

Diseño e implementación de un prototipo de identificación de objetos de uso común, dirigido a personas con discapacidad visual

Franklin Pacheco, Jaime Andrango y Julio Larco

Resumen— El presente artículo describe el desarrollo de un dispositivo electrónico que sirve como una ayuda a las personas no videntes para la identificación de objetos, que por su naturaleza resultan difíciles de hacerlo por medio del tacto u otros sentidos. El dispositivo creado es capaz de asociar mensajes de voz a los objetos e indicar la hora de manera audible. El prototipo está compuesto por un dsPIC30F4013 que se encarga de todas las operaciones de procesamiento digital de las señales y del control del sistema, un módulo lector/escritor RFID para identificar a los tags adheridos a los objetos, un CODEC de voz para las conversiones A/D y D/A, una memoria SD para almacenar los mensajes de voz digitalizados y el circuito integrado reloj de tiempo real DS1307.

Palabras clave— Personas no videntes, dsPIC30F4013, RFID.

I. INTRODUCCIÓN

DE acuerdo con datos del Consejo Nacional de Discapacidades (CONADIS), existen 363.000 personas con discapacidad visual en Ecuador, de un total de 1'600.000 personas con algún tipo de discapacidad [1].

Además, solamente 10,1% de personas con alguna discapacidad física usan ayudas técnicas mientras que el 89,9% no las usan [2]. Es más, al hablar de la población no vidente esta carencia de ayudas tecnológicas se hace más notoria puesto que mediante una entrevista realizada al CEFOCLAC (Centro de Formación y Capacitación Laboral para Ciegos) se pudo constatar que ninguno de los no videntes poseía algún tipo de dispositivo electrónico que les ayude en su desenvolvimiento diario, la mayoría solamente cuenta con un simple bastón, y uno que otro posee un reloj audible.

La mayoría de personas con discapacidad visual se desenvuelven relativamente bien dependiendo del medio en el que se encuentran. En todo el mundo se han desarrollado algunos dispositivos que sirven como ayuda a personas no videntes, tal es el caso del bastón que mediante ultrasonidos puede identificar posibles obstáculos grandes, relojes audibles, textos escritos en

lenguaje braille y hablados, etc.; además, muchas personas no videntes gracias a varios años de práctica han logrado desarrollar sus otros sentidos y perfeccionarse en el uso del bastón para identificar objetos grandes, conocer caminos, identificar fragancias, sabores, sonidos, y formas, pero sólo pueden hacerlo con objetos conocidos para ellos y que presenten una diferencia notoria entre sí para que pueda ser identificado por los sentidos del no vidente, por tal razón siempre ha sido necesaria la colaboración de otra persona para ayudarles con los objetos que resultan difíciles de identificar, pues la única forma sería si el objeto emitiera un mensaje audible.

Es pertinente indicar que en el Departamento de Eléctrica y Electrónica ya se ha desarrollado un dispositivo que permite asociar etiquetas audibles para identificar objetos. Para este dispositivo se realizaron encuestas basadas en pruebas reales del producto; estas pruebas se hicieron a usuarios no videntes, y de los cuales se determinaron limitaciones en la funcionalidad, mismas que se indican a continuación: el dispositivo permite almacenar únicamente alrededor de 80 etiquetas de voz de una duración promedio de 5 segundos, el dispositivo es muy grande por lo cual resultaba un tanto complicado su manipulación y portabilidad; además, los usuarios sugirieron que este dispositivo cuente con un reloj audible. Precisamente el objetivo del presente trabajo es diseñar un nuevo dispositivo utilizando otros chips para suplir estas limitaciones y agregar características adicionales que permitan mejorar el día a día de las personas no videntes.

II. DISEÑO DEL SISTEMA

El sistema básicamente lo que hace es asociar mensajes de voz a tags RFID que serán adheridos en cada objeto a identificar. De esta manera el usuario podrá escuchar un mensaje audible que le indicará de qué objeto se trata. En la Figura 1 se muestra de manera gráfica el funcionamiento de la solución propuesta.

A. Diseño del Hardware

De acuerdo a las necesidades identificadas en las personas no videntes, se determinaron los siguientes requerimientos.

- 1 El dispositivo debe contar con un reducido número de pulsadores para no causar una

Franklin Pacheco, Jaime Andrango y Julio Larco, Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, Departamento de Electrónica y Electrónica, Escuela Politécnica del Ejército, ESPE, Sangolquí, Ecuador, E-mails: jandrango@espe.edu.ec, jlarco@espe.edu.ec.

complejidad en la manipulación y operación del dispositivo.

- 2 Todos los avisos deben ser audibles.
- 3 Se debe poder almacenar una gran cantidad de mensajes de voz para poder identificar una gran cantidad de objetos.
- 4 El dispositivo debe ser pequeño y portátil.
- 5 El dispositivo debe disponer de una fuente de alimentación portable y recargable.

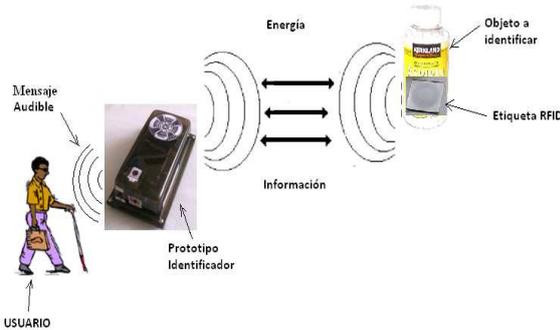


Fig. 1. Funcionamiento de la propuesta planteada

El diagrama de bloques del sistema se puede apreciar en la Figura 2. El sistema funciona de la siguiente manera:

1. Tres pulsadores son utilizados. El pulsador 1 se utiliza para identificar el objeto deseado, el pulsador 2 se utiliza para escuchar la hora y el pulsador 3 se utiliza para poder igualar la hora. Además cada pulsador tiene otras funciones adicionales, por ejemplo cuando se presiona el pulsador 1 para identificar un objeto, y el mensaje asociado se está reproduciendo, se puede eliminarlo presionando el pulsador 2 o el pulsador 3. Cuando se presiona el pulsador 3 para igualar la hora, el valor de horas y minutos se irá incrementando con el pulsador 1.
2. Se utiliza un dsPIC30F4013 para la gestión y control del sistema además del procesamiento de los datos digitales de voz.
3. Hay un módulo lector/escritor RFID para identificar a los tags adheridos a los objetos deseados.
4. Se utiliza un CODEC de voz que trae integrado conversores A/D y D/A, además de un preamplificador para micrófono, ganancias y un filtro digital para bajos, con lo cual se reduce bastante el tamaño de la circuitería total.
5. Para el almacenamiento de los mensajes digitalizados de voz se utiliza una tarjeta de memoria de almacenamiento masivo como la MMC o SD card.
6. Es necesario la utilización de una etapa de amplificación a la salida del CODEC debido a que se encuentra diseñado para parlantes audífonos.

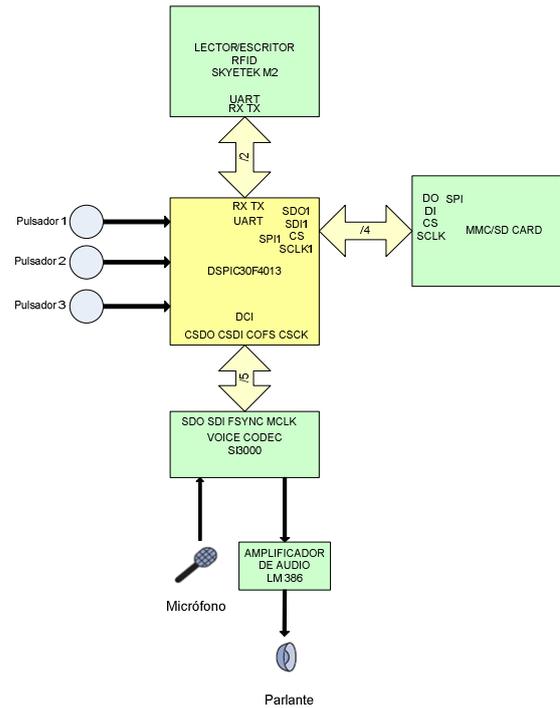


Fig. 2. Diagrama de bloques del sistema

El lector/escritor de RFID utilizado es el SkyeModule M2 de la empresa SkyeTek el cual trabaja en HF a 13.56 MHz, presenta reducidas dimensiones, excelente relación costo-beneficio y posee varias interfaces de comunicación con dispositivos externos [5].

En el presente trabajo se ha utilizado el módulo UART para la comunicación con el dsPIC, esta conexión se observa en la Figura 3.

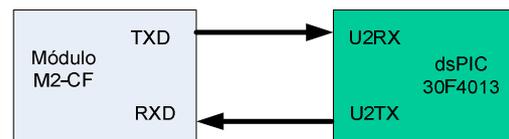


Fig. 3. Conexión entre el dsPIC y el SkyeModule

Se utilizó el Si3000 *Voice CODEC* pues integra en un solo chip un convertor A/D y un D/A de 16 bits, además dispone de un preamplificador programable para el micrófono el cual puede dar una ganancia de hasta 30 dB, adicionalmente cuenta con ganancias o atenuaciones programables para los datos digitales, incluye también un filtro pasa altos (a partir de los 100 Hz) y un filtro digital pasa bajos (3400 Hz) que puede ser FIR o IIR. [6]. Este chip es ideal para trabajar en aplicaciones de telefonía dado que fue diseñado para voz.

La comunicación entre el dsPIC y el Si3000 se hace mediante el módulo DCI y se puede apreciar en la Figura 4.

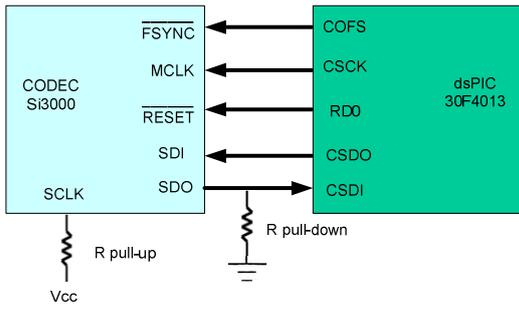


Fig. 4. Conexión entre el Si3000 y el dsPIC 30F4013

La conexión del micrófono se vuelve sencilla al utilizar el Si3000, puesto que éste incluye un MBIAS para la alimentación del micrófono. Su conexión se observa en la Figura 5.

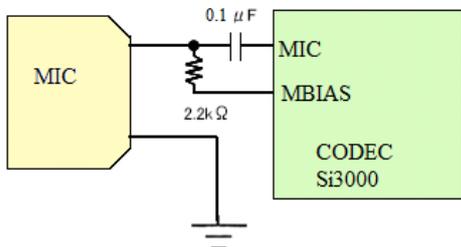


Fig. 5. Conexión del micrófono con el Si3000

Para la etapa de salida al parlante se utilizó una etapa previa de amplificación debido a que el CODEC Si3000 está diseñado específicamente para salidas de baja potencia como por ejemplo para audífonos y auriculares.

La etapa de amplificación se realizó con el circuito integrado LM386 el cual es un amplificador de potencia de audio de bajo voltaje fácil de utilizar y que requiere una circuitería pequeña. Su conexión se muestra en la Figura 6.

Se utilizó una memoria SD o MMC debido a que es muy conocida y utilizada principalmente en cámaras digitales, teléfonos celulares y PDA, por lo que se la puede adquirir con facilidad, además en la actualidad se disponen de memorias SD con capacidad de hasta 8 GB. [7].

La utilización de este tipo de memorias resulta sencilla si se utiliza el protocolo SPI pues es soportado por el dsPIC. La conexión entre los dos dispositivos se observa en la Figura 7.

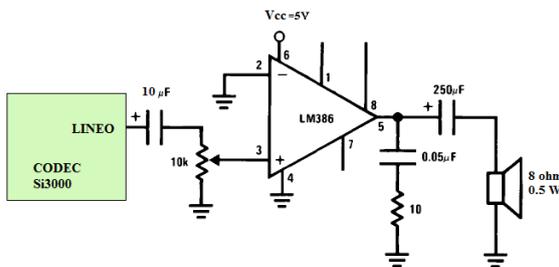


Fig. 6. Conexión entre el Si3000 y el amplificador LM386

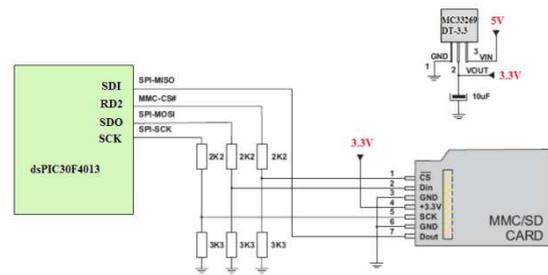


Fig. 7. Conexión entre el dsPIC y la SDcard

Es el que se encarga de todas las operaciones de control del sistema y del procesamiento digital de las señales de voz.

Los dsPIC son dispositivos DSC (*Digital SignalController*) que reúnen las características de un microcontrolador PIC de 16 bits y las de un DSP (*Digital SignalProcessor*) de gama baja. En otras palabras se parece mucho a un MCU en cuanto a la arquitectura, repertorio de instrucciones y precio, pero con el rendimiento y las prestaciones de un DSP.

Se optó por utilizar el dsPIC30F4013 debido a que es un chip que posee todas las interfaces de comunicación requeridas, es decir SPI, I²C, UART y DCI, tiene la suficiente cantidad de pines entrada/salida y además de venir en el encapsulado TQFP para montaje superficial, también viene en encapsulado PDIP para su utilización en projectboard. El dsPIC30F4013 es el modelo más básico que incluye el módulo DCI ya que los dsPIC de numeración más baja no lo poseen.

B. Diseño del Software

La secuencia de instrucciones y procesos que debe realizar el dsPIC30F4013 se visualizan en los diagramas de flujo, los cuales se muestra en las Figuras 8, 9, 10 y 11.

En el diagrama de flujo del programa principal lo que se hace es inicializar y configurar todos los módulos utilizados como lo son el UART, SPI, DCI e I²C, además de variables, puertos e interrupciones necesarias.

En el diagrama de flujo de la interrupción externa 0 se determina la acción a realizar en base a comparaciones de los valores de las variables *Bandera 1* y *Bandera 2*, así se determina si se debe reproducir la hora, igualar la hora en caso de que no se la haya configurado previamente o eliminar un mensaje guardado cuando se lo está reproduciendo.

En el diagrama de flujo de la interrupción externa 1 se determina la acción a realizar en base a comparaciones de los valores de la variable *Bandera 1*, así se determina si se debe igualar la hora o eliminar un mensaje guardado cuando se lo está reproduciendo.

En el diagrama de flujo de la interrupción externa 2 se determina la acción a realizar en base a comparaciones de los valores de la variable *resp_dato* y si se detectó o no un *tag* próximo, así se determina si se debe reproducir el mensaje de voz asociado al *tag*, permitir guardar un nuevo mensaje cuando se trate de un *tag* nuevo no hacer nada.

III. PRUEBAS Y RESULTADOS

Se realizaron varios tipos de pruebas para determinar la distancia de lectura del dispositivo con distintos tipos de tags y bajo diversos tipos de interferencia como por ejemplo al interponer una placa de plástico entre el lector y el tag. También se realizaron pruebas para determinar el consumo real de corriente de cada elemento principal del sistema cuando se encuentran en estado activo y en estado de ahorro de energía.

A. Prueba de distancia máxima de lectura

En la prueba A se han medido las distancias máximas a las cuales pueden ser leídos distintos tipos de tags. Los resultados se muestran en la Tabla I.

B. Prueba de distancia máxima de escritura

En la prueba B se ha medido la distancia máxima de lectura a la cual el lector puede identificar un mismo tag cuando entre él y el lector se interpone una placa de distinto material. En este caso se usó el tag RI-TH1-CB3A-00. Los resultados de la prueba B se muestran en la Tabla II.

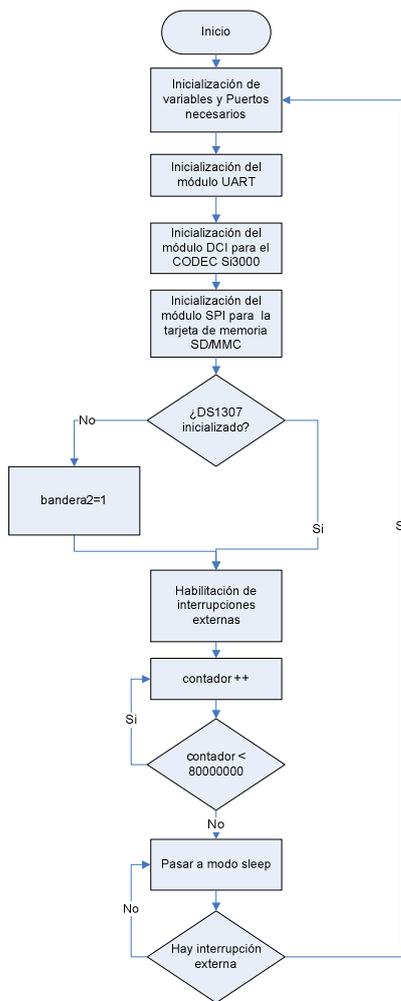


Fig. 8. Diagrama de flujo del programa principal del dsPIC30F4013

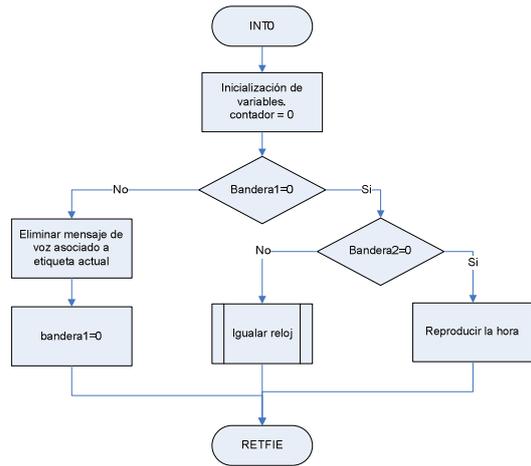


Fig. 9. Diagrama de flujo de la Int.externa 0

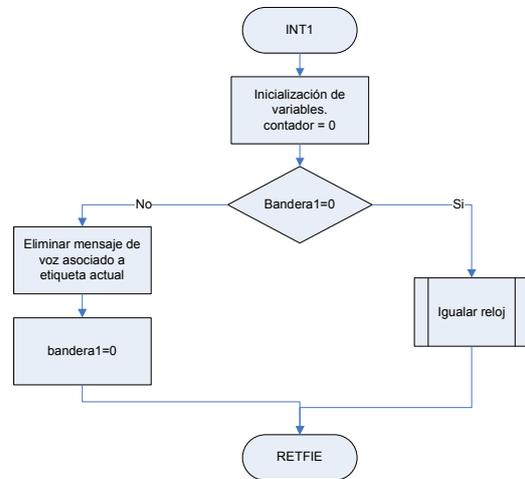


Fig. 10. Diagrama de flujo de la Int.externa 1.

TABLA I.
RESULTADOS DE LA PRUEBA A

TAGS UTILIZADOS	DISTANCIA MÁXIMA
LRI2K-A1S/1GE	6.5 cm
RI-I17-114A-S1	3.3 cm
RF-HDT-DVBE-N0	3.7 cm
RI-I16-112A	3 cm
RI-I17-112A-03	3.8 cm
RI-I15-112B-02	4.8 cm
RI-TH1-CB3A-00	4.5 cm
RI-I17-114A-01	3.5 cm

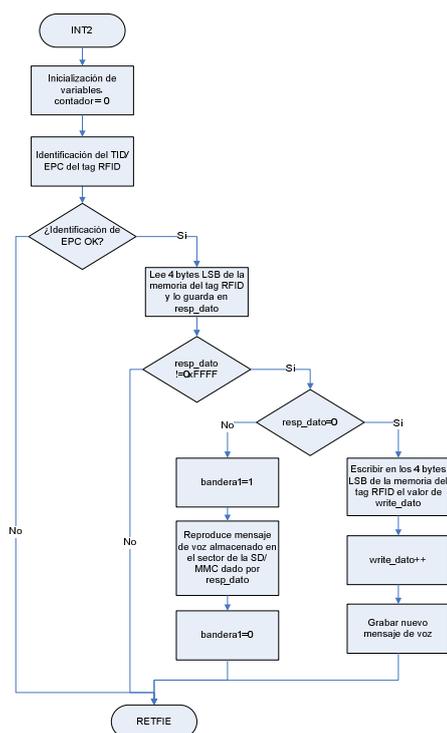


Fig. 11. Diagrama de flujo de la Int.externa 2.

TABLA II.
RESULTADOS DE LA PRUEBA B

MATERIAL	DISTANCIA MÁXIMA
Aire	4.5 cm
Plástico	4.2 cm
Papel	4.3 cm
Cartón	4.2 cm
Madera	3.9 cm
Espuma flex	3.5 cm
vidrio	4.5 cm
tela	4.5 cm
Aluminio	0 cm
Acero	0 cm

C. Prueba de consumo de corriente

En la Prueba C se midió el consumo de corriente real de cada uno de los componentes principales del sistema tanto en modo de operación activo, como en modo de operación de ahorro de energía. Los resultados de la Prueba C se muestran en la Tabla III.

D. Prueba de tiempo de operación

En la Prueba D se ha medido el tiempo de operación que permite la batería utilizada tanto en modo activo continuo, es decir como si todo el tiempo se estuviese utilizando el dispositivo identificador, y en modo de

ahorro de energía. Los resultados de la Prueba D se muestran en la Tabla IV.

IV. DISPOSITIVO CREADO

El dispositivo que se creó cumple con los requerimientos de diseño especificados anteriormente. Sus partes principales se muestran en la Figura 13.

1. Pulsador 1: Indicar la hora.
2. Pulsador 2: Identificar objeto.
3. Pulsador 3: Igualar reloj.
4. Entrada de alimentación externa. Cargador (5V).
5. Switch ON/OFF.
6. Micrófono
7. Parlante
8. Entrada de SD/MMC

TABLA III.
RESULTADOS DE LA PRUEBA C.

COMPONENTE	CONSUMO DE CORRIENTE EN MODO ACTIVO	CONSUMO DE CORRIENTE EN MODO AHORRO DE ENERGÍA
Tarjeta de memoria SD/MMC	9.3 mA	0.8 mA
Codec Si3000	8 mA	1.2 mA
SkyeModule M2-CF	70.2 mA	2.1 mA
RTC DS1307	1.1 mA	110 μ A
LM386	19.4 mA (sólo cuando suena el parlante)	4.2 mA
Micrófono	0.2 mA	0.2 mA
dsPIC30F4013	110mA	2.4 mA
SISTEMA TOTAL	210 mA	20.2 mA

TABLA IV.
RESULTADOS DE LA PRUEBA D.

MODO DE OPERACIÓN	TIEMPO
Activo Continuo	3h. 8min.
Ahorro de energía	32 horas

V. CONCLUSIONES

Con el desarrollo del presente trabajo se ha conseguido dar una solución a una problemática real de un sector descuidado de la sociedad como lo es la población no vidente, así esta solución facilita la realización de sus actividades cotidianas permitiendo una mayor independencia de terceros.

El hecho de haber utilizado un CODEC de voz para la conversión analógica/digital y digital/analógica

permitió optimizar el sistema en cuanto a hardware pues se redujo enormemente la circuitería necesaria ya que de no hacerlo se habría requerido realizar un circuito preamplificador de micrófono, además de un filtro que permita solamente el paso de las señales de voz, circuitos que ventajosamente están integrados en el CODEC mencionado. Por otro lado, el software se volvió más complejo que si se hubiesen usado convertidores A/D y D/A por separado pues muy pocos compiladores tienen librerías para DCI.

El CODEC de voz utilizado, el Si3000, además de los convertidores A/D, D/A, filtro pasabanda digital y preamplificador, incluye también ganancias adicionales, pero a pesar de ello fue necesario realizar una etapa de amplificación de audio adicional para la salida del parlante, esto se debe a que el Si3000 está diseñado para aplicaciones de telefonía, por lo tanto maneja exclusivamente auriculares y audífonos los cuales trabajan con baja potencia. De todas maneras el circuito amplificador de audio utilizado es muy sencillo con lo cual no se incrementó significativamente el tamaño del circuito total.

Para trabajar con la tarjeta de memoria SD se utilizó el protocolo de comunicación SPI, el cual es el más sencillo de los dos permitidos por este tipo de memorias, la desventaja es que al trabajar con SPI solamente se puede utilizar la cuarta parte de la velocidad de transferencia de datos especificada. No se pudo trabajar con el protocolo propio de las memorias SD debido a que es un protocolo licenciado, es decir que hay que pagar derechos de utilización, dichos derechos cuestan alrededor de 1500 dólares americanos.

VI. RECOMENDACIONES

Cuando se vaya a trabajar con CODECs de voz y audio, se recomienda analizar muy bien el dsPIC que se va a utilizar puesto que no todos los dsPIC manejan la interfaz de comunicación DCI, necesaria para la comunicación con CODECs. Actualmente el dsPIC más básico de la familia dsPIC30F que maneja el protocolo DCI es el dsPIC30F4013.

En el momento de almacenar un nuevo mensaje de voz se recomienda hacerlo en un entorno libre de ruidos externos puesto que éstos también serán almacenados como parte del mensaje de voz.

Para que el dispositivo identificador detecte adecuadamente a un tag RFID colocado en un objeto, se recomienda que entre ambos no se interpongan metales debido a que éstos reflejan las ondas electromagnéticas y no permiten la comunicación.

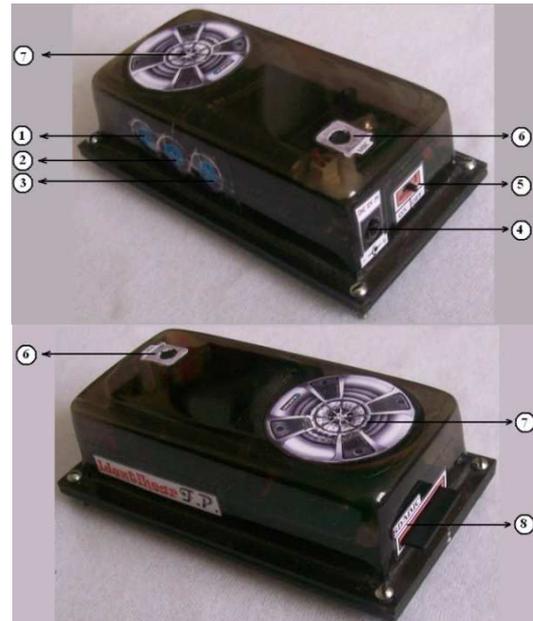


Fig. 13. Partes principales del dispositivo identificador

REFERENCIAS

- [1] "Distribución de las personas con discapacidad por tipo de deficiencia", <http://www.conadis.gov.ec/estadisticas/principal.html>, consultado el 4 de febrero de 2008.
- [2] "Porcentaje de personas con discapacidad que usan ayudas técnicas", http://www.conadis.gov.ec/images/g14_ayudastecnicas.jpg, consultado el 4 de febrero de 2008.
- [3] "Tecnología RFID: Introducción", http://www.mas-rfid-solutions.com/docs/RFID_introduccion.pdf, Fecha de publicación: 12/12/2005, consultado el 13 de marzo de 2008.
- [4] ANGULO, José María, dsPIC Diseño Práctico de Aplicaciones, Tomo 1, primera edición, editorial McGraw Hill, Publicado en España 2006
- [5] Skyetek, "SkyeModule M2", http://www.skyetek.com/Portals/0/Documents/Products/SkyeModule_M2_DataSheet.pdf, consultado el 25 de marzo de 2008.
- [6] SiliconLaboratories, "Si3000 voicebandcodecwithmicrophone/speaker drive", <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/SiliconLaboratories/mXvtzqw.pdf>, consultado el 10 de abril de 2008.
- [7] Microchip, "dsPIC30F3014, dsPIC30F4013 Data sheet", <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/70138c.pdf>, consultado el 2 de junio de 2008.