

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:**

**“DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE ASISTENCIA MÓVIL PARA  
PERSONAS CON PROBLEMAS DE INSUFICIENCIA AUDITIVA  
MEDIANTE COMUNICACIÓN ZIGBEE Y SU MONITORIZACIÓN USANDO  
TECNOLOGÍA GSM.”**

**AUTOR:**

**EDUARDO SANTIAGO VILLACRÉS CORNEJO**

**DIRECTOR:**

**MANUEL RAFAEL JAYA DUCHE**

**Quito, septiembre de 2013**

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO  
DEL TRABAJO DE GRADO**

Yo Eduardo Santiago Villacrés Cornejo autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaro que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.

---

Eduardo Santiago Villacrés Cornejo

CC: 1720498334

## **DEDICATORIA**

*A Jehová mi Dios, que gracias a su bondad inmerecida y amor me ha permitido  
culminar esta etapa de mi vida.*

*Con mucho cariño a mis padres, Eduardo Villacrés y María Eugenia de Villacrés,  
que han dado todo su esfuerzo y cariño en ayudarme a alcanzar este objetivo.*

*A toda mi familia y amigos porque de una u otra manera me han brindado su apoyo.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a todos los Docentes de la Universidad Salesiana que durante los pasados semestres de estudio han dado mucho de sí para forjar en nosotros el ser buenos profesionales y honrados ciudadanos.*

*También agradezco al Ing. Fernando Beltrán por la ayuda prestada en el momento de realizar las pasantías universitarias.*

*Al Ing. Rafael Jaya por la ayuda brindada en la revisión de este trabajo y sus significativas sugerencias.*

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1 .....	3
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	3
1.1 Deficiencia auditiva .....	3
1.1.1 Factores.....	4
1.1.1.1 Causas genéticas .....	4
1.1.1.2 Causas ambientales .....	4
1.2 Alternativas técnicas para las personas con deficiencia auditiva.....	4
1.2.1 Equipos Infrarrojos .....	4
1.2.2 El bucle o aro magnético .....	5
1.2.3 Equipos de Frecuencia Modulada.....	6
1.2.4 Despertadores con luz y vibración.....	7
1.2.5 El audífono.....	7
1.2.6 Amplificadores de señal acústica.....	8
1.2.7 Ayudas para el hogar .....	8
1.3 Tecnología Zigbee.....	8
1.3.1 Xbee Serie 1 .....	9
1.4 Tecnología GSM .....	10
1.4.1 Red GSM .....	10
1.4.2 Comandos AT .....	11
1.5 Microcontroladores .....	12
1.5.1 PIC .....	13
1.6 Sensores comerciales para el hogar.....	14
1.6.1 Timbre supletorio para el teléfono S150527.....	14
1.6.2 Detector de humo con alarma .....	15
1.6.3 Detector de agua con alarma DOMOBUG.....	15
1.6.4 Detector de timbre de puerta SR7203.....	16
1.6.5 Detector de movimiento.....	17
CAPÍTULO 2 .....	18
DISEÑO DEL PROTOTIPO .....	18
2.1 Sistema de control de sensores.....	19

2.1.1	Fuente de alimentación 5 V .....	19
2.1.2	Selección del Microcontrolador (Sistema de control) .....	20
2.1.3	Detector de humo .....	22
2.1.4	Detector de fuga de agua .....	24
2.1.5	Detector de timbre de puerta.....	25
2.1.6	Detector de timbre telefónico .....	27
2.1.7	Detector de movimiento.....	28
2.2	Enlace vía Xbee S1 .....	29
2.2.1	Xbee S1 Transmisor.....	30
2.2.2	Xbee S1 Receptor .....	30
2.3	Módulo GSM SIM 900 .....	31
2.3.1	Comunicación entre el PIC y el módulo GSM SIM 900 .....	32
2.4	Módulo receptor de visualización .....	33
2.4.1	Fuente de alimentación batería .....	34
2.4.2	Selección del microcontrolador (dispositivo móvil).....	34
2.4.3	LCD 8x2 .....	36
2.4.4	Motor vibrador .....	38
CAPÍTULO 3 .....		41
COMUNICACIÓN Y SOFTWARE.....		41
3.1	Configuración módulo Xbee .....	41
3.2	Desarrollo del software para el sistema de control .....	44
3.2.1	Diagrama de flujo General del Sistema de Control .....	44
3.2.2	Programa principal.....	45
3.2.3	Proceso detector de humo .....	47
3.2.4	Proceso detector de fuga de agua.....	47
3.2.5	Proceso detector de movimiento.....	48
3.3	Desarrollo del software para el módulo receptor .....	49
3.3.1	Diagrama de flujo General del módulo receptor .....	49
3.4	Comunicación GSM.....	50
3.4.1	Diagrama de flujo para la comunicación GSM .....	50
CAPÍTULO 4 .....		52
EXPERIMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....		52
4.1	Pruebas de operación.....	52

4.1.1	Prueba del detector de fuga de agua .....	53
4.1.2	Prueba del detector de humo.....	54
4.1.3	Prueba del detector de presencia.....	55
4.1.4	Prueba del detector de timbre de puerta.....	57
4.1.5	Prueba del detector de timbre telefónico .....	57
4.1.6	Prueba de varias entradas activas.....	58
4.1.7	Lista de elementos y precio del producto .....	59
4.2	Análisis de los resultados .....	62
4.2.1	Análisis del Sistema de Control.....	62
4.2.2	Análisis de la comunicación GSM .....	63
4.2.3	Análisis de la recepción de datos por parte del dispositivo móvil.....	63
	CONCLUSIONES .....	65
	LISTA DE REFERENCIAS .....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Grados de sordera .....	3
Figura 2. Audífonos inalámbricos RCA.....	5
Figura 3. Ejemplo de aro magnético en un aula que transmite información desde el micrófono del profesor y el aparato de TV .....	6
Figura 4. Equipo LISTEN .....	6
Figura 5. Despertador con luz y vibración .....	7
Figura 6. Audífono convencional.....	7
Figura 7. Audífono amplificador.....	8
Figura 8. Protocolos para ZigBee.....	9
Figura 9. Módulo Xbee Serie 1 .....	10
Figura 10. Esquema básico de un Microcontrolador .....	12
Figura 11. Timbre supletorio.....	15
Figura 12. Detector de humo.....	15
Figura 13. Detector de fugas de agua.....	16
Figura 14. Detector de timbre de puerta.....	17
Figura 15. Detector de movimiento .....	17
Figura 16. Esquema general del prototipo .....	18
Figura 17. Esquema del sistema de control de sensores .....	19
Figura 18. Circuito regulador de voltaje .....	20
Figura 19. Pic 18F452 .....	22
Figura 20. Estructura del sensor MQ-2.....	23
Figura 21. Conexión del sensor MQ-2.....	24
Figura 22. Detector de inundación .....	24
Figura 23. Timbre eléctrico.....	26
Figura 24. Detector de timbre de puerta.....	27
Figura 25. Detector de Ring .....	27



Figura 26. Esquema del sensor de movimiento .....	28
Figura 27. Diagrama esquemático del sistema de control.....	29
Figura 28. Regulador de voltaje para los módulos Xbee .....	30
Figura 29. Conexión del módulo Xbee S1 transmisor .....	30
Figura 30. Conexión del módulo Xbee S1 receptor.....	31
Figura 31. Módulo GSM SIM 900.....	32
Figura 32. Diagrama esquemático del controlador GSM .....	33
Figura 33. Esquema general del dispositivo móvil .....	34
Figura 34. Regulador de voltaje del dispositivo móvil .....	34
Figura 35. PIC 16F873A.....	36
Figura 36. LCD 8x2 .....	37
Figura 37. Conexión LCD 8x2.....	37
Figura 38. Contraste del LCD .....	37
Figura 39. Motor vibrador.....	38
Figura 40. Accionamiento del motor vibrador .....	39
Figura 41. Diagrama esquemático del módulo receptor .....	40
Figura 42. Software X-CTU.....	43
Figura 43. Configuración de los módulos Xbee Transmisor y Receptor.....	43
Figura 44. Configuración de la velocidad de transmisión de los módulos Xbee.....	44
Figura 45. Diagrama de flujo general del prototipo.....	45
Figura 46. Diagrama de flujo del controlador principal.....	46
Figura 47. Diagrama de flujo del proceso detector de humo .....	47
Figura 48. Diagrama de flujo del proceso detector de agua.....	48
Figura 49. Diagrama de flujo del proceso detector de movimiento.....	48
Figura 50. Diagrama de flujo del modulo receptor .....	49
Figura 51. Diagrama de flujo de la comunicación con el modem GSM SIM 900.....	51
Figura 52. Señora Mercedes Yépez .....	52

Figura 53. Estado en el dispositivo receptor en caso de fuga de agua.....	53
Figura 54. Mensaje recibido por parte del módulo GSM .....	54
Figura 55. Estado en el dispositivo receptor en caso de detectarse humo .....	54
Figura 56. Mensaje recibido por parte del módulo GSM .....	55
Figura 57. Ubicación del detector de movimiento .....	56
Figura 58. Detector de movimiento en funcionamiento.....	56
Figura 59. Ubicación requerida por el familiar cuidador .....	57
Figura 60. Estado en el dispositivo receptor en caso de activarse el timbre de la puerta.....	57
Figura 61. Estado en el dispositivo receptor en caso de timbrar el teléfono.....	58
Figura 62. Detector de agua y timbre activos .....	58
Figura 63. Detector de humo y teléfono activos .....	58
Figura 64. Estado en el dispositivo receptor en caso de activarse varias alarmas .....	58
Figura 65. Circuito impreso, vista superior.....	69
Figura 66. Circuito impreso, vista inferior.....	69
Figura 67. Circuito impreso, vista superior.....	70
Figura 68. Circuito impreso, vista inferior.....	70
Figura 69. Circuito impreso, vista superior.....	71
Figura 70. Circuito impreso, vista inferior.....	71
Figura 71. Conectores para los sensores .....	97
Figura 72. Interruptor de encendido.....	97
Figura 73. Mensaje inicial.....	98
Figura 74. Estado del dispositivo móvil.....	98
Figura 75. Mensaje de alerta .....	98
Figura 76. Mensaje de texto recibido por el familiar cuidador .....	99
Figura 77. Mensaje de información requerido por el familiar cuidador .....	99

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Puertos usados para el sistema de control.....	20
Tabla 2. Tabla de verdad del circuito.....	25
Tabla 3. Puertos usados para el dispositivo móvil.....	35
Tabla 4. Configuración de los módulos Xbee.....	42
Tabla 5. Lista de elementos y costo del Sistema de Control.....	59
Tabla 6. Lista de elementos y costos de la comunicación GSM.....	60
Tabla 7 . Lista de elementos y costo del dispositivo receptor.....	61

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS .....	69
A DISEÑO DE LOS CONTROLADORES .....	69
A.1 Sistema de control de sensores .....	69
A.2 Controlador GSM .....	70
A.3 Modulo Receptor .....	71
B CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS USADOS.....	72
B.1 Características Microcontrolador PIC 18f452 .....	72
B.2 Características del Microcontrolador PIC 16f873A .....	75
B.3 Características del Microcontrolador PIC 16f870 .....	77
B.4 Características del módulo GSM SIM 900 .....	79
B.5 Características del Opto acoplador 4N25 .....	80
B.6 Características de los módulos XBEE Serie 1 .....	82
C SOFTWARE DE LOS MICROCONTROLADORES .....	84
C.1 Controlador Sistema de control .....	84
C.2 Controlador Dispositivo Remoto .....	87
C.3 Microcontrolador Modulo GSM.....	91
D MANUAL DEL USUARIO.....	96
D.1 Componentes del prototipo.....	96
D.2 Sistema de Control.....	96
D3 Dispositivo Móvil .....	97
D4 Prueba de los sensores .....	98
D5 Modulo GSM SIM 900 .....	99
D6 Precauciones a tomarse en cuenta.....	99

## **RESUMEN**

El proyecto está orientado a realizar una aplicación de la comunicación Zigbee para un control domótico, brindando alternativa de asistencia a las personas con problemas de audición para mejorar su calidad de vida. Este dispositivo brindara una alerta visual en un módulo receptor, esto como respuesta de activación a las señales adquiridas por diferentes sensores (humo, humedad, agua, timbre telefónico, timbre de la casa, etc.) lo cual generará una alarma vibratoria indicando en la pantalla del dispositivo móvil la acción que se está realizando, además incluirá la tecnología GSM para realizar la monitorización del dispositivo de asistencia desde un teléfono celular por parte de un familiar a cargo en caso de surgir algún accidente en el hogar por descuido de la persona con problemas de audición.

## **ABSTRACT**

The project is aimed at making a Zigbee communication to control home automation application, providing alternative assistance to hearing impaired people to improve their quality of life. This device would provide a visual alert to a receiver module, this activation in response to the signals acquired by different sensors (smoke, moisture, water, telephone ringing, bell), etc. which generate a vibration alarm on the screen of the mobile device indicating the action being carried out. Also include GSM technology to perform monitoring of the assistive device from a cell phone by a family member in charge in case of any accident in the home by disregard of the person with hearing impairment.

## INTRODUCCIÓN

Según los datos estadísticos del CONADIS (Consejo Nacional de Igualdad de Discapacidades) en el Ecuador habitan unas 43405 personas con problemas auditivos.

Cuando una persona empieza a tener problemas de audición, es importante que el resto de sus sentidos sean entrenados a plenitud, aunque con esto no se logre mejorar el problema principal, la persona podrá adaptarse de manera eficiente al entorno en que se desenvuelve diariamente.

Generalmente las personas con problemas de audición usan un audífono, y de acuerdo a los decibeles de pérdida auditiva amplifican los sonidos del exterior, pero de acuerdo a la persona en quien se va a implementar el prototipo de asistencia quien sufre una pérdida auditiva mayor a 85 dB menciona que el aparato amplifica todas las señales del exterior lo cual le genera molestos ruidos dentro del oído y no así logra una mejoría en su capacidad auditiva.

Se presenta el diseño e implementación de un prototipo de asistencia móvil aplicado a un sistema domotico que generará alarmas vibratorias y visuales a la persona con problemas de audición, el desarrollo del proyecto se expone en cinco capítulos que sintetizan el trabajo realizado para conseguir la temática propuesta.

En el primer capítulo, se desarrolla una explicación acerca del problema que padecen muchas personas cómo es la deficiencia auditiva, además de las diferentes ayudas que cuentan las mismas para su mejor desenvolvimiento en actividades cotidianas. También se dará una introducción de las tecnologías ZIGBEE y GSM.

En el segundo capítulo, se realiza el diseño del prototipo a ser implementado con todos los eventos que serán detectados ya sea por sensores comerciales o diseñados, los cuales llegarán a un sistema de control. Además, constará de un módulo receptor que brindará una alerta visual y vibratoria como respuesta a la activación de los diferentes sensores. Se incluirá la tecnología GSM para alertar a un familiar cercano

en caso de no haber respuesta a la activación de algún sensor que genere peligro en el hogar. Todas estas ayudas serán provistas por tres microcontroladores PIC.

En el tercer capítulo, se explica el desarrollo de los diferentes programas de control que constan en cada PIC mediante diagramas esquemáticos, diagramas de flujo de las principales funciones y de la aplicación GSM.

En el cuarto capítulo, se realizó la experimentación correspondiente del prototipo para comprobar su correcto funcionamiento, y brinda un análisis de los resultados para finalmente corregir algunas fallas presentadas.

En el quinto capítulo, se presenta las conclusiones y recomendaciones que se generaron después de haber sido terminado el proyecto.



# CAPÍTULO 1

## FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

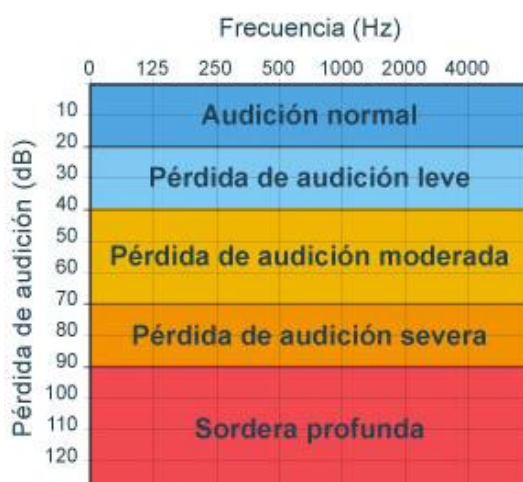
### 1.1 Deficiencia auditiva

La deficiencia auditiva en una persona le impide escuchar normalmente debido a algún tipo de anomalía en el órgano de la audición: el oído. La discapacidad auditiva se conoce como sordera, cuando existe ausencia total del sentido de la audición, o como hipoacusia cuando la persona disminuye su nivel de audición por debajo de lo que se considera normal. (Fernandez, 2013)

### Grados de sordera

En la figura 1, se muestra el grado de pérdida auditiva que puede tener una persona. Hay que tener en cuenta que la sordera no se mide en porcentajes sino en dB de pérdida. Al decir que se tiene una pérdida auditiva del 50% no significa absolutamente nada. Lo correcto es decir, por ejemplo, “el paciente tiene una pérdida auditiva de 50dB”. (Lorenzi, Camilleri, & Venail Be)

**Figura 1.** Grados de sordera



Fuente: (Lorenzi, Camilleri, & Venail Be)

### **1.1.1 Factores**

Existen dos grandes factores que generan deficiencia auditiva en las personas, pueden ser causas genéticas (hereditarios) o causas ambientales. Sin embargo, se debe señalar que en un tercio de las personas sordas, el origen de su sordera no ha podido ser diagnosticado. (Eunate, 2013)

#### **1.1.1.1 Causas genéticas**

Son de carácter hereditario, y suponen su aparición desde el nacimiento o bien el desarrollo de la misma de forma progresiva. (Eunate, 2013)

#### **1.1.1.2 Causas ambientales**

Actúan sobre la persona y tienen como resultado la aparición de la pérdida auditiva; estos factores pueden aparecer antes, durante o después del nacimiento. (Eunate, 2013)

### **1.2 Alternativas técnicas para las personas con deficiencia auditiva**

Para cubrir las diferentes necesidades del paciente es posible definir varias categorías de dispositivos de ayuda auditiva, las cuales se mencionan a continuación:

#### **1.2.1 Equipos Infrarrojos**

El sistema transmite la energía sonora en forma de ondas de luz infrarroja invisibles para el ojo humano. (Olmo, 2007)

El micrófono capta la señal y la envía a un convertidor (transmisor que transforma la señal en una onda lumínica la cual transmite la información hasta un receptor inalámbrico que el usuario lleva en el cuerpo). (Olmo, 2007)

**Figura 2.** Audífonos inalámbricos RCA



**Fuente:** (Radioshack)

### 1.2.2 El bucle o aro magnético

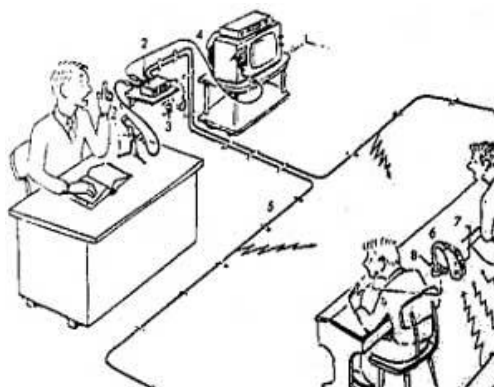
Es un cable que transforma la señal sonora en ondas magnéticas. La señal procede de un micrófono, que usará el hablante, y se transmite directamente a la prótesis auditiva provista de bobina inductiva (Ver la Figura 3). (IO-Disgital, 2008)

El bucle ofrece dos aplicaciones:

**De uso individual:** La persona con prótesis auditiva puede colocarse el bucle alrededor del cuello y adaptarlo al sistema de FM. Los bucles de uso individual también pueden tener otras aplicaciones, como por ejemplo, conectados al teléfono móvil o al televisor. (IO-Disgital, 2008)

**De uso colectivo:** Varias personas con prótesis auditivas pueden beneficiarse simultáneamente del bucle magnético. En este caso, el cable se sitúa alrededor del área que se quiere adaptar, como por ejemplo un aula o un salón de actos, y el usuario del audífono o implante coclear (transductor que transforma las señales acústicas en señales eléctricas que estimulan el nervio auditivo, se implanta quirúrgicamente), dentro del perímetro adaptado, podrá moverse libremente y situarse en cualquier punto del mismo. (IO-Disgital, 2008)

**Figura 3.** Ejemplo de aro magnético en un aula que transmite información desde el micrófono del profesor y el aparato de TV



**Fuente:** (Ferrer Manchón)

### 1.2.3 Equipos de Frecuencia Modulada

Es un aparato que capta la voz de quien habla, aislándola del resto de ruidos ambientales y la mandan por ondas de radio. El receptor, conectado al audífono o al implante coclear recibe esta información. (IO-Disgital, 2008) (Ver la Figura 4).

El sistema permite enviar, a través de un micrófono, la voz del emisor (la persona que habla) directamente al receptor (la persona sorda), eliminando los problemas producidos por la distancia entre ambos, la reverberación o el eco y el ruido de fondo. (IO-Disgital, 2008)

En pocas palabras, la señal radial actúa como portadora de la señal sonora. (IO-Disgital, 2008)

**Figura 4.** Equipo LISTEN



**Fuente:** (Center for Communication Hearing and Deafness, 2013)

### 1.2.4 Despertadores con luz y vibración

Alertan al usuario mediante la combinación de varias señales, como una alarma sonora bien alta y un vibrador de almohada que produce una vibración continua para despertar a las personas con sueño profundo, con sordera o problemas de audición. Cuando llega la hora de despertarse, el dispositivo comienza a vibrar y no para hasta que la persona lo apague manualmente, habiendo por último varios efectos de luces en modo flash intermitente para asegurarle un buen despertar. (GAES, 2013).

**Figura 5.** Despertador con luz y vibración



**Fuente:** (GAES, 2013)

### 1.2.5 El audífono

“Es un aparato de función compensadora que amplifica el sonido y que en el caso de algunas pérdidas auditivas puede proporcionar información sonora a la persona sorda.” (FESORD, 2013).

**Figura 6.** Audífono convencional



**Fuente:** (FESORD, 2013)

### 1.2.6 Amplificadores de señal acústica

“Incluye un conjunto de dispositivos que se acoplan a aparatos como el teléfono, la radio, el televisor u otras fuentes de sonido, aumentando la intensidad del volumen que puede ser regulado a voluntad del usuario.” (FESORD, 2013)

**Figura 7.** Audífono amplificador



**Fuente:** (FESORD, 2013)

### 1.2.7 Ayudas para el hogar

Existen múltiples situaciones diarias como el timbre de una puerta, el teléfono, el despertador o incluso el llanto de un bebé que precisarían de la audición. En este caso, para que la persona con problemas de audición sea consciente de la emisión de estos sonidos se utilizan aparatos que se activan ante su presencia, traduciendo la señal acústica a otra modalidad sensorial, bien auditiva, bien táctil, o generalmente visual. (FESORD, 2013)

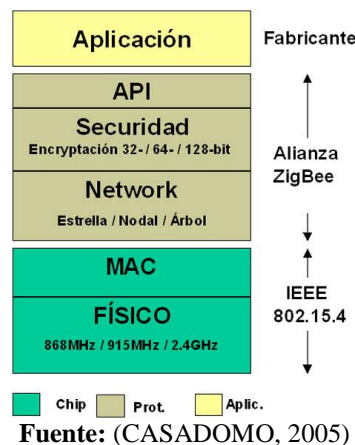
## 1.3 Tecnología Zigbee

Es un protocolo de comunicaciones inalámbricas basado en el estándar IEEE 802.15.4, cuya función es la de solucionar los problemas de interoperabilidad, duración de la batería y costos de los protocolos propietarios en las aplicaciones de domótica. (Electrocomponentes S.A)

Este estándar se utiliza primordialmente para aplicaciones domóticas siendo mínima la capacidad de transferencia de información. El costo y consumo tienen un papel fundamental. (Electrocomponentes S.A)

Al poseer una arquitectura basada en el modelo OSI, el IEEE 802.15.4 define las dos capas más bajas: la Capa Física y la Subcapa de Control de Acceso al Medio de la Capa de Enlace de Datos, la cual se encarga de aislar los detalles de las tecnologías físicas a la capa de Control de Acceso al Medio. Estas capas son utilizadas por ZigBee para crear un marco de trabajo para las aplicaciones. (Electrocomponentes S.A)

**Figura 8.** Protocolos para ZigBee



### 1.3.1 Xbee Serie 1

Los módulos RF Xbee y Xbee-PRO 802.15.4 OEM son soluciones integradas que proporcionan conectividad inalámbrica de punto final a los dispositivos. Están diseñados para aplicaciones de alto rendimiento que requieren baja latencia y previsible comunicación de distribución. (Digi International Inc) (Xbee)

Los módulos Xbee proveen 2 formas amigables de comunicación: transmisión serial transparente (modo AT) y el modo API que proveen muchas ventajas. Pueden ser configurados desde el PC utilizando el programa X-CTU o bien desde un microcontrolador. Estos módulos utilizan el protocolo de red IEEE 802.15.4 y pueden comunicarse en arquitecturas punto a punto, multipunto o en una red mesh. La elección del módulo Xbee correcto pasa por escoger el tipo de antena (chip, alambre o conector SMA) y la potencia de transmisión (2mW para 300 pies o 60mW para hasta 1 milla).(Digi International Inc) (Xbee)

Los módulos Xbee pueden ser usados con los adaptadores **Xbee Explorer Serial** o **Xbee Explorer USB**. Aquellos microcontroladores que trabajan con 5 V necesitarán de una interfaz (**Xbee regulated**) para comunicarse con los módulos Xbee. (Digi International Inc) (Xbee)

Estos módulos son económicos, con altas prestaciones y fáciles de utilizar. Algunas de sus principales características son:

- Buen Alcance: hasta 300 pies (100 metros) en línea vista para los módulos Xbee y hasta 1 milla (1.6 Km) para los módulos Xbee Pro.
- 9 entradas/salidas analógicas y digitales.
- Bajo consumo <50 mA cuando están en funcionamiento y <10 uA cuando están en modo sleep.
- Interfaz serial.
- 65,000 direcciones para cada uno de los 16 canales disponibles. Se pueden tener muchos de estos dispositivos en una misma red. (Digi International Inc) (Xbee)

**Figura 9.** Módulo Xbee Serie 1



**Imagen:** (Santiago Villacrés)

## 1.4 Tecnología GSM

### 1.4.1 Red GSM

GSM son las siglas de Global System for Mobile communications (Sistema Global para las comunicaciones Móviles). Es el sistema de telefonía móvil digital más utilizada y el estándar de facto para teléfonos móviles en Europa.



Definido originalmente como estándar Europeo abierto para que una red digital de teléfono móvil soporte voz, datos, mensajes de texto y roaming en varios países. GSM es ahora uno de los estándares digitales inalámbricos 2G más importantes del mundo. GSM está presente en más de 160 países y según la asociación GSM tienen el 70 por ciento del total del mercado móvil digital. (Masadelante)

#### **1.4.2 Comandos AT**

Los comandos AT son instrucciones codificadas que conforman un lenguaje de comunicación entre el hombre y un Terminal MODEM.

Los comandos AT fueron desarrollados en 1977 por Dennis Hayes como un interfaz de comunicación con un MODEM para así configurar y proporcionar instrucciones, tales como marcar un número de teléfono. Más adelante, con el avance del baudio (número de cambios de estados en una señal por segundo), fueron las compañías Microcomm y US Robotics las que siguieron desarrollando y expandiendo el juego de comandos hasta universalizarlo.

Los comandos AT se denominan así por la abreviatura de attention.

Aunque la finalidad principal de los comandos AT es la comunicación con módems, la telefonía móvil GSM también ha adoptado como estándar este lenguaje para comunicarse con sus terminales. De esta forma, todos los teléfonos móviles GSM poseen un juego de comandos AT específico que sirve de interfaz para configurar y proporcionar instrucciones a los terminales, permiten acciones tales como realizar llamadas de datos o de voz, leer y escribir en la agenda de contactos y enviar mensajes SMS, además de muchas otras opciones de configuración del terminal.

Es claro que la implementación de los comandos AT corresponde a los dispositivos GSM y no depende del canal de comunicación a través del cual estos comandos sean enviados, ya sea cable serial, canal Infrarrojos, Bluetooth, etc. (Sergioستی, 2012)

## 1.5 Microcontroladores

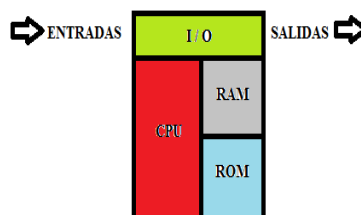
Se puede definir a un microcontrolador como un circuito integrado (chip) que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: CPU, memoria y unidades de E/S, es decir, se trata de una computadora completa en un solo circuito integrado (Ver la Figura 10). Aunque por supuesto sus prestaciones son limitadas si las comparamos con las de cualquier ordenador personal, además de dicha integración, su característica principal es su alto nivel de especialización. (NEOTEO, 2006)

Típicamente, un microcontrolador puede disponer de un generador de reloj integrado y una pequeña cantidad de memoria RAM y ROM/EPROM/EEPROM, significando que para hacerlo funcionar, todo lo que se necesita son unos pocos programas de control y un cristal de sincronización. Los microcontroladores disponen generalmente también de una gran variedad de dispositivos de entrada/salida, como convertidores analógico/digital, temporizadores, UARTs y buses de interfaz serie especializados, como I2C y CAN, entre otros.

A continuación, se detallan algunas de sus características principales:

- **Memoria ROM:** (Memoria de sólo lectura)
- **Memoria RAM:** (Memoria de acceso aleatorio)
- **Líneas de entrada/salida (I/O):** También llamados puertos
- **Lógica de control:** Coordina la interacción entre los demás bloques (NEOTEO, 2006)

**Figura 10.** Esquema básico de un Microcontrolador



Elaborado por: (Santiago Villacrés)

### **1.5.1 PIC**

Microchip es la empresa que fabrica los microcontroladores PIC. Tienen una facilidad de uso y programación tales, que junto a las inmensas posibilidades de E/S han conquistado a programadores y desarrolladores. La familia PIC se divide en cuatro gamas, gamas que se pueden llamar mini, baja, media y alta. Las principales diferencias entre estas gamas radica en el número de instrucciones y su longitud, el número de puertos y funciones, lo cual se refleja en el encapsulado, la complejidad interna y de programación, y en el número de aplicaciones. (NEOTEO, 2006)

#### **Gama mini**

Con encapsulado de 8 pines, tiene como principal característica su reducido tamaño, al disponer todos sus componentes de solamente 8 pines. Se alimentan con un voltaje de corriente continua comprendido entre 2,5 V y 5,5 V, y consumen menos de 2 mA cuando trabajan a 5 V y 4 MHz. El formato de sus instrucciones puede ser de 12 o de 14 bits y su repertorio es de 33 o 35 instrucciones, respectivamente. Los modelos 12F6xx poseen memoria Flash para el programa y EEPROM para los datos. Algunos modelos disponen de conversores Analógico/Digital de 8 bits incorporados. (NEOTEO, 2006)

#### **Gama baja o básica**

Consiste en una serie de PIC de recursos limitados, pero con una de la mejores relaciones coste/prestaciones de la familia. Sus versiones están encapsuladas con 18 y 28 pines y pueden alimentarse a partir de una tensión de 2,5 V, lo que les hace ideales en las aplicaciones que funcionan con pilas teniendo en cuenta su bajo consumo (menos de 2 mA a 5 V y 4 MHz). Tienen un repertorio de 33 instrucciones cuyo formato consta de 12 bits. Al igual que todos los miembros de la familia PIC16/17, los componentes de la gama baja se caracterizan por poseer los siguientes recursos: Sistema "Power On Reset", Perro guardián (Watchdog o WDT), Código de protección, etc. (NEOTEO, 2006)

## **Gama media**

Es la más variada y completa de los PIC. Abarca modelos con encapsulado desde 18 hasta 68 pines, cubriendo varias opciones que integran abundantes periféricos. En esta gama sus componentes añaden nuevas prestaciones a las que poseían los de la gama baja, haciéndoles más adecuados en las aplicaciones complejas. Poseen comparadores de magnitudes analógicas, convertidores A/D, puertos serie y diversos temporizadores. (NEOTEO, 2006)

## **Gama alta**

Dispone de chips con 58 instrucciones de 16 bits en el repertorio y que disponen de un sistema de gestión de interrupciones vectorizadas muy potente. Quizás la característica más destacable de los componentes de esta gama es su arquitectura abierta, que consiste en la posibilidad de ampliación del microcontrolador con elementos externos. Para este fin, algunos pines comunican con el exterior las líneas de los buses de datos, direcciones y control a las que se pueden conectar memorias o controladores de periféricos. (NEOTEO, 2006)

## **1.6 Sensores comerciales para el hogar**

### **1.6.1 Timbre supletorio para el teléfono S150527**

Es extremadamente útil para personas con problemas auditivos o personas mayores. Con este timbre las llamadas de teléfono se oirán a un volumen amplificado, por lo que es también muy útil para naves, fábricas y otras instalaciones ruidosas y de gran extensión. No necesita batería y se acopla fácilmente al aparato telefónico. (SUPERINVENTOS, 2013)

**Figura 11.** Timbre supletorio



**Fuente:** (SUPERINVENTOS, 2013)

### **1.6.2 Detector de humo con alarma**

Un detector de humo es un aparato de seguridad que detecta la presencia de humo en el aire y emite una señal acústica avisando del peligro de incendio. Atendiendo al método de detección que usan pueden ser de varios tipos:

- Detectores iónicos: Utilizados para la detección de gases y humos de combustión que no son visibles a simple vista.
- Detectores de humos: Detectan los humos visibles mediante la absorción o difusión de la luz. (AplicaciónNuevasTecnologías, 2013)

**Figura 12.** Detector de humo



**Fuente:** (All-Biz, 2012)

### **1.6.3 Detector de agua con alarma DOMOBUG**

Se encarga de detectar fugas de agua empleando la sonda de dos hilos de la que dispone, y tiene un reducido tamaño que facilita la integración domótica. El detector dispone de una entrada con la sonda de inundación, una entrada de

alimentación y una salida de relé, estas dos últimas unidas en un mismo cable de 4 hilos de unos 20 cm de longitud. Gracias a la rigidez de este tipo de cable, la fijación en la pared será muy sencilla, recomendándose que el final de la sonda quede a unos 2 mm del suelo. Cuando la sonda se active por detección de agua, se producirá un cierre en el relé, que permanecerá activado durante todo el tiempo que la sonda esté detectando agua.

Para ajustar el nivel de señal, en el interior del detector existe un potenciómetro que puede modificar el nivel de captación de la señal y ajustarlo a los valores deseados. Aunque desde el exterior no es visible, en el interior del detector existe un diodo LED que se enciende cuando se activa el relé y por tanto puede funcionar como indicador luminoso del funcionamiento del relé. (DOMODESK)

**Figura 13.** Detector de fugas de agua



#### 1.6.4 Detector de timbre de puerta SR7203

Envía una señal a la central de alarma para que suene el timbre de forma inalámbrica, sin necesidad de cables. Además, registra en el informe de la central de alarma la hora en la que se ha producido el timbre para que posteriormente ver si se ha recibido alguna visita. (Ibáñez, 2013)

**Figura 14.** Detector de timbre de puerta.



**Fuente:** (Ibáñez, 2013)

### 1.6.5 Detector de movimiento

Los sensores de movimiento son aparatos basados en la tecnología de los rayos infrarrojos o las ondas ultrasónicas para “mapear” o captar en tiempo real los movimientos que se generan en un espacio determinado. Estos sensores de movimiento, adscritos sobre todo a cámaras de seguridad, puertas en almacenes y centros comerciales, etc.; son uno de los dispositivos más reconocidos e importantes dentro de la seguridad electrónica, que tanto ha apostado por dos aspectos fundamentales: el tamaño y la funcionalidad de cada uno de los equipos que usan durante el proceso. Y es que los sensores de movimiento que se puede ver, por ejemplo, encima de las entradas y salidas de establecimientos públicos, que se activan con sólo la movilidad específica de los sujetos, cumplen a cabalidad con estas leyes, si se puede decir así, de la seguridad virtual de cada día. (VIDA DIGITAL RADIO, 2009)

**Figura 15.** Detector de movimiento



**Fuente:** (VIDA DIGITAL RADIO, 2009)

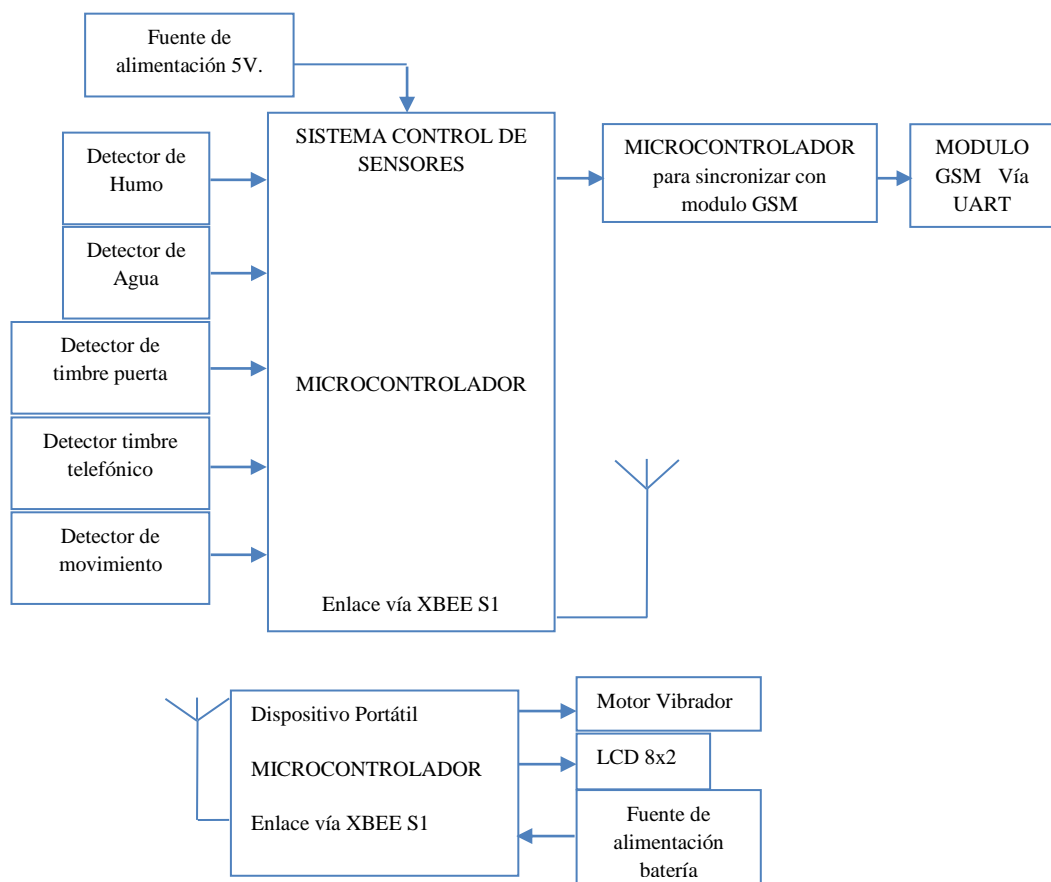
## CAPÍTULO 2

### DISEÑO DEL PROTOTIPO

El prototipo a diseñarse está conformado por dos componentes principales: un controlador principal para el control de los sensores a implementarse y un módulo receptor el cual genera una señal de alerta vibratoria y visual como respuesta de activación a las señales adquiridas por los diferentes sensores. A su vez incluirá la tecnología GSM para realizar la monitorización del dispositivo de asistencia desde un teléfono celular por parte de un familiar cuidador en caso de surgir algún percance en el hogar por descuido de la persona con problemas de audición.

En la Figura 16, se presenta un esquema general del prototipo.

**Figura 16.** Esquema general del prototipo



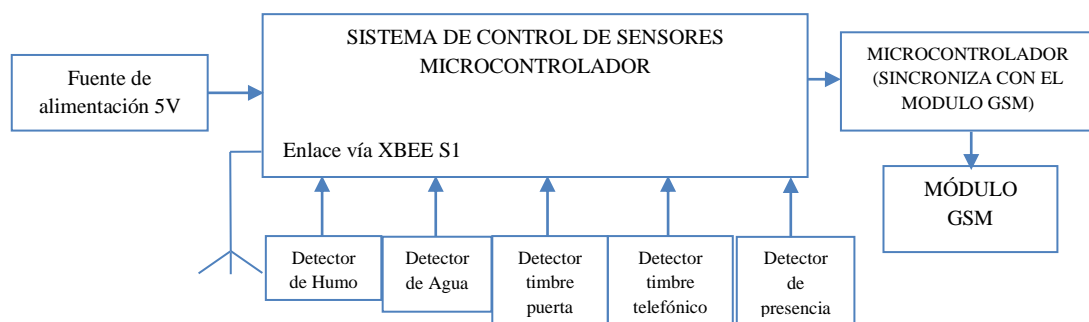
**Elaborado por:** (Santiago Villacrés)



## 2.1 Sistema de control de sensores

El Sistema de control de sensores está diseñado para recibir toda la información proporcionada por los diferentes sensores construidos e implementados en ciertas partes del hogar para detectar ciertos eventos. El esquema del Sistema de Control está dado por la Figura 17.

**Figura 17.** Esquema del sistema de control de sensores



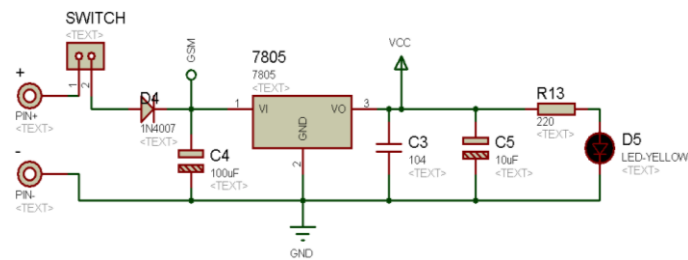
**Elaborado por:** (Santiago Villacrés)

### 2.1.1 Fuente de alimentación 5 V

Para la fuente de alimentación del sistema de control de sensores se utilizará un cargador universal que está en desuso el cual entrega un voltaje DC regulable de hasta 24V, para el desarrollo de la aplicación se escogió 20V que proporcionan una corriente máxima de 2 A. También se implementará un circuito regulador de voltaje que dará los 5 V necesarios para hacer funcionar la parte de control y del módulo GSM.

La figura 18, muestra el esquema de la fuente de alimentación para el Sistema de control de sensores.

**Figura 18.** Circuito regulador de voltaje



**Elaborado por:** (Santiago Villacrés)

D4 es un diodo de 1A que protege al regulador 7805 contra alguna regresión de voltaje por algún cortocircuito o cuando en la entrada este mal polarizado. C3, C4 y C5 son condensadores de desacoplo que se utilizan para eliminar señales de ruido.

### 2.1.2 Selección del Microcontrolador (Sistema de control)

Para la elección del microcontrolador del sistema de control de sensores se requerirá por lo menos 5 puertos de entrada para los sensores, 3 puertos de salida para enviar las señales al módulo GSM y 1 UART para la comunicación con el módulo XBEE del dispositivo móvil. Adicionalmente se dejarán pines de reserva en caso de realizar alguna expansión al circuito del prototipo.

Considerando los requerimientos expuestos, en la Tabla 1 se detallan los puertos necesarios para el Sistema de Control de Sensores.

**Tabla 1.** Puertos usados para el sistema de control

Puerto	Entrada	Salida
<b>Módulo Xbee S1</b>		X
<b>5 Señales de Sensores</b>	X	
<b>3 Led indicadores</b>		X
<b>Reset Microcontrolador</b>	X	

**Elaborado por:** (Santiago Villacrés)

El microcontrolador más indicado para este prototipo y que satisface los requerimientos es el PIC 18f452 el cual posee una gran cantidad de pines suficientes para el desarrollo de la central de eventos.

### **2.1.2.1 PIC 18F452**

Las principales características del microcontrolador son:

#### **Alto Rendimiento:**

- Programa lineal con direccionamiento de memoria de 32 Kbyte.
- Datos lineales con direccionamiento de memoria de 1,5 Kbyte.
- Compilador C optimizado para un conjunto de instrucciones.
- Código fuente compatible con el Pic 16 y Pic 17 del conjunto de instrucciones.
- Niveles de prioridad para las interrupciones.

#### **Características periféricas:**

- Tres pines para interrupción externa.
- Comparador de 16-bit, resolución máxima de 100 ns.
- Resolución PWM de 1 - a 10-bit.
- Maestro Esclavo en modo I2C.
- Módulo USART direccionable:
  - Compatible con RS-485 y RS-232.
  - Puerto Paralelo Esclavo (PSP) módulo.

#### **Funciones analógicas:**

- 10-bits de conversión analógico a digital por cada módulo (A/D) con:
  - Tasa de Muestreo rápido.
  - Programable en Detección de Baja Tensión (PLVD).
  - Soporta interrupción en Detección de Baja Tensión.

### **Características especiales:**

- Retención de datos por más de 40 años.
- Auto-reprogramable bajo control de software.
- Protección contra código programable.
- Ahorro de energía modo SLEEP.

### **Tecnología CMOS:**

- Bajo consumo, alta velocidad en tecnología FLASH/EEPROM.
- Diseño totalmente estático.
- Amplio rango de voltaje (2.0V a 5.5V).

**Figura 19.** Pic 18F452



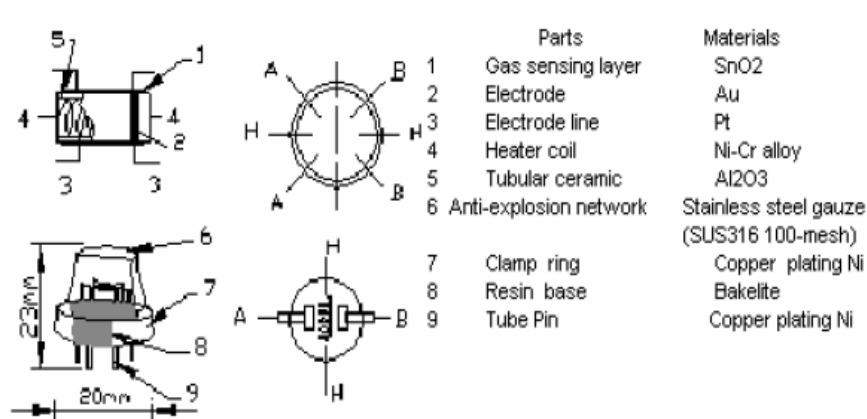
**Imagen:** (Santiago Villacrés)

### **2.1.3 Detector de humo**

Para la detección de humo se escogió el sensor de GAS MQ-2. Es un dispositivo que se utilizan en equipos de detección de fugas de gas en el hogar y la industria. Es adecuado para la detección de GLP, i-butano, propano, metano, alcohol, hidrógeno, humo. Consta de una salida análoga dada por una resistencia (RL) que toma diferentes valores de voltaje de acuerdo al rango que se desee detectar.

La estructura del sensor de gas MQ-2 (Ver la Figura 20) muestra que el sensor está compuesto por una cerámica de microtubo de óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ), un material sensible de dióxido de estaño ( $SnO_2$ ), el electrodo de medición y el calentador están fijados en una corteza de plástico y una red de acero inoxidable. (INMOTION, 2013)

**Figura 20.** Estructura del sensor MQ-2



Fuente: (INMOTION, 2013)

El sensor de gas MQ-2 tiene como características principales las siguientes:

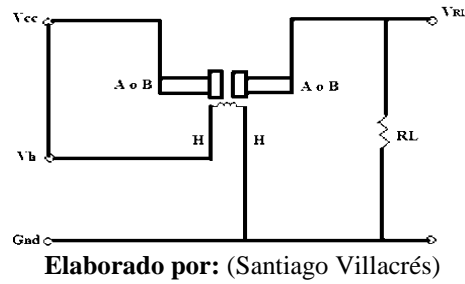
- Buena sensibilidad para gases combustibles en un amplio rango.
- Alta sensibilidad frente a GLP, propano e hidrógeno.
- Larga duración y bajo costo.
- Simple circuito de accionamiento.

Para el uso del sensor se recomienda conectar los 5V tanto en los pines de calentamiento (H) que mantienen al sensor caliente para su correcto funcionamiento como en los pines A o B que emiten una señal análoga que conectada a una carga resistiva ajustan la sensibilidad del detector. Como ya se mencionó, la carga resistiva toma diferentes valores de acuerdo a su aplicación, por eso se debe usar las ecuaciones de la hoja de datos técnica. Sin embargo, experimentalmente se comprobó que un buen valor de partida es una resistencia de 20K.

Debido a que este sensor consume una corriente de hasta 2 A, se usará una fuente independiente de la del sistema de control y será dada por un cargador de celular que está en desuso, debido que al usar la misma fuente del sistema de control (de 2 A) se notó que el módulo GSM no funciona correctamente ya que este consume una corriente de 1 A y no logra sincronizarse con el PIC.

La figura 21 muestra la debida conexión del Sensor MQ-2.

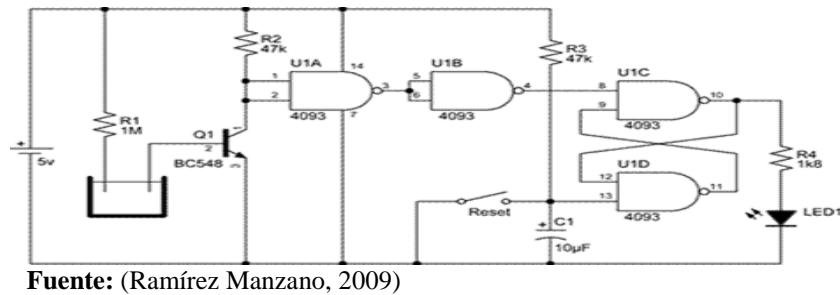
**Figura 21.** Conexión del sensor MQ-2



#### 2.1.4 Detector de fuga de agua

El diseño del circuito se basó en la figura 22, el cual consta de una lógica de estados por compuertas NAND.

**Figura 22.** Detector de inundación



**Fuente:** (Ramírez Manzano, 2009)

En el momento de conectar la alimentación el agua no está tocando los electrodos. El LED1 estará apagado.

En la entrada de la puerta U1A, que está configurada como inversor, se tendrá un nivel alto, por lo que a su salida se tendrá un 0 lógico. Esta última salida (pin 3) se lleva hasta la siguiente puerta lógica que está también configurada como inversor. A la salida de U1B se tiene un nivel alto que se aplica a la entrada R (pin 8) del biestable R-S. (Ramírez Manzano, 2009)

El biestable R-S está formado por las puertas U1C y U1D, siendo sus dos entradas pin 8 (R) y 9 (S) que están en ese momento a un nivel alto. Por lo tanto, su salida pin 10 (Q) no cambia y el LED1 permanece apagado. (Ramírez Manzano, 2009)

Ahora si el nivel de agua alcanza los electrodos, se establece una corriente de base del transistor Q1. Se producirá una caída de tensión en R2 y las entradas de U1A quedarán a un nivel bajo, por lo que a la salida del último inversor (pin 4) se tendrá un 0. (Ramírez Manzano, 2009)

Al recibir un valor distinto en una de las entradas del biestable, en este caso la entrada pin 8, la salida de este cambiara de estado, si se tiene un 0 ahora se tendrá un 1, permitiendo así que el LED1 se ilumine permanentemente. (Ramírez Manzano, 2009)

Para borrar el estado de alarma una vez que el nivel de agua ha bajado, simplemente se cierra el interruptor de Reset para descargar el condensador C1, luego se vuelve a abrir este interruptor para cargar la alarma. (Ramírez Manzano, 2009)

**Tabla 2.** Tabla de verdad del circuito

R (pin 8)	S (pin 9)	Qt (pin10)	Qt + 1 (pin 10)
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

**Fuente:** (Ramírez Manzano, 2009)

Qt = Valor que presenta la salida.

Qt+1 = Valor que tomará la salida.

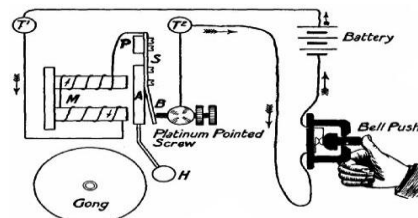
### 2.1.5 Detector de timbre de puerta

Cuando alguien presione el pulsador del timbre de la casa, se generará un evento que enviara una señal al sistema de control de sensores para seguir con el respectivo

procedimiento. Este evento se generara aunque la persona con déficit auditiva llegase a escuchar el sonido producido por el timbre que esté instalado en su hogar.

Como se muestra en la Figura 23 se requiere un fuente de alimentación esta puede ser AC o DC, para que al cerrar el circuito con el pulsador, la corriente pueda circular a través del electroimán. El campo magnético que se genera atrae la armadura que lleva el martillo incorporado la cual golpea la campana produciendo el sonido del timbre.

**Figura 23.** Timbre eléctrico



Fuente: (SCIENTIFCLIB)

Para detectar el timbre de la puerta, se diseñó una fuente DC sin transformador como se puede observar en la Figura 24, en la cual sus entradas estarán en paralelo con el pulsador de accionamiento del timbre, en esta ocasión el diseño esta implementado para que la fuente de alimentación sea AC desde la red de 120V.

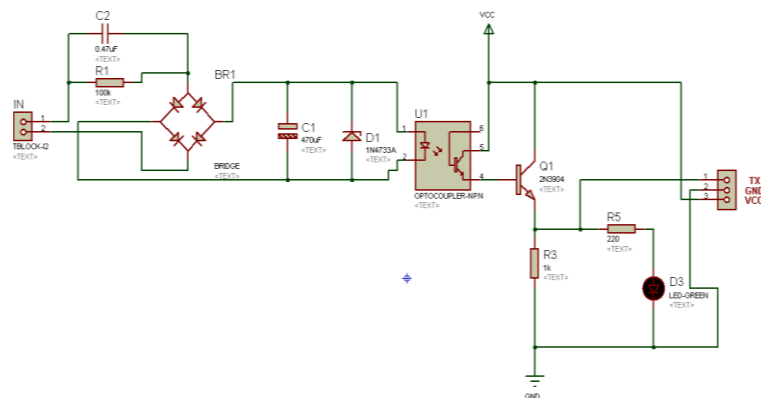
El circuito utiliza el integrado 4n25 que es un opto transistor que modula una señal luminosa mediante una señal eléctrica. De esta forma se aislara el circuito de entrada del circuito de control del prototipo brindando las protecciones debidas.

De acuerdo a la figura 24 se emplea una resistencia R1 de 100 K a la entrada de la señal AC, básicamente limita la corriente AC de entrada a 1,2 mA al puente rectificador, la cual va a circular tanto en el diodo zener que soporta 49 mA como en el led del integrado 4n25 que soporta máximo 60mA.

Una vez que el circuito detecte el accionamiento del timbre, se encenderá un led indicador que servirá de referencia para el funcionamiento correcto del circuito.



**Figura 24.** Detector de timbre de puerta

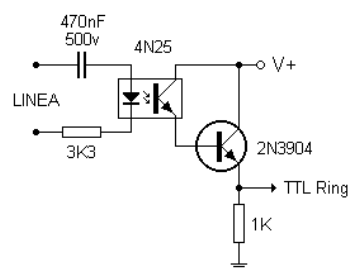


**Elaborado por:** (Santiago Villacrés)

### 2.1.6 Detector de timbre telefónico

El diseño que detectará la entrada de una llamada telefónica está basado en el siguiente circuito.

**Figura 25.** Detector de Ring



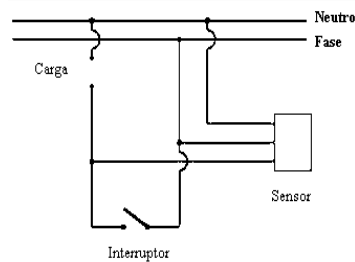
**Fuente:** (Canello, 2009)

La línea telefónica, en estado de llamada (ring o campanilla), presenta una corriente alterna de 50 ciclos y alrededor de 60 voltios. El capacitor de 470nF y la resistencia de 3K3 adecuan la señal para encender el led del opto, cuyo transistor satura la base del 2N3904 haciendo que este conduzca. Por lo tanto, el pulso de salida será un reflejo fiel de la señal de llamada de la línea telefónica. Es posible monitorear el sistema colocando un led y una resistencia de 470 ohm en serie con este en la salida TTL Ring del circuito. Así, cuando el timbre suene, el led parpadeará indicando el correcto funcionamiento del detector (Canello, 2009).

### 2.1.7 Detector de movimiento

Como parte de la monitorización que se requiere hacer en el proyecto mediante la tecnología GSM se usará un sensor de movimiento cuya activación será dada por el mismo circuito descrito en la Figura 24.

**Figura 26.** Esquema del sensor de movimiento



**Elaborado por:** (Santiago Villacrés)

Como se puede ver en la figura 26, se conectarán los cables de la carga del sensor a la entrada del circuito ya mencionado.

En caso de requerir la ubicación de la persona con déficit auditivo por parte del familiar allegado se tendrá la respuesta dependiendo del estado que se encuentre el sensor. Si este se encuentra activo, se enviará un 1 lógico al Pic que sincroniza con el módulo GSM y enviará el respectivo SMS con la ubicación pertinente, caso contrario enviará un SMS indicando que no se encuentra presente la persona con déficit auditivo.

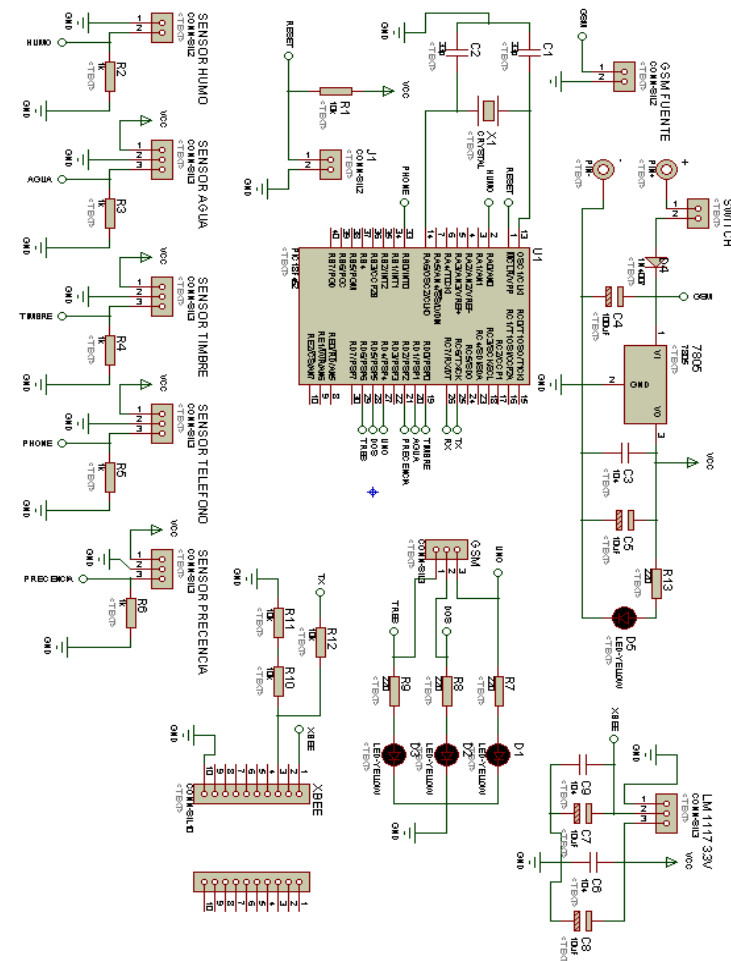
### 2.1.8 Diagrama esquemático del controlador principal

El diseño implementado en el controlador principal se puede observar en el diagrama de la figura 27.

El prototipo consta de 5 entradas para las distintas señales de los sensores, tiene 3 salidas que se usarán como entradas para el Pic que sincronizará con el módulo GSM y serán dadas por los detectores de humo, agua y presencia.

Además de usar reguladores de voltaje adecuados tanto para el sistema de control como para el módulo Xbee, se incluyó el diodo D4 que evitará que el circuito se polarice de forma incorrecta, impidiendo el daño de algunos elementos electrónicos (Pics, módulo Xbee, módulo GSM ).

**Figura 27.** Diagrama esquemático del sistema de control



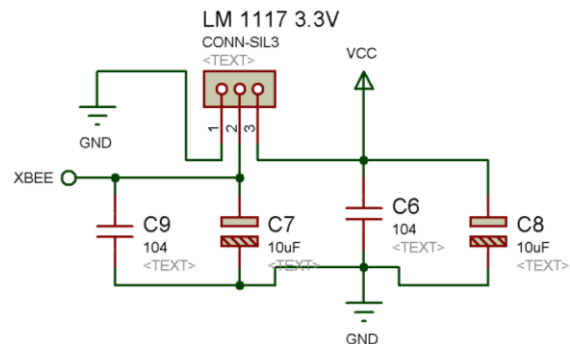
Elaborado por: (Santiago Villacrés)

## 2.2 Enlace vía Xbee S1

Para la transmisión de los datos vía inalámbrica, es importante tomar en cuenta que los módulos Xbee S1 requieren un voltaje de 3.3V, por lo que requiere el uso de un regulador de voltaje para cada uno.

La Figura 28 muestra el circuito implementado en cada módulo Xbee S1, es importante el uso de capacitores para filtrar las señales de ruido.

**Figura 28.** Regulador de voltaje para los módulos Xbee



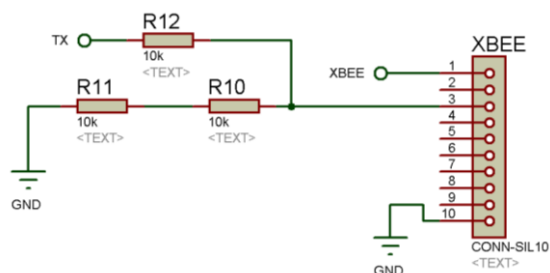
**Elaborado por:** (Santiago Villacrés)

### 2.2.1 Xbee S1 Transmisor

Debido a los niveles de tensión que usan los módulos Xbee no deben exceder los 3.3V, es importante que para las líneas de transmisión de los datos por medio del UART se use un divisor de voltaje adecuado, es por eso que se conectan algunas resistencias en serie y paralelo para obtener  $2/3$  del voltaje de salida que da el microcontrolador PIC [ $5 \cdot (2/3) = 3.33$ ].

La Figura 29 muestra el circuito empleado para el módulo transmisor.

**Figura 29.** Conexión del módulo Xbee S1 transmisor



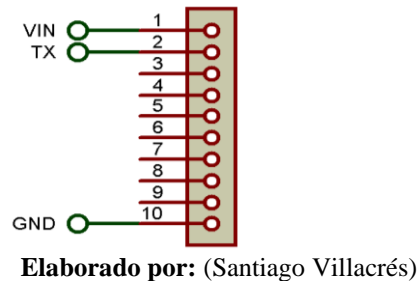
**Elaborado por:** (Santiago Villacrés)

### 2.2.2 Xbee S1 Receptor

Para el caso del módulo receptor no es necesario colocar un divisor de voltaje mediante resistencias ya que en este caso el PIC solo recibirá la salida de datos por parte del Xbee S1.

En la figura 30, se puede apreciar la conexión correcta del módulo receptor cuyo pin Tx va conectado al pin Rx del PIC.

**Figura 30.** Conexión del módulo Xbee S1 receptor



### 2.3 Módulo GSM SIM 900

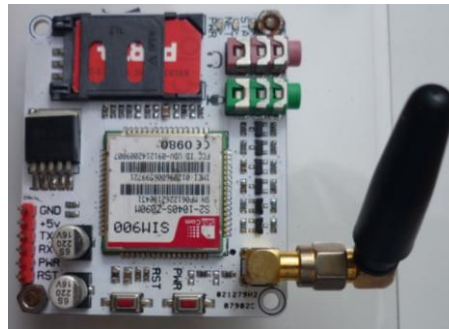
Para realizar la monitorización por parte de un familiar allegado se usó el módulo GSM SIM 900, el cual se basa en estándares GSM/GPRS que permiten la transmisión de datos mediante conmutación de paquetes, cuya configuración y control se realiza vía UART usando comandos AT.

Estas son algunas de las principales características del Módulo GSM SIM900:

- Cuadribanda 850/900/1800/1900MHz
- GPRS multislots clase 10/8
- GPRS estación móvil clase B
- Compatible con GSM fase 2/2+ clase 4 (2W@850/900MHz) Clase 1
- Control vía comandos AT ( GSM 07.07, 07.05 y comandos adicionales SIMCOM)
- Tensión de alimentación: de 3,1V a 4,8V
- Bajo Consumo: 1,5mA (modo sleep)
- Temperatura de trabajo: -40°C a +85°C
- Protocolo TCP/UDP embebido

En la figura 31, se puede apreciar el módulo GSM SIM 900.

**Figura 31.** Módulo GSM SIM 900



**Imagen:** (Santiago Villacrés)

A continuación, se detallan la distribución de los pines de conexión del modem.

- GND
- +5 V
- RX: Recepción serial
- TX: Transmisión serial
- PWR: Línea de control de encendido
- RST: Línea de control de Reset

### **2.3.1 Comunicación entre el PIC y el módulo GSM SIM 900**

El módulo GSM tiene su comunicación mediante la interfaz serial RS-232, para llevar a cabo esta comunicación con el microcontrolador se lo realiza de manera directa, mediante una conexión punto a punto sin la necesidad de un circuito integrado como el MAX 232.

El microcontrolador usado para la sincronización es el PIC 16f870 cuyas características son similares a las mencionadas más adelante en el ítem 2.4.2.1.

### **2.3.2 Diagrama esquemático de la comunicación GSM**

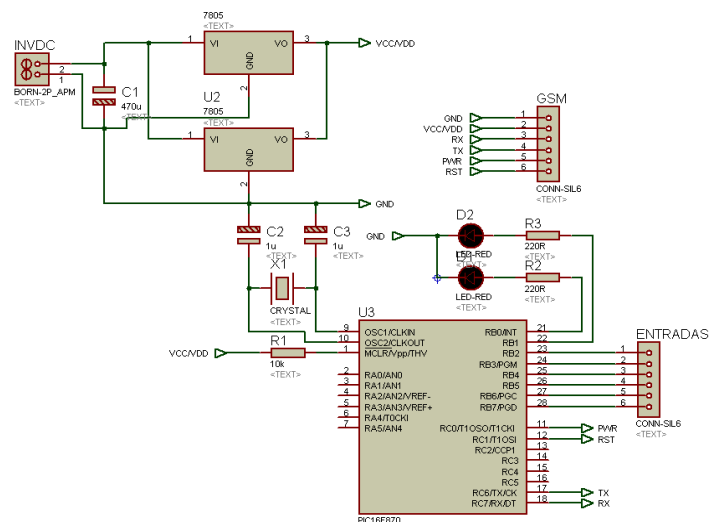
El diseño de la comunicación GSM por parte del sistema de control se puede observar en el diagrama de la figura 32.

El Pic que se utiliza con el módulo GSM se demora unos 20 segundos en sincronizar la señal de la operadora de telefonía celular, cuando los leds verde y amarillo dejen de titilar el sistema estará listo para funcionar.

Cada vez que reciba por parte del sistema de control un 1 lógico y estas señales provengan tanto del detector de humo o de agua enviaran inmediatamente un SMS de alerta al familiar allegado de la persona con déficit auditivo.

En caso de recibir un 1 o 0 lógico y esta señal provenga por parte del detector de movimiento, el PIC que sincroniza con el módulo GSM estará pendiente de recibir el SMS correcto por parte del familiar allegado en caso de requerir la ubicación de la persona con déficit auditivo.

**Figura 32.** Diagrama esquemático del controlador GSM



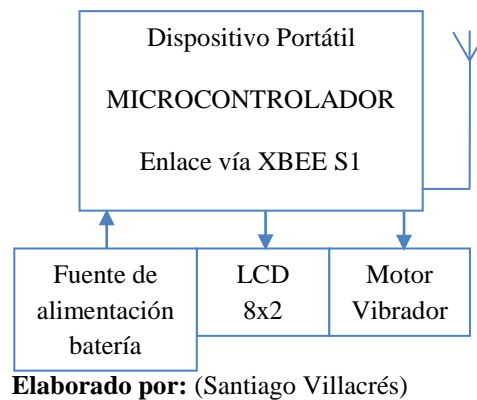
Elaborado por: (Santiago Villacrés)

## 2.4 Módulo receptor de visualización

El módulo receptor de visualización está formado por: un microcontrolador, un LCD 8x2 y un motor vibrador, que brindara al usuario una alarma visual y vibratoria en caso de producirse un evento en su hogar.

La figura 33, muestra un esquema simplificado del dispositivo.

**Figura 33.** Esquema general del dispositivo móvil

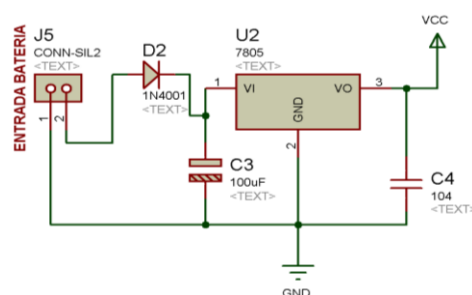


### 2.4.1 Fuente de alimentación batería

Al ser un dispositivo portátil, este consta de una fuente de alimentación proporcionada por una batería recargable GP de 8,4 V que junto a un regulador de voltaje proporcionan los 5 V para el funcionamiento del microcontrolador y todos sus periféricos en uso.

La Figura 34, muestra el diseño del regulador de voltaje que al igual que la figura 2.4 contiene un diodo rectificador que servirá de protección al regulador 7805 en caso de una mala conexión de la batería o exista algún corto circuito.

**Figura 34.** Regulador de voltaje del dispositivo móvil



**Elaborado por:** (Santiago Villacrés)

### 2.4.2 Selección del microcontrolador (dispositivo móvil)

Al igual que en el sistema de control de sensores, el dispositivo móvil necesitará satisfacer ciertas necesidades de periféricos para su correcto funcionamiento, se



requiere 7 puertos para el control del LCD, 1 puerto de salida para el motor vibrador y 1 UART para la recepción del módulo XBEE.

La siguiente tabla detalla los requerimientos necesarios para el funcionamiento del dispositivo móvil.

**Tabla 3.** Puertos usados para el dispositivo móvil

Puerto	Entrada	Salida
<b>LCD 8x2</b>		X
<b>Motor Vibrador</b>		X
<b>Módulo Xbee S1</b>	X	

Elaborado por: (Santiago Villacrés)

De acuerdo con la tabla 3, se utilizará el PIC 16f873 el cual posee 2 puertos de 8 bits y 1 puerto de 6 bits suficientes para el diseño del receptor. Además este PIC posee suficiente memoria para realizar el desarrollo de los algoritmos a ser implementados.

#### **2.4.2.1 PIC 16F873A**

El PIC 16F873A forma parte de la de gama media de 8 bits de la familia de microcontroladores PIC.

Las principales características de recursos de este microcontrolador son:

#### **Alto Rendimiento:**

- CPU de arquitectura RISC (Reduced Instruction Set Computer).
- Set de 35 instrucciones.
- Todas las instrucciones se ejecutan en un único ciclo de instrucción, excepto las de salto.
- Hasta 8K x 14 palabras de Memoria de Programa FLASH.
- Hasta 368 x 8 bytes de Memoria de Datos tipo RAM.
- Hasta 256 x 8 bytes de Memoria de Datos tipo EEPROM.

### **Características Periféricas:**

- 3 Temporizadores.
- Tipo de oscilador seleccionable (RC, HS, XT, LP y externo).
- Watchdog Timer o Perro Guardián.
- 2 módulos de captura/comparación/PWM de resolución de 10 bits.
- Comunicaciones por interfaz USART Puerto Paralelo Esclavo de 8 bits (PSP).
- Puerto Serie Síncrono (SSP) con SPI e I<sup>2</sup>C.

### **Funciones Análogas**

- Conversor Analógico/Digital de 10 bits multicanal.

### **Características Especiales**

- Modo de bajo consumo (Sleep).
- Detención del programa por más de 40 años.

### **Tecnología CMOS**

- Rango de voltaje de operación desde 2,0V a 5,5V.

**Figura 35.** PIC 16F873A



**Imagen:** (Santiago Villacrés)

### **2.4.3 LCD 8x2**

Para brindar la alerta visual al usuario se utilizó un LCD 8x2 como se muestra en la figura 36, el cual consta de dos filas con 8 caracteres cada una.

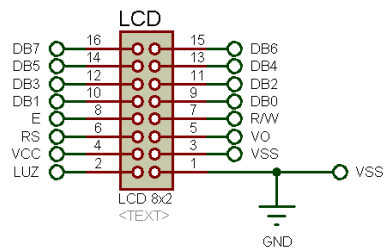
**Figura 36.** LCD 8x2



**Imagen:** (Santiago Villacrés)

La figura 37, muestra el diagrama de conexión del LCD en el microcontrolador.

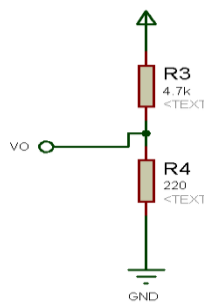
**Figura 37.** Conexión LCD 8x2



**Elaborado por:** (Santiago Villacrés)

Para proporcionar el contraste del LCD, el pin Vo está conectado a un divisor de voltaje, cuyos valores de resistencia fueron tomados experimentalmente como se muestra en la figura 38.

**Figura 38.** Contraste del LCD



**Elaborado por:** (Santiago Villacrés)

#### 2.4.4 Motor vibrador

Este dispositivo es un micro motor de corriente continua de bajo voltaje que gira a altas revoluciones por minuto. Entre algunas de sus aplicaciones se encuentran en los vibradores de los celulares.

Estas son algunos detalles del motor vibrador:

- Diámetro: 10 mm.
- Grosor: 3.4 mm.
- Voltaje: 3 VDC.
- Rango de Voltaje: 2.5- 3.8.
- Consumo típico: 75mA.
- Velocidad nominal: 12000 rpm.
- Resistencia terminal [ohm]: 75.
- Sección del cable: 32 AWG.
- Contiene etiqueta adhesiva para su fijación.

**Figura 39.** Motor vibrador



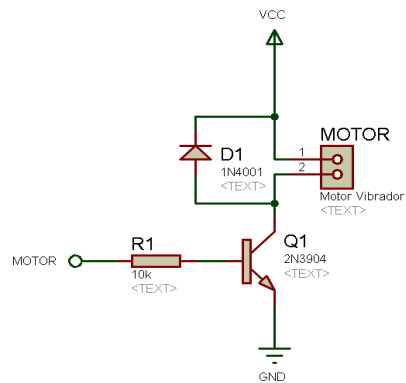
**Imagen:** (Santiago Villacrés)

En la figura 40, se aprecia el circuito de accionamiento del motor vibrador. Se coloca un diodo para la protección del transistor cuando el motor se apague.

Cada vez que el módulo receptor reciba vía serial las diferentes señales de los respectivos sensores, enviara una señal del tipo PWM que en caso de no ser una señal critica dada por los sensores de humo y agua durara solo 10 segundos, en caso

de ser crítica el tiempo de duración será indefinido hasta que sean desactivadas dichas alarmas.

**Figura 40.** Accionamiento del motor vibrador



Elaborado por: (Santiago Villacrés)

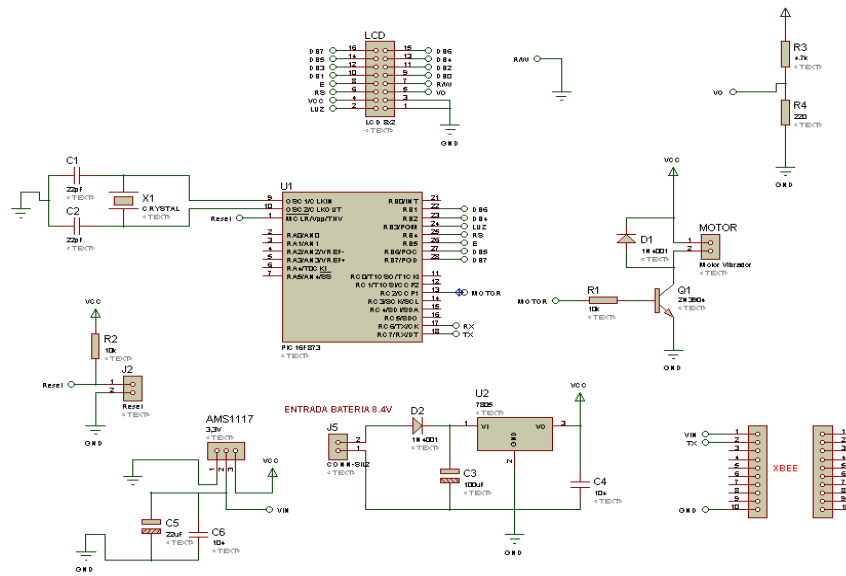
#### 2.4.5 Diagrama esquemático del controlador secundario

El diseño del controlador secundario se puede observar en el diagrama de la figura 41.

El controlador secundario consta de sus respectivos reguladores de voltaje, y al igual que el sistema de control de sensores se incluye un diodo D2 que protegerá al circuito en caso de una mala conexión de la batería.

Para evitar que el transistor se rompa y pueda seguir circulando la intensidad por la bobina del motor se colocó un diodo D1 anti paralelo, este diodo mantiene el drenador del transistor a un valor de  $V_{cc} + 0,7 V$ .

**Figura 41.** Diagrama esquemático del módulo receptor



Elaborado por: (Santiago Villacrés)

## CAPÍTULO 3

### COMUNICACIÓN Y SOFTWARE

#### 3.1 Configuración módulo Xbee

Se puede utilizar el Hyperterminal de Windows para configurar un módulo Xbee, en esta ocasión, se usará el software X-CTU, en el cual se realiza las debidas configuraciones de manera más fácil y rápida para un modo de conexión punto a punto.

Los parámetros a configurar para el envío y recepción de datos son los siguientes:

**PAN ID** (Personal Area Network): es el nombre de la red dentro de la cual se comunicaran los módulos Xbee, el nombre de la red es un valor hexadecimal de 0 a FFFE.

**DL:** define un numero de 16 bit como la dirección del módulo de destino dentro de la red al cual se va a realizar la comunicación.

**MY ID:** es el nombre que se le asigna a cada módulo, también se expresa en valores hexadecimales.

**INTERFACE DATA RATE:** velocidad en que los datos se transmitirán en cada dispositivo Xbee.

En la siguiente tabla se puede apreciar la configuración de los parámetros en cada módulo Xbee.

Cabe señalar que los valores programados en cada módulo Xbee son escogidos al azar por parte del programador o usuario, lo que implica que no existe una regla específica para su uso.

**Tabla 4.** Configuración de los módulos Xbee

Dispositivo	PAN ID	DL	MY ID	Velocidad de Transmisión
<b>Transmisor</b>	2013	1	0	9600
<b>Receptor</b>	2013	0	1	9600

**Elaborado por:** (Santiago Villacrés)

Al correr el programa X-CTU se puede observar cuatro pestañas que conforman toda la ventana del software. Cada pestaña tiene una función diferente, que se explicara a continuación.

**PC Settings:** permite al usuario seleccionar el puerto COM deseado y configurar ese puerto para colocar los ajustes de los módulos Xbee.

**Range Test:** permite al usuario realizar una prueba de alcance entre dos módulos.

**Terminal:** permite el acceso al puerto COM, mediante un programa de emulación. Esta pestaña también permite la posibilidad de acceder al firmware de los módulos utilizando comandos AT.

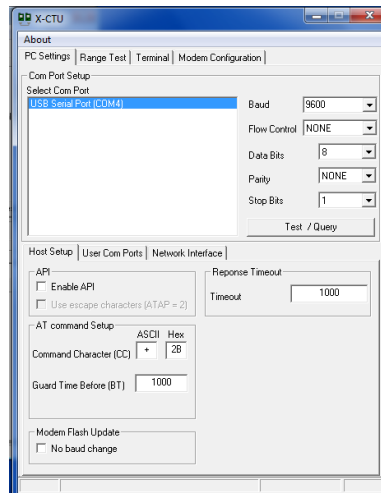
**Modem Configuration:** permite la posibilidad de programar las configuraciones del firmware de los módulos a través de una interfaz gráfica de usuario. Esta pestaña también permite a los clientes la capacidad de cambiar las versiones de firmware.

En la figura 42, se observa la ventana principal del software X-CTU.

Una vez que se inicializa, en la parte superior izquierda aparece en que puerto se está comunicando el módulo Xbee.



**Figura 42.** Software X-CTU

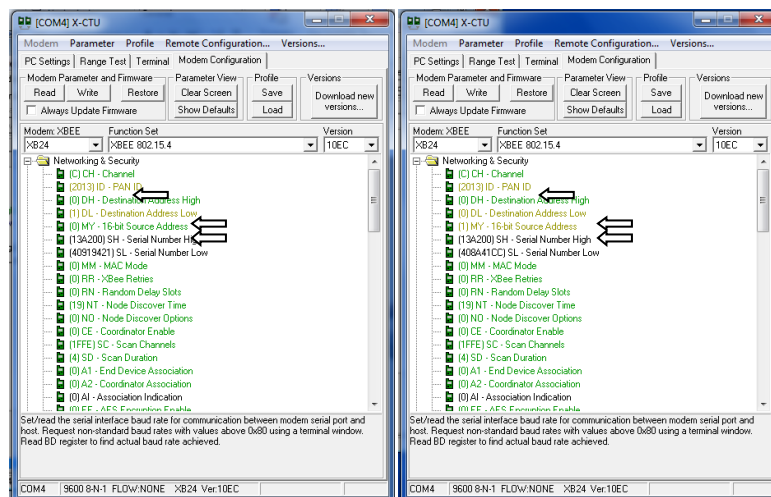


**Elaborado por:** (Santiago Villacrés)

A continuación, se muestran las configuraciones de los respectivos parámetros realizados tanto en el módulo transmisor como en el receptor dadas por la Tabla 4.

Las debidas configuraciones se las realiza en la carpeta Networking & Security de la pestaña Modem Configuration.

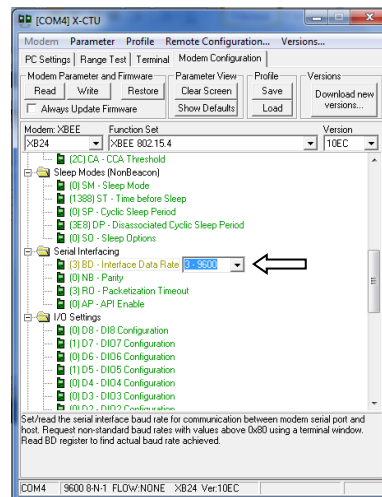
**Figura 43.** Configuración de los módulos Xbee Transmisor y Receptor



**Elaborado por:** (Santiago Villacrés)

Para configurar la velocidad de transmisión tanto del módulo transmisor como receptor, se escoge la carpeta Serial Interfacing y en la opción Interface Data Rate el valor de la velocidad dependiendo de la cantidad de información a transmitir.

**Figura 44.** Configuración de la velocidad de transmisión de los módulos Xbee



**Elaborado por:** (Santiago Villacrés)

### 3.2 Desarrollo del software para el sistema de control

El software que se implementó en los diferentes microcontroladores fue desarrollado en lenguaje C, usando el programa MIKRO C PRO, el cual es un compilador para la familia PIC y AVR desarrollado por MIKROELECTRONICA.

En el siguiente diagrama de flujo, se explica las funciones más importantes del controlador.

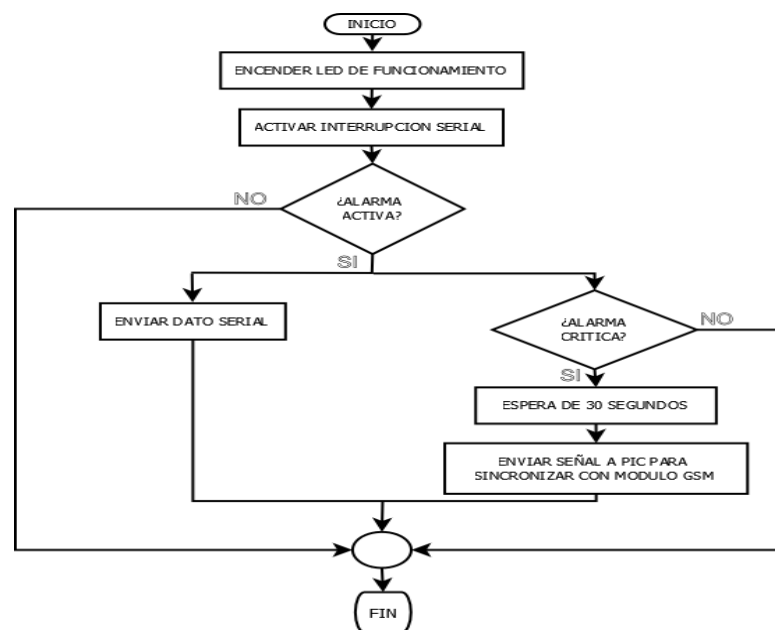
#### 3.2.1 Diagrama de flujo General del Sistema de Control

En el anexo C.1, se puede apreciar el programa realizado.

Una vez encendido el sistema de control, se activara un led por 1 segundo indicando que el prototipo está listo para funcionar.

En caso de activarse alguna alarma por parte de los diferentes detectores implementados, se enviará un dato vía serial hacia el módulo receptor indicando el tipo de alarma, y si es de estado crítico tendrá una duración de 30 segundos para su desactivación, caso contrario el PIC que sincroniza con el módulo GSM recibirá una señal para enviar el respectivo SMS de alerta al familiar allegado.

**Figura 45.** Diagrama de flujo general del prototipo



Elaborado por: (Santiago Villacrés)

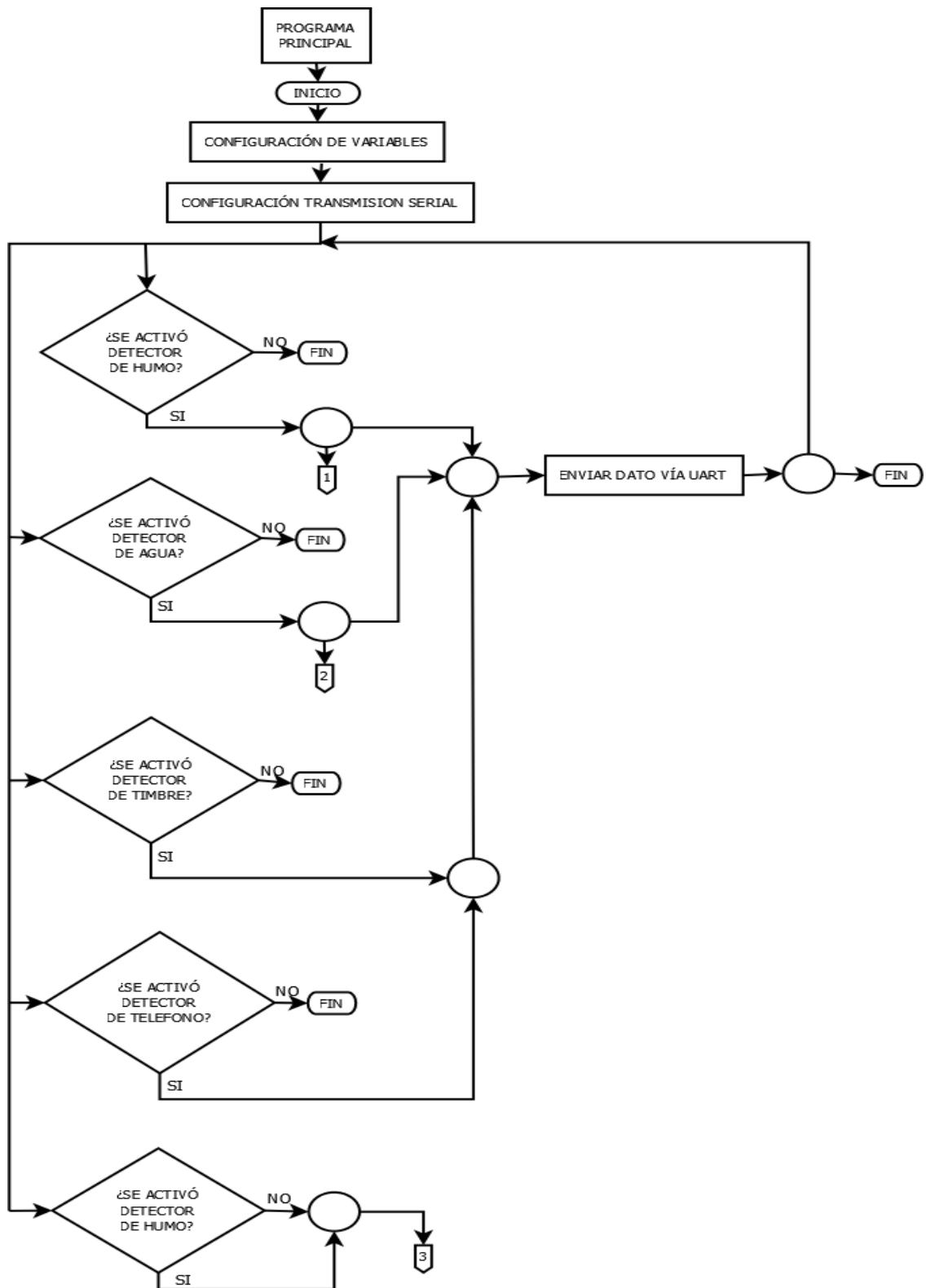
### 3.2.2 Programa principal

El diagrama de la figura 46 sigue las instrucciones del programa diseñado, tiene una etapa de inicio que prepara los diferentes puertos y variables a ser usadas, además de habilitar la interrupción serial para la debida comunicación con el módulo receptor.

Cada señal de entrada dada por los diferentes sensores tiene su propio algoritmo de ejecución dando prioridad a dos alarmas de estado crítico (humo, fuga de agua).

El tiempo de envío de datos de los diferentes sensores por parte del Sistema de Control hacia el módulo receptor se establece de acuerdo a las necesidades de la persona con problemas auditivos, estas pueden ser: la edad, decibeles de pérdida auditiva, limitaciones físicas.

Figura 46. Diagrama de flujo del controlador principal

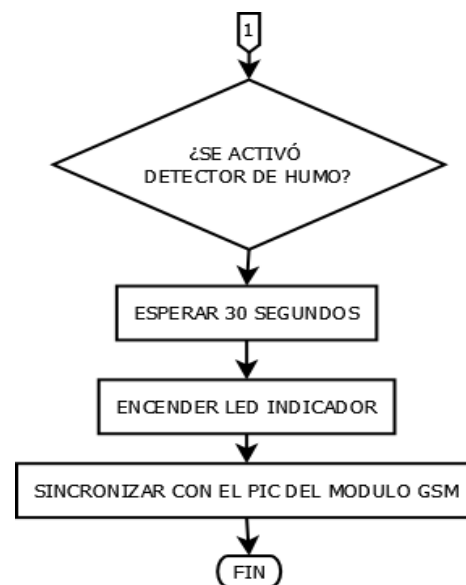


Elaborado por: (Santiago Villacrés)

### 3.2.3 Proceso detector de humo

Para el proceso del detector de humo, el programa lleva un ciclo de acción/respuesta el cual proporcionara a la persona con déficit auditivo un tiempo para desactivar la alarma, en caso de no ejecutar alguna acción enviara una señal al microcontrolador que sincroniza con el módulo GSM para enviar un SMS al familiar allegado.

**Figura 47.** Diagrama de flujo del proceso detector de humo



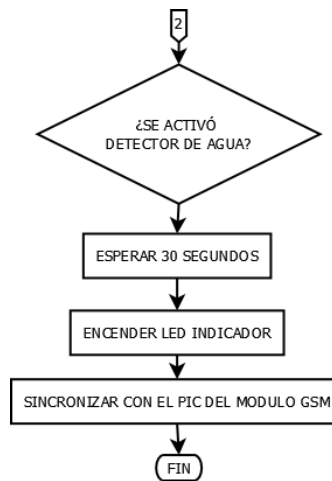
Elaborado por: (Santiago Villacrés)

### 3.2.4 Proceso detector de fuga de agua

Si llegase a existir alguna fuga de agua, la persona con problemas auditivos recibirá una señal visual y vibratoria en el módulo receptor acerca del evento que está ocurriendo para que esta realice la respectiva desactivación de dicha alarma.

Transcurrido un determinado tiempo y en caso de no haberse desactivado la alarma, el sistema de control de sensores enviará una señal al PIC que sincroniza con el módulo GSM para enviar un SMS de alerta al familiar que está a cargo sobre el evento que se está generando en el hogar.

**Figura 48.** Diagrama de flujo del proceso detector de agua

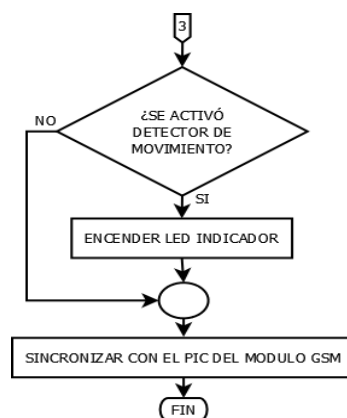


**Elaborado por:** (Santiago Villacrés)

### 3.2.5 Proceso detector de movimiento

Para el caso del detector de movimiento, en caso de la activación del mismo se enviará una señal que será proporcionada por un led indicador hacia el PIC de sincronización con el módulo GSM, y en caso de requerir el familiar a cargo el sitio donde está presente la persona con déficit auditivo, se le notificará mediante un SMS en que parte del hogar se encuentra la persona con déficit auditivo.

**Figura 49.** Diagrama de flujo del proceso detector de movimiento



**Elaborado por:** (Santiago Villacrés)

### 3.3 Desarrollo del software para el módulo receptor

El módulo receptor recibe información cuando en el sistema de control principal se halla activado una entrada, su desarrollo es también en lenguaje C usando el IDE MIKRO C PRO ya que es uno de los lenguajes de programación más completos con la familia de microcontroladores PIC.

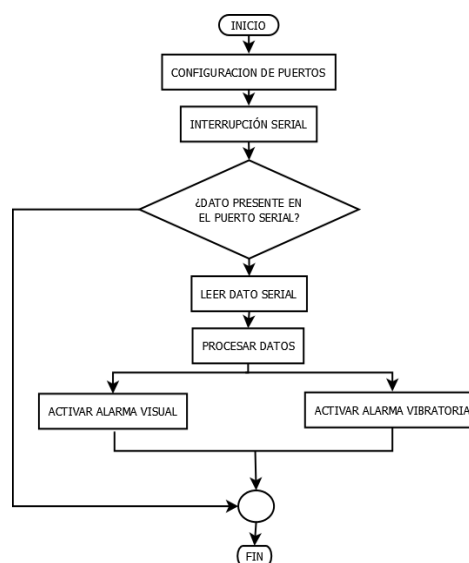
#### 3.3.1 Diagrama de flujo General del módulo receptor

Para la lectura y procesamiento de los datos transmitidos vía serial desde el controlador principal se empleó el diagrama de flujo que se muestra en la figura 50.

Una vez activo el hardware y software del módulo receptor, estará listo para recibir los diferentes datos de alarmas provistos por los detectores usados en el Sistema de Control.

Cada vez que el módulo receptor reciba vía serial un dato de alarma este activará una alerta visual y vibratoria indicando que tipo de alarma se ha activado dentro del hogar.

**Figura 50.** Diagrama de flujo del modulo receptor



**Elaborado por:** (Santiago Villacrés)

En el anexo C.2, se aprecia el programa realizado.

### **3.4 Comunicación GSM**

Para el procesamiento de datos del módulo GSM que recibirá información por parte del microcontrolador secundario de la parte de control y mensajes de texto por parte del familiar allegado a la persona con insuficiencia auditiva, se ha realizado mediante interrupciones vía serial y el uso de comandos AT para la parte de envío y recepción de SMS de alerta.

#### **3.4.1 Diagrama de flujo para la comunicación GSM**

El diagrama de flujo de la figura 51, muestra la configuración desarrollada.

Cada vez que el PIC que sincroniza con el modem GSM reciba una señal de entrada por parte del Sistema de Control enviará un SMS hacia el familiar cuidador indicando el evento que ha ocurrido dentro del hogar.

Si en determinada hora del día el familiar cuidador requiere conocer la ubicación de la persona con déficit auditivo en el hogar, este deberá enviar un SMS con la palabra “@activa”, con lo cual el módulo GSM le devolverá un SMS con la ubicación respectiva.

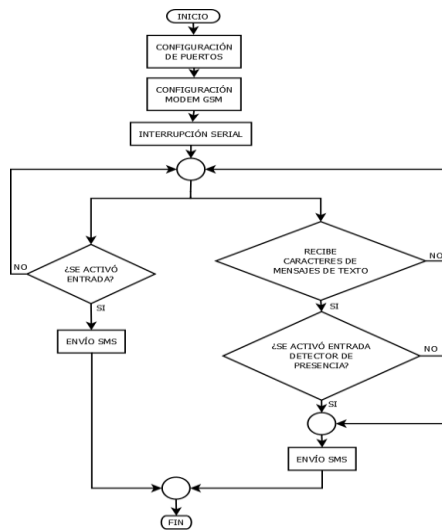
Hay que tomar en cuenta que la palabra clave para requerir la ubicación es el mensaje “@activa”, en caso de enviar otro tipo de mensaje, el modem GSM no devolverá un SMS con la ubicación.

En caso de que se desee usar otro tipo de palabra clave, simplemente dentro de la programación implementada se debe cambiar el tipo de palabra clave.

En el anexo C.3, se puede apreciar el programa realizado.



**Figura 51.** Diagrama de flujo de la comunicación con el modem GSM SIM 900



**Elaborado por:** (Santiago Villacrés)

## CAPÍTULO 4

### EXPERIMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Dentro de los parámetros necesarios para el correcto funcionamiento del prototipo de Asistencia Móvil para personas con problemas auditivos es necesario realizar pruebas para comprobar su correcto funcionamiento.

Para la respectiva experimentación del prototipo de asistencia móvil se lo realizara con la Sra. Mercedes Yépez, una persona de la tercera edad quien desde hace algunos años ha ido perdiendo el sentido de la audición hasta el punto de no escuchar nada en el oído izquierdo y tener una pérdida mayor a 85 dB en el oído derecho, mediante la señora se logrará establecer los correctivos necesarios si se diera el caso.

**Figura 52.** Señora Mercedes Yépez



**Imagen:** (Santiago Villacrés)

#### 4.1 Pruebas de operación

Una vez finalizado tanto el hardware como el software del sistema de Asistencia, se procedió a realizar pruebas oportunas de cada detector diseñado para determinar cuan fiable ha sido el proyecto y si este cumple con los objetivos requeridos.

### 4.1.1 Prueba del detector de fuga de agua

Este circuito se puede acondicionar en un lugar pertinente en el que la persona con déficit auditivo pueda olvidarse de cerrar la llave de agua, puede ubicarse por ejemplo en el lavamanos del baño, o en algún fregadero en que realice alguna limpieza de ropa, trastes, etc., siendo propensa a pasar desapercibido el sonido de la llave de agua abierta.

Cuando el agua toque las puntas del circuito, este envía una señal al dispositivo móvil, que activara el motor vibrador y mostrará en su pantalla el mensaje “ALERTA AGUA” como se muestra en la figura 53.

**Figura 53.** Estado en el dispositivo receptor en caso de fuga de agua

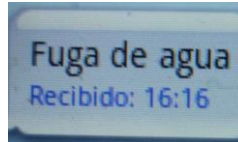


**Imagen:** (Santiago Villacrés)

Cabe señalar que la señal que envía el detector de fuga de agua por parte del Sistema de Control forma parte de las alarmas de estado crítico, el dispositivo móvil activara sus señales de alerta de forma continua hasta que se realice una acción pertinente que desactive el estado del detector.

En forma experimental se determinó un tiempo de 30 segundos para que la persona con problemas auditivos pueda ejercer la acción pertinente en caso de detectarse humo en el hogar. Una vez que ese tiempo ha transcurrido se enviará una señal hacia el PIC que sincroniza con el módulo GSM, para que a su vez se envíe un mensaje de texto al familiar que tiene la responsabilidad de cuidar indicando el tipo alerta que se generó.

**Figura 54.** Mensaje recibido por parte del módulo GSM



**Imagen:** (Santiago Villacrés)

#### 4.1.2 Prueba del detector de humo

Para usar este circuito, primero se debe conectar su fuente de alimentación dada por un cargador, luego se debe esperar un tiempo considerable de 5 a 6 minutos para que el sensor pueda estabilizarse.

Para determinar el funcionamiento de este circuito, se produjo humo de manera intencional, a través de un incienso.

Una vez encendido el incienso, colocamos el humo que se produce cerca del detector.

Al dar una salida análoga en forma de voltaje, mientras el humo incide sobre el detector transcurre un lapso de tiempo y si sobrepasa el rango establecido para su estado de alarma, el dispositivo móvil activará el motor vibrador y activará la iluminación del LCD mostrando el texto “ALERTA HUMO” como se muestra en la figura 55.

**Figura 55.** Estado en el dispositivo receptor en caso de detectarse humo

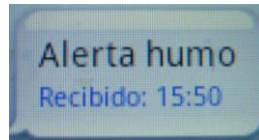


**Imagen:** (Santiago Villacrés)

En caso de que la persona con problemas auditivos no desactivase la alarma, el Sistema de Control otorgará un periodo de tiempo de 30 segundos. Pasado ese

tiempo se enviará una señal al PIC que sincroniza con el módulo GSM para enviar un mensaje de texto al familiar cuidador.

**Figura 56.** Mensaje recibido por parte del módulo GSM



**Imagen:** (Santiago Villacrés)

El detector de humo al ser una alarma de estado crítico al igual que el detector de agua, si es que permanece activada enviará una señal de forma continua al dispositivo móvil.

#### **4.1.3 Prueba del detector de presencia**

Este circuito se utilizará como un localizador de la persona con problemas de audición mediante la tecnología GSM. Cabe recalcar que el objetivo de la monitorización del prototipo diseñado no es espionar en todo momento a la persona con déficit auditivo en el hogar, más bien es proveer un medio de seguridad en lugares vulnerables de sufrir algún percance.

Para las debidas pruebas de operación es importante mencionar que el Sistema de Control solo cuenta con el diseño de una entrada para este tipo de sensores, pudiendo ser añadidas más entradas en el diseño generado de acuerdo a las necesidades que se presenten.

El circuito se debe colocar en lugares altos y que estén libres de algún objeto o cosa que perturbe el funcionamiento del mismo, además como medida de seguridad, la parte del sensor que capta el movimiento debe estar en el mismo sentido donde la persona con déficit auditivo este realizando algún tipo de actividad.

**Figura 57.** Ubicación del detector de movimiento



**Imagen:** (Santiago Villacrés)

Para realizar las debidas pruebas del detector, se simulará que se encuentra instalado en la cocina. Para su activación, basta que la persona con problemas auditivos se encuentre dentro del área en que se ubique el sensor. Una vez que el sensor capta el movimiento, el circuito activara un led que indicara que el circuito se encuentra en buen estado.

**Figura 58.** Detector de movimiento en funcionamiento

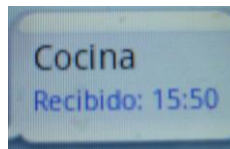


**Imagen:** (Santiago Villacrés)

En caso de que un familiar requiera saber a cierta hora del día en qué parte del hogar se encuentra la persona con déficit auditivo intuyendo que se encuentre realizando alguna actividad o labor, tendrá que enviar un mensaje de texto con la palabra “@activa” al número de celular que tiene el chip en el módulo GSM para recibir una confirmación vía mensaje de texto de la ubicación en que se halle.

En caso de que la persona no se encuentre en ningún sitio en que puedan estar los sensores de movimiento recibirá un mensaje de texto con el mensaje “No hay nadie”.

**Figura 59.** Ubicación requerida por el familiar cuidador



**Imagen:** (Santiago Villacrés)

El dispositivo móvil no tendrá ningún estado de alarma, ya que este proceso solo le corresponde al familiar allegado como parte de la monitorización de ubicación mediante el modem GSM.

#### **4.1.4 Prueba del detector de timbre de puerta**

Este circuito es colocado en paralelo al timbre de la puerta y será activado cuando alguien presione el pertinente pulsador del timbre. Cabe recordar que el detector tiene que ser activado con la red eléctrica de 120 VAC y no con una alimentación de corriente continua.

Una vez que se presiona el pulsador del timbre de puerta del hogar, al mismo tiempo se enviará una señal al dispositivo móvil por parte del Sistema de Control que tendrá una duración de 10 segundos, activando la señal vibratoria, la iluminación del LCD y mostrando el mensaje “ALERTA TIMBRE” .

**Figura 60.** Estado en el dispositivo receptor en caso de activarse el timbre de la puerta.



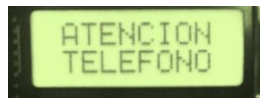
**Imagen:** (Santiago Villacrés)

#### **4.1.5 Prueba del detector de timbre telefónico**

Para realizar esta prueba el detector debe estar conectado en paralelo a un teléfono convencional.

Se hizo una llamada telefónica al teléfono convencional, una vez que suena, el dispositivo móvil recibirá una señal que mostrara en la pantalla el mensaje “ATENCIÓN TELEFONO” con una duración de 10 segundos, activando su alerta vibratoria y la iluminación del LCD.

**Figura 61.** Estado en el dispositivo receptor en caso de timbrar el teléfono



**Imagen:** (Santiago Villacrés)

#### **4.1.6 Prueba de varias entradas activas**

En caso de que simultáneamente se activaran algunos sensores, el Sistema de Control tiene diseñado varios algoritmos para enviar distintas señales de alarma que puedan ser visualizadas en la pantalla del dispositivo móvil mediante varios mensajes, activando la alarma vibratoria y de iluminación del LCD como se puede observar en las siguientes figuras.

**Figura 62.** Detector de agua y timbre activos



**Imagen:** (Santiago Villacrés)

**Figura 63.** Detector de humo y teléfono activos



**Imagen:** (Santiago Villacrés)

**Figura 64.** Estado en el dispositivo receptor en caso de activarse varias alarmas





Imagen: (Santiago Villacrés)

#### 4.1.7 Lista de elementos y precio del producto

En las siguientes tablas, se detallan los elementos utilizados para el diseño del prototipo de asistencia móvil para personas con problemas auditivos, así como el precio de los materiales que componen el sistema.

**Tabla 5.** Lista de elementos y costo del Sistema de Control

SISTEMA DE CONTROL DE SENSORES			
Detalle	Cantidad	Costo	Total
<b>XBEE Serie 1</b>	1	37,33	37,33
<b>PIC 18F452</b>	1	7,60	7,60
<b>Cristal 20 MHz</b>	1	0,56	0,56
<b>Capacitor 22 pf</b>	2	0,10	0,20
<b>Capacitor 100 nf</b>	3	0,10	0,30
<b>Capacitor 100 uf</b>	1	0,20	0,20
<b>Capacitor 10 uf</b>	2	0,15	0,30
<b>Zocket XBEE 10 P</b>	1	1,39	1,39
<b>7805</b>	1	0,40	0,40
<b>LM 1117</b>	1	0,95	0,95
<b>Diodo LED</b>	9	0,09	0,81
<b>Resistencias</b>	13	0,03	0,39
<b>4n25</b>	3	0,40	1,20
<b>Jack hembra</b>	14	0,14	1,98
<b>Jack banana</b>	14	0,14	1,98
<b>Espadines</b>	19	0,40	0,40
<b>Diodo 1n4007</b>	4	0,10	0,40
<b>Cargador Universal</b>	1	15,00	15,00
<b>Switch</b>	1	0,25	0,25
<b>Zócalo 40 P</b>	0,20	0,20	0,20
<b>Caja Plástica</b>	5	2,00	10,00
<b>Caja Acrílico</b>	1	30,00	30,00
<b>PCB + Screen</b>	6	45,00	45,00

<b>Varios</b>		10,00	10,00
<b>TOTAL</b>			<b>166,84</b>

**Elaborado por:** (Santiago Villacrés)

**Tabla 6.** Lista de elementos y costos de la comunicación GSM

<b>COMUNICACIÓN GSM</b>			
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Total</b>
<b>Módulo GSM SIM 900</b>	1	90,00	90,00
<b>PIC 16F870</b>	1	5,30	5,30
<b>Cristal 20 MHz</b>	1	0,56	0,56
<b>Capacitor 22 pf</b>	2	0,10	0,20
<b>Capacitor 470 uf</b>	1	0,20	0,20
<b>7805</b>	2	0,40	0,80
<b>Diodo LED</b>	2	0,09	0,18
<b>Espadines</b>	12	0,40	0,40
<b>Resistencias</b>	3	0,03	0,09
<b>PCB + Screen</b>	1	8,00	8,00
<b>Zócalo 28 P</b>	1	0,20	0,20
<b>Varios</b>		3,00	3,00
<b>TOTAL</b>			<b>108,93</b>

**Elaborado por:** (Santiago Villacrés)

**Tabla 7 .** Lista de elementos y costo del dispositivo receptor

<b>DISPOSITIVO RECEPTOR</b>			
Detalle	Cantidad	Costo	Total
<b>2n3904</b>	1	0,10	0,10
<b>LCD 8x2</b>	1	5,40	5,40
<b>Motor Vibrador</b>	1	7,00	7,00
<b>Pic 16F873A</b>	1	5,30	5,30
<b>Cristal 20 MHz</b>	1	0,56	0,56
<b>Capacitor 22 uf</b>	2	0,10	0,20
<b>Xbee Serie 1</b>	1	37,33	37,33
<b>Diodo 1N4007</b>	1	0,10	0,10
<b>Espadines</b>	4	0,40	0,40
<b>Zocket XBEE 10 P</b>	1	1,39	1,39
<b>7805</b>	1	0,40	0,40
<b>AMS 1117</b>	1	0,95	0,95
<b>Resistencias</b>	4	0,03	0,12
<b>Capacitor 100 uf</b>	1	0,20	0,20
<b>Capacitor 22 uf</b>	1	0,15	0,15
<b>Capacitor 100 nf</b>	1	0,10	0,10
<b>Zócalo 28 P</b>	1	0,20	0,20
<b>PCB + Screen</b>	1	7,00	7,00
<b>Varios</b>		5,00	5,00
<b>TOTAL</b>			<b>71,90</b>

**Elaborado por:** (Santiago Villacrés)

Aunque en las tablas mencionadas no se incluyen los costos de ingeniería convenientes al tiempo invertido en realizar la investigación oportuna y desarrollar el prototipo de asistencia móvil para personas con problemas auditivos, se estima un costo de \$ 300, que junto a los \$ 347,67 del costo total del sistema, darían un total de \$ 647,67. Al ser el sistema un prototipo, cabe señalar que se pueden realizar mejoras

y a su vez en caso de existir más demanda como llevar a cabo una producción en serie, el costo del sistema tendería a reducirse notablemente.

## **4.2 Análisis de los resultados**

Una vez realizadas las pruebas oportunas del prototipo diseñado para la Señora Mercedes Yépez, el sistema constituye una herramienta de gran apoyo en las diferentes actividades que realiza a diario, ya que la pérdida auditiva le ha generado grandes problemas como; el pasar por desapercibido el timbre del teléfono en su hogar, percances en la cocina como el explotar la olla a presión por no escuchar el pitido de la misma.

A continuación se muestra un análisis de los resultados obtenidos y sus respectivas correcciones.

### **4.2.1 Análisis del Sistema de Control**

Al convertirse en la central de eventos y recibir la información de todos los detectores y transmitirla vía inalámbrica hacia el dispositivo móvil se observó que el sistema funciona sin ningún inconveniente, siempre y cuando tenga una fuente de alimentación adecuada que le proporcione una corriente suficiente, ya que al hacer la debida experimentación con diferentes cargadores que se encontraban en desuso se notó que un sensor empezaba a fallar y activarse sin la necesidad de haber ocurrido algún evento. Por ejemplo el detector de fuga de agua, una vez realizada la conexión de todos los detectores hacia el sistema y estar usando un cargador que no proporcionaba una corriente necesaria, el detector simplemente pasaba activado y aunque se le daba un pulso de reset para apagar su estado de encendido este volvía a activarse, por lo que fue necesario comprar una fuente dada por un adaptador que proporciona una corriente de 2 A eliminando el problema descrito.

En la parte de la comunicación inalámbrica el sistema no presento ningún inconveniente a la hora de transmitir las señales de alarma hacia el dispositivo móvil, esto se debió a que se colocó el Sistema de Control en un espacio abierto de esta

forma la interferencia podía ocasionar ciertos objetos o cosas como paredes, puertas, etc. era mínima.

#### **4.2.2 Análisis de la comunicación GSM**

El módulo GSM junto con el PIC de sincronización al formar parte de las conexiones del Sistema de Control, se notó el mismo inconveniente sobre el uso de la fuente de alimentación, que, si esta no proporcionaba una corriente suficiente hacia todo el sistema, existía el problema de que el PIC que se usaba con el módulo GSM no llegaba a sincronizar la señal de la operadora de celular con el mismo, por tal motivo quedaba inhabilitado el módulo para enviar mensajes de texto en caso de no desactivarse alguna alarma de estado crítico, peor aún brindarle la ubicación de la persona con problemas auditivos en caso de ser requerida por el familiar que está al cuidado.

Otro inconveniente suscitado por otra fuente de alimentación fue que proporcionaba una corriente necesaria para que el PIC sincronice con el módulo GSM, pero cuando todo el sistema entraba en funcionamiento junto a los diversos detectores y al activar de forma voluntaria las alarmas de estado crítico, el módulo GSM al enviar los respectivos mensajes de texto para alertar al familiar cuidador, estos llegaban incompletos o simplemente añadían un número al mensaje, además de que el mensaje se lograba enviar en un periodo de 10 min.

Se lograron eliminar dichos inconvenientes con el uso de una fuente de alimentación que brindaba a todo el sistema en pleno funcionamiento una corriente mayor a 2 amperios, y se notó que en el caso de no desactivarse las alarmas de estado crítico y el PIC que sincroniza con el módulo GSM recibiera esas señales de alerta, inmediatamente se lograba tanto el envío como la recepción del mensaje de texto hacia el familiar cuidador.

#### **4.2.3 Análisis de la recepción de datos por parte del dispositivo móvil**

Para el caso del dispositivo móvil, fue importante a la hora de realizar las pruebas conocer la distancia con la que iba a recibir los datos enviados por parte del sistema de control sin ningún inconveniente, se observó que mientras el dispositivo se mantenía en el rango de distancia establecido por el fabricante y se evitaba estar en lugares demasiado cerrados funcionaba correctamente.

En caso de encontrarse la persona con insuficiencia auditiva en lugares abiertos y ocurriera algún evento de alarma por parte del Sistema de Control de sensores, el dispositivo móvil llegaba a funcionar sin ningún inconveniente.

El único inconveniente presentado fue que la batería al estar descargada hacía que el dispositivo móvil quedara en desuso.

## CONCLUSIONES

Las conclusiones más importantes para este proyecto de grado son:

- Por medio de esta investigación ha sido posible lograr el diseño de un prototipo tecnológico que permitirá a las personas con problemas de audición contar con una herramienta de asistencia móvil con relación a los diferentes dispositivos electrónicos que en su gran mayoría se centran solo en cubrir el problema de amplificar la señal de audición.
- Todo el proceso de diseño y desarrollo fue centrado en el problema de audición, esto permitió obtener una solución relativamente rápida, y al realizar una evaluación de su uso en una persona mayor con una pérdida auditiva de 90 dB, se comprobó que la adaptación al prototipo de asistencia móvil fue fácil y los resultados del sistema a la hora de transmitir los datos mediante la comunicación inalámbrica Xbee fueron confiables y satisfactorios para las necesidades que fue diseñado.
- Al diseñar el prototipo con alarmas tanto visual como vibratoria generan una mejor respuesta de acción en caso de ocurrir algún evento en el cual la persona con déficit auditivo no llegase a escuchar, a diferencia de considerar el uso de audífonos, los cuales dificultarían su sentido de orientación ya que como se explicó en el capítulo 1, los niveles de pérdida de audición son varios por lo que no se podría diseñar un prototipo estándar.
- La existencia de sistemas de ayuda desarrollados en otros Países tienen el inconveniente de usar materiales e insumos que hacen que su manipulación sea muy compleja para las personas con déficit auditivo además de tener un costo muy elevado que dificultan su adquisición.

## LISTA DE REFERENCIAS

### Netgrafía:

- All-Biz. (3 de febrero de 2012). *All-Biz Ltd.* Recuperado el 15 de febrero de 2013, de <http://santiago.all.biz/alarmas-contraincendio-g45411>
- Aplicación Nuevas Tecnologías. (2013). *Aplicación Nuevas Tecnologías.* (Fundación Wikimedia, Inc.) Recuperado el 15 de febrero de 2013, de <http://www.aplicacionnuevastecnologias.es/index.php/glosario>
- Canello, P. (5 de noviembre de 2009). *Pablin.* Recuperado el 20 de marzo de 2013, de <http://www.pablin.com.ar/electron/circuito/telefon/detring/index.htm>
- Carrero Fernandez, J. (2013). *CLINICAJUANCARRERO.* Recuperado el 15 de enero de 2013, de [http://www.clinicajuancarrero.net/index.php?option=com\\_content&task=view&id=7](http://www.clinicajuancarrero.net/index.php?option=com_content&task=view&id=7)
- CASADOMO. (11 de mayo de 2005). *Casadomo.* Recuperado el 29 de enero de 2013, de <http://www.casadomo.com/noticiasDetalle.aspx?id=7123&c=6>
- Center for Communication Hearing and Deafness. (2013). *CCHDWI.* Recuperado el 22 de enero de 2013, de <http://www.cchdwi.org/khxc/media/ccp0/prodsm/pvpkit.jpg>
- Digi International Inc. (s.f.). *Digi International Inc.* Recuperado el 16 de marzo de 2013, de <http://www.digi.com/products/wireless-wired-embedded-solutions/zigbee-rf-modules/point-multipoint-rfmodules/xbee-series1-module#overview>
- DOMODESK. (s.f.). *Domodesk.* (DOMODESK SL) Recuperado el 15 de febrero de 2013, de [http://www.domodesk.com/product/123/14/50/1/Detector\\_de\\_inundaci%C3%B3n\\_DOMOBUG.htm](http://www.domodesk.com/product/123/14/50/1/Detector_de_inundaci%C3%B3n_DOMOBUG.htm)
- Electrocomponentes S.A. (diciembre de 2006). *Electrocomponentes S.A.* Recuperado el 29 de enero de 2013, de <http://www.electrocomponentes.com/articulos/diciembre06/zigbee.html>
- Eunate. (2013). *Asociación de familias de personas con discapacidad auditiva de Navarra.* Recuperado el 19 de febrero de 2013, de <http://www.eunate.org/index.php/informate/que-es-la-sordera>



- Ferrer Manchón, A. M. (s.f.). *espaciologopedico*. (Majo Producciones) Recuperado el 18 de enero de 2013, de [http://www.espaciologopedico.com/articulos/articulos2.php?Id\\_articulo=385](http://www.espaciologopedico.com/articulos/articulos2.php?Id_articulo=385)
- FESORD. (2013). *Federacion de personas sordas*. Recuperado el 25 de enero de 2013, de [http://www.fesord.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=83%3Atecnologia-de-ayuda-a-las-personas-sordas&Itemid=100&lang=es](http://www.fesord.org/index.php?option=com_content&view=article&id=83%3Atecnologia-de-ayuda-a-las-personas-sordas&Itemid=100&lang=es)
- GAES. (2013). *Gaes Centros Auditivos*. (GAES) Recuperado el 22 de enero de 2013, de [http://www.gaes.es/soluciones/sistemas/hogar/despertador\\_bellman\\_be1341](http://www.gaes.es/soluciones/sistemas/hogar/despertador_bellman_be1341)
- Ibáñez, S. (18 de febrero de 2013). *blog.sinrobos*. (WordPress) Recuperado el 20 de febrero de 2013, de <http://blog.sinrobos.com/tag/central-alarma/>
- INMOTION. (2013). *Inmotion*. Recuperado el 1 de marzo de 2013, de <http://inmotion.pt/documentation/pololu/POL-1480/MQ-2.pdf>
- IO-Disgital. (2008). *iodisgital*. Recuperado el 18 de enero de 2013, de <http://www.iodisgital.com/plantilla.php?idPlantilla=139>
- Lorenzi, A., Camilleri, M., & Venail Be, F. (s.f.). *Cochlea*. Recuperado el 15 de enero de 2013, de <http://www.cochlea.org/es/deteccion-y-diagnostico.html>
- Masadelante. (s.f.). *Masadelante.com*. Recuperado el 5 de febrero de 2013, de <http://www.masadelante.com/faqs/gsm>
- Needs Assistech Special. (s.f.). *Assistech*. (Assistech Special Needs) Recuperado el 22 de enero de 2013, de <http://www.azhearing.com/images/sbclocks.gif>
- NEOTEO. (7 de junio de 2006). *Neoteo*. Recuperado el 11 de febrero de 2013, de <http://www.neoteo.com/microcontroladores>
- Olmo, J. C. (2007). *clnicasdeaudicion*. Recuperado el 17 de enero de 2013, de [http://www.clinicasdeaudicion.com/pacientes\\_info/dispositivos\\_ayuda\\_auditi va.pdf](http://www.clinicasdeaudicion.com/pacientes_info/dispositivos_ayuda_auditi va.pdf)
- Radioshack. (s.f.). *Radioshack*. Recuperado el 17 de enero de 2013, de [http://support.radioshack.com/support\\_audio/doc70/70620.pdf](http://support.radioshack.com/support_audio/doc70/70620.pdf)
- Ramírez Manzano, F. J. (23 de abril de 2009). *Tuelectronica*. (Joomla) Recuperado el 7 de marzo de 2013, de <http://www.tuelectronica.es/esquemas/varios/alarma-de-inundacion.html>
- Santiago Villacrés. (s.f.). Ecuador.

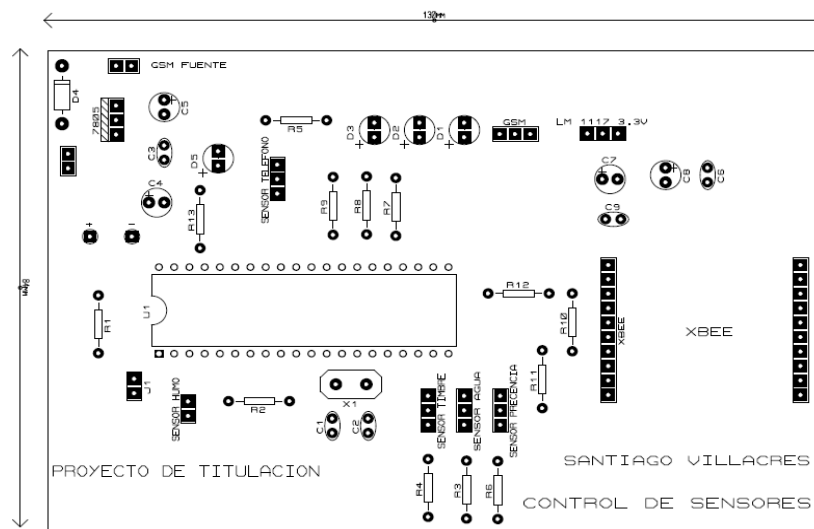
- SCIENTIFICLIB. (s.f.). *Scientificlib*. Recuperado el 11 de marzo de 2013, de <http://www.scientificlib.com/en/Technology/Literature/ArchibaldWilliams/HowItWorks.html>
- Sergiosti. (6 de febrero de 2012). *Sergiosti*. Recuperado el 7 de febrero de 2013, de <http://sergiosti.wordpress.com/category/uncategorized/page/2/>
- Siliconweek. (3 de enero de 2011). *Siliconweek*. (NetMediaEurope) Recuperado el 5 de febrero de 2013, de <http://www.siliconweek.es/wp-content/uploads/logos/gsm.jpeg>
- SUPERINVENTOS. (26 de julio de 2013). *Superinventos*. (INTPLUS) Recuperado el 14 de febrero de 2013, de <http://www.superinventos.com/s150527.htm>
- VIDA DIGITAL RADIO. (4 de mayo de 2009). *Vidadigitalradio*. Recuperado el 20 de febrero de 2013, de <http://www.vidadigitalradio.com/sensores-movimiento/>
- Xbee. (s.f.). *Ingeniería MCI Ltda*. Recuperado el 1 de febrero de 2013, de <http://www.xbee.cl/>

## ANEXOS

### A DISEÑO DE LOS CONTROLADORES

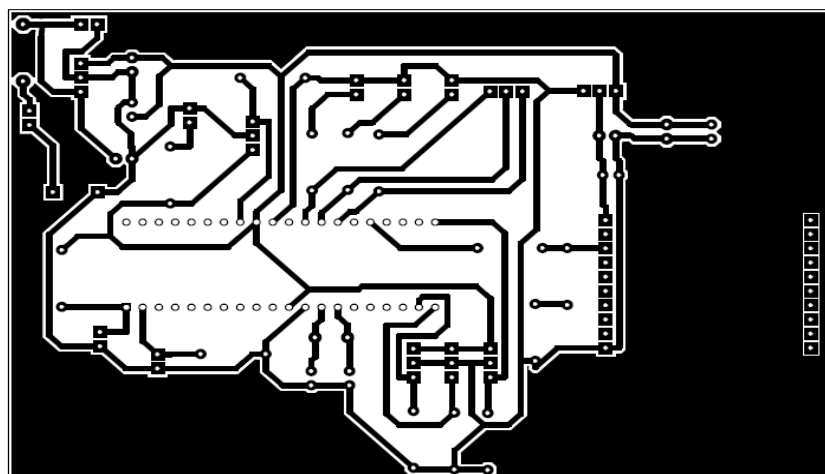
#### A.1 Sistema de control de sensores

Figura 65. Circuito impreso, vista superior



Elaborado por: (Santiago Villacrés)

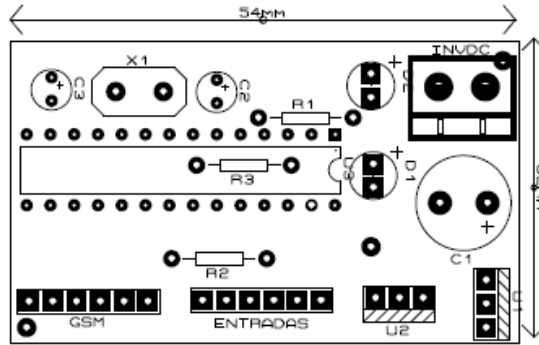
Figura 66. Circuito impreso, vista inferior



Elaborado por: (Santiago Villacrés)

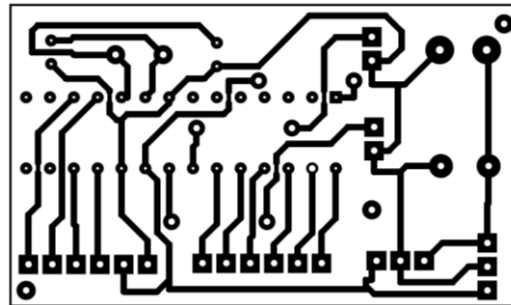
## A.2 Controlador GSM

**Figura 67.** Circuito impreso, vista superior



Elaborado por: (Santiago Villacrés)

**Figura 68.** Circuito impreso, vista inferior



Elaborado por: (Santiago Villacrés)

### A.3 Modulo Receptor

Figura 69. Circuito impreso, vista superior

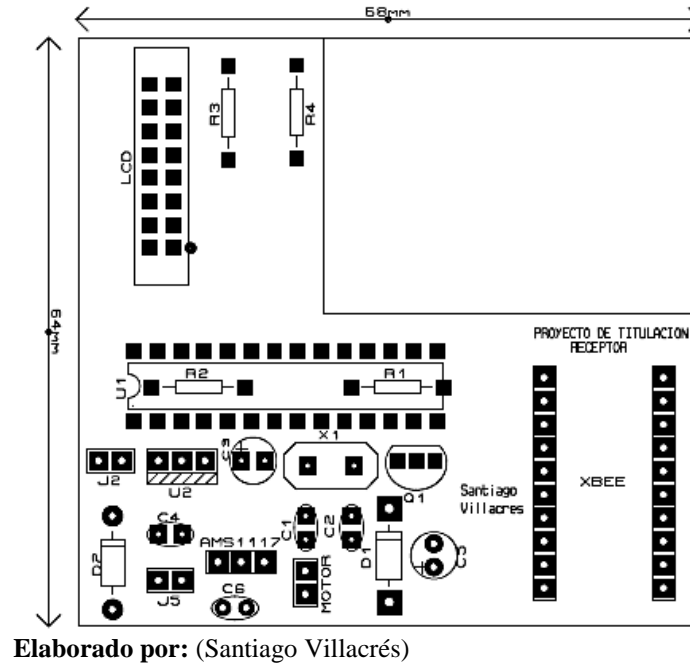
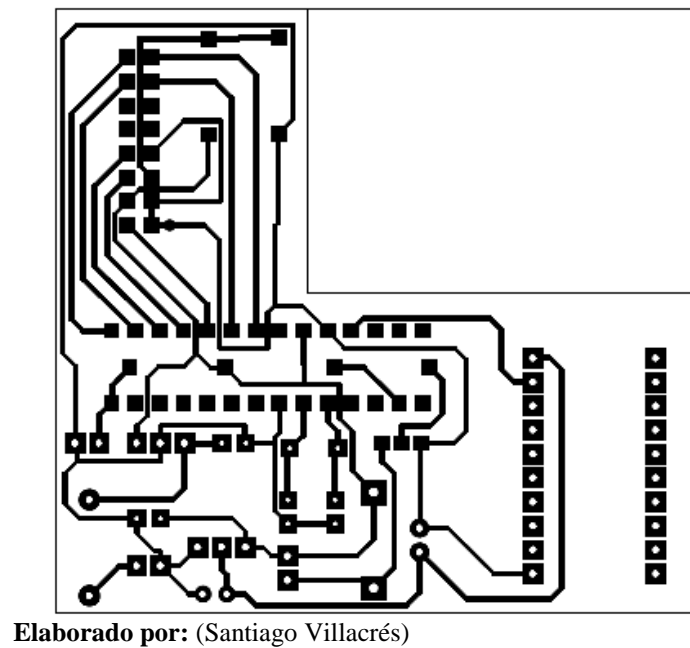


Figura 70. Circuito impreso, vista inferior



## B CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS USADOS

### B.1 Características Microcontrolador PIC 18f452

#### High Performance RISC CPU:

- C compiler optimized architecture/instruction set
  - Source code compatible with the PIC16 and PIC17 instruction sets
- Linear program memory addressing to 32 Kbytes
- Linear data memory addressing to 1.5 Kbytes

Device	On-Chip Program Memory		On-Chip RAM (bytes)	Data EEPROM (bytes)
	FLASH (bytes)	# Single Word Instructions		
PIC18F242	16K	8192	768	256
PIC18F252	32K	16384	1536	256
PIC18F442	16K	8192	768	256
PIC18F452	32K	16384	1536	256

- Up to 10 MIPS operation:
  - DC - 40 MHz osc./clock input
  - 4 MHz - 10 MHz osc./clock input with PLL active
- 16-bit wide instructions, 8-bit wide data path
- Priority levels for interrupts
- 8 x 8 Single Cycle Hardware Multiplier

#### Peripheral Features:

- High current sink/source 25 mA/25 mA
- Three external interrupt pins
- Timer0 module: 8-bit/16-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Timer1 module: 16-bit timer/counter
- Timer2 module: 8-bit timer/counter with 8-bit period register (time-base for PWM)
- Timer3 module: 16-bit timer/counter
- Secondary oscillator clock option - Timer1/Timer3
- Two Capture/Compare/PWM (CCP) modules.  
CCP pins that can be configured as:
  - Capture input: capture is 16-bit, max. resolution 6.25 ns (TCY/16)
  - Compare is 16-bit, max. resolution 100 ns (TCY)
  - PWM output: PWM resolution is 1- to 10-bit, max. PWM freq. @: 8-bit resolution = 156 kHz  
10-bit resolution = 39 kHz
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module, Two modes of operation:
  - 3-wire SPI™ (supports all 4 SPI modes)
  - I<sup>2</sup>C™ Master and Slave mode

#### Peripheral Features (Continued):

- Addressable USART module:
  - Supports RS-485 and RS-232
- Parallel Slave Port (PSP) module

#### Analog Features:

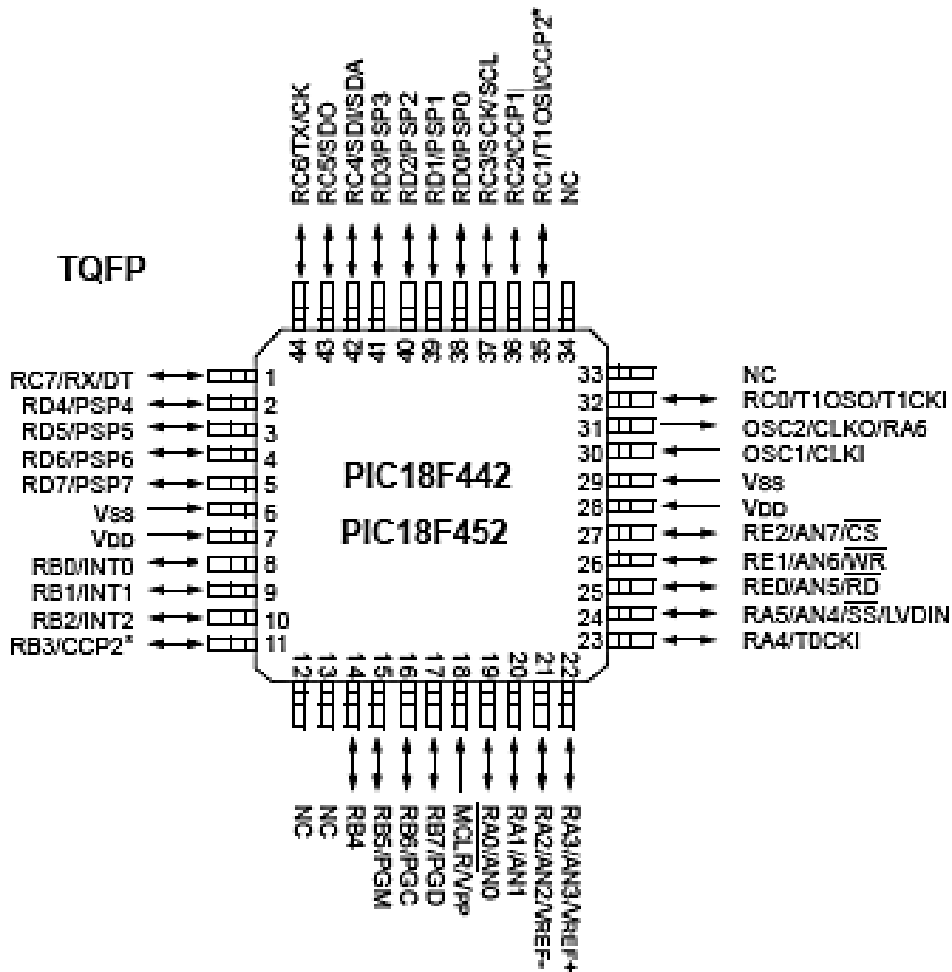
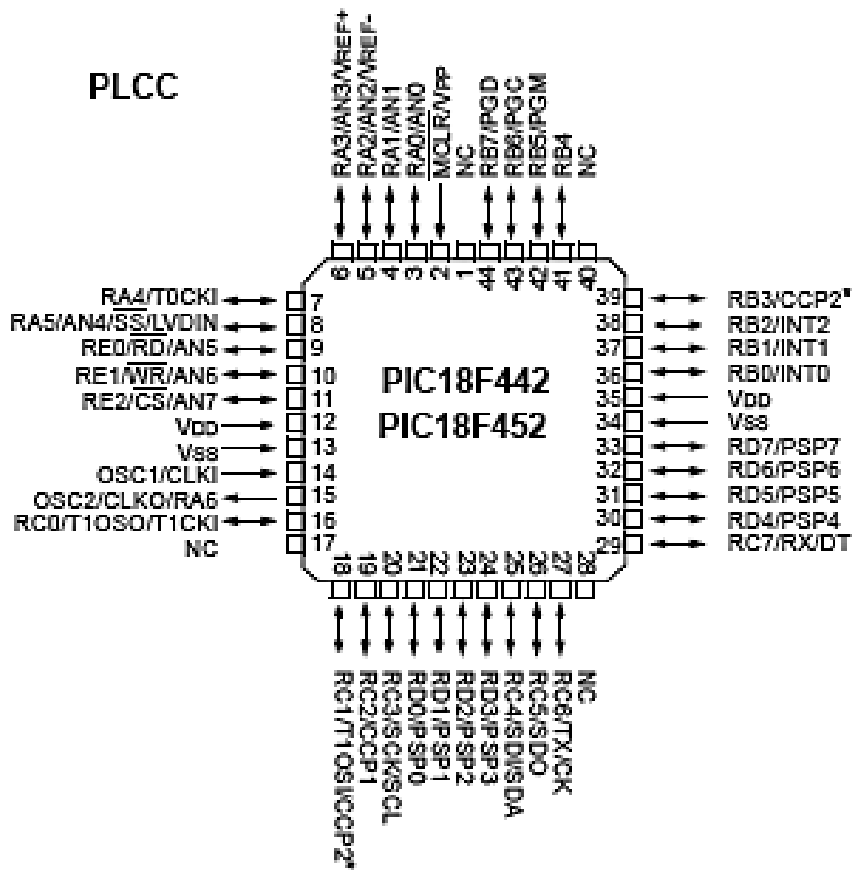
- Compatible 10-bit Analog-to-Digital Converter module (A/D) with:
  - Fast sampling rate
  - Conversion available during SLEEP
  - Linearity  $\leq 1$  LSB
- Programmable Low Voltage Detection (PLVD)
  - Supports interrupt on-Low Voltage Detection
- Programmable Brown-out Reset (BOR)

#### Special Microcontroller Features:

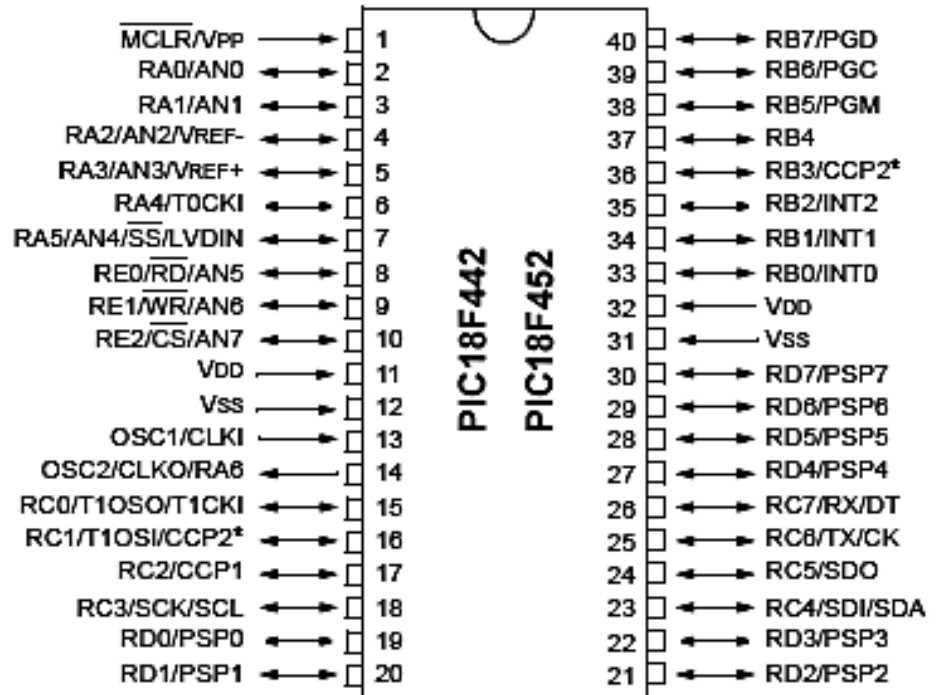
- 100,000 erase/write cycle Enhanced FLASH program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory
- FLASH/Data EEPROM Retention: > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own On-Chip RC Oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options including:
  - 4X Phase Lock Loop (of primary oscillator)
  - Secondary Oscillator (32 kHz) clock input
- Single supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

#### CMOS Technology:

- Low power, high speed FLASH/EEPROM technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Industrial and Extended temperature ranges
- Low power consumption:
  - < 1.6 mA typical @ 5V, 4 MHz
  - 25  $\mu$ A typical @ 3V, 32 kHz
  - < 0.2  $\mu$ A typical standby current

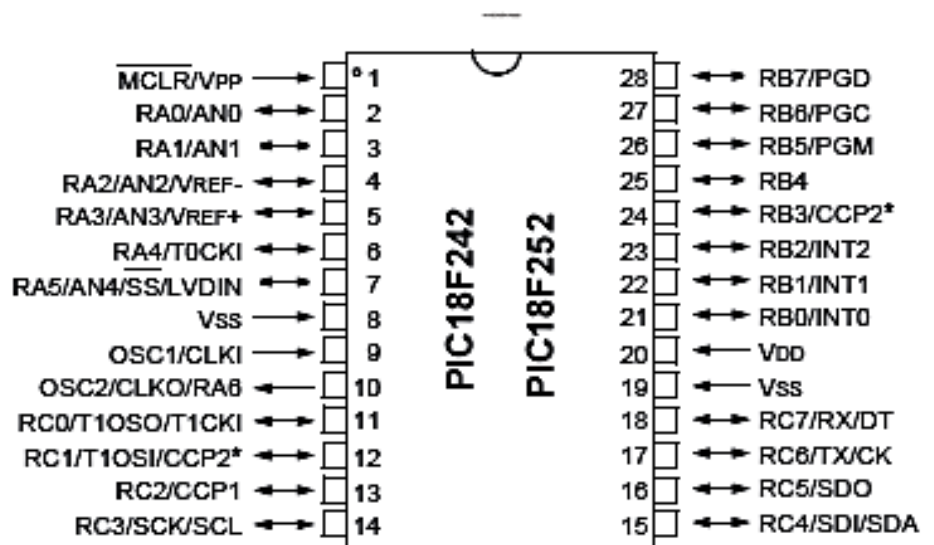


## DIP



Note: Pin compatible with 40-pin PIC16C7X devices.

## DIP, SOIC





## B.2 Características del Microcontrolador PIC 16f873A

### Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873A
- PIC16F876A
- PIC16F874A
- PIC16F877A

### High-Performance RISC CPU:

- Only 35 single-word instructions to learn
- All single-cycle instructions except for program branches, which are two-cycle
- Operating speed: DC – 20 MHz clock input  
DC – 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of Flash Program Memory, Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM), Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to other 28-pin or 40/44-pin PIC16CXXX and PIC16FXXX microcontrollers

### Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler, can be incremented during Sleep via external crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
  - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
  - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
  - PWM max. resolution is 10-bit
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master mode) and I<sup>2</sup>C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address detection
- Parallel Slave Port (PSP) – 8 bits wide with external  $\overline{RD}$ ,  $\overline{WR}$  and  $\overline{CS}$  controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for Brown-out Reset (BOR)

### Analog Features:

- 10-bit, up to 8-channel Analog-to-Digital Converter (A/D)
- Brown-out Reset (BOR)
- Analog Comparator module with:
  - Two analog comparators
  - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
  - Programmable input multiplexing from device inputs and internal voltage reference
  - Comparator outputs are externally accessible

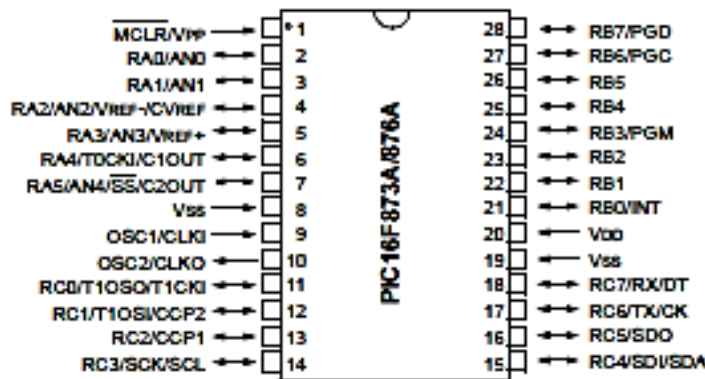
### Special Microcontroller Features:

- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory typical
- Data EEPROM Retention > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving Sleep mode
- Selectable oscillator options
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

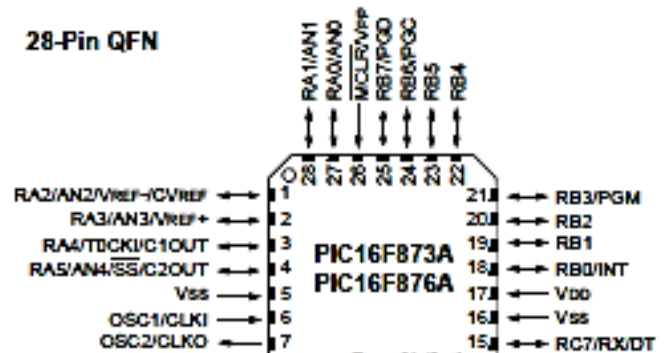
### CMOS Technology:

- Low-power, high-speed Flash/EEPROM technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption

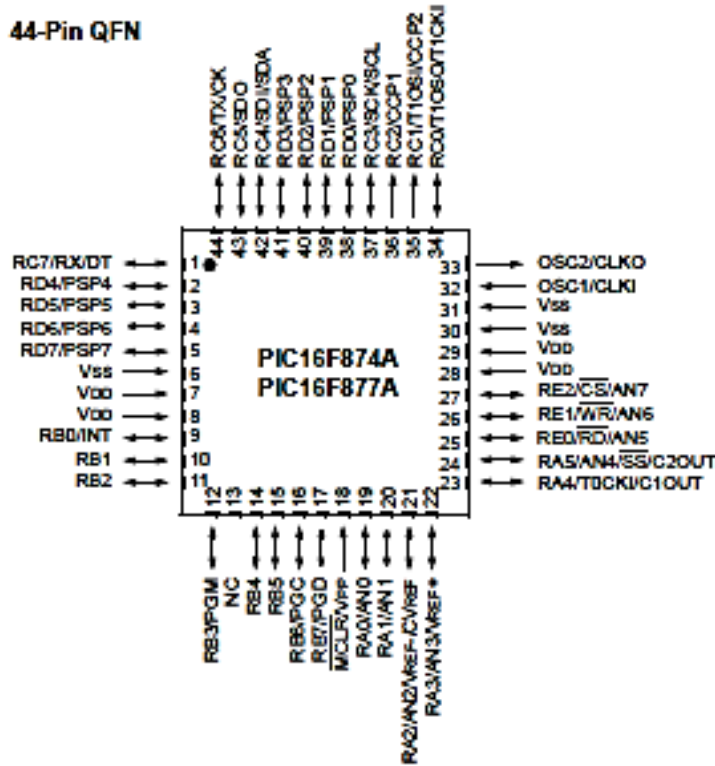
### 28-Pin PDIP, SOIC, SSOP



### 28-Pin QFN



### 44-Pin QFN



### B.3 Características del Microcontrolador PIC 16f870



# PIC16F870/871

## 28/40-Pin, 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

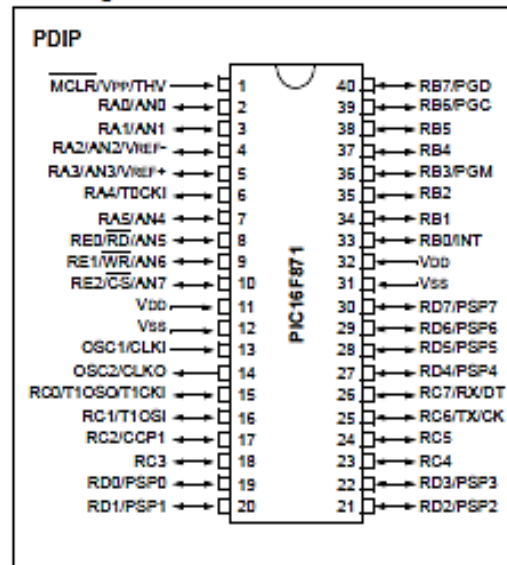
#### Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F870
- PIC16F871

#### Microcontroller Core Features:

- High performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two-cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input  
DC - 200 ns instruction cycle
- 2K x 14 words of FLASH Program Memory  
128 x 8 bytes of Data Memory (RAM)  
64 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to the PIC16CXXX 28 and 40-pin devices
- Interrupt capability (up to 11 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, Indirect and Relative Addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low power, high speed CMOS FLASH/EEPROM technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low power consumption:
  - < 1.6 mA typical @ 5V, 4 MHz
  - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
  - < 1 µA typical standby current

#### Pin Diagram



#### Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler, can be incremented during SLEEP via external crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscale
- One Capture, Compare, PWM module
  - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
  - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
  - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for Brown-out Reset (BOR)

<b>Key Features PICmicro™ Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023)</b>	<b>PIC16F870</b>	<b>PIC16F871</b>
Operating Frequency	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz
RESETS (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
FLASH Program Memory (14-bit words)	2K	2K
Data Memory (bytes)	128	128
EEPROM Data Memory	64	64
Interrupts	10	11
I/O Ports	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E
Timers	3	3
Capture/Compare/PWM modules	1	1
Serial Communications	USART	USART
Parallel Communications	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels
Instruction Set	35 Instructions	35 Instructions

## B.4 Características del módulo GSM SIM 900

### FEATURES

- High Quality Product (Not hobby grade)
- Quad-Band GSM/GPRS  
850/ 900/ 1800/ 1900 MHz
- Built in RS232 Level Converter (MAX3232)
- Configurable baud rate
- SMA connector with GSM L Type Antenna.
- Built in SIM Card holder.
- Built in Network Status LED
- Inbuilt Powerful TCP/IP protocol stack for internet data transfer over GPRS.
- Audio interface Connector
- Most Status & Controlling Pins are available at Connector
- Normal operation temperature: -20 °C to +55 °C
- Input Voltage: 5V-12V DC

### SPECIFICATIONS

- Quad-Band 850/ 900/ 1800/ 1900 MHz
- GPRS multi-slot class 10/8
- GPRS mobile station class B
- Compliant to GSM phase 2/2+
  - Class 4 (2 W @850/ 900 MHz)
  - Class 1 (1 W @ 1800/1900MHz)
- Dimensions: 24\*24\*3mm
- Weight: 3.4g
- Control via AT commands (GSM 07.07, 07.05 and SIMCOM enhanced AT Commands)
- Low power consumption: 1.0mA(sleep mode)
- Operation temperature: -40°C to +85 °C\

#### Specifications for Fax

- Group 3, class 1

#### Specifications for Data

- GPRS class 10: max. 85.6 kbps (downlink)
- PBCCH support
- Coding schemes CS 1, 2, 3, 4
- CSD up to 14.4 kbps
- USSD
- Non transparent mode
- PPP-stack

#### Specifications for SMS via GSM/GPRS

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

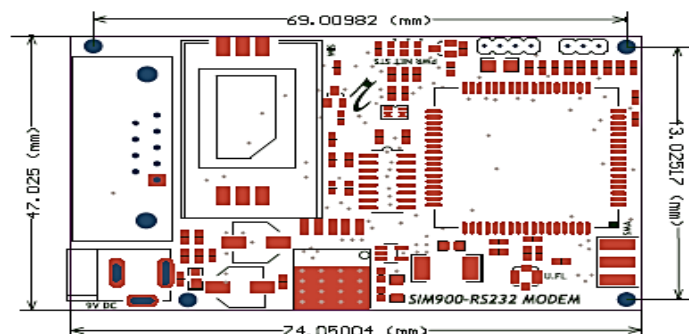
#### Software features

- 0710 MUX protocol
- embedded TCP/UDP protocol
- FTP/HTTP

#### Special firmware

- MMS
- Java (cooperate with Isolution)
- Embedded AT

### DIMENSIONS



### OPERATING CONDITIONS

Parameter	IN/OUT	Minimum	Maximum	Unit
Supply Voltage - VIN	Input	4.2	13	V
Current Consumption	---	40	590	mA

## B.5 Características del Opto acoplador 4N25



### 6-Pin DIP Optoisolators Transistor Output

The 4N25/A, 4N26, 4N27 and 4N28 devices consist of a gallium arsenide infrared emitting diode optically coupled to a monolithic silicon phototransistor detector.

- Most Economical Optoisolator Choice for Medium Speed, Switching Applications
- Meets or Exceeds All JEDEC Registered Specifications
- *To order devices that are tested and marked per VDE 0884 requirements, the suffix "V" must be included at end of part number. VDE 0884 is a test option.*

#### Applications

- General Purpose Switching Circuits
- Interfacing and coupling systems of different potentials and impedances
- I/O Interfacing
- Solid State Relays

#### MAXIMUM RATINGS (T<sub>A</sub> = 25°C unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
--------	--------	-------	------

#### INPUT LED

Reverse Voltage	V <sub>R</sub>	3	Volts
Forward Current — Continuous	I <sub>F</sub>	60	mA
LED Power Dissipation @ T <sub>A</sub> = 25°C with Negligible Power in Output Detector Derate above 25°C	P <sub>D</sub>	120	mW
		1.41	mW/°C

#### OUTPUT TRANSISTOR

Collector-Emitter Voltage	V <sub>CEO</sub>	30	Volts
Emitter-Collector Voltage	V <sub>ECO</sub>	7	Volts
Collector-Base Voltage	V <sub>CBO</sub>	70	Volts
Collector Current — Continuous	I <sub>C</sub>	150	mA
Detector Power Dissipation @ T <sub>A</sub> = 25°C with Negligible Power in Input LED Derate above 25°C	P <sub>D</sub>	150	mW
		1.76	mW/°C

#### TOTAL DEVICE

Isolation Surge Voltage <sup>(1)</sup> (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 sec Duration)	V <sub>ISO</sub>	7500	Vac(pk)
Total Device Power Dissipation @ T <sub>A</sub> = 25°C Derate above 25°C	P <sub>D</sub>	250	mW
		2.94	mW/°C
Ambient Operating Temperature Range <sup>(2)</sup>	T <sub>A</sub>	-55 to +100	°C
Storage Temperature Range <sup>(2)</sup>	T <sub>stg</sub>	-55 to +150	°C
Soldering Temperature (10 sec, 1/16" from case)	T <sub>L</sub>	260	°C

1. Isolation surge voltage is an internal device dielectric breakdown rating. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.
2. Refer to Quality and Reliability Section in Opto Data Book for information on test conditions.

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value. GlobalOptoisolator is a trademark of Motorola, Inc.

**4N25\***

**4N25A\***

**4N26\***

[CTR = 20% Min]

**4N27**

**4N28**

[CTR = 10% Min]

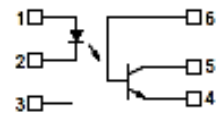
\*Motorola Preferred Devices

#### STYLE 1 PLASTIC



STANDARD THRU HOLE  
CASE 730A-04

#### SCHEMATIC



- PIN 1. LED ANODE
- LED CATHODE
- N.C.
- EMITTER
- COLLECTOR
- BASE

## 4N25 4N25A 4N26 4N27 4N28

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted)(1)

Characteristic	Symbol	Min	Typ(1)	Max	Unit
<b>INPUT LED</b>					
Forward Voltage ( $I_F = 10\text{ mA}$ )	$V_F$	—	1.15	1.5	Volts
$T_A = 25^\circ\text{C}$		—	1.3	—	
$T_A = -55^\circ\text{C}$		—	1.05	—	
Reverse Leakage Current ( $V_R = 3\text{ V}$ )	$I_R$	—	—	100	$\mu\text{A}$
Capacitance ( $V = 0\text{ V}, f = 1\text{ MHz}$ )	$C_J$	—	18	—	pF

### OUTPUT TRANSISTOR

Collector-Emitter Dark Current ( $V_{CE} = 10\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$ )	4N25,25A,26,27 4N28	$I_{CEO}$	—	1	50	nA
( $V_{CE} = 10\text{ V}, T_A = 100^\circ\text{C}$ )	All Devices		—	1	—	$\mu\text{A}$
Collector-Base Dark Current ( $V_{CB} = 10\text{ V}$ )		$I_{CBO}$	—	0.2	—	nA
Collector-Emitter Breakdown Voltage ( $I_C = 1\text{ mA}$ )		$V_{(BR)CEO}$	30	45	—	Volts
Collector-Base Breakdown Voltage ( $I_C = 100\ \mu\text{A}$ )		$V_{(BR)CBO}$	70	100	—	Volts
Emitter-Collector Breakdown Voltage ( $I_E = 100\ \mu\text{A}$ )		$V_{(BR)ECO}$	7	7.8	—	Volts
DC Current Gain ( $I_C = 2\text{ mA}, V_{CE} = 5\text{ V}$ )		$h_{FE}$	—	500	—	—
Collector-Emitter Capacitance ( $f = 1\text{ MHz}, V_{CE} = 0$ )		$C_{CE}$	—	7	—	pF
Collector-Base Capacitance ( $f = 1\text{ MHz}, V_{CB} = 0$ )		$C_{CB}$	—	19	—	pF
Emitter-Base Capacitance ( $f = 1\text{ MHz}, V_{EB} = 0$ )		$C_{EB}$	—	9	—	pF

### COUPLED

Output Collector Current ( $I_F = 10\text{ mA}, V_{CE} = 10\text{ V}$ )	4N25,25A,26 4N27,28	$I_C\text{ (CTR)}^{(2)}$	2 (20)	7 (70)	—	mA (%)
			1 (10)	5 (50)	—	
Collector-Emitter Saturation Voltage ( $I_C = 2\text{ mA}, I_F = 50\text{ mA}$ )		$V_{CE(sat)}$	—	0.15	0.5	Volts
Turn-On Time ( $I_F = 10\text{ mA}, V_{CC} = 10\text{ V}, R_L = 100\ \Omega$ )(3)		$t_{on}$	—	2.8	—	$\mu\text{s}$
Turn-Off Time ( $I_F = 10\text{ mA}, V_{CC} = 10\text{ V}, R_L = 100\ \Omega$ )(3)		$t_{off}$	—	4.5	—	$\mu\text{s}$
Rise Time ( $I_F = 10\text{ mA}, V_{CC} = 10\text{ V}, R_L = 100\ \Omega$ )(3)		$t_r$	—	1.2	—	$\mu\text{s}$
Fall Time ( $I_F = 10\text{ mA}, V_{CC} = 10\text{ V}, R_L = 100\ \Omega$ )(3)		$t_f$	—	1.3	—	$\mu\text{s}$
Isolation Voltage ( $f = 60\text{ Hz}, t = 1\text{ sec}$ )(4)		$V_{ISO}$	7500	—	—	Vac(pk)
Isolation Resistance ( $V = 500\text{ V}$ )(4)		$R_{ISO}$	$10^{11}$	—	—	$\Omega$
Isolation Capacitance ( $V = 0\text{ V}, f = 1\text{ MHz}$ )(4)		$C_{ISO}$	—	0.2	—	pF

1. Always design to the specified minimum/maximum electrical limits (where applicable).

2. Current Transfer Ratio (CTR) =  $I_C/I_F \times 100\%$ .

3. For test circuit setup and waveforms, refer to Figure 11.

4. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.

## B.6 Características de los módulos XBEE Serie 1



Detalles		XBEE 802.15.4 (Series 1)	
<b>Funciones</b>			
Tasa de datos	254 Kbps		
Rango recinto interior	30 m		
Rango línea de visión	100 m		
Potencia de Transmisión	1 mW (+0 dBm)		
Sensibilidad del receptor (1% PER <sup>7</sup> )	-92 dBm		
<b>Características</b>			
Interfaz de Datos Serial	3.3V CMOS UART		
Métodos de Configuración	Comandos AT o API, local o sobre el aire.		
Banda de frecuencia	2.4 GHz		
Inmunidad a la interferencia	DSSS (Direct Sequence Spread Spread Spectrum)		
Tasa de Comunicación Serial	1200 bps a 250 Kbps		
Convertidores ADC	Convertidores de 10 bit (hasta 7 disponibles). <sup>8</sup>		
I/O Digitales	Hasta 8 disponibles.		
PWM (Pulse Width Modulation)	Hasta 2 disponibles.		
Opciones de Antena	Chip, Wire Chip, U.FL y RPSMA.		
<b>Redes y Seguridad.</b>			
Encriptación	128 bits		
Entrega confiable de paquetes.	Retries/Acknowledgments (Reintentos/ aviso de recibo de paquetes)		
ID's y canales.	PAN ID (personal Area Network), 64-bit IEEE MAC, 16 canales.		
<b>Requerimientos de poder</b>			
Voltaje de Alimentación	2.8 a 3.4 Vdc		
Corriente al transmitir.	45 mA @ 3.3 Vdc		
Corriente al recibir.	50 mA @ 3.3 Vdc		
Corriente de apagado.	<10uA @ 25 °C		
<b>Regulaciones aprobadas.</b>			
FCC (USA)	OUR-XBEE		
IC (Canadá)	4214A-XBEE		
ETSI (Europa)	Si		
C-TICK Australia	Si		
Telec (Japón)	Si		



Symbol	Characteristic	Condition	Min	Typical	Max	Unit
V <sub>IL</sub>	Input Low Voltage	All Digital Inputs	-	-	0.35 * VCC	V
V <sub>IH</sub>	Input High Voltage	All Digital Inputs	0.7 * VCC	-	-	V
V <sub>OL</sub>	Output Low Voltage	I <sub>OL</sub> = 2 mA, VCC >= 2.7 V	-	-	0.5	V
V <sub>OH</sub>	Output High Voltage	I <sub>OH</sub> = -2 mA, VCC >= 2.7 V	VCC - 0.5	-	-	V
I <sub>IN</sub>	Input Leakage Current	V <sub>IN</sub> = VCC or GND, all inputs, per pin	-	0.025	1	μA
I <sub>OZ</sub>	High Impedance Leakage Current	V <sub>IN</sub> = VCC or GND, all I/O High-Z, per pin	-	0.025	1	μA
TX	Transmit Current	VCC = 3.3 V	-	45 (XBee) 215 (PRO)	-	mA
RX	Receive Current	VCC = 3.3 V	-	50 (XBee) 55 (PRO)	-	mA
PWR-DWN	Power-down Current	SM parameter = 1	-	< 10	-	μA

Table 1-04. ADC Characteristics (Operating)

Symbol	Characteristic	Condition	Min	Typical	Max	Unit
V <sub>REFH</sub>	VREF - Analog-to-Digital converter reference range		2.08	-	V <sub>DDAD</sub>	V
I <sub>REF</sub>	VREF - Reference Supply Current	Enabled	-	200	-	μA
		Disabled or Sleep Mode	-	< 0.01	0.02	μA
V <sub>INDC</sub>	Analog Input Voltage <sup>1</sup>		V <sub>SSAD</sub> - 0.3	-	V <sub>DDAD</sub> + 0.3	V

1. Maximum electrical operating range, not valid conversion range.

Table 1-05. ADC Timing/Performance Characteristics<sup>1</sup>

Symbol	Characteristic	Condition	Min	Typical	Max	Unit
R <sub>AS</sub>	Source Impedance at Input <sup>2</sup>		-	-	10	kΩ
V <sub>AIN</sub>	Analog Input Voltage <sup>3</sup>		V <sub>REFL</sub>	-	V <sub>REFH</sub>	V
RES	Ideal Resolution (1 LSB) <sup>4</sup>	2.08V ≤ V <sub>DDAD</sub> ≤ 3.6V	2.031	-	3.516	mV
DNL	Differential Non-linearity <sup>5</sup>		-	±0.5	±1.0	LSB
INL	Integral Non-linearity <sup>6</sup>		-	±0.5	±1.0	LSB
E <sub>ZS</sub>	Zero-scale Error <sup>7</sup>		-	±0.4	±1.0	LSB
F <sub>FS</sub>	Full-scale Error <sup>8</sup>		-	±0.4	±1.0	LSB
E <sub>IL</sub>	Input Leakage Error <sup>9</sup>		-	±0.05	±5.0	LSB
E <sub>TU</sub>	Total Unadjusted Error <sup>10</sup>		-	±1.1	±2.5	LSB

Pin #	Name	Direction	Description
1	VCC	-	Power supply
2	DOUT	Output	UART Data Out
3	DIN / CONFIG	Input	UART Data In
4	DO8*	Output	Digital Output 8
5	RESET	Input	Module Reset (reset pulse must be at least 200 ns)
6	PWM0 / RSSI	Output	PWM Output 0 / RX Signal Strength Indicator
7	PWM1	Output	PWM Output 1
8	[reserved]	-	Do not connect
9	DTR / SLEEP_RQ / DI8	Input	Pin Sleep Control Line or Digital Input 8
10	GND	-	Ground
11	AD4 / DIO4	Either	Analog Input 4 or Digital I/O 4
12	CTS / DIO7	Either	Clear-to-Send Flow Control or Digital I/O 7
13	ON / SLEEP	Output	Module Status Indicator
14	VREF	Input	Voltage Reference for A/D Inputs
15	Associate / AD5 / DIO5	Either	Associated Indicator, Analog Input 5 or Digital I/O 5
16	RTS / AD6 / DIO6	Either	Request-to-Send Flow Control, Analog Input 6 or Digital I/O 6
17	AD3 / DIO3	Either	Analog Input 3 or Digital I/O 3
18	AD2 / DIO2	Either	Analog Input 2 or Digital I/O 2
19	AD1 / DIO1	Either	Analog Input 1 or Digital I/O 1
20	AD0 / DIO0	Either	Analog Input 0 or Digital I/O 0

## C SOFTWARE DE LOS MICROCONTROLADORES

### C.1 Controlador Sistema de control

```
float dato;
unsigned long int cnt;
unsigned long int var;
unsigned long int res;
unsigned int C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9;

void off () {
portd.f4=1;
delay_ms(750);
portd.f4=0;}

void off1(){
portd.f5=1;
delay_ms(750);
portd.f5=0;}

void off2(){
portd.f4=1;
portd.f5=1;
delay_ms(750);
portd.f4=0;
portd.f5=0;}

void main() {
TRISB = 0xff;
trisd.f0=1; //Declaro bit 0 del puerto D como entrada
trisd.f1=1; //Declaro bit 1 del puerto D como entrada
trisd.f2=1; //Declaro bit 2 del puerto D como entrada
trisd.f3=0; //Declaro bit 3 del puerto D como salida
trisd.f4=0; //Declaro bit 4 del puerto D como salida
trisd.f5=0; //Declaro bit 5 del puerto D como salida
trisd.f6=0; //Declaro bit 6 del puerto D como salida
adcon1=2;
Trisa=255;
C1=0, C2=0, C3=0, C4=0, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0, C9=0;
dato=0;
UART1_Init(9600);
Delay_ms(100);
PORTD.F6=1;
```

```

Delay_ms(500) ;
PORTD.f6=0;
PORTD=0;
PORTB=0;
while(1) {
dato = ADC_Read(0);
dato = (dato*5)/1024;
if (dato<=1.1 && C4==0 && PORTD.F1==0 && C7==0 ) {
UART1_Write_text("A");}
if (dato<=1.1 && C4==0 && PORTD.F1==0 && C7==1 ) {
UART1_Write_text("B");}
if (dato<=1.1 && C4==0 && PORTD.F1==1 && C7==0 ) {
UART1_Write_text("C");}
if (dato<=1.1 && C4==0 && PORTD.F1==1 && C7==1 ) {
UART1_Write_text("D");}
if (dato<=1.1 && C4==1 && PORTD.F1==0 && C7==0 ) {
UART1_Write_text("E");}
if (dato<=1.1 && C4==1 && PORTD.F1==0 && C7==1 ) {
UART1_Write_text("F");}
if (dato<=1.1 && C4==1 && PORTD.F1==1 && C7==0 ) {
UART1_Write_text("G");}
if (dato<=1.1 && C4==1 && PORTD.F1==1 && C7==1 ) {
UART1_Write_text("H");}
if (dato>=1.3 && C4==0 && PORTD.F1==0 && C7==0 ) {
UART1_Write_text("I");}
if (dato>=1.3 && C4==0 && PORTD.F1==0 && C7==1 ) {
UART1_Write_text("J");}
if (dato>=1.3 && C4==0 && PORTD.F1==1 && C7==0 ) {
UART1_Write_text("K");}
if (dato>=1.3 && C4==0 && PORTD.F1==1 && C7==1 ) {
UART1_Write_text("L");}
if (dato>=1.3 && C4==1 && PORTD.F1==0 && C7==0 ) {
UART1_Write_text("M");}
if (dato>=1.3 && C4==1 && PORTD.F1==0 && C7==1 ) {
UART1_Write_text("N");}
if (dato>=1.3 && C4==1 && PORTD.F1==1 && C7==0 ) {
UART1_Write_text("O");}
if (dato>=1.3 && C4==1 && PORTD.F1==1 && C7==1 ) {
UART1_Write_text("P");}
//Sensor de humo activo y fuga de agua apagado
if (dato>=1.3&&PORTD.F1==0){
C1=C1+1;
if (C1==200){
off();  } }

```

```

else {
portd.f4=0;
C1=0;
}
//Sensor de agua activo y sensor de humo apagado
if (PORTD.F1==1&&dato<=1.1){
C2=C2+1;
if (C2==300){
off1();}
else {
portd.f5=0;
C2=0;
}
//Sensor de humo activo y fuga de agua activo
if (dato>=1.3&&PORTD.F1==1){
C3=C3+1;
if (C3==300){
off2();}
else {
portd.f4=0;
portd.f5=0;
C3=0;
}
//Detector de timbre puerta
if (PORTD.F0==1){
C4=1;
C5=1; }
if (C4==1&&C5==1){
C6++;
if (C6==100){
C4=0;
C6=0;
} }
//Detector de teléfono
if (PORTB.F0==1){
C7=1;
C8=1;}
if (C7==1&&C8==1){
C9++;
if (C9==100){
C7=0;
C9=0;
} }
//Sensor de presencia

```

```

if (PORTD.F2==1){
portd.f6=1;}
else{
portd.f6=0;}
delay_ms(100);
}}

```

## C.2 Controlador Dispositivo Remoto

```

//Variables a ser usadas
int th,tl,x;
char dato;
char tx[]="UPS";
char tx0[]="ESTADO";
char tx1[]="TESIS";
char tx2[]="NORMAL";
char tx3[]="TELEFONO";
char tx4[]="AGUA";
char tx5[]="TIMBRE";
char tx6[]="HUMO";
char tx7[]="ALERTA";
char tx8[]="ALARMAS";
char tx10[]="ATENCION";
char tx11[]="SANTIAGO";
//Configuracion LCD
sbit LCD_RS at RB4_bit;
sbit LCD_EN at RB5_bit;
sbit LCD_D4 at RB2_bit;
sbit LCD_D5 at RB6_bit;
sbit LCD_D6 at RB1_bit;
sbit LCD_D7 at RB7_bit;

sbit LCD_RS_Direction at RISB4_bit;
sbit LCD_EN_Direction at RISB5_bit;
sbit LCD_D4_Direction at RISB2_bit;
sbit LCD_D5_Direction at RISB6_bit;
sbit LCD_D6_Direction at RISB1_bit;
sbit LCD_D7_Direction at RISB7_bit;

void pwm(){
tl=100-th;
for (x=0;x<=1;x++){
PORTC.F2=1;
vDelay_ms(th);
PORTC.F2=0;
}
}

```

```

vDelay_ms(tl);
}}
void main() {
trisc2_bit=0; //Declaro bit 2 del puerto C como salida
trisb3_bit=0; //Declaro bit 2 del puerto C como salida
Lcd_Init();           // Initialize LCD
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR); // Clear display
Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF);
UART1_Init(9600);
Delay_ms(100);
Lcd_Out(1,1,tx);
Lcd_Out(2,1,tx1);
Delay_ms(1000);
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
Lcd_Out(1,1,tx11);
Lcd_Out(2,1,tx1);
PORTC.F2=0;
PORTb.F3=1;
delay_ms(1000);
PORTb.F3=0;
th=0;
while (1) {
if (UART1_Data_Ready()) {
dato = UART1_Read();
//Leo los caracteres enviados vía serial en ASCII
if (dato==65) {
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR); // Clear display
Lcd_Out(1,1,tx0);
Lcd_Out(2,1,tx2);
th=0;
PORTb.F3=0;
}
else{
th=75;
pwm();
PORTb.F3=1;
}
if (dato==66) {
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR); // Clear display
Lcd_Out(1,1,tx10);
Lcd_Out(2,1,tx3);
}
if (dato==67) {
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR); // Clear display

```

```

Lcd_Out(1,1,tx7);
Lcd_Out(2,1,tx4);
}
if (dato==68){
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);           // Clear display
Lcd_Out(1,1,tx4);
Lcd_Out(2,1,tx3);
}
if (dato==69){
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);           // Clear display
Lcd_Out(1,1,tx10);
Lcd_Out(2,1,tx5);
}
if (dato==70){
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);           // Clear display
Lcd_Out(1,1,tx5);
Lcd_Out(2,1,tx3);
}
if (dato==71){
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);           // Clear display
Lcd_Out(1,1,tx4);
Lcd_Out(2,1,tx5);
}
if (dato==72){
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);           // Clear display
Lcd_Out(1,1,tx4);
Lcd_Out(2,1,tx3);
delay_ms(750);
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);           // Clear display
Lcd_Out(1,1,tx3);
Lcd_Out(2,1,tx5);
delay_ms(750);
}
if (dato==73){
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);           // Clear display
Lcd_Out(1,1,tx7);
Lcd_Out(2,1,tx6);
}
if (dato==74){
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);           // Clear display
Lcd_Out(1,1,tx6);
Lcd_Out(2,1,tx3);
}
if (dato==75){

```

```

Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);          // Clear display
Lcd_Out(1,1,tx6);
Lcd_Out(2,1,tx4);
}
if (dato==76){
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);          // Clear display
Lcd_Out(1,1,tx6);
Lcd_Out(2,1,tx4);
delay_ms(750);
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);          // Clear display
Lcd_Out(1,1,tx4);
Lcd_Out(2,1,tx3);
delay_ms(750);
}
if (dato==77){
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);          // Clear display
Lcd_Out(1,1,tx6);
Lcd_Out(2,1,tx5);
}
if (dato==78){
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);          // Clear display
Lcd_Out(1,1,tx6);
Lcd_Out(2,1,tx3);
delay_ms(750);
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);          // Clear display
Lcd_Out(1,1,tx3);
Lcd_Out(2,1,tx5);
delay_ms(750);
}
if (dato==79){
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);          // Clear display
Lcd_Out(1,1,tx6);
Lcd_Out(2,1,tx4);
delay_ms(750);
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);          // Clear display
Lcd_Out(1,1,tx4);
Lcd_Out(2,1,tx5);
delay_ms(750);
}
if (dato==80){
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);          // Clear display
Lcd_Out(1,1,tx7);
Lcd_Out(2,1,tx8);
}}}}

```



### C.3 Microcontrolador Modulo GSM

```
Unsigned short temperatura,Tmax,dato,bandera,caracter;
unsigned char da[2];
unsigned char enviar[15];
unsigned char compara[5];
unsigned short saca=0;
unsigned short cuenta=0;
unsigned short j=0;
unsigned short tomar=0;
unsigned char comparas[6];
unsigned short i=0;
//Numero: 0990600945
//0D Enter
//1A Envio msm
void mandar()
{
for (i=0;i<10;i++)
{
UART1_Write_Text("AT");
UART1_Write(0x0D);
delay_ms(200);
}
UART1_Write_Text("at+cmgs=");
UART1_Write(0x22);
UART1_Write_Text("0986568519");
UART1_Write(0x22);
UART1_Write(0x0D);
delay_ms(200);
UART1_Write_Text(enviar);
delay_ms(200);
UART1_Write(0x1A);
UART1_Write(0x1D);
delay_ms(600);
}
void main() {
UART1_Init(9600);
trisb=0b00011100;
portb=0;
trisc=0b10000000;
portc=0;
portb.F0=1;
portc.F0=1;
```

```

delay_ms(1000);
portc.F0=0;
delay_ms(20000);
portb.F0=0;
delay_ms(5000);
portb.F1=1;
UART1_Write_Text("ATE0");
UART1_Write(0x0D);
delay_ms(5000);
saca=1;
portb.F1=0;
portb.F0=1;
j=0;
da[0]=64; //@ es de inicio
//da[0]=33;
//@activa
comparas[0]=97;
comparas[1]=99;
comparas[2]=116;
comparas[3]=105;
comparas[4]=118;
comparas[5]=97;
do{
portb.F1=1;
delay_ms(200);
UART1_Write_Text("at+cnmi=3,2,0,0,0");
UART1_Write(0x0D);
portb.F1=0;
delay_ms(200);
portb.F0=1;
delay_ms(200);
UART1_Write_Text("at+cmgf=1");
UART1_Write(0x0D);
portb.F0=0;
delay_ms(200);
cuenta=cuenta+1;
}
while(cuenta<3);
tomar=0;
while(1)
{
portb.F0=0;
while (j<6)
{

```

```

if (UART1_Data_Ready() == 1){
portb.F0=1;
dato = UART1_Read();
UART1_Write(dato);
if (tomar==1){
enviar[j]=dato;
j=j+1;
}
if (dato==da[0]){
tomar=1;
}}
delay_ms(1);
portb.F0=0;
if ((portb.F3==1)&&(portb.F2==1)){
enviar[0]=72;
enviar[1]=117;
enviar[2]=109;
enviar[3]=111;
enviar[4]=32;
enviar[5]=121;
enviar[6]=32;
enviar[7]=65;
enviar[8]=103;
enviar[9]=117;
enviar[10]=97;
portb.F0=1;
mandar();
}
if ((portb.F3==1)&&(portb.F2==0)){
enviar[0]=70;
enviar[1]=117;
enviar[2]=103;
enviar[3]=97;
enviar[4]=32;
enviar[5]=100;
enviar[6]=101;
enviar[7]=32;
enviar[8]=97;
enviar[9]=103;
enviar[10]=117;
enviar[11]=97;
portb.F0=1;
mandar();
}

```

```

if ((portb.F2==1)&&(portb.F3==0)){
enviar[0]=65;
enviar[1]=108;
enviar[2]=101;
enviar[3]=114;
enviar[4]=116;
enviar[5]=97;
enviar[6]=32;
enviar[7]=104;
enviar[8]=117;
enviar[9]=109;
enviar[10]=111;
portb.F0=1;
mandar();
}}
delay_ms(2000);
portb.F0=0;
if
((enviar[0]==comparas[0])&&(enviar[1]==comparas[1])&&(enviar[2]==comparas[2
])&&(enviar[3]==comparas[3])&&(enviar[4]==comparas[4])&&(enviar[5]==compa
ras[5]))
{
portb.F1=1;
//mandar();
delay_ms(500);
portb.F1=0;
if (portb.F4==1)
{
enviar[0]=67;
enviar[1]=111;
enviar[2]=99;
enviar[3]=105;
enviar[4]=110;
enviar[5]=97;
portb.F0=1;
mandar();
}
else
{
enviar[0]=78;
enviar[1]=111;
enviar[2]=32;
enviar[3]=112;
enviar[4]=114;

```

```
enviar[5]=101;
enviar[6]=115;
enviar[7]=101;
enviar[8]=110;
enviar[9]=99;
enviar[10]=105;
enviar[11]=97;
portb.F0=1;
mandar();
}}
j=0;
tomar=0;
enviar[0]=0;
enviar[1]=0;
enviar[2]=0;
enviar[3]=0;
enviar[4]=0;
enviar[5]=0;
enviar[6]=0;
enviar[7]=0;
enviar[8]=0;
enviar[9]=0;
dato=0;
if (saca==0)
{
enviar[0]=64;
enviar[1]=65;
enviar[2]=66;
enviar[3]=67;
enviar[4]=68;
enviar[5]=69;
enviar[6]=70;
enviar[7]=71;
enviar[8]=72;
enviar[9]=73;
mandar();
saca=1;
}}}
```

## **D MANUAL DEL USUARIO**

A continuación se detallan ciertas instrucciones básicas para que el usuario pueda utilizar sin inconvenientes el prototipo desarrollado.

### **D.1 Componentes del prototipo**

El prototipo diseñado consta de los siguientes elementos que son de fácil instalación y manipulación:

- Sistema de Control de Sensores
- Detector de timbre telefónico
- Detector de humo
- Detector de fugas de agua
- Detector de timbre de puerta
- Detector de presencia
- Módulos Xbee serie 1
- Fuente de 12 V a 2 A.
- Módulo GSM SIM 900
- Dispositivo móvil
- Batería 9 V

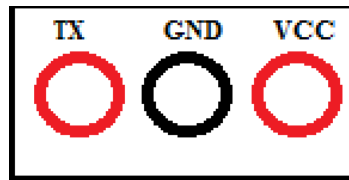
### **D.2 Sistema de Control**

El sistema de control se compone de una placa principal que consta de varias entradas para los diferentes sensores cuya alimentación de 5 V será proporcionada por el equipo, un módulo Xbee Serie 1 que permite la transmisión de datos vía inalámbrica con el dispositivo remoto, tres salidas digitales que están acopladas a la placa de sincronización con el módulo GSM.

En la figura 71 se puede observar una representación de los conectores Jack tipo hembra que están acoplados al Sistema de Control y que son claramente identificados para su correcta conexión con las entradas de los diferentes sensores ya establecidos. Cabe señalar que la señal que envían los sensores en caso de activación

está dada por el cable de color amarillo cuya conexión corresponde al conector etiquetado con la palabra TX.

**Figura 71.** Conectores para los sensores



Elaborado por: (Santiago Villacrés)

Es importante activar el interruptor de encendido (Ver Figura 72) para que el sistema pueda funcionar.

**Figura 72.** Interruptor de encendido



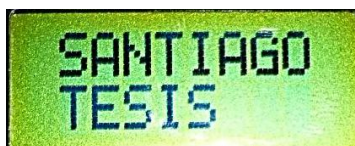
Elaborado por: (Santiago Villacrés)

### **D.3 Dispositivo Móvil**

Para que el dispositivo entre en funcionamiento, se debe colocar una batería que proporcione como máximo 12 V y una corriente de 200 mA. Enseguida se enciende automáticamente.

Antes que el sistema esté en funcionamiento, el dispositivo remoto mostrara un mensaje de presentación, el cual puede ser cambiado de acuerdo al gusto del usuario (Ver Figura 73).

**Figura 73.** Mensaje inicial



**Imagen:** (Santiago Villacrés)

Una vez que se establezca conexión con el Sistema de Control, el dispositivo móvil presentara en su pantalla el texto “**ESTADO NORMAL**” como se muestra en la figura 74, indicando que por el momento no se ha producido algún evento.

**Figura 74.** Estado del dispositivo móvil



**Imagen:** (Santiago Villacrés)

#### **D.4 Prueba de los sensores**

En caso de darse la activación de los diferentes sensores ya descritos, el Sistema de Control enviará un dato al módulo receptor que será representado por un mensaje en su pantalla, a su vez encenderá el motor vibrador al igual que la iluminación del LCD como se muestra en el ejemplo de la figura 75.

**Figura 75.** Mensaje de alerta



**Imagen:** (Santiago Villacrés)

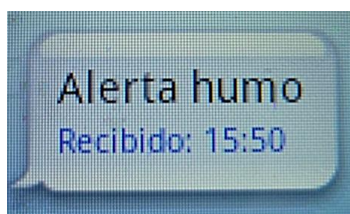
Cabe recalcar que en caso de ser alguna alarma de estado no crítico su duración solo será de 10 segundos, a diferencia de las alarmas de estado crítico cuya duración es prolongada hasta que se desactive la misma.



## D.5 Modulo GSM SIM 900

El módulo GSM juega un papel importante en el prototipo diseñado, ya que en caso de existir alguna activación de las alarmas de estado crítico, el Sistema de Control proporcionara un lapso de tiempo para que la persona con déficit auditivo tome las precauciones debidas. Si se sobrepasa ese lapso de tiempo sin ejecutar algún tipo de acción, se enviara una señal a la placa secundaria que sincroniza con el módulo GSM para que se envíe un mensaje de texto a el familiar cuidador y de esta manera no surjan percances mayores (Ver Figura 76).

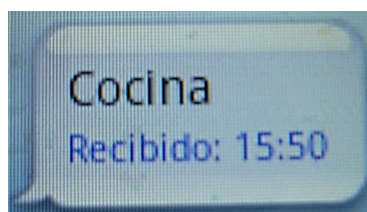
**Figura 76.** Mensaje de texto recibido por el familiar cuidador



**Imagen:** (Santiago Villacrés)

Adicionalmente el familiar cuidador puede solicitar la ubicación en el hogar de la persona con déficit auditivo enviando un mensaje de texto con la palabra “@activa”

**Figura 77.** Mensaje de información requerido por el familiar cuidador



**Imagen:** (Santiago Villacrés)

## D.6 Precauciones a tomarse en cuenta

Es indispensable realizar un mantenimiento a todo el Sistema, tanto de control como del dispositivo móvil para que se garantice de esta manera que su funcionamiento es el correcto en todo momento.

Una gran precaución que debe tener el usuario es de verificar el estado de la batería en el dispositivo remoto ya que al estar descargada no se garantiza la recepción de los datos por parte del Sistema de control, esto se puede comprobar simplemente en la pantalla LCD del dispositivo, esta tiene que desplegar la información de forma clara y precisa.

En la parte del módulo GSM es importante que el CHIP que se esté usando siempre tenga saldo disponible para que, en caso de surgir algún inconveniente se puedan enviar los mensajes de texto de alerta sin inconvenientes.