



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO MÓVIL DE
COMUNICACIÓN BASADO EN TARJETAS DE DESARROLLO PARA
PERSONAS NO VIDENTES**

Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:
**INGENIERA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

AUTOR: MARCELA PAOLA CASTILLO SAMPEDRO

TUTOR: ING. EDWIN VINICIO ALTAMIRANO SANTILLÁN

Riobamba – Ecuador.

2017

©2017, Marcela Paola Castillo Sampetro

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 EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y REDES

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO MÓVIL DE COMUNICACIÓN BASADO EN TARJETAS DE DESARROLLO PARA PERSONAS NO VIDENTES**, de responsabilidad de la Señorita Marcela Paola Castillo Sampedro, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

ING. WASHINGTON LUNA

DECANO DE LA FACULTAD

DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ING. FRANKLIN MORENO

DIRECTOR DE LA ESCUELA DE

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TELECOMUNICACIONES Y REDES

ING. EDWIN ALTAMIRANO

DIRECTOR DEL TRABAJO

DE TITULACIÓN

ING. FRANKLIN MORENO

MIEMBRO DE TRIBUNAL

Yo, Marcela Paola Castillo Sampedro, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis, y el patrimonio intelectual del trabajo de titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.

MARCELA PAOLA CASTILLO SAMPEDRO

DEDICATORIA

Dedico de manera especial este trabajo a mi madre por siempre brindarme amor y un hogar cálido, sobre todo por sembrar en mí, bases de humildad, superación y perseverancia.

Marcela

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la fortaleza para seguir en el camino de mi formación académica y principalmente por darme a mi pilar fundamental mi madre quien me ha acompañado incesantemente en momentos de derrota y triunfos, también le agradezco al Ingeniero Cristian Salazar por brindarme su apoyo incondicional y confianza, gracias a ustedes por ser parte fundamental en el desarrollo de este trabajo de titulación.

Marcela

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
MARCO REFERENCIAL.....	2
Antecedentes.....	2
Justificación.....	3
Objetivos.....	5
<i>Objetivo General</i>	5
<i>Objetivos Específicos</i>	5
CAPITULO I.....	6
1. MARCO TEÓRICO.....	6
1.1 Discapacidad visual.....	6
1.2 Accesibilidad a las TIC.....	6
1.3 Herramientas de apoyo para invidentes en el acceso a la información y comunicación.....	6
1.3.1 <i>Lector de pantalla</i>	6
1.3.2 <i>ALVA BC680</i>	7
1.3.3 <i>EASY LINK</i>	7
1.4 Red de telefonía celular.....	8
1.4.1 <i>Funcionamiento de la red celular</i>	8
1.4.2 <i>Tecnologías de acceso celular</i>	9
1.4.3 <i>Tecnología GSM (Sistema global para las comunicaciones móviles)</i>	10
1.4.3.1 <i>Arquitectura de la red GSM</i>	10
1.4.3.2 <i>Frecuencias de operación</i>	12
1.5 Arquitectura de un dispositivo móvil celular.....	12
1.6 GPS (Sistema de posicionamiento global).....	13
1.6.1 <i>Determinación de la posición (trilateración)</i>	13
1.6.2 <i>Segmentos del sistema de posicionamiento global</i>	15
1.6.2.1 <i>Segmento de control terrestre</i>	15
1.6.2.2 <i>Segmento espacial</i>	16
1.6.2.3 <i>Segmento de usuario</i>	16
1.6.3 <i>Errores de recepción</i>	16
1.6.3.1 <i>Interferencias ionosféricas</i>	16

1.6.3.2	<i>Geometría de los satélites</i>	16
1.6.3.3	<i>Señales reflejadas o de multisenda</i>	17
1.6.4	Protocolo NMEA	17
1.7	Sistema Braille	18
1.8	Codificación ASCII (Código estándar americano para intercambio de información)	20
1.9	Conversión texto-audio	20
1.9.1	<i>Usos de la conversión texto-audio</i>	21
1.10	Arquitectura ARM en los microcontroladores	22
1.10.1	<i>Generalidades</i>	22
1.10.2	<i>Características</i>	22
1.10.2.1	<i>Herramientas de depuración</i>	22
1.10.2.2	<i>Bajo consumo</i>	22
1.10.2.3	<i>Interrupciones</i>	22
1.10.2.4	<i>Eficiencia en la generación de código en C</i>	22
1.10.2.5	<i>Thumb</i>	23
1.11	Familias CORTEX M	23
1.11.1	ARM CORTEX M0	24
1.11.1.1	<i>Aplicaciones del Cortex M0</i>	24
1.11.1.2	<i>Características de desarrollo y beneficios del Cortex M0:</i>	25
1.11.2	Características del microcontrolador STM32F030C8T6:	25
1.12	Tarjetas de desarrollo	25
1.12.1	Módulo SIM908	25
1.12.1.1	<i>COMANDOS AT</i>	27
1.12.1.2	<i>Notación de comandos AT</i>	27
1.12.1.3	<i>Modos de operación de los comandos AT</i>	28
1.12.2	Módulo Emic2	28
1.12.2.1	<i>Características:</i>	29
1.12.2.2	<i>Especificaciones principales</i>	30
1.12.2.3	<i>Comandos</i>	30
1.13	Equipos	31
2.13.1	GARMIN GPSMAP 64S	31
1.14	Software	31
1.14.1	<i>Keil uVision5</i>	31
1.14.2	<i>STM32CUBEMX</i>	32

1.15	Comunicación serial.....	33
<i>1.15.1</i>	<i>Comunicación UART por sondeo.....</i>	<i>33</i>
<i>1.15.2</i>	<i>Comunicación UART por interrupciones.....</i>	<i>34</i>
CAPITULO II.....	35	
2.	MARCO METODOLÓGICO.....	35
2.1	Diseño del prototipo.....	35
<i>2.1.1</i>	<i>Arquitectura modular.....</i>	<i>35</i>
<i>2.1.2</i>	<i>Módulo de interfaz.....</i>	<i>35</i>
<i>2.1.3</i>	<i>Módulo de control.....</i>	<i>37</i>
<i>2.1.3.1</i>	<i>Comparación de microcontroladores disponibles.....</i>	<i>37</i>
<i>2.1.3.2</i>	<i>Funcionamiento de la etapa de control.....</i>	<i>39</i>
2.2	Selección del módulo SIMCOM.....	40
<i>2.2.1</i>	<i>Módulo de expansión SIM908.....</i>	<i>41</i>
2.3	Selección del módulo sintetizador de audio adecuado.....	41
<i>2.3.1</i>	<i>Módulo de expansión Emic2.....</i>	<i>42</i>
2.4	Conexiones del Sistema.....	43
<i>3.5.1</i>	<i>Conexión STM32F0-Módulo SIM908.....</i>	<i>43</i>
<i>3.5.2</i>	<i>Conexión STM32F0-Modulo Emic2.</i>	<i>43</i>
3.6	Descripción de la interfaz de navegación del prototipo.....	44
3.7	Construcción del sistema y programación.....	46
<i>3.7.1</i>	<i>Energía y alimentación del prototipo.....</i>	<i>46</i>
<i>3.7.2</i>	<i>Construcción del Módulo de interfaz.....</i>	<i>47</i>
<i>3.7.2.1</i>	<i>Teclado.....</i>	<i>47</i>
<i>3.7.2.2</i>	<i>Señales de audio.....</i>	<i>47</i>
<i>3.7.2.3</i>	<i>Alertas.....</i>	<i>48</i>
<i>3.7.3</i>	<i>Construcción del módulo de control.....</i>	<i>49</i>
<i>3.7.3.1</i>	<i>Configuración de frecuencia y Reloj del sistema.....</i>	<i>49</i>
<i>3.7.3.2</i>	<i>Inicialización de la señal SysTick de 1 mS por interrupción.....</i>	<i>49</i>
<i>3.7.3.3</i>	<i>Configuración del USART para el SIM908.....</i>	<i>50</i>
<i>3.7.3.4</i>	<i>Configuración del USART2 para el sintetizador de voz EMIC2.....</i>	<i>51</i>
<i>3.7.3.5</i>	<i>Configuración de las salidas PWM para alertas de prototipo.....</i>	<i>52</i>
<i>3.7.3.6</i>	<i>Configuración de la salida GPIO para el PowerKey del SIM908.....</i>	<i>53</i>
<i>3.7.3.7</i>	<i>Configuración de los GPIOs como entrada para el teclado.....</i>	<i>54</i>
<i>3.7.3.8</i>	<i>Configuración del NVIC.....</i>	<i>55</i>
3.8	Algoritmo utilizado para la implantación del software.....	56

3.9	Diseños electrónicos del prototipo.....	63
3.9.1	<i>CPU:</i>	63
3.9.2	<i>Teclado:</i>	66
	CAPITULO III.....	67
3	Tipo de Investigación.....	67
3.1	Población.....	67
3.2	Descripción del proyecto.....	67
3.3	MARCO DE PRUEBAS Y RESULTADOS.....	67
3.4	Resultados de las encuestas realizadas en la Institución APRODVICH.....	68
3.5	Comparación de la precisión de ubicación entre el prototipo móvil desarrollado y el equipo GPS Oregon 64S.	76
3.6	Variabilidad del prototipo de dispositivo móvil para invidentes.....	79
3.7	Test de Shapiro-Wilk.....	80
3.7.1	<i>Planteamiento de la hipótesis</i>	80
3.7.2	<i>Nivel de significancia</i>.....	80
3.7.3	<i>Determinación del estadístico de prueba de shapiro test mediante el R Commander</i>	80
3.8	Análisis de la prueba de hipótesis.....	81
3.8.1	<i>Planteamiento de la hipótesis</i>	81
3.8.2	<i>Nivel de significancia</i>.....	81
3.8.3	<i>Determinación del estadístico de prueba de la t de student mediante el R Commander y su formula</i>.....	81
	CONCLUSIONES.....	83
	RECOMENDACIONES.....	84
	GLOSARIO.	
	BIBLIOGRAFÍA.	
	ANEXOS.	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- 1	Descripción de las tecnologías de acceso utilizadas por los dispositivos celulares	9
Tabla 2- 1	Parámetros de los diferentes protocolos NMEA.....	18
Tabla 3- 1	Características generales del trabajo y modo de operación del módulo SIM908	26
Tabla 4- 1	Especificación de las características eléctricas del módulo SIM908	27
Tabla 5- 1	Especificación de las características eléctricas del módulo SIM908	28
Tabla 6- 1	Características generales de trabajo del módulo Emic 2.....	29
Tabla 7- 1	Indicación del color que puede tomar un LED en el funcionamiento del Emic 2	30
Tabla 8- 1	Especificación de comandos disponibles para interactuar con el módulo Emic2.....	30
Tabla 9- 1	Especificación de las características del dispositivo GPSMAP 64S.....	31
Tabla 1- 2	Cuadro comparativo de las tecnologías de microcontroladores disponibles en el país	38
Tabla 2- 2	Cuadro comparativo de las tecnologías de microcontroladores disponibles en el país .	39
Tabla 3- 2	Cuadro comparativo de los módulos SIMCOM	40
Tabla 4- 2	Cuadro comparativo de los módulos SIMCOM (porcentajes).....	41
Tabla 5- 2	Cuadro comparativo de los módulos Text to Speech.....	42
Tabla 6- 2	Cuadro comparativo de los módulos Text to Speech (porcentajes).....	42
Tabla 1- 3	Tabla de frecuencias de la aceptación del producto.....	68
Tabla 2- 3	Tabla de frecuencias de la aceptación de los diferentes teclados.....	69
Tabla 3- 3	Tabla de frecuencias de la funcionalidad del equipo al realizar llamadas	70
Tabla 4- 3	Tabla de frecuencias de la funcionalidad del equipo para contestar llamadas	71
Tabla 5- 3	Tabla de frecuencias de la funcionalidad del equipo para escribir y enviar un mensaje	72
Tabla 6- 3	Tabla de frecuencias de la funcionalidad del equipo para la lectura de mensajes	73
Tabla 7- 3	Tabla de frecuencias de la funcionalidad del equipo para proporcionar la geolocalización.....	74
Tabla 8- 3	Tabla de frecuencias de la funcionalidad del equipo para almacenar y buscar contactos	75
Tabla 9- 3	Tabla de frecuencias de la funcionalidad del equipo en su manipulación de forma general.	76
Tabla 10- 3	Tabla de datos de repetitividad de una ubicación	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- 1	Representación del dispositivo ALVA BC680.....	7
Figura 2- 1	Representación del dispositivo EASY LINK.....	8
Figura 3- 1	Representación de celdas o células.....	9
Figura 4- 1	Tecnologías de acceso múltiple.....	10
Figura 5- 1	Descripción de los componentes de una red GSM.....	11
Figura 6- 1	Bandas de frecuencia de una red GSM.....	12
Figura 7- 1	Partes de un dispositivo móvil.....	12
Figura 8- 1	Distribución de satélites del sistema GPS.....	13
Figura 9- 1	Triangulación de satélites.....	14
Figura 10- 1	Componentes de un sistema de posicionamiento global.....	15
Figura 11- 1	Error multisenda.....	17
Figura 12- 1	Representación del abecedario en el sistema Braille.....	19
Figura 13- 1	Representación de la codificación ASCII.....	20
Figura 14- 1	Etapas para la conversión texto audio.....	21
Figura 15- 1	Clasificación de la familia Cortex M de acuerdo a sus instrucciones disponibles.....	23
Figura 16- 1	Diagrama de bloques del Cortex M0.....	24
Figura 17- 1	Módulo de evaluación SIM908.....	26
Figura 18- 1	Estructura del comando AT para registrarse en la red.....	28
Figura 19- 1	Módulo Emic2.....	29
Figura 20- 1	Entorno del programa Keil.....	32
Figura 21- 1	Entorno de la herramienta STM32CUBE MX.....	33
Figura 1- 2	Módulos del prototipo de dispositivo móvil para invidentes.....	35
Figura 2- 2	Representación de la interfaz de usuario del prototipo.....	36
Figura 3- 2	Representación de la interfaz de audio del prototipo.....	36
Figura 4- 2	Representación de la conexión del Microcontrolador en el prototipo.....	37
Figura 5- 2	Conexión para la comunicación entre microcontrolador y módulo SIM908.....	43
Figura 6- 2	Conexión para la comunicación entre microcontrolador y módulo Emic2.....	44
Figura 7- 2	Distribución del teclado para la navegación en el prototipo.....	45
Figura 8- 2	Alimentación del sistema.....	46
Figura 9- 2	Conexión Pull-Down.....	47
Figura 10- 2	Salidas de audio de las tarjetas del prototipo.....	48
Figura 11- 2	Señales de alerta del sistema.....	48
Figura 12- 2	Configuración del oscilador en el STM32CUBE MX.....	49

Figura 13- 2	Configuración de la frecuencia del microcontrolador STM32CUBE MX.....	49
Figura 14- 2	Configuración de la señal de interrupción Systick	50
Figura 15- 2	Habilitación del USART 1 en modo asincrónico	50
Figura 16- 2	Configuración de los parámetros del periférico USART 1	50
Figura 17- 2	Configuración de los parámetros de DMA para el periférico USART 1	51
Figura 18- 2	Configuración de interrupciones del USART 1	51
Figura 19- 2	Habilitación del USART 2	51
Figura 20- 2	Configuración de los parámetros del periférico USART 2	52
Figura 21- 2	Configuración de los parámetros de DMA para el periférico USART 2	52
Figura 22- 2	Configuración de interrupciones del USART 2	52
Figura 23- 2	Habilitación de un canal PWM del Timer 3	53
Figura 24- 2	Habilitación del GPIO para encendido del SIM908.....	53
Figura 25- 2	Funcionamiento de encendido y apagado del SIM908.....	53
Figura 26- 2	Configuración del GPIO para el Powerkey del SIM908	54
Figura 27- 2	Configuración de los GPIOs como Input.....	54
Figura 28- 2	Características de los GPIOs como Input	55
Figura 29- 2	Configuración de prioridades de las interrupciones del NVIC.....	55
Figura 30- 2	Algoritmo para la inicialización del microcontrolador.....	56
Figura 31- 2	Algoritmo para el monitoreo del SIM908.	57
Figura 32- 2	Algoritmo de la función inicio.	58
Figura 33- 2	Algoritmo de la función llamada en curso y la lectura de un mensaje.	59
Figura 34- 2	Algoritmo de la función llamar y guardar contacto.....	60
Figura 35- 2	Algoritmo de la función para escribir un mensaje.....	61
Figura 36- 2	Algoritmo de la función GPS.	62
Figura 37- 2	Diseño de la placa del Microcontrolador en Proteus.....	63
Figura 38- 2	Diseño de la placa del Microcontrolador en Ares de Proteus.....	63
Figura 39- 2	Visión en 3D de la placa del Microcontrolador con placas de desarrollo (capa superior).	64
Figura 40- 2	Visión en 3D de la placa del Microcontrolador con placas de desarrollo Inferior.	64
Figura 41- 2	Diseño de placa de teclado en Proteus.	65
Figura 42- 2	Diseño de placa de teclado en Ares de Proteus.	65
Figura 43- 2	Visión en 3D de la placa del Teclado.....	66
Figura 1- 3	Representación porcentual de la aceptación del producto.....	68
Figura 2- 3	Representación porcentual de los diferentes teclados	69
Figura 3- 3	Representación porcentual de la funcionalidad del equipo al realizar llamadas	70

Figura 4- 3	Representación porcentual de la funcionalidad del equipo al recibir llamadas.....	71
Figura 5- 3	Representación porcentual de la funcionalidad del equipo al escribir y enviar un mensaje.....	72
Figura 6- 3	Representación porcentual de la funcionalidad del equipo al proporcionar la lectura de mensajes	73
Figura 7- 3	Representación porcentual de la funcionalidad del equipo al enviar una localización	74
Figura 8- 3	Representación porcentual de la funcionalidad del equipo al almacenar y buscar contactos.....	75
Figura 9- 3	Representación porcentual de la funcionalidad del equipo al manipular el dispositivo de forma general.....	76
Figura 10- 3	Ubicaciones del prototipo móvil desarrollado y el equipo GPS Oregon 64S.....	77
Figura 11-3	Puntos de la ciudad tomados con el dispositivo desarrollado y el GPS Oregon 64S	78
Figura 12- 3	Ubicaciones de la variabilidad del prototipo de dispositivo móvil para invidentes ..	80
Figura 13- 3	Resultados del R Commander al aplicar el test de Shapiro-Wilk.....	80
Figura 14- 3	Resultados del R Commander al determinar la T de Student.....	81
Figura 15- 3	Fórmula usada para la T de Student	82
Figura 16- 3	Representación de los resultados aplicando la T de Student	82

RESUMEN

Con el objetivo de contribuir a la inclusión de personas no videntes en las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la ciudad de Riobamba se ha desarrollado el prototipo de un dispositivo móvil para invidentes, el cual proporciona servicios tales como la realización y recepción de llamadas al igual que de mensajes cortos (SMS) usando la red GSM, el almacenamiento de contactos y la determinación de una geolocalización usando un receptor GPS, para posteriormente ser enviado mediante un mensaje, brindando así información relevante a quien se encuentre al cuidado de la persona invidente. Este dispositivo a nivel hardware cuenta con un microcontrolador de arquitectura ARM de 32 bits, el cual es la parte central del dispositivo que interactúa con el módulo SIM908 y el módulo sintetizador de audio Emic2, además en la interfaz de usuario se cuenta con un teclado basado en la codificación Braille. A nivel de software se tiene una programación basada en el lenguaje C++ en donde se desarrollan rutinas que permitirán transformar la combinación de teclas en información para enviar un mensaje, realizar llamadas y enviar la ubicación del dispositivo. En la investigación se usa la metodología descriptiva y para determinar la funcionalidad del equipo se realizaron encuestas en el Instituto APRODVICH, se observó la comodidad de las personas al manipular el dispositivo y mediante la tabulación de los datos se obtuvo que el 90% de la población pudo manejar el equipo, el resultado es satisfactorio ya que proporciona un indicativo de que la interfaz desarrollada para el prototipo es adecuada, también se han realizado pruebas para determinar la estabilidad y la precisión del equipo en cuanto al posicionamiento, obteniendo como resultados que la precisión del equipo es menor a 2.5 metros a un nivel de significancia del 0.05 por lo que se concluye que el dispositivo realizado no incorpora un error adicional sin embargo si se requiere más precisión es recomendable utilizar un receptor GPS profesional o aplicar técnicas de diferenciación de GPS.

<RIOBAMBA [CANTÓN]> < TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN [TIC]> < SOFTWARE DE PROGRAMACION DE MICROCONTROLADORES STM32 [STM32CUBE MX]> <MÓDULO DE COMUNICACIÓN GSM/GPRS/GPS [SIM908]> < ARQUITECTURA DE COMPUTADORES [ARM]> < SERVICIO DE MENSAJES CORTO [SMS]> < SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL [GPS]> < SISTEMA GLOBAL PARA LAS COMUNICACIONES MÓVILES [GSM]>

ABSTRACT

With the aim of contributing to the inclusion of the visually impaired in information and communication technologies (ICT) in the city Riobamba, a prototype of a mobile device for the blind has been developed, which provides services such as the realization and reception of calls as well as short messages (SMS) using the GSM network, storage of contacts and determination of a geolocation using GPS receiver, to be sent by a message, thus providing relevant information to whoever is at care of the blind person. This hardware level device has a 32-bit ARM architecture microcontroller, which is the central part of the device that interacts with the SIM908 module and the Emic2 audio synthesizer module, in addition the user interface has a keyboard based on Braille coding. At the software level, there is a program based on the C++ language where routines are developed that will allow to transform the key combination into information to send a message, make calls and send the location of the device. In the research, the descriptive methodology was used to determine the functionality of the equipment, surveys were carried out at the APRODVICH Institute, the comfort of the people was observed when manipulating the device and through the tabulation of the data, it was found that 90% of the population was able to handle the equipment, the result is satisfactory since it provides an indication that the interface developed for the prototype is adequate, tests have also been performed to determine the stability and accuracy of the equipment in terms of positioning, obtaining as result that the precision of the Equipment is less than 2.5 meters at a significance level of 0.05 so it is concluded that the device used did not incorporate an additional error however if more precision is required it is advisable to use a professional GPS receiver or apply GPS differentiation techniques.

<RIOBAMBA [CANTON]> <INFORMATION AND COMUNICATION TECHNOLOGIES [ICT]> <MICROCONTROL PROGRAMMING SOFTWARE STM32 [STM32CUBE MX]> <GSM / GPRS / GPS COMUNICATION MODULE [SIM908]> <COMPUTER ARCHITECTURE [ARM]> <SHORT MESSAGE SERVICE [SMS]> <GLOBAL POSITIONING SYSTEM [GPS]> <GLOBA SYSTEM FOR MOBILE COMUNICATIONS [GSM]>

INTRODUCCIÓN

Las personas invidentes en su mayoría, usan teléfonos dirigidos a satisfacer necesidades de personas que no poseen esta limitación, la manipulación de estos dispositivos se complica, ya que se tiene en la misma tecla un número y una letra.

En el presente documento contiene el proceso para la implementación del prototipo de un dispositivo móvil, que operará con la red GSM en la banda de 850 y 1900 MHz que es la disponible en América, éste dispositivo a desarrollar contará con una interfaz de usuario que será realizada en función a la codificación Braille para el ingreso de información.

En el hardware se contará con un microcontrolador de arquitectura ARM que hoy en día es el más usado en el desarrollo de este tipo de dispositivos, el cual es la parte central, que se encarga del control total, en la interacción con las tarjetas de desarrollo a utilizar, como el módulo de SIMCOM que se encarga del envío y recepción de mensajes y para el caso de la lectura de mensajes el microcontrolador interactúa con un módulo manejador de audio.

El software a implementar es capaz de proporcionar la lectura de los mensajes de texto (SMS) mediante un sintetizador de audio, el cual se programa y configura de tal forma que se adapte a la aplicación del dispositivo, además el código tiene rutinas que permiten transformar la combinación de teclas en información para enviar un mensaje, realizar llamadas y enviar la ubicación del dispositivo. Por la naturaleza de las tarjetas de desarrollo, la comunicación es posible usando el protocolo de comunicación serial asincrónico UART.

Para proporcionar la geolocalización se debe ubicar los datos obtenidos por el GPS en un formato adecuado para poder facilitar el enlace correcto a la plataforma de Google Maps, con esto se puede visualizar la ubicación del dispositivo, en cualquier tecnología que cuente con internet como una computadora o un teléfono inteligente, brindando así información relevante a quien se encuentre al cuidado de la persona invidente.

MARCO REFERENCIAL

Antecedentes

La existencia de dispositivos móviles de comunicación para personas no videntes es escasa, sin embargo, Telefónica Móviles lanza un celular para personas no videntes en colaboración con la ONCE (Organización Nacional de Ciegos de España), Owasys 22C es un dispositivo móvil que se encuentra en el mercado europeo y español, cuya principal funcionalidad, es que cuenta con un sintetizador de voz que le permite al dispositivo informar la recepción de mensajes, llamadas perdidas o en espera entre otras funcionalidades, el dispositivo está disponible a un precio de 400 dólares. (Noticiasdot.com, 2014, <http://www.noticiasdot.com/publicaciones>)

Los dispositivos móviles de comunicación se desarrollan de tal manera que buscan satisfacer las necesidades de un grupo de la población, tal es así que la empresa OwnFone de Londres, ha lanzado el primer dispositivo de comunicación personalizado para invidentes en el año 2012, esta compañía pionera se basa en técnicas de impresión 3D, para personalizar el dispositivo de acuerdo a las necesidades del usuario.

De tal manera que se podrían añadir de dos a cuatro botones para determinados contactos, que serán programados para realizar llamadas a: amigos, familiares o servicios de emergencia, como ha apuntado su creador Tom Sunderland, el problema radica en que el aparato cuesta 60 euros (aproximadamente unos 100 dólares) y por ahora se encuentra disponible únicamente en el Reino Unido. (Hernández, A, 2014, <http://www.sophimania.pe/tecnologia/robotica>)

Los dispositivos móviles para personas invidentes han evolucionado, tal es así que se ha desarrollado el primer prototipo Smartphone, gracias a la colaboración entre National Institute of Design y el Centro de Innovación, Incubación y Emprendimiento ubicado en el campus de la Universidad de Delhi, el prototipo en lugar de una pantalla táctil normal, tiene una superficie que es capaz de elevar y deprimir el contenido que recibe para transformarlo en un carácter braille o una forma, así ha indicado su inventor, el ingeniero Sumit Dagar. (Romero, A, 2014, pp. 13-14)

Justificación

La OMS señala que existe aproximadamente 285 millones de personas invidentes en el mundo, además indica que un 90% de la carga mundial de discapacidad visual se concentra en países de ingresos bajos. (SUIZA OMS, 2016, <http://www.who.int/mediacentre>)

Por tal razón se intuye que este sector de la población, no puede obtener dispositivos que, si se realizaron en base a sus necesidades, debido a su excesivo costo o porque no está disponible en su lugar de residencia, en consecuencia, la realización de un dispositivo móvil para invidentes en la localidad, permitirá que este dispositivo sea accesible para cada uno de ellos.

En Ecuador de acuerdo a los datos presentados por el CONADIS, 49.334 personas son invidentes de este total 1382 se encuentran en la provincia de Chimborazo, distribuidas en los diferentes cantones, en Riobamba se tiene un total de 729 personas, la mayoría corresponde a una edad entre 30 y 65 años con 364 personas, seguida por mayores a 65 años con 245 personas, mientras que entre 19 a 29 años se cuenta con 72 personas. (ECUADOR CONADIS, 2016, <http://www.consejodiscapacidades>)

Esta cifra indica que existe un alto porcentaje de la población concentrada en su mayoría por personas mayores de edad, que no cuenta con un dispositivo móvil de fácil uso ya que están destinados a personas con alto grado de visión, lo que dificulta dar una solución eficiente, debido principalmente a la composición física de estos dispositivos.

Tomando en cuenta que la tecnología y la facilidad de acceso a la comunicación, es un factor importante hoy en día, la que se consigue mediante la utilización de dispositivos electrónicos, el más básico un celular, se establece que la realización del prototipo de un dispositivo móvil de comunicación para personas no videntes ayuda a la inclusión, en la tecnología de la comunicación y la información.

En este documento se indica el desarrollo de un prototipo móvil enfocado a facilitar la comunicación para personas no videntes, cabe destacar que ya existen dispositivos similares como: Owasys 22C diseñado por Telefónica Móviles en colaboración con la ONCE, al igual que el primer dispositivo de comunicación personalizado, para invidentes realizado por Tom Sunderland de la empresa OwnFone de Londres.

Estos dispositivos plantean soluciones para facilitar la comunicación de invidentes, pero la propuesta difiere, en que el dispositivo contará con una interfaz basada en la codificación Braille, para la escritura de SMS o la digitalización de un número. Mientras que en la recepción de mensajes se podrá escuchar mediante el uso de un sintetizador de audio, adicionalmente cuenta con una tecla especial que envía la ubicación del dispositivo y lo más importante destacar la importancia de desarrollar esta tecnología de tipo asistida en Ecuador.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar e Implementar un prototipo móvil de comunicación basado en tarjetas de desarrollo para personas no videntes.

Objetivos Específicos

- Investigar la estructura de letras y números codificados en lenguaje braille para implementar una interfaz de interacción con el dispositivo de comunicación.
- Adaptar y programar el hardware manejador de audio disponible para leer un mensaje corto (SMS) recibido en el dispositivo.
- Incluir a las personas no videntes en la tecnología de las comunicaciones inalámbricas mediante la implementación del dispositivo, garantizando la igualdad de acceso a las TIC.
- Ofrecer el servicio de geolocalización para aumentar el grado de seguridad de los usuarios.
- Realizar las respectivas pruebas para analizar y obtener resultados en cuanto al desarrollo del prototipo.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Discapacidad visual

De acuerdo a la OMS la discapacidad es la pérdida a nivel anatómico, fisiológico o psicológico por tanto se puede definir a la discapacidad visual como la pérdida o disminución del sentido de la vista, aproximadamente un 82% de las personas que padecen ceguera tienen alrededor de 50 años. (SUIZA OMS, 2016, <http://www.who.int/mediacentre>)

De acuerdo a la clasificación internacional de enfermedades la función visual se divide en:

- Visión normal
- Discapacidad visual moderada
- Discapacidad visual grave
- Ceguera

1.2 Accesibilidad a las TIC

La accesibilidad a los medios electrónicos es definida por la OMS, como la facilidad de uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), tales como internet, por personas con discapacidad, además en la convención de los derechos de las personas con discapacidad se subraya que hay que garantizar a las personas la igualdad de acceso a las TIC. (SUIZA OMS, 2016, <http://www.who.int/features/qa/50/es/>)

El acceso a las TIC es limitado por las diferentes discapacidades, como la pérdida de la visión que impide el acceso a la información mostrada en una pantalla, sea de un smartphone o un computador hoy en día muy utilizados, para dar solución a estos inconvenientes se ha desarrollado la tecnología asistida. (Guenaga et al, 2007, p. 156)

1.3 Herramientas de apoyo para invidentes en el acceso a la información y comunicación

1.3.1 *Lector de pantalla*

Una de las ayudas más utilizadas para personas invidentes es el lector de pantalla, este es un software que realiza una conversión del contenido textual de una pantalla en voz. Permite configurar aspectos como el idioma y la velocidad con la que se realiza una lectura, debido a que

los usuarios, que tienen más práctica con un lector adquieren la capacidad de entender y leer a mayor velocidad.

Este software es muy beneficioso para dar información a personas invidentes mediante la lectura de texto, el problema radica en el caso de existir información no textual como: imágenes, gráficos, iconos o vídeos, ésta no puede transmitirse mediante voz. (Guenaga et al., 2007, p. 158)

1.3.2 ALVA BC680

Este dispositivo cuenta con 80 caracteres braille, un lector de pantalla, tecnología Bluetooth y un puerto USB, esto posibilita la comunicación simultánea con cualquier computadora o Smartphone, conecta el teclado de un dispositivo directamente al BC680 y trabaja con el mismo.



Figura 1- 1 Representación del dispositivo ALVA BC680

Fuente: <http://www.visioncue.com/wp-content/uploads/2015/05/ALVA-Comfort-800x620-JPG.jpg>

1.3.3 EASY LINK

El dispositivo Easy Link es un teclado/pantalla que se conecta a diferentes dispositivos electrónicos vía Bluetooth, Cuenta con 12 celdas braille, teclas de movimiento y un joystick que permite mejorar la navegación a través de menús, también incorpora un lector. (Ortega, 2013, <http://www.youngmarketing.co>)



Figura 2- 1 Representación del dispositivo EASY LINK

Fuente: <https://uk.optelec.com/binaries/content/gallery/shared/products/easylink-12/easylink-12-touch-with-iphone-1.jpg>

1.4 Red de telefonía celular

Al referirse a la telefonía móvil, se entiende por la interacción entre el dispositivo (que permite el acceso a la red) y la red, parte fundamental para que operen satisfactoriamente y así establecer la comunicación entre dos terminales (o un dispositivo móvil con teléfono fijo), dicha red está constituida por dos elementos:

- **La estación base:** Se encarga de la transmisión y recepción de la señal.
- **Centrales de conmutación:** Permiten la conexión entre dos terminales específicas, el proceso de la conmutación es electrónica, digital y automatizada hoy en día.

1.4.1 Funcionamiento de la red celular

Un área es dividida en células, las estaciones base se reparten en cada una de estas celdas, por lo que el funcionamiento de una red resulta sencillo, ya que mediante ondas de radio se conecta dos terminales con los controladores de dichas estaciones base.

La distribución de las celdas posibilita extender la frecuencia en toda el área, esta disposición en forma de panel permite la reutilización de un conjunto de frecuencias, asignadas en celdas diferentes, siempre que estas no sean adyacentes, permitiendo así el uso del servicio en un territorio por varios usuarios sin ningún tipo de dificultad. (Basterretche, J, 2007, pp. 7-11)

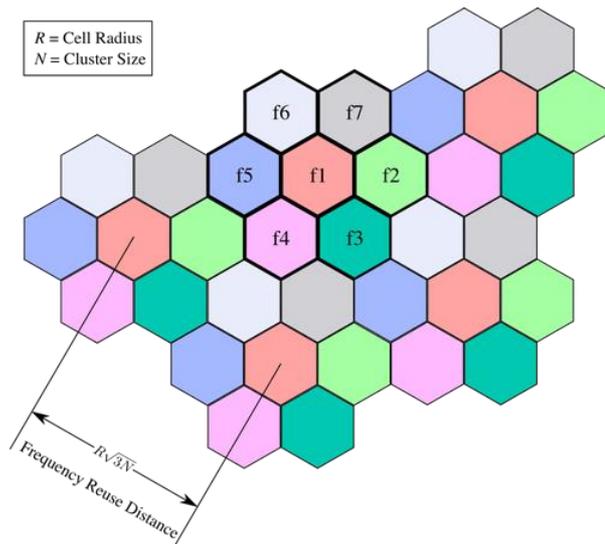


Figura 3- 1 Representación de celdas o células

Fuente: <http://publicdomainvectors.org/photos/1b-Cells.png>

1.4.2 Tecnologías de acceso celular

Las tecnologías de acceso múltiple son denominadas así, debido a que más de un usuario puede utilizar cada una de las celdas de información, existen tres diferentes que se distinguen en el método o la forma de acceso a las celdas. Específicamente en el caso de GSM se utiliza las tecnologías de acceso TDMA y FDMA, el ancho de banda con que dispone GSM es de 25 MHz, usando FDMA se divide en 125 canales con 200 KHz de ancho de banda, a partir de esta división se utiliza lo que es TDMA. (Inzaurrealde et al., 2014, p. 24)

Tabla 1- 1 Descripción de las tecnologías de acceso utilizadas por los dispositivos celulares

Tecnologías de acceso múltiple	
FDMA (Acceso múltiple por división de frecuencia)	En esta técnica cada canal es otorgado a un usuario individual por el tiempo que dure la conexión, el acceso al medio se realiza dividiendo el espectro en distintos canales de voz, al dividir el ancho de banda en varios canales según las frecuencias de transmisión, es utilizada mayormente para las transmisiones analógicas.
TDMA (Acceso múltiple por división de tiempo)	El canal de transmisión es dividido en particiones de tiempo, de tal manera que se utiliza un canal en común entre múltiples usuarios, comprime las conversaciones digitales y luego las envía utilizando señales de radio por un período de tiempo, utiliza frecuencias comprendidas entre 800 y 1900 MHz
CDMA (Acceso múltiple por división de códigos)	CDMA digitaliza la información y la transmite a través del ancho de banda entero disponible, a diferencia de TDMA y FDMA. Las llamadas se superponen en el canal de transmisión, pero se diferencian por un código de secuencia asignado único, permitiendo que los usuarios compartan el canal y la frecuencia, es un método adecuado para la transmisión de información encriptada.

Realizado por: CASTILLO, Marcela, 2016

Fuente: Inzaurrealde et al., 2014, pp. 22-26

En la figura 4-1 se muestra una comparación entre el funcionamiento de cada una de las tecnologías de acceso múltiple, usadas por los dispositivos móviles para acceder a las celdas, descritas en la Tabla 1-1 de manera más detallada para una mayor comprensión e interpretación.

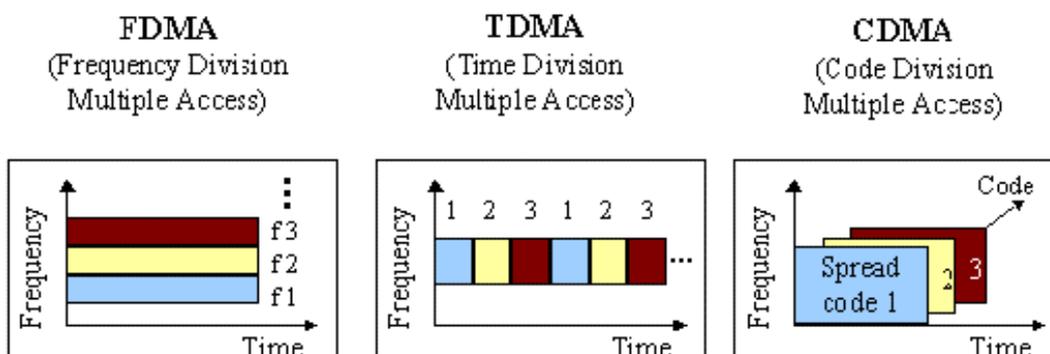


Figura 4- 1 Tecnologías de acceso múltiple

Fuente: https://sites.google.com/site/informaticaycomunicacion2011/_/rsrc/1322836479561/home/telefonía-movil/tecnologías-de-acceso-celular/Image1648.gif.1322836479414.gif

1.4.3 Tecnología GSM (Sistema global para las comunicaciones móviles)

El sistema Global para comunicaciones móviles GSM, es un sistema estándar definido para la comunicación entre terminales que incorporan telefonía digital, GSM es un sistema de conmutación de circuitos, diseñado principalmente para voz, pero posteriormente se le suman algunos servicios como mensajes cortos, servicio de datos y mensajes de texto de hasta 160 caracteres.

Por su velocidad de transmisión de 9.6 Kbps y otras características es considerado un estándar de segunda generación (2G), las extensiones de GSM son conocidas como GPRS y EDGE, también denominadas generaciones intermedias (2.5G), que conllevan a la tercera generación (3G) o UMTS que difiere de las anteriores por su velocidad de transmisión mejorada. (Cornejo y Tintín, 2010, p. 19)

1.4.3.1 Arquitectura de la red GSM

La arquitectura de la red se divide en cuatro partes: el centro de gestión de red (NMC), el subsistema de estación base (BSS), el subsistema de la red (NSS) y la estación móvil (MS).

La descripción del funcionamiento de cada componente de la red GSM se encuentra en la figura 5-1.

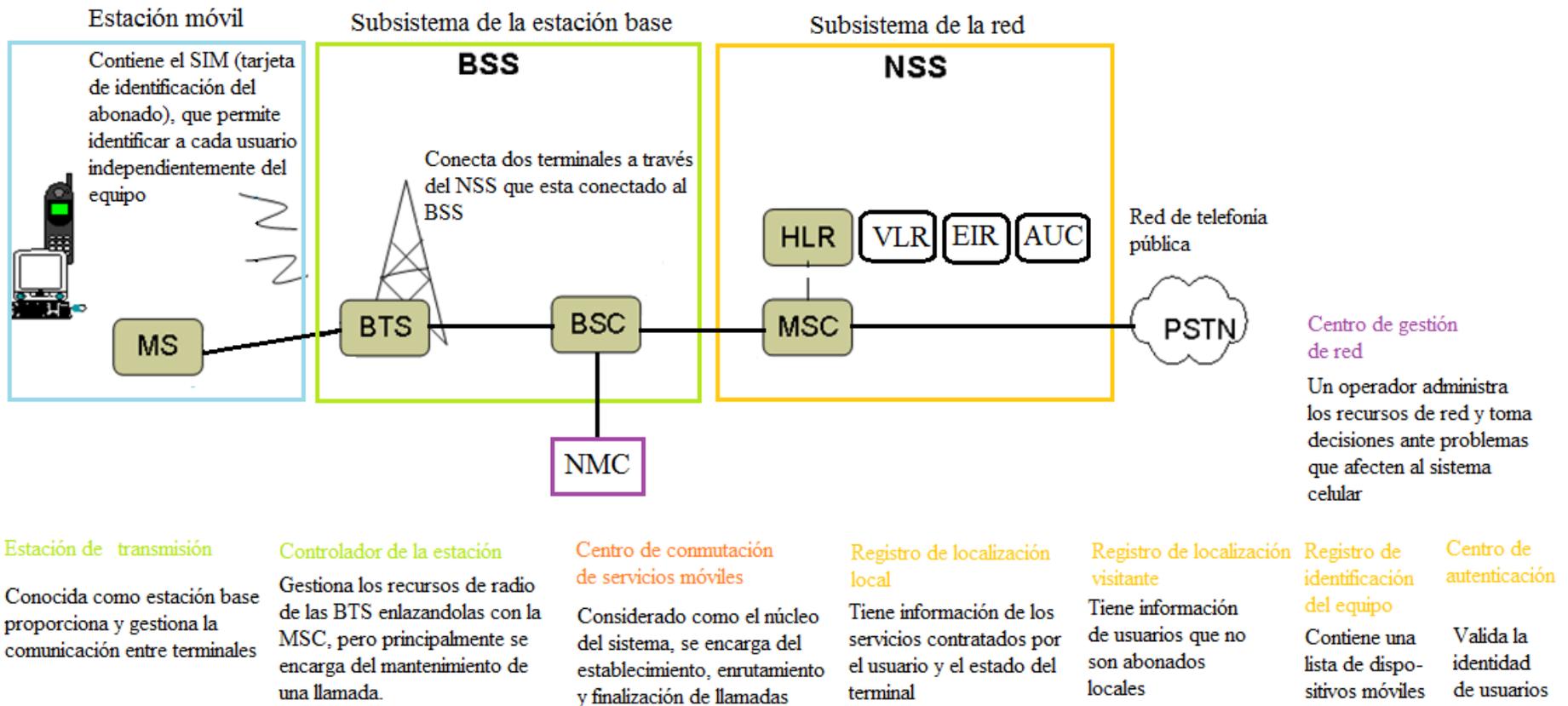


Figura 5- 1 Descripción de los componentes de una red GSM

Fuente: Reinoso y Tocaín, 2009, pp. 39-43

Realizado por: CASTILLO, Marcela, 2016

1.4.3.2 Frecuencias de operación

La distribución de frecuencias con las que trabaja el sistema GSM se muestra en la figura 6-1 para los diferentes continentes, tomando en cuenta que para Ecuador las diferentes operadoras establecidas utilizan la banda de frecuencias de 850 y 1900 MHz.

Banda de frecuencia GSM	Bandas disponibles	Disponibilidad
400 MHz	450.4 - 457.6 MHz / 460.4 - 467.6 MHz 478.8 - 486.0 MHz / 488.8 - 496.0 MHz	Europa
800 MHz	824 - 849 MHz / 869 - 894 MHz	América
900 MHz	880 - 915 MHz / 925 - 960 MHz	Europa, Asia, Pacífico, África
1800 MHz	1710 - 1785 MHz / 1805 - 1880 MHz	Europa, Asia, Pacífico, África
1900 MHz	1850 - 1910 MHz / 1930 - 1990 MHz	América

Figura 6- 1 Bandas de frecuencia de una red GSM

Fuente: Reinoso y Tocaín, 2009, p. 47

1.5 Arquitectura de un dispositivo móvil celular

En un sistema analógico las comunicaciones tenían tendencias al congestionamiento, en consecuencia, la tecnología que ha ganado popularidad, es la digital que convierte la voz en códigos digitales binarios, y luego la comprimen, de esta manera una llamada ocupa menos espacio que una llamada analógica.

Los componentes del dispositivo móvil se muestran en la figura 7-1:

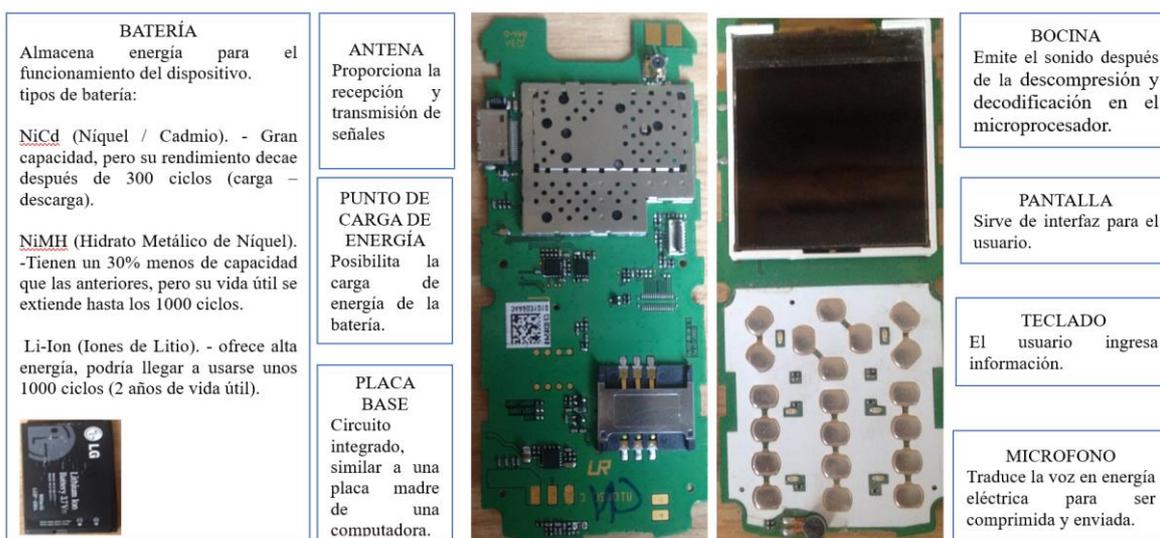


Figura 7- 1 Partes de un dispositivo móvil

Fuente: Inzaurre et al., 2014, p. 22

Realizado por: CASTILLO, Marcela, 2016

1.6 GPS (Sistema de posicionamiento global)

Este sistema está compuesto por 24 satélites a 20200 Km de altura dispuestos en seis orbitas, que giran alrededor de la tierra cada 12 horas, enviando señales de radio que son captadas por un receptor GPS, mediante estas señales recibidas puede calcular su posición.

En la navegación GPS se tienen ciertas limitantes, las señales que son transmitidas por parte de los satélites no atraviesan una vegetación compactada, rocas o rascacielos en consecuencia no se obtendrá una posición, también si la sensibilidad de la antena del receptor no es buena para captar la señal de los satélites, no tendrá una posición confiable. (Letham, 2001, pp. 5-7)

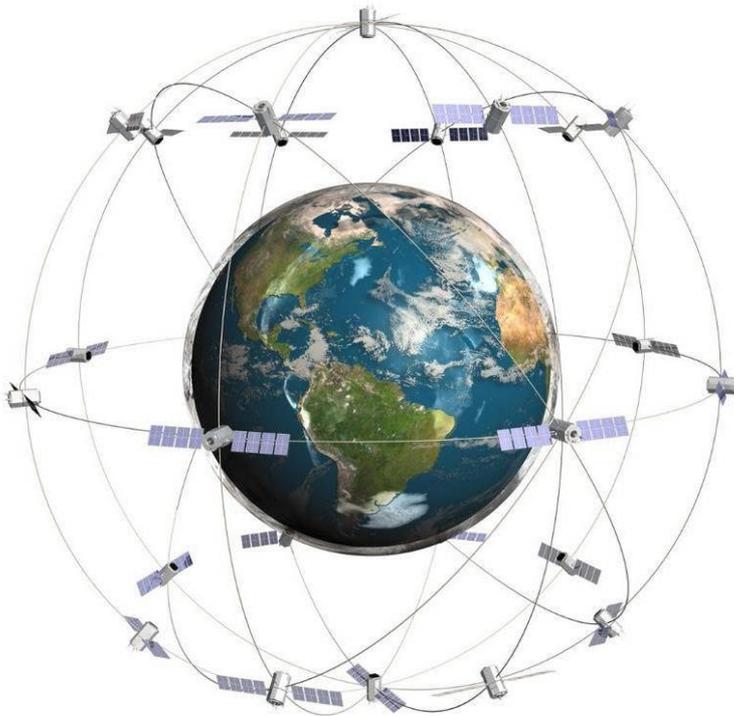


Figura 8- 1 Distribución de satélites del sistema GPS

Fuente: <http://wordlesstech.com/wp-content/uploads/2013/10/How-GPS-Works-3.jpg>

1.6.1 *Determinación de la posición (trilateración)*

Para obtener la ubicación de un receptor se realiza el proceso de la trilateración para ello los satélites envían mensajes que incluyen información acerca del tiempo en que el mensaje fue transmitido, las efemérides que son datos que permiten calcular la órbita del satélite y el almanaque que da la posición aproximada de todos los satélites de tal manera que el receptor puede saber que satélites están a la vista.

El receptor GPS, calcula las distancias de acuerdo al tiempo en que tarda en llegar la señal de cada satélite. Al inicializar un receptor GPS, carga la información orbital de los satélites, el tiempo estimado para que un receptor cargue esa información (almanaque) y pueda conectar con los satélites es de 12.5 minutos este valor es conocido como el tiempo para la primera posición (TTFF). (Letham, 2001, pp. 13-16)

Si se conoce las distancias a tres puntos, se puede obtener la posición casi exacta de un receptor, en la figura 9-1 se muestra el proceso utilizado para la obtención de una posición en dos dimensiones. El receptor mide la distancia desde el satélite 1, significa entonces que un determinado objeto se encuentra en un lugar del círculo que rodea al satélite, posteriormente se realiza una medición de distancia hacia el satélite 2, ahora el receptor se encuentra en un lugar de la intersección de los dos círculos.

Después el receptor mide la distancia a un tercer satélite y de igual forma que en el caso anterior, ahora el objeto se encuentra en la intersección que forman los tres círculos, lo cual delimita una posición a un solo punto, la sincronización del tiempo entre el receptor y los satélites es de suma importancia para determinar una localización al igual que la geometría o ubicación de los satélites, como se muestra mediante un punto rojo en la figura 9-1.

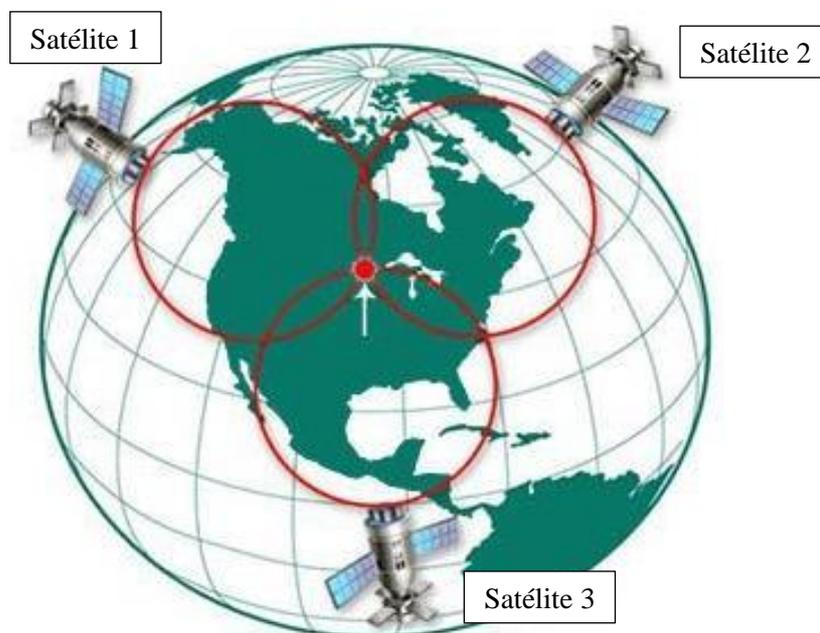


Figura 9- 1 Triangulación de satélites

Fuente: <http://www.lavidacotidiana.es/wp-content/uploads/2015/09/triangulacion-gps.jpg>

Con la señal de cuatro satélites se determina una posición 3D, la señal de uno de ellos se usa para sincronizar el tiempo, entre los relojes de los satélites y el receptor, es así que si se recibe la señal de tres satélites se obtendrá una posición 2D, debido a que el tercer satélite se encarga de la sincronización de los relojes y para el cálculo de la posición se contará con dos satélites por lo que la ubicación no será tan exacta. (Letham, 2001, pp. 12-13)

1.6.2 Segmentos del sistema de posicionamiento global

El equipo GPS cuenta con tres partes como se puede observar en la figura 10-1, establecidas de la siguiente manera:

- El sector de control terrestre
- El segmento espacial
- El sector del usuario

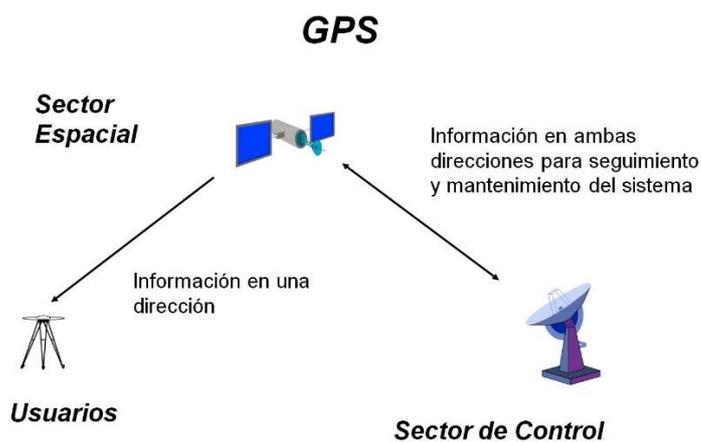


Figura 10- 1 Componentes de un sistema de posicionamiento global

Fuente: <http://www.taecclub.com/blog/wp-content/uploads/2014/10/receptor-GPS.jpg>

1.6.2.1 Segmento de control terrestre

Las estaciones terrestres verifican las orbitas exactas, rastreando los satélites para enviar información orbital actualizada a los diferentes satélites, también se encarga de la sincronización de relojes atómicos de cada satélite.

1.6.2.2 Segmento espacial

En el sector espacial cada satélite envía hacia el receptor una onda de radio, que contiene códigos que son secuencias de números, una de precisión (P) y otra de adquisición común (CA), cada satélite tiene un único código P y CA de tal manera que el receptor puede identificar la señal de los distintos satélites.

Los satélites transmiten en dos frecuencias, L1 y L2 a 1575.42 y a 1227.6 MHz respectivamente el código P es transmitido en las dos frecuencias, mientras que el código CA es transmitido solo en la frecuencia L1, los receptores militares usan el código P para aumentar la precisión, pero también recibe el código CA, los receptores civiles solo tienen acceso al código CA, el cual limita la precisión hasta un máximo de 15 metros.

1.6.2.3 Segmento de usuario

Los receptores GPS comprenden el sector de usuario del sistema, estos receptores no interactúan con los satélites ya que solo escuchan la transmisión, por lo que el número de usuarios que requieren determinar su posición a la vez es ilimitado.

1.6.3 ERRORES DE RECEPCIÓN

1.6.3.1 Interferencias ionosféricas

Debido a que la ionosfera está formada por una capa de partículas cargadas eléctricamente modifican la velocidad de las señales que la atraviesan, los receptores utilizados en el área militar usan dos frecuencias para eliminar el error ionosférico, para los receptores civiles la situación se torna un poco complicada, ya que solo tienen acceso a una frecuencia y dependen de modelos matemáticos, el error es de 5 a 10 metros sobre los 15 que se da en condiciones normales.

1.6.3.2 Geometría de los satélites

También denominada como constelación, hace referencia a la posición de los satélites con respecto a la posición del receptor, el error proporcionado por la geometría de los satélites es conocido como DOP (dilución de precisión).

La constelación que proporciona un mínimo PDOP, es aquella que tiene un satélite directamente sobre la vertical del receptor y los demás satélites están distribuidos uniformemente sobre el horizonte. (Letham, 2001, p.40)

1.6.3.3 Señales reflejadas o de multisenda

En condiciones normales un receptor recibe la señal emitida por un satélite directamente por una senda, pero existen ocasiones en las cuales hay prominencias en el terreno que pueden dar paso al error multisenda, en la figura 11-1 se muestra un ejemplo. En el cual se aprecia que la señal llega al receptor por doble senda, la primera de forma directa del satélite hacia el receptor y también una señal reflejada por una roca. (Letham, 2001, pp. 40-43)

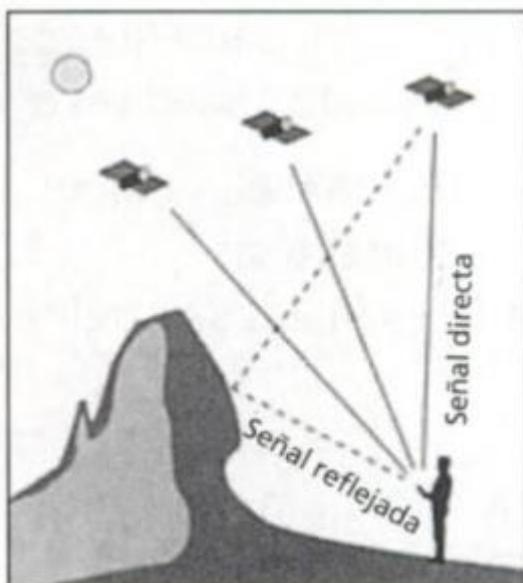


Figura 11- 1 Error multisenda

Fuente: LETHAM, L, 2001, p.43

1.6.4 Protocolo NMEA

La mayoría de receptores GPS utilizan el protocolo NMEA para la transmisión de datos, este formato está compuesto por una cadena de caracteres separados por comas, donde muestra datos como la longitud, latitud, velocidad, número de satélites, hora, fecha entre otras, facilitando así la comprensión de dichos datos por el usuario. (López, 2016, p. 81)

Cada cadena está compuesta por: un carácter de inicialización “\$” el cual en la codificación ASCII representa el número 36, por signos de finalización CR y LF que en la codificación ASCII son los números 13 y 10 respectivamente. La información que proporcionen cada una de estas cadenas

dependen del modo NMEA en el que se encuentra establecido el receptor GPS además los dos primeros caracteres indican el dispositivo de navegación por satélite que puede ser:

- GP. - indica GPS
- GL. - indica Glonass
- GN. - indica GNSS

Los siguientes tres caracteres indican el tipo o modo de mensaje los cuales contienen diferente información, estos mensajes pueden ser en: el modo GGA, GLL, GSA, GSV, RMC, VTG, ZDA, de estos a continuación se detalla cada uno de sus parámetros. (Peterson, 2012, <http://gnss-info.blogspot.com>)

Tabla 2- 1 Parámetros de los diferentes protocolos NMEA

Protocolo NMEA	Parámetros
GGA	Encabezado, hora, latitud, longitud, número de satélites usados, precisión horizontal, altitud, altura sobre el geoide, DGPS.
GLL	Encabezado, latitud, longitud, hora, estado (si el punto es válido o no).
GSA	Encabezado, si trabaja en 2D o 3D, satélites usados, precisión de la posición, dilución horizontal, dilución vertical.
GSV	Encabezado, total de mensajes GSV (información sobre satélites visibles), número de mensajes en el grupo, satélites visibles, identificador del satélite, elevación, azimut, CNO (intensidad de la señal recibida de los satélites).
RMC	Encabezado, hora, estado, latitud, longitud, velocidad en nudos, curso sobre la tierra, fecha, cambio del norte magnético.
VTG	Encabezado, dirección del norte, velocidad en nudos, velocidad en KI/h.
ZDA	Encabezado, fecha, hora.

Realizado por: CASTILLO, Marcela, 2016

Fuente: PETERSON, Josh, 2012, p.1

1.7 Sistema Braille

Este sistema fue estructurado y aplicado por Louis Braille quien perdió la vista a los tres años por lo que desarrolló su sentido del tacto, aspecto fundamental para que creara el código de lecto-escritura Braille, que se basó en la combinación de seis puntos impresos en relieve sobre una caja rectangular este es considerado el símbolo fuente de los caracteres. (Martínez y Polo, 2004, p. 13)

La distribución de las letras en el sistema, es el resultado de las diferentes posibles combinaciones de los puntos del símbolo fuente o principal, dando la posibilidad de obtener 64 combinaciones, las cuales se usan como caracteres del alfabeto y están dadas en series lógicas de dificultad ascendente.

La primera serie es la matriz, en esta se encuentran las diez letras iniciales del abecedario (es decir de la a-j) al igual que los números del 1 al 0. La segunda serie lógica resulta fácil ya que se añade a los caracteres de la primera serie el punto 3 obteniendo las letras de la “k” hasta la “s”. Mientras que la distribución de la serie tres, es el resultado de la adición de los puntos 3 y 6 dando como resultado los caracteres u, v, x, y, z.

Para la cuarta serie se toma en cuenta como base la primera serie, pero ahora se añade el punto 6 en cada uno de los caracteres, obteniendo la ñ, â, ê, ô, @, w. En la quinta serie lógica las distribuciones de los caracteres de la serie matriz cambian, ahora se desplazan a la parte inferior del símbolo generador en una línea, es decir ahora empiezan los caracteres desde la segunda línea y se empieza la misma digitación de la primera serie formando así signos de puntuación (¿¡“”).

La sexta serie resulta de la digitalización del punto 3 más la adición de las posibles combinaciones entre los puntos (4, 5, 6) dando como resultado caracteres como la “ó” acentuada, el punto “.” y el guion “-”. Para la séptima serie la generación de los caracteres es el resultado de combinar de diferente forma los puntos 4, 5 y 6 del símbolo principal. (Martínez y Polo, 2004, pp. 13-16)

⠁	⠃	⠉	⠇	⠑	⠕	⠖	⠗	⠘	⠙
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
⠚	⠛	⠜	⠝	⠞	⠟	⠠	⠡	⠢	⠣
k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
⠤	⠥	⠦	⠧	⠨	⠩	⠪	⠫	⠬	⠭
u	v	x	y	z	ç	é	á	è	ú
⠮	⠯	⠰	⠱	⠲	⠳	⠴	⠵	⠶	⠷
â	ê		ô	@	à		ü	õ	w
⠸	⠹	⠺	⠻	⠼	⠽	⠿	⠺	⠻	⠼
,	;	:	/	?	!	=	“	”	’
⠼	⠽	⠿	⠺	⠻	⠼	⠽	⠿	⠺	⠻
í	ã	ó	Sinal de número	.	-	Sinal de letra maiúscula	.	.	.

Figura 12- 1 Representación del abecedario en el sistema Braille

Fuente: https://lectorbraille.files.wordpress.com/2011/09/alfabeto_braille1.gif

1.8 Codificación ASCII (Código estándar americano para intercambio de información)

Los sistemas electrónicos digitales trabajan con datos en su forma digital, estos datos se basan en señales de corriente o voltaje que asumen dos estados un “1” o un “0” lógico, que son denominados dígitos binarios es decir bits, esto implica que los dispositivos digitales realizan operaciones aritméticas de tipo binario, pero los humanos trabajamos con números decimales.

Por lo tanto, es necesario realizar la conversión de números en formato decimal a un formato digital (Ascii, binario, decimal codificado binario BCD) con el cual puede trabajar un instrumento, este proceso se denomina codificación (cambiar información de un código a otro).

El código digital ASCII codifica símbolos, letras, números decimales, funciones de teclado y otros, este código se basa en el uso de 7 bits de información binaria para así realizar la codificación de los diferentes caracteres. (Wolf y Smith., 2004, pp. 20-21)

Caracteres ASCII de control				Caracteres ASCII imprimibles				ASCII extendido (Página de código 437)								
00	NULL	(carácter nulo)	32	espacio	64	@	96	`	128	Ç	160	á	192	Ł	224	Ó
01	SOH	(inicio encabezado)	33	!	65	A	97	a	129	ú	161	í	193	ł	225	ó
02	STX	(inicio texto)	34	"	66	B	98	b	130	é	162	ó	194	Ł	226	Ô
03	ETX	(fin de texto)	35	#	67	C	99	c	131	â	163	ú	195	ł	227	Û
04	EOT	(fin transmisión)	36	\$	68	D	100	d	132	ä	164	ü	196	—	228	ü
05	ENQ	(consulta)	37	%	69	E	101	e	133	å	165	Ï	197	†	229	Û
06	ACK	(reconocimiento)	38	&	70	F	102	f	134	ä	166	ª	198	ä	230	ü
07	BEL	(timbre)	39	'	71	G	103	g	135	ç	167	º	199	Å	231	þ
08	BS	(retroceso)	40	(	72	H	104	h	136	ë	168	¿	200	Ł	232	þ
09	HT	(tab horizontal)	41	)	73	I	105	i	137	ë	169	®	201	Œ	233	Û
10	LF	(nueva línea)	42	*	74	J	106	j	138	è	170	¬	202	Œ	234	Û
11	VT	(tab vertical)	43	+	75	K	107	k	139	ï	171	½	203	Œ	235	Û
12	FF	(nueva página)	44	,	76	L	108	l	140	ï	172	¼	204	Œ	236	ÿ
13	CR	(retorno de carro)	45	-	77	M	109	m	141	ï	173	ı	205	=	237	ÿ
14	SO	(desplaza afuera)	46	.	78	N	110	n	142	À	174	«	206	»	238	·
15	SI	(desplaza adentro)	47	/	79	O	111	o	143	Á	175	»	207	»	239	·
16	DLE	(esc. vínculo datos)	48	0	80	P	112	p	144	Ê	176	»	208	»	240	»
17	DC1	(control disp. 1)	49	1	81	Q	113	q	145	»	177	»	209	»	241	»
18	DC2	(control disp. 2)	50	2	82	R	114	r	146	»	178	»	210	»	242	»
19	DC3	(control disp. 3)	51	3	83	S	115	s	147	ó	179	ı	211	»	243	»
20	DC4	(control disp. 4)	52	4	84	T	116	t	148	o	180	ı	212	»	244	»
21	NAK	(conf. negativa)	53	5	85	U	117	u	149	ó	181	À	213	ı	245	»
22	SYN	(inactividad sinc)	54	6	86	V	118	v	150	ü	182	Á	214	ı	246	»
23	ETB	(fin bloque trans)	55	7	87	W	119	w	151	ü	183	Â	215	ı	247	»
24	CAN	(cancelar)	56	8	88	X	120	x	152	ÿ	184	»	216	ı	248	»
25	EM	(fin del medio)	57	9	89	Y	121	y	153	Û	185	»	217	ı	249	»
26	SUB	(sustitución)	58	:	90	Z	122	z	154	Û	186	»	218	ı	250	»
27	ESC	(escape)	59	;	91	[	123	{	155	ø	187	»	219	ı	251	»
28	FS	(sep. archivos)	60	<	92	\	124	|	156	€	188	»	220	ı	252	»
29	GS	(sep. grupos)	61	=	93	]	125	}	157	ø	189	»	221	ı	253	»
30	RS	(sep. registros)	62	>	94	^	126	~	158	»	190	»	222	ı	254	»
31	US	(sep. unidades)	63	?	95	_			159	f	191	ı	223	ı	255	nbsp
127	DEL	(suprimir)														

Figura 13- 1 Representación de la codificación ASCII

Fuente: <http://panamahitek.com/wp-content/uploads/2013/01/Tabla-ASCII.png>

1.9 Conversión texto-audio

La síntesis de la voz hace referencia, al proceso en el cual un dispositivo genera la voz humana a partir de un texto digital, el cual puede tener una variedad de formatos como: libros; revistas; texto escaneado; mensajes; texto plano, entre otros. Usando procesos matemáticos, algoritmos, al igual que tomando en cuenta la fonética.

Para la conversión texto audio (text to speech) intervienen algunos módulos que transforman el texto y además añaden información necesaria para generar un sonido sintetizado, estos módulos son el procesamiento del texto, generación de la prosodia, para finalmente generar la voz. (Agüero, 2012, pp. 10-11)

- Procesamiento del texto. - El primer paso a ejecutar es la normalización del texto para así poder convertir todo el contenido en un texto puro en cuanto a fechas, números, abreviaturas, etc, es importante que el texto este constituido por grafemas, poste-riormente se realiza la conversión de grafemas a fonemas y la silabificación para así tener una secuencia de fonemas que permita producir un texto y también obtener información sobre las sílabas.
- Prosodia. – La correcta generación de la prosodia es importante ya que determina la naturalidad y expresividad. Debido a que predice frases entonativas, la duración y la energía de los fonemas, esto implica que puede modificar el contexto del mensaje ya que no es lo mismo una afirmación a una pregunta todo dependerá de la entonación en la oración.
- Generación de la voz. - Tomando en cuenta la información dada por los bloques anteriores se genera la voz.

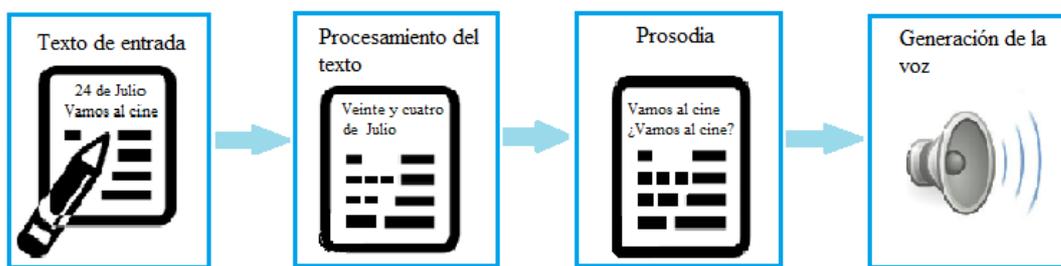


Figura 14- 1 Etapas para la conversión texto audio

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

1.9.1 Usos de la conversión texto-audio

Desde el punto de vista social una de las facilidades que otorga un sintetizador de audio, es la ayuda a personas con discapacidad visual en el proceso de la realización de una lectura o en la comunicación. Antes para proporcionar una información literaria a personas invidentes se realizaba la grabación de libros por humanos usando cintas de audio, este proceso resultaba caro además de emplear un tiempo considerable.

Otra utilidad que proporciona este dispositivo es la ayuda para personas que no pueden hablar o se les dificulta hacerlo, como es el caso del físico Stephen Hawking que mediante un sistema de conversión texto-audio se puede comunicar con su entorno.

Además de facilitar la comunicación a personas discapacitadas, este dispositivo también se emplea para dar información como en el caso de sistemas de navegación de automóviles que indican el número de calles, rutas a seguir y más indicaciones. (Aguero, 2012, p. 10)

1.10 Arquitectura ARM en los microcontroladores

1.10.1 Generalidades

En la actualidad se dispone de equipos que han incrementado su capacidad de procesamiento y en cuanto a su tamaño han disminuido de manera considerable. Una de las arquitecturas más utilizadas en la construcción de dispositivos móviles y sistemas embebidos es ARM, que se basa en una arquitectura RISC y provee bajo consumo de energía combinando con un alto desempeño. (Castillo y Menchaca, 2012, p. 2)

1.10.2 Características

Dentro de sus características principales de la arquitectura RISC se tomó para ARM el formato fijo de la instrucción y se incorporaron conceptos como:

1.10.2.1 Herramientas de depuración

Cada microcontrolador dispone de una interfaz JTAG o SWD para depurar programas o códigos de usuario casi en tiempo real.

1.10.2.2 Bajo consumo

La tensión de alimentación es de 1,8 V para el núcleo ya que la potencia disipada está en función directa a la frecuencia, se llega a un consumo típico de 0,28 mW/MHz.

1.10.2.3 Interrupciones

Se tiene dos interrupciones vectorizadas (IRQ/FIQ) las cuales tendrán habilitaciones separadas y FIQ será de mayor prioridad que IRQ. Son tomadas como casos de excepciones.

1.10.2.4 Eficiencia en la generación de código en C

Esta arquitectura fue concebida para trabajar en lenguaje C, con una densidad de código muy superior a los microcontroladores de 8 bits. (Romero y Martínez., 2010, p. 3)

1.11.1 ARM CORTEX M0

El procesador Cortex M0 es muy utilizado ya que es más eficiente que los procesadores de 8 bits, debido a que ofrece un rendimiento de 32 bits, además de poseer un número reducido de puertos, y de sus requerimientos mínimos de energía. (CALIFORNIA, ARM, 2007, <https://www.arm.com/products>)

Este dispositivo está compuesto por un minúsculo núcleo de procesamiento, sistemas y memorias como se puede ver en la Figura 16-1, el chip entrega una demanda de 0,9 DMIPS / MHz (tasa de ejecución de instrucciones) mientras consume 0,085 mW, también conserva la compatibilidad de herramientas con el Cortex-M3. (CALIFORNIA, ARM, 2016, <http://linuxdevices.linuxgizmos.com>)

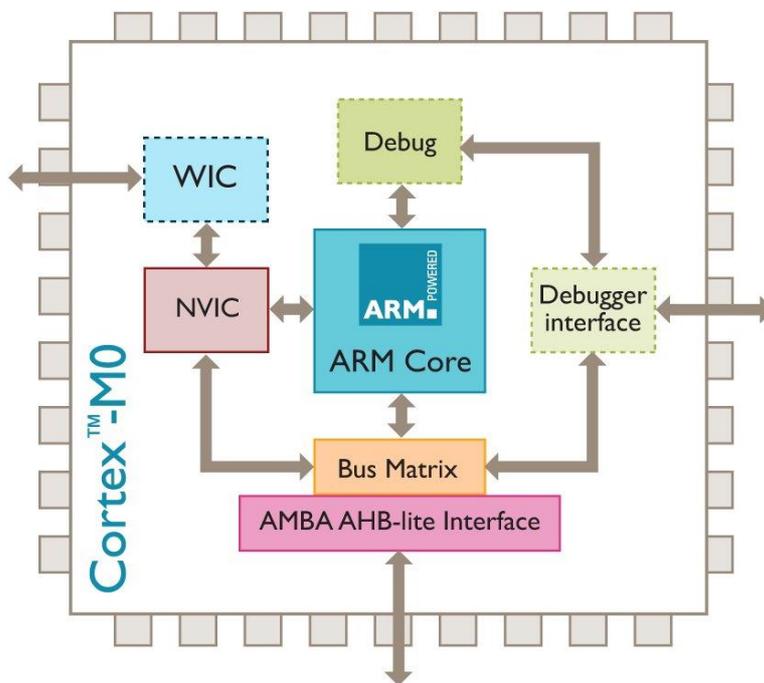


Figura 16- 1 Diagrama de bloques del Cortex M0

Fuente: http://linuxdevices.linuxgizmos.com/ldfiles/misc/arm_cortexm0_block.jpg

1.11.1.1 Aplicaciones del Cortex M0

Las aplicaciones más comunes que el Cortex M0 aplica son:

- Dispositivos médicos
- Iluminación
- control inteligente
- Accesorios para juegos
- Control de motores, etc.

1.11.1.2 Características de desarrollo y beneficios del Cortex M0:

- Consumo de energía extremadamente bajo.
- Conjunto de instrucciones Thumb para máxima densidad de código
- Manejo rápido de interrupciones para aplicaciones críticas de control
- Controlador de interrupción
- Depuración del sistema mejorada
- Codificación en C
- No requiere código ensamblador.

1.11.2 Características del microcontrolador STM32F030C8T6:

Es un microcontrolador de empaquetado LQFP48, es decir de 48 pines de los cuales 39 son disponibles para funciones de control y toleran señales de hasta 5 V, los otros 9 son para energizar al microcontrolador. En cuanto a la memoria este tiene 64 Kb de FLASH, 8 de RAM y 0 de EEPROM, la cual es posible emular un porcentaje de la FLASH para almacenar información.

La frecuencia máxima a la que puede trabajar es de 48 MHz, se alimentan con 3.3 V y cada GPIO puede entregar hasta 40 mA de corriente, cuenta con DMA (Memoria de acceso directo), un RTC (reloj de tiempo real), TIMERS con contadores de 16 bits para diferentes aplicaciones y periféricos de comunicación USART, I2C y SPI. (CALIFORNIA, ARM, 2017, <http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet>)

1.12 Tarjetas de desarrollo

1.12.1 Módulo SIM908

Este es un módulo que posee un regulador de voltaje de alto rendimiento, esto indica que no disipa mucha energía para regular el voltaje, trabaja en cuatro bandas que permite el funcionamiento del dispositivo en casi todo el mundo, se puede utilizarlo para realizar, recibir llamadas, enviar y recibir mensajes de texto, al igual que para llamadas de datos, una vez que establezca conexión con la red, usando las tecnologías GSM/GPRS.

El módulo cuenta con una interfaz de comunicación serial TTL lo cual hace que su control sea muy versátil y ampliamente compatible con casi cualquier microcontrolador o procesador, finalmente podemos mencionar que tiene sus respectivos indicadores Led para mostrar el estado de red, energía y comunicación.

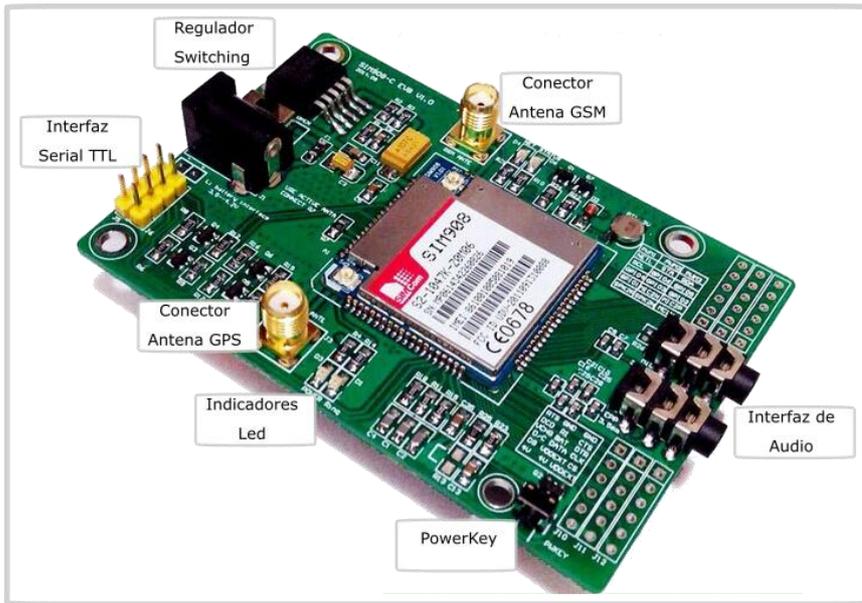


Figura 17- 1 Módulo de evaluación SIM908

Fuente: <https://sc01.alicdn.com/kf/HTB1wkApHpXXXXadaXXXq6xXFXXX7/SIM908-Module-GSM-GPRS-GPS-Module.jpg>

Realizado por: CASTILLO, Marcela, 2016

Además, cuenta con la tecnología de GPS que permite la navegación mediante satélites, cuyo principal objetivo es realizar un seguimiento en todo el mundo y en cualquier momento, si se dispone con la cobertura oportuna de satélites, determina una localización. (ESTONIA, SIMCom, <http://simcom.ee/modules>)

Tabla 3- 1 Características generales del trabajo y modo de operación del módulo SIM908

Características generales del módulo		Características GPS	
Bandas de operación	850/900/1900/1800 MHz	Receptor	42 canales GPS L1 Código C/A
Dimensiones	30x30x3.2 mm	Tiempo de detección para la primera localización	Inicio en frío 30 s Inicio en caliente 1 s
Peso	5,2 g	Exactitud	Horizontal <2.5 m
Voltaje de alimentación	GPRS 3.2-4.8 GPS 3.0-4.5	Consumo de energía	77 mA aproximadamente
Temperatura de funcionamiento	-40 a 80 °C	Antena	Bajo consumo de energía

Realizado por: CASTILLO, Marcela, 2016

Fuente: SIMCOM, SIM908, <http://simcom.ee/modules>

Tabla 4- 1 Especificación de las características eléctricas del módulo SIM908

Características Eléctricas	
Fuente de alimentación	3.2 – 4.8 V
Consumo de corriente(pulso)	2000 mA máximo
Consumo de corriente(continua)	500 mA máximo
Baudios	9600 bps

Realizado por: CASTILLO, Marcela, 2016

Fuente: SIMCOM, SIM908, <http://simcom.ee/modules>

1.12.1.1 COMANDOS AT

Los comandos AT son instrucciones que realizan acciones en un modem. Estos comandos empiezan con los caracteres “AT” y terminan con un retorno de carro (CR) y salto de línea (LF), proporcionan un lenguaje de comunicación entre el hombre y un terminal, fue desarrollado en primera instancia por Dennis Hayes y más adelante compañías como Microcomm y US Robotics expandieron este conjunto de comandos.

Los comandos fueron desarrollados en un principio para proporcionar comunicación con un módem, pero la telefonía GSM ha adoptado este lenguaje para comunicarse con sus terminales y de esta manera permiten acciones como: realizar o desviar una llamada sea de voz o datos, enviar mensajes de texto, detectar una red de forma automática entre otros, es decir que cada teléfono móvil maneja un set de comandos AT. (Bluehack, 2005, <http://bluehack.elhacker.net>)

1.12.1.2 Notación de comandos AT

Los módems GSM se controlan a través del uso de comandos AT, los cuales están especificados en el datasheet del dispositivo de manera detallada en cuanto a su sintaxis y posibles respuestas, mediante los cuales se puede realizar varias acciones como:

- Detectar la red
- Realizar llamadas
- Enviar mensajes
- Obtener información de GPS
- Rechazar llamadas

Para enviar una petición u orden al modem GSM, los comandos AT deben tener la siguiente forma primero deben estar precedidos por el prefijo AT y seguido de la acción a realizar, para finalizar la línea de comandos se debe escribir un retorno de carro “CR”. Si el comando es correcto la respuesta incluye un retorno de carro y salto de línea seguido de la respuesta del comando AT y a continuación un “CR” y “LF”, como se muestra en la figura 18-1.

ESTRUCTURA	RESPUESTA
AT+CREG <CR>	<CR><LF> +CREG:1,5 <CR><LF> OK

Figura 18- 1 Estructura del comando AT para registrarse en la red

Fuente: CHINA SIMCom, 2011, <http://image.dfrobot.com>

Realizado por: CASTILLO, Marcela, 2016

1.12.1.3 Modos de operación de los comandos AT

En el manejo de comandos AT se tiene cuatro modos de operación los cuales son: comandos de prueba, comandos de lectura, comandos de escritura y comandos de ejecución que se describen a detalle en la siguiente tabla. (CHINA SIMCom, 2011, <http://image.dfrobot.com/>)

Tabla 5- 1 Especificación de las características eléctricas del módulo SIM908

Comandos de prueba	AT+<X>=?	Devuelve parámetros configurados en el comando de escritura
Comandos de lectura	AT+<X>?	Devuelve el valor actual
Comandos de escritura	AT+<X>=<...>	Define los valores de los parámetros definidos por el usuario
Comandos de ejecución	AT+<X>	Lee parámetros no variables afectados por un proceso

Realizado por: Castillo, Marcela, 2016

Fuente: CHINA SIMCom, 2011, <http://image.dfrobot.com>

1.12.2 Módulo Emic2

Este dispositivo, es un sintetizador text-to-speech, que convierte un texto digital en una voz de sonido natural, es un módulo amigable para el usuario ya que tiene detallados sus pines para la conexión del

mismo, su uso resulta relativamente fácil ya que cuenta con comandos simples para su configuración que se especifican en la Tabla 6-1.

Tabla 6- 1 Características generales de trabajo del módulo Emic2

Fuente de alimentación	5 VDC En reposo 30 mA En actividad 46-220 mA
Comunicación	Serial asincrónico a 9600 bps
Temperatura	-20 a 70 °C
Dimensiones	3.17 x 3.81 x 0.94 cm

Fuente: PARALLAX,2015, <https://www.parallax.com>

En cuanto a la conexión del Emic2, para interactuar con otros dispositivos se utiliza cuatro pines el GND, el Tx, el Rx y la fuente de alimentación, también se dispone de dos pines que permiten la conexión directa de un altavoz. (PARALLAX, 2015, pp. 1-5)

1.12.2.1 Características:

- Posee una alta calidad de síntesis de voz para inglés y español.
- Tiene 9 estilos para la voz que incluyen la masculina, femenina y de niño.
- Control de las características de la voz como: el tono, la velocidad y el énfasis de las palabras.
- Tiene incorporado un amplificador de potencia de audio y un conector de audio de 3,5 mm.
- Posee 6 pines de 0.1 " para una fácil conexión a un sistema host.

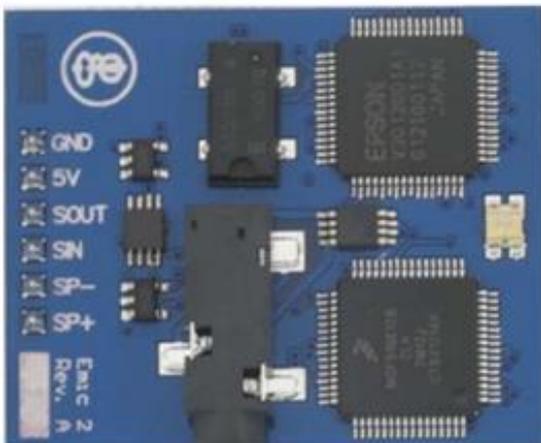


Figura 19- 1 Módulo Emic2

Fuente: PARALLAX,2015, <https://www.parallax.com>

1.12.2.2 Especificaciones principales

Para la utilización correcta del módulo sintetizador de audio se deben conocer ciertas características en cuanto a su funcionamiento, que se encuentran detalladas en la tabla 7-1. Cuando el dispositivo está correctamente conectado, se tiene un indicador visual acerca del funcionamiento mediante un diodo emisor de luz (LED).

Tabla 7- 1 Indicación del color que puede tomar un LED en el funcionamiento del Emic2

Color	Estado	Función
Verde	Reposo	En espera de un comando
Rojo	Activo	Conversión de texto a voz
Naranja	Inicialización	El dispositivo tarda 3s para iniciar ocurre en el proceso de encendido del dispositivo.
Naranja parpadeando	Error	El emic2 no ha funcionado correctamente frente a un comando.

Realizado por: CASTILLO, Marcela, 2016

Fuente: PARALLAX,2015, <https://www.parallax.com>

1.12.2.3 Comandos

Los comandos utilizados por el Emic2 son caracteres basados en la codificación ASCII que deben ser finalizados mediante un CR (retorno de carro) y un LF (salto de línea) y no hace diferencia entre mayúsculas o minúsculas.

Tabla 8- 1 Especificación de comandos disponibles para interactuar con el módulo Emic2

Comandos	Función
Sx	Realiza la conversión de texto a voz donde x representa el mensaje máximo 1023 caracteres.
Dx	Reproduce un mensaje como demostración donde si x=0 habla, si x=1 canta, si x=2 habla en español.
X	Detiene una reproducción.
Z	Pausa/no pausa la reproducción.
Nx	Selecciona la voz donde, x puede tomar valores entre 0 y 8.
Vx	Establece el volumen del audio (db), x puede tener valores entre -48 y 18
Wx	Establece las palabras por minuto a leer, x puede tomar valores desde 75 a 600.
Lx	Selecciona el idioma, si x= 0 selecciona el inglés de estados unidos, si x= 1 selecciona el castellano, si x= 2 selecciona el español latín.
Px	Selecciona el analizador donde si x =0 está el analizador DECTalk, si x= 1 Epson

R	Vuelve a la configuración predeterminada
C	Indica las configuraciones actuales.
I	Imprime información sobre la versión.
H	Imprime los comandos disponibles.

Realizado por: CASTILLO, Marcela, 2016

Fuente: PARALLAX,2015, <https://www.parallax.com>

1.13 Equipos

2.13.1 GARMIN GPSMAP 64S

El GPS 64s tiene una antena robusta, bastante sensible que junto con el sistema GLONASS hace que se pueda conectar de forma rápida en lugares poco accesibles donde otros GPS no pueden, como zonas boscosas con espesas y altas arboledas o junto a grandes edificaciones, por lo que es ideal para actividades al aire libre además ofrece una autonomía energética con una duración de 16 horas. (ESTADOS UNIDOS, Garmin, <http://static.garmincdn>)

Tabla 9- 1 Especificación de las características del dispositivo GPSMAP 64S

Características del dispositivo	
Receptor	GPS y Glonass
Antena	Interna de alta sensibilidad
Tiempo de detección de señales de satélites	De 30-60 segundos
Exactitud	3.65 metros

Realizado por: CASTILLO, Marcela, 2016

Fuente: ESTADOS UNIDOS, Garmin, <http://static.garmincdn>

1.14 Software

1.14.1 Keil uVision5

Este programa es una solución completa en el desarrollo de software para microcontroladores basados en la arquitectura ARM Cortex-M, en el que se incluye todos los componentes que necesita para crear, desarrollar y depurar aplicaciones embebidas. (ARMKEIL Microcontroller, 2016, <http://www2.keil.com/mdk5>)

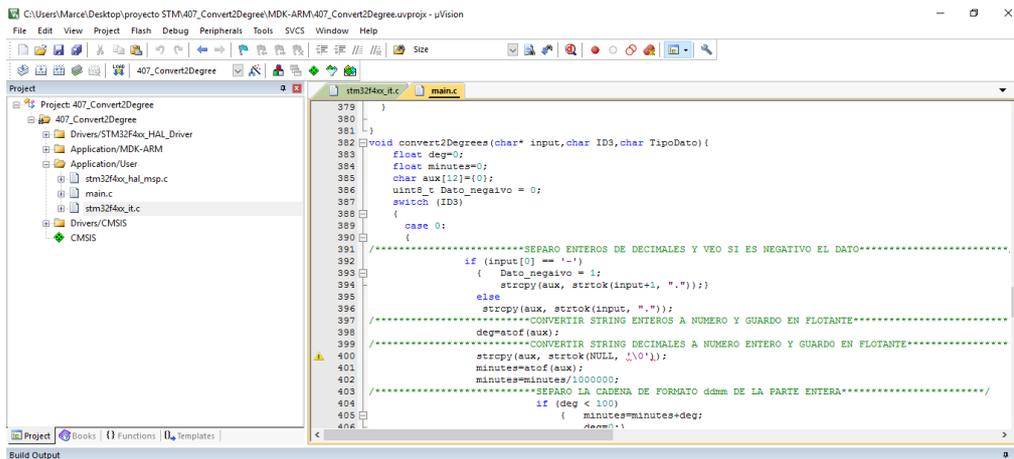


Figura 20- 1 Entorno del programa Keil

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

1.14.2 STM32CUBEMX

El STM32CubeMX es una herramienta gráfica para la configuración de software, que facilita el uso del STM, ya que permite generar códigos de inicialización C mediante asistentes gráficos, reduciendo así esfuerzos de desarrollo y de tiempo.

Esta herramienta permite configurar los microcontroladores STM32, generando el correspondiente código C de inicialización (como ajustes de reloj, asignaciones de entrada/salida...) mediante un proceso, al empezar la configuración en esta herramienta primero se selecciona el microcontrolador (STMicroelectronics STM32) que coincida con el set de periféricos que se requieren.

Posteriormente el usuario genera el código C de inicialización, en base a la configuración seleccionada en un principio por lo tanto este código está listo para ser utilizado en varios entornos de desarrollo. (FRANCIA STM32, 2016, <http://www.st.com/en/development>)

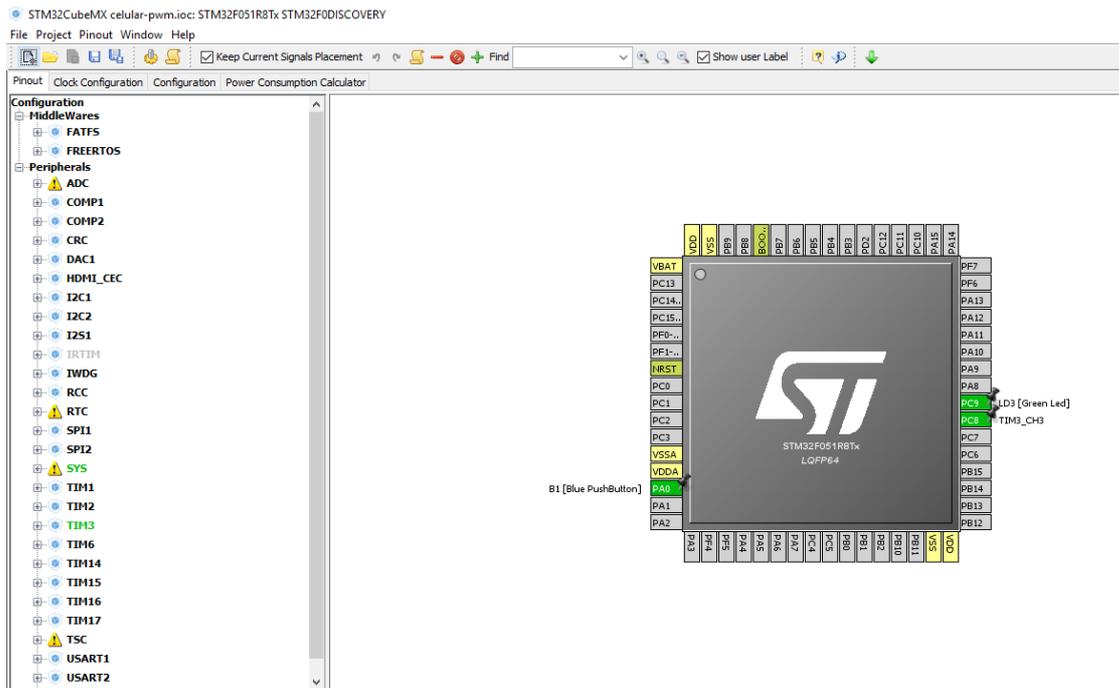


Figura 21- 1 Entorno de la herramienta STM32CUBE MX

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

1.15 Comunicación serial

En la comunicación serial el núcleo es el UART (comunicación universal serial asincrónica), este es un chip cuyo principal objetivo es convertir datos recibidos en formato paralelo desde el bus de una PC, en un formato serie que posteriormente será transmitido hacia el exterior, este periférico se encuentra en la mayoría de los microcontroladores y nos permiten la comunicación con una PC, con otros microcontroladores y dispositivos electrónicos.

El periférico UART es programable por lo que se pueden establecer parámetros que se usan para la transmisión de datos como: la velocidad, la longitud, la paridad y bit de parada. El periférico, dependiendo de si se permite o no el modo sincrónico de comunicación puede estar en forma UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) o USART (Universal Síncronos Asynchronous Receiver Transmitter). (Benalcázar et al., 2012, p. 2)

1.15.1 Comunicación UART por sondeo

En un microcontrolador de arquitectura ARM, la comunicación serial por sondeo se la realiza dentro del programa principal, normalmente usado para comunicación serial sincrónica ya que se sabe cuándo y cuánto va a responder el receptor. Si usamos este método para comunicación serial

asincrónica se debería parar al microcontrolador en una sentencia `do while` hasta que el receptor termine de responder lo solicitado, perdiendo así tiempo de procesamiento para las demás tareas.

1.15.2 Comunicación UART por interrupciones

Para este tipo de comunicación se debe configurar una interrupción, la cual avisa al CPU del microcontrolador que debe atenderla, para lo cual el programa principal detiene el ciclo `do while` infinito para atender las instrucciones definidas al suceder la interrupción. Hay diferentes tipos de interrupción como: recepción completa, transmisión completa, error de transmisión, etc. (Salazar, 2016, pp. 36-37)

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Diseño del prototipo

2.1.1 *Arquitectura modular*

El prototipo móvil es el resultado de la interrelación entre el software y el hardware, pero para mayor facilidad en el proceso de desarrollo e implementación, el sistema está dividido en algunos módulos que están destinados a realizar una acción en específico de forma individual pero que en conjunto ayudan al funcionamiento adecuado del prototipo, los módulos están dispuestos tal como se indica en la figura 1-2.

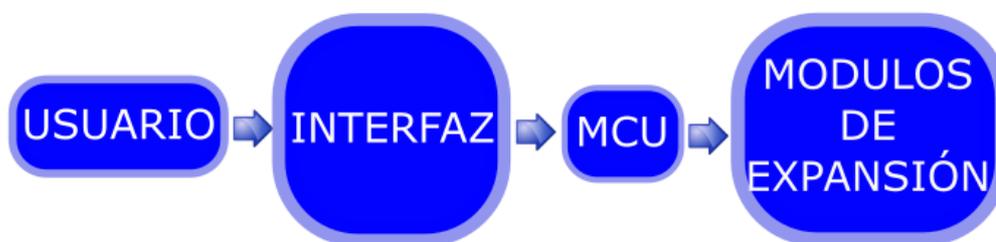


Figura 1- 2 Módulos del prototipo de dispositivo móvil para invidentes

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

2.1.2 *Módulo de interfaz*

Esta etapa comprende la interfaz del usuario, considerando que el prototipo está diseñado para la interacción con personas no videntes, la interfaz gráfica o el uso de una pantalla no es considerada, por lo que se emplea un teclado basado en la codificación braille, de tal manera que permita su fácil uso.

En la parte física para la concepción del teclado usado para el ingreso de información, se tomó en cuenta que el código de lecto-escritura Braille utiliza un símbolo generador, el cual consta de seis puntos en alto relieve, tres puntos en el lado derecho y tres al lado izquierdo para generar el abecedario, números, signos y otros.

Si se utiliza una tecla por cada carácter braille, el tamaño del prototipo sería relativamente grande ya que resultaría aproximadamente necesario el uso de 57 teclas para la representación de cada letra del abecedario, números, etc. Por tal motivo las teclas utilizadas en el prototipo son tres ubicadas en la

parte lateral izquierda y tres ubicadas en la parte lateral derecha como se muestra en la figura 2-2, que a su vez forman parte del teclado numérico, reduciendo así el tamaño del prototipo.

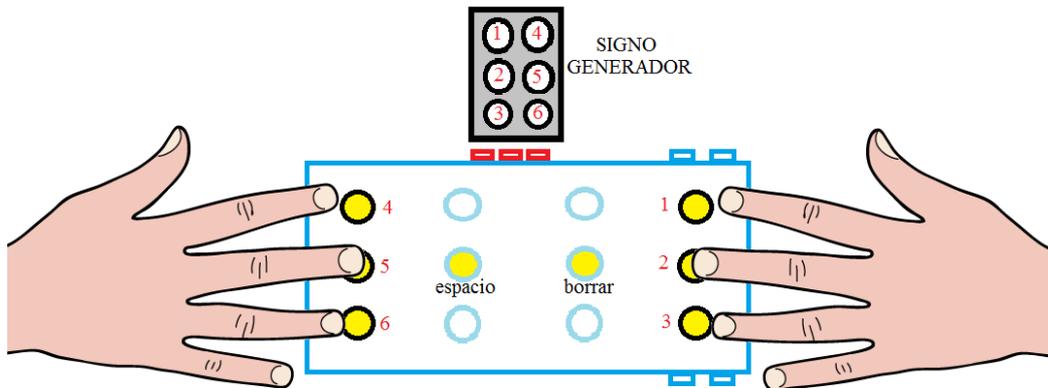


Figura 2- 2 Representación de la interfaz de usuario del prototipo

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

También se toma en cuenta que, para la interacción con el prototipo por parte del usuario, se complementa con la salida de audio, generada mediante un módulo sintetizador de voz, que contiene un conector de 3.5 mm de audio para audífonos y dos pines en los cuales se puede conectar un pequeño altavoz con la misma señal de audio, pero amplificada.

El módulo SIM908 también tiene sus respectivas salidas de audio, una para el altavoz que compartirá espacio con la generada por el sintetizador de voz mezclando ambos sonidos de forma acústica, así mismo tiene sus respectivos conectores de 3.5 mm para audífonos y micrófono con los que se completa la interfaz básica de usuario para usar el prototipo.

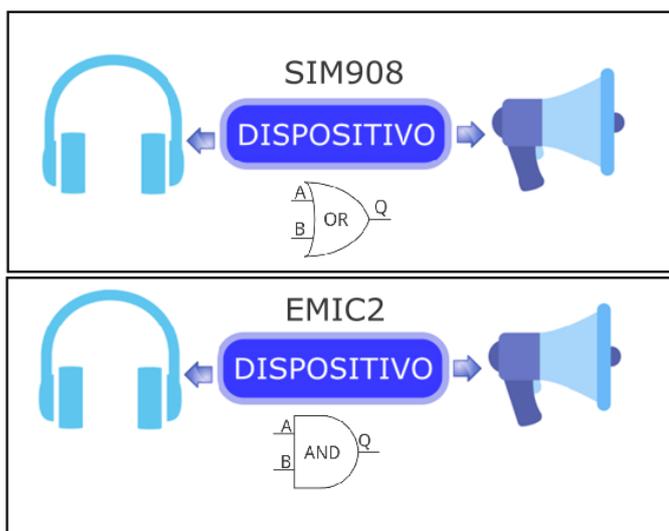


Figura 3- 2 Representación de la interfaz de audio del prototipo

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

2.1.3 Módulo de control

El microcontrolador es la parte central del prototipo ya que es el que se conectará electrónicamente con todos los periféricos necesarios para el funcionamiento del sistema completo, considerando la forma de controlar la tarjeta de expansión SIM908 y el sintetizador de voz Emic2 se requiere que exista comunicación serial asincrónica con la parte central.

Así mismo el microcontrolador necesita conectarse físicamente con parte de la interfaz, exclusivamente con el teclado y la interfaz de audio es controlada por medio de las tarjetas de expansión.

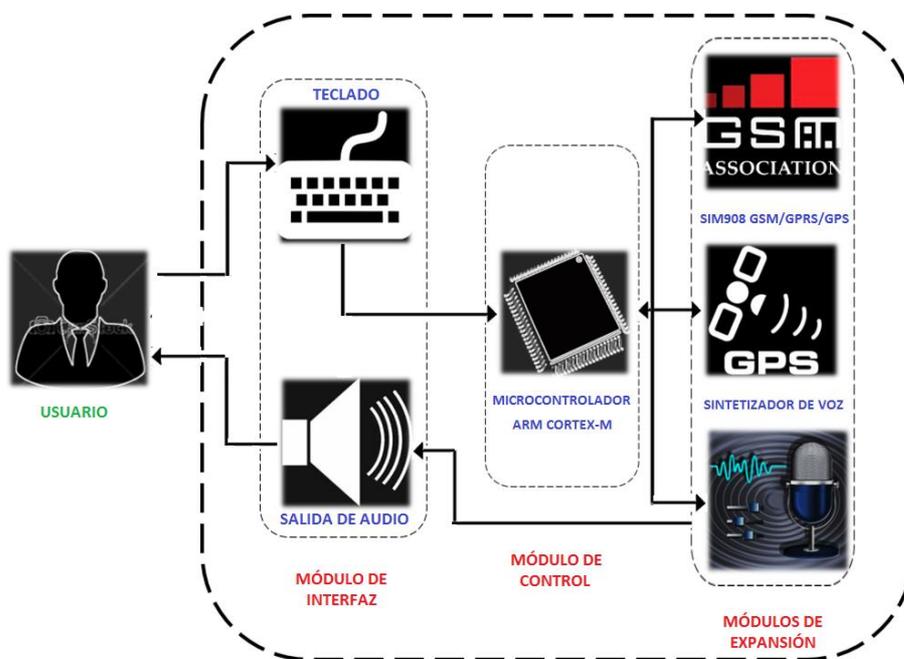


Figura 4- 2 Representación de la conexión del Microcontrolador en el prototipo

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

2.1.3.1 Comparación de microcontroladores disponibles

Mediante la comparación entre las diferentes características de los microcontroladores y el método de la observación, se realiza la identificación y selección adecuada del microcontrolador a utilizar en el proyecto a desarrollar tomando en cuenta las necesidades principales.

Debido a que el microcontrolador es la parte central del prototipo del dispositivo, este debe tener las mejores características, se ponen en consideración los siguientes dispositivos que son compatibles

en cuanto a su conexión y pueden ser utilizados como la parte central que maneja y controla la iteración correcta entre los dispositivos como el módulo SIM908 y el sintetizador de audio.

Para identificar la mejor opción se asigna valores del 1 al 3 en donde el menor valor representa una opción no adecuada y el mayor valor se pondera a la opción más recomendable de forma cualitativa, para un análisis es importante la parte cuantitativa por lo que los valores son ponderados a porcentajes.

Tabla 1- 2 Cuadro comparativo de las tecnologías de microcontroladores disponibles en el país

Microcontrolador	N° de pines	Memoria flash	Memoria RAM	Frecuencia de oscilación	Costo
STM32F030C8T6 	39	64 KB	8 KB	48 MHz	2,76
STM32F373CBT 	37	128 KB	24 KB	72 MHz	6,08
ATMEGA328P de Arduino UNO 	20	32 KB	2 KB	16 MHz	4,81
MEGA256016AV de Arduino Mega 	70	256 KB	8 KB	16 MHz	21,50

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

Tabla 2- 2 Cuadro comparativo de las tecnologías de microcontroladores disponibles en el país

Microcontrolador	Nº de pines	Memoria flash	Memoria RAM	Frecuencia de oscilación	Costo	Total	Porcentaje
STM32F030C8T6	3	3	3	2	3	14	93%
STM32F373CBT	2	2	2	3	2	11	73%
ATMEGA328P de Arduino UNO	1	1	1	1	2	6	40%
MEGA256016AV de Arduino Mega	1	2	3	1	1	8	53%

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

En función a las necesidades del prototipo a realizar, se determina que la mejor opción en cuanto a microcontroladores es el STM32F030C8T6 ya que para el diseño se necesita 31 pines y la memoria flash es la más adecuada para la programación.

Pero el aspecto más determinativo es el precio, debido a que el prototipo del dispositivo móvil está dirigido a personas invidentes y de acuerdo a la OMS en su mayoría son personas de bajos recursos, por lo que es necesario un producto de calidad y precio accesible, es por ello que el microcontrolador STM32F030C8T6 es el ideal.

2.1.3.2 Funcionamiento de la etapa de control

Una de las facetas es el control del sistema, que para el proyecto lo hará el microcontrolador STM32F030C8T6, el cual es el encargado de tomar decisiones e interactuar con las demás tarjetas de desarrollo, para de esta manera ejecutar las órdenes dadas por el usuario mediante la utilización de la interfaz del dispositivo.

En el caso de enviar mensajes se requiere que el usuario mediante la interfaz construya el mensaje de texto, el cual se envía por la red GSM mediante la interacción entre el microcontrolador y el módulo SIM 908. Para la lectura de un mensaje almacenado en el dispositivo, la interfaz de usuario junto con el microcontrolador le ordena al sintetizador de audio realice la lectura del mensaje.

El dispositivo para la realización y recepción de llamadas, necesita el trabajo en conjunto entre el microcontrolador y la interfaz de usuario, con la cual se ingresa el número o se busca un contacto

almacenado para intentar establecer una llamada usando el SIM908 con sus respectivos comandos AT.

Para la geolocalización el usuario mediante el uso de un botón le indicará al microcontrolador realizar los algoritmos adecuados para ordenarle al módulo SIM908 (que usa un receptor GPS) empezar a captar la señal de satélites y determine una localización para su envío por mensaje de texto, estas acciones se las detallan más adelante.

2.2 Selección del módulo SIMCOM

Mediante la comparación entre las diferentes características de los módulos GSM/GPS y el método de la observación, se realiza la identificación y selección adecuada de la tarjeta a utilizar en el proyecto a desarrollar tomando en cuenta los requerimientos principales.

Para identificar la mejor opción de igual manera que en el caso del microcontrolador se asigna valores del 1 al 3 en donde el menor valor representa una opción no adecuada y el mayor valor se pondera a la opción más recomendable de forma cualitativa, para un análisis es importante la parte cuantitativa por lo que los valores son ponderados a porcentajes.

Tabla 3-2 Cuadro comparativo de los módulos SIMCOM

Módulo	Bandas de operación (MHz)	Comunicación	Conector antena GPS	Precisión (m)	Control	Conector antena GSM	Costo
SIM908	850/900/1800/1900	UART	Externa UFL y SMA	2.5	Comandos AT	Externa UFL y SMA	100
SIM900	850/900/1800/1900	UART	No cuenta Con GPS	---	Comandos AT	Externa UFL	45
SIM808	850/900/1800/1900	UART	Externo SMA	2.5	Comandos AT	Externa SMA	70

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

Tabla 4-2 Cuadro comparativo de los módulos SIMCOM (porcentajes)

Módulo	Bandas de operación (MHz)	Comunicación	Conector antena GSM	Conector antena GPS	Precisión	Control	Costo	Total	Porcentaje
SIM908	3	3	2	2	3	3	1	17	80,95%
SIM900	3	3	1	1	1	3	3	15	71,42%
SIM808	3	3	1	1	3	3	2	16	76,19%

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

En función a las necesidades del proyecto a realizar, se determina que la mejor opción en cuanto al módulo SIMCOM es el SIM908 ya que para el prototipo a implementar se necesita la disponibilidad del GPS y por el tamaño del prototipo se requieren conectores UFL.

2.2.1 Módulo de expansión SIM908

En esta sección se cuenta con el módulo SIM908 que como se ha descrito anteriormente se encarga de acciones como la realización y recepción de llamadas al igual que de mensajes usando la red GSM, para la ejecución de estas acciones se maneja a este módulo mediante el uso de comandos AT.

Para la selección, el diseño y el desarrollo del hardware del prototipo, se debe tomar en cuenta que el SIM908 cuenta con mayores prestaciones que el SIM808 ya que cuenta con una interfaz extra independiente para la conexión de un teclado matricial y un conector para una pantalla LCD 2x16.

2.3 Selección del módulo sintetizador de audio adecuado

A través de la comparación entre las diferentes características de los sintetizadores de audio disponibles y el método de la observación, se realiza la identificación y selección adecuada del dispositivo a adquirir y utilizar.

Para identificar la mejor opción se asigna valores del 1 al 3 en donde el menor valor representa una opción no adecuada y el mayor valor se pondera a la opción más recomendable de forma cualitativa, para un análisis es importante la parte cuantitativa por lo que los valores son ponderados a porcentajes.

Tabla 5- 2 Cuadro comparativo de los módulos Text to Speech

Módulo	Idiomas	Comunicación	GPIOs	Amplificador de audio	Voces
Emic2	3	UART	2	1	9
Click	3	SPI	4	0	9

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

Tabla 6- 2 Cuadro comparativo de los módulos Text to Speech (porcentajes)

Módulo	Idiomas	Comunicación	GPIOs necesitados	Amplificador de audio	Voces	Total	Porcentaje
Emic 2	3	3	3	3	3	15	100%
TextToSpeech Click	3	2	1	1	3	10	66.66%

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

Debido a las necesidades del proyecto, la mejor opción para el desarrollo del proyecto es el Emic2, debido a que necesita menos GPIOs para comunicarse, además de tener un amplificador de audio incorporado que nos da la posibilidad de conectar un pequeño altavoz en el prototipo dejando de lado la necesidad restrictiva de usarlo solo con audífonos.

2.3.1 Módulo de expansión Emic2

El módulo sintetizador de audio EMIC2 es el encargado de la locución en la interacción del usuario con el prototipo para este proyecto, pero principalmente se centra su uso en la lectura de mensajes de texto y navegación de las opciones disponibles en el prototipo.

Para la manipulación de esta tarjeta se realiza mediante comandos especificados en el datasheet, entre sus principales controles cuenta con la selección de 9 tipos de voz para la locución de texto, 3 tipos de idiomas de los cuales usaremos el español latino y una amplia velocidad de lectura, medido en palabras por minuto.

2.4 Conexiones del Sistema

3.5.1 Conexión STM32F0-Módulo SIM908

Las tarjetas de desarrollo y el microcontrolador STM32 podrían establecer comunicación mediante SPI, I2C, USART, USB, entre otras que son las disponibles en el STM32F030. Por la estructura electrónica del SIM908 se va a usar la comunicación UART que es la única disponible para interactuar con esta, que además entre sus beneficios destaca que posee mayor alcance, alto rango de velocidad y transmisión de 8 o 7 bits.

La conexión de la comunicación se la hace de forma cruzada, es decir el TX del SIM908 se conecta con el RX del microcontrolador, caso similar para el RX del SIM908.

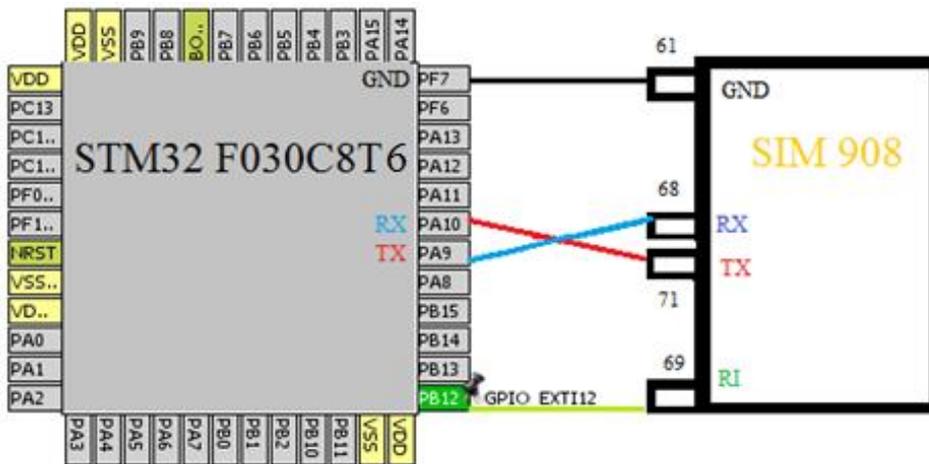


Figura 5- 2 Conexión para la comunicación entre microcontrolador y módulo SIM908

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

3.5.2 Conexión STM32F0-Modulo Emic2

Para la interacción con otros dispositivos el sintetizador de audio Emic2 por defecto dispone de un periférico que le permite la comunicación serial asincrónica, por lo que el protocolo de comunicación debe ser el UART para la transmisión y recepción de información con el microcontrolador ST32.

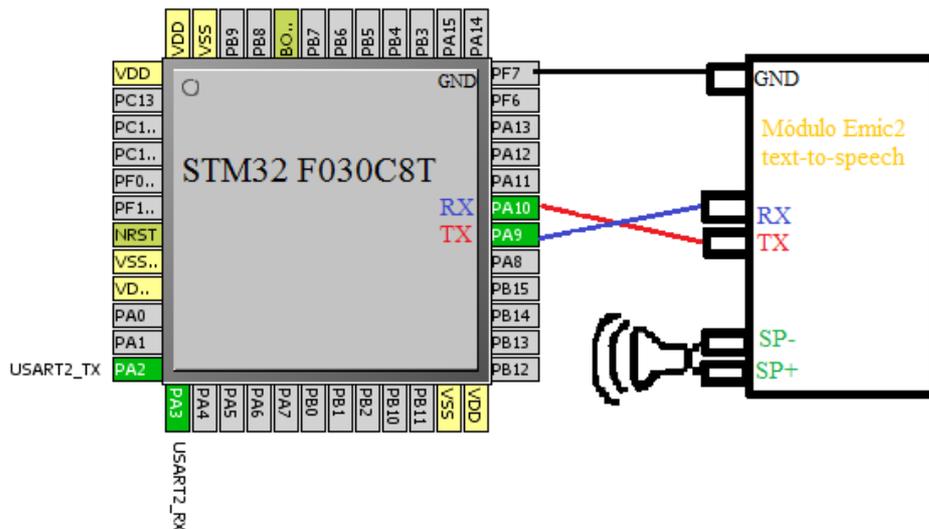


Figura 6- 2 Conexión para la comunicación entre microcontrolador y módulo Emic2

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

3.6 Descripción de la interfaz de navegación del prototipo

Como todo dispositivo móvil existente hoy en día, para que un usuario pueda interactuar con un celular, se requiere de un conjunto de opciones que formen un menú en la parte software, en el cual se pueda navegar de tal manera que me permita realizar acciones como: escribir y enviar un mensaje, buscar y almacenar contactos, etc.

En el prototipo se toma en cuenta las principales funcionalidades de un dispositivo de comunicación móvil y de acuerdo a estas se determina la asignación de los pulsadores necesarios para seleccionar la o las teclas que dan paso al manejo del menú principal, el cual tiene un submenú para poder realizar llamadas, enviar mensajes y buscar contactos, además se dispone de pulsadores para realizar acciones como leer un mensaje entrante, determinar la localización y realizar la locución del dispositivo.

Para llamadas y mensajes se controla la funcionalidad del teclado mediante la pulsación de un switch; para establecer el modo texto o modo numérico, debido a la coincidencia de ciertos pulsadores tanto en número como en letra.

Dentro del menú inicio, se tiene la opción de marcar directamente un número y de allí elegir entre cuatro acciones: llamar, escribir un mensaje, enviar la geolocalización o guardar un nuevo contacto, si es el caso se debe asociar el contacto a una tecla numérica específica e ingresar un nombre y se almacenará el nuevo contacto. También se cuenta con un submenú para seleccionar un contacto mediante la pulsación de una de las teclas numéricas, para así poder establecer a quien realizar una llamada, enviar un mensaje o enviar la geolocalización.

En el caso del submenú mensajes al ingresar directamente un número o elegir un contacto existente, podrá escribir el texto a enviar, en caso de equivocarse en la escritura del texto cuenta con una tecla para proceder con el borrado de carácter en carácter, de la misma forma en el caso de cometer un error en el modo numérico.

Dentro de los servicios dados por el prototipo se tiene la geolocalización, para lo cual se cuenta con una opción denominada “Activar GPS”, relacionada a un botón ubicado en la parte lateral derecha del prototipo que le indicará al microcontrolador hacer el procedimiento necesario para determinar la posición y enviarla mediante un mensaje, siempre al primer contacto que está relacionado a la primera posición en caso de recibir la clave vía SMS.

Además, el mismo botón mencionado anteriormente, realiza la lectura de caracteres en curso para la formación de un mensaje de texto a enviar o la marcación de un número, como en el menú de GPS se realizan dos acciones, la determinación de ejecutar una u otra será mediante el tiempo de pulsación del switch si es de duración corta realiza la locución caso contrario determina la geolocalización.

En la interfaz de navegación se cuenta también con la opción para leer mensajes recibidos, que está asociada a un botón ubicado en la parte lateral izquierda del prototipo, si este es presionado proporcionará la lectura de uno de los mensajes almacenados en memoria, mediante el uso del sintetizador de audio, como se muestra en la figura 7-2.



Figura 7- 2 Distribución del teclado para la navegación en el prototipo

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

3.7 Construcción del sistema y programación

3.7.1 Energía y alimentación del prototipo

En cuanto a la energía se optó por las características de los teléfonos celulares existentes por lo que para su alimentación se utiliza un cargador regulador que toma la energía de la red de 110 VAC para rectificar y regular a 5 VDC a 2 Amperios, que es la potencia suficiente para el funcionamiento adecuado del prototipo móvil.

A continuación existe una segunda regulación de voltaje de 5VDC a 4.2 VDC se la realiza en la tarjeta de desarrollo SIM908 EVB V1.0 que de acuerdo al documento de diseño de hardware recomiendan el uso de un regulador switching de un alto rendimiento denominado LM2596-ADJ, los 4.2 VDC entran al SIM908 por los pines VBAT los cuales son usados internamente para alimentación, además se usa este voltaje para la carga de una batería de Litio, lo cual brinda tiempo de autonomía energética por un cierto tiempo, dependiendo de la capacidad de almacenaje de la batería, el circuito de la tarjeta de desarrollo permite alimentar el prototipo con sus módulos desde el cargador de 5VDC o desde la batería.

Posteriormente los 4.2 VDC se los utiliza directamente en el ULN2003 y el sintetizador de audio Emic2, mientras que para la alimentación del microcontrolador se realiza una regulación de voltaje a 3VDC en la tarjeta del microcontrolador para alimentarlo, finalmente para la alimentación del teclado se la realiza a través de otro regulador de 3 VDC ya que en este rango se enviarán las señales de las teclas presionadas a los pines de la tarjeta del microcontrolador.

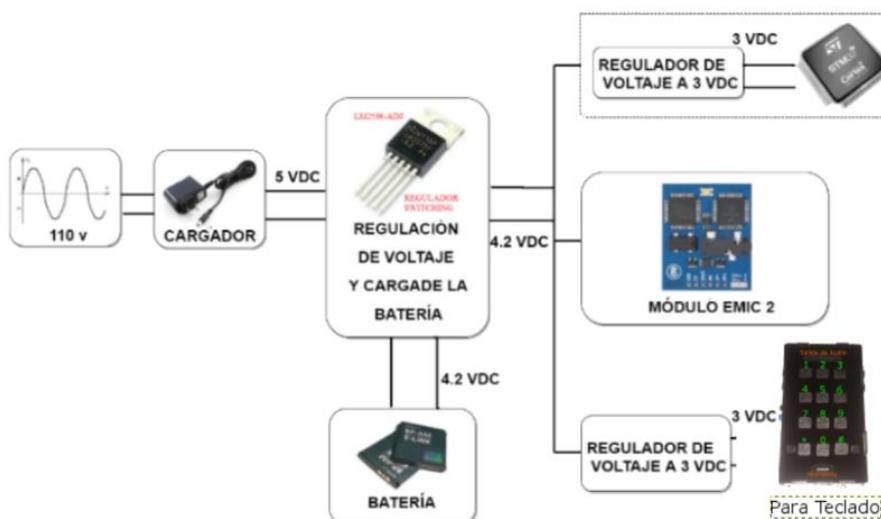


Figura 8- 2 Alimentación del sistema

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

3.7.2 Construcción del Módulo de interfaz

3.7.2.1 Teclado

El prototipo cuenta con 18 pulsadores y 2 switch que actúan de forma digital conectados directamente a los pines GPIO del microcontrolador, los cuales no necesitan resistencia Pull-Down (conectadas a 0 V) externas ya que el microcontrolador las tiene disponibles internamente y son de 47 k Ω facilitando así el diseño electrónico.

Para la construcción y diseño del teclado en cuanto a hardware, se tomó en cuenta el resultado de las encuestas realizadas por lo que se determinó que la separación entre teclas es de 4 mm en forma horizontal y de 15 mm en vertical para una mejor manipulación del teclado, evitando problemas como el rozamiento de los dedos y una mala tipificación de caracteres por parte de los usuarios.

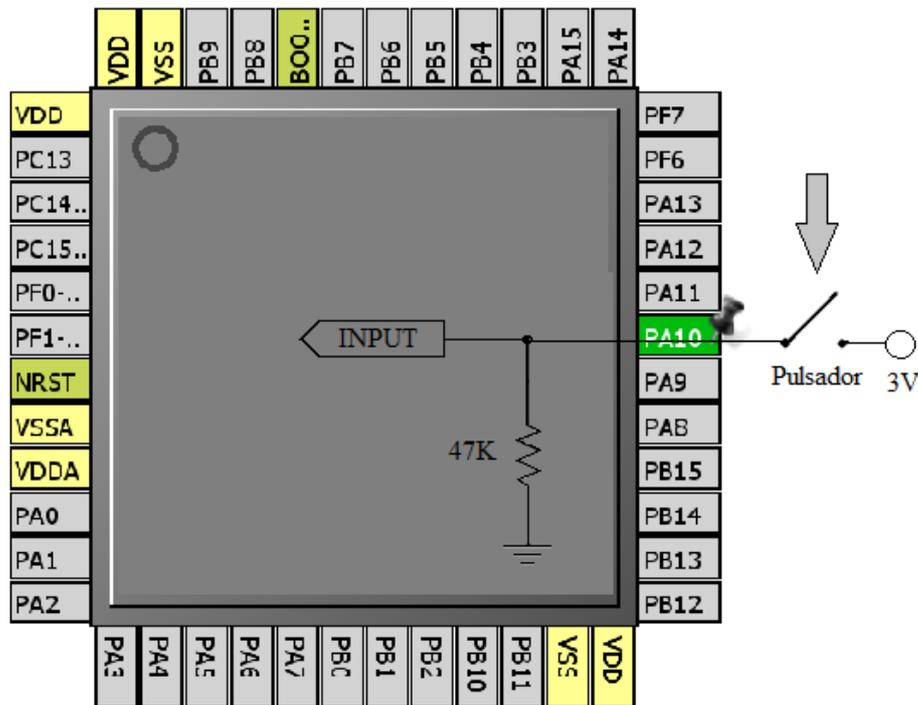


Figura 9- 2 Conexión Pull-Down

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

3.7.2.2 Señales de audio

EL prototipo cuenta con las siguientes salidas de audio:

- Salida de audio principal del SIM908 para llamadas (parlante y micrófono) ubicados en la placa del prototipo.

- Salida de audio del sintetizador de voz por un pequeño parlante junto a la anterior salida.
- Salida alterna del sintetizador de voz por audifonos.
- Salida alterna por auriculares del SIM908 con control de selección.

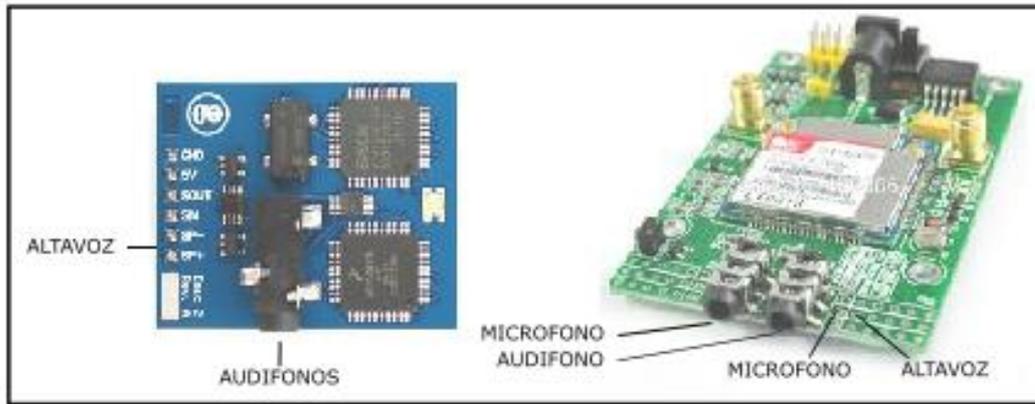


Figura 10- 2 Salidas de audio de las tarjetas del prototipo

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

3.7.2.3 Alertas

El microcontrolador tiene la capacidad de proporcionar una señal PWM dependiente de un temporizador interno (TIM3), del cual sus canales están multiplexados a los GPIOs, esto puede ser aprovechado para activar un vibrador a una cierta potencia ya que no será necesario usar el 100% del ancho de pulso, con esta acción se ahorra energía lo cual es muy relevante para la duración de la autonomía del prototipo, este vibrador nos da aviso de llamadas o mensajes entrantes.

La corriente emitida por los GPIO de un microcontrolador no es suficiente para activar como se debe el parlante y el vibrador por lo que se usa un arreglo de transistores Darlington empaquetado en un circuito integrado (ULN2003), el cual toma su energía directo de la fuente.

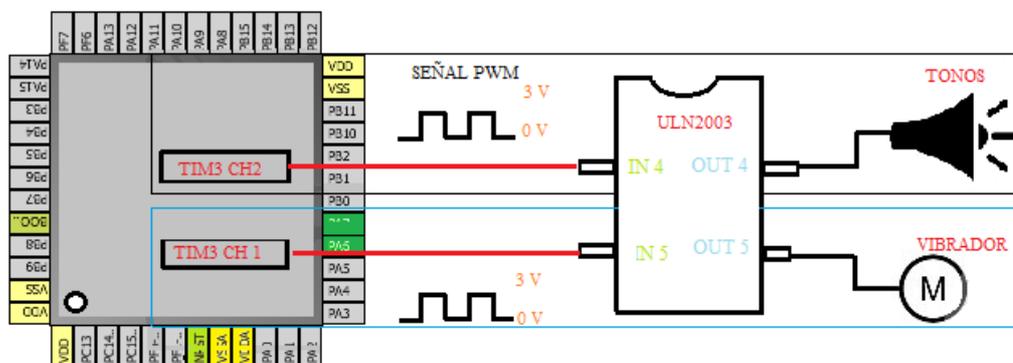


Figura 11- 2 Señales de alerta del sistema

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

3.7.3 Construcción del módulo de control

Las siguientes configuraciones son hechas para el microcontrolador STM32F030C8Tx para el programa STM32CUBE MX, este software genera el código de inicialización en Lenguaje C para diferentes IDEs de programación, en este caso se genera para el Keil uVision 5.

3.7.3.1 Configuración de frecuencia y Reloj del sistema

En el menú de periféricos seleccionamos la entrada de reloj “HSE” por cristal, esto habilita los pines correspondientes.

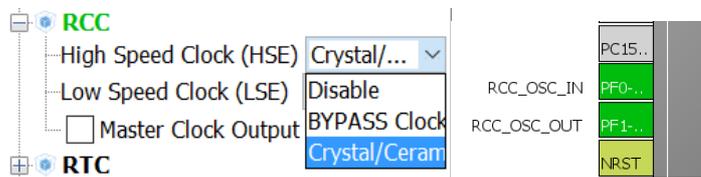


Figura 12- 1 Configuración del oscilador en el STM32CUBE MX

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

A continuación, en la parte de configuración del Reloj seleccionamos los divisores y multiplicadores adecuados para obtener la frecuencia deseada, para el software a desarrollar se configura la frecuencia de oscilación a 40 MHz.

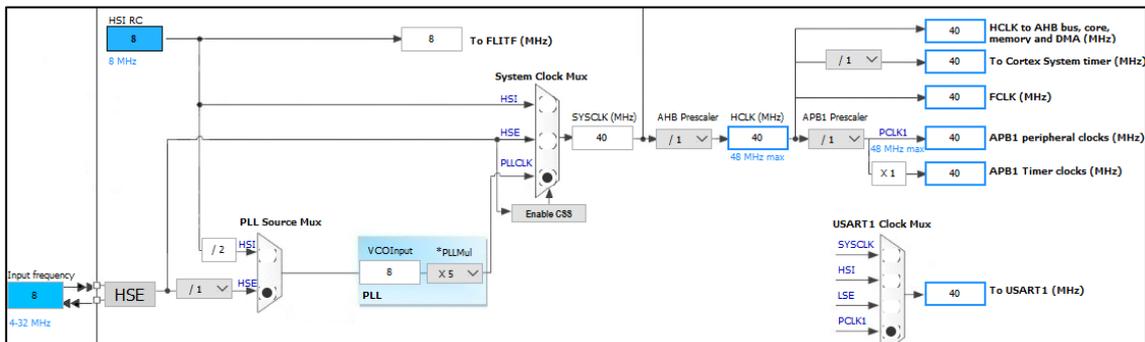


Figura 13- 2 Configuración de la frecuencia del microcontrolador STM32CUBE MX

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

3.7.3.2 Inicialización de la señal SysTick de 1 ms por interrupción

Esta señal de interrupción se usa para levantar banderas e incrementar contadores que son usados en el ciclo while principal para la ejecución de tareas y funciones.

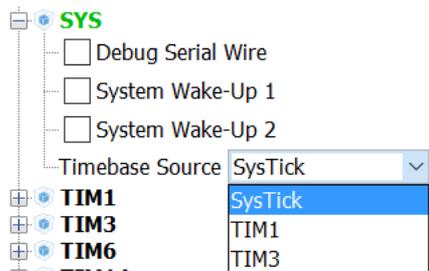


Figura 14- 2 Configuración de la señal de interrupción Systick

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

3.7.3.3 Configuración del USART para el SIM908

Se habilita el periférico USART1 en modo asincrónico, al hacer esto se habilitan los GPIOs correspondientes y disponibles para usarse por este periférico.

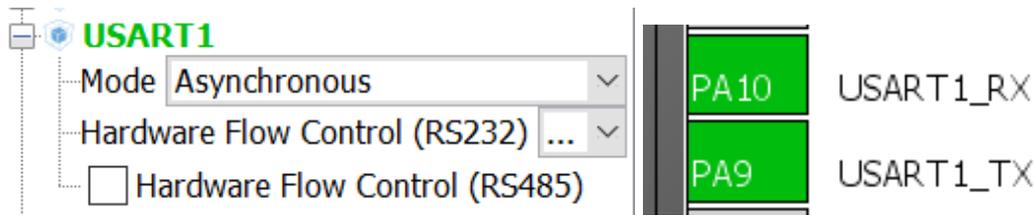


Figura 15- 2 Habilitación del USART 1 en modo asincrónico

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

En el Cortex M0 el reloj de funcionamiento para todos los periféricos es el mismo que el reloj principal, así que el USART1 y demás están configurados a 40 MHz, para la configuración de las características del USART1 se toma en cuenta que la velocidad de transmisión del SIM908 está configurada a 19200 bps, 8 bits de longitud, sin paridad y 1 bit de parada.

Basic Parameters	
Baud Rate	19200 Bits/s
Word Length	8 Bits (including Parity)
Parity	None
Stop Bits	1

Figura 16- 2 Configuración de los parámetros del periférico USART 1

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

Las configuraciones del canal 2 del DMA 1 para la transmisión del USAT1 queda como se muestra en la figura 17-2:

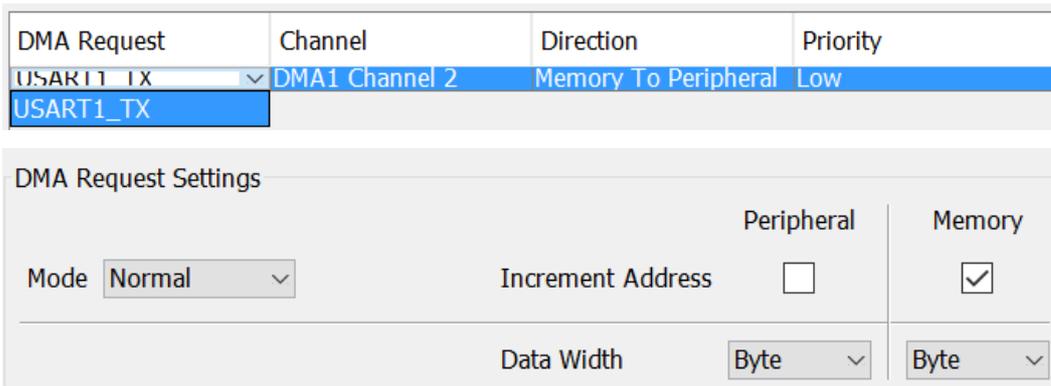


Figura 17- 2 Configuración de los parámetros de DMA para el periférico USART 1

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

La tabla de interrupciones está compuesta por una interrupción general del USART1 (USART1 global interrupt) que se usa para la recepción por interrupción (Rx_IT), estas interrupciones son configuradas posteriormente en cuanto a sus prioridades en la configuración del NVIC (Vector de Interrupciones). Mientras que por defecto la interrupción de la transmisión por DMA queda habilitada pero no se la ocupa.

Interrupt Table	Enabled	Preemption Priority
DMA1 channel 2 and 3 interrupts	<input checked="" type="checkbox"/>	0
USART1 global interrupt	<input checked="" type="checkbox"/>	1

Figura 18- 2 Configuración de interrupciones del USART 1

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

3.7.3.4 Configuración del USART2 para el sintetizador de voz EMIC2

La configuración de este periférico, se realiza de forma similar que en la configuración del USART1 tal como se indica en las figuras 19-2 y 20-2 , con la diferencia que el sintetizador trabaja a una velocidad de 9600 bps

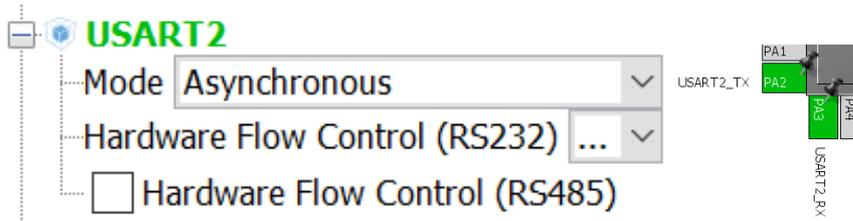


Figura 19- 2 Habilitación del USART 2

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

Basic Parameters	
Baud Rate	9600 Bits/s
Word Length	8 Bits (including Parity)
Parity	None
Stop Bits	1

Figura 20- 2 Configuración de los parámetros del periférico USART 2

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

La configuración del DMA para el USART2 e interrupciones se las realiza como se indica en la figura 21-2 y en la figura 22-2.

DMA Request	Channel	Direction	Priority
USART2_TX	DMA1 Channel 4	Memory To Peripheral	Low

DMA Request Settings

Mode	Normal	Increment Address	<input type="checkbox"/>	Peripheral	Memory
				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		Data Width	Byte	Byte	Byte

Figura 21- 2 Configuración de los parámetros de DMA para el periférico USART 2

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

Interrupt Table	Enabled	Preemption Priority
DMA1 channel 4 and 5 interrupts	<input checked="" type="checkbox"/>	0
USART2 global interrupt	<input checked="" type="checkbox"/>	1

Figura 22- 2 Configuración de interrupciones del USART 2

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

3.7.3.5 Configuración de las salidas PWM para alertas de prototipo

Se usa dos salidas de señal PWM, una para un timbre y la otra para un vibrador, se habilita un Timer (TIM3) para la generación de los pulsos necesarios, quedando con esto asignados los GPIOs correspondientes, los cuales se usan con amplificadores de potencia en el prototipo.

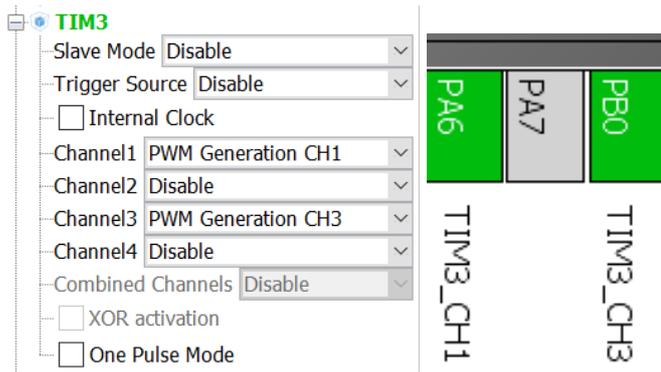


Figura 23- 2 Habilitación de un canal PWM del Timer 3

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

3.7.3.6 Configuración de la salida GPIO para el PowerKey del SIM908

Esta configuración se la realiza directamente sobre el GPIO a usar, de tal forma que se lo inicializa como un GPIO de salida, al seleccionar la opción “GPIO_Output” como se indica en la figura 24-2, dejando de lado la sección de los periféricos, el proceso para la configuración de los GPIOs como entradas es similar, pero con la diferencia que se selecciona la opción “GPIO_Input”.

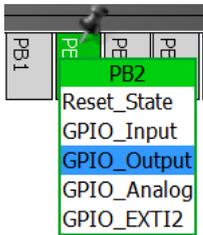


Figura 24- 2 Habilitación del GPIO para encendido del SIM908

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

Para la configuración del GPIO establecido como salida, la opción del “GPIO output level” debe estar en HIGH como se indica en la figura 26-2 debido a los requerimientos del SIM908 en su PowerKey que se muestran en la figura 25-2, para así poder encender el SIM908 mediante el microcontrolador.

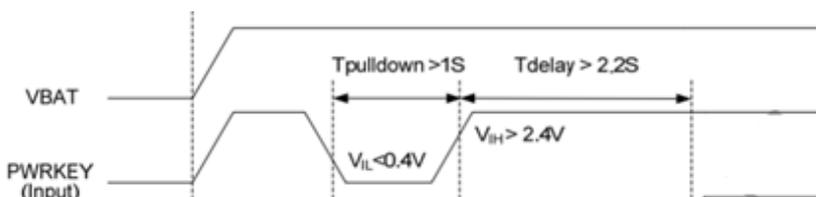


Figura 25- 2 Funcionamiento de encendido y apagado del SIM908

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

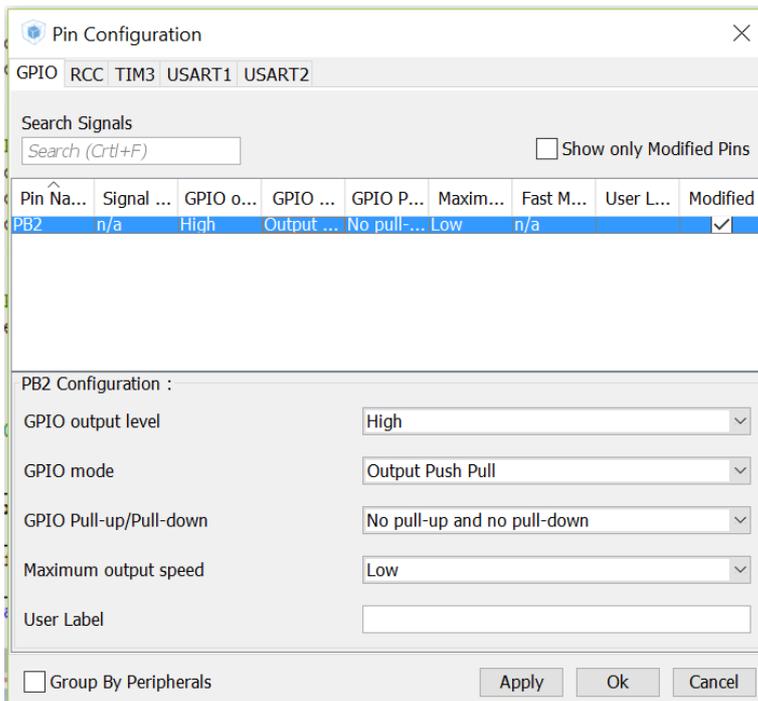


Figura 26- 2 Configuración del GPIO para el Powerkey del SIM908

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

3.7.3.7 Configuración de los GPIOs como entrada para el teclado

El teclado está compuesto por 18 botones y 2 switch de los cuales se usa las resistencias PULL DOWN internas del microcontrolador de 47 K Ω para censar cuando el usuario presiona una tecla.

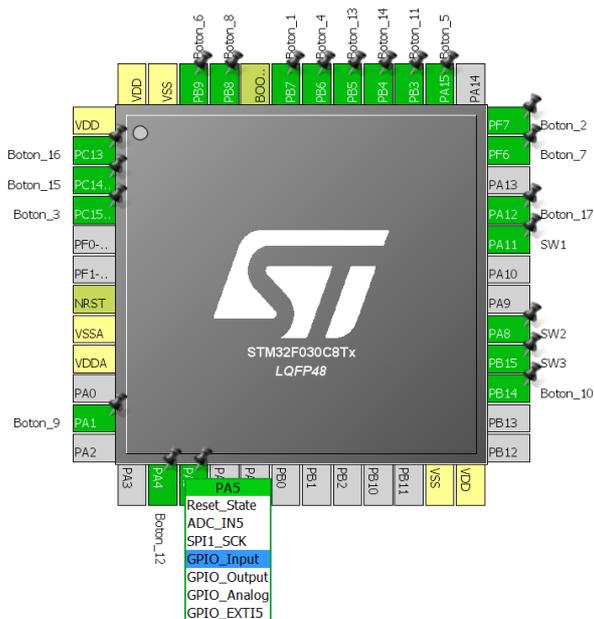


Figura 27- 2 Configuración de los GPIOs como Input

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

Pin Na...	Signal ...	GPIO ...	GPIO ...	GPIO ...	Maxim...	Fast M...	User L...	Modified
PA1	n/a	n/a	Input ...	Pull-down	n/a	n/a	Boton_9	✓
PA4	n/a	n/a	Input ...	Pull-down	n/a	n/a	Boton_12	✓
PA5	n/a	n/a	Input ...	Pull-down	n/a	n/a	Boton_18	✓
PA8	n/a	n/a	Input ...	Pull-down	n/a	n/a	SW2	✓
PA11	n/a	n/a	Input ...	Pull-down	n/a	n/a	SW1	✓
PA12	n/a	n/a	Input ...	Pull-down	n/a	n/a	Boton_17	✓
PA15	n/a	n/a	Input ...	Pull-down	n/a	n/a	Boton_5	✓
PB3	n/a	n/a	Input ...	Pull-down	n/a	n/a	Boton_11	✓
PB4	n/a	n/a	Input ...	Pull-down	n/a	n/a	Boton_14	✓
PB5	n/a	n/a	Input ...	Pull-down	n/a	n/a	Boton_13	✓
PB6	n/a	n/a	Input ...	Pull-down	n/a	n/a	Boton_4	✓
PB7	n/a	n/a	Input ...	Pull-down	n/a	n/a	Boton_1	✓
PB8	n/a	n/a	Input ...	Pull-down	n/a	n/a	Boton_8	✓
PB9	n/a	n/a	Input ...	Pull-down	n/a	n/a	Boton_6	✓
PB14	n/a	n/a	Input ...	Pull-down	n/a	n/a	Boton_10	✓

PA1#PA4#PA5#PA8#PA11#PA12#PA15#PB3#PB4#PB5#PB6#PB7#PB8#PB9#PB14#PB...

GPIO mode: Input mode

GPIO Pull-up/Pull-down: Pull-down

Figura 28- 2 Características de los GPIOs como Input

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

3.7.3.8 Configuración del NVIC

El NVIC es un vector de manejo de prioridades siempre activo, en el caso que coincidan varias interrupciones en el tiempo esta toma las decisiones adecuadas, estas prioridades son configuradas como se indica en la figura 29-2, para la programación desarrollada todas las interrupciones tienen la misma prioridad.

Interrupt Table	Enabled	Preemption Priority
Non maskable interrupt	✓	0
Hard fault interrupt	✓	0
System service call via SWI instruction	✓	0
Pendable request for system service	✓	0
Time base: System tick timer	✓	0
Flash global interrupt		0
RCC global interrupt		0
DMA1 channel 2 and 3 interrupts	✓	0
DMA1 channel 4 and 5 interrupts	✓	0
TIM3 global interrupt	✓	0
USART1 global interrupt	✓	1
USART2 global interrupt	✓	1

Figura 29- 2 Configuración de prioridades de las interrupciones del NVIC

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

3.8 Algoritmo utilizado para la implantación del software

Todos los comandos AT utilizados en la programación se encuentran en el Anexo D, en el siguiente diagrama de flujo se detalla cada uno de las etapas de inicialización del prototipo como el microcontrolador, el Emic2 y el SIM908.

En la figura 31-2 se detalla el algoritmo para el monitoreo del SIM908 en las que se controla el aviso de una llamada entrante, aviso de un NO CARRIER y el aviso de un mensaje entrante con la finalidad de levantar interrupciones para que el microcontrolador atienda la petición correspondiente. Dando al usuario la posibilidad de aceptar o rechazar la llamada; de igual manera se lo realiza para el caso de mensajes.

Luego en la figura 32-2 está el algoritmo de la función de inicio que consiste en comprobar si el switch está en modo texto o numérico; en caso de que se requiera realizar una llamada estando en modo texto se debe cambiar a modo numérico. Lo contrario cuando se desee enviar un texto estando en modo numérico cambiarlo a modo texto.

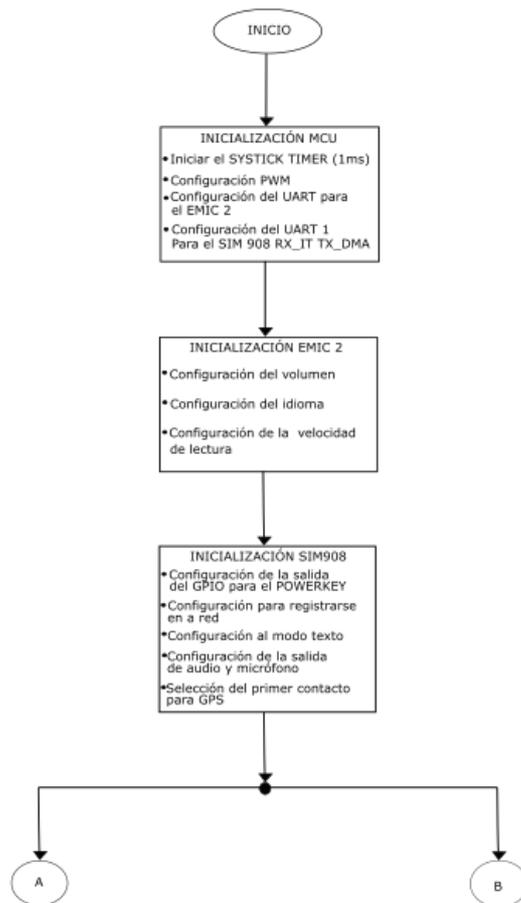


Figura 30- 2 Algoritmo para la inicialización del microcontrolador.

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

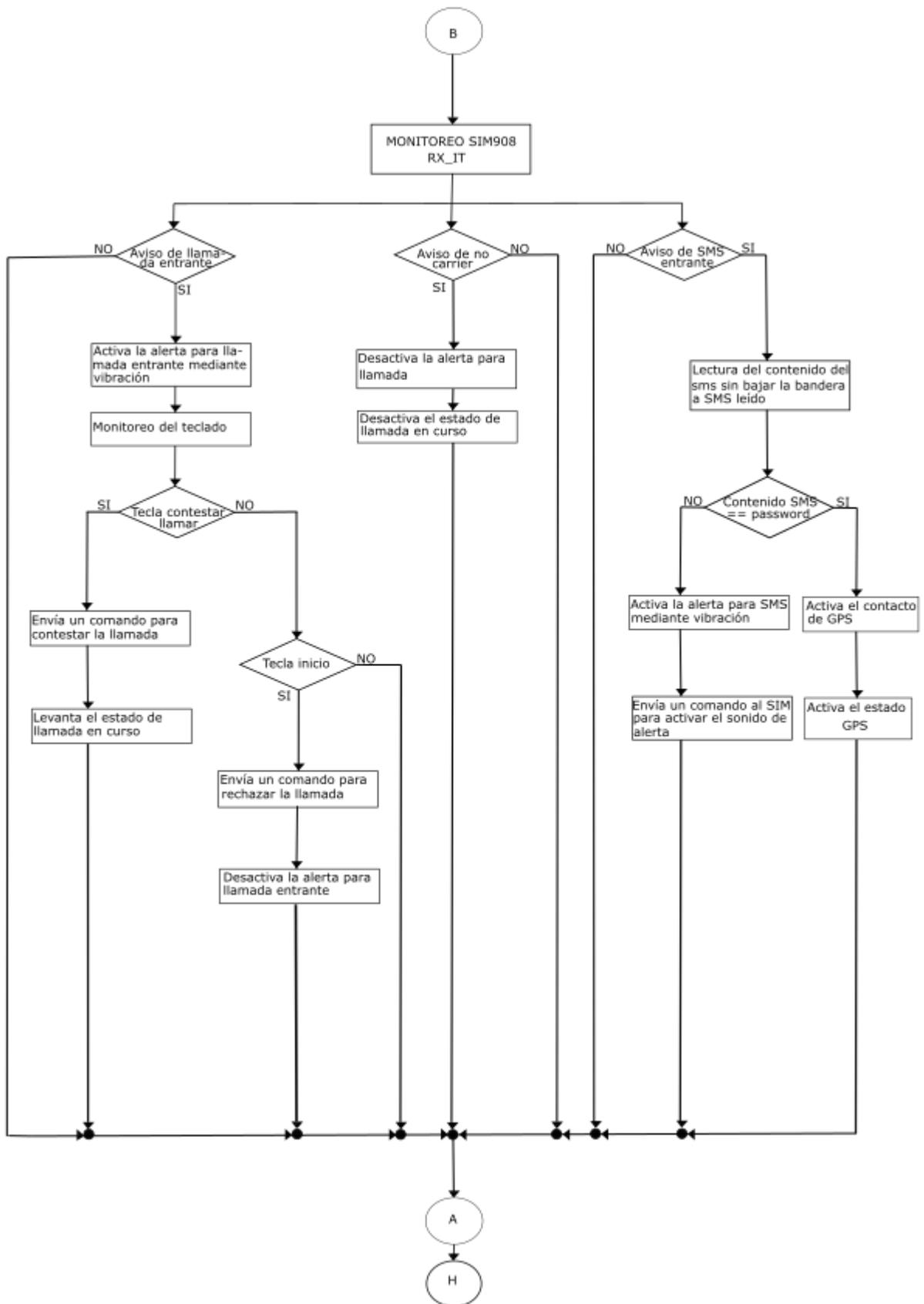


Figura 31- 2 Algoritmo para el monitoreo del SIM908.

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

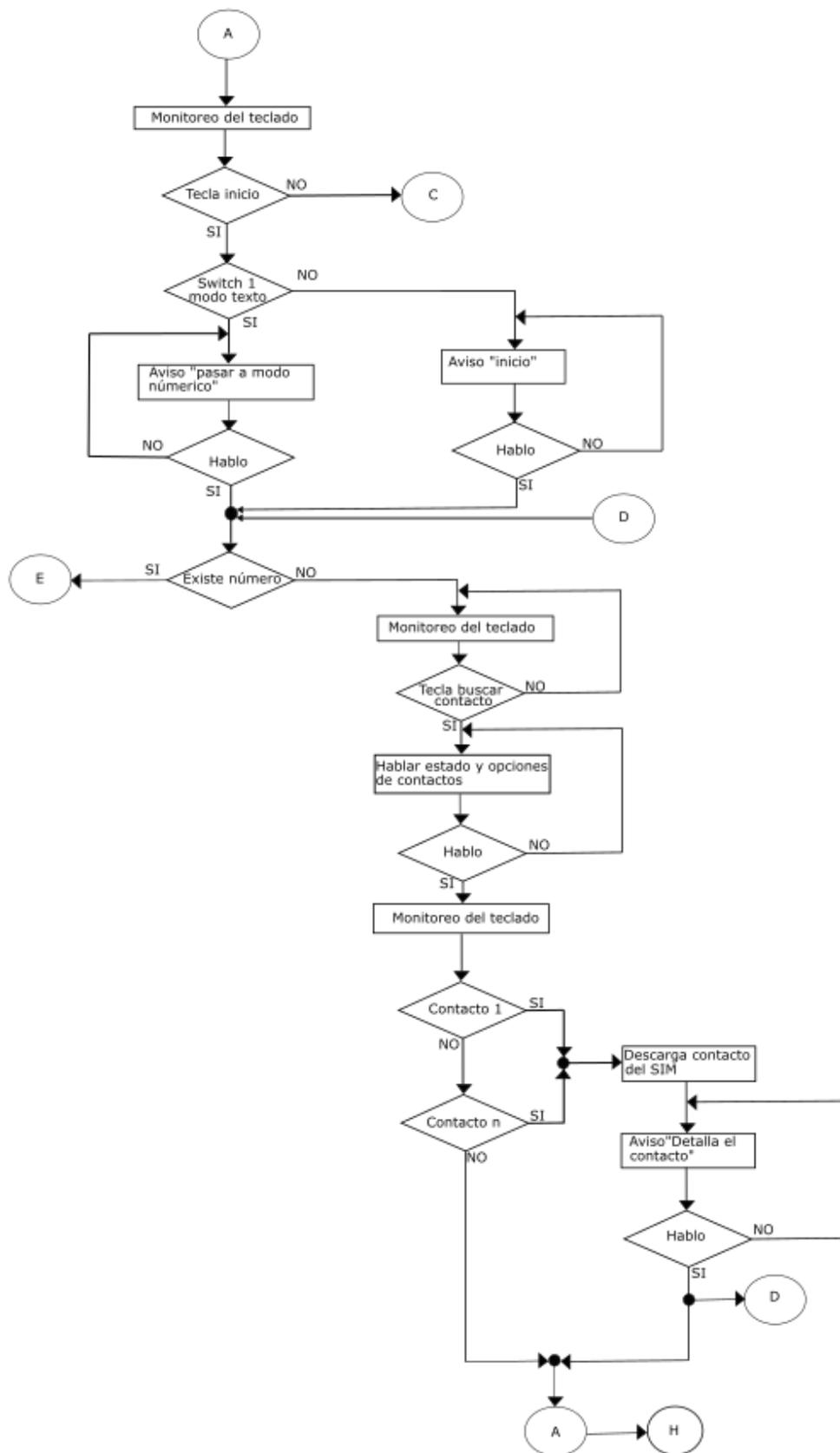


Figura 32- 2 Algoritmo de la función inicio.

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

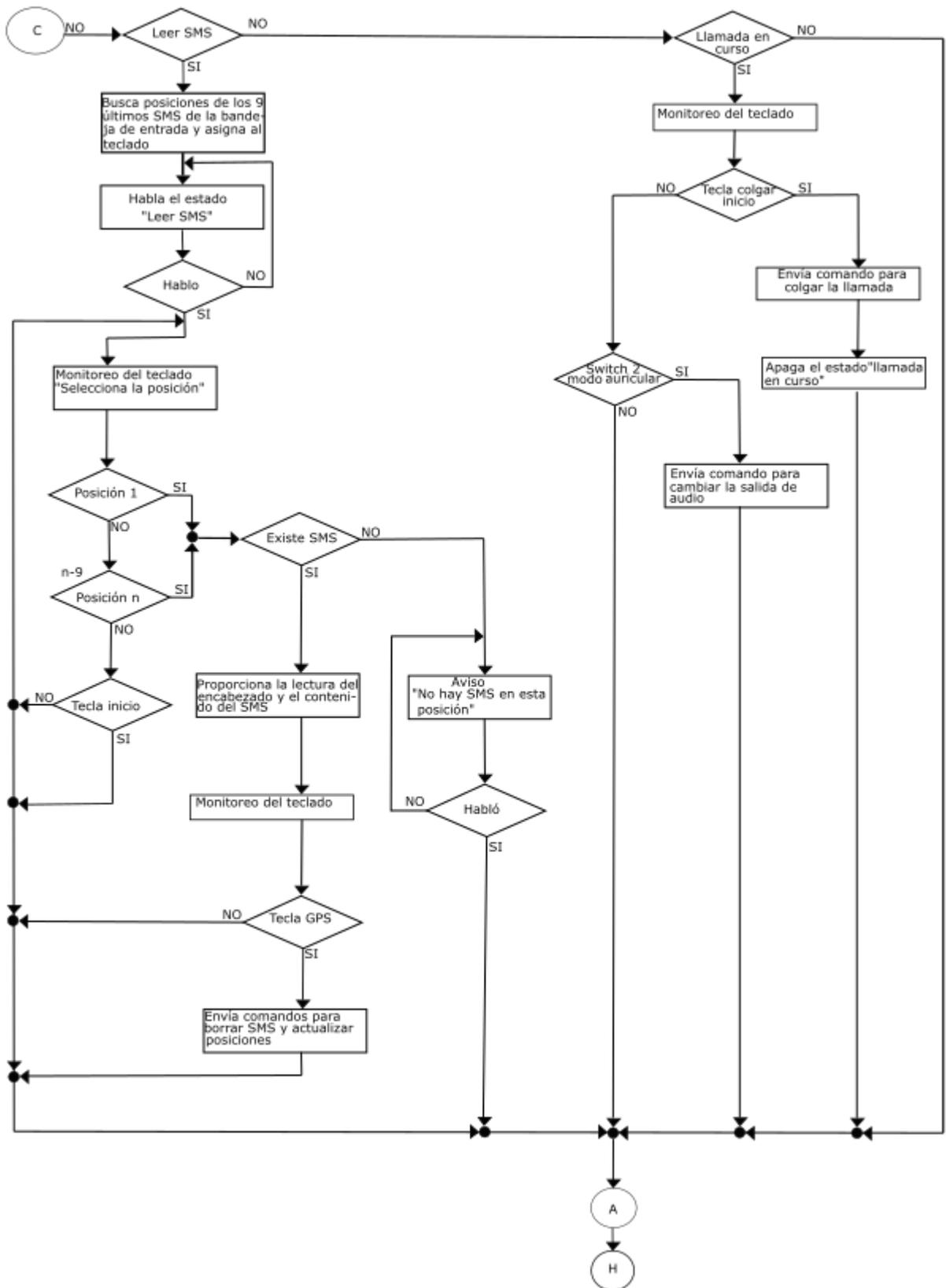


Figura 33- 2 Algoritmo de la función llamada en curso y la lectura de un mensaje.

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

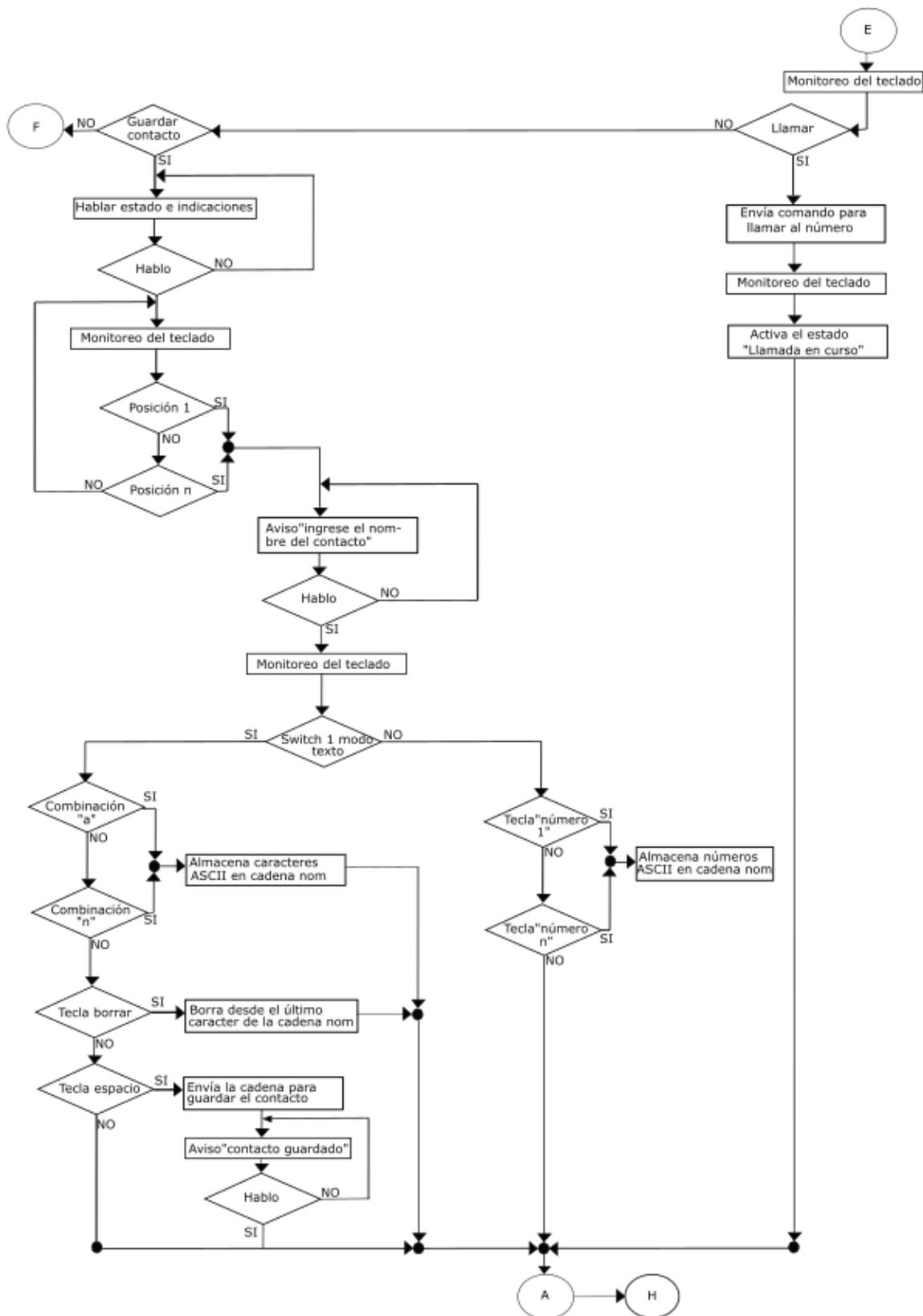


Figura 34- 2 Algoritmo de la función llamar y guardar contacto.

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

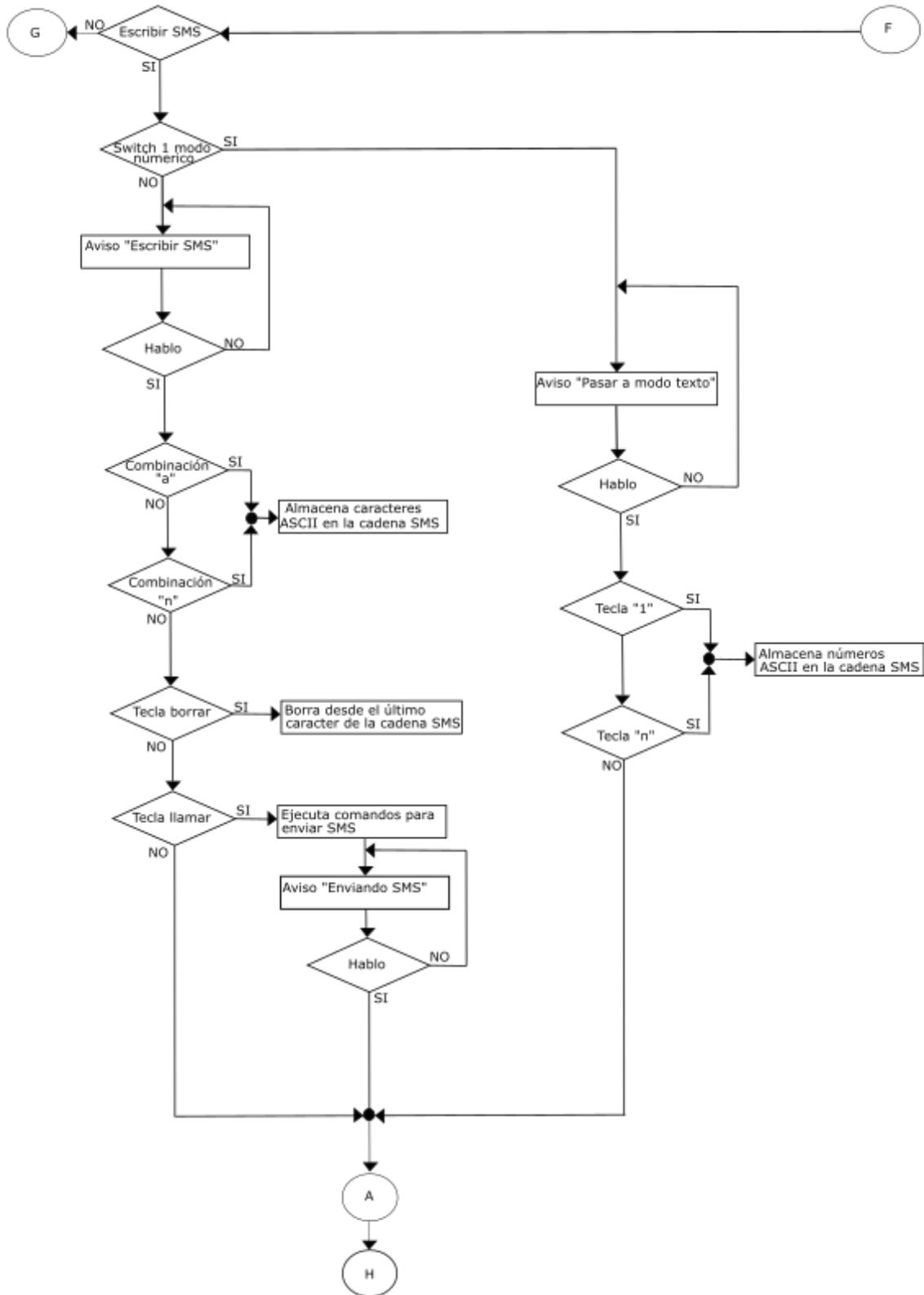


Figura 35- 2 Algoritmo de la función para escribir un mensaje.

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

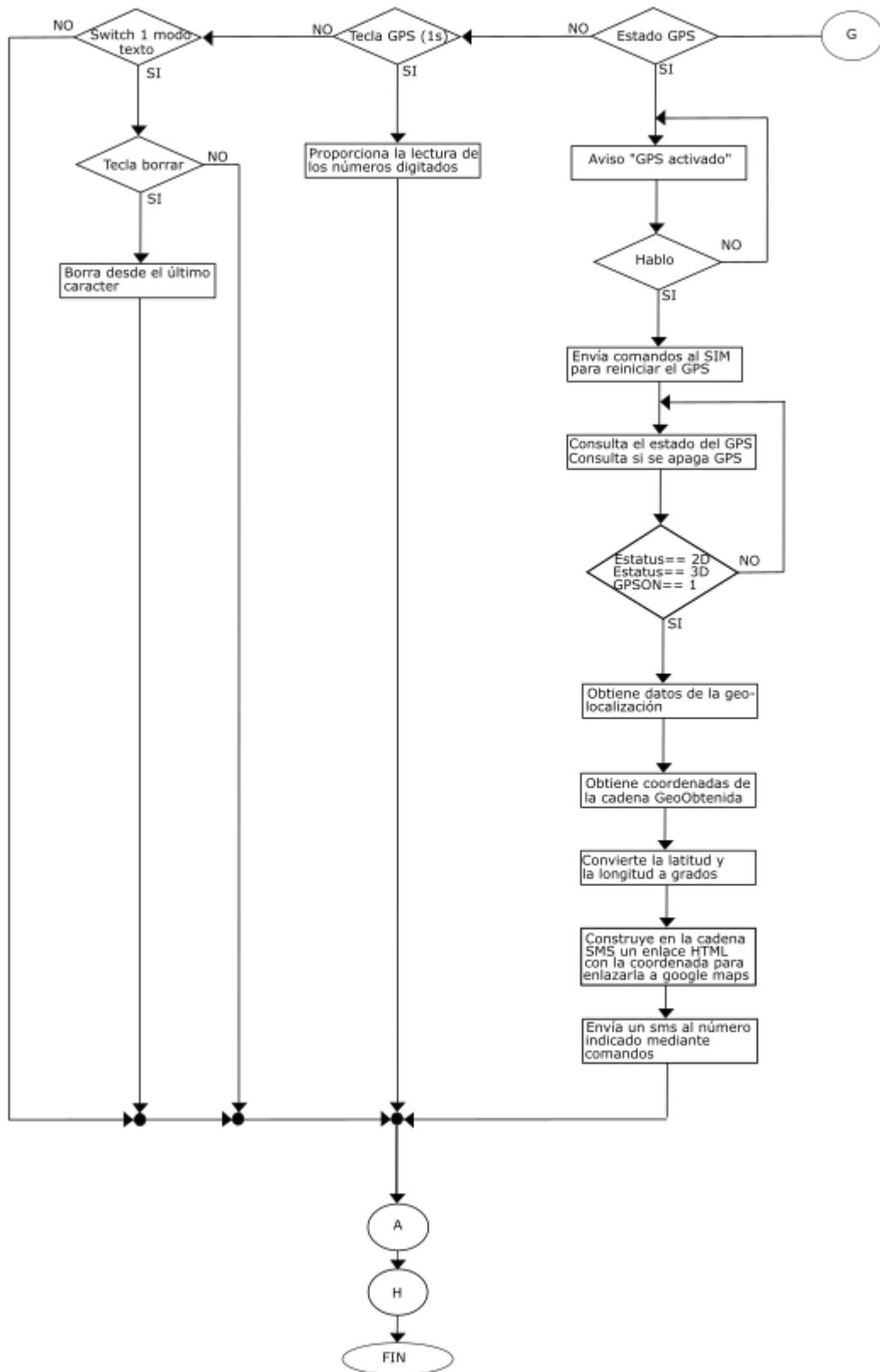


Figura 36- 2 Algoritmo de la función GPS.

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

3.9 Diseños electrónicos del prototipo

3.9.1 CPU:

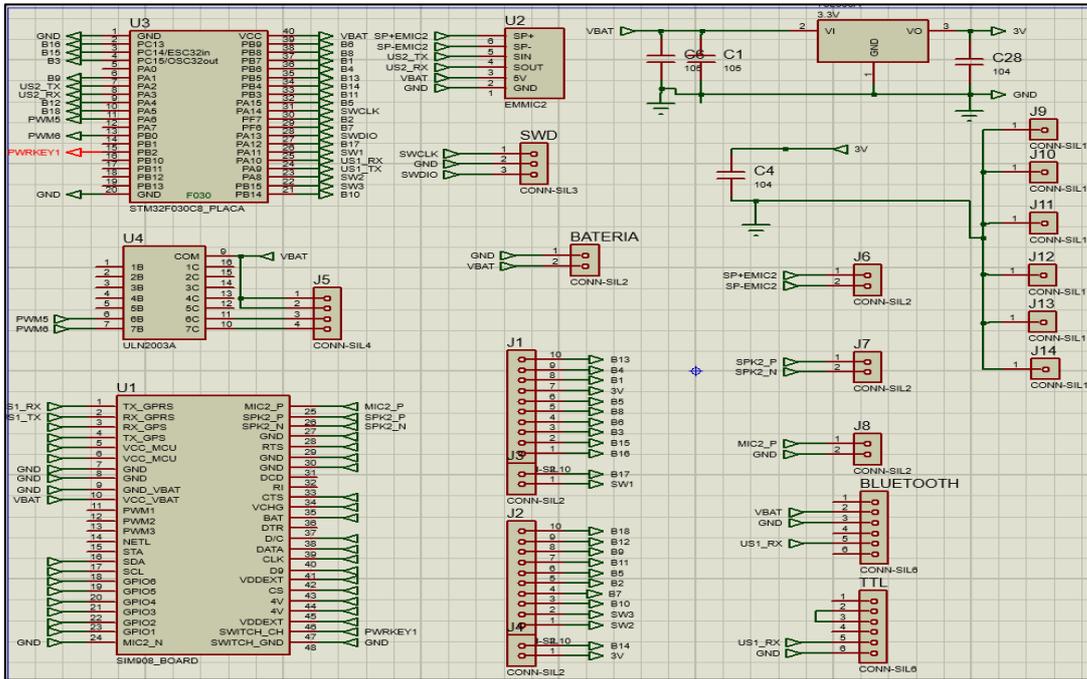


Figura 37- 2 Diseño de la placa del Microcontrolador en Proteus.

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

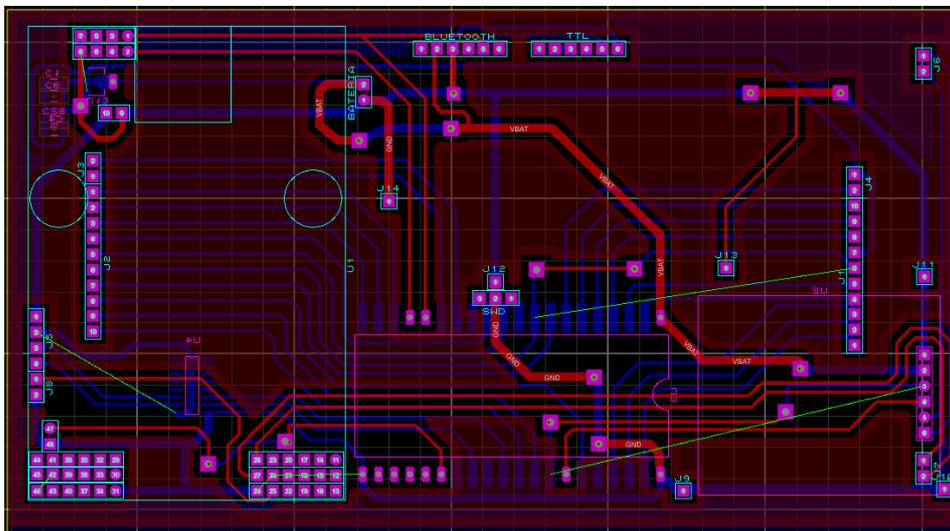


Figura 38- 2 Diseño de la placa del Microcontrolador en Ares de Proteus.

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

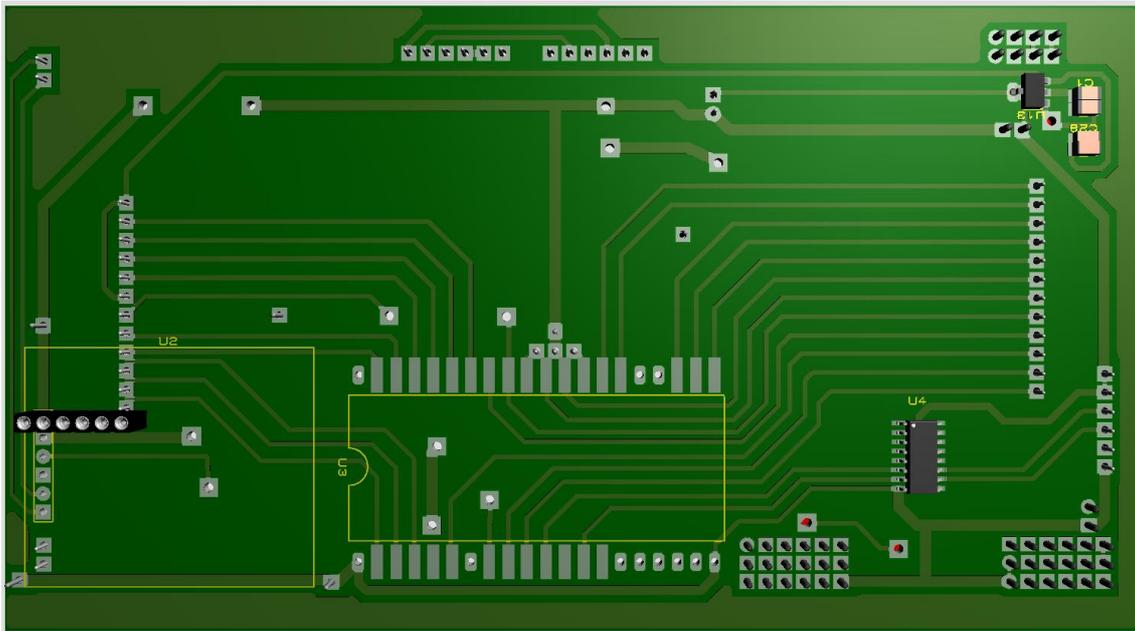


Figura 39- 2 Visión en 3D de la placa del Microcontrolador con placas de desarrollo (capa superior)

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

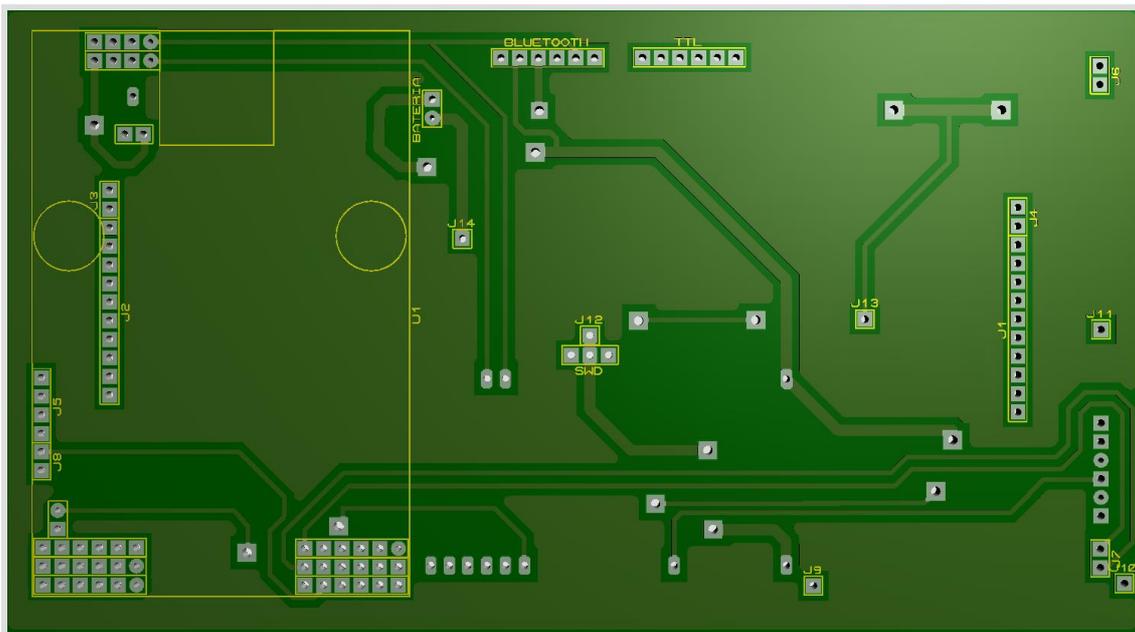


Figura 40- 2 Visión en 3D de la placa del Microcontrolador con placas de desarrollo Inferior.

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

3.9.2 Teclado:

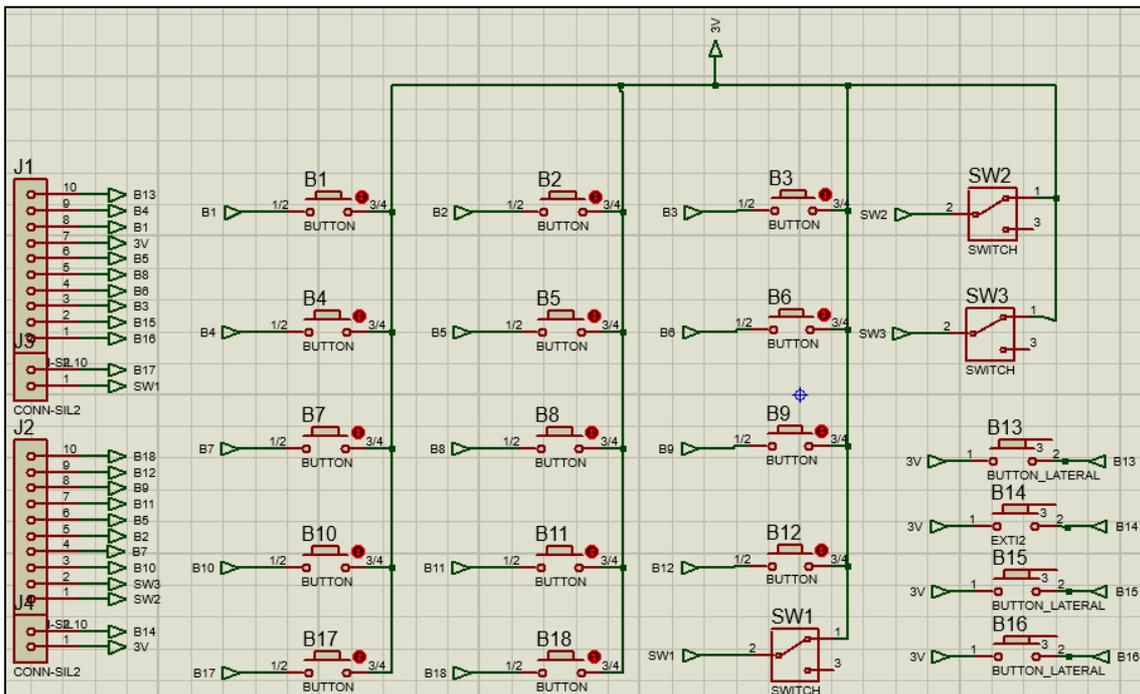


Figura 41- 2 Diseño de placa de teclado en Proteus

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

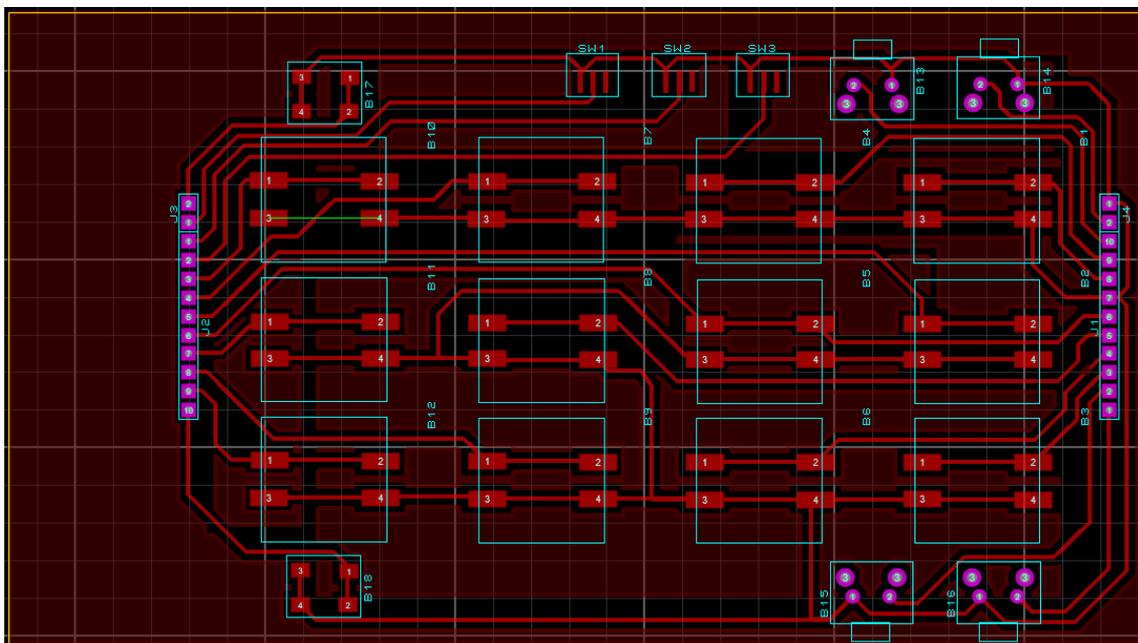


Figura 42- 2 Diseño de placa de teclado en Ares de Proteus

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

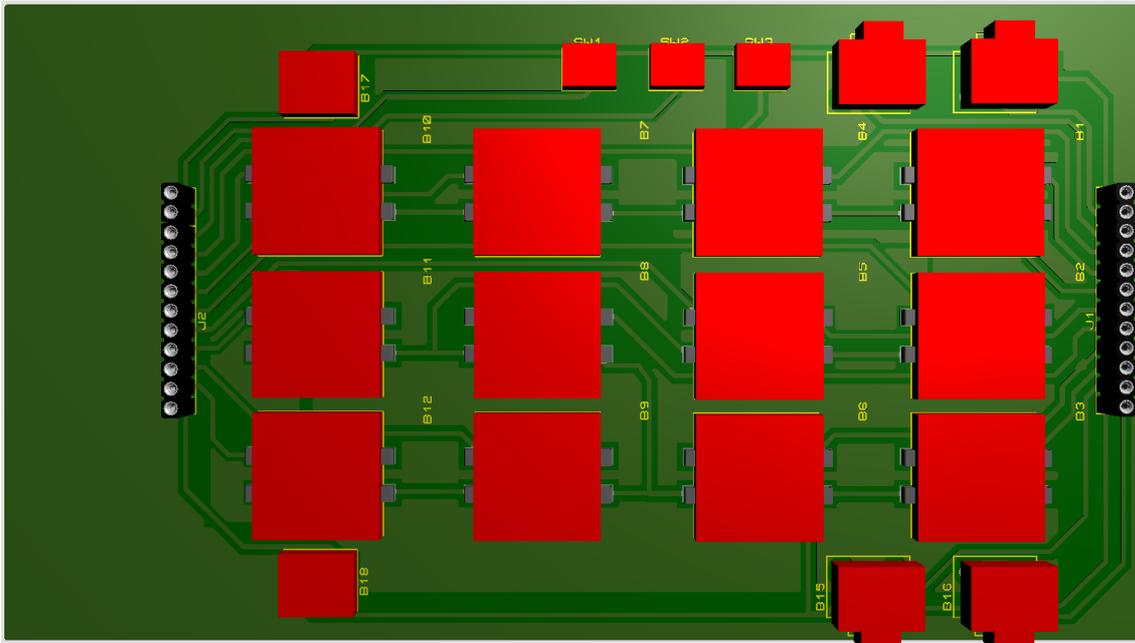


Figura 43- 2 Visión en 3D de la placa del Teclado

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

CAPITULO III

3 Tipo de Investigación

En el proyecto a realizar se usa la metodología descriptiva de tipo cuantitativa, debido a que se describe paso a paso el proceso para la realización del prototipo del dispositivo móvil, también se utilizan técnicas para la recolección de información como la encuesta, para determinar la funcionalidad del prototipo además del análisis y procesamiento de la información recolectada.

3.1 Población

El prototipo móvil desarrollado, está dirigido a mitigar ciertas necesidades de personas invidentes que son mayores a 30 años ya que son ellos los que se quedaron en medio del cambio tecnológico, por lo que no manejan fácilmente los celulares que utilizan ya que para su uso deben memorizar en donde está cada letra y número en un teclado, por tal razón el prototipo debido a su interfaz en Braille les facilita el manejo del mismo y les ayuda a practicar la codificación.

Además, el recurso de la geolocalización solo es útil para las personas invidentes que se movilizan en una zona urbana y en espacios abiertos ya que de lo contrario el prototipo no podrá determinar una geolocalización o ubicación.

3.2 Descripción del proyecto

El proyecto implementado es de carácter tecnológico, considerado como un dispositivo que asiste a personas invidentes, debido a que para la concepción de la interfaz de usuario se ha considerado la realización de un teclado físico basado en la codificación Braille, además de proveer la locución de su interacción con el usuario mediante una voz sintetizada.

3.3 MARCO DE PRUEBAS Y RESULTADOS

En la siguiente sección se indican las pruebas de evaluación realizadas para determinar la funcionalidad y facilidad de uso del prototipo de dispositivo móvil para invidentes, en los diferentes servicios que proporciona, al igual que se presentan los resultados obtenidos. Las pruebas del equipo móvil se realizaron en el Instituto para personas invidentes APRODVICH ubicada en la ciudad de Riobamba, dicha institución cuenta con 30 estudiantes.

3.4 Resultados de las encuestas realizadas en la Institución APRODVICH

Para obtener los resultados de la funcionalidad del equipo, se realizó encuestas con un total de 9 preguntas, en donde se registró las respuestas de cada persona al manipular el prototipo en las pruebas, al hacer acciones como: realizar y recibir llamadas, escribir mensajes, proporcionar la lectura de mensajes entrantes, etc.

A continuación, se muestran los resultados que se obtuvieron en dichas encuestas.



Figura 1- 3 Representación porcentual de la aceptación del producto

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

Tabla 1- 3 Tabla de frecuencias de la aceptación del producto

Valor	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)
SI	30	100%
NO	0	0%
Total	30	100%

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

Como se puede apreciar en la figura, se determina que de 30 personas encuestadas todas están de acuerdo con la existencia de un dispositivo móvil para invidentes desarrollado en el país, esto representa el 100% de la población en la prueba piloto, por tal motivo se puede establecer que el dispositivo tiene una buena aceptación.

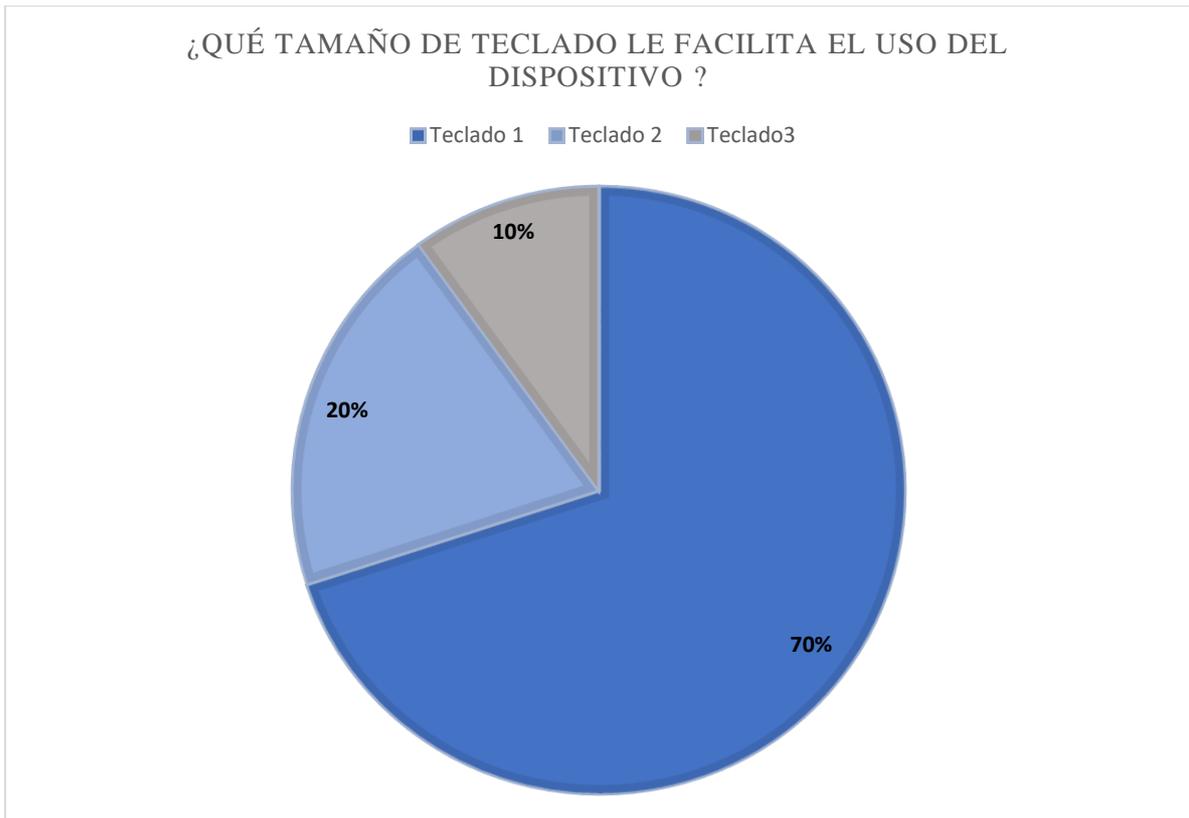


Figura 2- 3 Representación porcentual de los diferentes teclados

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

Tabla 2- 3 Tabla de frecuencias de la aceptación de los diferentes teclados

Valor	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)
Teclado 1	21	70%
Teclado 2	6	20%
Teclado 3	3	10%
Total	30	100%

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

Para proporcionar una comodidad aceptable en la manipulación del prototipo por parte de los usuarios, se presentó 3 opciones en cuanto a la separación entre teclas, dando como resultado que de 30 personas encuestadas 21 se inclinaron por el teclado 1, 6 se adaptaron al teclado 2 y 3 se inclinaron por el teclado 3 que respectivamente equivalen a un 70%, 20% y 10%.



Figura 3- 3 Representación porcentual de la funcionalidad del equipo al realizar llamadas

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

Tabla 3- 3 Tabla de frecuencias de la funcionalidad del equipo al realizar llamadas

Valor	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)
Fácil	30	100%
Difícil	0	0%
Total	30	100%

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

Para la determinación de la funcionalidad correcta del prototipo, la primera acción a evaluar fue la realización de llamadas, como resultado se obtuvo que para el total de las personas encuestadas esta acción es fácil, debido a que es muy similar al proceso que realizan en los dispositivos que utilizan normalmente.

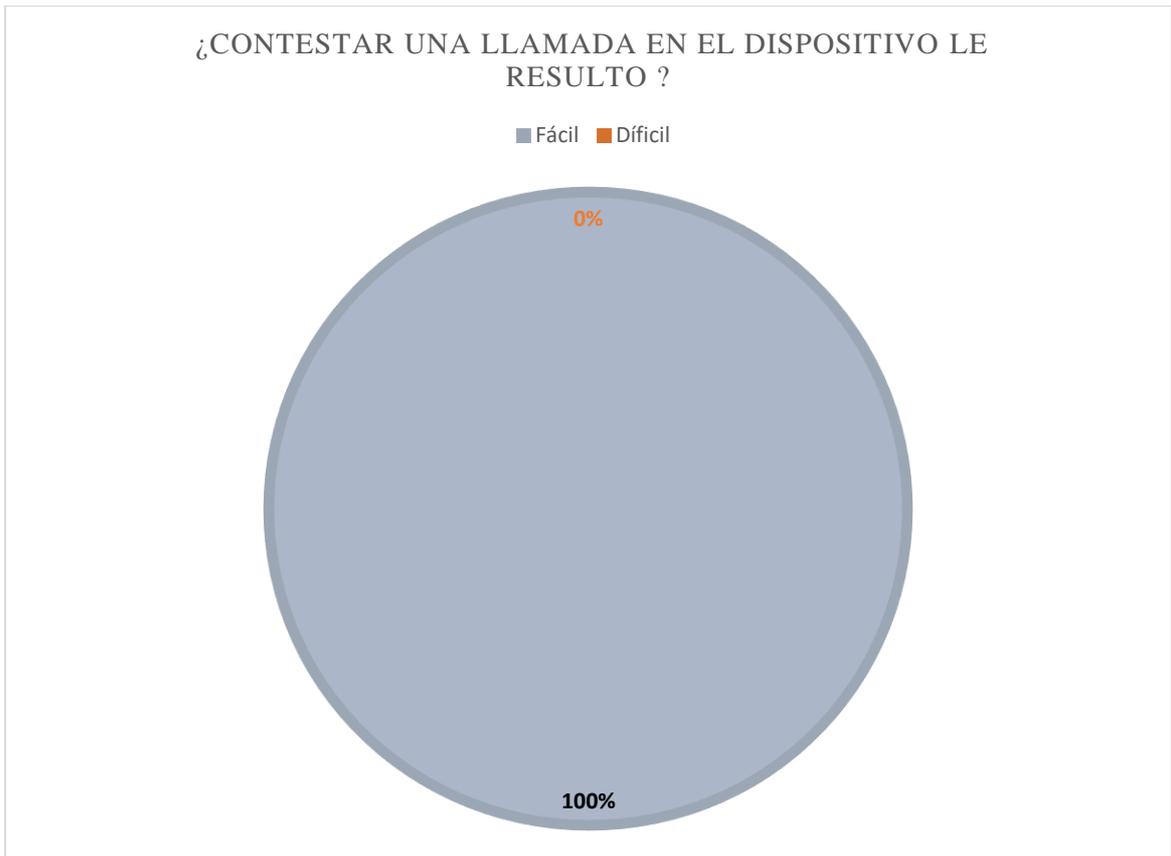


Figura 4- 3 Representación porcentual de la funcionalidad del equipo al recibir llamadas.

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

Tabla 4- 3 Tabla de frecuencias de la funcionalidad del equipo para contestar llamadas

Valor	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)
Fácil	30	100%
Díficil	0	0%
Total	30	100%

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

Como se puede apreciar en la figura 4-3, de la población encuestada el 100% establece que esta acción es fácil de realizar ya que no presentan ninguna complicación en la detección de la tecla a utilizar para así contestar la llamada.

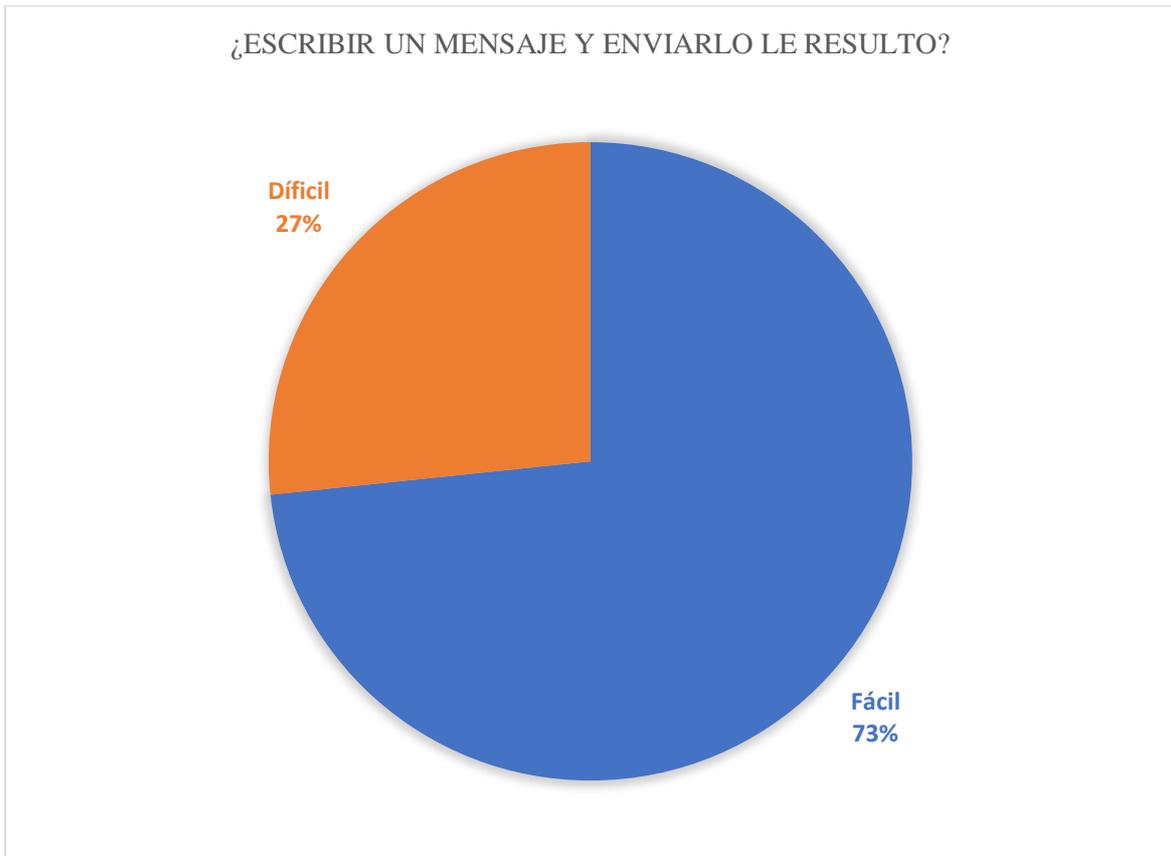


Figura 5- 3 Representación porcentual de la funcionalidad del equipo al escribir y enviar un mensaje
Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

Tabla 5- 3 Tabla de frecuencias de la funcionalidad del equipo para escribir y enviar un mensaje

Valor	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)
Fácil	22	73%
Difícil	8	27%
Total	30	100%

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

Los resultados obtenidos en la escritura y envió de mensajes fue que, de 30 personas encuestadas, 22 establecen que esta acción fue fácil de realizarla, ellos representan el 73% de la población mientras que para 8 personas fue dificultoso ejecutar con éxito la acción peticionada, pero añaden que con un poco de practica podrán realizar dicha acción y representan al 27% de la totalidad de personas encuestadas.

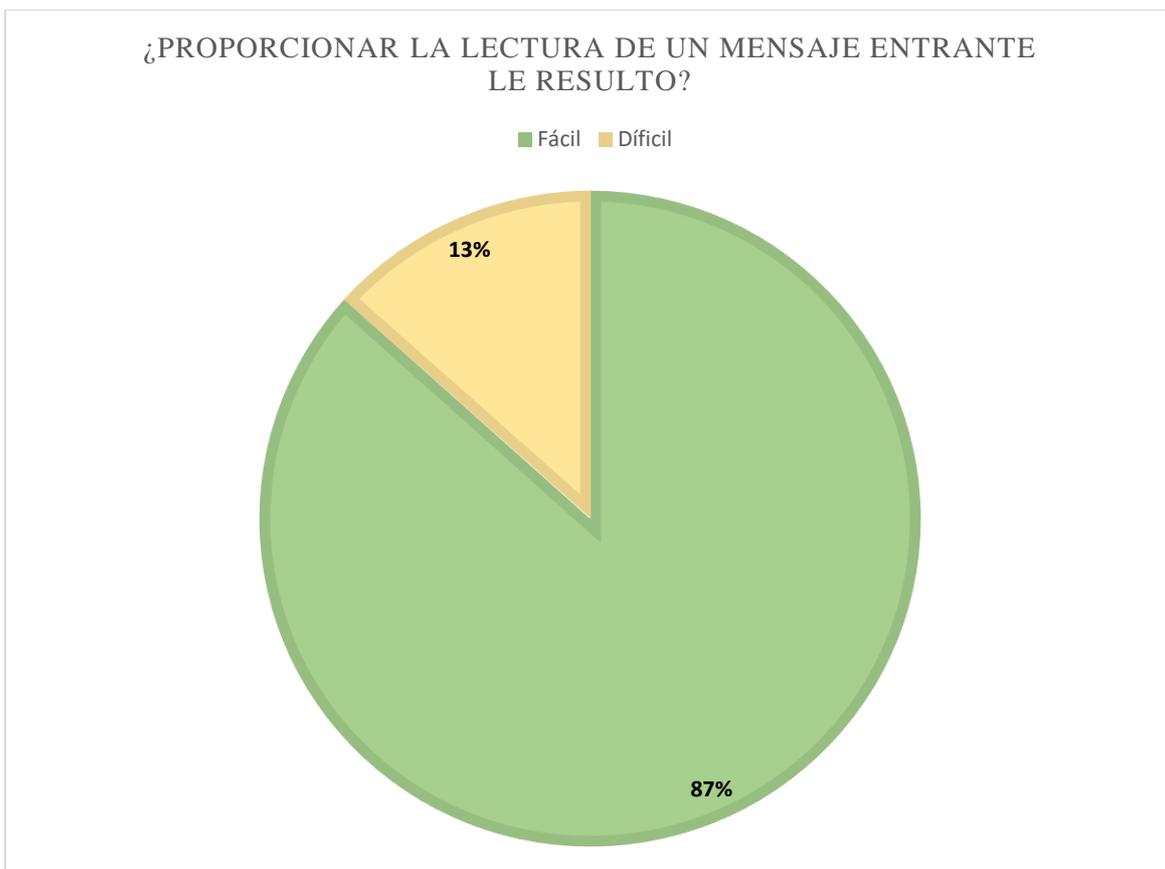


Figura 6- 3 Representación porcentual de la funcionalidad del equipo al proporcionar la lectura de mensajes

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

Tabla 6- 3 Tabla de frecuencias de la funcionalidad del equipo para la lectura de mensajes

Valor	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)
Fácil	26	87%
Difícil	4	13%
Total	30	100%

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

Como se puede apreciar en la figura 6-3, en esta acción 26 personas concluyeron con éxito lo solicitado y 4 no pudieron concluir dicha acción, representan al 87% y 13% de la población respectivamente.

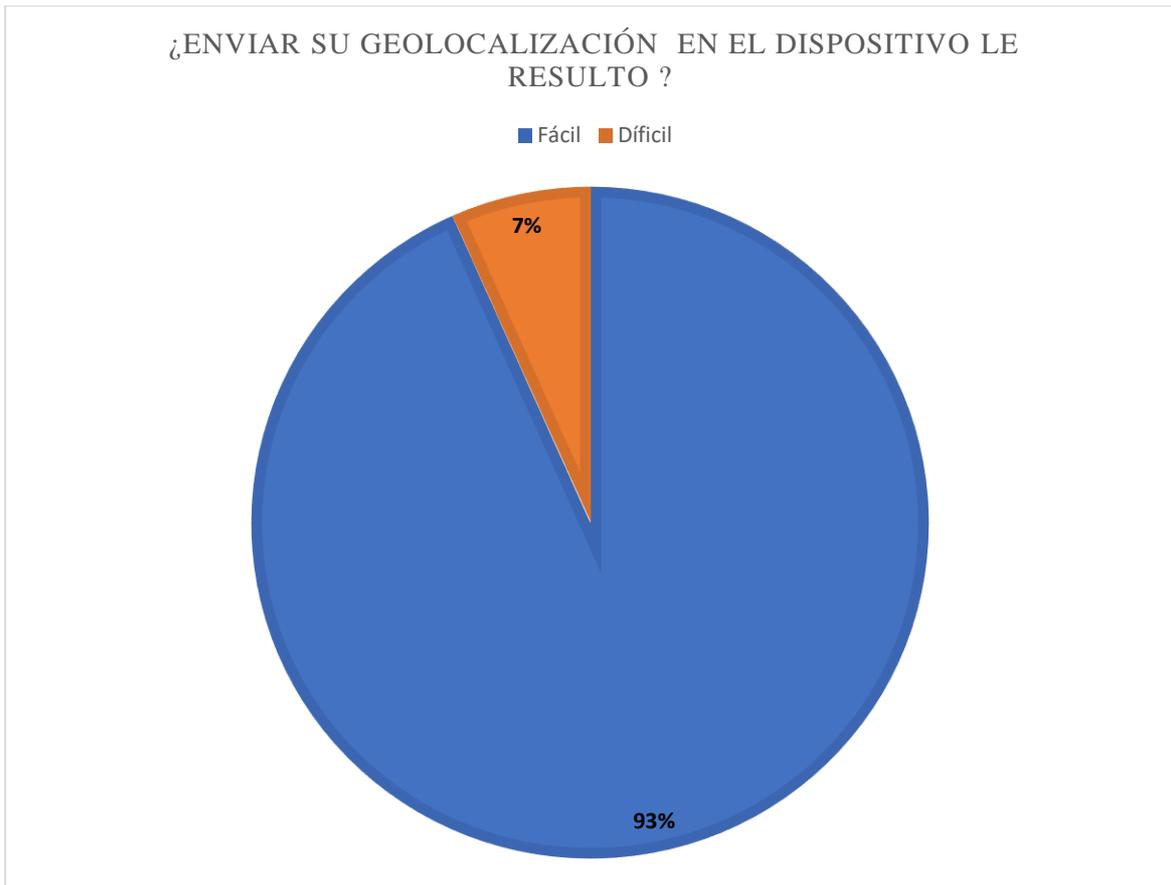


Figura 7- 3 Representación porcentual de la funcionalidad del equipo al enviar una localización

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

Tabla 7- 3 Tabla de frecuencias de la funcionalidad del equipo para proporcionar la geolocalización

Valor	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)
Fácil	28	93%
Difícil	2	7%
Total	30	100%

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

Para la evaluación en cuanto a la funcionalidad del prototipo es importante que el usuario pueda dominar esta acción ya que lo que se pretende es aumentar su grado de seguridad, los resultados obtenidos no son muy satisfactorios ya que un 7% de la población no pudo realizar la acción este porcentaje corresponde a 2 personas, lo ideal era que el 100% de la población pueda realizar esta acción.

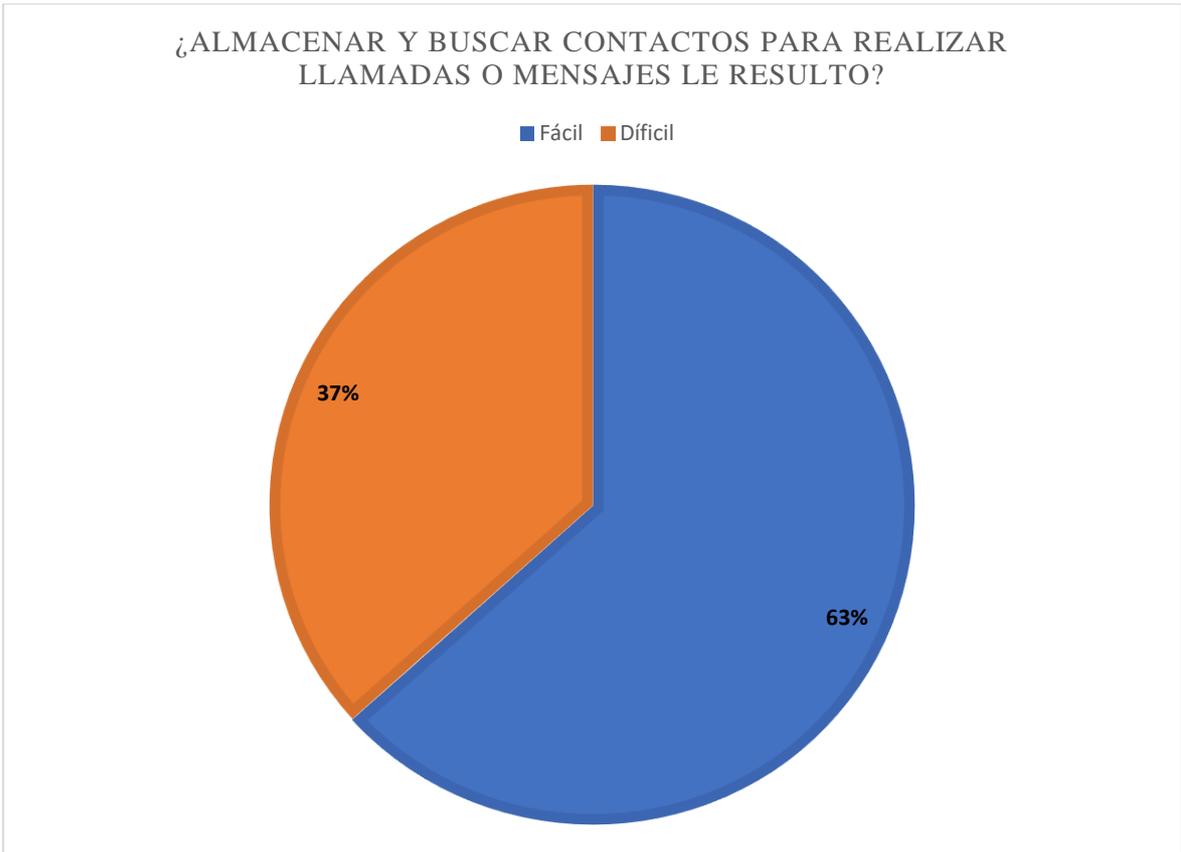


Figura 8- 3 Representación porcentual de la funcionalidad del equipo al almacenar y buscar contactos

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

Tabla 8- 3 Tabla de frecuencias de la funcionalidad del equipo para almacenar y buscar contactos

Valor	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)
Fácil	19	63%
Díficil	11	37%
Total	30	100%

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

En esta pregunta se encontró como resultado que 11 personas no lograron terminar la acción peticionada, en tanto que 19 personas lo han podido realizar sin problema alguno y respectivamente representan el 37% y 63% de la población.

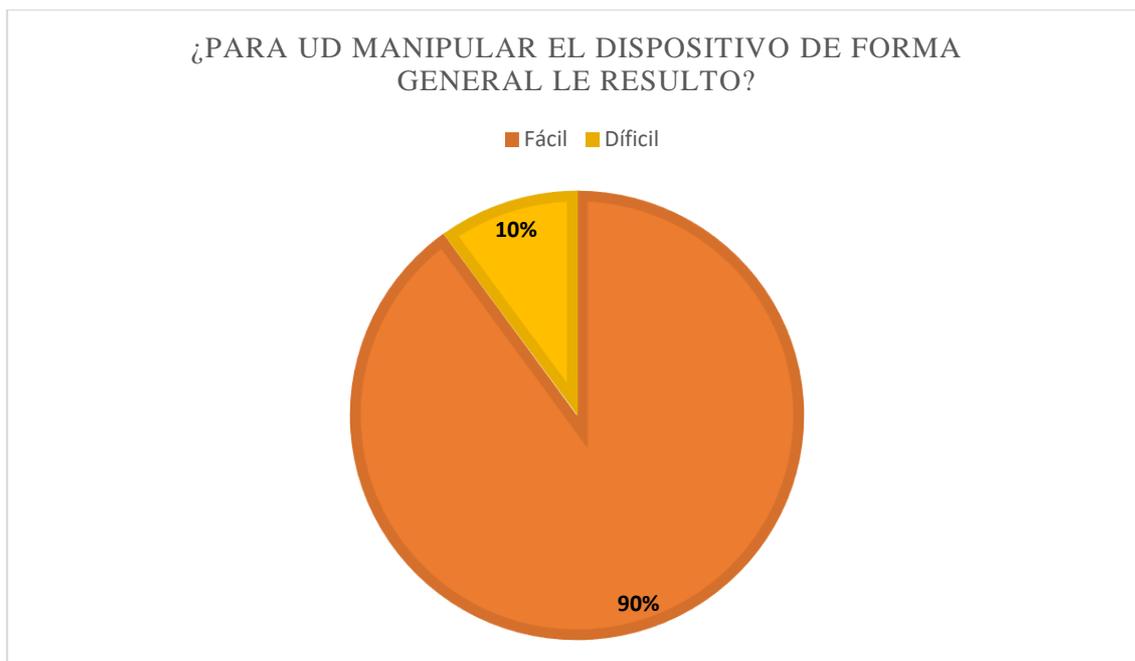


Figura 9- 3 Representación porcentual de la funcionalidad del equipo al manipular el prototipo de forma general

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

Tabla 9- 3 Tabla de frecuencias de la funcionalidad del equipo en su manipulación de forma general.

Valor	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)
Fácil	27	90%
Difícil	3	10%
Total	30	100%

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

Para la evaluación total en cuanto a la funcionalidad del prototipo se obtuvo que el 90% de la población pudo manejar el prototipo, este porcentaje representa a 27 personas de las 30 encuestadas, el resultado es satisfactorio ya que nos proporciona un indicativo de que la interfaz desarrollada para el prototipo es adecuada.

3.5 Comparación de la precisión de ubicación entre el prototipo móvil desarrollado y el equipo GPS Oregon 64S.

Para esta sección se partió de una prueba piloto de 30 ubicaciones, distribuidas en la ciudad de Riobamba, con el propósito de determinar la confiabilidad de la ubicación que puede proporcionar el prototipo móvil para invidentes en comparación con otro dispositivo GPS.

Las mediciones se realizaron con dos equipos: el prototipo móvil que ofrece una precisión menor a 2.5 metros usado para exteriores y el GPS Oregon 64s que brinda una precisión de 3.65 metros usado para actividades al aire libre sin importar la existencia de altos edificios o bosques.

Mediante la medición entre las ubicaciones dadas por los equipos se ha determinado un error aproximado en distancia, considerando el error proporcionado por los equipos, se tiene que el rango máximo de ubicación es de 6.15 metros por lo que si en las mediciones se pasa de esta limite indicaría que el prototipo no es adecuado ya que sumaría un error al radio establecido. El máximo error de distancia medido entre las ubicaciones proporcionadas por el prototipo móvil y el GPS 64s fue de 5.31 metros mientras que la distancia mínima fue de 0.41 metros.

Los dispositivos trabajan en diferentes condiciones, el GPS 64s posee características de procesamiento e información de doble frecuencia lo que permite el cálculo del posicionamiento con mayor precisión debido a la mitigación de errores en la señal a través de técnicas propias del dispositivo, a diferencia del prototipo que solo trabaja con una información limitada a la frecuencia (L1), sin embargo, éste nos ofrece una precisión de 2.5 metros respecto a los puntos localizados. La probabilidad de error del prototipo es menor que la del GPS 64s a pesar de las limitaciones que posee por lo tanto su rango de precisión está por debajo de lo establecido en el GPS 64s.

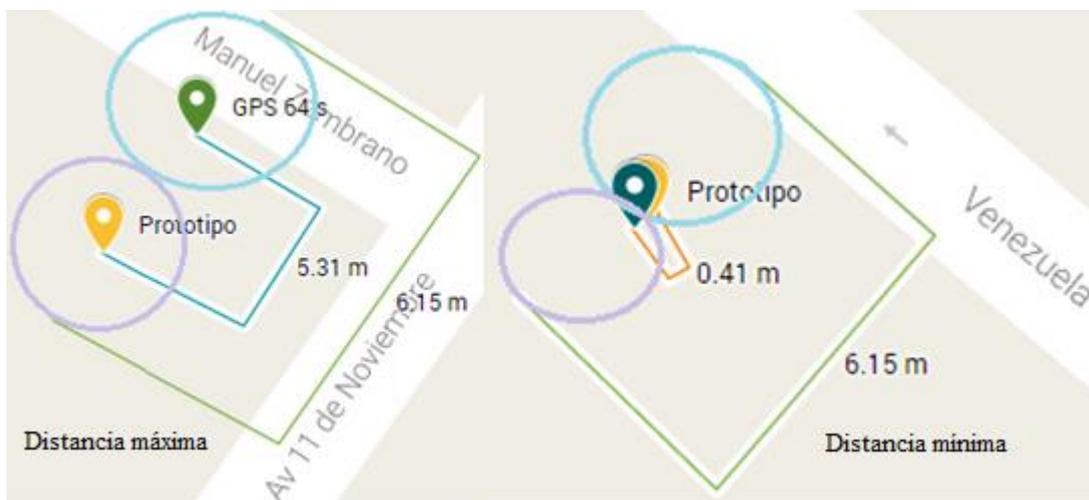


Figura 10- 3 Ubicaciones del prototipo móvil desarrollado y el equipo GPS Oregon 64S

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2016

Datos de posicionamiento				
Puntos	Punto de referencia	Prototipo móvil (coordenadas)	GPS 64S (coordenadas)	Distancia(m)
1	Semaforo de la ESPOCH esquina (AV.Canonigo Ramos)	-1.6560637833,-78.6708413833	-1.656076,-78.670839	1,6
2	Ave 11 de noviembre y Manuel Zambrano esquina	-1.6575673333,-78.6720813833	-1.657526,-78.672049	5,31
3	AV.Milton Reyes y Av. 11 de Noviembre esquina	-1.6585835500,-78.6724129166	-1.658540,-78.672386	5,12
4	Restaurante los Capis en la AV.Milton Reyes	-1.6592658333,-78.6715471500	-1.659247,-78.671541	2,92
5	Semaforo AV. Milton Reyes y Saint Amand Montrond	-1.6608263333,-78.6696092166	-1.660836,-78.669602	2,06
6	Semaforo AV. Milton Reyes y Via Ferrea (Ferreteria)	-1.6627573166,-78.6672560333	-1.662752,-78.667277	2,99
7	Semafor AV. Milton Reyes y Av La Prensa	-1.6645477166,-78.6649911500	-1.664570,-78.665003	3,7
8	Puerta Frente al Terminal Terrestre Av. La Prensa	-1.6625676500,-78.6634181666	-1.662559,-78.663418	1,63
9	Av.La Prensa y Av. Daniel León Borja Frente a UPC	-1.6620002666,-78.6630390166	-1.661991,-78.663034	1,81
10	Av. Daniel León Borja Frente a Iglesia Sta Faz	-1.6620576500,-78.6624133333	-1.662056,-78.662419	1,1
11	Av. Daniel León Borja y Jacinto Gonzalez Frente a ErcoTires	-1.6627962666,-78.6615824833	-1.662774,-78.661581	3,33
12	Av. Daniel León Borja y Autachi Frente a Procredit	-1.6633433833,-78.6609606333	-1.663315,-78.660985	5,16
13	Av. Daniel León Borja Frente a Hotel Zeus	-1.6641050166,-78.6600917500	-1.664091,-78.660091	1,95
14	Av. Daniel León Borja Frente a Yamaha	-1.6644962500,-78.6596530833	-1.664474,-78.659663	3,26
15	Av. Daniel León Borja y Av. Carlos Zambrano Frente a Gasolinera	-1.6648856500,-78.6591983333	-1.664877,-78.659206	2,06
16	Av. Carlos Zambrano Frente a Puerta Estadio Olimpico	-1.6666014833,-78.6596003833	-1.666864,-78.656422	4,48
17	Av. Carlos Zambrano y Av. Unidad Nacional Semaforo	-1.6675691500,-78.65992900	-1.667592,-78.659952	4,09
18	Calles Chile y Brazil Semaforo	-1.6689534333,-78.6589533166	-1.668969,-78.658966	2,9
19	Av. Unidad Nacional y Uruguay Esquina	-1.6686866833,-78.6576444166	-1.668675,-78.657698	5,29
20	Semaforo Av. Unidad Nacional y Av. Miguel Angel León Frente Plaza de	-1.6688884666,-78.6564190166	-1.667648,-78.651293	3,51
21	Av. Miguel Angel León y Av. Daniel León Borja Frente Tropiburguer	-1.6684019000,-78.6556047166	-1.668422,-78.655629	4,4
22	Av. Miguel Angel León y José Orozco Parque 21 de Abril	-1.6664180000,-78.6539968666	-1.666405,-78.654020	3,38
23	Argentinos y Juan Lavalle Frente Iglesia Loma de Quito	-1.6665557166,-78.6526414500	-1.666573,-78.652642	2,65
24	Argentinos y Carabobo pasando el Semaforo	-1.6676324666,-78.6512830666	-1.667648,-78.651293	2,46
25	Calles Vecente Rocafuerte y Junin Esquina	-1.6675902500,-78.6503194333	-1.667564,-78.650338	3,77
26	Calles Vecente Rocafuerte y Venezuela Esquina	-1.6664117833,-78.6493577666	-1.666413,-78.649358	0,41
27	Av. Antonio José de Sucre Frente Gasolinera P y S	-1.6656080000,-78.6492615833	-1.665642,-78.649292	4,98
28	Av. Antonio José de Sucre Frente Redondel Comil	-1.6637453666,-78.6493022166	-1.663765,-78.649321	3,08
29	Cap. Edmundo Chiriboga y Av. Antonio José de Sucre Esquina	-1.6605422000,-78.6482631333	-1.660554,-78.648246	2,43
30	Cap. Edmundo Chiriboga Bajando 100m Taques de Agua	-1.6592362333,-78.6496648000	-1.659251,-78.649646	2,88

Figura 11- 3 Puntos de la ciudad tomados con el dispositivo desarrollado y el GPS Oregon 64S

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

3.6 Variabilidad del prototipo de dispositivo móvil para invidentes

Para determinar la confiabilidad del equipo, también se ha hecho una prueba de estabilidad al realizar 13 mediciones en un mismo punto, para lo cual se aplica un análisis estadístico mediante la t de student.

Para este análisis primero se debe probar si los datos siguen una distribución normal, en vista de que el tamaño de la muestra es pequeño se aplica el test de Shapiro-Wilk el cual ayuda a identificar si los datos siguen o no una distribución normal, los procesos estadísticos se calcularon mediante la herramienta R Commander.

Tabla 10- 3 Tabla de datos de la repetitividad de una ubicación

Datos de repetitividad de una ubicación		
Coordenadas del punto de referencia	Coordenadas	Distancia (m)
Cap. Edmundo Chiriboga a 100m de los tanques de agua. -1.6594013833,-78.6495795666	-1.6594000166,-78.6495805166	0
	-1.6594004166,-78.6495760666	0.58
	-1.6593904000,-78.6495868333	1.46
	-1.6594012833,-78.6495847166	0.57
	-1.6594004000,-78.6495728166	0.67
	-1.6594088000,-78.6495886833	1.41
	-1.6594015333,-78.6495811166	0.23
	-1.6593996833,-78.6495724500	0.74
	-1.6594015000,-78.6495664000	1.45
	-1.6593954166,-78.6495699833	1.22
	-1.6594080500,-78.6495722666	1.08
	-1.6594051000,-78.6495733500	0.81
	-1.6593988333,-78.6495685333	1.41

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

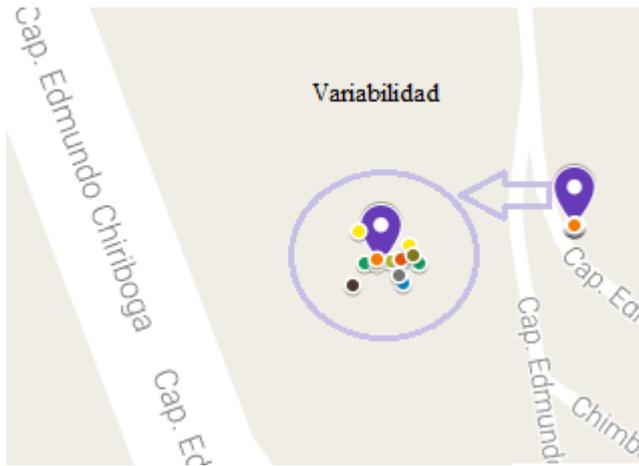


Figura 12- 3 Ubicaciones de la variabilidad del prototipo de dispositivo móvil para invidentes

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

3.7 Test de Shapiro-Wilk

3.7.1 Planteamiento de la hipótesis

Ho: Las distancias siguen una distribución normal

H1: Las distancias no siguen una distribución normal

3.7.2 Nivel de significancia

Se trabaja con una confiabilidad del 95 % por tal motivo el nivel de significancia es de $\alpha = 0.05$

3.7.3 Determinación del estadístico de prueba de shapiro test mediante el R Commander

```
> Distancias=c(0,0.58,1.46,0.57,0.67,1.41,0.23,0.74,1.45,1.22,1.08,0.81,1.41)
> shapiro.test(Distancias)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  Distancias
W = 0.9181, p-value = 0.2365
```

Figura 13- 3 Resultados del R Commander al aplicar el test de Shapiro-Wilk

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

p-value < α Ho se rechaza

p-value > α Ho no se rechaza

En función a los resultados se concluye que la hipótesis nula no se rechaza, es decir que las distancias siguen una distribución normal.

3.8 Análisis de la prueba de hipótesis

3.8.1 Planteamiento de la hipótesis

Ho: $\mu > 2.5$

H1: $\mu < 2.5$

3.8.2 Nivel de significancia

Se trabaja con una confiabilidad del 95 % por tal motivo el nivel de significancia es de $\alpha = 0.05$

3.8.3 Determinación del estadístico de prueba de la t de student mediante el R Commander y su fórmula

```
> mean(Distancias)
[1] 0.8946154
> sd(Distancias)
[1] 0.4854142
> t.test(Distancias,mean=2.50)

      One Sample t-test

data:  Distancias
t = 6.645, df = 12, p-value = 2.377e-05
alternative hypothesis: true mean is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.6012825 1.1879482
sample estimates:
mean of x
0.8946154
```

Figura 14- 3 Resultados del R Commander al determinar la T de Student

Fuente: CASTILLO, Marcela, 2017

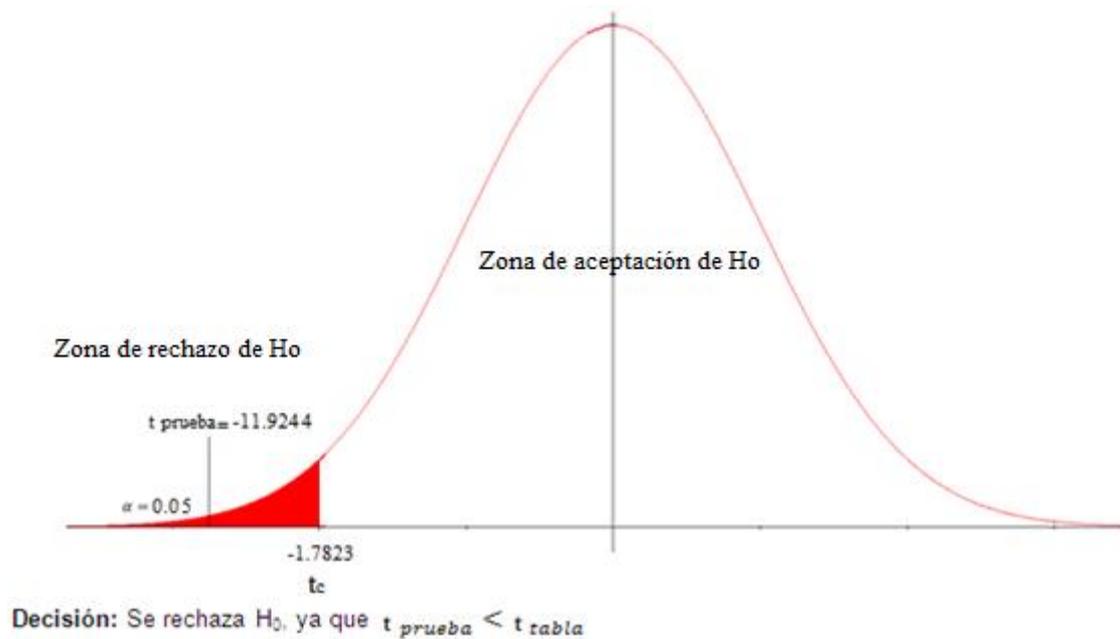
Para obtener el resultado de la t de student mediante la fórmula, se necesita de los valores como la media y la desviación estándar que anteriormente fueron calculadas mediante el uso del R Commander, por lo tanto, se procede a reemplazar los datos y posteriormente realizar la interpretación acerca de que hipótesis se acepta tomando en cuenta el valor crítico que se puede visualizar en la tabla de la t de student.

$t_{n-1} = \frac{X-\mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$	X Media S desviación estandar n tamaño de la muestra
$t_{n-1} = -11.9244$	

Figura 15- 3 Fórmula usada para la T de Student

Fuente: <http://www.statisticslectures.com/images/student1.gif>

Realizado: CASTILLO, Marcela,2017



α n-1	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,025
1	1,0000	1,3764	1,9626	3,0777	6,3138	12,7062
2	0,8165	1,0607	1,3862	1,8856	2,9200	4,3027
3	0,7649	0,9785	1,2498	1,6377	2,3534	3,1824
4	0,7407	0,9410	1,1896	1,5332	2,1318	2,7764
5	0,7267	0,9195	1,1558	1,4759	2,0150	2,5706
6	0,7176	0,9057	1,1342	1,4398	1,9432	2,4469
7	0,7111	0,8960	1,1192	1,4149	1,8946	2,3646
8	0,7064	0,8889	1,1081	1,3968	1,8595	2,3060
9	0,7027	0,8834	1,0997	1,3830	1,8331	2,2622
10	0,6998	0,8791	1,0931	1,3722	1,8125	2,2281
11	0,6974	0,8755	1,0877	1,3634	1,7959	2,2010
12	0,6955	0,8726	1,0832	1,3562	1,7823	2,1788
13	0,6938	0,8702	1,0795	1,3502	1,7709	2,1604

Figura 16- 3 Representación de los resultados aplicando la T de Student

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos93/distribucion-t-student-empleando-excel-y-graph/image33.jpg>

Realizado: CASTILLO, Marcela,2017

Aduciendo que la precisión es menor a 2.5 m se rechaza la hipótesis nula en función a los resultados, por lo que se concluye que el equipo es estable a un nivel de significancia del 0.05.

CONCLUSIONES.

- La opción de tener una tecla por cada caracter alfabético y numérico en el prototipo, implica un tamaño inadecuado para su fácil manipulación, por lo que el diseño de la interfaz de usuario por teclado se basó en el signo generador usado en Braille que está compuesto de dos columnas de 3 puntos cada una, la separación entre estos puntos es estándar, lo que implica utilizar en el prototipo teclas que puedan contener los caracteres numéricos Braille en relieve con su tamaño establecido, para no perder sensibilidad al momento de reconocerlos por medio del tacto.
- Para la lectura de un mensaje de texto recibido desde el módulo GSM se necesitó del apoyo de la codificación ASCII para su transmisión hacia el sintetizador de voz, debido a que los dos módulos pueden entender la misma codificación, reduciendo la posible distorsión del mensaje.
- El dispositivo Emic2 tiene la capacidad de sintetizar frases de texto a voz, para lo cual se elevó la velocidad hasta un punto máximo en el cual el contexto del mensaje sea comprensible.
- Mediante las encuestas y estudios realizados, se pudo determinar que el desarrollo del prototipo tiene gran tendencia a aumentar la igualdad de acceso en las TIC a las personas no videntes de avanzada edad.
- La precisión y la repetitividad de la geolocalización brindada por el prototipo para la ubicación de las personas son adecuadas ya que no requiere que sean exactas como en casos críticos de navegación.
- Debido a que el formato de la información de la geolocalización del módulo SIM908 está dado en cifras concatenadas de grados con minutos se requirió realizar un algoritmo para separar esta información, con lo cual se pudo percibir que es necesario trabajar con la mayor cantidad de cifras decimales ya que estas pueden aumentar el grado de presión al momento de proporcionar una ubicación.
- En el análisis de la información recolectada en el proceso de la manipulación del prototipo se determinó que el 90% de la población pudo probar con éxito las funcionalidades disponibles, con lo que se concluye que la interfaz desarrollada en el prototipo es adecuada.

RECOMENDACIONES.

- Para el uso del prototipo por personas con bajo grado de visión, se recomienda que se agregue una identificación gráfica con un buen contraste de colores en las teclas numéricas además del relieve original.
- Realizar el cambio automático de la salida de audio del prototipo móvil con el uso de los Jack de audio 3.5 hembra con detector de plug.
- Juntar en un solo conector la salida de audio y el micrófono para los auriculares con los Jack de audio 3.5 hembra de 4 contactos.
- Se recomienda dejar accesibles las configuraciones del sintetizador de voz como: el tipo de voz, idioma y velocidad en la interfaz de usuario ya que con ello se lo hará más versátil y aceptado por las personas no videntes.
- Para mejorar la precisión en el posicionamiento es recomendable implementar el sistema de GPS asistido o aumentar la sensibilidad de la antena.
- Para mejorar la efectividad en la localización se recomienda trabajar con un microcontrolador CortexM4 debido a que esta familia cuenta con la característica de operaciones en punto flotante facilitando.
- Se recomienda proteger al microcontrolador de las ondas de frecuencia de las antenas GPS y GSM utilizando una jaula de Faraday ya que pueden hacer que el microcontrolador del prototipo no trabaje de forma adecuada.
- Para reducir el tamaño del dispositivo se recomienda diseñar y realizar una antena microestrep tanto para las frecuencias de GSM como de GPS.

GLOSARIO.

ARM	Architecture RISC Machine.
ASCII	American Standard Code for Information Interchange ò Estándar Americano para intercambio de información.
CDMA	Code Division Multiple Access ò acceso múltiple por división de código.
CR	Carriage Return.
DMA	Direct Memory Access ò Acceso directo a memoria.
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution.
FDMA	Frequency Division Multiple Access ò acceso múltiple por división de frecuencia.
GNSS	Global Navigation Satellite System ò sistema satelital de navegación global.
GPIO	General Purpose Input/Output ò Entrada/Salida de propósito general.
GPRS	General Packet Radio Service (GPRS) ò Servicio general de paquetes vía radio.
GPS	Global Positioning System ò Sistema de posicionamiento global.
GSM	Global System for Mobile ò Sistema Global para las comunicaciones móviles.
HSE	High Speed External.
IDE	Integrated Development Environment ò Entorno de desarrollo integrado.
IRQ	Interrupt ReQuest ò líneas de interrupción.
JTAG	Joint Test Action Group.
LF	Line Feed ò Salto de línea.
NMEA	National Marine Electronics Association.
NVIC	Nested Vector Interrupt Controller.
OMS	Son las siglas de la Organización Mundial de la Salud.
PDOP	Position Dilution of Precision ò Dilución de precisión de posición
PWM	Pulse Width Modulation ò Modulación por ancho de pulsos.
RISC	Reduced Instruction Set Computer.
TDMA	Time Division Multiple Access ò acceso múltiple por división de tiempo.
TIC	Tecnologías de la información y la comunicación.
TTF	Time to First Fix.
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter ò Transmisor-Receptor Asíncrono Universal.
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System ò Sistema universal de telecomunicaciones móviles.
USB	Universal Serial Bus ò bus universal en serie.

BIBLIOGRAFÍA.

ARMKEIL Microcontroller Tools. MDK Microcontroller Development Kit. [En línea]. 2016.

[consulta: 9 de diciembre del 2016].

<http://www2.keil.com/mdk5>

AGÜERO, Pablo Daniel. Síntesis de voz aplicada a la traducción voz a voz. (Tesis) (Doctoral). [En línea]. Universidad Politécnica de Catalunya. Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones. Barcelona- España. 2012. pp. 9-11.

[consulta: 2 de diciembre del 2016].

<http://nlp.lsi.upc.edu/publications/papers/phdaguero12.pdf>

BASTERRETCHÉ, J. Dispositivos Móviles. (TESIS) (Licenciatura en Sistemas) [pdf].

Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensura.

Licenciatura en Sistemas. Corrientes- Argentina 2007. pp 7-11

[consulta: 27 de octubre del 2016].

<http://exa.unne.edu.ar/informatica/SO/tfbasterretche.pdf>

BENALCÁZAR, Frank., & ARÉVALO, Jorge., & VALDIVIESO, Carlos. Comunicación UART de la PC con la Plataforma Interactiva creada, basada en la tarjeta de desarrollo AVR BUTTERFLY a través del puerto serie RS232. [pdf]. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación. Guayaquil- Ecuador. 2012. pp. 2-3.

[consulta: 9 de diciembre del 2016].

https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/20833/1/Frank%20Benalcazar_Jorge%20Arvalo_Paper.pdf

BLUEHACK. Comandos AT. 2005. [En línea].

[consulta: 7 de diciembre del 2016].

<http://bluehack.elhacker.net/proyectos/comandosat/comandosat.html>

CALIFORNIA. ARM. Thumb-2 instruction set. [En línea]. California- San José. 2007
[consulta: 9 de diciembre del 2016]
<http://infocenter.arm.com/help/index.jsp?topic=/com.arm.doc.ddi0344c/Beiiiegaf.html>

CALIFORNIA. ARM. Cortex-M0 Processor. [En línea]. California- San José. 2007
[consulta: 9 de diciembre del 2016]
<https://www.arm.com/products/processors/cortex-m/cortex-m0.php>

CALIFORNIA. ARM. Cortex-M0 Processor. [En línea]. California- San José. 2016
[consulta: 5 de diciembre del 2016].
<http://linuxdevices.linuxgizmos.com/smallest-lowest-power-arm-core-debuts/>

CALIFORNIA. ARM. Datasheet. [pdf]. California- San José: STMicroelectronics. 2017
[consulta: 19 de febrero del 2017].
<http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/a4/5d/0b/0e/87/c4/4d/71/DM00088500.pdf/files/DM00088500.pdf/jcr:content/translations/en.DM00088500.pdf>

CASTILLO, Víctor., & MENCHACA, Rolando. Arquitectura básica de una plataforma para sistemas móviles extensibles. [pdf]. Centro de investigación en computación-IPN. Unidad Profesional Adolfo López Mateos. Ciudad de México- México. p. 2.
[consulta: 2 de diciembre del 2016].
<http://www.oocities.org/vidasoftwareinc/CronOS/EINucleoCronOS.pdf>

CHINA. A COMPANY OF SIM TECH. SIM908 AT Command Manual_V1.01. [En línea]. Shanghai-China. SIMCom. 2011.
[consulta: 29 de octubre del 2016].
http://image.dfrobot.com/image/data/TEL0051/3.0/SIM908_AT%20Command%20Manual_V1.01.pdf

CORNEJO ORTEGA, Angel., & TINTIN SUQUILANDA, Jorge. Diseño, construcción e implementación de un sistema de telemetría utilizando tecnología GSM; para el monitoreo de los parámetros de temperatura, presión de aceite, velocidad de giro del motor y velocidad de desplazamiento de un vehículo Chevrolet optra 2008. (Tesis). [pdf]. Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, Facultad de Ingenierías. Ingeniería Mecánica Automotriz. Cuenca-Ecuador. 2010. p. 19.

[consulta: 28 de octubre del 2016].

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1114/23/UPS-CT001987.pdf>

ECUADOR. CONSEJO NACIONAL PARA LA IGUALDAD DE DISCAPACIDADES. Información estadística de personas con discapacidad. [En línea]. Quito-Ecuador. CONADIS. 2016.

[consulta: 29 de octubre del 2016].

<http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadistica/index.html>

ESTADOS UNIDOS. GARMIN. Manual del usuario. [En línea]. Kansas-Estados Unidos. 2013 [consulta: 24 de febrero del 2017].

http://static.garmincdn.com/pumac/GPSMAP64_OM_ES.pdf

ESTONIA, SIM908. [En línea]. Tallin- Estonia. SIMCom

[consulta: 6 de diciembre del 2016].

<http://simcom.ee/modules/gsm-gprs-gps/sim908/>

FRANCIA. STM32CUBEMX. STM32Cube initialization code generator. [En línea]. Francia-París. 2016.

[consulta: 9 de diciembre del 2016].

<http://www.st.com/en/development-tools/stm32cubemx.html>

GUENAGA, L. & BARRIER, A. & EGUÍLUZ, A. La accesibilidad y las tecnologías en la información y la comunicación [pdf]. Madrid- España, Universidad de Deustro. 2007. pp 156-158 [consulta: 9 de diciembre del 2016].

http://www.trans.uma.es/pdf/Trans_11/T.155-169BarbieryEguiluz.pdf

HERNANDEZ MURO, Alexandra. *Venta del primer celular Braille del mundo.* Lima-Perú. [En línea]. 2014.

[Consulta: 27 de septiembre del 2016].

<http://www.sophimania.pe/tecnologia/robotica-e-inteligencia-artificial/sale-a-la-venta-el-primer-celular-braille-del-mundo/>

INZAURRALDE, Martin., & ISI, Jorge., & GARDERES, Javier. Telefonía Celular. [pdf] Universidad de la República. Facultad de Ingeniería Montevideo-Uruguay. 2014. pp 22-26.

[consulta: 28 de octubre del 2016].

http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-06_11-27-11104608.pdf

LETHAM, Lawrence. GPS fácil. Uso del sistema de posicionamiento global [Web]. Barcelona-España: Editorial Paidotribo, 2001. pp.5-40

[consulta: 1 de noviembre del 2016].

[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=orjnvjPqELcC&oi=fnd&pg=PA5&dq=sistema+de+posicionamiento+global+\(GPS\)&ots=IkzuFHfw8P&sig=VkbuoYqW_giymUf4iQC6vS0B0hM#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=orjnvjPqELcC&oi=fnd&pg=PA5&dq=sistema+de+posicionamiento+global+(GPS)&ots=IkzuFHfw8P&sig=VkbuoYqW_giymUf4iQC6vS0B0hM#v=onepage&q&f=false)

LÓPEZ MONTES, Daniel. Fusión sensorial para la estimación del estado de un vehículo autónomo. [pdf]. Universidad de Cantabria. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación. Cantabria- España. 2016. pp. 80-82.

[consulta: 6 de diciembre del 2016].

<https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/8656>

MARTÍNEZ LIÉBANA, Ismael & POLO CHACÓN, Delfina. Guía didáctica para la lectoescritura Braille [En línea]. Madrid- España: Grafica IRC, 2004.

[consulta: 27 de noviembre del 2016].

<http://www.discapnet.es/Castellano/comunidad/websocial/Recursos/Documentos/Tecnica/Documentos/8bbe9f5084964c448b5404777f55e24bLectoescritura.pdf>

NOTICIASDOT.COM. *Móviles y Telecomunicaciones.* Santiago-Chile. [Línea]. 2014.

[Consulta: 26 de septiembre del 2016].

<http://www.noticiasdot.com/publicaciones/2004/0404/0104/noticias010404/noticias010404-4.htm>

ORTEGA HERMIDA, Camila. Tecnología asistiva para ciegos. Bogotá-Colombia. [blog] 2013.

[Consulta: 9 de diciembre del 2016].

<http://www.youngmarketing.co/tecnologia-asistiva-para-ciegos/>

PETERSON, Josh. Navigazione satellitare e dintorni. Roma-Italia. [blog] 2012.

[Consulta: 9 de diciembre del 2016].

<http://gnss-info.blogspot.com/2012/01/formato-nmea-usato-dai-ricevitori-gps.html>

PARALLAX. Emic Text-to-Speech Module. 2015. [En línea].

[consulta: 7 de diciembre del 2016].

<https://www.parallax.com/sites/default/files/downloads/30016-Emic-2-Text-To-Speech-Documentation-v1.2.pdf>

REINOSO GARCÍA, Andy Rafael., & TOCAÍN VILLARRUEL, Chistian Andrés. Diseño de un prototipo para controlar un semáforo inteligente usando tecnologías GSM/GPRS y Wireless CPU sobre una plataforma open-soft (Linux). (Tesis). [Repositorio Digital EPN]. Quito- Ecuador, Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. 2009. pp. 38-47.

[consulta: 29 de octubre del 2016].

<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1588>

ROMERO, Marcelo., & MARTÍNEZ, Eduardo. Microcontroladores de 32 bits ARM. [pdf]. Universidad de Belgrano. Facultad de Ingeniería y Tecnología Informática. Buenos Aires- Argentina. 2010. pp. 2-4.

[consulta: 3 de diciembre del 2016].

<http://184.168.109.199:8080/xmlui/handle/123456789/4868?show=full>

ROMERO SÁNCHEZ, Andrés. Cartografía asistida para personas ciegas, en teléfonos o tabletas Apple. [pdf]. Madrid- España. Universidad Autónoma de Madrid. Departamento de Tecnología Electrónica y de Comunicaciones. 2014. pp 13-14.

[consulta: 26 de octubre del 2016].

https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/662136/romero_sanchez_andres_pfc.pdf?sequence=1

SALAZAR ESPINOZA, Christian Fernando. Diseño e Implementación de un Sistema de Seguridad para un Automóvil con Autenticación por Reconocimiento Facial Utilizando Técnicas de Visión Artificial. (Tesis). [Pregrado]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales. Riobamba- Ecuador, 2016. pp. 36-37.

[consulta: 9 de diciembre del 2016].

<http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/5008>

SUIZA. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Ceguera y discapacidad visual. [En línea]. Ginebra-Suiza. OMS. 2016. p.1

[consulta: 25 de octubre del 2016].

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/es/>

SUIZA. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Que es la accesibilidad de los medios electrónicos. [En línea]. Ginebra-Suiza. OMS. 2016. p.1

[consulta: 27 de octubre del 2016].

<http://www.who.int/features/qa/50/es/>

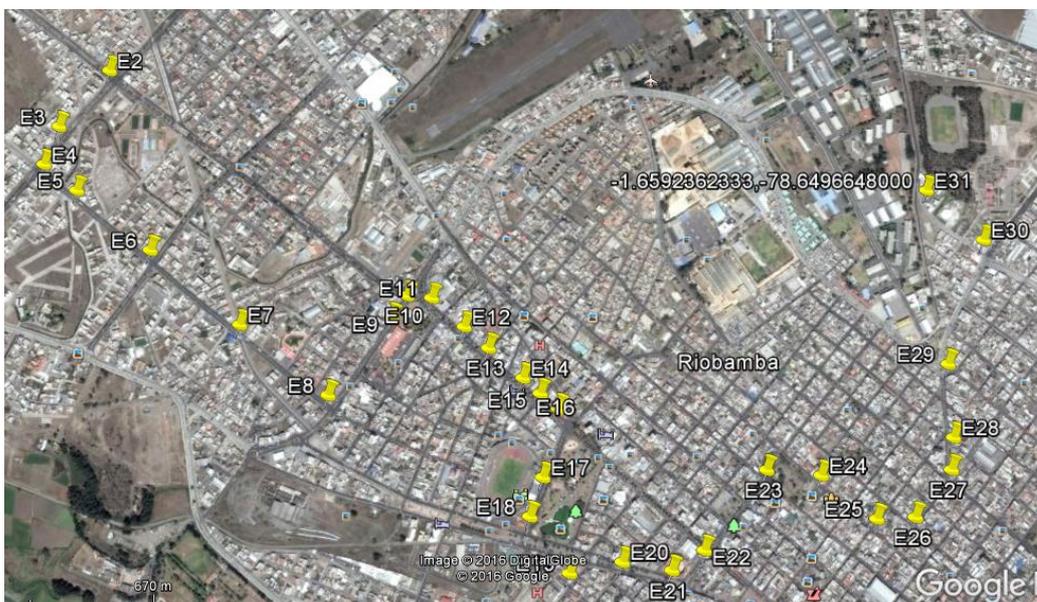
WOLF, Stanley., & SMITH, Richard. Guía para Mediciones Electrónicas y Prácticas de Laboratorio [En línea]. Madrid- España: Pearson Educación, 1992. pp. (17-21)

[consulta: 30 de noviembre del 2016].

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=MjOQ7SNievEC&oi=fnd&pg=PA1&dq=codificacio+n+binaria+&ots=hiedVhps9Y&sig=-r5X9MBIXRO-VTuf75O11mnVNw8#v=onepage&q&f=false>

ANEXOS

ANEXO A: UBICACIONES EN GOOGLE MAPS CON EL PROTOTIPO MÓVIL



ANEXO B: UBICACIONES EN GOOGLE MAPS CON EL DISPOSITIVO GPS 64S.



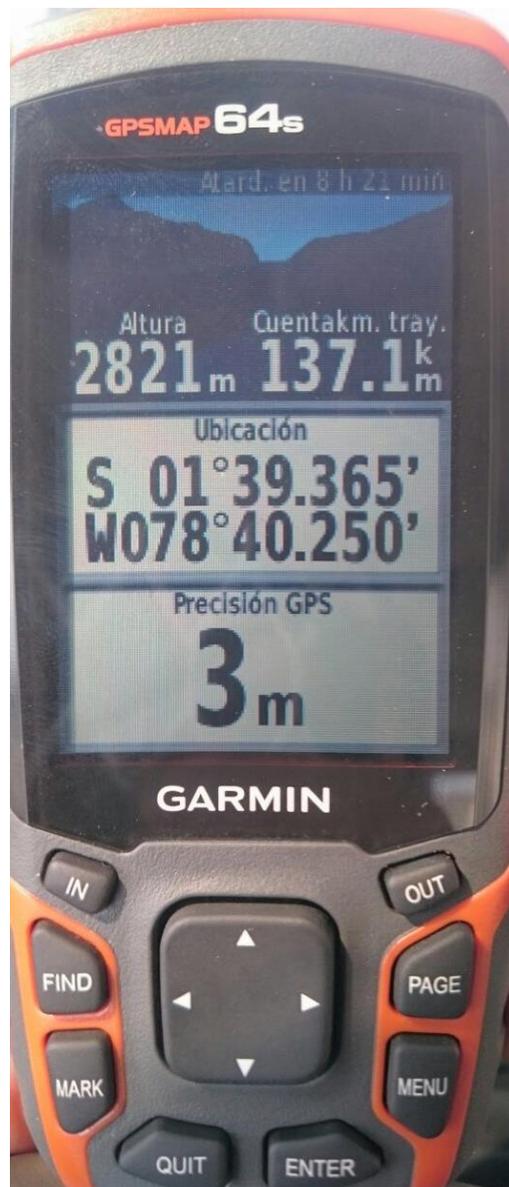
ANEXO C: FORMATO DE LA ENCUESTA REALIZADA

ENCUESTA PARA PERSONAS INVIDENTES EN LA INSTITUCION APRODVICH			
Nº	Preguntas	Respuestas	
1	¿Le gustaría que en el mercado ecuatoriano existiera un teléfono celular para invidentes?	SI	NO
2	¿Qué tamaño de teclado le facilita el uso del dispositivo ?	Teclado 1	Teclado 2 Teclado 3
3	¿Contestar una llamada en el dispositivo le resulta ?	Fácil	Difícil
4	¿Realizar una llamada en el dispositivo le resulta?	Fácil	Difícil
5	¿Escribir un mensaje y enviarlo le resulta?	Fácil	Difícil
6	¿Proporcionar la lectura de un mensaje entrante le resulta?	Fácil	Difícil
7	¿Enviar su geolocalización en el dispositivo le resulta ?	Fácil	Difícil
8	¿Almacenar y buscar contactos para realizar llamadas o mensajes le resulta?	Fácil	Difícil
9	¿Para ud manipular el dispositivo de forma general le resulta?	Fácil	Difícil

ANEXO D: COMANDOS AT USADOS EN LA PROGRAMACIÓN

Comandos AT para llamadas	
Comando	Función
AT	verifica que existe comunicación con el módulo SIM908. Da como respuesta OK.
AT + CREG?	Consulta el estado del registro del módulo en la Red, da como respuesta +CREG: 1,5.
ATA	Comando para responder una llamada entrante, da como respuesta OK.
ATD+NUMERO;	Comando para realizar una llamada, responde OK, se usa después de llenar la CadenaNum con un número nuevo o de contactos.
ATH	Comando para terminar una llamada, responde OK, se usa para finalizar una llamada si se presiona la tecla colgar (Inicio) y está en el estado Llamada en Curso.
AT + CHFA = 0-4	Comando para cambiar la salida de audio del SIM908, de la principal al de manos libres, da como respuesta OK.
Comandos AT para mensajes	
AT + CMGF = 1	Comando para cambiar el formato de los SMS a modo texto, responde OK, se usa al inicializar el algoritmo en el MCU.
AT + CMGS = "NUMERO"	Comando para enviar un SMS, el modulo responderá el símbolo > que indica que se debe escribir el contenido seguido de CTRL+Z, se usa en el estado Enviar SMS.
AT + CMGR = N	Comando para leer el enésimo SMS en la (bandeja de entrada), N puede ser de 0 a 30 , que es la capacidad de almacenamiento de la tarjeta SIM, responde la información del SMS si existe seguido del OK, la información del SMS se compone del encabezado que involucra la bandera de mensaje Nuevo o Leído, Remitente, Nombre de contacto si existe, Fecha y Hora de llegada, además del contenido del SMS, este comando se usa para leer un SMS cuando llega y para verificar la coincidencia de la clave para enviar la geolocalización.
AT + CMGD = N	Comando para borrar un SMS de la memoria apuntada, donde N es el enésimo SMS de memoria, nuevo o leído, se usa en el estado Leer SMS del proyecto
AT + SIMTONE =1, 1500, 500, 200, 1250	Comando para generar un tono por la salida de audio, donde se puede seleccionar frecuencia, duración del sonido, duración en silencio y total de tiempo de duración del sonido, usado en el proyecto para avisar la llegada de un SMS.
Comandos AT para GPS	
AT + CGPSPWR = 1	Comando para encender el GPS, responde OK, se usa cuando entra en el estado de GPS para obtener la geolocalización.
AT + CGPSRST = 0	Comando que reinicia el modulo GPS es decir reinicia datos y demás valores de GPS, responde OK.
AT + CGPSOUT = MODO	Comando para configurar el modo de la salida de datos de NMEA GPS.
AT + CGPSSTATUS?	Comando que pide información del estado de la construcción del posicionamiento, que puede ser en localización desconocida, no construida, construida en 2D o 3D.
AT + CGPSINF = 32	Comando para sacar la información de la posición actual del GPS, responde OK.
Comandos AT para contactos	
AT + CPBR = N	Comando para leer el enésimo contacto guardado en memoria si lo hay, responde con el puntero de memoria del contacto, seguido del número, nombre asociado, usado en el estado Inicio al presionar la tecla contactos.
AT + CPBW = POSICION, NUMERO, "NOMBRE"	Comando que, para guardar un contacto en memoria, el cual lleva el formato de puntero, número y nombre del contacto siendo las capacidades de puntero de 0-9 en el proyecto, número máximo 40 números y nombre puede ser una cadena de 14 caracteres, se usa en el proyecto al presionar la tecla guardar contactos.

ANEXO E: EQUIPO GARMIN GPSMAP64S



ANEXO F: MANUAL DE USUARIO.

MANUAL DE USUARIO DE CELULAR PARA INVIDENTES	2
1. Características del Dispositivo	2
2. Descripción de la Interfaz	2
a. Teclado	3
b. Audio.....	3
c. Conectores.....	3
d. Opciones en la Interfaz de usuario	3
3. Funciones Disponibles	4
a. Ingresar un Numero con asistencia de teclado	4
b. Llamar a un Numero marcado con el teclado.....	4
c. Almacenar un Numero en contactos	5
d. Buscar contactos almacenado.....	5
e. Llamar a un contacto	5
f. Enviar un SMS a un número seleccionado (Por teclado o desde contactos).....	6
g. Leer SMS.....	6
h. Borrar un SMS de la Bandeja de Entrada.....	7
i. Solicitar Geolocalización del Dispositivo remotamente con CLAVE	7
j. Enviar mi Geolocalización a un número	7
k. Responder una llamada entrante.....	8
l. Rechazar una llamada entrante.....	8
m. Cambiar salida de audio en una llamada en curso.....	8

MANUAL DE USUARIO DEL PROTOTIPO PARA INVIDENTES

1 Características del Dispositivo

Teclado con relieve del lenguaje Braille con modo texto y numérico controlado mediante un switch.

Teclado especial para navegación en el dispositivo.

Salida de audio asistente para la interfaz de usuario.

Salidas para audífonos por conector de audio 3.5 mm.

Conector 3.5 mm para micrófono de celular.

Switch para selección de salida de audio celular.

Capacidad de almacenar 9 contactos diferentes.

Recepción y almacenamiento de hasta 30 SMS en memoria.

Avisos de llamada entrante y SMS nuevo por vibración.

Avisos de llamada entrante y SMS nuevo por salida de audio principal y auricular.

Conector para cargador de 110 VADC a 5 VDC a 2 A de corriente.

2 Descripción de la Interfaz



a) Teclado

Teclas 0-9.- En modo Numérico representa al número grabado físicamente en relieve y en modo texto las teclas 1,2,3, *,0 y # representan el signo generador de Braille.

Switch SW1.- Pasa el teclado con Braille en relieve de modo texto a numérico y viceversa.

Switch SW2.- Realiza el cambio de la salida de audio principal a los auriculares y viceversa.

Tecla B1.- Sirve para escribir un SMS.

Tecla B2.- Con esta tecla se procede a Leer los SMS almacenados en memoria (Nuevos y Leídos).

Tecla B3.- Sirve para almacenar un contacto, dependiendo si hay una cadena de números previamente marcada y proporciona la lectura de los mismos.

Tecla B4.- Sirve para: activar/desactivar el proceso de geolocalización por GPS, leer una cadena de caracteres en curso y borrar último SMS leído.

Tecla B5.- Para Contestar una llamada entrante, enviar un SMS y realizar una llamada.

Tecla B6.- Menú principal, colgar una llamada en curso y rechazar una llamada entrante.

b) Audio

Salida de audio. - Salida de audio del celular y del sintetizador de voz.

Micrófono. - Por esta parte entrara el audio para comunicarse durante una llamada en curso.

c) Conectores

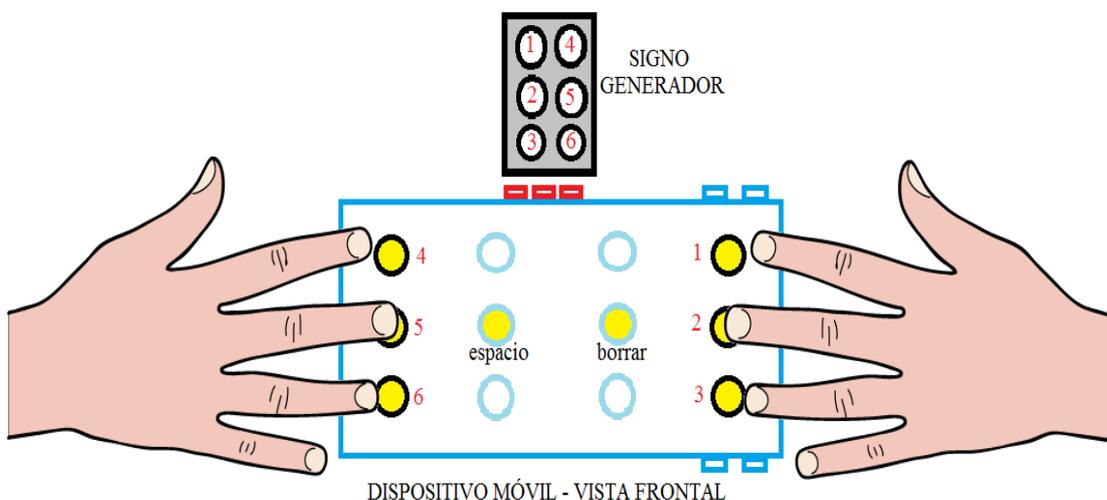
C1.- Puno de carga de energía eléctrica de 5 VDC.

C2.- Conector hembra de 3.5 mm para la salida de audio del celular.

C3.- Conector hembra de 3.5 mm para la entrada de audio por micrófono.

C4.- Conector hembra de 3.5 mm para la salida de audio del sintetizador de voz.

d) Opciones en la Interfaz de usuario



Al usar el dispositivo avisará el modo en el cual se encuentra operando es decir si el SW1 está en modo texto o numérico cada vez que se digite la opción Enviar SMS y la opción Inicio. Para proporcionar la lectura de un texto o un número que se ha digitado se debe presionar la tecla B4.

Se puede enviar una Geolocalización (ubicación del dispositivo) a un número cualquiera ingresado previamente o a un contacto. Un contacto puede almacenar un número de 40 cifras con un nombre de 14 caracteres de extensión. Al entrar a leer los SMS, los últimos 9 almacenados en memoria se asignan a cada tecla numérica. Al borrar un SMS leído, se reasigna un nuevo SMS al grupo de 9 opciones en teclas.

3. Funciones Disponibles

a) Ingresar un Numero con asistencia de teclado

- Presionar la tecla **B6** hasta escuchar “**INICIO**”, Si escucha “**PASE A MODO NUMERICO**” presione el **SW1** y vuelva a intentar.
- A continuación, ingrese la cadena de números con las teclas **0-9**, presionando aproximadamente durante 1.5 segundos hasta escuchar el número de la tecla que hemos presionado “**CERO, UNO, DOS...NUEVE**”.
- Si tiene dudas de los números marcados escuche la cadena completa hasta entonces con el uso de la tecla **B4** presionada por aproximadamente 1 segundo.
- Si se ha cometido un error y quiere borrar la cadena completa de caracteres presione la tecla **B6** hasta escuchar “**INICIO**”, entonces ingrese nuevamente la cadena de números.
- Si desea borrar un número presione el **SW1** para pasar a **MODO TEXTO** y presione la tecla 5 para borrar uno por uno desde el último carácter, después regrese a **MODO NUMERICO** usando nuevamente el **SW1** para continuar ingresando caracteres numéricos.

b) Llamar a un Número marcado con el teclado

- Una vez que tenga correctamente digitado el número a llamar presione la tecla **B5**, de esta manera el dispositivo estará con una **LLAMADA EN CURSO**.
- Para finalizar la llamada presione la tecla **B6**.
- Para salir al menú principal, presione la misma tecla **B6** hasta escuchar “**INICIO**”.

c) Almacenar un Número en contactos

- Esta acción requiere de los pasos del literal **a)**.
- Una vez que tenga listo el número a guardar presione la tecla **B3** hasta escuchar “**PRESIONE LA POSICION A GUARDAR EL NÚMERO EN CURSO**”, lo cual indica que presione una tecla numérica del **1 al 9** en la cual se asigna el contacto.

- Después de designar una posición para el número escuchará **“PASE A MODO TEXTO E INGRESE EL NOMBRE DE LA POSICION N SEGUIDO DE ESPACIO PARA TERMINAR”**, donde N es un número del **1-9**.
- Pase a modo texto para ingresar el nombre del contacto presionando el switch **SW1**, después sujete el dispositivo de tal forma que los switches queden en la parte superior, y que los **TRES** dedos de la mano **IZQUIERDA** queden sobre las teclas **1,2 y 3 mientras que los TRES** dedos de la mano **DERECHA** queden sobre las teclas ***,0 y #**, de esta forma tiene los **6** puntos del signo generador del **BRILLE** para ir codificando de letra en letra hasta generar una **PALABRA** o un **NOMBRE** para el contacto.
- Después presione la tecla “número **8** “que es el carácter de espacio en código **ASCII** para finalizar el proceso, si se lo realizó correctamente escuchará **“CONTACTO GUARDADO”**.
- Para terminar esta acción y realizar otra, presione la tecla **B6** hasta escuchar **“INICIO”**.

d) Buscar contactos almacenados

- Presione la tecla **B6** hasta escuchar **“INICIO”**.
- Luego presione la tecla **B3**, escuchará **“PRESIONE UNA DE LAS 9 OPCIONES PARA BUSCAR CONTACTOS”**, esto le indica que presione una de las **9** teclas numéricas, de no tener un contacto guardado escuchará **“NO HAY CONTACTO EN ESTA POSICIÓN”**.
- Al encontrar el contacto deseado, le proporcionará la locución del número y el nombre.
- Para terminar esta acción presione la tecla **B6** hasta escuchar **“INICIO”**.

e) Llamar a un contacto

- Para esta tarea debe **SELECCIONAR UN CONTACTO** siguiendo los pasos del literal **d)**.
- Presione la tecla **B5** para realizar la llamada al contacto seleccionado, entrando de esta manera al modo **LLAMADA EN CURSO**.
- Para finalizar la llamada presione la tecla **B6**.
- Para terminar esta acción presione la tecla **B6** hasta escuchar **“INICIO”**.

f) Enviar un SMS a un número seleccionado (Por teclado o desde contactos)

- Para esta acción seleccione un **CONTACTO O INGRESADO UN NÚMERO** mediante teclado, presione la tecla **B1** y escuchará **“PASE A MODO TEXTO”** si es que estamos en modo numérico caso contrario escuchará **“ENVIAR SMS”**.
- Si presiona la tecla **B1** sin antes haber **SELECCIONADO UN CONTACTO O**

INGRESADO UN NUMERO, escuchará un mensaje de aviso “**NO HAY NUMERO SELECCIONADO EN CURSO**”, a pesar de ello puede continuar llenando el texto de un SMS.

- Después de haber escuchado “**ENVIAR SMS**”, el dispositivo está listo para construir una frase que pueden incluir texto o números. Para formar el texto se debe realizar lo mismo que se detalló en el literal c al ingresar un nombre, en caso de cometer un error **BORRE** un carácter errado presionando la tecla numérica **5**, para separar palabras (espacio) presione la tecla numérica **8**, además si se necesita ingresar **CARACTERES NUMERICOS** al mensaje pase a **MODO NUMERICO** con el switch **SW1** después regrese con el mismo switch para continuar llenando el SMS.
- Para escuchar lo que ha escrito hasta el momento presione la tecla **B4**.
- Presione la tecla **B5** para enviar el mensaje, si la acción es correcta escuchará “**ENVIANDO SMS AL NUMERO EN CURSO**”.
- Para terminar esta acción presione la tecla **B6** hasta escuchar “**INICIO**”.

g) Leer SMS

- Si desea leer un SMS de la **BANDEJA DE ENTRADA**, presione la tecla **B2** y escuchará “**LEER SMS**” con un pequeño retardo de unos segundos, debido a que en ese tiempo se procede a verificar, descargar y asignar los **9** últimos SMS de memoria.
- Después de haber escuchado el aviso puede presionar y buscar los mensajes recibidos, con las **9** teclas numéricas, de este modo al presionar una tecla y si existe un SMS asignado a esta posición escuchará en primer lugar el **ENCABEZADO DEL MENSAJE** el cual se compone de “**ESTADO DEL MENSAJE SI ES NUEVO, NUMERO DEL REMITENTE, NOMBRE DEL REMITENTE SI ES DE UN CONTACTO ALMACENADO, FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN**”, seguido por el contenido del mensaje el cual tiene frases indicadoras de **INICIO DE CONTENIDO DE SMS Y FIN DE SMS**.
- Para terminar esta acción presione la tecla **B6** hasta escuchar “**INICIO**”.

h) Borrar un SMS de la Bandeja de Entrada

- Para **BORRAR UN SMS** de la memoria se lo debe leer, esto se lo hace con el literal anterior.
- Una vez leído el mensaje, éste queda seleccionado para poder **BORRARLO**, pulse la tecla **B4** por unos 2 segundos aproximadamente, espere un pequeño lapso de tiempo y escuchará la frase “**MENSAJE BORRADO**”, el tiempo de retardo se debe a que se realiza nuevamente la verificación, descarga y reasignación de los otros SMS al teclado

numérico.

- Luego puede seguir leyendo mensajes de otras posiciones y **BORRARLOS** si se desea.
- Para terminar esta acción presione la tecla **B6** hasta escuchar “**INICIO**”.

i) Solicitar la Geolocalización de un Dispositivo remotamente con CLAVE

- En esta tarea se necesita que el dispositivo este encendido, con señal GPS y señal GSM.
- Se envía un **SMS** desde otro teléfono con una clave, la cual el dispositivo comparará y de haber coincidencia activará automáticamente la función **GPS** para buscar su ubicación, construir un **SMS** con ella y enviársela al contacto que este almacenado en la primera posición es decir en la tecla **1**.

j) Enviar mi Geolocalización a un número

- Esta tarea requiere de un número sea ingresado por teclado o seleccionado desde contactos.
- Una vez que tiene **SELECCIONADO EL NÚMERO** presione la tecla **B4** por aproximadamente 5 segundos, esto desencadenará la tarea de buscar la **GEOLOCALIZACION** del dispositivo y la enviará al número que ha seleccionado.
- Para monitorear la acción, presione la tecla **B6** en intervalos de 3 segundos, si al hacer esto el dispositivo no emite ningún aviso, quiere decir que se encuentra realizando la tarea y que muy probablemente necesite una mejor cobertura de **GPS**, por lo que se recomienda que se encuentre en lugares abiertos y si por el contrario ya podemos escuchar que dice “**INICIO**” quiere decir que la tarea se realizó correctamente, la función de obtener una **GEOREFERENCIACION** puede tardar de 2 a 3 minutos.
- Para suspender la **GEOLOCALIZACION** presione la tecla **B4** por 1.5 segundos aproximadamente hasta escuchar “**GPS DESACTIVADO**”.
- Para terminar esta acción presione la tecla **B6** hasta escuchar “**INICIO**”.

k) Responder una llamada entrante

- Para responder a la **LLAMADA ENTRANTE**, en cuanto esta dure presione la tecla **B5**, entrará en modo **LLAMADA EN CURSO**, para finalizar la llamada presione la tecla **B6** por 1 segundo aproximadamente.
- Para terminar esta acción presione la tecla **B6** hasta escuchar “**INICIO**”.

l) Rechazar una llamada entrante

- Para **RECHAZAR UNA LLAMADA ENTRANTE**, en cuanto esta dure presione la tecla **B6**.
- Para terminar esta acción presione la tecla **B6** hasta escuchar “**INICIO**”.

m) Cambiar salida de audio en una llamada en curso

- Cuando este el dispositivo en modo **LLAMADA EN CURSO** puede seleccionar entre dos opciones (salida de audio principal o mediante auriculares) presionado el switch **SW2**.