

Sistema Guía para Personas con Deficiencia Visual

Pablo Richard, Daniel Richard, Marcos Aranda

Universidad Nacional de Catamarca
{pablorichard885, danielrichard86, marcos_dario_1}@hotmail.com

Resumen. En este artículo se presenta un sistema guía para personas con deficiencia visual basado en la construcción de un dispositivo electrónico de sensado, una aplicación móvil cliente y la comunicación y sincronización entre las partes. Este producto ayudará a las personas que padecen esta patología a desenvolverse independientemente en su entorno, ya que detecta la presencia de objetos que obstaculizan el desplazamiento. La aplicación corre en un dispositivo móvil y se adapta a las necesidades de cada usuario. El sistema incluye la construcción de un dispositivo con sensores ultrasónicos de distancia desarrollado con tecnología PIC, el cual se comunica con una aplicación móvil desarrollada en Java para Android que se ejecuta en un teléfono celular. Se utiliza el paradigma de programación orientado a objetos para el desarrollo de la aplicación debido a que permite la reutilización y extensión del código. De acuerdo a las pruebas funcionales realizadas, es factible la implementación exitosa del sistema.

Palabras Claves. Aplicación móvil, sistema guía para deficiencia visual, PIC, sensores ultrasónicos de distancia, distanciómetro, orientación a objetos.

1. Introducción

Los problemas de visión acarrear a las personas que los padecen una serie de obstáculos que, para ellos, se transforman en grandes retos a superar. Esto se pronuncia aún más en una sociedad muy dependiente de los estímulos visuales en la vida cotidiana (letreros, televisión, imagen social, computadoras, etc.). Es necesario diferenciar a las personas que sufren estos padecimientos en algún momento de su vida en forma aguda, de aquellas que lo padecen de nacimiento o de muy temprana edad; para los primeros es mucho más difícil porque tienen que adaptarse a un nuevo estilo de vida.

Los avances tecnológicos y la evolución de la computación brindan recursos para poder desarrollar herramientas que ayuden a estas personas con algunos de sus problemas cotidianos.

El desarrollo de este proyecto tiene como objetivo brindar un sistema que le ayude a las personas con deficiencia visual a desenvolverse de una mejor manera en su entorno. Para ello se realizó la construcción de un dispositivo electrónico con microcontroladores y sensores, que es capaz de capturar y manejar información del medio (hardware del sistema), que se relaciona con la aplicación (software del

sistema) para que la misma haga uso de esta información, lo cual dio el soporte necesario para poder obtener los datos suficientes del entorno donde se mueven.

La conexión entre el dispositivo electrónico y la aplicación se realizó mediante Bluetooth lo que permite la comunicación y sincronización de las partes del sistema, para ello se implementaron librerías para manejo de la tecnología anteriormente mencionada y se estableció un protocolo de comunicación para su uso.

La aplicación reconoce el medio o el entorno fijo y también es transportable, permitiendo el desplazamiento del usuario.

Actualmente, los dispositivos móviles (celulares, tablets, laptops, etc.) son capaces de correr aplicaciones que son de uso cotidiano en la vida de cualquier persona. Esto es lo que motivó a desarrollar software ejecutable sobre estos dispositivos.

El sistema detecta la ubicación de los objetos alrededor de personas con deficiencia visual y los guía en decisiones referidas a su movilidad. Está compuesto por: una aplicación móvil y un dispositivo de sensado ultrasónico de distancia. La aplicación corre en un dispositivo móvil (celular, notebook, etc.) que tenga sistemas operativo Android con versión 2.5 en adelante, e indispensablemente una conexión Bluetooth, ya que se conecta al dispositivo de sensado a través de Bluetooth. El dispositivo se desarrolló utilizando microcontroladores PIC.

2. Desarrollo del sistema

El sistema abarca la construcción del dispositivo electrónico, del desarrollo de la aplicación móvil y la comunicación entre el dispositivo y la aplicación.

Para el desarrollo de este sistema se emplearon diversas tecnologías para las diferentes partes que componen el sistema.

El dispositivo electrónico está compuesto por un microcontrolador PIC 18F4550 que es la unidad central del mismo, un sensor ultrasónico Parallax, un display LCD y un módulo bluetooth para establecer la comunicación con la aplicación del dispositivo móvil. Para la implementación de la aplicación, se utilizó un dispositivo móvil LG L7, pero puede utilizarse cualquier dispositivo móvil que posea Android desde la versión 2.2 en adelante y una comunicación bluetooth.

A continuación se describe la construcción del dispositivo electrónico y de la aplicación.

2.1. Diseño y construcción del dispositivo electrónico

En este apartado se describirán toda la ingeniería que se aplicó para diseñar y construir el dispositivo electrónico *distanciómetro* encargado de medir la distancia entre el usuario y el objeto.

Diseño general del sistema de medición de distancias por ultrasonido:

En la figura 1 se presenta un diagrama en bloques, el cual describe en forma general los elementos principales del distanciómetro.

- Oscilador: El cuál es el encargado de entregar al sistema la onda cuadrada, cuya frecuencia es ultrasónica de 40 KHz.
- Modulador: Tiene la función de generar ráfagas de ondas ultrasónicas, o sea, funciona como una llave electrónica que deja pasar una cantidad de pulsos limitados provenientes del oscilador.
- Amplificador: Ésta etapa adapta las ráfagas ultrasónicas a niveles de tensión adecuados para el trabajo del transductor transmisor. En el caso del receptor, se amplifica la señal para que pueda ser procesada adecuadamente por el sistema de control, dado que la misma llega disminuida al receptor.
- Sistema de control: es el cerebro del sistema, sobre el cual corre el programa que controla todos los bloques.

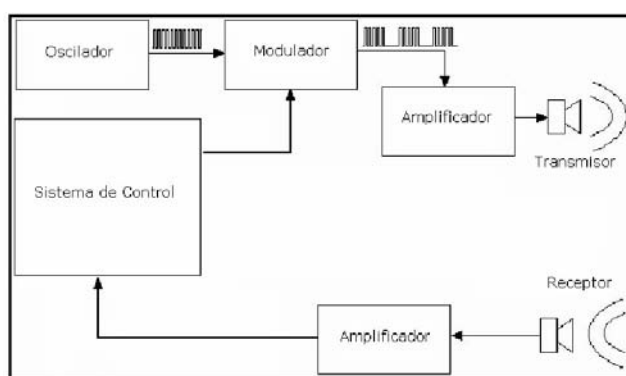


Figura 1. Diagrama de bloques de un distanciómetro ultrasónico.

Circuitos para transmisión y recepción de ultrasonidos para la medición de distancias:

En el circuito transmisor, se generan ráfagas de 40 KHz con duración de 200 microsegundos, cada 65 microsegundos, al detectar la onda reflejada se genera una interrupción la cual detiene un temporizador (*timer*) de 16 bits del microcontrolador.

Transmisor ultrasónico:

El transductor utilizado para la transmisión es el piezoeléctrico N1076, controlado por el microcontrolador PIC12C508, el cual se encarga de enviar el tren de pulsos de 40KHz para que el cristal emita la frecuencia de ultrasonido deseada. Dado que el transmisor empleado soporta una tensión de entrada de hasta 20 Vrms, se incluye el acoplamiento con el componente ST232 entre el microcontrolador y transductor el cual permitirá una tensión de entrada al emisor de aproximadamente 16 V [1].

Como se mencionó, el microcontrolador es el “cerebro” de la operación. En él corre el programa que permite la generación de las ráfagas ultrasónicas.

En la figura 2 se muestra el esquema del transmisor, representado mediante la utilización del software de diseño y simulación electrónica MULTISIM:

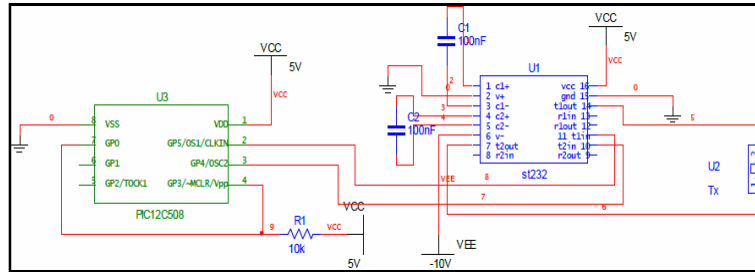


Figura 2. Diagrama de conexión del circuito emisor ultrasónico. Fuente: www.uhu.es/antonio_peregrin/iaic_abierto/SRF04.PDF.

Receptor ultrasónico

El receptor se compone de dos circuitos amplificadores de señal y un circuito de detección.

La señal es recibida por el sensor receptor y amplificada 576 veces en dos pasos por 2 amplificadores por 24. En esta etapa se hace uso de los circuitos integrados LM1458 cuyo ancho de banda es 1 MHz, cuya máxima ganancia corresponde a la frecuencia de 40 KHz.

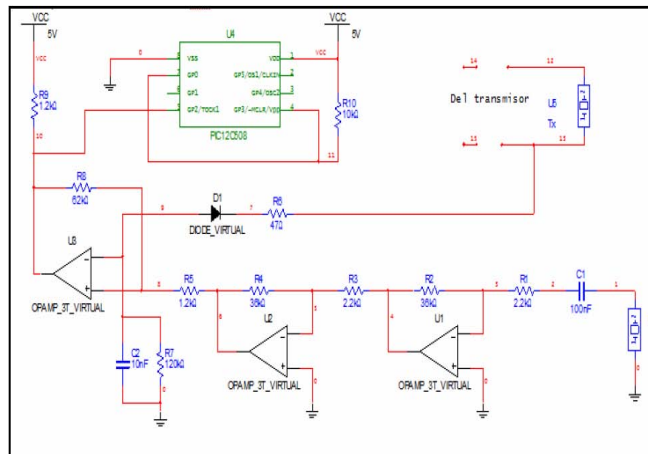


Figura 3. Diagrama de conexión del circuito receptor ultrasónico. Fuente: www.uhu.es/antonio_peregrin/iaic_abierto/SRF04.PDF.

Como puede verse en la figura 3, en la salida de las etapas amplificadoras hay un comparador (LM311), el cual tiene como entradas la señal proveniente del receptor (entrada positiva) y la señal del transmisor (señal negativa). Se agrega además una realimentación positiva por medio de la resistencia de 62 K Ω para agregar histéresis, dando estabilidad a la salida del comparador.

Por último, el resultado de la comparación es procesado por el microcontrolador PIC 12C508, el cuál detiene el conteo del temporizador cuando ésta señal llega.

Funcionamiento

Tal y como se muestra en el diagrama de tiempos de la figura 45, el funcionamiento es descrito, por parte del usuario y por medio del microcontrolador PIC 18F4550, un pulso de disparo o “trigger” de 2 microsegundos que inicia la secuencia. Por medio del transductor Tx se transmite un tren de pulsos o “burst” (ráfaga) de 200 microsegundos a 40KHz. En ese momento, el microcontrolador PIC18F4550 debe cambiar su condición de salida a entrada para esperar por el mismo pin la señal de “eco”, por lo tanto en este momento se envía al PIC 18F4550 un “1” lógico. Cuando la cápsula receptora recibe la señal transmitida como consecuencia de haber rebotado en un objeto (eco), se envía al PIC18F4550 de nuevo un “0” lógico. En este microcontrolador se realiza la medición de la duración del pulso de ésta señal, es decir, el tiempo en que la señal recibida anteriormente se mantiene a “1” [2].

Con objeto de que el sensor se estabilice, se deja un pequeño intervalo de tiempo de 10ms como mínimo entre el momento en que la señal de eco pasa a “0” y un nuevo pulso de disparo que inicie el siguiente ciclo o nueva medida.

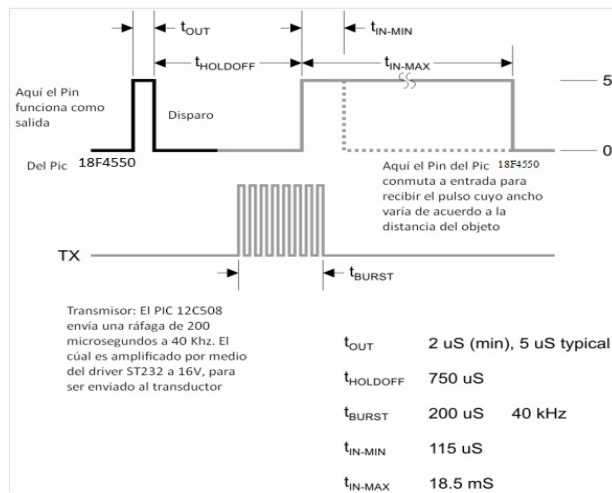


Figura 4. Diagrama de tiempos del funcionamiento del sensor ultrasónico. Fuente: www.parallax.com/dl/docs/prod/acc/28015-PING-v1.3.pdf

Como muestra el gráfico, existen 2 límites de tiempo: el tiempo mínimo de 115 microsegundos, es el fijado por el software y corresponde a la medida de 3 cm aproximadamente, puesto que medidas por debajo de los 3 cm provocan una serie de errores derivados del acoplamiento entre las propias cápsulas emisor-receptor del módulo, por lo que es muy difícil distinguir si la señal recibida es consecuencia de dicho acoplamiento o del eco recibido [3].

Por otra parte el tiempo máximo es de 18.5 milisegundos, el cual corresponde a una distancia aproximada de 3 m. Este límite también impuesto por el programa + 10 milisegundos de resguardo, es el tiempo que se debe esperar para que el PIC18F4550 conmute nuevamente su pin a entrada para generar un nuevo disparo de activación de secuencia.

Para mayores distancias nos podemos encontrar con problemas derivados de la dispersión del haz ultrasónico o de múltiples rebotes que pudieran generarse.

Funcionamiento PIC 18F4550

El programa que corre en el PIC, comienza con la generación y envío del pulso de disparo de inicio de secuencia de 10 microsegundos de ancho a través del pin 20, para que se genere el *burst*. Inmediatamente el pin 20 conmuta su configuración convirtiéndose en entrada y se prepara para recibir el pulso de eco, cuyo ancho varía dependiendo de la distancia en la que se encuentre el objeto. Durante ese tiempo se activa un temporizador interno (*timer*), que lleva el conteo de la duración del pulso de eco. A continuación esta cuenta es almacenada por el PIC, donde se produce la multiplicación por factores de escala con el fin de llevar esa medición a centímetros. Luego este dato es mostrado en el display LCD.

Por último el programa retorna a la rutina de generación del disparo para iniciar una nueva secuencia de medición produciendo un bucle constante.

A continuación se muestra una simulación del dispositivo electrónico en el software ISIS Proteus que nos permite no solo plasmar nuestro diseño, si no cargar el programa en el PIC y simular su funcionamiento.

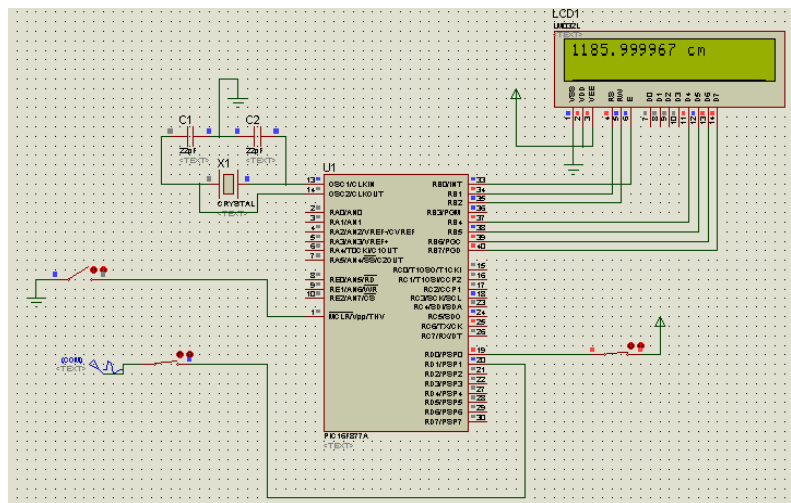


Figura 5. Simulación, lectura de distancia en display LCD.

Montaje en placa experimental

Como se observa en la figura 5, la simulación de la funcionalidad principal del dispositivo electrónico, calcular la distancia entre el usuario y el objeto, trabaja de forma correcta entonces plasmamos nuestro diseño en una placa de prueba obteniendo un resultado físico del mismo. Esto se puede apreciar en la figura 6.

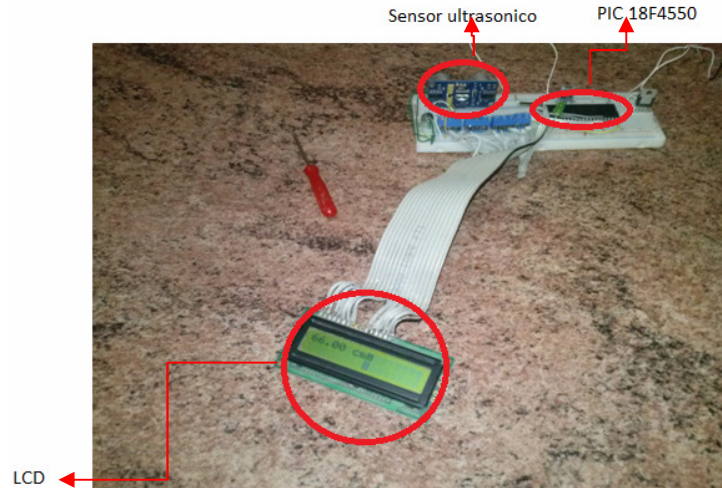


Figura 6. Imagen del prototipo.

Construcción del dispositivo segmento para la comunicación

Lograda la función principal del distanciómetro, adaptaremos el módulo Bluetooth RN-42 al prototipo para establecer la comunicación inalámbrica con la aplicación. Este es un módulo de clase 2 que permite la comunicación inalámbrica por enlace bluetooth con un alcance de hasta 20 mts posee un protocolo de saltos de frecuencia que le permite actuar en ambientes con interferencias, un protocolo de control de errores para la comunicación por bits de paridad y para la transferencia de datos utiliza la conmutación de paquetes y circuitos.

En la figura 7 se puede ver el dispositivo electrónico terminado montado en una placa fija.

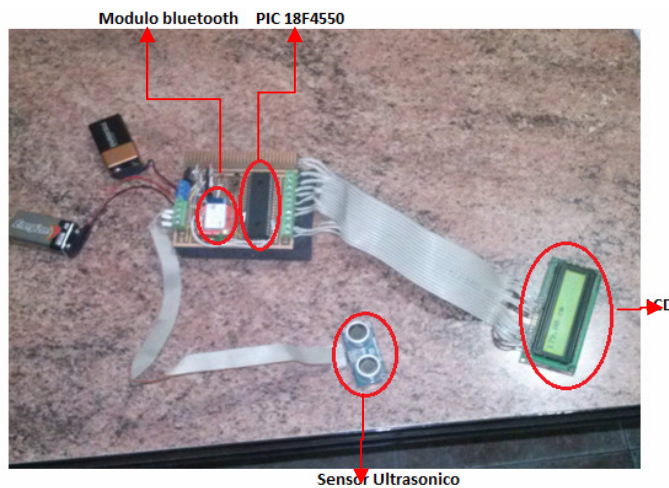


Figura 7. Dispositivo en placa fija.

2.2. Comunicación entre el dispositivo y la aplicación

En este apartado se describirán las librerías utilizadas, tanto a nivel software como firmware para realizar la comunicación entre el dispositivo electrónico denominado distanciómetro y la aplicación.

Por parte del dispositivo electrónico se utilizaron librerías para la comunicación serial asincrónica ya que el modulo bluetooth RN-42 se conecta por los pines del PIC de comunicación serial y actúa como un adaptador para la transmisión por aire.

Por parte de la aplicación se implementaron las librerías que proporcionan el API de Google para comunicación bluetooth con Android que disponen un conjunto de clases numerosas que permite manejar los recursos para llevar a cabo un enlace bluetooth con el dispositivo móvil. [5,15].

2.3. Desarrollo de la aplicación

La aplicación trabaja con la información recibida del Distanciómetro; por lo tanto cuando éste inicia se debe conectar con el mismo. El distanciómetro a través del modulo bluetooth RN 42 le envía el dato de la distancia que se encuentra el mismo ante un objeto, el programa que corre en el dispositivo móvil recibe el dato por el enlace bluetooth que establece con el distanciómetro y analiza este valor, emitiendo un sonido o una vibración, indicándole al usuario en la situación que se encuentra para que decida como actuar respecto a la misma.

Para esto se contemplaron 3 posibles casos:

- Sonido 1 o vibración 1: esta situación se dispara cuando el valor de la distancia recibida entre el distanciómetro y el objeto no representa peligro alguno para el mismo.
- Sonido 2 o vibración 2: esta situación se dispara cuando el valor de la distancia mencionada representa un cierto grado de peligro para el mismo.
- Sonido 3 o vibración 3: esta situación se dispara cuando el valor de la distancia mencionada representa peligro para el mismo.

El programa realiza esta acción cada un segundo mientras el usuario no se desconecte del dispositivo o cierre la aplicación, esto se lleva a cabo mediante un timer.

La aplicación permite la configuración de los parámetros de distancia que se ajustarán a los casos de decisión posible adaptándose a las necesidades de cada usuario a la hora de transportarse.

En cuanto al desarrollo de la aplicación, se siguió un método orientado a objetos. En la figura 8 se presenta un diagrama de las clases relevantes que intervienen en el sistema, que definen el contexto del mismo. En la figura 9 se presenta un diagrama de secuencia que demuestra la forma que interactúan los procesos y los actores que intervienen en el sistema.

En la figura 10 se muestran las interfaces del sistema, que consta de 3 pantallas sencillas e intuitivas.

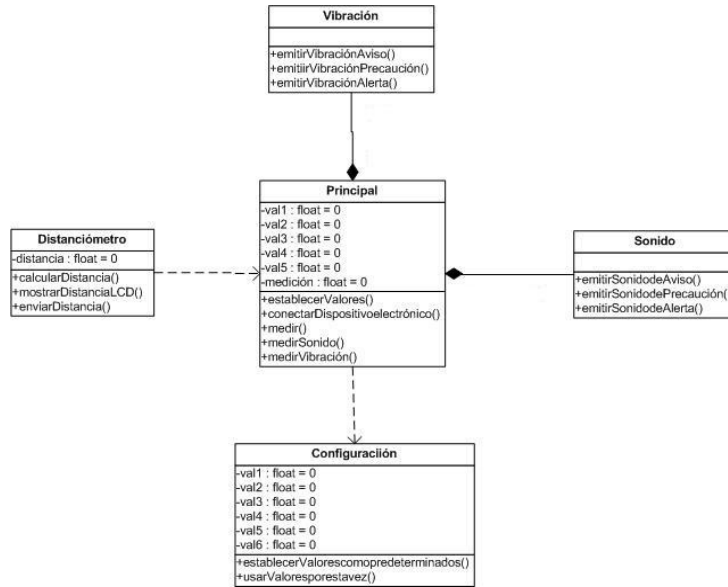


Figura 8. Diagrama de clases del sistema.

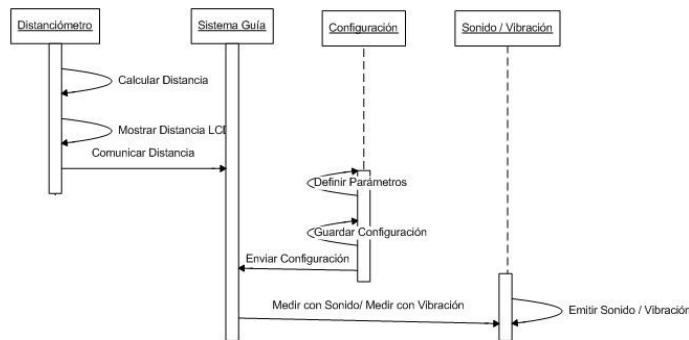


Figura 9. Diagrama de interacción.

La primera pantalla de la figura 10, es la de inicio del sistema que está dispuesta por un menú, “Comenzar” nos envía al sistema de guía con valores predeterminados, “Configuración” nos permite configurar los parámetros de distancia y alertas con el que correrá el sistema de guía y “Salir” permitirá cerrar la aplicación y liberar recursos del dispositivo móvil. La Segunda pantalla es la de Configuración del sistema acá se puede configurar los valores de distancia que se adaptaran de acuerdo a la necesidades del usuario es decir a sus patrones de movimiento. La tercera pantalla es la Principal dispone un sistema de guía intuitivo, compara los valores que son enviados por el distanciómetro con los que configuro al usuario y emite un sonido o vibración que indica al usuario la situación en que se encuentra.

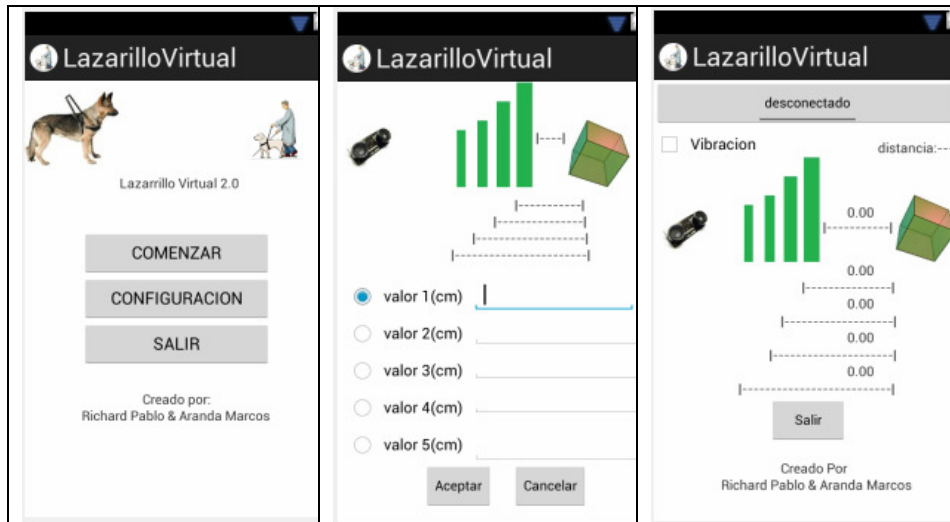


Figura 10. Pantallas de inicio, de configuración y de uso del sistema.

3. Conclusiones

Se concluye que, con la utilización de nuevas tecnologías y la evolución de la computación, se obtuvieron los recursos necesarios para desarrollar una aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo Android y construir un dispositivo electrónico seguro y robusto, que actuando en forma conjunta conforman un sistema de guía que resuelve la problemática de poder transportarse de forma independiente y segura que padecen las personas con deficiencia visual.

El diseño del sistema no solo cumple con los objetivos del proyecto si no también brinda una solución simple, ya que los dispositivos móviles son un elemento común en la vida cotidiana de cualquier persona, además este diseño le permite al sistema crecer potencialmente teniendo en cuenta todas las funcionalidades que proporciona un dispositivo móvil. De esta manera, se podrá satisfacer otras demandas o necesidades del usuario a futuro.

4. Referencias

1. Angulo J., Microcontroladores PIC: Diseño Práctico de Aplicaciones. 3ª Ed. Madrid -España: McGray-Hill, (2003).
2. Corrales S., Electronica Práctica con Microcontroladores PIC. Quito-Ecuador: Imprenta Grafica, (2006).
3. Daniel Benchimol, Microcontroladores. Buenos Aires: Fox Andina, (2011).
4. Donn Felker y Joshua Dobbs (2011), Android application development for dummies. Indiana: Wiley Publishing, Inc.