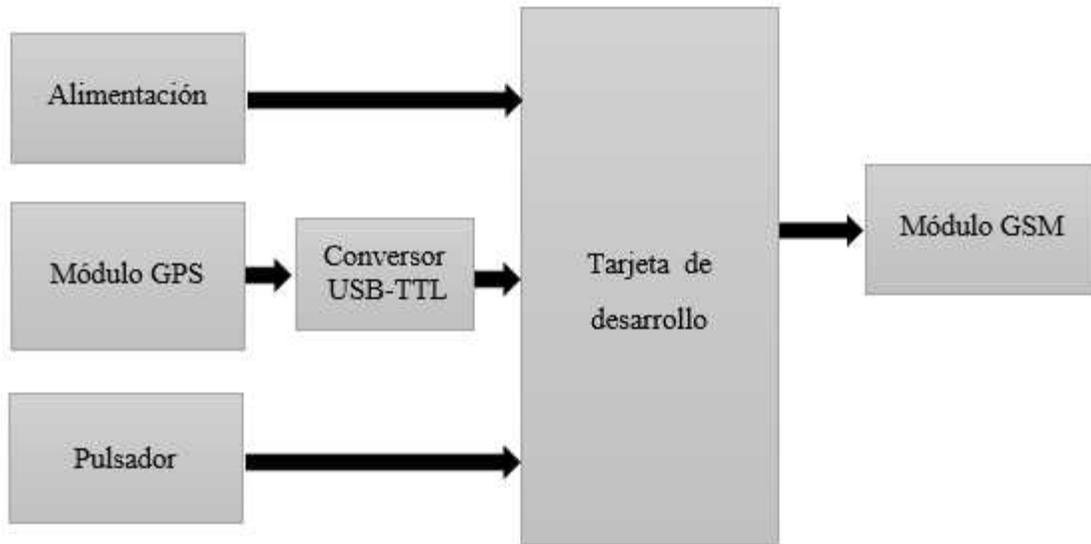


Figura 5-2: Diagrama del sistema de botón de auxilio

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

2.1.4 Diagrama del sistema de anuncio de hora

Con los datos del módulo GPS previamente obtenidos, se emplea la tecnología de texto a voz para anunciar la hora en el momento en que se presione el pulsador, por medio de un parlante conectado a la tarjeta a través de un jack. (Ver Fig. 6-2).

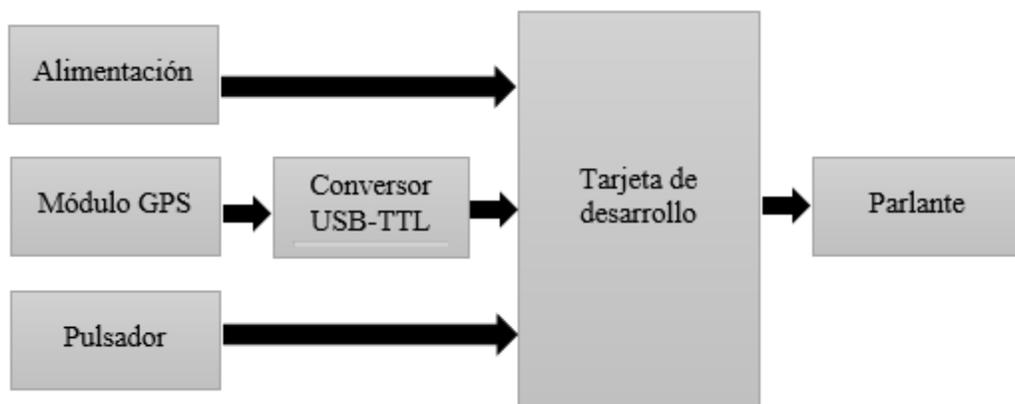


Figura 6-2: Diagrama del sistema de anuncio de hora

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

2.2 Requerimientos de Hardware

En la figura 7-2 se visualiza la conexión general de los elementos de hardware requeridos para el montaje del prototipo, a continuación se explica por separado cada una de sus funcionalidades.

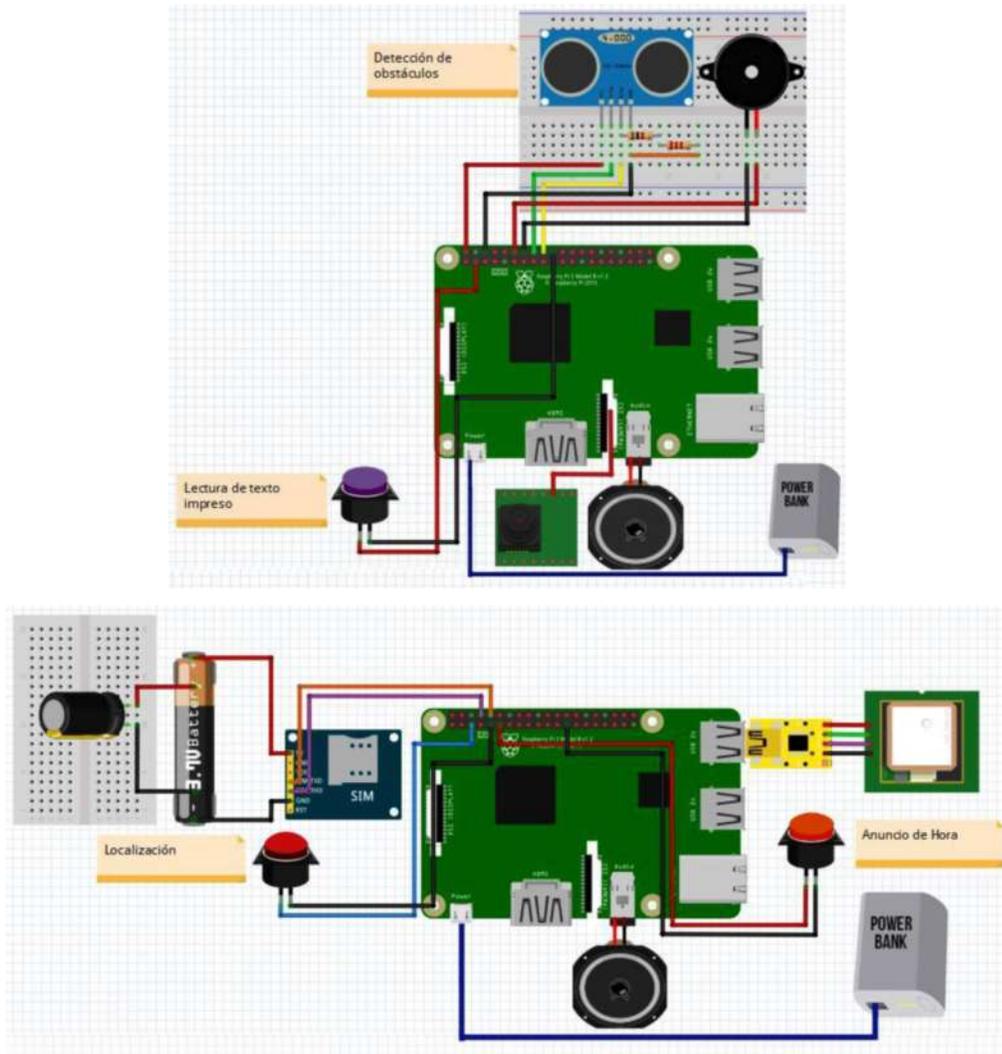


Figura 7-2: Esquema general de conexión del prototipo

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

2.2.1 *Raspberry Pi 3 Modelo B*

Esta placa es el último modelo lanzado al mercado y cuenta con las mejores características posibles con respecto a sus predecesoras tanto en rendimiento como en el procesamiento de las tareas asignadas. Tiene un diseño relativamente compacto en cuanto a los beneficios que brinda ya que con

la configuración adecuada puede convertirse hasta en un mini computador. En la Tabla 1-2 se puede observar sus especificaciones.

Tabla 1-2: Especificaciones Raspberry Pi 3 Modelo B

Procesador	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 SoC de 64 bits a 1,4 GHz
Memoria	1GB LPDDR2 SDRAM
Conectividad	<ul style="list-style-type: none"> • 2,4 GHz y 5 GHz IEEE 802.11.b / g / n / ac inalámbrico • LAN, • Bluetooth 4.2, BLE • Gigabit Ethernet sobre USB 2.0 (rendimiento máximo 300 Mbps)
Acceso	4 puertos USB 2.0
Puertos GPIO	40 pines
Video y sonido	<ul style="list-style-type: none"> • 1 puerto HDMI • Puerto de pantalla MIPI DSI • Puerto de cámara MIPI CSI
Soporte de tarjeta SD	Formato Micro SD
Alimentación	5V / 2.5A DC a través del conector micro USB

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

Una de las grandes ventajas que presenta la Raspberry Pi son los 40 pines de entrada y salida que posee, entre los cuales se encuentran varios pines utilizados para alimentación de dispositivos electrónicos externos, aquí se incluyen 8 pines para GND, 2 pines que suministran 5V y 2 que brindan 3.3V. (Ver Fig. 8-2)

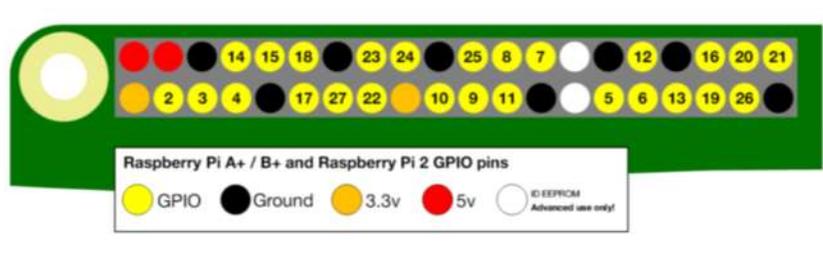


Figura 8-2: Puertos GPIO Raspberry Pi 3

Fuente: <https://www.raspberrypi.org/documentation/usage/gpio/>

2.2.2 Esquema de conexión Sensor Ultrasónico HC-SR04 para detección de obstáculos

Para el presente proyecto se escogió el módulo sensor ultrasónico HC – SR04 el cual posee las características mencionadas en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2: Características del Sensor Ultrasónico

Voltaje	5V DC
Corriente	15mA
Frecuencia	40 Hz
Rango máximo	4m
Rango mínimo	2cm
Angulo de medición	15 grados
Pines	Vcc, Trigger, Echo, GND
Dimensiones	45x20x15mm

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

El módulo ultrasónico posee cuatro pines de salida de los cuales dos son para la alimentación del mismo, los otros dos son Trigger que se encarga de activar el transmisor en intervalos de 10 us y el pin Echo que recibe la onda reflejada y la envía para su procesamiento.

Para el montaje de este circuito se necesita la implementación de un divisor de voltaje (ver Fig. 9-2) en el pin Echo del sensor ultrasónico, debido a que este suministra un voltaje de 5V y al conectarlo a uno de los pines GPIO de la Raspberry Pi podría causar daños puesto que solo recibe voltajes máximos de 3.3V.

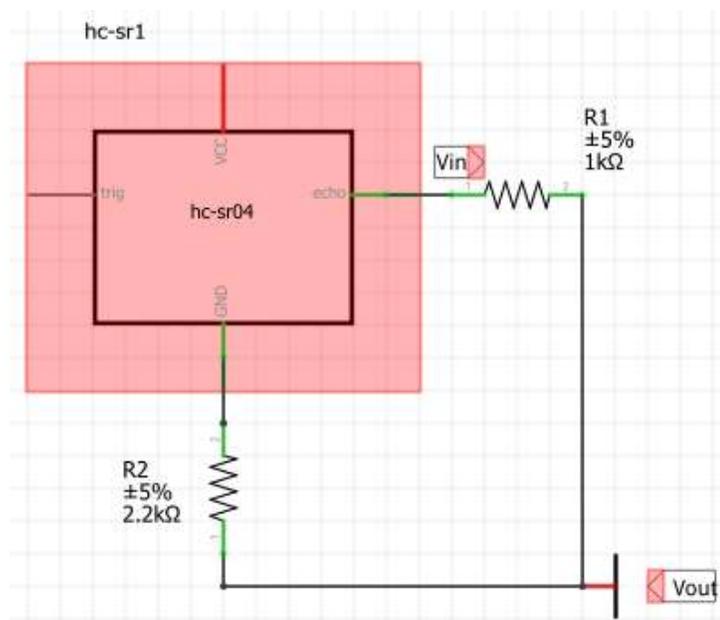


Figura 9-2: Divisor de Voltaje para pin Echo

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

Para dicho divisor se escoge una resistencia de 1kΩ y una de 2.2kΩ, el voltaje de salida es calculado mediante la fórmula (2).

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (2)$$

Donde V_{in} es el voltaje de entrada que es 5V correspondiente al pin Echo del sensor.

$$V_{out} = 5 \text{ V} \times \frac{2.2\text{k}\Omega}{1\text{k}\Omega + 2.2\text{k}\Omega}$$

$$V_{out} = 3.4 \text{ V}$$

Como se puede apreciar se tiene un V_{out} de 3.4 V el cual es un voltaje aceptable para los pines de la placa de desarrollo. Además para alertar al usuario se utiliza un buzzer, el cual mediante un sonido se encarga de indicar la cercanía del objeto, finalmente tanto en la Tabla 3-2 como en la Fig. 10-2 se puede apreciar la asignación de pines y el diagrama de conexiones correspondiente al cumplimiento de la función de detección de obstáculos.

Tabla 3-2: Pines de Conexión Detección de Obstáculos

SENSOR ULTRASÓNICO	
Vcc	Pin 2
Trigger	Pin 16
Echo	Pin 18
GND	Pin 6
BUZZER	
Vcc	Pin 12
GND	Pin 9

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

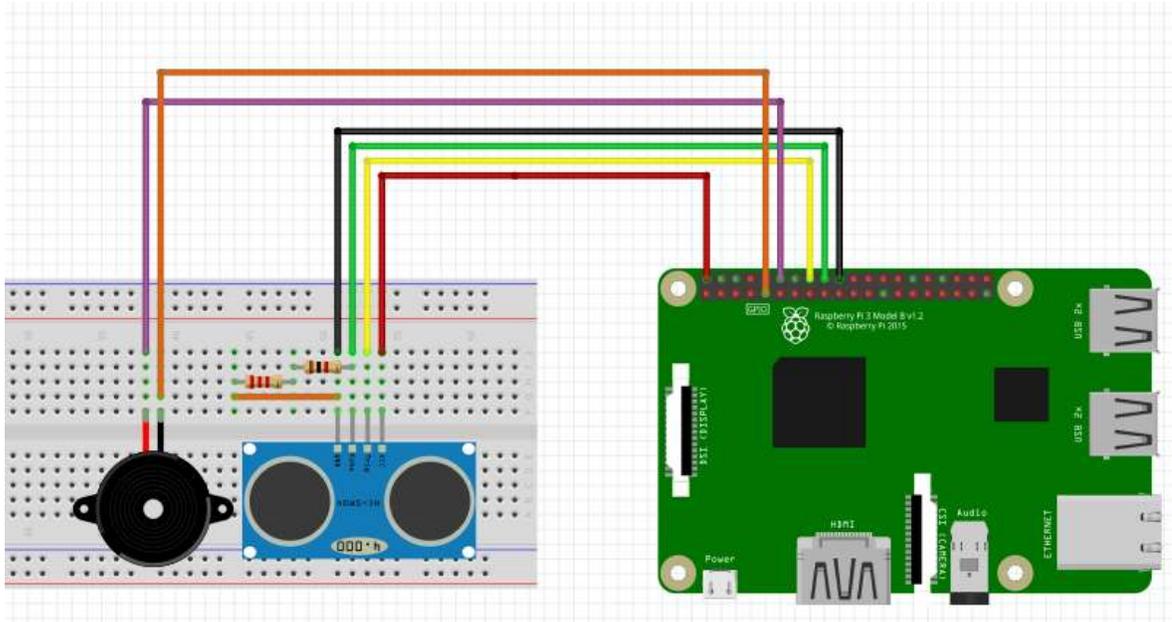


Figura 10-2: Conexión del circuito detector de obstáculos

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

2.2.3 *Esquema de conexión Raspicam para lectura de texto impreso*

Se usa una cámara espía para raspberry (ver Fig. 11-2) que posee una resolución de 5 megapíxeles y es capaz de capturar imágenes de hasta 2592 x 1944 píxeles, en lo que respecta a video graba en calidades de 1080p30, 720p60 y 640x480p60 / 90.



Figura 11-2: Cámara Espía Raspberry Pi

Fuente: <https://www.adafruit.com/product/1937>

Originalmente tiene un lente con enfoque hacia el infinito y posee una distancia focal de 50 cm, es decir, debe existir esta distancia como mínimo entre el lente y el objeto más cercano. Para las necesidades de este proyecto se requiere que la distancia focal sea menor a 50 cm por lo que hay que manipular el lente girándolo cuidadosamente en sentido anti horario aproximadamente 50°. (Ver Fig. 12-2).



Figura 12-2: Proceso de enfoque de la cámara

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

La cámara es conectada mediante un bus de datos hacia el puerto CSI propio de la tarjeta de desarrollo, la raspicam utiliza la tecnología FPC o también conocida como tecnología para circuitos impresos flexibles, lo que puede incrementar su utilidad ya que aumenta la flexibilidad en el manejo del mismo, garantiza una mayor durabilidad y logra minimizar el tamaño de los componentes electrónicos que lo componen.

Para que la cámara pueda ser usada por la tarjeta es necesario habilitar la interfaz que corresponde a dicho accesorio (ver Fig. 13-2), una vez realizado esto deberemos reiniciar la Raspberry Pi.

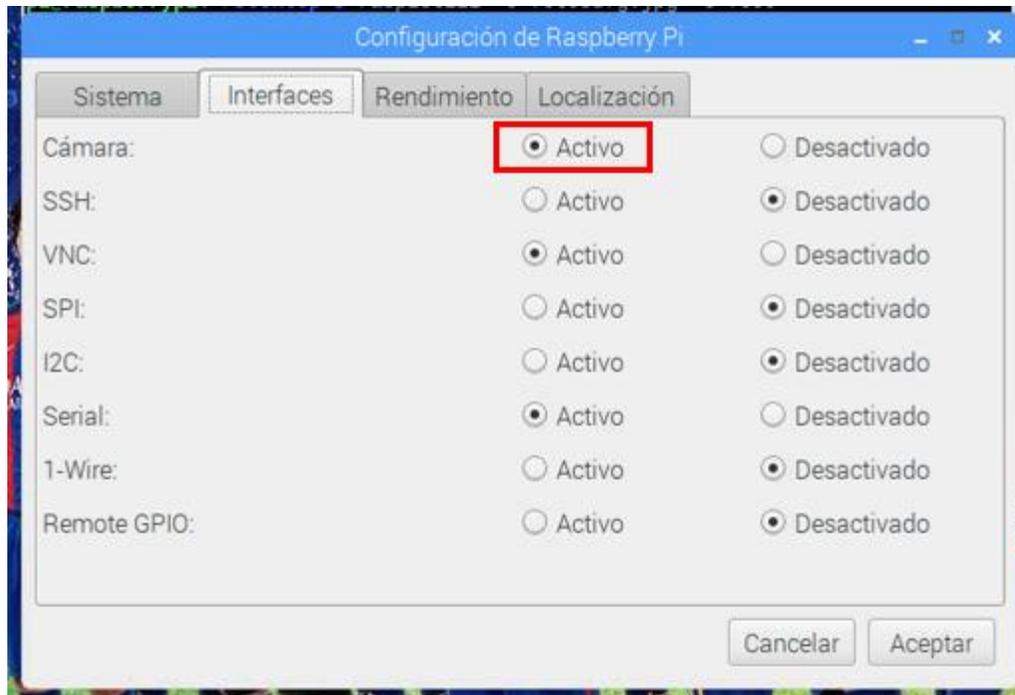


Figura 13-2: Configuración Interfaces Raspberry Pi

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

A continuación se debe verificar el funcionamiento de la raspicam por medio de la captura de una imagen (ver Fig. 14-2) y la grabación de un video, tareas que pueden ser realizadas bajo la ejecución de los siguientes comandos en la ventana de terminal:

- **Foto:** raspistill -o foto.jpg

Donde -o se usa para especificar el nombre del archivo de salida, si no se especifica uno la imagen no podrá ser guardada y .jpg representa el formato de salida de la imagen.

- **Video:** raspivid -o video.h264 -t 10000

Donde .h264 corresponde al formato de salida del video, y -t es usado para especificar su duración en milisegundos.



Figura 14-2: Foto tomada con la Raspicam

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

En la Fig. 15-2 se presenta el esquema de conexión para el circuito lector el cual consta de un botón mediante el cual se procede a tomar la fotografía para su posterior procesamiento, un parlante para reproducir la lectura del texto y la cámara que es la encargada de capturar la imagen deseada.

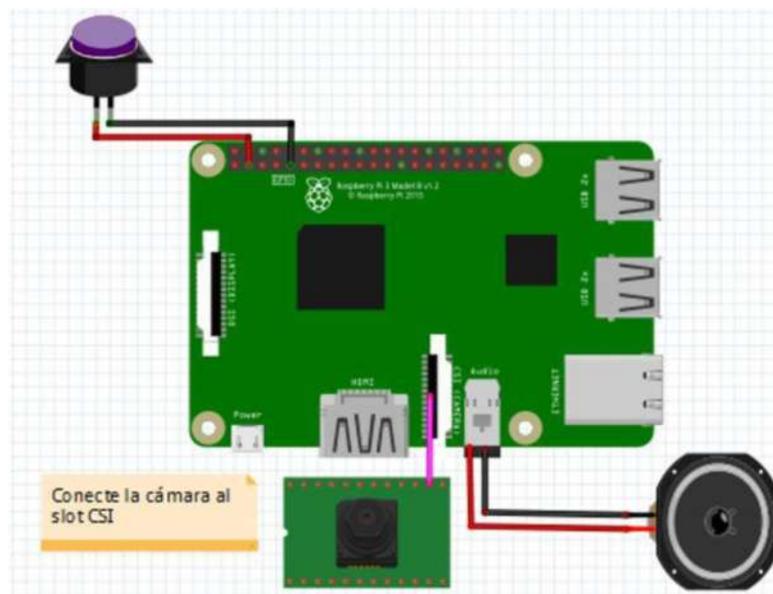


Figura 15-2: Conexión del circuito lector de texto impreso

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

Los pines asignados para la conexión de este circuito están detallados en la Tabla 4-2.

Tabla 4-2: Pines de Conexión Lector de texto impreso

CÁMARA	
Slot CSI	
PARLANTE	
Puerto de audio	
BOTÓN	
Vcc	Pin 3
GND	Pin 9

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

2.2.4 Esquema de conexión de Módulo GPS U-blox NEO-6M y Módulo Sim800L para botón de auxilio

Una parte de la función de localización hace uso del módulo GPS U-blox NEO-6M para la obtención de los datos de la constelación GPS, de los cuales se extrae tanto la latitud como la longitud, que muestran la posición en la que se encuentre el usuario una vez que se haya presionado el botón de auxilio. En la Tabla 5-2 se muestran las especificaciones indicadas por el fabricante del módulo.

Tabla 5-2: Especificaciones Módulo GPS U-blox NEO-6M

Voltaje de alimentación	3-5 V DC
Interfaz	Serial UART 5V
Antena	Tipo Cerámica
Memoria	EEPROM
Tamaño de la antena	25 mm x 25 mm
Tamaño del módulo	25 mm x 35 mm
Tamaño de los pines	3 mm
Velocidad de transmisión	9600 bps

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

Para complementar el cumplimiento de esta función se utiliza un módulo Sim800L, el cual se encarga de enviar un mensaje de texto a través de la utilización de la red móvil, mismo que contiene un enlace web con los datos previamente obtenidos en la etapa anterior y puede ser visualizado en un navegador web móvil utilizando el servicio Google Maps. Las características que posee el módulo se indican en la Tabla 6-2.

Tabla 6-2: Especificaciones Módulo Sim800L

Voltaje de Alimentación	3,4 V a 4,4 V DC
Frecuencia de trabajo	850/900/1800/1900 MHz
Servicios Disponibles	Datos GPRS (TCP/IP, HTTP), Envío de SMS, Llamadas
Tamaño	25 mm x 23 mm
Peso	4,7 g
Interfaz	Serial UART 5V
Tamaño del SIM	Micro SIM 2G
Velocidad de transmisión	1200 a 115200 bps

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

El esquema de conexión se presenta en la Figura 16-2, donde podemos notar que el módulo Sim necesita de una alimentación independiente de la tarjeta de desarrollo ya que esta no es capaz de proveer la energía suficiente para ambos módulos al mismo tiempo. En este caso se utiliza una batería recargable de litio 18650 de 3.7 V y con una capacidad de 4800 mAh, misma que se encuentra conectada en paralelo a un capacitor electrolítico de 22 uF cuya función es estabilizar los niveles de voltaje y corriente para que evitar el reinicio y desconexión del módulo de la estación base.

La Raspberry Pi posee un puerto UART que ya es usado por el módulo Sim, por lo tanto es necesario el empleo de un módulo convertidor USB-TTL PL2303 el cual habilita un nuevo puerto UART para el módulo GPS U-blox NEO-6M. En la Tabla 7-2 se presenta los pines asignados para implementar el circuito correspondiente a la funcionalidad del botón de auxilio.

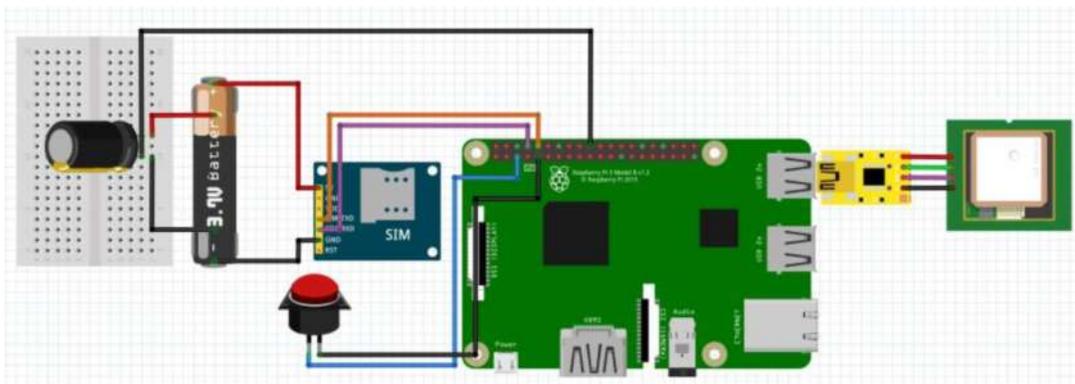


Figura 16-2: Conexión del circuito de botón de auxilio

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

Tabla 7-2: Pines de Conexión Botón de auxilio

Módulo SIM	
Vcc	Pila
GND	3.7V

Tx	Pin 10
Rx	Pin 8
Módulo GPS	
Vcc	USB-TTL
Tx	
Rx	
GND	
Botón	
Vcc	Pin 5
GND	Pin 9

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

Para saber si existe una conexión activa entre el módulo GPS y la Raspberry Pi lo primero que se debe hacer es verificar en que puerto USB ha sido detectado, seguidamente se debe realizar la instalación del software GPS Daemon (GPSD) y su posterior puesta en marcha. Todo este procedimiento se realiza siguiendo la siguiente serie de comandos mostrados en la Figura 17-2.

```

pi@raspberrypi:~ $ ls/dev/ttyUSB*
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt-get install gpsd gpsd-clients python-gps
pi@raspberrypi:~ $ sudo gpsd/dev/ttyUSB0 -F /var/run/gpsd.sock
pi@raspberrypi:~ $ cgps -s

```

Figura 17-2: Comandos para instalación de GPSD

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

Una vez cumplido el proceso anterior, se puede visualizar los datos recibidos por el módulo GPS lo cual indica que su funcionamiento es correcto (ver Fig. 18-2).

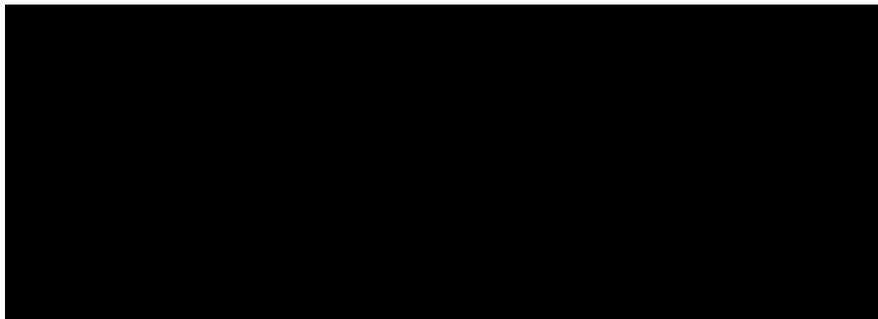


Figura 18-2: Datos recibidos por el módulo GPS

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

Por otro lado para comprobar el funcionamiento del módulo Sim con la ayuda del terminal se deben realizar algunas configuraciones que se resumen en la Figura 19-2.

```
pi@raspberrypi:~ $ sudo nano /boot/config.txt
                EDITAR enable_uart=1
pi@raspberrypi:~ $ sudo nano /boot/cmdline.txt
                COMENTAR LA PRIMERA LINEA DEL ARCHIVO Y SUSTITUIR POR
dwc_otg.lpm_enable=0 console=tty1 root=/dev/mmcblk0p2 rootfstype=ext4 elevator=deadline
fsck.repair=yes rootwait
```

Figura 19-2: Edición de archivos Raspberry Pi

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

Después de haber editado los archivos de la Raspberry Pi se requiere instalar un programa que permita la comunicación entre la tarjeta de desarrollo y el módulo Sim, en este caso se hace uso del terminal Minicom. Una vez instalado se procede a escribir AT y al recibir OK se garantiza que el modulo Sim funciona (ver Fig. 20-2).

```
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt-get install minicom
pi@raspberrypi:~ $ minicom -D /dev/ttyAMA0 -b 115200

Welcome to minicom 2.7

OPTIONS: I18n
Compiled
Port /dev/ttyAMA0, 21:12:18

Press CTRL-A Z for help on special keys

at
OK

Call Ready

SMS Ready
at
OK
```

Figura 20-2: Instalación y ejecución de Minicom

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

2.2.5 *Esquema de conexión de botón y parlante para anuncio de hora*

Un uso adicional para el módulo GPS U-blox NEO-6M es la obtención de la hora expresada en formato UTC (Tiempo Universal Coordinado) el cual corresponde a la hora actual del Meridiano de Greenwich. En este caso se debe acoplar la hora a la zona horaria a la cual se pertenece (UTC -5, Ecuador) con un proceso de cambio de hora que es explicado más adelante. El circuito y las conexiones necesarias para el cumplimiento de la función descrita se encuentran en la Figura 21-2.

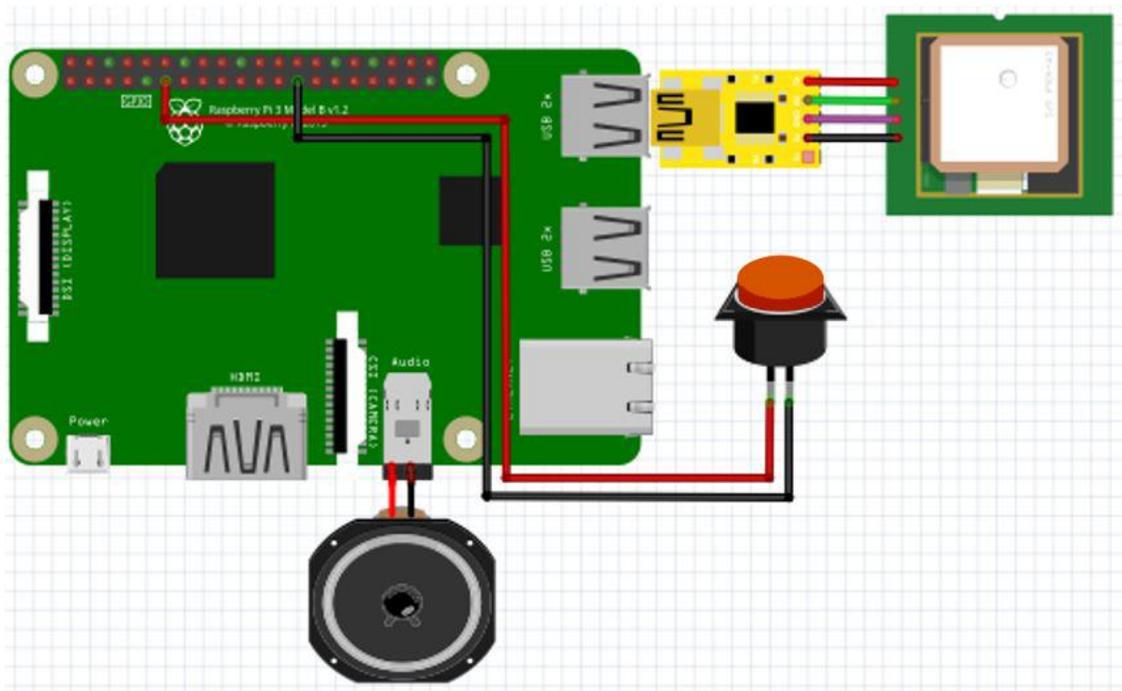


Figura 21-2: Conexión del circuito de anuncio de hora

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

Los pines asignados para la función de anuncio de hora se muestran en la Tabla 8-2.

Tabla 8-2: Pines de Conexión para anuncio de hora

Módulo GPS	
Vcc	USB-TTL
Tx	
Rx	
GND	
Botón	
Vcc	Pin 11
GND	Pin 39

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

2.2.6 Alimentación del prototipo

La tarjeta de desarrollo se encuentra alimentada mediante un par de Power Bank (ver Fig. 22-2) que suministran un voltaje de 5 V y una corriente de 2.1 A, además poseen una capacidad de 8000 mAh. Esta batería portable es recargable y necesita de una fuente de alimentación de 5 V y 1 A la cual puede ser fácilmente encontrada ya que es compatible con cualquier cargador de celular.



Figura 22-2: Power Bank

Fuente: <https://goo.gl/r3WfCn>

2.3 Requerimientos de Software

2.3.1 Sistema Operativo Raspbian

Raspbian es un sistema operativo de código abierto basado en Debian GNU/Linux (ver Fig. 23-2), que ha sido modificado especialmente para Raspberry Pi. Incluye personalizaciones que están diseñadas para hacer que la Raspberry Pi sea más fácil de usar e incluye muchos paquetes de software diferentes listos para su uso. (Harrington, 2015, p.15)

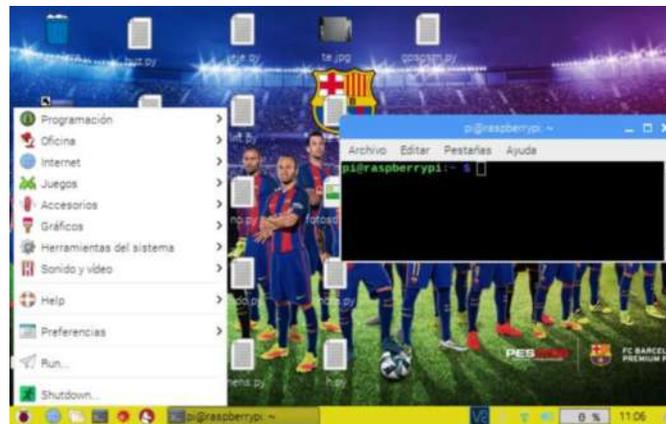


Figura 23-2: Sistema Operativo Raspbian

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

2.3.2 Tesseract OCR

Tesseract es un software de código abierto utilizado para el reconocimiento óptico de caracteres con soporte para Unicode, actualmente el proyecto es desarrollado por Google y se lo considera como el software gratuito más preciso que existe en la actualidad. Es capaz de reconocer inicialmente texto en idioma inglés, sin embargo esto no presenta un inconveniente ya que con la configuración adecuada es posible reconocer aproximadamente unos 100 idiomas adicionales. (Gopinath, Aravind, Chandran, y Saranya, 2015, p.392)

Mediante el comando mostrado en la Figura 24-2 se puede instalar dicho software.

```
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt-get install tesseract-ocr
```

Figura 24-2: Instalación Tesseract OCR

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

2.3.3 *eSpeak*

Es un sintetizador de voz de código abierto usado para convertir texto a códigos de fonemas que funciona tanto en Linux como en Windows, además permite que un computador lea en voz alta cualquier texto que le sea indicado. Las principales características que presenta son:

- El habla es clara pero brinda una voz robotizada.
- Ofrece diferentes tipos de voces cuyas características pueden ser manipuladas.
- Puede crear archivos de salida en formato WAV.
- Es compatible con varios idiomas.
- Está escrito bajo lenguaje de programación C. (SourceForge 2006)

Para su instalación solo es necesaria la ejecución de un comando en el terminal de la Raspberry Pi el cual se muestra en la Figura 25-2.

```
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt-get install espeak
```

Figura 25-2: Instalación eSpeak

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

2.3.4 *Comandos AT*

Los comandos AT básicamente son instrucciones para interactuar con módulos SIM, AT se abrevia de la palabra atención por lo que cada línea de comando empieza con esta abreviación sin importar si está escrita con letras mayúsculas o minúsculas. (Alam, 2015, p.1)

Algunas de las tareas que se pueden manejar mediante estos comandos son mencionadas en la Tabla 9-2.

Tabla 9-2: Comandos AT

AT	Comprueba estado del módulo
AT+CPIN="XXXX"	Introduce el código PIN
AT+CREG?	Indica el estado de la red
AT+CSQ	Indica parámetros de nivel de la señal recibida
ATDXXXXXXX;	Permite realizar una llamada
ATH	Finaliza la llamada
AT+CMGF=1	Configura el módulo para enviar o recibir mensajes
AT+CMGS="XXXXXXXXXX"	Introduce el número al que se enviará un mensaje
AT+CLIP=1	Activa la identificación de llamadas
AT+CGATT=1	Conecta a la red GPRS
AT+COPS?	Indica operadora móvil

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

2.3.5 *Programas Python*

Para la puesta en marcha del prototipo se hace uso de cuatro programas distintos, uno por cada función, todos ellos desarrollados en el lenguaje de programación Python los cuales se explican a continuación a través de diagramas de flujo y adicionalmente se presenta cada uno de sus códigos.

- **Sensor.py (Detección de obstáculos)**

En la Figura 26-2 mediante un diagrama de flujo se expresa la lógica utilizada para poder realizar un detector de obstáculos, cabe recalcar que mediante el sonido de un buzzer se expresa la presencia de un objeto cercano por lo que se hace necesario el control de las distancias en las que suene ya que no debe emitir sonidos a distancias muy cercanas ni muy lejanas.

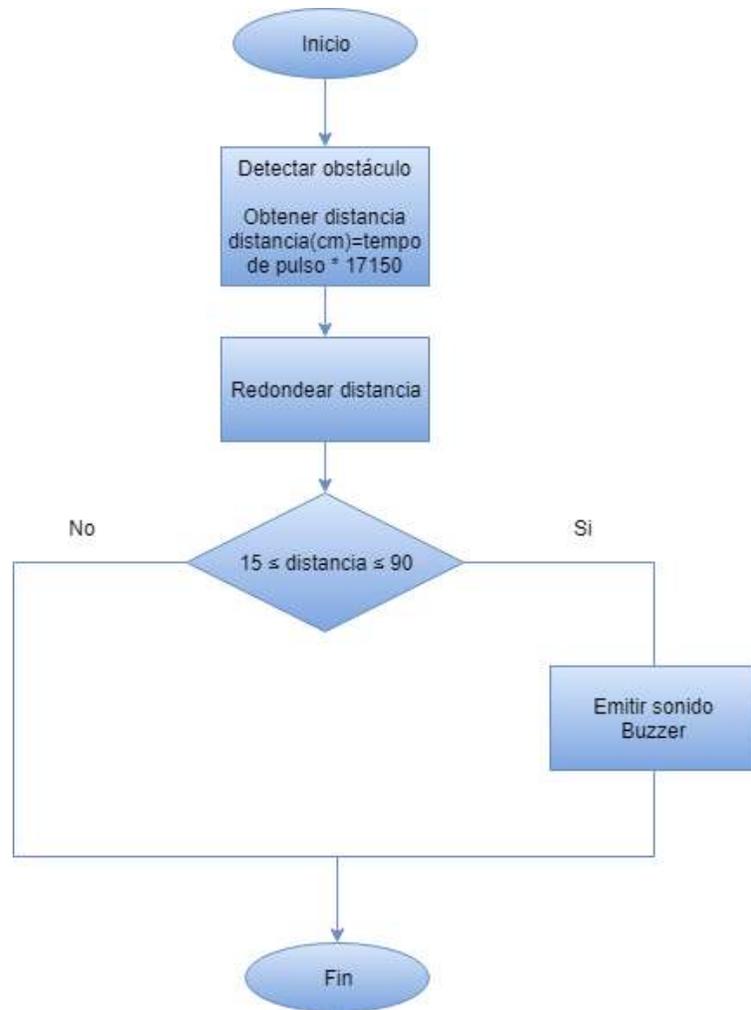


Figura 26-2: Diagrama de Flujo del programa sensor.py

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

A continuación en la Figura 27-2 se presenta el código que permite la ejecución de esta funcionalidad el cual para su correcto funcionamiento requiere de las librerías ‘RPi.GPIO’ y ‘time’.

```

import RPi.GPIO as GPIO
import time

GPIO.setmode(GPIO.BCM)

TRIG = 23
ECHO = 24

while 1:

    GPIO.setmode(GPIO.BCM)
    GPIO.setwarnings(False)
    GPIO.setup(TRIG,GPIO.OUT)
    GPIO.setup(ECHO,GPIO.IN)

    GPIO.output(TRIG, False)
    time.sleep(0.5)

    GPIO.output(TRIG, True)
    time.sleep(0.00001)
    GPIO.output(TRIG, False)

    while GPIO.input(ECHO)==0:
        pulse_start = time.time()

    while GPIO.input(ECHO)==1:
        pulse_end = time.time()
        pulse_duration = pulse_end - pulse_start

    distance = pulse_duration * 17150

    distance = round(distance, 2)

    if (distance <= 90) and (distance >= 15):
        GPIO.setmode(GPIO.BCM)
        GPIO.setwarnings(False)
        GPIO.setup(18,GPIO.OUT)
        GPIO.output(18, True)
        time.sleep(2)
        GPIO.cleanup()

```

Figura 27-2: Código del programa sensor.py

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

- **Camara.py (Lectura de texto impreso)**

Se puede observar la secuencia lógica del programa expresada mediante un diagrama de flujo (ver Figura 28-2), mientras que el código necesario para la ejecución del programa se encuentra indicado en la Figura 29-2. Las librerías utilizadas son ‘RPi.GPIO’, ‘os’, ‘sys’, ‘logging’, ‘time’, depende de la acción de un botón el cual reinicia el programa y lo pone en ejecución por cada vez que este es presionado.

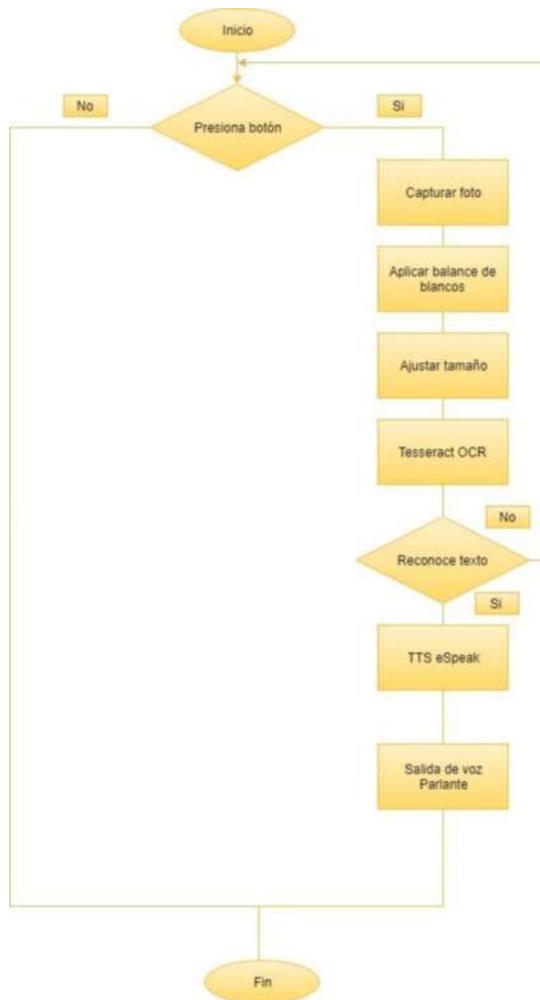


Figura 28-2: Diagrama de Flujo del programa camara.py

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

```

import RPi.GPIO as GPIO
import os, sys
import logging
import subprocess
import time

GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setup(2, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)

while True:
    if GPIO.input(2) == GPIO.LOW:
        os.system("rm -f /home/pi/Desktop/te.jpg /home/pi/Desktop/te.txt")
        os.system("espeak -ves -s 150 -k 10 'Capturando'")
        os.system("raspistill -cfx 128:128 --awb auto -t 5000 -o /home/pi/Desktop/te.jpg")
        os.system("tesseract /home/pi/Desktop/te.jpg -l spa /home/pi/Desktop/te")
        os.system("cat /home/pi/Desktop/te.txt")
        if os.stat("home/pi/Desktop/te.txt").st_size == 0:
            os.system("espeak -ves -s 170 -k 20 -f /home/pi/Desktop/te.txt")
        else:
            os.system("espeak -ves -s 150 -k 10 'Intente nuevamente'")
  
```

Figura 29-2: Código del programa camara.py

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

- **Gpsgsm.py (Localización por botón de auxilio)**

Para esta función el programa requiere de algunas librerías extras a las anteriormente citadas, entre ellas destaca ‘pynmea2’ que extrae los datos NMEA, ‘serial’ que permite tener una comunicación serial, ‘string’ para usar datos en modo texto y ‘ascii’ la cual hace posible el ingreso de combinaciones de teclas. Tanto en la Figuras 30-2 y 31-2, se muestra su diagrama de flujo y programación respectivamente.

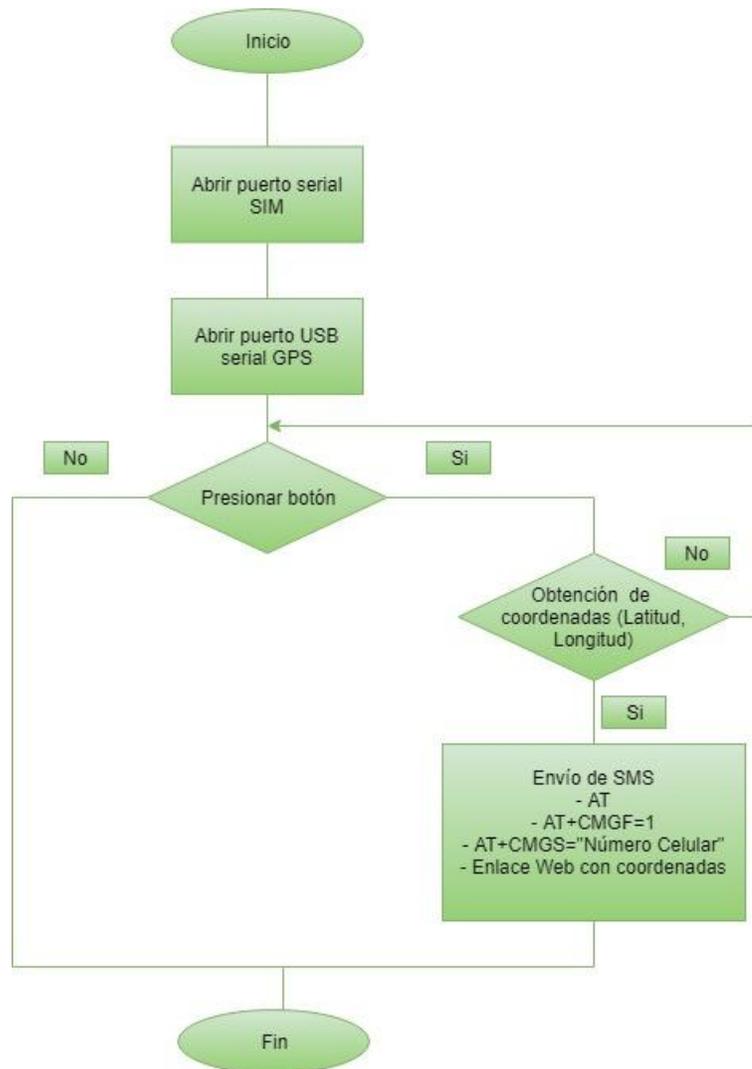


Figura 30-2: Diagrama de Flujo del programa gpsgsm.py

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

```

import RPi.GPIO as GPIO
import serial
import time
import os
import pynmea2
import string
from curses import ascii

GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setup(3, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
sSerie = serial.Serial('/dev/ttySO', 115200, timeout=1)
ser=serial.Serial("/dev/ttyUSB0", baudrate = 9600)
time.sleep(0.5)
i=0
while True:

    if GPIO.input(3) == GPIO.LOW:
        while i<1:
            if (ser.inWaiting())>0:
                serdata = ser.readline()
                serdata = os.linesep.join([s for s in serdata.splitlines() if s])

                data = pynmea2.parse(serdata)
                c=str(data.latitude)+'+'+str(data.longitude)
                print (c)
                i=i+1
            else:
                os.system("espeak -ves -s 150 -k 10 'Intente nuevamente'")

        try:
            # Enviamos un reset al modem
            sSerie.write("ATZ\r\n")
            time.sleep(1)
            # Le ponemos en modo para SMS
            sSerie.write("AT+CMGF=1\r\n")
            time.sleep(1)
            # Le pasamos el numero al que vamos ha mandar el SMS
            sSerie.write("AT+CMGS="+593987203492+"\r\n")
            time.sleep(1)
            # Texto del mensaje terminado en Ctrl+Z
            sSerie.write('https://maps.google.com/maps?q='+str(c)+ ascii.ctrl('z'))
            # Leemos la informacion devuelta
            print sSerie.readline()
            # Leemos la informacion devuelta

```

Figura 31-2: Código del programa gpsgsm.py

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

- **Hora.py (Anuncio de hora)**

De manera similar al anterior programa se hace uso de la librería pynmea2 con el mismo funcionamiento pero con un propósito distinto que es el de extraer la hora. Hay que tener en cuenta que la hora es obtenida en formato UTC y que por lo mismo se somete a un proceso de cambio de hora adecuado para la zona horaria en la que se encuentre el usuario, en este caso es para la franja horaria UTC-5 correspondiente a la hora de Ecuador.

El programa posee otro mecanismo de control en donde se le suman o se restan horas con el propósito de que al anunciarla no se obtengan horas negativas. El diagrama de flujo se puede observar en la Figura 32-2, mientras que el código se aprecia en la Figura 33-2.

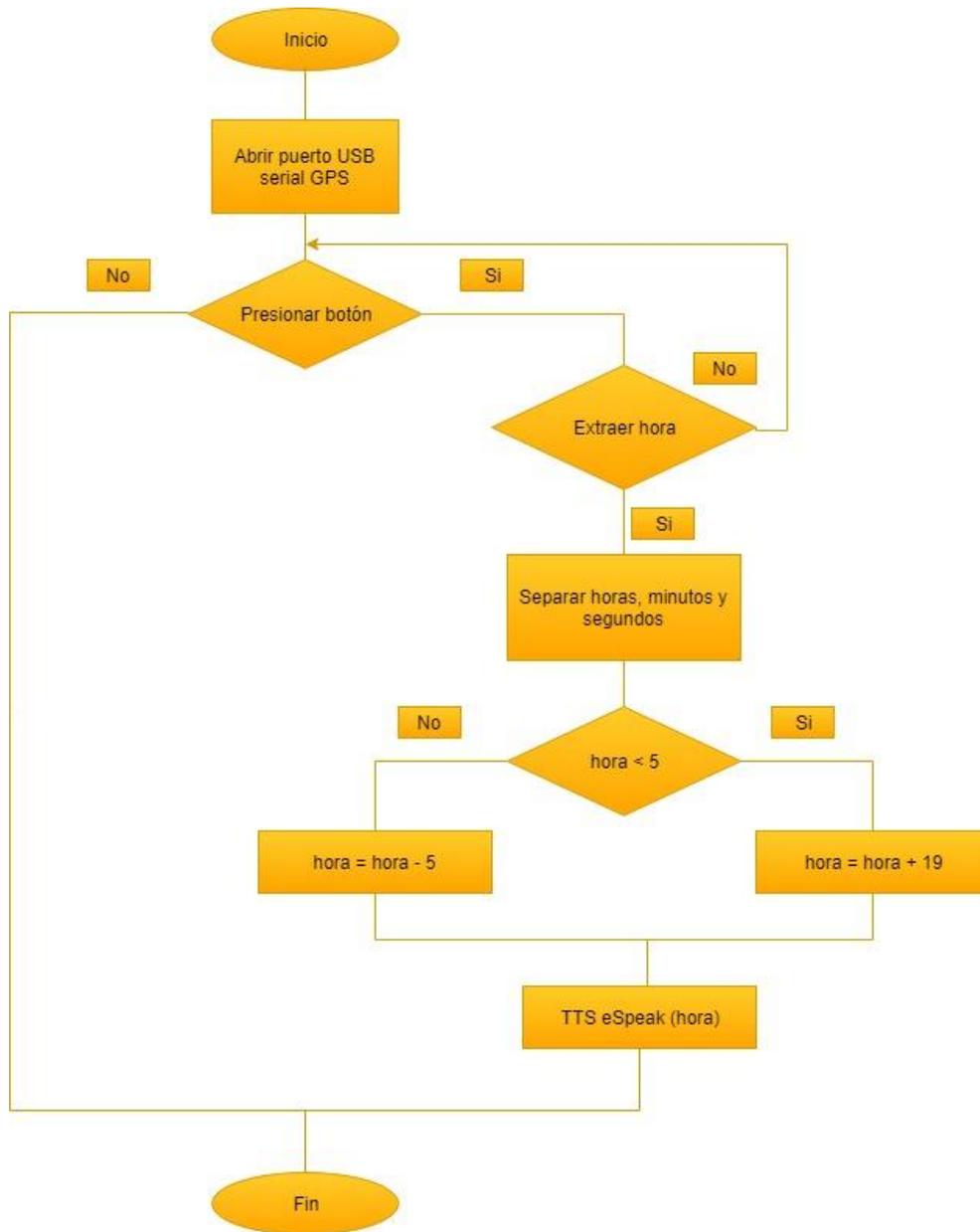


Figura 32-2: Diagrama de Flujo del programa hora.py

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

```

import RPi.GPIO as GPIO
import serial
import time
import os, sys
import pynmea2
import string

GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setup(17, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
ser=serial.Serial("/dev/ttyUSB0", baudrate = 9600)
time.sleep(0.5)
i=0
while True:
    if GPIO.input(17) == GPIO.LOW:
        while i<1:
            ser.flushInput()
            ser.setDTR()
            if (ser.inWaiting())>0:
                serdata = ser.readline()
                serdata = os.linesep.join([s for s in serdata.splitlines() if s])
                if serdata.find('GGA') > 0:
                    data = pynmea2.parse(serdata)
                    c=str(data.timestamp)
                    c1=c.split(":")
                    c2=c1[0]
                    c4=int(c1[1])
                    i=i+1
                    if c2<5:
                        c3=int(c2)+19
                        os.system('espeak -v es -s 130 -k 20 "Son las"')
                        os.system('espeak -v es -s 130 -k 20 "{}"'.format(c3))
                        os.system('espeak -v es -s 130 -k 20 "y"')
                        os.system('espeak -v es -s 130 -k 20 "{}"'.format(c4))
                    else:
                        c3=int(c2)-5
                        os.system('espeak -v es -s 130 -k 20 "Son las"')
                        os.system('espeak -v es -s 130 -k 20 "{}"'.format(c3))
                        os.system('espeak -v es -s 130 -k 20 "y"')
                        os.system('espeak -v es -s 130 -k 20 "{}"'.format(c4))
                else:
                    os.system("espeak -ves -s 150 -k 10 'Intente nuevamente'")
            i=0

```

Figura 33-2: Código del programa hora.py

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

2.3.6 Crontab

A la hora de automatizar la ejecución de tareas o el inicio de ciertos programas de software se hace uso del administrador de procesos propio de las distribuciones GNU/Linux, el cual se apega a seguir una estructura ya establecida. (Bahit, 2013, p.47)

Script:

Periodicidad /ruta/al/script

Al ser necesaria la ejecución automática de los programas antes descritos, se añaden a la lista de tareas que pone en funcionamiento Crontab con el siguiente comando ejecutado en el terminal (ver Figura 34-2).

```
pi@raspberrypi:~ $ sudo crontab -e
```

Figura 34-2: Comando para uso de Crontab

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

Los periodos de tiempo pueden ser especificados dependiendo del tiempo en el que necesiten ser ejecutados, entre ellos se puede nombrar: @yearly, @weekly, @monthly, @daily, @hourly, @reboot. Ya que el proyecto requiere la ejecución de los programas al inicio de la tarjeta desarrollo se utiliza el comodín '@reboot' como se aprecia en la Figura 35-2.



Figura 35-2: Ejecución de camara.py al reinicio de la Raspberry Pi

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

2.4 Ensamblaje del prototipo

Para la distribución de los diferentes dispositivos que conforman el prototipo se opta por ubicarlos en una pechera con el fin de brindar comodidad al usuario y una disposición de los elementos que asegure el mejor rendimiento posible del prototipo electrónico (ver Fig.36-2). Sus dimensiones son de 60 cm x 43 cm y su peso es 2,8 lb; cuenta con un broche el cual se puede ajustar dependiendo de la necesidad del usuario, además está hecho de un material impermeable de tal manera que no exista ningún tipo de inconveniente con los dispositivos electrónicos ni el factor climático.



Figura 36-2: Disposición de elementos electrónicos en la pechera

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

Para un uso eficiente en la detección de obstáculos se incorpora una cubierta del mismo material que hace posible la detención de la misma, como por ejemplo cuando el usuario no se encuentre en movimiento o se sitúe muy cerca de un objetivo conocido el cual no requiera ser alertado. La implementación final del prototipo puede ser apreciada en la Figura 37-2.



Figura 37-2: Implementación final del prototipo

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

CAPITULO III

3 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se realizaron las pruebas convenientes que permitan verificar el cumplimiento de cada una de las funciones descritas anteriormente, para esto se simuló no tener el sentido de la visión mediante una venda en los ojos y también se las ejecutó con una persona invidente (ver Fig. 1-3). Además se tomaron los tiempos de respuesta de cada uno de los dispositivos que conforman el prototipo electrónico.



Figura 1-3: Persona invidente

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

3.1 Tiempos de respuesta

En las pruebas realizadas al sistema se verificó los tiempos en que son capaces de responder los componentes principales para el cumplimiento de las funciones (ver Tabla 1-3), a través de una medición con cronómetro del accionar de los mismos.

Tabla 1-3: Tiempos de Respuesta

Tiempo de Encendido de la Raspberry Pi	30 seg.
Tiempo de Reacción del Sensor Ultrasonico	1 seg.
Tiempo de Lectura de texto	20 seg.
Tiempo de Recepción de SMS	12 seg.
Tiempo de Conexión del Módulo GPS	80 seg.
Tiempo de Conexión del Módulo SIM	20 seg.
Tiempo de Anuncio de Hora	4 seg.

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

3.2 Pruebas del sistema de detección de obstáculos

Para esta funcionalidad las pruebas consistieron en realizar 10 mediciones a distintas distancias de un objetivo específico (ver Figura 2-3), las cuales se obtuvieron mediante el sensor ultrasónico y que se compararon con su valor real que es conocido gracias al uso de un flexómetro. Es importante mencionar que los obstáculos detectados fueron aquellos que se encontraron a la altura del abdomen de una persona.



Figura 2-3: Medición de distancias

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

Todas las medidas recogidas se muestran en la Tabla 2-3, además se registró si el circuito fue capaz de emitir la señal de alerta correspondiente al rango de distancias establecidas anteriormente.

Tabla 2-3: Pruebas del sistema de detección de obstáculos

Distancia	Medida real (cm)	Medida detectada (cm)	¿Emite Sonido?	
			Si	No
1	6	5.73		X
2	12	12.13		X
3	15	15.12	X	
4	25	24.95	X	
5	32	31.8	X	
6	54	54.37	X	
7	60	59.92	X	
8	76	75.8	X	
9	89	89.03	X	
10	95	95.01		X

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

En el Gráfico 1-3 con los datos obtenidos se realizó una representación de las medidas reales y las detectadas por el sensor donde se observó que existe una diferencia de apenas unos milímetros entre las mismas por lo que se puede garantizar un alto nivel de confianza de la funcionalidad del prototipo. Adicionalmente se comprobó la emisión de las alertas como se había establecido en la programación de la función del sistema.

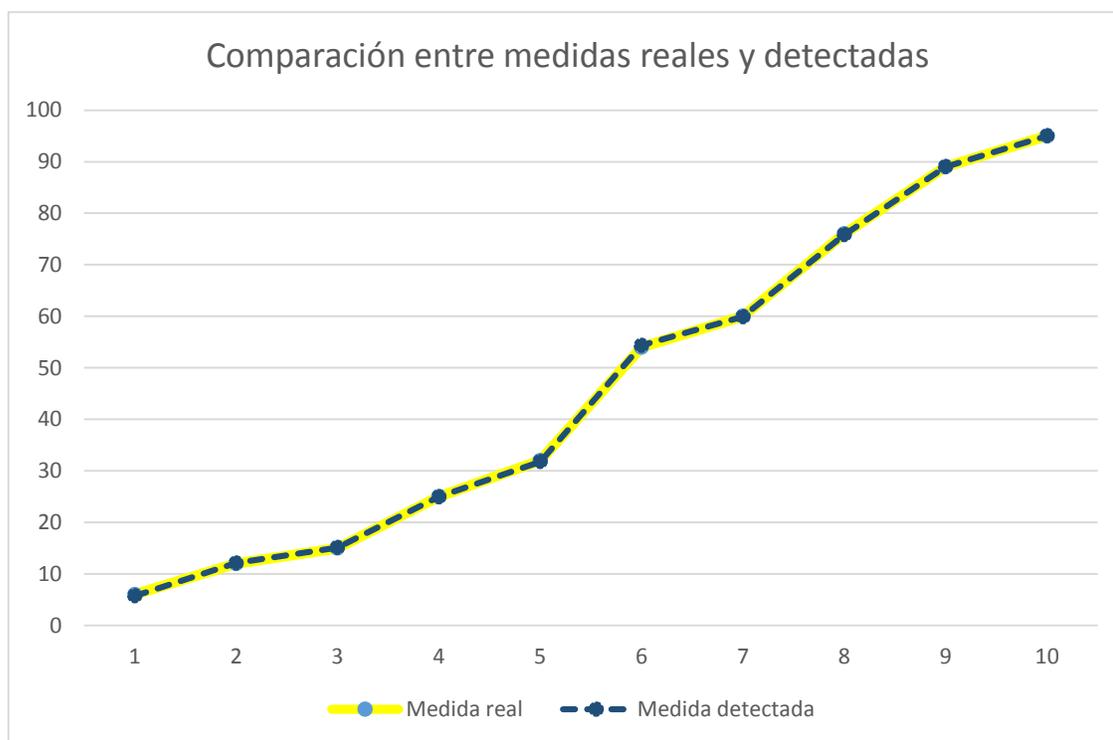


Gráfico 1-3: Comparación entre medidas reales y detectadas

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

3.3 Pruebas del sistema de lectura de texto impreso

3.3.1 Pruebas con textos de revista o libros y textos transcritos en computadora

Las pruebas para esta función inicialmente consistieron en un discernimiento del tipo de texto que puede ser reconocido, para esto se utilizó el texto impreso de una revista y un texto transcrito en computadora e impreso en una hoja de las dimensiones de 14.9 cm x 21 cm, es decir la mitad de una hoja de tamaño A4, con el mismo contenido del anterior, en este caso se procedió a verificar el que presente un mejor reconocimiento óptico de caracteres a través de un porcentaje de error. Primero se

escogió un artículo al azar de una revista que consta de 87 palabras, de las cuales después de haber sido expuestas al sistema de lectura fueron reconocidas 76 como se muestra en la Figura 3-3.

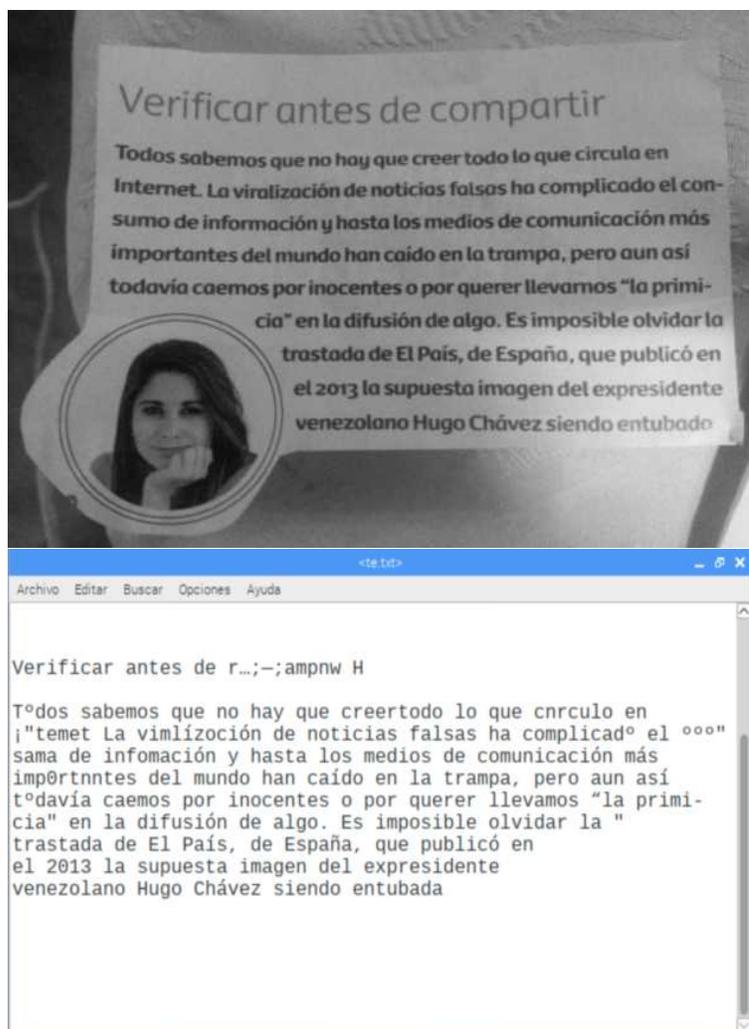


Figura 3-3: Detección de texto de revista

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

Para poder comparar la efectividad del lector se procedió a transcribir el mismo contenido del artículo en una computadora para luego someterlo al OCR, dando como resultado que de un total de 87 palabras todas fueron detectadas y bien pronunciadas (ver Fig. 4-3).

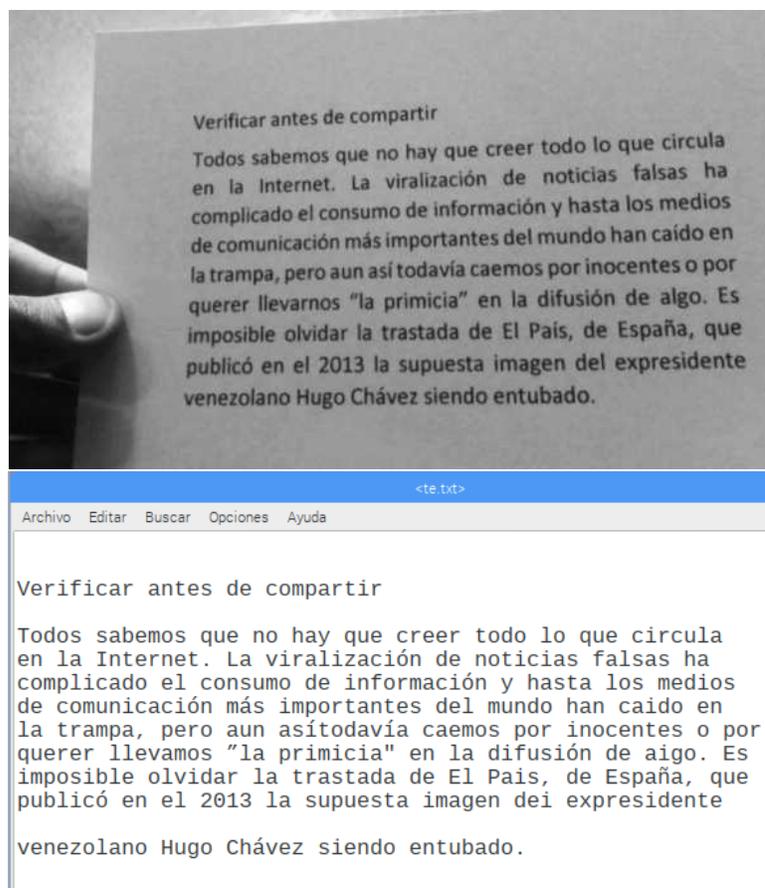


Figura 4-3: Detección de texto transcrito

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

Los datos recogidos se presentan en la Tabla 3-3, de los cuales se puede resaltar que el porcentaje de error obtenido por la funcionalidad fue menor al utilizar un texto transcrito, cabe indicar que el texto de revista si pudo ser detectado pero no en su totalidad por lo que se infiere que el lector sirve para cualquier tipo de texto pero si se desea un mejor desempeño es recomendable usarlo con textos transcritos.

Tabla 3-3: Pruebas de lectura con texto de revista y texto transcrito

Tipo de texto	Nº de palabras del texto	Nº Palabras acertadas	Nº Palabras erróneas	% Error
Revista	87	76	11	12.6%
Transcrito	87	87	0	0%

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

3.3.2 Pruebas con diferentes fuentes de texto

Una vez conocido que el mejor tipo de texto es el transcrito se prosigue a la elección de la mejor fuente de texto para ser leída, para esto se seleccionó una misma frase impresa en una hoja de las dimensiones de 14.9 cm x 21 cm, es decir la mitad de una hoja de tamaño A4 con cinco fuentes que poseen rasgos característicos que las diferencian la una de la otra, como por ejemplo: grosor, altura, curvatura del carácter, etc. (ver Fig. 5-3).

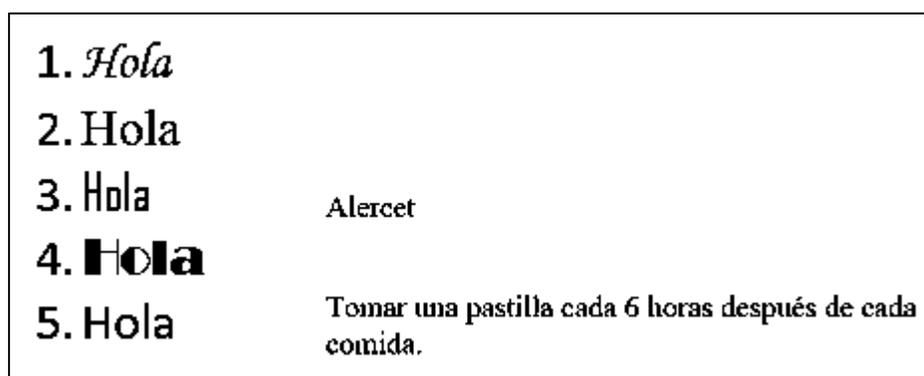


Figura 5-3: Diferentes tipos de fuentes

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

En la Tabla 4-3 se registran cada una de las fuentes y los resultados conseguidos, aquí se observó que las fuentes con menor porcentaje de error son aquellas que tienen un aspecto lineal en lo que respecta a los rasgos que presentan. Por lo tanto es necesario evitar el uso de letras extravagantes para un correcto funcionamiento, la fuente que se recomienda es Calibri o cualquier otra que se le parezca.

Tabla 4-3: Pruebas de lectura con diferentes tipos de fuente

N°	Tipo de fuente	N° de palabras del texto	N° Palabras acertadas	N° Palabras erróneas	% Error
1	Monotype Corsiva	11	8	3	27.3%
2	Times New Roman	11	10	1	9.1%
3	Agency FB	11	10	1	9.1%
4	Broadway	11	2	9	81.8%
5	Calibri	11	11	0	0%

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

3.3.3 Pruebas con diferentes tamaños de fuente

Por los resultados obtenidos en las pruebas realizadas anteriormente se seleccionó a Calibri como la fuente de texto más adecuada para las pruebas de tamaño de texto. Para este caso se usó la misma frase pero con distintos tamaños (ver Fig. 6-3) que abarcan desde 8 hasta 46 con intervalos variables entre las mismas impresas en una hoja de las dimensiones de 14.9 cm x 21 cm, es decir la mitad de una hoja de tamaño A4. La frase constó de 17 palabras que nos otorgaron un porcentaje de error en función de las que fueron leídas correctamente por el prototipo como se muestra en la Tabla 5-3.

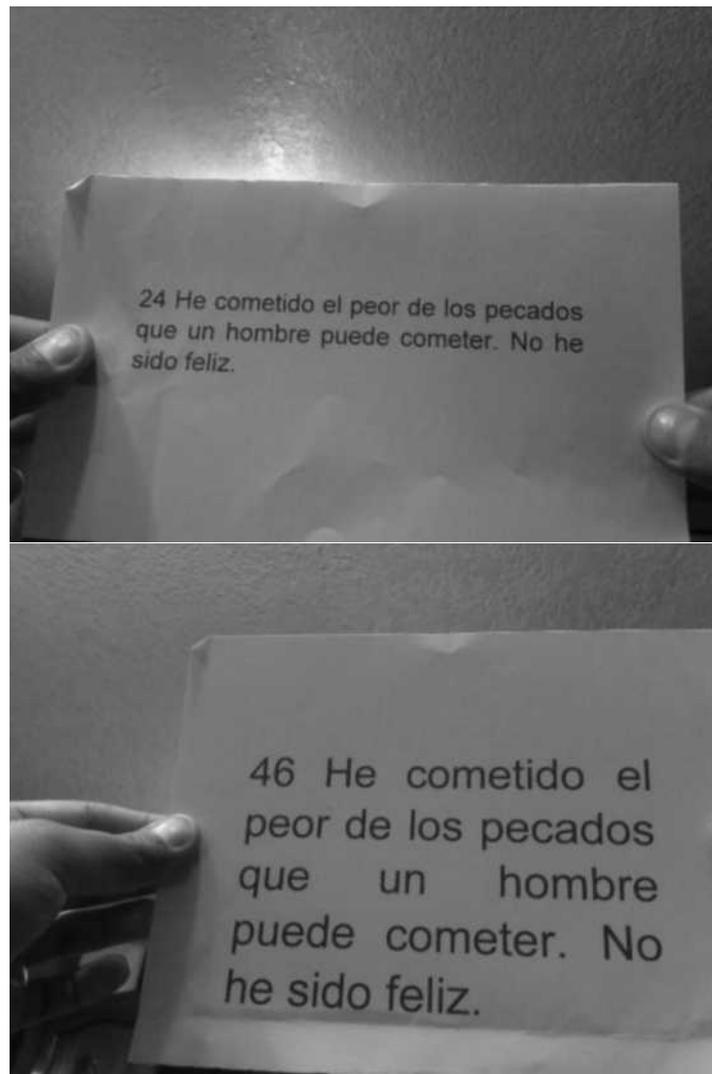


Figura 6-3: Pruebas con diferentes tamaños de texto

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

Tabla 5-3: Pruebas de lectura con diferentes tamaños de fuente

Tamaño de fuente	N° de palabras del texto	N° Palabras acertadas	N° Palabras erróneas	% Error
8	17	14	3	17.6%
10	17	14	3	17.6%
12	17	15	2	11.8%
14	17	16	1	5.9%
16	17	17	0	0%
20	17	17	0	0%
24	17	17	0	0%
28	17	17	0	0%
30	17	17	0	0%
32	17	16	1	5.9%
46	17	15	2	11.8%

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

De las varias pruebas ejecutadas se determinó que el rango de funcionamiento del lector está comprendidos entre el tamaño de letra de 16 a 30 debido a que en estos casos no se obtuvo ningún desacierto y se asegura que se tiene una alta probabilidad para la lectura de las mismas.

3.3.4 Prueba a distintas distancias del texto

Con el fin de poder determinar una distancia óptima de trabajo para la cámara se procedió a colocar un objetivo fijo frente a ella y comenzar con distintas pruebas de la funcionalidad en cuestión a diferentes distancias, utilizando como métrica de discernimiento el porcentaje de error arrojado en función de las palabras que fueron leídas y anunciadas en voz alta correctamente y las que no. El texto se imprimió en una hoja de las dimensiones de 14.9 cm x 21 cm, es decir la mitad de una hoja de tamaño A4.

Tabla 6-3: Pruebas a diferentes distancias del texto

Distancia (cm)	N° de palabras del texto	N° Palabras acertadas	N° Palabras erróneas	% Error
10	23	5	18	78.3 %
15	23	18	5	21.7 %
20	23	23	0	0 %
25	23	23	0	0 %
30	23	23	0	0 %
35	23	22	1	4.3 %
40	23	22	1	4.3 %
45	23	20	3	13 %
50	23	19	4	17.4 %

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

Con los datos obtenidos (ver Tabla 6-3) se concluyó que el rango de distancias óptimo para el sistema de lectura se encuentra entre 20 cm y 30 cm. Debido a que el usuario no cuenta con un instrumento de medida cuando desee utilizar esta función se buscó la manera de ubicar más simple el objetivo a leer basándose en las distancias logradas. Si el texto se encuentra en un lugar fijo se debe tomar como referencia el mismo y dar un paso atrás para proceder a leerlo, en cambio, si el texto a detectar se lo desea apuntar manualmente se lo debe poner a la altura del pecho (ver Fig. 7-3) a una distancia alcanzada al ubicar los brazos en forma de uve (V).



Figura 7-3: Postura para una correcta lectura

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

3.4 Pruebas del sistema de localización mediante botón de auxilio

3.4.1 Envío de coordenadas en lugares específicos de la ciudad de Riobamba

Una vez presionado el botón designado para esta funcionalidad se extrajeron las coordenadas y se las enviaron en un mensaje de texto con un formato URL que indicó el punto en donde se encontró ubicado el usuario (ver Fig. 8-3). El SMS es recibido por la persona que esté a cargo del individuo con discapacidad visual mismo que pueda auxiliarlo cuando este lo necesite, en este caso fue recibido en un teléfono celular propio de los autores, es indispensable que quien reciba el SMS posea una conexión Wi-Fi o de datos móviles para visualizar la ubicación.

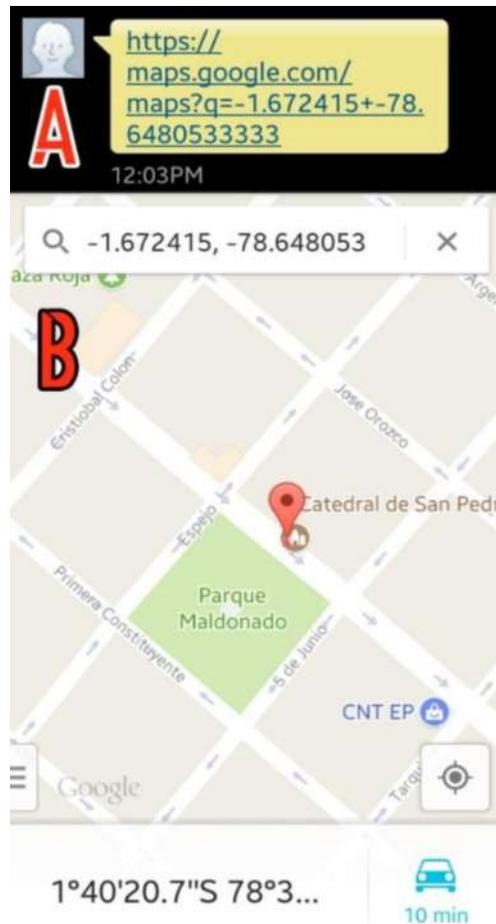


Figura 8-3: A) Recepción SMS, B) Visualización de posición

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

Se escogieron lugares específicos de la ciudad de Riobamba para la comparación de las coordenadas obtenidas por el módulo GPS del prototipo y las coordenadas registradas por el servicio denominado Google Maps determinando así una diferencia en metros entre las mismas.

Tabla 7-3: Pruebas del sistema de localización mediante botón de auxilio

Lugar	Coordenada Google Maps	Coordenada SMS	Error	%Error Latitud	%Error Longitud
Parque Infantil	-1.667598, -78.658771	-1.66765,-78.65876	5.07 m	5.67%	0.13%
ESPOCH	-1.660824, -78.677518	-1.66088, -78.67748	7.44 m	0.51%	1.54%
Coliseo Teodoro Gallegos	-1.669527, -78.651262	-1.669655, -78.6511	15.5 m	4.47%	12.15%
Catedral de Riobamba	-1.672428, -78.648059	-1.67241, -78.64805	1.2 m	0.29%	0.06%
Parque La Madre	-1.674167, -78.638574	-1.67417, -78.63858	0.6 m	0.04%	0.11%

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

Los resultados presentados en la Tabla 7-3 indican que el sistema de localización es bastante aceptable pues la diferencia entre las coordenadas no fue muy amplia, se pudo notar que visualmente en el mapa fue muy poco el desplazamiento que se generó entre el punto registrado y el punto obtenido por el prototipo (ver Fig. 9-3 y Fig. 10-3) lo cual favorece a un encuentro con el individuo de una manera mucho más fácil.



Figura 9-3: Comparación de coordenadas ‘ESPOCH’

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018



Figura 10-3: Comparación de coordenadas ‘Parque Infantil’

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

Adicionalmente se realizó el cálculo del porcentaje de error de latitud y longitud entre el valor real obtenido de Google Maps y el valor recibido en el SMS utilizando el concepto del Error Relativo Porcentual para magnitudes físicas, en nuestro caso una distancia expresada en metros. Primero se transformó las coordenadas de un lugar escogido de formato decimal a grados, minutos y segundos. Ejemplo:

- Coordenadas Coliseo Teodoro Gallegos

	LATITUD		LONGITUD	
Real	1.669527	1°40'10.3''	78,651262	78°39'4.54''
Aproximado	1.669655	1°40'10.76''	78,6511	78°39'3.96''

Se nota a simple vista que la diferencia presentada en las medidas se dio únicamente en el rango de los segundos, por lo que se procedió a utilizar nada más los valores pertenecientes a dicha escala transformándolos a metros utilizando la equivalencia de 1''=30.8m.

	LATITUD		LONGITUD	
Real	10.3''	317.24 m	4.54''	138.832 m
Aproximado	10,76''	331.408 m	3.96''	121.968 m

Por último para obtener el porcentaje de error tanto de Latitud como de Longitud se procedió a usar la fórmula (3) correspondiente al Cálculo del Error Relativo Porcentual expresada a continuación:

$$ERP(\%) = \frac{|\text{Valor aproximado} - \text{valor real}|}{\text{Valor real}} \times 100\% \quad (3)$$

LATITUD	LONGITUD
$ERP(\%) = \frac{ 331.048 \text{ m} - 317.24 \text{ m} }{317.24 \text{ m}} \times 100\%$	$ERP(\%) = \frac{ 121.698 \text{ m} - 138.832 \text{ m} }{138.832 \text{ m}} \times 100\%$

$$ERP(\%) = 4.47\%$$

$$ERP(\%) = 12.15\%$$

3.5 Pruebas del sistema de anuncio de hora

En este caso se optó por verificar la hora utilizando un servicio online que provee la hora deseada en formato UTC (ver Fig. 11-3) para posteriormente compararla con la hora extraída por el módulo GPS presente en el prototipo para el cumplimiento de esta función. Debido a que la hora fue manipulada en el script de Python para ajustarla a nuestra zona horaria se procedió a verificar la misma en los dos casos que se explicaron anteriormente.



Figura 11-3: Hora extraída de la página web

Fuente: <https://www.zeitverschiebung.net/es/city/3652350>

Específicamente para este caso se registró un par de ejemplos como lo fueron una hora en la mañana y por otra parte una en la madrugada (ver Fig. 12-3), gracias a la comparación entre las horas obtenidas por ambos modos se confirmó que la lógica descrita precedentemente es capaz de cumplir con lo requerido para cualquiera de las 24 horas del día, logrando así el rendimiento óptimo y deseado.

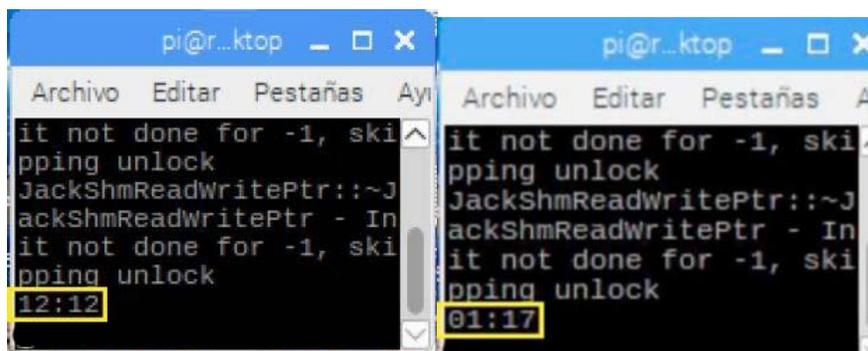


Figura 12-3: Hora extraída por el prototipo

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

3.6 Tiempo de funcionamiento

El prototipo fue puesto a prueba aproximadamente un mes en distintos lapsos de tiempo dentro de los que se utilizó sus funciones de manera ocasional como lo haría un usuario cualquiera, buscando así determinar el tiempo de duración tanto de los Power Bank que alimentan a las tarjetas de desarrollo como el de la batería 18650 que alimenta el módulo SIM.

Se concluyó que los Power Bank requirieron ser sometidos a un nuevo ciclo de carga en un lapso de tiempo que bordea las 8 horas mientras que la batería 18650 presentó un tiempo total de duración aproximado de 12 horas sin recargarla. De esta manera se comprobó que el tiempo de duración de la alimentación total del prototipo es suficiente para que se obtenga un buen rendimiento por un tiempo considerable de manera portátil.

Cuando los Power Bank se hayan descargado en su totalidad y requieran ser sometidos a un nuevo ciclo de carga este tomará un lapso de tiempo aproximado de 4 horas en el caso de poseer una entrada de 5V DC y 1 A. Por otra parte la batería 18650 necesita de un cargador propio para este tipo de pila la cual exige de un tiempo aproximado de 2 horas de carga conectado al mismo.

3.7 Presupuesto para el montaje del prototipo

En la Tabla 8-3 se enlistó los elementos utilizados y el precio de cada uno de ellos para posteriormente señalar el monto total necesario para la implementación del mismo. Sumando todos los montos se obtuvo una cantidad total de \$ 302,15 por lo que se concluye que a pesar de ser un monto relativamente alto brinda un beneficio de la misma magnitud puesto que agrupa varias funcionalidades en un mismo dispositivo.

Además en el país no se cuenta con el desarrollo de soluciones que agrupen las características anteriormente descritas, nada más existen productos que ofrecen algunas de las funcionalidades de manera individual y a un costo excesivo ya que la gran mayoría necesitan ser importados del exterior.

Tabla 8-3: Presupuesto del prototipo

Dispositivo	Cantidad	Precio
Raspberry Pi 3 B+	2	\$ 140.00
Sensor Ultrasónico HC-SR04	1	\$ 4.00
Raspicam	1	\$ 35.00
Módulo SIM800L	1	\$ 30.00
Módulo GPS Neo 6m	1	\$ 18.00
Módulo USB-TTL PI2303	1	\$ 3.00
Capacitor	1	\$ 0.20
Batería Recargable 3.7v 18650	1	\$ 3.00
Cargador batería 18650	1	\$ 5.00
Parlante	2	\$ 12.00
Buzzer	1	\$ 1.00
Pulsador	3	\$ 0.75
Resistencia	2	\$ 0.20
Power Bank 8000 mAh	2	\$ 24,00
Cables de conexión		\$ 9,00
Placa perforada	2	\$ 5.00
Material textil (pechera)		\$ 12.00
TOTAL		\$ 302,15

Realizado por: Miranda C. y Aguirre Y., 2018

CONCLUSIONES

- El prototipo multifuncional es capaz de detectar obstáculos, leer texto impreso, enviar mensajes de auxilio que incluyen una ubicación y el anuncio de la hora. De los distintos tipos de pruebas realizadas se concluyó que las funciones se cumplen satisfactoriamente lo que es una gran ayuda a los problemas que enfrentan las personas invidentes.
- La construcción del prototipo fue diseñado especialmente para personas mayores a 15 años puesto que tiene un tamaño estándar y adicionalmente se necesita que el usuario se encuentre en capacidad de aprender a manejar el mismo correctamente.
- La función de detección de obstáculos cuenta con un sensor ultrasónico ubicado al nivel del abdomen bajo, el cual percibirá objetos que se encuentren en frente del mismo. Se alertará mediante un pitido aquellos obstáculos que se encuentren en un rango mayor a 15 cm y menor a 90 cm. Es importante mencionar que esta característica no reemplaza al bastón sino que más bien lo complementa.
- Para el cumplimiento de la lectura de texto impreso es necesario que los textos a leer sean transcritos en una hoja de tamaño 14.9 cm x 21 cm, la mitad de una hoja A4. La fuente de texto recomendada es Calibri y el tamaño debe estar entre 16 y 30. Obteniendo un desempeño más óptimo al utilizar un tamaño de 24. La distancia a la cual se debe apuntar el texto a leer oscila entre los 20 cm y 30 cm. La postura correcta para ejecutar esta función es ubicando los brazos en forma de uve (V) apuntando al pecho mientras se sostiene el texto, sin embargo si el texto se encuentra en un lugar fijo bastará con dar un paso hacia atrás y capturar la imagen.
- El lector audible necesita de un tiempo de procesado de aproximadamente 20 segundos para comenzar a leer el texto, pero dicho lapso podría variar en función de la cantidad de texto que requiera ser leído. A su vez funciona de una manera óptima cuando el texto es impreso en colores oscuros de preferencia el color negro sobre un fondo blanco. Se debe mencionar que la voz de salida del prototipo no tendrá rasgos humanos sino más bien robotizados.
- Con respecto al sistema de localización mediante SMS se podrá hacer uso del mismo siempre y cuando exista cobertura tanto de GPS como de la red móvil, de los resultados obtenidos en los distintos puntos de la ciudad se puede observar que posee una gran precisión ya que en el peor de los casos presentó una diferencia de 15.5 m con un porcentaje de error máximo del

5,67% en latitud y del 12.15% en longitud, lo cual es relativamente aceptable ya que no dificultaría el encuentro con la persona. El tiempo de espera desde que se presiona el botón hasta la recepción del SMS con la ubicación bordea los 12 segundos.

- Con el fin de ayudar a la persona con discapacidad visual se incorporó un reloj parlante mediante el cual podrá estar al tanto del tiempo en el que se encuentra y siempre estará sincronizado pues la hora fue extraída de los datos del GPS.
- Este prototipo es portable, no requiere de conexión a Internet y puede ser utilizado de forma independiente por el usuario una vez que se haya explicado su método de uso, lo cual lo haría sumamente beneficioso ya que brinda autonomía y seguridad a las personas que lo usen, con respecto a su precio se puede manifestar que a pesar de ser un poco alto las múltiples funciones que abarca en un solo dispositivo lo compensan.

RECOMENDACIONES

- Se requieren nociones básicas de programación, especialmente del lenguaje Python propio de la tarjeta de desarrollo Raspberry Pi.
- No olvidar la implementación del divisor de voltaje a la salida del sensor para no dañar los pines de la tarjeta de desarrollo.
- Al momento de enfocar la cámara realizarlo cuidadosamente sin tocar el lente y evitando romperla ya que debido a su pequeño tamaño y diseño compacto la hace sumamente frágil.
- Para una mayor precisión en el reconocimiento óptico de caracteres la imagen puede ser convertida a una escala de grises una vez que se haya capturado la imagen a procesar.
- Utilizar una fuente alimentación externa para proveer energía al módulo SIM y poder cumplir la característica del portabilidad, siempre recordando la utilización de cables cortos de conexión hacia el módulo.
- Procure verificar que la línea de teléfono a utilizar se encuentre activa y con saldo disponible en la misma.
- Mejorar el sistema de alimentación mediante paneles solares para obtener una mayor duración con respecto a su tiempo de funcionamiento e incrementar la facilidad en el proceso de recarga del mismo.
- Desarrollar más tecnologías y sistemas de ayuda para las personas con discapacidad visual que permitan brindarles autonomía, seguridad y una mayor inclusión social.

BIBLIOGRAFÍA

ALAM, Meraj. AT Commands. *International Journal of Scientific and Research Publications* [en línea], 2015. vol. 5, no. 5. [Consulta: 30 agosto 2018]. ISSN 2250-3153. Disponible en: www.ijsrp.org.

BAHIT, Eugenia. Automatizando tus aplicaciones con Cron. [en línea], 2013. [Consulta: 3 septiembre 2018]. Disponible en: www.cursosdeprogramacionadistancia.com.

BUENO JIMÉNEZ, Rosa Laura y TÉLLEZ LEÓN, Daniel. *Altavoces* [en línea], 2008. [Consulta: 30 julio 2018]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/2666/88.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

CHACÓN, Cesar Alexander, CORTÉS, José David, GIRAL, Diego Armando y ROMERO ROMERO, Ricardo. Piezoelectricidad en un BUZZER. *Tecnura* [en línea], 2012. vol. 16, no. Especial, pp. 111-119. [Consulta: 30 julio 2018]. ISSN 0123-921X. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257025147010>.

COLLADO, Sonia y GIMÉNEZ, Juan Antonio. Tiflotecnología. [en línea], 2008. [Consulta: 29 julio 2018]. Disponible en: <https://web.ua.es/es/cae/documentos/noticias/2017/tiflotecnologia-para-deficit-visual-once-juan-antonio-gimenez-sonia-collado.pdf>.

CONSEJO NACIONAL PARA LA IGUALDAD DE DISCAPACIDADES. Estadísticas | CONADIS. [en línea], 2018. [Consulta: 30 julio 2018]. Disponible en: <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/03/index.html>.

CORREIA, Paul. *Guía práctica del GPS* [en línea]. Marcombo Boixareu Editores, 2002. [Consulta: 1 agosto 2018]. ISBN 8426713246. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=iTW7BBKScHsC&oi=fnd&pg=PA14&dq=funcionamiento+gps&ots=k5yA-LeHtF&sig=IOMIDmz5iZNqL64FYa_92jfkdk#v=onepage&q=funcionamiento+gps&f=false.

DOTY, S.R. Python Basics. *Computer Science* [en línea], 2008. pp. 1-20. [Consulta: 6 agosto 2018].

ISSN 1439-5428. DOI 10.1007/978-3-642-24305-9_3. Disponible en: <http://www.xkcd.com/353/>.

DUTOIT, Thierry. A Short Introduction to Text-to-Speech Synthesis. [en línea], 1999. [Consulta: 1 agosto 2018]. Disponible en: http://tcts.fpms.ac.be/synthesis/introts_old.html.

EGEA GARCÍA, Carlos y SÁNCHEZ SARABIA, Alicia. Clasificaciones de la OMS sobre discapacidad. *Murcia* [en línea], 2001. pp. 15-30. [Consulta: 20 julio 2018]. ISSN 16960998. DOI 10.1590/S1135-57271997000200004. Disponible en: <http://www.referato.com/uba-proceso-2/clasificacionsomsdiscapacidad.pdf>.

EL-RABBANY, Ahmed. *Introduction to The Global Positioning System* [en línea]. Artech House. 2002. [Consulta: 30 julio 2018]. ISBN 1580531830. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=U2JmghrrB8cC&printsec=frontcover&dq=gps&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwilkd2Ht7TcAhVDIVkKHX7NAWAQ6AEINTAC#v=onepage&q=gps&f=false>.

ELIGIO DE LA PUENTE, María T. y CASTRO ALEGRET, Pedro L. Discapacidad visual - EcuRed. [en línea], 2006. [Consulta: 25 julio 2018]. Disponible en: https://www.ecured.cu/Discapacidad_visual.

FEDERACION NACIONAL DE CIEGOS DEL ECUADOR. Federación Nacional de Ciegos del Ecuador – “Nada sobre nosotros sin nosotros”. [en línea], 2018. [Consulta: 29 julio 2018]. Disponible en: <http://fenceecuador.org/>.

FIGUEROA DE LA CRUZ, Mario. *Introducción a los sistemas de telefonía celular*. Buenos Aires: Hispano Americana HASA. 2008.

GARRIDO ROJAS, Eduart Rudof. *Diseño e implementación de un módulo de reconocimiento de número manuscritos* [en línea], Pontificia Universidad Católica del Perú. 2010. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/903>.

GOPINATH, Jisha, ARAVIND, S., CHANDRAN, Pooja y SARANYA, S.S. Text to Speech Conversion System using OCR Text to Speech Conversion System using OCR., 2015. no. September.

HARRINGTON, William. *Learning Raspbian* [en línea], 2015. [Consulta: 30 agosto 2018]. ISBN

9781784390181. Disponible en:
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=O6HNBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=raspbian&ots=ZHZRuftUVC&sig=WOxyxvij1fe2KikDOWuuE_4N5tU#v=onepage&q=raspbian&f=false.

HERNANDO RÁBANOS, José María, MENDO TOMÁS, Luis y RIERA SALÍS, José Manuel. *Comunicaciones móviles* [en línea]. Editorial Universitaria Ramón Areces, 2015. [Consulta: 1 agosto 2018]. ISBN 9788499612089. Disponible en:
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=lnqnDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA21&dq=redes+móviles+celulares&ots=LmoKa5CIqt&sig=sQqPJyA-koeFOt47xrolzxAdvbE#v=onepage&q=redes móviles celulares&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=lnqnDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA21&dq=redes+móviles+celulares&ots=LmoKa5CIqt&sig=sQqPJyA-koeFOt47xrolzxAdvbE#v=onepage&q=redes+móviles+celulares&f=false).

HUERTA, Eduardo, MANGIATERRA, Aldo y NOGUERA, Gustavo. *GPS Posicionamiento Satelital*, 2005. ISBN 950-673-488-7.

HURTADO FIERRO, Alejandro. Detector de Obstáculos por Ultrasonido para personas con limitacion visual en medios estructurados. [en línea], 2017. [Consulta: 30 julio 2018]. Disponible en:
<https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/13407/1/16763693.pdf>.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL - GPS. 2007.

JAÉN, Alejandro. *Adaptación del sistema texto a voz «Festival» al catalán* [en línea], 2007. [Consulta: 1 agosto 2018]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/41796379.pdf>.

JONES, Dave. Picamera 1.13 Documentation Release 1.13. [en línea], 2017. [Consulta: 30 julio 2018]. Disponible en: <https://media.readthedocs.org/pdf/picamera/latest/picamera.pdf>.

KAPLAN, Elliott y HEGARTY, Christopher. *Understanding GPS Principles and Applications : Principles and Applications*. [en línea]. Artech House, 2005. [Consulta: 1 agosto 2018]. ISBN 9781580538954. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=-sXPuOW7ggC&printsec=frontcover&dq=gps&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjlytroiLfcAhUJ7FMKHV1QD0YQ6AEIPTAD#v=onepage&q=gps&f=false>.

LETHAM, Lawrence. *GPS fácil: uso del Sistema de Posicionamiento Global* [en línea].

Mountaineers, 2001. [Consulta: 30 julio 2018]. ISBN 8480195916. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=orjnvjPqELcC&oi=fnd&pg=PA5&dq=sistema+de+posicionamiento+global+gps&ots=llvnBBhr9R&sig=fS6wgzqvJbmi97rfwsAliwyYOec#v=onepage&q=sistema+de+posicionamiento+global+gps&f=false>.

MEROÑO FUENTES, Cayetano. Ayudas técnicas para personas ciegas y deficientes visuales. [en línea], 2000. [Consulta: 26 julio 2018]. Disponible en: <http://diversidad.murciaeduca.es/tecnoneet/docs/2000/10-2000.pdf>.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Ceguera y discapacidad visual. [en línea], 2017. [Consulta: 9 julio 2018]. Disponible en: <http://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/blindness-and-visual-impairment>.

ORGANIZACIÓN NACIONAL DE CIEGOS DE ESPAÑA. Conoce las características de la discapacidad visual - Web ONCE. [en línea], 2018. [Consulta: 9 julio 2018]. Disponible en: <https://www.once.es/dejanos-ayudarte/la-discapacidad-visual>.

PANDEY, Atul, SHARMA, Vivek, PAANCHBHAI, Shruti, HEDAOO, Neha, ZADE, S.D., FINAL, B.E. y STUDENT, Year. Optical Character Recognition (OCR). *International Journal of Engineering and Management Research* [en línea], 2017. no. 7. [Consulta: 1 agosto 2018]. ISSN 2394-6962. Disponible en: <http://www.ijemr.net/DOC/OpticalCharacterRecognitionOCR.pdf>.

PAQUE, Sergio y ABOLAFIA, David. El Lenguaje Python. [en línea], 2013. pp. 52. [Consulta: 6 agosto 2018]. Disponible en: <http://www.lcc.uma.es/~blas/apuntes/PDAv/T2008-2009/G3PythonPresentacion.pdf>.

PARRADO, Javier. *APLICACIÓN MOVIL DE APRENDIZAJE DE ECUACIONES EN EL AREA DE MATEMATICAS MEDIANTE RECONOCIMIENTO OPTICO DE CARACTERES OCR* [en línea]. Universidad Mayor de San Andrés. 2015. [Consulta: 1 agosto 2018]. Disponible en: <http://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/8735/T.3077.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

PÉREZ RUIZ, Claudia y CORVALÁN VEGA, Karina. Guía de apoyo técnico pedagógico: necesidades educativas especiales en el nivel de educación parvularia. [en línea], 2007. pp. 07-47.

[Consulta: 23 julio 2018]. Disponible en: <http://especial.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/31/2016/08/GuiaVisual.pdf>.

POZO RUZ, A., RIBEIRO, A., GARCÍA-ALEGRE, M.C., GARCÍA, L., GUINEA, D. y SANDOVAL, F. Sistema De Posicionamiento Global (Gps): Descripción, Análisis De Errores, Aplicaciones Y Futuro. *ETS ingenieros de Telecomunicaciones. Universidad de Malaga* [en línea], 2000. pp. 174. [Consulta: 30 julio 2018]. Disponible en: http://www.oocities.org/es/foro_gps/infografia/gps5.pdf.

PUGLIA, Gustavo y MONAGAS, José. *Desarrollo de un sistema de GPS diferencial para aumentar la precisión de los sistemas de ubicación basados en la tecnología GPS sobre dispositivos móviles* [en línea], 2012. [Consulta: 30 julio 2018]. Disponible en: <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAS3511.pdf>.

QUORA. What problems do blind people face when living life? [en línea], 2018. [Consulta: 16 octubre 2018]. Disponible en: <https://www.quora.com/What-problems-do-blind-people-face-when-living-life>.

SANCHO CHILET, Héctor. *DESARROLLO DE UN SISTEMA DE LOCALIZACIÓN Y APLICACIÓN MÓVIL PARA VEHÍCULOS EN APARCAMIENTOS* [en línea]. Universidad Politécnica de Valencia. 2016. [Consulta: 30 julio 2018]. Disponible en: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/88241/73655831_TFG_15046301276554283957125751135335.pdf?sequence=2.

SOURCEFORGE. eSpeak: Speech Synthesizer. [en línea], 2006. [Consulta: 30 agosto 2018]. Disponible en: <http://espeak.sourceforge.net/>.

UNESCO. Informe de la Salud Visual en Suramérica 2008. Cátedra UNESCO Salud Visual y Desarrollo. [en línea], 2008. [Consulta: 3 agosto 2018]. Disponible en: <https://unescovision.upc.edu/ca/materials/de-la-catedra/investigacio/savim/informe-de-la-salut-visual-a-sudamerica-2008>.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. RASPBERRY PI – Historia de la Informática. [en línea], 2013. [Consulta: 30 julio 2018]. Disponible en:

<http://histinf.blogs.upv.es/2013/12/18/raspberry-pi/>.

WEIL, Nick. Nick Weil's Blog: Q&A: What is a development board? [en línea], 2012. [Consulta: 30 julio 2018]. Disponible en: <http://www.nickweil.com/2012/01/q-what-is-development-board.html>.

ANEXO A

MANUAL DE USUARIO

INTRODUCCIÓN

Es un prototipo electrónico diseñado para que las personas invidentes tengan una mayor facilidad de interacción con su entorno, el mismo será capaz de alertar sobre la cercanía de obstáculos a través de pitidos, detectar y leer textos impresos en voz alta, enviar mensajes de texto con la ubicación exacta al momento de su solicitud y anunciar la hora del día todo esto mediante botones de acción que han sido colocados de manera estratégica sobre el prototipo.

PARTES DEL PROTOTIPO



1. Cámara.
2. Botón para anuncio de hora.
3. Botón para lectura de texto impreso.
4. Botón para envío de localización.
5. Parlantes.
6. Sensor detector de obstáculos con cubierta.
7. Bolsillo contenedor de Power Bank.

8. Broche sujetador.

CARACTERÍSTICAS

- Sus dimensiones son de 60 cm x 43 cm y su peso es de 2,8 lb.
- Posee un broche el cual se puede ajustar dependiendo de la necesidad del usuario.
- No es resistente al agua.
- Contiene dos parlantes uno para el anuncio de hora y el otro emite la lectura del texto.
- La ubicación de la cámara se dispuso en el centro a la altura del pecho para facilitar su uso a la hora de capturar los textos.
- Incluye una cubierta con velcro para el encendido/apagado de la detección de obstáculos dependiendo de lo que sea requerido.
- Está diseñado con dos bolsillos para contener a cada uno de los Power Bank.
- Requiere de una tarjeta MiniSIM (2FF) para su funcionamiento.

INDICACIONES GENERALES

- Conecte los cables de poder a las fuentes de alimentación principales en el puerto USB de 5V y 2.1A tal como se muestra en la figura, posteriormente guárdelos en las aberturas laterales del dispositivo.



- Abra el cierre y coloque la batería en el porta pila.

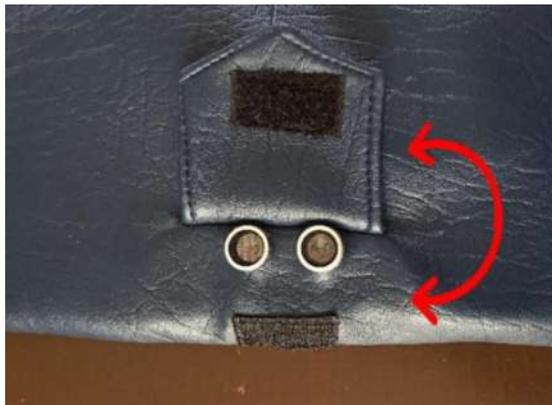


- Espere un tiempo aproximado de 3 minutos para poder usarlo mientras los componentes internos se inicializan correctamente.

A continuación se detalla las instrucciones de uso para cada una de las funciones a cumplir por el dispositivo:

Detección de Obstáculos

Si desea que el dispositivo sea capaz de detectar obstáculos coloque la tapa propia del sensor en la posición hacia arriba tal y como se indica en la siguiente figura.



Por lo contrario si se requiere el detenimiento de la ejecución de esta función debido a una cercanía obligada a un obstáculo por un cierto periodo extenso de tiempo en ciertas situaciones específicas (por ejemplo: sentarse a comer, tomar una fotografía, encontrarse cerca de otra persona, etc.) se colocará la tapa hacia abajo.

Los obstáculos que el dispositivo puede detectar serán aquellos que se encuentren a la altura de la cintura, la alerta se la dará mediante un pitido el cual se activará a distancias entre 15 cm y 90 cm. Cuando se escuche el pitido se deberá cambiar de trayectoria hasta que este se silencie lo cual indicará que se puede continuar con el recorrido.

Lectura de texto impreso

Con el objetivo de garantizar un desempeño óptimo el texto deberá estar impreso en una hoja en blanco, centrado, en fuente “Calibri” o alguna que se le parezca siempre y cuando sea simple y sencilla, además deberá tener un tamaño de letra en un rango desde 16 hasta 30, se recomienda el tamaño 24 para que se realice una detección más precisa. El dispositivo será capaz de leer cualquier tipo de contenido textual el cual necesitará ser transcrito cuando la situación así lo requiera.

Puesto que la cámara se encuentra ubicada a la altura del pecho la posición ideal para proceder a la captura de la imagen será colocando los brazos en forma de uve como se indica en la siguiente figura a una distancia aproximada de 25 cm.



Para comenzar con la detección del texto se necesitará aplastar el botón central (color lila) ubicado a la altura del abdomen, posteriormente se escuchará la palabra “Capturando” anunciado por uno de los altavoces y se dispondrá de 5 segundos para colocar el texto a leer siguiendo las indicaciones anteriores.



Una vez capturada la imagen se deberá esperar un tiempo aproximado de 20 segundos para comenzar a escuchar el texto detectado, si después de este tiempo el texto aún no ha sido anunciado o fue leído incorrectamente capture la fotografía nuevamente. Hay que tener en cuenta que entre mayor cantidad de palabras posea el texto mayor será el tiempo de espera para su lectura, además se lo deberá utilizar en avientes con iluminación moderada.

Localización mediante botón de auxilio

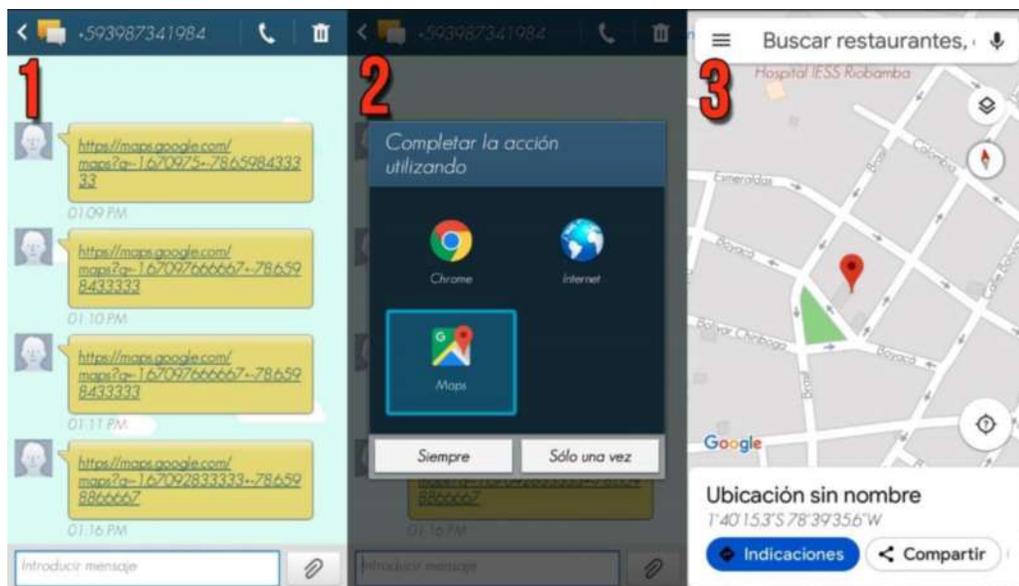
Importante: Para hacer uso de esta funcionalidad se necesita que la persona responsable de la persona invidente posea un Smartphone con acceso a Internet ya sea por Wi-Fi o datos móviles.

La finalidad de esta función es la de alertar a la persona que se encuentre a cargo de la persona invidente que esta requiere de su ayuda inmediata. El botón (color rojo) asignado para la misma se encuentra en el lado izquierdo desde la perspectiva del usuario que vista este dispositivo, el cual una vez accionado enviará en un mensaje de texto un enlace URL que contendrá las coordenadas que indiquen la posición del usuario.



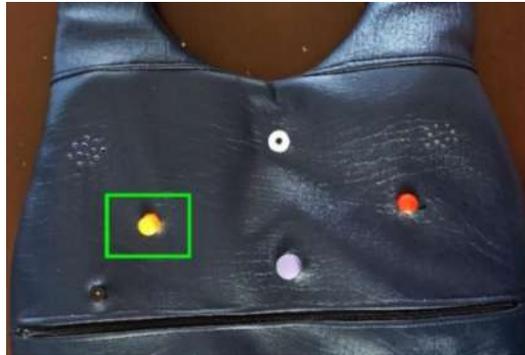
Para el cumplimiento de este proceso la persona invidente cumplirá su rol solamente con aplastar el botón mientras que la persona a cargo al recibir el mensaje de texto deberá seguir los siguientes pasos:

- Abrir el mensaje de texto
- Presionar el texto que contiene el SMS
- La posición se abrirá automáticamente en el mapa sin embargo si se pide escoger la aplicación para abrir el enlace escoger “Google Maps”.
- El punto en donde se encuentre el usuario estará señalado con un marcador rojo y si fuese necesario se deberá hacer zoom para visualizarlo de una mejor manera.



Anuncio de hora

Si desea escuchar la hora actual presione el botón (color naranja) ubicado en la parte derecha del dispositivo. Inmediatamente se emitirá un anuncio por uno de los altavoces que comenzará con la frase “Son las:” acompañado del tiempo actual expresado en horas y minutos.



CARGA Y BATERÍA

- **Power Bank**

Por efecto de su uso continuo los mismos necesitarán ser recargados cada 8 horas, esto se lo puede verificar gracias a los indicadores led incluidos en los Power Bank que nos muestran el nivel de carga.



Para su carga se requiere desconectarlos y retirarlos del dispositivo, posteriormente conectar el Power Bank a la salida Mini USB del cable y el otro extremo a un cargador de celular.



- **Pila 18650**

En este caso la duración de la pila es de 12 horas, esta requiere de un cargador especial debido al tamaño de la misma. Para recargarla bastará con quitarla del porta pilas e introducirla en su cargador y conectarlo a un enchufe (110 V) de la pared. Mediante el indicador led del cargador se podrá saber si se encuentra totalmente cargada, este varía entre rojo y verde, verde indica que el proceso se ha completado y rojo que requiere más tiempo de carga.



PRECAUCIONES

- No un dispositivo lavable.
- Evitar su uso en exteriores cuando el clima se encuentre lluvioso.
- No exponga el dispositivo al vapor, humedad o polvo
- No someterlo a ambientes altamente cálidos.
- No manipule ninguno de los elementos del dispositivo exceptuando las baterías.
- Utilice únicamente baterías del tamaño y tipo correcto.
- Manipule la pechera con cuidado evitando exponerla a caídas o golpes.
- Evite dejar las baterías conectadas si no va a utilizar el dispositivo por un periodo de tiempo extenso.

ANEXO B

Hoja de especificaciones Raspberry Pi 3 Modelo B+

Raspberry Pi 3 Model B+

2

Specifications

Processor:	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit SoC @ 1.4 GHz
Memory:	1GB LPDDR2 SDRAM
Connectivity:	<ul style="list-style-type: none">■ 2.4GHz and 5GHz IEEE 802.11 b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 4.2, BLE■ Gigabit Ethernet over USB 2.0 (maximum throughput 300 Mbps)■ 4 × USB 2.0 ports
Access:	Extended 40-pin GPIO header
Video & sound:	<ul style="list-style-type: none">■ 1 × full size HDMI■ MIPI DSI display port■ MIPI CSI camera port■ 4 pole stereo output and composite video port
Multimedia:	H.264, MPEG-4 decode (1080p30); H.264 encode (1080p30); OpenGL ES 1.1, 2.0 graphics
SD card support:	Micro SD format for loading operating system and data storage
Input power:	<ul style="list-style-type: none">■ 5V/2.5A DC via micro USB connector■ 5V DC via GPIO header■ Power over Ethernet (PoE)–enabled (requires separate PoE HAT)
Environment:	Operating temperature, 0–50 °C
Compliance:	For a full list of local and regional product approvals, please visit www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b+
Production lifetime:	The Raspberry Pi 3 Model B+ will remain in production until at least January 2023.



ANEXO C

Hoja de especificaciones Módulo GPS u-blox NEO-6M

NEO-6 series

Versatile u-blox 6 GPS modules

GPS

locate, communicate, accelerate

Highlights

- UART, USB, DDC (I²C compliant) and SPI interfaces
- Available in Crystal and TCXO versions
- Onboard RTC crystal for faster warm and hot starts
- 1.8 V and 3.0 V variants



NEO-6:
12.2 x 16.0 x 2.4 mm

Features

- u-blox 6 position engine:
 - Navigate down to -162 dBm and -148 dBm coldstart
 - Faster acquisition with AssistNow Autonomous
 - Configurable power management
 - Hybrid GPS/SBAS engine (WAAS, EGNOS, MSAS)
 - Anti-jamming technology
- Simple integration with u-blox wireless modules
- A-GPS: AssistNow Online and AssistNow Offline services, OMA SUPL compliant
- Backward compatible (hardware and firmware); easy migration from NEO-5 family or NEO-4S
- LCC package for reliable and cost effective manufacturing
- Compatible with u-blox GPS Solution for Android
- Based on GPS chips qualified according to AEC-Q100
- Manufactured in ISO/TS 16949 certified production sites
- Qualified according to ISO 16750

Product description

The NEO-6 module series brings the high performance of the u-blox 6 position engine to the miniature NEO form factor. u-blox 6 has been designed with low power consumption and low costs in mind. Intelligent power management is a breakthrough for low-power applications. These receivers combine a high level of integration capability with flexible connectivity options in a small package. This makes them perfectly suited for mass-market end products with strict size and cost requirements. The DDC interface provides connectivity and enables synergies with u-blox LEON and LISA wireless modules.

All NEO-6 modules are manufactured in ISO/TS 16949 certified sites. Each module is tested and inspected during production. The modules are qualified according to ISO 16750 - Environmental conditions and electrical testing for electrical and electronic equipment for road vehicles.

Product selector

Model	Type	Supply	Interfaces	Features
	Standalone GPS Standalone GLONASS Timing & Raw Data Dead Reckoning	1.75 V - 2.0 V 2.7 V - 3.6 V	UART USB SPI DDC (I ² C compliant)	Programmable (Flash) FW update Oscillator RTC crystal Antenna supply and supervisor Configuration pins Timepulse External interrupt / Wakeup
NEO-6G	•	•	• • • •	T • ○ 3 1 •
NEO-6Q	•	•	• • • •	T • ○ 3 1 •
NEO-6M	•	•	• • • •	C • ○ 3 1 •

○ = requires external components and integration on application processor

C = Crystal / T = TCXO



Receiver performance data

Receiver type	50-channel u-blox 6 engine GPS L1 C/A code SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS	
Navigation update rate	up to 5 Hz	
Accuracy ¹	Position	2.5 m CEP
	SBAS	2.0 m CEP
Acquisition ¹		NEO-6G/Q NEO-6M
	Cold starts:	26 s 27 s
	Aided starts ² :	1 s < 3 s
	Hot starts:	1 s 1 s
Sensitivity ³		NEO-6G/Q NEO-6M
	Tracking:	-162 dBm -161 dBm
	Cold starts:	-148 dBm -147 dBm
	Hot starts:	-157 dBm -156 dBm

¹ All SV @ -130 dBm

² Dependent on aiding data connection speed and latency

³ Demonstrated with a good active antenna

Electrical data

Power supply	2.7 V – 3.6 V (NEO-6Q/6M) 1.75 V – 2.0 V (NEO-6G)
Power consumption	111 mW @ 3.0 V (continuous) 33 mW @ 3.0 V Power Save Mode (1 Hz) 68 mW @ 1.8 V (continuous) 22 mW @ 1.8 V Power Save Mode (1 Hz)
Backup power	1.4 V – 3.6 V, 22 µA
Supported antennas	Active and passive

Interfaces

Serial interfaces	1 UART 1 USB V2.0 full speed 12 Mbit/s 1 DDC (I ² C compliant) 1 SPI
Digital I/O	Configurable timepulse 1 EXTINT input for Wakeup
Serial and I/O	Voltages 2.7 – 3.6 V (NEO-6Q/6M) 1.75 – 2.0 V (NEO-6G)
Timepulse	Configurable 0.25 Hz to 1 kHz
Protocols	NMEA, UBX binary, RTCM

Legal Notice

u-blox reserves all rights to this document and the information contained herein. Products, names, logos and designs described herein may in whole or in part be subject to intellectual property rights. Reproduction, use, modification or disclosure to third parties of this document or any part thereof without the express permission of u-blox is strictly prohibited.

The information contained herein is provided "as is", to warranty of any kind, either express or implied, is made in relation to the accuracy, reliability, fitness for a particular purpose or content of the document. This document may be revised by u-blox at any time. For most secret documents, please visit www.u-blox.com.

Copyright © 2011, u-blox AG

Specification applies to FW 7

Package

24 pin LCC (Leadless Chip Carrier): 12.2 x 16.0 x 2.4 mm, 1.6 g

Pinout



Environmental data, quality & reliability

Operating temp. -40° C to 85° C

Storage temp. -40° C to 85° C

RoHS compliant (lead-free)

Qualification according to ISO 16750

Manufactured in ISO/TS 16949 certified production sites

Support products

u-blox 6 Evaluation Kits:

Easy-to-use kits to get familiar with u-blox 6 positioning technology, evaluate functionality, and visualize GPS performance.

EVK-6H: u-blox6 Evaluation Kit with TCXO, suitable for NEO-6G, NEO-6Q

EVK-6P: u-blox6 Evaluation Kit with crystal, suitable for NEO-6M

Ordering information

NEO-6G-0	u-blox 6 GPS Module, 1.8V, TCXO, 12x16mm, 250 pcs/reel
NEO-6M-0	u-blox 6 GPS Module, 12x16mm, 250 pcs/reel
NEO-6Q-0	u-blox 6 GPS Module, TCXO, 12x16mm, 250 pcs/reel

Available as samples and tape on reel (250 pieces)

Contact us

HQ Switzerland
+41 44 722 7444
info@u-blox.com

EMEA
+41 44 722 7444
info@u-blox.com

Americas
+1 703 483 3180
info_us@u-blox.com

APAC – Singapore
+65 6734 3811
info_ap@u-blox.com

China
+86 10 68 133 545
info_cn@u-blox.com

Japan
+81 3 5775 3850
info_jp@u-blox.com

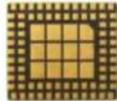
Korea
+82 2 542 0861
info_kr@u-blox.com

Taiwan
+886 2 2657 1090
info_tw@u-blox.com

ANEXO D

Hoja de especificaciones Módulo Sim800L

Version: 1005



GSM/GPRS Module

SIM800L

SIM800L is a complete Quad-band GSM/GPRS solution in a LGA type which can be embedded in the customer applications.

SIM800L support Quad-band 850/900/1800/1900MHz, it can transmit Voice, SMS and data information with low power consumption. With tiny size of 15.8*17.8*2.4 mm, it can fit into slim and compact demands of customer design.

Smart Machine Smart Decision

General features

- Quad-band 850/900/1800/1900MHz
- GPRS multi-slot class 12/10
- GPRS mobile station class B
- Compliant to GSM phase 2/2+
 - Class 4 (2 W @ 850/900 MHz)
 - Class 1 (1 W @ 1800/1900MHz)
- FM: 76-109MHz worldwide bands with 50KHz tuning step
- Dimensions: 15.8*17.8*2.4 mm
- Weight: 1.35g
- Control via AT commands (3GPP TS 27.007, 27.005 and SIMCOM enhanced AT Commands)
- Supply voltage range 3.4 ~ 4.4V
- Low power consumption
- Operation temperature:-40℃ ~85℃

Specifications for GPRS Data

- GPRS class 12: max. 85.6 kbps (downlink/uplink)
- PBCCH support
- Coding schemes CS 1, 2, 3, 4
- PPP-stack
- CSD up to 14.4 kbps
- USSD
- Non transparent mode

Specifications for SMS via GSM/GPRS

- Point to point MO and MT
- SMS cell broadcast
- Text and PDU mode

Software features

- 0710 MUX protocol
- Embedded TCP/UDP protocol
- FTP/HTTP
- MMS
- E-MAIL
- DTMF
- Jamming Detection

Specifications for voice

- Tricoddec
 - Half rate (HR)
 - Full rate (FR)
 - Enhanced Full rate (EFR)
- AMR
 - Half rate (HR)
 - Full rate (FR)
- Hands-free operation (Echo suppression)

Interfaces

88 LGA pads including:

- Analog audio interface
- PCM interface
- RTC backup
- Serial interface
- USB interface
- Interface to external SIM 3V/1.8V
- Keypad interface
- GPIO
- ADC
- GSM Antenna pad
- FM Antenna pad

Compatibility

- AT cellular command interface

Certifications(Plan):

- CE
- GCF
- FCC
- ROHS
- REACH

More about SIMCom SIM800L
Please contact:
Tel: 86-21-32523300
Fax: 86-21-32523301
Email: simcom@sim.com
Website: www.sim.com.tw

All specifications are subject to change without prior notice.

ANEXO E

Hoja de especificaciones Convertidor USB-TTL PL2303

Adopt imported controller RS232 TTL, which can stabilize the flash with high-speed 500mA self-recovery fuse for protection

Two data transmission indicator can monitor data transfer status in real time. Reserve 3.3V and 5V pin interface, easy for DDWRT of different voltage system that needs power. The entire board is coated by a high quality transparent heat-shrinkable sleeve, making the PCB in insulation state from outside, so that the board won't burnt down by a material shortcut.

Package Includes :

1 x PL2303 PL2303HX USB To TTL Module.

Specifications and Features :

All kinds of satellites set-top box upgrade

Router, HDD, ADSL, broadband modem firmware upgrade or cracked upgrade

cellphone, XBOX360, GPS serial communication, vehicle inspection and test, DVD flash and so on

Burn write STC MCU, NXP MCU, Renesas MCU, NEC MCU and so on

Simple UART communication commonly used UART debugging tools in supper terminal

USB signal transferred to TTL signal may be used by electronic enthusiasts

Features:

Adopt imported controller PL2303HX, which can stabilize the flash with high speed 500mA self-recovery fuse for protection

Two data transmission indicator can monitor data transfer status in real time

Reserve 3.3V and 5V pin interface, easy for the DDWRT of different voltage system that needs power

The entire board is coated by high quality transparent heat-shrinkable sleeve, making the PCB in insulation state from outside,

so that the board won't burnt down by material shortcut.

Electrostatic package ensures the board will not be damaged before use

Support WIN7 system



3.0 Functional Block Diagram

