

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

“SISTEMA DE VIGILANCIA Y SEGURIDAD PARA VIVIENDAS
UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA 3.5G CON CAPACIDAD DE
VIDEO-LLAMADA Y ACTIVACIÓN REMOTA DE
DISPOSITIVOS”

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y REDES DE
COMUNICACIÓN

Autor: WILSON ESTEBAN TÁEZ BELTRÁN

Director: ING. MILTON GAVILÁNEZ

Ibarra, Octubre 2012

DECLARACIÓN

Yo, Wilson Esteban Tález Beltrán, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo el derecho de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Wilson Esteban Tález Beltrán

AUTOR

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Wilson Esteban Tález Beltrán, bajo mi supervisión.

Ing. Milton Gavilánez
DIRECTOR DEL PROYECTO

DEDICATORIA

Dedico este proyecto, en primer lugar a mi madre Marlene que confió en mí a pesar de todas las adversidades, quien por darme el don de la vida y con su ejemplo, paciencia, perseverancia me motivó a seguir adelante.

A mis hermanos Jorge y Jeaneth que me brindan su apoyo y ayuda incondicional, lo que siempre llevaré en mi mente y corazón.

A mi sobrina Alisson quiero demostrarle con el presente proyecto, que en la vida para alcanzar nuestras metas es necesario dedicación, esfuerzo y constancia en lo que nos propongamos y así llegar muy lejos.

AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero Milton Gavilánez por haberme ayudado en la realización y culminación de este proyecto.

A los Ingenieros: Roberto López, Jaime Michelena, Juan Carlos Vásquez y Edgar Maya por su ayuda, consejos y colaboración para la realización de este trabajo.

A todos mis amigos y compañeros por haber estado siempre conmigo en las buenas y en las malas.

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto es el de brindar seguridad a una vivienda integrando sistemas de vigilancia y seguridad, basándose en la comunicación entre dos dispositivos móviles con tecnología 3.5G y el control de dispositivos eléctricos de forma remota, mediante la recepción y tratamiento de tonos del sistema DTMF (Dual Tone Multi-Frequency).

Tomando como referencia este objetivo se decidió diseñar un sistema que consta de 2 partes: la **UNIDAD DE CONTROL (UC)** y la **FUENTE DE ALIMENTACIÓN**; la **UC** consta de 5 bloques importantes, distinguiéndose el **Módulo de envío y recepción de tonos**, porque tanto Software como Hardware es el más esencial. La comunicación se basa en el envío de audio y video, misma que podrá ser realizada en dos modalidades:

En el primer caso el usuario puede conectarse al otro dispositivo móvil, el mismo que estará ubicado en la vivienda y conectado al circuito de control, logrando acceder visual y auditivamente al lugar (previa autenticación), de esta manera se podrá controlar el accionamiento de dos focos y una sirena.

En el segundo caso se estará censando la vivienda valiéndose de dos sensores, en caso de activarse uno de estos, el circuito de control realizará una llamada telefónica al usuario (con el servicio de marcación rápida), de esta forma el usuario sabrá que se trata de una emergencia.

ABSTRACT

The objective of the present project is to offering security to a housing integrating systems of surveillance and security, based on the communication between two mobile devices with technology 3.5G and the control of electric devices in a remote way, by means of the reception and treatment of tones of the system DTMF (Dual Tone Multi-Frequency).

Taking like reference this objective decided to design a system that consists of 2 parts: the **UNIT OF CONTROL (UC)** and the **POWER SUPPLY**; the **UC** consists of 5 important blocks, being distinguished the **Module of sent and reception of tones**, because as much Software as Hardware is the most essential. The communication is based on the one sent of audio and video, same that will be able to be carried out in two modalities:

In the first case the user can be connected to the other mobile device, the same one that will be located in the housing and connected to the control circuit, being able to accede visual and auditorily to the place (previous authentication), this way one will be able to control the working of two focuses and a siren.

In the second case the housing will be taking a census of being been worth of two sensors, in the event of being activated one of these, the control circuit will carry out a telephone call to the user (with the service of quick dialing), this way the user will know that it is an emergency.⁴

PRESENTACIÓN

La presente inseguridad que se vive en las ciudades afecta directamente a los locales comerciales, viviendas y negocios personales, pese a los servicios de empresas de seguridad y a la presencia policial, estos actos delictivos se siguen suscitando; por razones como estas, el presente Proyecto de Titulación está dirigido al diseño e implementación de un sistema de seguridad para viviendas. El cual consta de 5 Capítulos los cuales se detallan a continuación.

En el Capítulo I, se describe los aspectos generales de las tecnologías y sistemas a usar en el proyecto, como por ejemplo: La Evolución de la Telefonía Móvil; Sistemas Telefónicos celulares, incluyendo su modo de funcionamiento; también se analiza los servicios como: la llamada, video-llamada, velocidades de trabajo según la tecnología utilizada, etc. Además se analiza las características generales de un micro-controlador.

En el Capítulo II, se detalla el funcionamiento de todo el sistema, se describe el diseño y realización del hardware y software del prototipo. También se explica la programación del micro-controlador y se describe el tratamiento de una señal del sistema DTMF en un circuito electrónico.

El Capítulo III habla acerca de la implementación de todo el sistema de vigilancia y seguridad, además de las pruebas de funcionamiento de los diferentes bloques acompañado de un análisis de resultados.

En el Capítulo IV, se realizará un estudio costo-beneficio, en base al diseño, construcción e instalación de todo el sistema.

Para finalizar en el Capítulo V se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas en el desarrollo del Trabajo de Grado.

CONTENIDO

DECLARACIÓN	I
CERTIFICACIÓN	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
PRESENTACIÓN	VII
CONTENIDO	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XVI
CAPITULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 TELEFONÍA CELULAR	2
1.1.1 HISTORIA.....	3
1.2 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE UN SISTEMA TELEFÓNICO CELULAR .	7
1.2.1 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA TELEFÓNICO CELULAR	7
1.3 EL SERVICIO DE VIDEO-LLAMADA	13
1.4 TECNOLOGÍAS DE ACCESO CELULAR	15
1.4.1 FDMA (ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA)	15
1.4.2 CDMA (ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO)	15
1.4.3 TDMA (ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE TIEMPO).....	16
1.5 EVOLUCIÓN DE LA TELEFONÍA MÓVIL	16
1.5.1 GENERACIÓN CERO (0G).....	16
1.5.2 PRIMERA GENERACIÓN (1G).....	17
1.5.3 SEGUNDA GENERACIÓN (2G)	18
1.5.4 GENERACIÓN DE TRANSICIÓN (2.5G).....	20

1.5.5	TERCERA GENERACIÓN (3G)	22
1.5.6	GENERACIÓN 3.5G	24
1.5.7	GENERACIÓN 3.9G	24
1.5.8	CUARTA GENERACIÓN (4G)	25
1.6	SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN DTMF	27
1.6.1	EL DECODIFICADOR DE TONOS MT8870	28
1.6.2	EL CODIFICADOR DE TONOS Y PULSOS HM9102	30
1.7	LOS MICROCONTROLADORES	31
1.7.1	MICRO-CONTROLADOR [2]	32
1.7.2	MICROPROCESADOR VS MICROCONTROLADOR	32
1.7.3	LA FAMILIA "PIC" DE LOS MICROCONTROLADORES	34
1.7.4	EL MICRO-CONTROLADOR PIC16F887	34
CAPITULO II		37
2.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO	38
2.1	FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA	38
2.1.1	MODO 1	39
2.1.2	MODO 2	42
2.2	REQUERIMIENTOS TECNOLÓGICOS	43
2.2.1	MICRO-CONTROLADOR	44
2.2.2	SERVOMOTOR	45
2.2.3	SENSORES	45
2.2.4	DISPOSITIVOS MÓVILES	49
2.2.5	COMPILADOR Y EDITOR DE INSTRUCCIONES	51
2.3	DISEÑO DEL HARDWARE DEL SISTEMA	52
2.3.1	UNIDAD DE CONTROL	54
2.3.2	FUENTE DE ALIMENTACIÓN	65
2.3.3	DISPOSITIVO DE ENVÍO DE TONOS	67
2.4	DISEÑO DEL SOFTWARE DEL SISTEMA	69
2.4.1	INICIO DEL PROGRAMA	70
2.4.2	SUBPROGRAMA "SistemaActivado1"	71
2.4.3	SUBPROGRAMA "SistemaActivado2"	72
2.4.4	SUBPROGRAMA "Sensor"	73
2.4.5	SUBPROGRAMA "Sensores"	74
2.4.6	SUBPROGRAMA "TeclaFinalizar"	75
2.4.7	SUBPROGRAMA "PrendeFoco"	76

2.4.8	SUBPROGRAMA “LedDeAlerta”	77
2.4.9	INTERRUPCIÓN EXTERNA	78
2.4.10	SUBPROGRAMA “EnviarImagenes”	80
2.4.11	SUBPROGRAMA “Subrutina”	81
2.4.12	SUBPROGRAMA “IngresaClave”	82
2.4.13	SUBPROGRAMA “TerminaComunicacion”	83
2.4.14	SUBPROGRAMA “AceptarRechazarLlamada”	84
2.4.15	SUBPROGRAMA “CambiaClave”	85
2.4.16	SUBPROGRAMA “Reles”	86
2.4.17	SUBPROGRAMA “GrabaReles”	89
2.4.18	SUBPROGRAMA “MoverIzquierda”	89
2.4.19	SUBPROGRAMA “MoverDerecha”	90
2.4.20	SUBPROGRAMA “MoverCentro”	91
2.4.21	SUBPROGRAMA “ServoAlto”	91
2.4.22	SUBPROGRAMA “ServoBajo”	92
2.4.23	SUBPROGRAMA “UnoCero100”	92
2.4.24	SUBPROGRAMA “UnoCero300”	93
2.4.25	SUBPROGRAMA “PinMas”	93
2.4.26	SUBPROGRAMA “PinMenos”	94
2.4.27	SUBPROGRAMA “TonoAviso100”	94
2.4.28	SUBPROGRAMA “TonoAviso200”	95
2.4.29	SUBPROGRAMA “TonoAviso500”	95
2.4.30	SUBPROGRAMA “TonoCorto”	96
2.4.31	SUBPROGRAMA “TonoSistemaDesactivado”	96
2.4.32	Temporizador del TIMER0	97
2.4.33	Temporizador del TIMER1	98
2.5	IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO	100
CAPITULO III	104
3.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	
	105	
3.1	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	105
3.1.1	MONTAJE DEL PROTOTIPO	106
3.1.2	INSTALACIÓN DE PERIFÉRICOS	108
3.2	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	112
3.2.1	PRUEBAS DE HARDWARE	112
3.2.2	PRUEBAS DE SOFTWARE	116

CAPITULO IV.....	120
4. ANÁLISIS Y COSTOS.....	121
4.1 COSTOS DEL SISTEMA “SIVISEV”	121
4.1.1 COSTOS DEL DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO Y EL DISPOSITIVO DE ENVÍO DE TONOS.....	121
4.1.2 ELEMENTOS VARIOS DEL SISTEMA.....	122
4.1.3 RESUMEN DE COSTOS DEL SISTEMA.....	124
4.1.4 COSTOS DE OPERACIÓN.....	125
4.2 ANÁLISIS COMPARATIVO CON SISTEMAS SIMILARES	126
4.2.1 MÓVILCam	126
4.2.2 SISTEMA DE ALARMA COMUNITARIA GSM	127
4.2.3 SISTEMA DE MONITOREO Y SEGURIDAD BÁSICO	128
4.3 COMPARACIÓN DE SISTEMAS Y ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO	129
4.3.1 COMPARACIÓN ENTRE SISTEMAS.....	129
4.3.2 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO	130
CAPITULO V.....	132
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	133
5.1 CONCLUSIONES	134
5.2 RECOMENDACIONES	136
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	139
SIGNIFICADO DE SIGLAS.....	140
ANEXOS.....	145

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 DynaTAC 8000X	3
Figura 1-2 Michael Faraday.....	4
Figura 1-3 Alexander Graham Bell	4
Figura 1-4 Martin Cooper con su Motorola DynaTAC	5
Figura 1-5 Elementos de una red celular básica	9
Figura 1-6 Canales de control	11
Figura 1-7 Teléfono GSM con diseño regular de segunda generación	20
Figura 1-8 Evolución de la telefonía móvil.....	26
Figura 1-9 Frecuencias del sistema DTMF.....	27
Figura 1-10 Pines del decodificador MT8870.....	28
Figura 1-11 Pines del codificador de tonos HM9102.....	30
Figura 1-12 Estructura de un sistema de microprocesadores [2]	33
Figura 1-13 Sistema con micro-controlador básico [2]	33
Figura 1-14 Pines y funciones del PIC16F887	36
Figura 2-1 Diagrama general del hardware del sistema.....	39
Figura 2-2 Sensor magnético MC21CW-P2C.....	46
Figura 2-3 Sensor de movimiento infrarrojo	48
Figura 2-4 Dispositivo móvil: cliente y servidor.....	50
Figura 2-5 Esquemático general del hardware del prototipo	53
Figura 2-6 Diagrama del bloque de adquisición de datos	56
Figura 2-7 Esquemático del bloque de adquisición de datos	57
Figura 2-8 Esquemático del circuito de envío y recepción de tonos.....	58
Figura 2-9 Conexión de pines del conector estéreo con el decodificador de tonos	59
Figura 2-10 Circuito del micrófono de un auricular de un dispositivo móvil celular	59

Figura 2-11 Conexión de hilos del cable para envío y recepción de tonos	60
Figura 2-12 Esquemático de control de teclado	61
Figura 2-13 Pulsos básicos de control del servomotor	62
Figura 2-14 Diagrama de conexión del servomotor.....	63
Figura 2-15 Esquemático de la etapa de Potencia.....	64
Figura 2-16 Esquemático de fuente y batería de respaldo	65
Figura 2-17 Diagrama del Dispositivo de envío de tonos	68
Figura 2-18 Diagrama de conexión del Dispositivo de envío de tonos.....	69
Figura 2-19 Diagrama de flujo del <i>Inicio del programa</i>	71
Figura 2-20 Diagrama de flujo del sistema activado primera modalidad	72
Figura 2-21 Diagrama de flujo del sistema activado segunda modalidad	73
Figura 2-22 Diagrama de flujo del subprograma “ <i>Sensar</i> ”	74
Figura 2-23 Diagrama de flujo del Subprograma “ <i>Sensores</i> ”	75
Figura 2-24 Diagrama de flujo del Subprograma “ <i>TeclaFinalizar</i> ”	76
Figura 2-25 Diagrama de flujo del Subprograma “ <i>PrendeFoco</i> ”	77
Figura 2-26 Diagrama de flujo del Subprograma “ <i>LedDeAlerta</i> ”	78
Figura 2-27 Diagrama de flujo de la “ <i>Interrupción Externa</i> ”	79
Figura 2-28 Diagrama de flujo del subprograma “ <i>EnviarImágenes</i> ”	81
Figura 2-29 Diagrama de flujo del subprograma “ <i>Subrutina</i> ”	82
Figura 2-30 Diagrama de flujo del Subprograma “ <i>IngresarClave</i> ”	83
Figura 2-31 Diagrama de flujo del subprograma “ <i>TerminaComunicacion</i> ”	84
Figura 2-32 Diagrama de flujo del Subprograma “ <i>AceptarRechazarLlamada</i> ”	85
Figura 2-33 Diagrama de flujo del Subprograma “ <i>CambiaClave</i> ”	85
Figura 2-34 Diagrama de flujo del subprograma “ <i>Reles</i> ”	88
Figura 2-35 Diagrama de flujo del subprograma “ <i>GrabaReles</i> ”	89
Figura 2-36 Diagrama de flujo del Subprograma “ <i>MoverIzquierda</i> ”	90
Figura 2-37 Diagrama de flujo del subprograma “ <i>MoverDerecha</i> ”	90
Figura 2-38 Diagrama de flujo del Subprograma “ <i>MoverCentro</i> ”	91

Figura 2-39 Diagrama de flujo del Subprograma “ <i>ServoAlto</i> ”	91
Figura 2-40 Diagrama de flujo del Subprograma “ <i>ServoBajo</i> ”	92
Figura 2-41 Diagrama de flujo del Subprograma “ <i>UnoCero100</i> ”	92
Figura 2-42 Diagrama de flujo del Subprograma “ <i>UnoCero300</i> ”	93
Figura 2-43 Diagrama de flujo del Subprograma “ <i>PinMas</i> ”	93
Figura 2-44 Diagrama de flujo del Subprograma “ <i>PinMenos</i> ”	94
Figura 2-45 Diagrama de flujo del Subprograma “ <i>TonoAviso100</i> ”	94
Figura 2-46 Diagrama de flujo del Subprograma “ <i>TonoAviso200</i> ”	95
Figura 2-47 Diagrama de flujo del Subprograma “ <i>TonoAviso500</i> ”	95
Figura 2-48 Diagrama de flujo del Subprograma “ <i>TonoCorto</i> ”	96
Figura 2-49 Diagrama de flujo del Subprograma “ <i>TonoSistemaDesactivado</i> ”	96
Figura 2-50 Diagrama de flujo del temporizador “ <i>Timer0</i> ”	97
Figura 2-51 Diagrama de flujo del temporizador “ <i>Timer1</i> ”	99
Figura 2-52 Pistas del circuito de control	100
Figura 2-53 Pistas del circuito del Dispositivo de envío de tonos.....	101
Figura 2-54 Vista en 3D de la ubicación de elementos en la placa principal.....	101
Figura 2-55 Vista en 3D de la ubicación de elementos del Dispositivo de envío de tonos	102
Figura 2-56 Implementación del dispositivo de envío de tonos	103
Figura 2-57 Implementación del dispositivo de envío de tonos	103
Figura 3-1 Salidas y entradas de la caja del <i>Prototipo</i>	107
Figura 3-2 Dimensiones de la caja para el prototipo	107
Figura 3-3 Conexión de los sensores en la caja metálica	108
Figura 3-4 Conexión normal de una luminaria.....	109
Figura 3-5 Conexión de un foco con el Prototipo	110
Figura 3-6 Conexión de los dispositivos eléctricos en la caja metálica	110
Figura 3-7 Base y servomotor del dispositivo servidor	111
Figura 3-8 Parte de la pantalla principal de un móvil dentro de la cobertura 3G	117
Figura 4-1 Diagrama de conexión de elementos externos al prototipo	123

Figura 4-2 Cableado y conexión de dispositivos eléctricos y sensores 123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Comparación entre tecnologías celulares	14
Tabla 1-2 Descripción de pines del decodificador MT8870.....	29
Tabla 1-3 Esquema de teclado del codificador.....	30
Tabla 2-1 Comparación entre micro-controladores	44
Tabla 2-2 Especificaciones técnicas del sensor PIR	47
Tabla 2-3 Necesidades técnicas y tecnológicas de los dispositivos móviles.....	49
Tabla 2-4 Pines del PIC16F887 con su funcionalidad.....	55
Tabla 2-5 Tiempos usados para notificar al usuario de una emergencia	62
Tabla 2-6 Acción del micro en el subprograma “Reles”.....	87
Tabla 2-7 Tabla del tiempo que se demora en encender la sirena en una emergencia.....	98
Tabla 3-1 Tiempos en los eventos del circuito de control.....	116
Tabla 3-2 Tiempos en eventos y acciones del circuito de control	118
Tabla 3-3 Tiempos de corte de comunicación.....	118
Tabla 4-1 Comparación de servicios entre sistemas.....	129

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 TELEFONÍA CELULAR

El teléfono celular es el resultado de muchos años de investigación y una inversión de millones de dólares, permitiendo dar inicio a una de las revoluciones más importantes en la comunicación. Además es uno de los sistemas de comunicación más utilizados, ya que permite entablar conversaciones con personas ubicadas en cualquier sitio. La telefonía celular ha sido clasificada por generaciones, que van desde los sistemas análogos hasta los diversos sistemas digitales de la actualidad (a partir de 1995).

El teléfono funciona basado en la electricidad, trabaja sin necesidad de cables y puede ser llevado fácilmente de un lugar a otro; la telefonía está muy extendida en todo el mundo desde hace unos años. Actualmente se está utilizando rayos láser para transmitir mensajes mucho más eficientemente que la telefonía actual, la cual sin duda se verá mejorada con el uso de esta tecnología.

La telefonía celular es un sistema de comunicación telefónico inalámbrico, que ha tenido gran aceptación, por lo que a los pocos años de implantarse se empezó a saturar el servicio, por lo que hubo la necesidad de desarrollar e implementar otras formas de darle mayor uso a las frecuencias de acceso para darle cabida a más usuarios.

Martin Cooper ejecutivo de Motorola, conocido como el padre de la telefonía celular presento al mundo el DynaTAC 8000X, fue el autor de la primera conversación telefónica el 3 de abril de 1973 con un terminal portátil, dicha llamada la hizo a Joel Engel, un alto ejecutivo de Bells Labs.



Figura 1-1 DynaTAC 8000X¹

En 1981 en los países nórdicos se introduce un sistema celular similar a **AMPS** (Advanced Mobile Phone System), mientras en Estados Unidos se adoptaba leyes para la creación de un servicio comercial de telefonía celular, y en octubre de 1983 se pone en operación el primer sistema comercial en la ciudad de Chicago. Es entonces que en varios países se esparció la telefonía celular como una alternativa a la telefonía cableada convencional.

1.1.1 HISTORIA

Haciendo una breve explicación de donde y como apareció la telefonía móvil celular, a continuación se procederá a hacer una descripción.

En 1843 Michael Faraday conocido químico que en ese entonces estudio los principios de las ondas electromagnéticas, brindando una buena base en el desarrollo de la telefonía celular.

¹ Fuente: http://index.es/tarhely/636/kepek/motorola_dynatac_8000x_pic_1.jpg, Abril de 2011.



Figura 1-2 Michael Faraday²

En 1876 Alexander Graham Bell se le atribuyó la invención del teléfono, no obstante, en junio de 2002, el Congreso de Estados Unidos reconoció que el teléfono fue concebido por un inmigrante italiano llamado Antonio Meucci. En la resolución, el Congreso reconoció que el Teletrófono Meucci (bautizado así por él) se mostró públicamente en Nueva York en 1860.

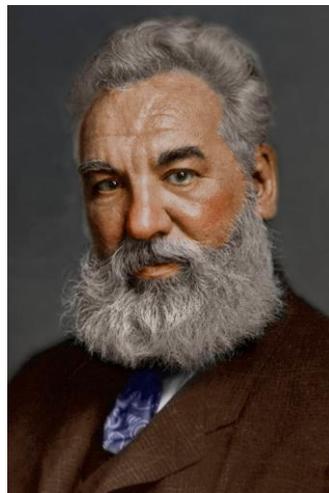


Figura 1-3 Alexander Graham Bell³

Luego en la década de 1880 Guglielmo Marconi se le atribuyó la invención del radio, formalmente fue presentado en 1894.

² Fuente: www.myartprints.com/kunst/henry_william_pickersgill/portrait_michael_faraday_esq_hi.jpg

³ Fuente: http://2colegio.net/web/wp-content/uploads/2010/10/Alexander_Graham_Bell_in_colors.jpg

A mediados de la década de 1940 se desarrollaron ideas para permitir el uso de teléfonos móviles usando "células" que identificaran un usuario en cualquier punto desde donde se efectuara la llamada.

En la época antecesora a los teléfonos celulares, pocas personas que necesitaban comunicación móvil hacían uso de radio-teléfonos en sus autos, sistema donde existía sólo una antena central por ciudad, y pocos canales disponibles, paralelamente se autorizaron en **EEUU** seis canales móviles adicionales a las portadoras de radio comunes, y luego se incrementó el número a 11 canales, reduciendo el ancho de banda a 30KHz

En 1964 los sistemas de telefonía móvil operaban en base a una operadora, misma que manejaba cada llamada, desde y hacia cada componente móvil. Es entonces cuando los sistemas selectores de canales automáticos entraron al servicio de los sistemas de telefonía móvil, permitiendo a los clientes marcar directamente para establecer sus llamadas.

El Dr. Martin Cooper es considerado como "**El padre de la telefonía celular**"; siendo gerente general de sistemas de **Motorola**.



Figura 1-4 Martin Cooper con su Motorola DynaTAC⁴

⁴Fuente: http://gizmovil.com/files/2009/06/martin_cooper_dynatac.jpg, Abril de 2011

La demanda creciente en el espectro de frecuencia de telefonía móvil saturado, impulsó a buscar un modo de proporcionar una eficiencia del espectro. Y en 1979, **AT&T** hizo una propuesta sobre delinear el principio de la radio celular. En este mismo año en Finlandia se lanza la primera red pública exitosa de telefonía móvil.

En 1977 los teléfonos celulares se hacen públicos, la ciudad de Chicago fue la primera en comenzar con 2000 clientes. Si bien los americanos eran los precursores de la tecnología, los primeros sistemas comerciales aparecieron en Tokio, Japón por la compañía **NTT** (Nippon Telegraph & Telephone Corp.), en 1979.

En 1983, la **AMPS** es lanzada usando frecuencias de banda desde 800MHz hasta 900MHz y de 30KHz de ancho de banda para cada canal como un sistema totalmente automatizado de servicio telefónico. Es el primer estándar en telefonía celular en el mundo. Dando inicio para que varios países utilicen la telefonía celular como una alternativa a la telefonía convencional inalámbrica.

Para 1986 los usuarios de telefonía celular llegan a los 2 millones sólo en Estados Unidos. Un año después la Industria llega a los 1000 millones de dólares en ganancias. Y en 1988 se crea un nuevo estándar, el **TDMA** (Time Division Multiple Access) Interim Standard 54, el cual es oficializado en 1991.

En 1996, sale a la luz la primera red comercial **CDMA** (Code Division Multiple Access) en los Estados Unidos, gracias a Bell Atlantic Mobile. Entra en uso la red digital e inalámbrica de voz y datos (2da. Generación), en 1997.

Para el año 2003, más de 182 millones de americanos son usuarios de telefonía móvil, 200.000 es el número de veces por día en las que alguien llama por ayuda desde un teléfono móvil. En cuanto a la tecnología, en la región 73.3 millones de abonados emplean equipos de segunda generación, 2.2 millones mantienen la analógica, la primera del mercado, y dos millones siguen empleando el sistema de busca personas como medio de comunicación.

1.2 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE UN SISTEMA TELEFÓNICO CELULAR

La filosofía de los sistemas celulares es utilizar estaciones base de pequeña o mediana potencia y dar servicio a un área limitada. Un sistema telefónico celular provee a sus usuarios interconexión entre centrales móviles y públicas, en cualquier ubicación dentro del rango de cobertura del sistema.

El área que cubre una estación base se conoce como célula. En cada célula se utiliza un subconjunto de frecuencias. De manera que en una célula sólo se ofrece una parte de todos los radiocanales que el operador dispone. Para dar cobertura a todo el territorio es necesario utilizar una cadena de células, teniendo en cuenta que las células que tengan el mismo grupo de frecuencias deben estar separadas por células de frecuencias diferentes.

1.2.1 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA TELEFÓNICO CELULAR

La telefonía celular consiste en la combinación de una red de estaciones transmisoras-receptoras de radio y una serie de centrales telefónicas de conmutación de 1er y 5to nivel (MSC y BSC respectivamente).

- Estaciones Móviles (Mobile Stations)
- Estaciones Base (Base Stations)
- Estación de Control y Conmutación o MSC (Centro de Conmutación Móvil, Mobile Switching Center)
- Radio Canales
- CAI (Common Air Interface)

1.2.1.1 Estaciones Móviles

Es el equipo electrónico que permite a un abonado hacer o recibir llamadas, está compuesto por: un transceiver, circuitería de control, fuente de alimentación, transmisor/receptor, antena.

Es portátil, transportable, movable de un lugar a otro. Realiza una actualización periódica de la señal recibida de la estación base, envía información para registrarse en la estación base, comunicándose mediante radio.

Las estaciones móviles pueden estar montadas en un vehículo o utilizadas como una unidad portátil. Con el proceso de handoff⁵ pueden pasar al control de cualquier número de estaciones base durante la duración de una llamada.

1.2.1.2 Estaciones Base (BTS)

Es la estación central dentro de una celda, conocida como **BTS** (Base Transceiver Station), consisten de varios transmisores y receptores que de forma simultánea manejan comunicaciones full dúplex, realiza el enlace de Radio frecuencia a los terminales celulares, transmite información entre la celda y la **MSC**, monitorea la comunicación de los abonados.

Conecta al **MSC** las llamadas simultáneas de los móviles mediante líneas telefónicas o enlaces de microondas. Está conformado por: unidad de control, unidad de energía, antenas sectoriales, **TRAU** (Transcode and Rate Adaptation Unit) es la unidad encargada establecer la conversión de código y velocidad de las señales, y terminal de datos.

1.2.1.3 Estación de Control y Conmutación (MSC)

La estación de control y conmutación, también conocida como **MTSO** (Mobile Telephone Switching Office), coordina las actividades de todas las estaciones base y conecta todo el sistema celular a la **PSTN** (Public Switched Telephone Network), como se muestra en la **Figura 1-1**, cuando aplica tecnología GMS se

⁵ La MSC transfiere la llamada automáticamente a un nuevo canal que pertenece a una nueva estación base.

denomina **MSC** (Mobile Switching Center), y para redes Wireless Local Loop se denomina **XBS**. El **MSC** conecta a todos los dispositivos móviles a la **PSTN**, y por ende hace las conexiones entre estaciones móviles y usuarios fijos de la **PSTN**.

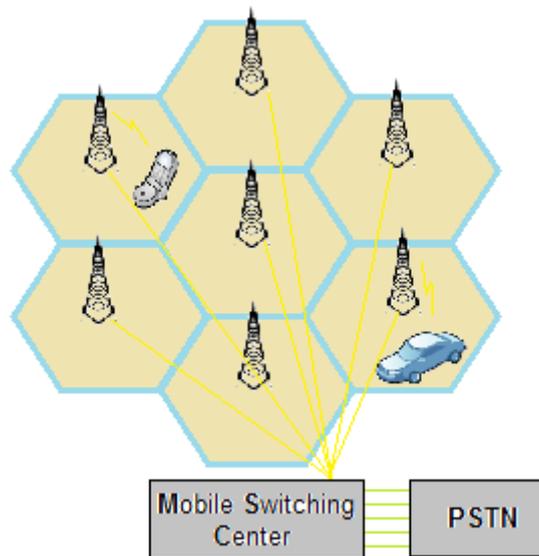


Figura 1-5 Elementos de una red celular básica
(Fuente: propia)

Un **MSC** puede conectarse a un **MSC** remoto, usando la red telefónica o líneas dedicadas y establecer las conexiones entre un usuario móvil local y un usuario móvil remoto. Un **MSC** típico maneja 100.000 abonados y 5.000 conversaciones simultáneas.

Es el **elemento central del sistema**, y sus funciones principales son:

- Coordina y administra todas las **BTS**.
- Coordina las llamadas entre **PSTN** y los abonados, así como las llamadas entre los móviles y los abonados, a través de las **BTS**.
- Maneja todo lo referente a facturación y funciones de mantenimiento.
- Ajusta la potencia transmitida de los móviles (control de potencia).
- Dirige el **handoff** cambiando los canales del móvil y la estación base.
- Tiene un software de gestión: network management system.

Puede ser de 2 tipos (de acuerdo al área geográfica y cantidad de tráfico):

- Centralizado: una única central para toda el área de concesión del operador, usa topología estrella.
- Descentralizado: más de una central, distribuido en el área de concesión.

En grandes ciudades, un solo **carrier**⁶ puede utilizar varias **MSCs**. En la **Figura 1-5** se indican los elementos típicos de una red celular.

1.2.1.4 Radio Canales

Se entiende por Radio Canal al par de frecuencias portadoras más un time slot, que van a servir como canales de tráfico en una comunicación. De dos frecuencias, una frecuencia de transmisión de la estación base y recepción del terminal y viceversa. Transportan datos y voz entre el abonado y las estaciones base, cada abonado sólo puede usar un canal a la vez.

1.2.1.4.1 Tipos de Radio Canales

Los canales o radio canales celulares son aquellos que van a hacer posible una comunicación de telefonía celular. Pueden ser de 2 tipos: **1)** Canal de Control (Control Channel), este canal permite enviar y recibir datos entre la **BTS** y el equipo portátil, entre los que están los canales: de Control de Adelanto (**FCC**), de Paging y de Acceso, y **2)** Canal de Tráfico (**TCH**), conocido también como Canal de Voz, es el encargado de conducir el tráfico (voz y datos) entre la estación base y el portátil cuando se está en un proceso de llamada.

1.2.1.5 CAI (Common Air Interface)

La interfaz común para el enlace radio eléctrico, es quien define la comunicación entre la estación base y las unidades móviles. Se especifican cuatro tipos de canales diferentes: **FVC, RVC, FCC, RCC**.

⁶ Operador de telefonía que brinda una conexión a Internet de alto nivel.

- **FVC** (Forward Voice Channels), para transmisión de voz desde la estación base hacia los móviles.
- **RVC** (Reverse Voice Channels), para transmisión de voz desde los móviles hacia la estación base.
- **FCC** (Forward Control Channels) y **RCC** (Reverse Control Channels) son los responsables por iniciar las llamadas y sirven como beacons que difunden continuamente los pedidos de tráfico para todos los móviles en el sistema.

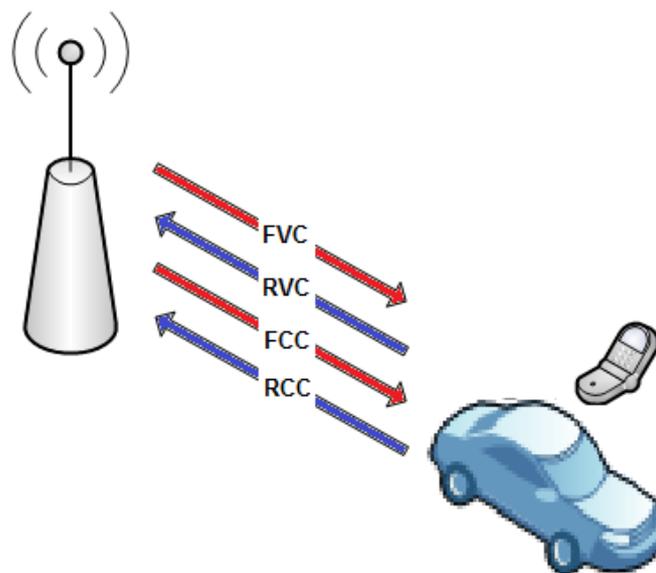


Figura 1-6 Canales de control
(Fuente: propia)

Los canales de control se denominan también canales de establecimiento (setup channels), están involucrados solo en el establecimiento de una llamada y en mover la llamada a un canal de voz libre.

Transmiten y reciben mensajes de datos que llevan información de iniciación de la llamada y pedidos de servicio. Los mensajes de datos y supervisión hacia los móviles facilitan cambios de canal automático y tienen instrucciones para el handoff (antes y durante una llamada).

- Los forward channels se llaman también downlink channels.
- Los reverse channels se llaman también uplink channels.

1.2.1.6 El Roaming

Servicio que permite operar en áreas de servicio diferentes a las cuales los abonados están originalmente suscritos.

Cuando un móvil ingresa a una ciudad o área geográfica que es diferente al área de servicio original contratada, se registra como un roamer (errante) en la nueva área de servicio.

En intervalos de varios minutos, el **MSC** emite comandos globales en todos los **FCCs**, preguntando por todos los móviles que no se han registrado que envíen su MIN y ESN usando un **RCC**.

Las estaciones responden a estos pedidos de registro y el **MSC** usa el MIN/ESN para solicitar el estado de facturación de cada roamer, si está autorizado se lo admite en el sistema como un roamer válido.

El estado es solicitado por el **HLR** (Home Location Register) del roamer. Una vez registrados los roamers puede generar o recibir llamadas desde esa área. La facturación se enruta automáticamente al proveedor de servicios original del abonado.

1.3 EL SERVICIO DE VIDEO-LLAMADA

Básicamente la video-llamada es un servicio que permite llamar a otro usuario y que ambos puedan verse mutuamente, también se puede decir que es una prestación que brindan las operadoras de telefonía celular, aunque no solo estas empresas brindan este servicio; resumiendo, la video-llamada es el envío y recepción de imágenes y audio en tiempo real entre 2 terminales.

La **3G** brinda soporte de voz y datos en paquetes, con velocidades de datos pico de hasta 1.2Mbps y velocidades promedio de 220 a 320 Kbps con usuarios en movimiento; esto gracias al estándar **UMTS** con protocolo **W-CDMA** que en la actualidad es usado.

La video-llamada es un servicio que al presente utiliza protocolos de la conocida generación 3.5 encaminándose a la **4G** donde se maneja velocidades con un promedio de 20Mbps y tratando de llegar hasta los 100Mps.

Una red **3.5G** está basada en una tecnología llamada **HSDPA** (High Speed Downlink Packet Access) que ofrece tasas de transferencias de datos muy alta, la cual ofrece la mejora de velocidad en el Downlink (bajada de datos) mas no en el Uplink (subida de datos) que se mantiene en 384Kbps máximo. Para mejorar la velocidad de Uplink existe la tecnología **HSUPA** (High Speed Uplink Packet Access), estas tecnologías pueden brindar servicios como:

- Descarga de contenido como canciones MP3, videos y juegos 3D
- Video Streaming
- Video Portal
- Video Llamada
- Banda ancha móvil para acceso a Internet y aplicaciones corporativas

Esta red **3.5G** se complementa con la red **GSM** en varios sentidos, como por ejemplo se usar tu mismo chip y número de línea tanto para el servicio de **GSM** como para los servicios de **3G** y **3.5G**.

Además los teléfonos de tecnología superior, siempre son compatibles con la tecnología anterior. Así un teléfono **3.5G**, también es **3G** y también es **GSM**. En la siguiente **Tabla** se muestra una comparación entre las tecnologías:

Servicio	GSM	3G	3.5G
Llamada de Voz	Si	Si	Si
SMS	Si	Si	Si
Velocidad de Datos	384 Kbps (EDGE)	1.2Mbps	7.2 Mbps
Video-llamada	No	Si	Si

Tabla 1-1 Comparación entre tecnologías celulares
(Fuente: propia)

En la actualidad y con el avance de las tecnologías existe una opción semejante, con la diferencia que es una comunicación entre 2 terminales donde solo el terminal “**B**” podría ver y oír lo que transmite el terminal “**A**”. Este servicio es a través de la red de Internet con el uso de servidores, los cuales brindan la opción del envío de video en tiempo real (solo el terminal “**A**”), entre los servidores que brindan este servicio se encuentran: ClipStream, Oplayo, Hello Network, qik, blinked.tv; una de las ventajas en particular de este servicio es que algunos de estos servidores ofrecen la opción de instalar una pequeña aplicación en el móvil (Por ejemplo los últimos 2 mencionados).

Este servicio es conocido como “**Video Streaming**”⁷, el cual ofrece la opción de enviar video a través de la red y guardarlo como archivo en un servidor, con la opción de poder reproducirlos cuando se desee simplemente ingresando la url⁸ específica en cualquier navegador y teniendo acceso a Internet.

⁷ Video Streaming.- Técnica de Video Simultáneo, o video en vivo.

⁸ URL: Refiere a la dirección única que identifica un recurso o sitio Web en Internet

En conclusión el servicio de Video-llamada permite contactar a otro usuario que cuente con un dispositivo móvil **3G** o superior, estableciendo una comunicación a través de audio y video en tiempo real, la cual brinda una experiencia de cercanía con el otro usuario.

1.4 TECNOLOGÍAS DE ACCESO CELULAR

Existen tres tecnologías comúnmente usadas para transmitir información en las redes celulares. Las primeras partes de los nombres de las tres tecnologías (Acceso múltiple) significan que más de un usuario puede usar cada celda.

1.4.1 FDMA (ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA)

Esta tecnología es mayormente utilizada para la transmisión analógica y no recomendada para transmisiones digitales (aun cuando es capaz de llevar información digital), su labor está en separar el espectro en distintos canales de voz, al separar el ancho de banda en pedazos uniformes.

1.4.2 CDMA (ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO)

Tecnología desarrollada por la empresa Qualcomm, en **CDMA** es posible comprimir entre 8 y 10 llamadas digitales para que estas ocupen el mismo espacio que ocuparía una sola llamada en el sistema analógico.

Varias llamadas son sobrepuestas en el canal y cada una tiene un código de secuencia único, **CDMA** es una nueva forma de establecer comunicaciones

inalámbricas digitales multiusuario con un aprovechamiento de la capacidad estimada en seis veces mejor que **TDMA**.

1.4.3 TDMA (ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE TIEMPO)

TDMA es una tecnología que establece un protocolo inalámbrico, permitiendo acceso a una misma frecuencia de radio, y así a un gran número de usuarios; dividiendo y enviando los datos clasificados a diferente tiempo.

En esta tecnología se comprime las conversaciones digitales y cada una es enviada en un tercio de tiempo, utilizando la señal de radio.

La compresión de la señal de voz es posible debido a que la información digital puede ser reducida de tamaño por ser información binaria.

Debido a esta compresión la tecnología **TDMA** tiene tres veces la capacidad de un sistema analógico que utiliza el mismo número de canales.

1.5 EVOLUCIÓN DE LA TELEFONÍA MÓVIL

1.5.1 GENERACIÓN CERO (0G)

Los primeros sistemas de telefonía móvil civil se desarrollan a finales de los años 40 en los Estados Unidos con sistemas vía radio con señal analógica, que utilizaban inicialmente en **AM** (amplitud modulada) y posteriormente en modulación **FM** (Frecuencia modulada), el servicio se daba en las bandas de **HF** (High Frequency) y **VHF** (Very High Frequency). La generación **0G** representa a la telefonía móvil previa a la era celular, la portabilidad física del teléfono era aparatosa.

Estos dispositivos móviles eran enormes y pesados, usualmente colocados en vehículos. Generalmente el transmisor era colocado en la parte trasera del vehículo y se pasaba un cable con el teléfono cerca del asiento del conductor.

Estos equipos eran vendidos a través de empresas telefónicas cableadas y por proveedores de servicios de radio. No era un servicio popular porque era extremadamente caro, por lo que el mercado estaba compuesto principalmente por constructores y celebridades. Una de las compañías que se dedicaron a la explotación de este servicio móvil inicialmente, fue la americana llamada Bell System Service.

1.5.2 PRIMERA GENERACIÓN (1G)

En 1979 apareció la primera generación, la cual se caracterizó por ser analógica y estrictamente para voz. Se trataba de sistemas precursores introduciendo una característica revolucionaria en los años 80, como era la movilidad.

La principal característica de estos sistemas era su capacidad para ofrecer servicios de comunicación de voz sobre conmutación de circuitos.

Los teléfonos eran basados en redes celulares con muchas estaciones base, relativamente cercanas unas de otras, y protocolos para el traspaso entre las celdas, cuando el usuario se movía de una celda a otra. La calidad de los enlaces de voz era pésima, con velocidades de 2400 bauds. En cuanto al **handoff** (transferencia de llamada automáticamente entre celdas) era muy imprecisa ya que contaban con muy baja capacidad. En esta generación los sistemas estaban basados en **FDMA** (Frequency Division Multiple Access). Con respecto a la seguridad, no existían las medidas preventivas.

La tecnología predominante de esta generación es **AMPS** (Advanced Mobile Phone System) operaba en 800MHz, ofreciendo un servicio de datos llamado **CDPD** (Cellular Digital Packet Data), en donde se utiliza períodos libres en los canales regulares de voz, tecnología desarrollada por empresas Bell dando sus inicios en Estados Unidos y posteriormente extendiéndose en otros países.

NMT (Nordic Mobile Telephone) otra tecnología de esta generación, introdujo la primera red de telefonía celular con roaming automático en Arabia Saudita, en Septiembre de 1981. Un mes más tarde los países Nórdicos comenzaron una red **NMT** con roaming automático entre países.

NMT operaba en los países escandinavos⁹ en la banda de 900 MHz, se utilizó en la telefonía móvil de España. Alrededor de los años de 1983 Philips cedió la producción de equipos y estaciones base **NMT** a Ericsson.

En 1986, Ericsson modernizó el sistema, llevándolo hasta el nivel **NMT 900** (del orden de 900 MHz). Esto permitió dar servicio a un mayor número de usuarios y avanzar en la portabilidad de los terminales móviles.

Otra tecnología importante en esta generación es **TACS** (Total Access Communications System), fue desplegado principalmente en Europa, y utilizaba la banda de 900MHz., **TACS** se utilizó en España con el nombre comercial de **Moviline**, estuvo en servicio hasta el 2003. La frecuencia de los canales era distinta entre sistemas. Por ejemplo **NMT** usaba canales de 12.5KHz, **AMPS** de 30KHz y **TACS** de 25KHz.

1.5.3 SEGUNDA GENERACIÓN (2G)

La segunda generación abordó a finales de los 80's, y se caracteriza por:

- Estar basada en conmutación de circuitos.
- Aumentar el nivel de seguridad.
- Ayudar a que la telefonía sea más rápida y avanzada en las redes.
- Simplificar la fabricación de los dispositivos móviles.
- Estar fundamentada en la digitalización de los datos en las comunicaciones.

⁹ Los países escandinavos son: Dinamarca, Noruega, Suecia, Finlandia e Islandia.

- Gracias a la digitalización se hizo posible la Multiplexación, dando lugar a varias conversaciones simultaneas por un mismo canal.

La primera llamada digital entre teléfonos celulares fue realizada en Estados Unidos en 1990, y un año después se instaló la primera red **GSM** en Europa.

En **2G** se utiliza protocolos de codificación y encriptación más sofisticados que soportan altas velocidades para trasmisión de voz, por dicha razón son los usados en la actualidad. Las tecnologías y estándares predominantes son: **GSM** en Europa, **IS-136** o **D-AMPS** (Digital Advanced Mobile Phone System) en Estados Unidos basada en **TDMA**, ITU **IS-95** también conocida como **CDMAOne** en Estados Unidos y Asia (basada en **CDMA** con velocidades de 9.6 Kbps), y **PDC** (Personal Digital Communications), ésta última utilizada en Japón.

A diferencia de **1G**, ahora se pueden ofrecer servicios (aún limitados) como son: Datos, Fax y SMS (Short Message Service). En Estados Unidos y otros países se le conoce a **2G** como PCS (Personal Communications Services).

En esta generación también se utilizó tecnología **TDMA** para permitir que hasta ocho usuarios utilizaran los canales separados por 200MHz. Los sistemas básicos usaron frecuencias de banda de 900MHz, mientras otros de 1800 y 1900MHz.

Muchas operadoras de telefonía celular implementaron tecnologías **TDMA** y **CDMA** sobre las redes **AMPS** existentes, dando vida a las redes **D-AMPS**.

Esto trajo la ventaja de poder lograr una migración de señal analógica a señal digital sin tener que cambiar elementos como antenas, torres, cableado, etc.

En 1982 el **CEPT** (Consejo Europeo de PTTs) definió un estándar de comunicaciones *común*, denominándolo Groupe Spécial Mobile (**GSM**), y que posteriormente pasó a llamarse Global System for Mobile Communications.

GSM es un estándar que se caracteriza por tener calidad de voz, Itinerancia, deseo de implantación internacional, terminales portátiles de reducido peso (entre 80 y 200 gramos) y tamaño (como se muestra en la **Figura 1-7**) con un precio asequible, y compatibilidad con la **ISDN** (Red Digital de Servicios Integrados).



Figura 1-7 Teléfono GSM con diseño regular de segunda generación¹⁰

El estándar **IS-136** y su antecesor el **IS-54**¹¹ son estándares compatibles con el sistema **AMPS** de **1G**, es el que mayor facilidad de migración ofrecía desde un sistema **1G**, cada canal de **IS-136** ocupa 30 KHz y permitía hasta tres comunicaciones simultáneas utilizando la misma frecuencia de transmisión gracias a la modulación **TDMA** que emplea.

1.5.4 GENERACIÓN DE TRANSICIÓN (2.5G)

GSM cumplía con todos sus objetivos, pero sólo ofrecía un servicio de voz o datos de baja velocidad (9.6 Kbps) y el mercado requería servicios multimedia, es cuando se empieza a gestar la idea de **3G**, pero la tecnología **CDMA** no estaba lo suficientemente madura en aquel momento, así que se optó por dar un paso intermedio: **2.5G**.

El uso de aplicaciones para transferencia de información como el uso de laptops y del propio Internet se fue popularizando.

¹⁰ Fuente: www.mercadolibre.com.ar/jm/img?s=MLA&f=105226179_5899.jpg&v=P&sll=703037&sll=536639

¹¹ IS-54 también conocido como Digital AMPS o D-AMPS

La aplicación **GPRS** (General Packet Radio Service) desarrollado para el sistema **GSM** fue de los primeros en ser visto y permite velocidades de datos desde 57,5 Kbps (Phase 1)¹² hasta 115,2 Kbps (Phase 2).

Luego se desarrolló **EDGE** (Enhanced Data Rates for GSM of Evolution), que básicamente es el sistema **GPRS** con un nuevo esquema de modulación de frecuencia y cantidad de mejoras realizadas a la tasa de transferencia de información, **EDGE** permite velocidades de datos de hasta 384Kbps.

La Clase 3 e inferiores de **EDGE**, claramente no son **3G**, mientras que la Clase 4 y superiores presentan un ancho de banda superior a otras tecnologías consideradas **3G** (Como 1xRTT). En Clase 10, con un ancho de banda superior a 230Kbps, **EDGE** logra trascender las definiciones comunes de **2G** y **3G**.

2.5G provee algunos de los beneficios de **3G**, por ejemplo conmutación de datos en paquetes y puede usar algo de la infraestructura utilizada por **2G** en las redes **GSM** and **CDMA**. La tecnología **GPRS** provee transferencia de datos a velocidad moderada usando canales **TDMA** (no utilizados en la red **GSM**).

Algunos protocolos, como **EDGE** para **GSM** y **CDMA2000 1x-RTT** para CDMA, se los puede calificar como servicios **3G** debido a que su tasa de transferencia de datos supera los 144Kbps. Otro punto importante es que la tecnología **2.5G** es más rápida, y más económica para actualizar a **3G**.

Gracias al aumento en la velocidad, el usuario puede utilizar el teléfono móvil y el ordenador de bolsillo para navegar por Internet, enviar y recibir correo, y descargar datos y soportes. Además permite realizar videoconferencias y utilizar mensajes del servicio **EMS** y **MMS**. También, puede emplearse como conexión para el ordenador portátil u otros dispositivos móviles.

Además de **GPRS** y **EDGE**, la **2.5G** ofrece características extendidas brindando capacidades adicionales que los sistemas **2G** como: **HSCSD** (High Speed Circuit Switched Data), **IS-136B**, **IS-95B**, entre otros.

¹² Primera evolución del estándar GPRS

En el 2001 las telefónicas europeas y de Estados Unidos comenzaron a moverse a **2.5G**, mientras que Japón se fue directo de **2G** a **3G** en el mismo año.

Mientras los términos **2G** y **3G** están definidos oficialmente, **2.5G** no lo está. Se creó con fines publicitarios.

1.5.5 TERCERA GENERACIÓN (3G)

En 1985 la **ITU** (International Telecommunications Union) comenzó a definir la **3G** llamada en aquel entonces como **FPLMTS** (Future Public Land Mobile Telecommunications Systems) y posteriormente **IMTS-2000** (International Mobile Telecommunications-2000).

En **3G** nace de la necesidad de aumentar la capacidad de transmisión de datos para poder ofrecer servicios como: acceso a Internet en movilidad desde el móvil, videoconferencia, televisión, descarga de archivos y aplicaciones multimedia.

Los sistemas **3G** definen tres modalidades de transmisión: 144Kbps para usuarios con mucha movilidad (120Km/h en exteriores), y una velocidad máxima de 2Mbps con movilidad limitada a usuarios que viajan a menos de 10Km/h en ambientes estacionarios de corto alcance o en interiores sin modalidad.

Entre las tecnologías contendientes de la tercera generación se encuentran:

- **UMTS** (Universal Mobile Telephone Service)
- **TD-SCDMA** (Basado en W-CDMA)
- **CDMA2000** (Evolución del estándar americano CDMAOne)
- **IMT-2000**
- **ARIB** (3GPP¹³)
- **UWC-136** (Universal Wireless Communications-136)

¹³ 3GPP.- es un acuerdo de colaboración entre diferentes organismos de estandarización para el desarrollo y evolución de especificaciones técnicas del estándar WCDMA de IMT-2000.

UMTS es una tecnología considerada una mejora sustancial de **GPRS**, basada en Protocolo **W-CDMA** (Wideband CDMA, desarrollada por NTT DoCoMo) que da soporte a voz y datos en paquetes y entrega velocidades de datos pico de hasta 1.2Mbps y velocidades promedio de 220 a 320 Kbps promedio cuando el usuario se encuentra en movimiento.

TD-SCDMA (Time Division - Synchronous Code Division Multiple Access) es una combinación de las técnicas **TDMA** y **CDMA**, su mayor ventaja es que permite inter-operar con redes **2G**.

CDMA-2000 es uno de los integrantes de la familia de estándares de **3G** englobados bajo las siglas **IMT-2000**¹⁴ (International Mobile Telecommunications-2000), utilizan la misma tecnología y espectro que **CDMAOne**, y sus mejoras de este estándar son CDMA-2000 1xEV y 1xEV-DO reconocidas por la ITU. En la actualidad las sucesivas mejoras de **CDMA-2000** se definen en el 3GPP2.

IMT-2000 define diversos interfaces de radio, entre los que se encuentran **W-CDMA** o **CDMA2000**, constituye un marco para el acceso inalámbrico a escala mundial, ya que permite conectar diversos sistemas de redes terrenales y/o por satélite.

La ITU definió los principales objetivos de la familia de estándares **IMT-2000**:

- Mayor eficiencia y capacidad que generaciones anteriores.
- Nuevos servicios, como la conexión de PCs a través de redes móviles y aplicaciones multimedia.
- Ancho de banda adaptable a las necesidades de las aplicaciones.
- Mayor flexibilidad en términos de utilización de múltiples estándares, bandas de frecuencia y compatibilidad con estándares predecesores.
- Itinerancia entre redes basadas en estándares distintos.
- Integración de las redes satélite y de acceso fijo inalámbrico en las propias redes celulares.

¹⁴ El número 2000 es porque la tecnología se la esperaba para el año 2000, y porque la banda de frecuencia asignada era 2GHz (2000 MHz).

- Mayor velocidad de acceso, inicialmente de hasta 384 Kbps para comunicaciones móviles y de 2 Mbps para accesos fijos, hasta alcanzar en el futuro los 20 Mbps.

1.5.6 GENERACIÓN 3.5G

El término **3.5G** se emplea para referirse a las nuevas versiones del estándar **UMTS**, que ofrecen mejoras en la capacidad, rendimiento y eficiencia con respecto a la primera versión.

La versión más moderna de **UMTS** se conoce como **HSDPA** (High Speed Downlink Packet Access) que permite alcanzar velocidades de descarga de información desde los 2.0 Mbps en condiciones ideales de funcionamiento como por ejemplo en el interior de una oficina y velocidades promedio de 800Kbps.

La tecnología en despliegue permitirá alcanzar velocidades de 7.2Mbps y 14Mbps un futuro. La evolución de **UMTS** hacia la **4G** de comunicaciones móviles se denomina **LTE** (Long Term Evolution). El modelo de cobertura global que ofrece **GSM** ha servido de base para que **UMTS/HSDPA** logre mayor aceptación.

1.5.7 GENERACIÓN 3.9G

Las ventajas de utilizar esta tecnología sobre **4G**, radica en que no es necesario el crear y construir una nueva red ya que utiliza como base la actual red **3G**. NTT DoCoMo, planea invertir gran cantidad de dinero (se eleva a los 1000 millones de dólares aprox.) para cambiar la infraestructura, y de esta manera hacerla apta a estas conexiones de alta velocidad. La tecnología móvil **3.9G** (conocida también como **Super 3G**), es una tecnología previa a **4G**, la cual se espera en el mercado desde el año 2010. Con esta se podrán obtener grandes cantidades de datos con solo modificar las redes **3G** actuales.

1.5.8 CUARTA GENERACIÓN (4G)

La generación de Red celular digital multimedia **4G** estará basada totalmente en protocolo **IP** (Internet Protocol), es la evolución tecnológica que ofrece al usuario de telefonía móvil un mayor ancho de banda que permitirá, entre muchas otras cosas, la recepción de televisión en Alta Definición.

El **WWRF** (Wireless World Research Forum) define **4G** como una red que funcione en la tecnología de Internet, combinándola con otros usos y tecnologías tales como **Wi-Fi** y **WiMAX**.

La **4G** no es una tecnología o estándar definido, sino una colección de tecnologías y protocolos para permitir el máximo rendimiento de procesamiento con la red inalámbrica más barata.

La cuarta generación (también llamada **B3G**, **Beyond 3G**) es un proyecto a largo plazo que será 50 veces más rápida en velocidad que la tercera generación. Se esperaba que la **4G** siguiera a la **3G**, apareciendo los primeros sistemas comerciales entre 2010 y 2015.

La visión lineal contempla el desarrollo de redes **4G** que ofrecen velocidades de acceso superiores a los **100Mbps** en movimiento y **1Gbps** en reposo, en enlace descendente y **50Mbps** en enlace ascendente (con un ancho de banda en ambos sentidos de **20Mhz**), manteniendo una calidad de servicio (**QoS**) de punta a punta (end-to-end) de alta seguridad para permitir ofrecer servicios de cualquier clase en cualquier momento, en cualquier lugar, con el mínimo costo posible.

En Japón se ha experimentado con las tecnologías de cuarta generación, estando NTT DoCoMo a la vanguardia. Esta empresa realizó las primeras pruebas con un éxito rotundo (alcanzó 100Mbps en un vehículo a 200Km/h) y espera poder lanzar comercialmente los primeros servicios de **4G** en el año 2010.

En el resto del mundo se espera una implantación sobre el año 2020.

El concepto de **4G** incluye técnicas de avanzado rendimiento radio como **MIMO** y **OFDM**. Dos de los términos que definen la evolución de 3G, siguiendo la estandarización del 3GPP, serán **LTE** ('Long Term Evolution') para el acceso radio, y **SAE** ('Service Architecture Evolution') para la parte núcleo de la red.

Como características principales tenemos:

- Para el acceso radio abandona el acceso tipo **CDMA** característico de **UMTS**.
- Uso de **SDR** (Software Defined Radios) para optimizar el acceso radio.
- La red completa prevista es todo **IP**.

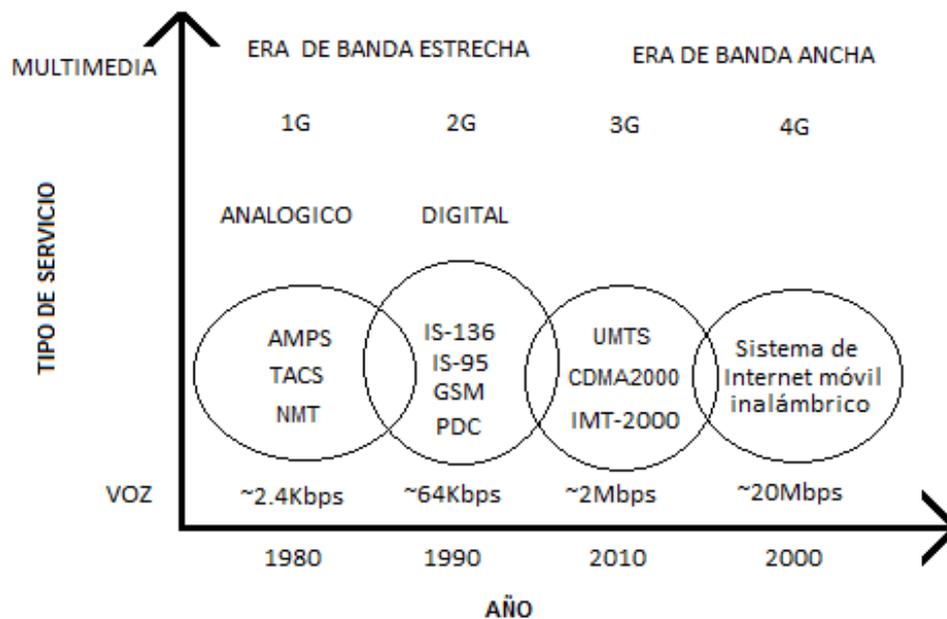


Figura 1-8 Evolución de la telefonía móvil
(Fuente: propia)

1.6 SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN DTMF

Existen dos formas de enviar a la estación de control y conmutación (**MSC**) la información de los dígitos marcados en un teléfono, las mismas que son: por pulsos y por tonos. En el primer caso, el marcador genera una serie de pulsos a través de la línea, mientras que en el segundo caso el marcador produce tonos de dos frecuencias.

El número marcado se identifica en la **MSC** contando los pulsos o decodificando los tonos. El método de tonos se conoce técnicamente como señalización **DTMF**, este método de señalización **DTMF** utiliza 16 combinaciones distintas de frecuencias de audio, comprendidas dentro de la llamada banda de frecuencia de voz (300Hz a 3KHz).

Cada una de estas combinaciones consta de dos señales senoidales: una combinación del grupo bajo de frecuencias (697Hz, 770Hz, 852Hz y 941Hz) y otra de un grupo alto (1209Hz, 1336Hz, 1477Hz y 1633Hz). En la **Figura 1-9** se muestra la matriz de frecuencias de un teclado marcador de tonos. Las teclas A, B, C y D se utilizan para tareas especiales.

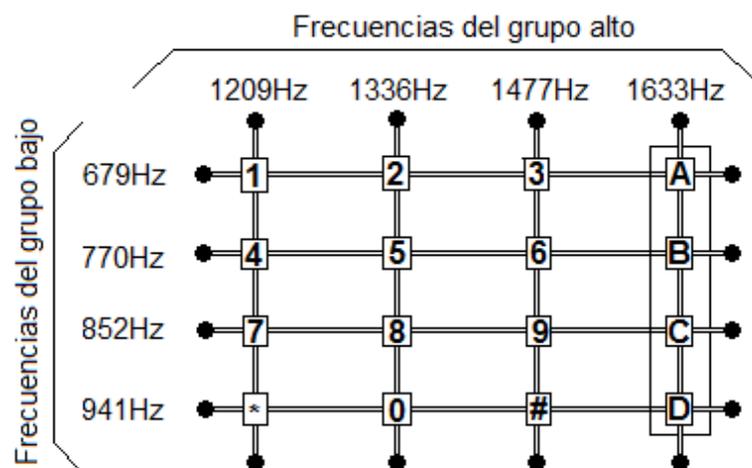


Figura 1-9 Frecuencias del sistema DTMF
(Fuente: propia)

Por ejemplo al pulsar el dígito “5” se envían simultáneamente a través de la línea telefónica un tono bajo de 770Hz y un tono alto de 1.336Hz. Estos tonos son decodificados en la central telefónica para identificar el dígito marcado.

La señalización **DTMF** tiene varias ventajas sobre la de pulsos, incluyendo una mayor rapidez de marcado y la posibilidad de enviar señales de control a través de la línea telefónica. La marcación de tonos se distingue fácilmente por los sonidos característicos que genera al pulsar cada entrada.

1.6.1 EL DECODIFICADOR DE TONOS MT8870

Se ha preferido utilizar un circuito integrado especial para la parte de la decodificación de los tonos. El decodificador de tonos **MT8870** es un integrado que presenta las características necesarias para esta tarea en particular, además es fácil de conseguir en el mercado.

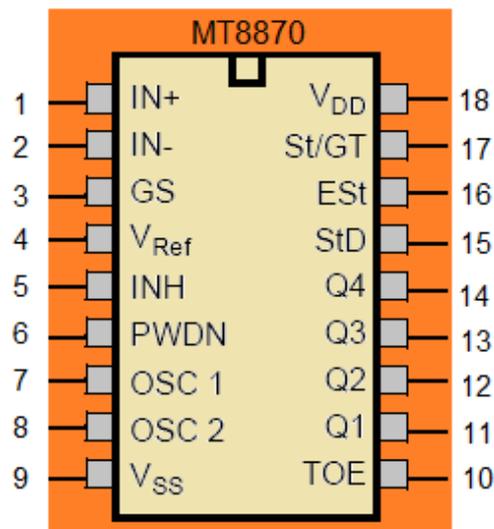


Figura 1-10 Pines del decodificador MT8870
(Fuente: propia)

Este integrado recibe los tonos **DTMF** y entrega en sus salidas Q1-Q4 el código binario que corresponde a la tecla que lo produce. Además, tiene un pin que genera un pulso positivo cada vez que recibe un tono válido (**StD**).

DESCRIPCIÓN DE PINES		
1	IN+	Non inverting input: Entrada de señal no invertida
2	IN-	Inverting input: Entrada de señal invertida
3	GS	Gain select: Ajuste de ganancia
4	Vref	Reference Voltage: Es una salida con un voltaje igual a la mitad de la fuente
5	INH	Inhibit: Un lógico alto en este pin prohíbe la detección de los tonos correspondientes a las teclas A, B, C y D
6	PWDN	Power Down: Un lógico alto en este pin pone el dispositivo en modo de bajo consumo
7	OSC1	Clock: Conexión del cristal de 3,579545 MHz OSC2.
8	OSC2	Clock
9	Vss	GND
10	TOE	Three State Output Enable: Un lógico bajo en este pin pone las salidas en alta impedancia. Un lógico alto las habilita
11-14	Q1-Q4	Data output: Salida de datos. Mantiene memorizado el último código recibido.
15	StD	Delayed Steering: Genera un pulso alto cuando recibe un tono válido y la salida actualiza el código recibido
16	ESst	Early Steering: Presenta un lógico alto cuando detecta un tono válido
17	St/GT	Steering Input/Guard Time: Ajusta el nivel de sensibilidad
18	Vdd	Power Supply: Fuente positiva entre 2,7 y 3,6 voltios

Tabla 1-2 Descripción de pines del decodificador MT8870
(Fuente: hoja de datos)

En la **Tabla 1-2** se muestra un resumen de funciones de los pines que entrega del decodificador de tonos **MT8870**, según el tono recibido y según la configuración de sus pines de control.

Dentro de sus principales características se encuentran:

- Opera con fuente de alimentación entre 2.7 a 3.6 Voltios.
- Recepción de todos los tonos **DTMF**.
- Bajo consumo de potencia
- Requiere de muy pocos elementos externos
- Posee **latch** en las líneas de salida

1.6.2 EL CODIFICADOR DE TONOS Y PULSOS HM9102

También es muy importante la participación de un codificador de tonos o creador de tonos **DTMF**, para facilitar la comprensión en forma auditiva entre extremos en una comunicación telefónica.

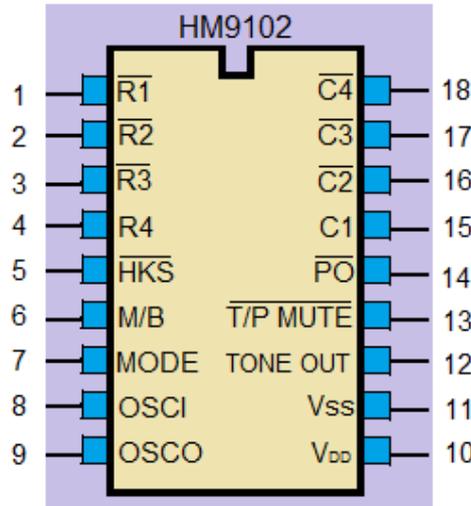


Figura 1-11 Pines del codificador de tonos HM9102 (Fuente: hoja de datos)

Este generador de tonos tiene como función especial la de generar tonos **DTMF** al momento de cortocircuitar cualquiera de sus pines R1-R4 con sus pines C1-C4 (como se muestra en la **Figura 1-11**) y con una configuración Tone/out podemos obtener un tono específico por ejemplo si unimos el pin2 (R2) con el pin16 (C2) obtendremos el tono equivalente a pulsar la **tecla 5**. En la **Tabla 1-3** se muestra los resultados de estas combinaciones.

	COL1	COL2	COL3	COL4
ROW1	1	2	3	P-T
ROW2	4	5	6	F
ROW3	7	8	9	P
ROW4	*	0	#	R

Tabla 1-3 Esquema de teclado del codificador (Fuente: hoja de datos)

Dónde:

- ❖ **P-T:** Es el Pulso para tecla de tono
- ❖ **F:** Flash
- ❖ **P:** Pausa
- ❖ **R:** Redial
- ❖ ***** : Pausa (en modo pulso)
- ❖ **#:** Redial (en modo pulso)

1.6.2.1 Características Generales del codificador de tonos HM9102

- Este integrado es un marcador conmutable de tonos y pulsos.
- Memoria de 32 dígitos para redial (marca el último número digitado)
- También tiene acceso a auto-pausa para operaciones **PBX** con un tiempo de 3,6 segundos por pausa.
- Utiliza pulso para tecla de tono (P-T) para operaciones de servicio de cobro, o sea inserta automáticamente un tiempo de pausa por P-T.
- Usa un cristal de 3.579545MHz.
- Tiene disponible para PBX una tecla Flash con tiempos de 600ms y 100ms por controlador M/B.
- Voltaje de trabajo de 3,6 V.
- En el modo del pulso *, # puede usarse como una función de pausa redial.
- Tiene una duración mínima de tono de 100ms y pausa mínima entre tonos de 106ms (si se presiona rápidamente una tecla).

1.7 LOS MICROCONTROLADORES

El estudio del micro-controlador ha ido tomado mayor auge y desarrollo en la actualidad, siendo una de las ramas de la electrónica más importantes y prometedoras. Estos integrados presentan grandes ventajas al momento de desarrollar sistemas embebidos, sobre todo presentan grandes ventajas en lo que se refiere al precio, tamaño, software de desarrollo, entre otras.

EL CONTROLADOR.- es un dispositivo que se utiliza para la administración de uno o varios procesos, su implementación física ha variado frecuentemente (lógica discreta, microprocesadores con chips de memoria y puertos de Entrada-Salida, Micro-controladores, etc.)

1.7.1 MICRO-CONTROLADOR [2]

Es empleado para controlar el funcionamiento de una tarea determinada, se lo cataloga como un circuito programable que contiene todos los componentes de un computador y debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el propio dispositivo que lo administra.

Entre las diferentes aplicaciones de los micro-controladores se puede decir que están siendo empleados en un sin número de sistemas presentes en la vida diaria, como por ejemplo: juguetes, microondas, frigoríficos, televisores, computadoras, impresoras, módems, el sistema de arranque de un coche, entre otros.

1.7.2 MICROPROCESADOR VS MICROCONTROLADOR

El microprocesador constituye la **CPU** (Unidad Central de Procesamiento) de un sistema basado en microprocesador, el cual consta de una serie de elementos para la entrada, salida, procesamiento, control y almacenamiento de información. Este microprocesador está formado por la unidad de control, la unidad lógica aritmética, también consta de la unidad de E/S y la unidad de memoria; la unidad de control interpreta las instrucciones, y el camino de datos quien las ejecuta.

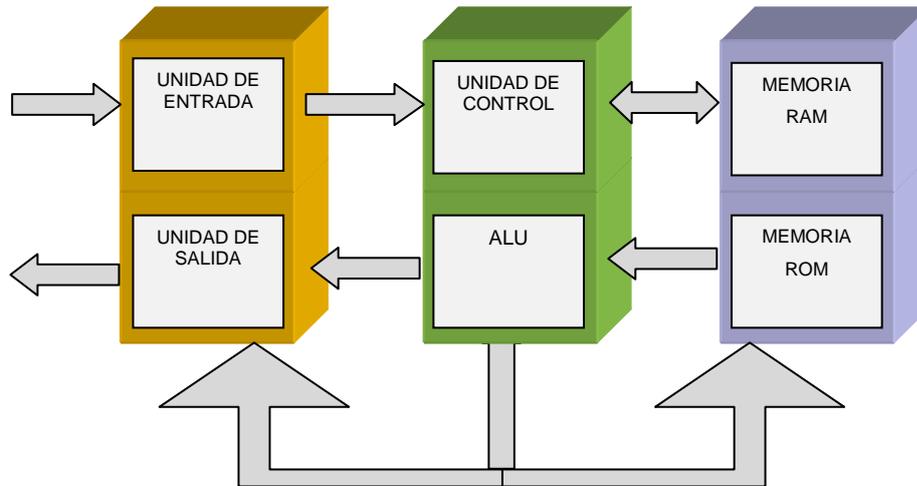


Figura 1-12 Estructura de un sistema de microprocesadores [2]

Existe una estructura constante del sistema con microprocesador en un circuito de control, los fabricantes de los circuitos integrados decidieron realizar un solo chip que contenga todos estos elementos, llamándolo "**Micro-controlador**".

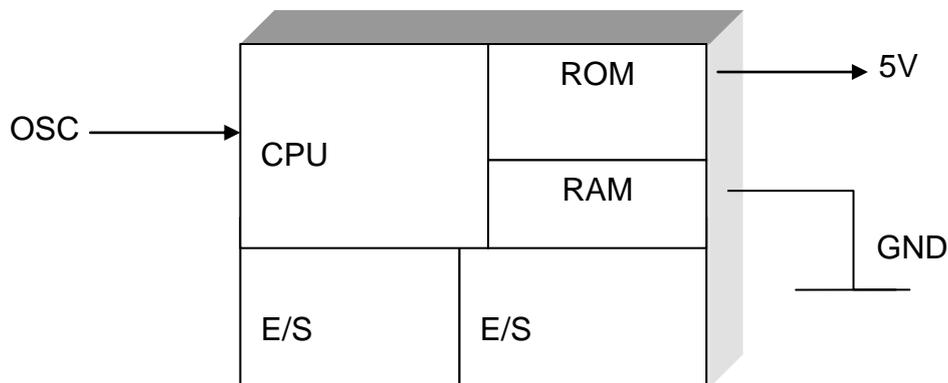


Figura 1-13 Sistema con micro-controlador básico [2]

Dentro de las ventajas de un sistema con micro-controladores podemos mencionar: el aumento de prestaciones, fiabilidad al reemplazar este integrado con diferentes elementos; otra ventaja es la reducción del tamaño, volumen y mano de obra, por ende el costo disminuye; una ventaja importante es la flexibilidad por la facilidad de modificación de su programa si se desea una variación leve en una aplicación.

1.7.3 LA FAMILIA “PIC” DE LOS MICROCONTROLADORES

El nombre completo es PICmicro, aunque generalmente se lo conoce como **PIC** Peripheral Interface Controller (Controlador Periférico de Interfaz).

El **PIC** original se diseñó para ser usado con la nueva **CPU** de 16 bits. Siendo en general una buena **CPU**, ésta tenía malas prestaciones de **E/S**, y el **PIC** de 8 bits se desarrolló en 1975 para mejorar el rendimiento del sistema quitando peso de **E/S** a la **CPU**. El **PIC** utilizaba micro-código simple almacenado en **ROM** para realizar estas tareas; y aunque el término no se usaba por aquel entonces, se trata de un diseño **RISC** (Reduced Instruction Set Computer) que ejecuta una instrucción en u solo ciclo máquina.

Microchip es una de las empresas fabricantes de **PIC's** y dispone de cinco gamas de Micro-controladores de 8 bits para adaptarse a las necesidades de la mayoría de los clientes potenciales:

- **GAMA ENANA:** PIC12FXXX
- **GAMA BAJA O BASICA:** PIC16C5X
- **GAMA MEDIA:** PIC 16FXXX
- **GAMA ALTA:** PIC17CXXX
- **GAMA SUPERIOR:** PIC18FXXX

1.7.4 EL MICRO-CONTROLADOR PIC16F887

Este **PIC** diseñado y distribuido por **Microchips** es un micro-controlador **CMOS** (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*) basado en una memoria flash mejorada de 8 bits con tecnología nano Watt. Tiene un **CPU** de alto rendimiento con 35 instrucciones para aprender, opera a velocidades con oscilador de entrada de 20MHz y el ciclo de instrucción de 200ns, capacidad de interrupción, pila de 8 niveles, y con modos de direccionamiento: directo, indirecto y relativo.

1.7.4.1 Características Generales del PIC16F887

- Oscilador interno preciso
- Modo de Sleep en ahorro de energía
- Ancho operativo de rango de voltaje de 2.0V-5.5V
- Rango de temperatura Industrial y Extendido
- Power on Reset (**POR**)
- Power up Timer (**PWRT**)
- Brown-out Reset (**BOR**) con opción de control por software
- Mejorado Watchdog Timer (**WDT**) de corriente baja.
- Master clear multiplexado con pull-up/input pin
- Código de Protección programable
- Alta constancia de celdas **Flash/EEPROM** (con retención de 40 años)
- Lectura/Escritura de memoria del programa en tiempo de ejecución
- Depurador en circuito a bordo

Este integrado es un **PIC** especial porque es una mejora a sus antecesores ya que cuenta con una **memoria de programa** de 8192 palabras, 368 bytes en SRAM, 256 bytes en **EEPROM**, consta de 5 puertos con 35 entradas/salidas digitales, 2 comparadores análogo digital.

También cuenta con 14 canales de 10 bits para periférico A/D, 1 **EUSART**, 2 Comparadores, y 2 Timers de 8 bits mas 1 de 16 bits, 2 pines de programación serial en circuito (**ICSP**), módulo **PWM**, módulo **USART** mejorado entre otros periféricos.

Todo esto entre las grandes ventajas de este integrado, además que es mucho más actual y por ende más **robusto**.

Los pines y sus funciones se muestran en la **Figura 1-14**

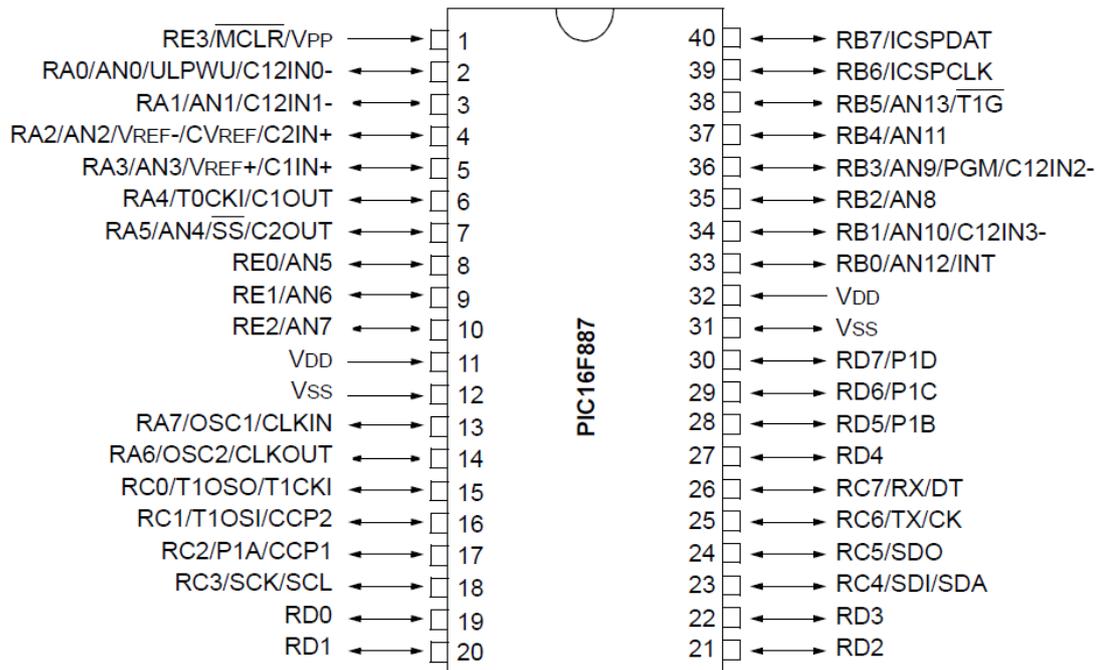


Figura 1-14 Pines y funciones del PIC16F887
(Fuente: hoja de datos)

CAPITULO II

2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

En el presente capítulo se procederá con el diseño y construcción del hardware del prototipo, donde se explicará el funcionamiento de los diferentes bloques valiéndose de tablas, gráficas y diagramas esquemáticos. También se expondrá la lógica del programa que administra el micro-controlador, previa su programación y compilación.

2.1 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

Al momento de iniciarse el sistema existe un tiempo de espera (30 segundos), el cual es considerado para la estabilización del sensor de movimiento y para que el usuario pueda salir de la vivienda al activar el sistema (con un switch de forma manual), la activación también se la puede hacer de forma remota mediante cualquier comunicación establecida entre el usuario y el circuito de control.

La finalidad de este proyecto es la de monitorear una vivienda basándose en una conexión entre dos dispositivos móviles y usando la tecnología **3G** o superior; como se muestra en la **Figura 2-1**, en dicha conexión intervienen un **dispositivo servidor** y un **dispositivo cliente**, el cliente es el dispositivo que se encuentra en poder del usuario y el servidor se encuentra en la vivienda en posición tal, que el lente de su cámara muestra un sector crítico (por ejemplo: la puerta de acceso principal) en un rango de 180°, con la ayuda de un servomotor para su movimiento.

Además del monitoreo este sistema permite al usuario encender o apagar 2 focos y 1 sirena con un teclado especial que deberá tener en su poder en el momento de la comunicación basado en el envío de tonos del sistema **DTMF**, mientras que el circuito principal retorna tonos al haber una acción y para verificar el estado de

las 3 cargas y la activación del sistema. La conexión entre los dos dispositivos se realiza en dos modalidades: **Modo 1)** Desde el usuario hacia el prototipo (circuito de control), y **Modo 2)** Desde el prototipo hacia el usuario.

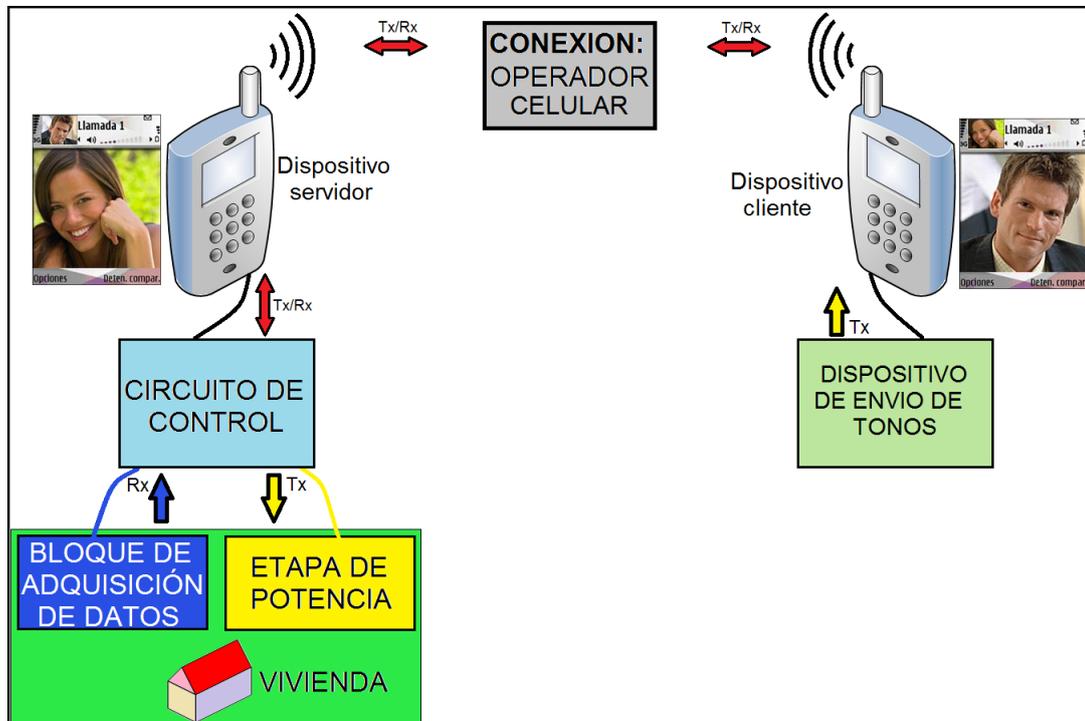


Figura 2-1 Diagrama general del hardware del sistema
(Fuente: propia)

2.1.1 MODO 1

En este modo el usuario se conecta con el otro equipo móvil (y por ende al circuito de control) desde cualquier parte del mundo con la facilidad del roaming, logrando tener acceso visual y sonoro (tonos de aviso) hacia el lugar antes mencionado, con el uso de opto-acopladores se maneja 3 teclas del dispositivo servidor: **1) Tecla terminación**, **2) Tecla marcación rápida**, y **3) Tecla habilitar envió de imagen en video-llamada**.

También se utiliza un servomotor en la base del dispositivo servidor, manejado por el usuario con el envío de tonos, brindando mayor visualización del lugar y de esta forma monitorear ampliamente el lugar.

El dispositivo local (servidor) tendrá configurado 1 tono especial (previa configuración solo para cierto(s) usuario(s), **primer aspecto de seguridad**), dicho tono fue creado de tal forma que es el conjunto de los siguientes sonidos: **audio de la tecla “1” + silencio + audio de la tecla “2” + silencio + audio de la tecla “3” + silencio**, con el fin de que el micro-controlador reconozca los números binarios: 1, 2 y 3 con tiempos de espera entre ellos, la creación de este tono único tiene la finalidad de que el micro-controlador reconozca que se trata de una llamada entrante de un usuario del sistema.

Cuando el usuario realiza una llamada de video se reproducirá este tono, el mismo que será recibido por el decodificador de tonos **MT8870** encargado de enviar datos binarios en lenguaje **TTL**¹⁵ (Voltajes de: 0V y 5V, conocidos como “cero lógico” o “uno lógico” respectivamente) hacia el micro-controlador, para proceder a la autenticación del usuario (**segundo aspecto de seguridad**) por medio de su programa interno previamente compilado y grabado en su memoria ROM. Este programa estará basado en tomar una clave de ingreso y permitir el manejo de los dispositivos eléctricos (**Véase, 2.3.1.5 Etapa de potencia**).

Tras realizar una llamada de video, el circuito de control simulará la digitación de la tecla **“Aceptación de envío de imágenes”** para que el usuario tenga visibilidad del lugar a monitorear.

Para la correcta comunicación con el circuito de control el usuario debe conectar un pequeño dispositivo llamado **“Dispositivo de envío de tonos”** conectado en lugar de un conocido “manos libres”, el mismo que comprende un integrado generador de tonos HM9102, un teclado de 3X4, una pila de 3V., y pequeños elementos para su funcionamiento. Se ha decidido el diseño de este circuito en vista que al realizar una llamada de video los dispositivos móviles se conectan mediante un canal especial, en él que no se puede enviar tonos con las teclas típicas.

¹⁵ Una designación TTL de un circuito de I/O indica un circuito digital en lugar de analógico

También se debe conectar al dispositivo de envío de tonos un par de audífonos para que el usuario pueda captar los **tonos especiales de respuesta** del circuito de control.

Opciones de acción por parte del usuario en este modo de conexión.

Una vez que el usuario se ha conectado con el circuito de control y se ha aceptado el envío de imágenes, éste con el uso del **dispositivo de envío de tonos** deberá ingresar la clave de acceso, si es incorrecta el circuito de control termina la comunicación, caso contrario podrá:

- Monitorear el lugar y ampliar la visibilidad con el uso de las teclas: 4 (mover izquierda), 5 (mover al centro) y 6 (mover derecha).
- Encender y apagar los 2 focos y la sirena con el uso de las teclas: “1” (Foco 1), “2” (Foco 2) y “3” (Sirena). ***Esta acción sirve tanto para la visibilidad del usuario como para ahuyentar a cualquier intruso en caso de una emergencia.***
- Activar el sistema, escuchar el estado del sistema (**tonos especiales de respuesta**) o desactivar el sistema; con el uso de las teclas “7”, “8” y “9” respectivamente.
- Editar la clave de acceso con la tecla “0”.
- Verificar el estado de las cargas eléctricas presionando la tecla “*” , y
- Terminar la comunicación con la tecla “#”.

Nota: *En caso de terminar la comunicación de forma típica (con la tecla terminar comunicación), trascurrido 2 minutos sin actividad el circuito de control termina la comunicación por software (resetea variables de comunicación).*

En el numerado **2.4.16 SUBPROGRAMA “Reles”** se explica con más detalle el uso y efecto de los tonos de las teclas captadas por el circuito de control.

2.1.2 MODO 2

En esta modalidad se tiene instalado varios captadores de eventos (sensores de: movimiento y magnético) colocados en puntos estratégicos. En caso de activarse un captador, el circuito de control tendrá 2 funciones:

- a) Realizar una **llamada** telefónica al usuario, valiéndose del servicio de marcación rápida y de la electrónica (**Véase, Módulo control de teclado**), pudiendo simular la digitación de dos teclas, de esta manera el circuito de control unirá 2 pines específicos (por tecla) del **dispositivo servidor**, primeramente simulando la marcación de la tecla terminación de llamada, para tener el móvil en modo espera (sacándolo del modo Sleep).

Luego se simula la marcación de la tecla con el número “2”, donde previamente debe estar configurada la marcación rápida con el número celular del usuario. En el momento que el usuario reciba la llamada del **dispositivo servidor**, éste la reconocerá y sabrá que se trata de una emergencia, entonces el usuario puede realizar cualquier opción de acción mencionado en el “**Modo 1**”, o en caso extremo deberá realizar una llamada telefónica a un vecino o a la policía.

Nota: *Transcurrido 20 segundos de la llamada al usuario, el circuito de control simulará la digitación de la tecla “**terminación de llamada**”, con la finalidad de no gastar saldo ingresando al buzón de mensajes de voz.*

- b) Cuando el circuito de control hace la llamada al usuario y transcurrido 53 segundos (**Véase, 2.4.33 Temporizador del TIMER1**) sin respuesta (tiempo iniciado tras la terminación de la llamada explicada en el párrafo anterior), éste procederá a la activación de la sirena que estará encendida hasta que el usuario se percate que recibió una llamada desde el circuito de control y la pueda desactivar al conectarse con el circuito.

2.2 REQUERIMIENTOS TECNOLÓGICOS

Una pieza muy importante en el diseño de un proyecto es el análisis del equipo tecnológico a manejar. Para determinar los componentes involucrados en el sistema, a continuación se procede a detallar los requerimientos y selección de los dispositivos a utilizar.

HARDWARE REQUERIDO

- Micro-controlador
- Codificador y decodificador de tonos
- Servomotor
- Detector Digital PIR
- Sensor Magnético
- Sirena
- Batería
- Dispositivos móviles
- Elementos varios

SOFTWARE REQUERIDO

- Sistema Operativo
- Editores de texto, audio y gráficos
- Compilador y editor de instrucciones
- Software grabador de micro-controladores
- Simulador de Electrónica

A continuación se describe solo los elementos requeridos de mayor relevancia.

2.2.1 MICRO-CONTROLADOR

En el mercado existe gran variedad de micro-controladores con diferentes diseños y arquitecturas. Se pueden clasificar dependiendo del número de bits (8,16 y 32 bits), destinados al direccionamiento de la memoria. Los micro-controladores de 16 y 32 bits son los de mayor rendimiento con la desventaja de ser más caros. La mayoría de aplicaciones se desarrollan con micro-controladores de 8 bits, siendo estos los más populares y fácil de utilizar.

En la **Tabla 2-1** se muestra una comparación de las principales características y periféricos disponibles entre el **PIC18F2550**, **PIC16F887** y el **PIC16F628A**. Tras dicha comparación se ha decidido utilizar el **PIC16F887**, a continuación se tiene un resumen de las ventajas que brinda este PIC en el desarrollo del sistema.

El **PIC16F887** es un micro-controlador **PIC** que ofrece 5 puertos, 40 pines con 35 entradas/salidas (*necesarias para la variedad de comunicaciones utilizadas en el sistema*), además tiene una **CPU** de alto rendimiento con 35 instrucciones de programa, no se utiliza ninguna comunicación serial, la corriente en espera es la más baja. Con respecto a la memoria, tras compilar el programa a utilizar se ha verificado que solamente se utiliza el 19% de **ROM** y 10% de **RAM**, por lo que no es necesario tanta memoria como lo que nos ofrece el PIC18F2550. Finalizando, una parte muy importante utilizada en la programación del sistema es la utilización de los 2 Timers (Timer0 y Timer1).

Car. PIC	Pines I/O	USB	SPI & I ² C	Corriente		Memoria Programa (bytes)	Memoria Datos		Timers 8/16-bit
				De Espera	Watchdog		SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)	
2550	24	si	si	0,1uA	2,1uA	32K	2048	256	1/3
887	35	no	si	50nA	1uA	8192	368	256	2/1
628	16	no	no	100nA	1uA	2048	224	128	2/1

Tabla 2-1 Comparación entre micro-controladores
(Fuente: propia)

2.2.2 SERVOMOTOR

Una necesidad del sistema es la de mover el dispositivo servidor, el cual tiene un peso promedio de 140g, se ha decidido escoger un servomotor porque tiene una respuesta precisa a diferencia de un motor convencional. Necesitando así un motor con un torque mínimo, que tenga un tamaño estándar, y un voltaje de operación de 2V a 5V.

Por estas razones se ha elegido el servomotor HS-311 Standard de la empresa HITEC. A continuación se tiene un resumen de las características principales del SERVOMOTOR HS-311 de 3Kg.

CARACTERÍSTICAS DEL “HS-311 STANDARD SERVO”

- Una boquilla de resina
- Hitec Custom I.C.
- Peso: 43g (1.5 onzas)
- Tamaño: 40 x 20 x 37mm (1.57 x 0.78 x 1.45 pulgadas)
- Salida de Torque:
 - 3.0 Kg/cm (42 onzas/pulgada); 3.7 Kg/cm (51 onzas/pulgada)
- Velocidad de operación:
 - 0.19 segundos/60° AT 4.8V
 - 0.15 segundos/60°

2.2.3 SENSORES

Un sensor o captador no es más que un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla a otra, normalmente una magnitud eléctrica que se pueda cuantificar y manipular.

En el “**Bloque de adquisición de datos**” del sistema (*tratado en el numerado 2.3.1.1*), 3 de los pines del micro-controlador estarán conectados a resistencias en configuración Pull-up a la espera de un cambio de estado a 5 Voltios, por ende los sensores a utilizar deben actuar como un Switch (abrir - cerrar un circuito), o sea deben tener este tipo de respuesta al momento de su activación.

Una empresa muy conocida en sistemas de seguridad, por distribuir dispositivos confiables, económicos y de buena calidad es “Paradox”, a continuación se detalla las características de los dispositivos escogidos.

2.2.3.1 Sensor magnético

En el Mercado existen una variedad de sensores, donde podemos encontrar dispositivos para diferentes usos, todo dependiendo de la necesidad del usuario.

En este caso el sensor magnético MC21CW-P2C es el indicado para el sistema porque cumple con los requerimientos (simple, económico, de tamaño normal, no necesita fuente de alimentación y respuesta de accionamiento tipo switch).

En la **Figura 2-2** se puede apreciar al sensor físicamente, entre las características se puede decir que este sensor tiene un tamaño de:

- 33.8 mm de largo
- 7.6 mm de ancho
- 0.52 mm de profundidad

Además, Consta de un adhesivo especial y 4 orificios para su ubicación física, trabaja en lazo cerrado y activación a distancias de entre 29 mm a 34 mm.

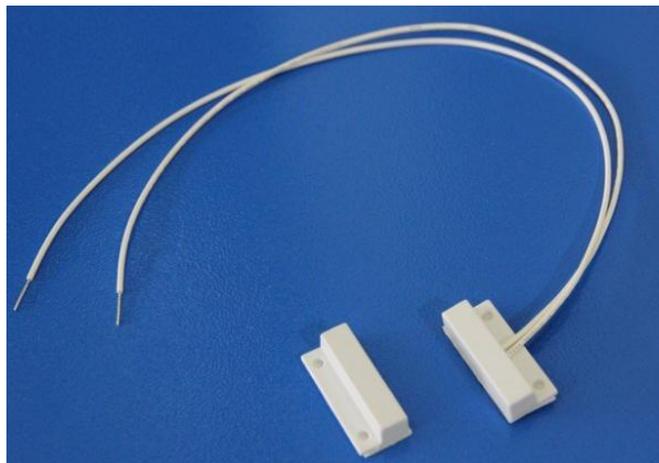


Figura 2-2 Sensor magnético MC21CW-P2C¹⁶

¹⁶http://www.suntecalarm.com/index.php?ws=showproducts&products_id=50388&lang=&cat=&subcat=#openproducts, mayo 2011

2.2.3.2 Sensor de movimiento PIR

El sensor **PIR** (Passive Infra Red) es un dispositivo piroeléctrico que mide los cambios en los niveles de radiación infrarroja emitida por los objetos a su alrededor a de distancias de 6 metros (distancia mínima necesaria por el sistema).

El sensor requerido debe ser de: bajo costo, reducido tamaño, accionamiento tipo switch al activarse, bajo consumo de corriente, baja interferencia, alta sensibilidad, gran cobertura, entre otros. El sensor “**PIR with EMI and RFI Rejection**” (**Figura 2-3**) de la casa “Paradox” cumple con los requerimientos antes mencionados, además este sensor tiene otras partes importantes y necesarias.

En la **Tabla 2-2** se muestra las características generales de este sensor.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Tipo de Sensor	Doble elemento rectangular, baja interferencia, alta sensibilidad
Cobertura: 100° (estándar)	10.6 metros x 10.6 metros (35 pies x 35 pies)
Altura de instalación	2.1 metros x 2.7 (7 a 9 pies)
Velocidad de detección	0.2 - 7 metros/segundo (0.6 a 23 pies/segundo)
Temperatura de trabajo	-20°C a +50°C (-4°F a +122°F)
Tensión	Típico de 9Vcc a 16Vcc
Consumo de Corriente	Máximo 31mA
Lente	Lente Fresnel de 2da G., LODIFF, segmentos
Salida de Alarma	N.C. 28Vcc, 0.15A
Interruptor anti-sabotaje	N.C. 28Vcc, 0.15A Máximo

Tabla 2-2 Especificaciones técnicas del sensor PIR
(Fuente: hoja de datos)

Para finalizar el análisis del porque se escogió este sensor, se puede mencionar una ventaja importante en particular, la cual es que tiene dos configuraciones especiales en su placa.

- 1) Brinda la opción de colocar un jumper de activación/desactivación del **LED** indicador de presencia.
- 2) Permite configurar modo lento/rápido, en el modo rápido un cuerpo no puede atravesar más de una zona completa, en el área de cobertura con cualquier tipo de movimiento (*caminando despacio, corriendo, o rápido*). En el modo lento se requiere el doble de la cantidad de movimiento para generar una alarma (utilizado en lugares propensos a activaciones falsas).



Figura 2-3 Sensor de movimiento infrarrojo¹⁷

¹⁷http://www.suntecalarm.com/index.php?ws=showproducts&products_id=50395&lang=&cat=&subcat=#openproducts, mayo 2011

2.2.4 DISPOSITIVOS MÓVILES

Este sistema de vigilancia y seguridad está basado en la comunicación entre dos dispositivos móviles, resultando importante y primordial la elección de éstos.

Se ha decidido plantear un cuadro de necesidades tecnológicas mostradas en la **Tabla 2-3**, para proceder a la elección de los terminales más adecuados.

La siguiente **Tabla** muestra las necesidades tecnológicas tanto para el dispositivo servidor como para el dispositivo cliente, con la finalidad de obtener el mejor rendimiento de parte de los 2 dispositivos.

REQUERIMIENTOS MINIMOS	UTILIZACIÓN EN EL PROYECTO
Cámara secundaria	Para el servicio de video-llamada
Teclado: normal o Qwerty ¹⁸	Mayor facilidad de conexión con el prototipo
Pantalla: QVGA (16 millones de colores)	Para visualización clara de eventos
Servicios de: Llamada, Video-llamada, marcación rápida.	Para la conexión con el prototipo y llamada de emergencia.
Bandas de frecuencia: 850/900/1800/1900 (MHz)	Para trabajar con cualquier operadora, y con GSM y mínimo 3G (podrían ocupar bandas diferentes).
Conectividad: GPRS, GSM y UMTS	Trabajar con GSM actual y con tecnología 3.5G en adelante.
Antena interna	Fácil manipulación (mayoría de dispositivos).
Manual y CD de Instalación	Correcto manejo del dispositivo móvil.

Tabla 2-3 Necesidades técnicas y tecnológicas de los dispositivos móviles
(Fuente: propia)

¹⁸ Hace referencia a las primeras seis letras que aparecen en la esquina superior izquierda de este tipo de teclados, creado por Christopher Sholes en 1868, inventor de la máquina de escribir.

Sin dejar de lado la parte económica, y tras un análisis de requerimientos y disponibilidad de equipos, se ha decidido trabajar con dispositivos móviles de la empresa NOKIA, específicamente con el modelo conocido como “E71”.

Al inicio del presente proyecto, se inició trabajando con un dispositivo móvil, pero se cambió de modelo por el hecho de mejorar la resolución de la cámara secundaria (de 320x240 píxeles a 640x480 píxeles) y de esta manera tener mejor visualización al momento de llamada de video, tomando en cuenta que no existe gran diferencia en la parte económica.

Cabe resaltar que en la actualidad han salido al mercado equipos con la tecnología “touch”, lo cual no imposibilita el trabajo que se desea llevar en este proyecto, solo lo dificulta (el manejo se lo haría directamente al receptor de teclado del móvil); además, el precio no afecta a la rentabilidad del proyecto.

2.2.4.1 Teclas y partes del dispositivo móvil

A continuación se muestra una breve explicación de las teclas principales del dispositivo móvil basado en la **Figura 2-4**, las teclas que se hace mayor referencia en el transcurso de este texto son: la tecla de selección, finalizar y la tecla “2”.



Figura 2-4 Dispositivo móvil: cliente y servidor
(Fuente: manual de usuario del equipo)

- 1) Auricular.
- 2) Sensor de luz.
- 3) Tecla de desplazamiento.
- 4) Tecla de selección (izquierda).
- 5) Tecla de llamada.
- 6) Micrófono.
- 7) Conector de cargador.
- 8) Tecla de encendido.
- 9) Cámara secundaria.
- 10) Tecla de selección (derecha).
- 11) Tecla finalizar.
- 12) Tecla de retroceso.
- 13) Tecla Intro.

2.2.5 COMPILADOR Y EDITOR DE INSTRUCCIONES

En la programación del micro-controlador es importante conocer el entorno en el que se maneja, de esta manera comprender ideas y finalidades de cualquier proyecto, es entonces que al conocer el lenguaje a utilizar se tendrá una visión y perspectiva más clara de lo que se desea hacer.

A su vez, el compilador se debe integrar en un **entorno de desarrollo integrado (IDE)** que permite desarrollar todas y cada una de las fases que se compone un proyecto: como son la edición, depuración de errores y finalmente la compilación, para proceder con la grabación del micro-controlador PIC.

Se ha decidido utilizar lenguaje C, porque los lenguajes de alto nivel guían al diseñador a una programación estructurada (facilitado el entendimiento y depuración), disminuyendo el tiempo de diseño. También permite el manejo de librerías especializadas para el tratamiento de: cadenas, caracteres, operaciones matemáticas, entre otros beneficios, otra ventaja es que al programar en C también se crea un código reutilizable y portable.

El compilador a utilizar es el "PCW" de la casa CCS Inc, más conocido como PIC C COMPILER. Mediante este compilador las cosas son mucho más fáciles. En el Lenguaje C se encuentra la disyuntiva a diferencia de la programación en bajo nivel como "ensamblador", se ha hecho esta elección porque este software se acopla perfectamente al diseño del presente proyecto.

2.3 DISEÑO DEL HARDWARE DEL SISTEMA

Una vez elegidas las herramientas a utilizar, además de los diferentes dispositivos se procede con el diseño de los diferentes bloques del sistema. De forma general, en la **Figura 2-5** se muestra todos los elementos y conexiones que comprenden e intervienen en el sistema.

Se puede decir que el circuito de control es el cerebro de todo el sistema, porque es quien toma las decisiones precisas al momento de un evento, a este circuito se conecta físicamente los siguientes elementos:

- Sensores (**Véase, 2.3.1.1 Bloque de adquisición de datos**)
- Focos y sirena (**Véase, 2.3.1.5 Etapa de potencia**)
- Fuente y batería (**Véase, 2.3.2 FUENTE DE ALIMENTACIÓN**)
- Auricular y teclado del dispositivo servidor, servomotor que realiza el movimiento para el monitoreo (**Véase, 2.3.1 UNIDAD DE CONTROL**).

En la gráfica se ve la utilización de tres integrados, entre los que está el codificador de tonos **HM9102** (izquierda) el cual se encuentra en una configuración básica de funcionamiento, unido al PIC mediante un opto-acoplador para su accionamiento. El decodificador de tonos **MT8870** se comunica con el **PIC** por medio de 5 pines. A la izquierda se tiene 2 borneras que se conectan al teclado del móvil.

En la parte superior izquierda se encuentra el conector que envía información al auricular del móvil; y a la derecha de este se encuentra la salida de potencia, conformada por 3 relés. Otra parte importante es la bornera que va al **RESET** del circuito, que está en la parte derecha del diagrama. Por último en la parte inferior encontramos una bornera de 4 pines donde van conectados los sensores.

En los siguientes numerados se explica con más claridad todas estas partes.

2.3.1 UNIDAD DE CONTROL

El micro-controlador es el cerebro en cualquier circuito, dispositivo o sistema, tras tomar datos y procesarlos, toma las acciones respectivas basadas en las líneas de código grabadas en su interior (memoria **ROM**¹⁹), previa configuración de hardware para su buen funcionamiento.

En los siguientes bloques se verá la conexión física de los diferentes periféricos con el micro-controlador como son: sensores, dispositivo servidor, servomotor, y dispositivos eléctricos.

El micro-controlador tiene acciones como: detectar cambios de estado en sus pines y actuar (**sensores y recepción de tonos**) o aplicar 5Voltios en ciertos pines de salida, para accionar cualquier elemento (**control de teclado, envío de tonos y control de dispositivos**).

Por estas razones se ha decidido distinguir este bloque en particular y llamarlo "**Unidad de control**", en esta zona administrada por el micro-controlador es donde se lleva a cabo la mayor parte de los procesos y se utiliza mayormente las funciones internas del micro-controlador.

La unidad de control está integrada principalmente por el micro-controlador, todos sus pines están configurados como: salidas y entradas digitales, con diferentes conexiones y funciones; a continuación se muestra una tabla con una breve explicación.

¹⁹ ROM.- Memoria de sólo lectura

Pines del PIC16F887	Config. I/O	Conexión o tipo de conexión	Función
1	Entrada	Pull-up con 4.7K Ω	Reset
2, 3	Salida	Resist., led y relé de 5Vdc	Activación de cargas eléctricas (Focos)
4	Salida	Resist., led y relé de 5Vdc	Activación de carga eléctrica (Sirena)
5	Salida	Directo al pin de señal del servo	Manejo del Servomotor
6, 7, 13, 14, 22, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 34, 35, 36	I/O	NC o conectados a tierra	NC
8	Salida	Led y Opto-acoplador	Simular terminación de llamada de tipo manos libres
9	Salida	Led y Opto-acoplador	Simular digitación de la tecla "2" del móvil
10	Salida	Led y Opto-acoplador	Une pin 2 y 16 del MT8870, para enviar tono
11, 32	5 Vcc.	Directa	Alimentación
12, 31	GND	Directa	Tierra
15	Entrada	Pull-up con 4.7K Ω	Switch de activación manual del sistema
16	Salida	Resistencia y led	Led de aviso de sistema activo
17	Salida	Resistencia y led	Led de aviso de acción
18	Salida	Resistencia y led	Led de aviso de alerta
19	Entrada	Pull-up con 4.7K Ω	Entrada de sensor 1
20	Entrada	Pull-up con 4.7K Ω	Entrada de sensor 2
21	Entrada	Pull-up con 4.7K Ω	Entrada de sensor 3
23	Salida	Led y Opto-acoplador	Simular digitación de la tecla "Finalizar" del móvil
24	Salida	Led y Opto-acoplador	Simular digitación de la tecla "Envío de imagen" del móvil
33	Entrada	Pull-up con 4.7K Ω	Recibe tono valido del HM9102
37	Entrada	Pull-up con 4.7K Ω	Pin 1 de datos enviados por el HM9102
38	Entrada	Pull-up con 4.7K Ω	Pin 2 de datos enviados por el HM9102
39	Entrada	Pull-up con 4.7K Ω	Pin 3 de datos enviados por el HM9102
40	Entrada	Pull-up con 4.7K Ω	Pin 4 de datos enviados por el HM9102

Tabla 2-4 Pines del PIC16F887 con su funcionalidad
(Fuente: propia)

La **Unidad de Control** está dividida en 5 Bloques los cuales son:

- a) Bloque de adquisición de datos
- b) Módulo de envío y recepción de tonos
- c) Módulo control de teclado
- d) Módulo de Monitoreo
- e) Etapa de potencia.

2.3.1.1 Bloque de adquisición de datos

Esta parte del sistema de seguridad es la encargada de recolectar datos, y es donde el micro-controlador se comunica con los sensores, los mismos que serán los encargados de tomar los eventos que sucedan en cualquier momento en la vivienda, para luego enviar la información al micro-controlador, el cual posteriormente tomará acciones.

Los sensores conectados al circuito de control (como se muestra en la **Figura 2-6**) son: Un sensor detector de presencia (**PIR**) y un sensor magnético.

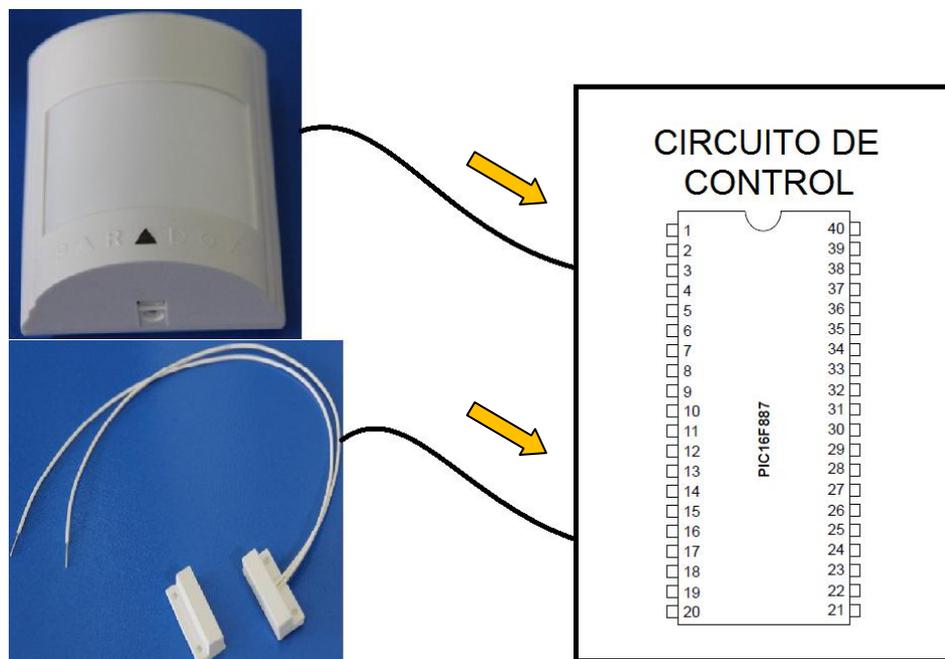


Figura 2-6 Diagrama del bloque de adquisición de datos
(Fuente: propia)

Por ejemplo: el codificador de tonos **HM9102** tiene los pines 5, 6, 7 y 11 conectados a tierra, siendo configurado como codificador de tonos. Mientras que el decodificador de tonos **MT8870** tiene el pin 1 y 4 en corto circuito, el pin 9 a tierra, entre el pin 16 y 17 se tiene $300\text{K}\Omega$, y por último un condensador cerámico entre los pines 17 y 18. En los dos integrados también se tiene el pin 10 a 3.6V para su alimentación y en dos pines especiales un oscilador de 3.57MHz cada uno.

De igual forma, como se muestra en la **Figura 2-8**, los pines 12 y 31 del microcontrolador deben estar conectados a tierra y aplicado 5V en los pines 11 y 32.

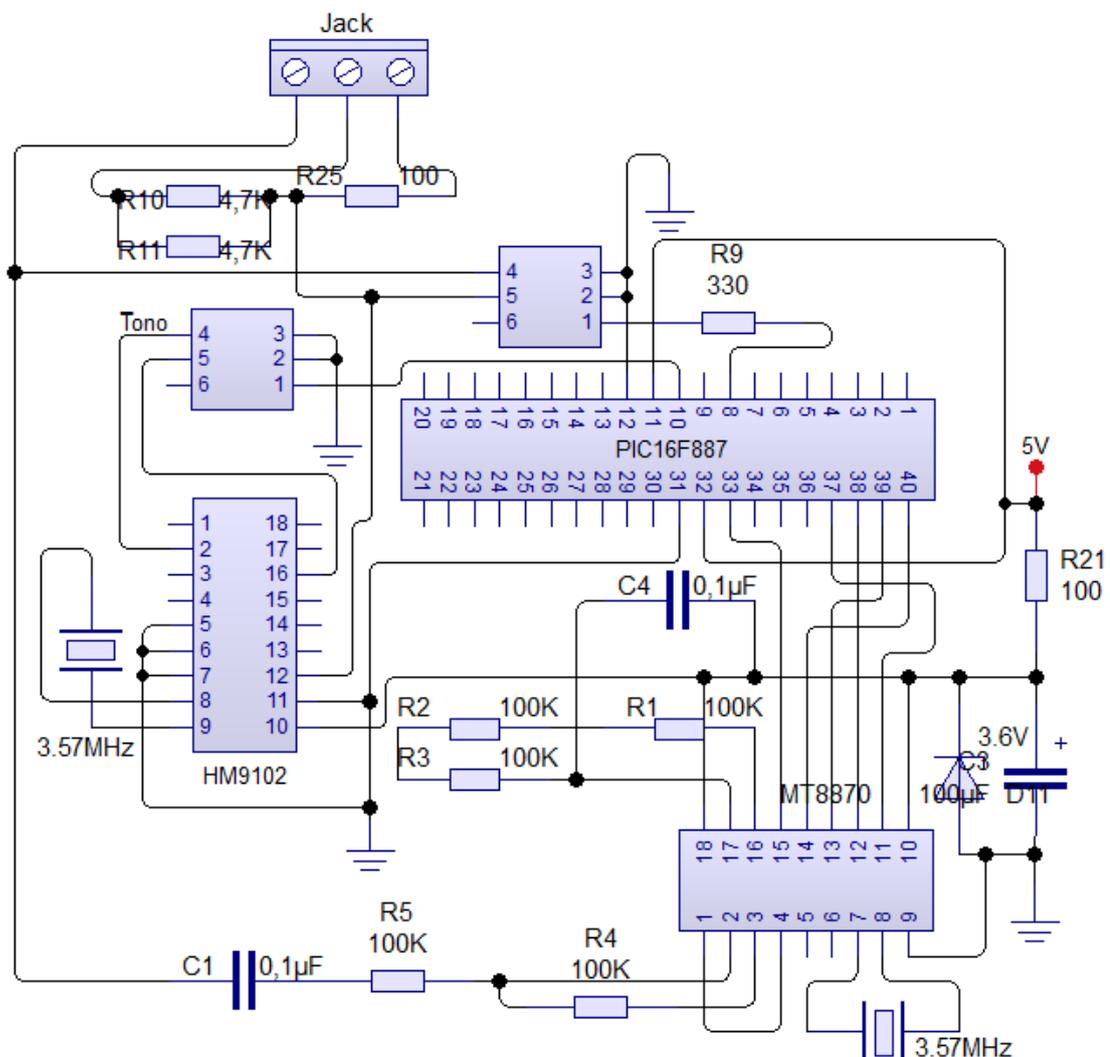


Figura 2-8 Esquemático del circuito de envío y recepción de tonos
(Fuente: propia)

Lo importante de este circuito de envío y recepción de tonos es que el ingreso y salida de las señales de audio se encuentran en la bornera que está en la parte superior (conocido como “Jack”), este mismo dispositivo se lo muestra en la **Figura 2-9**, donde se ve la representación real de conexión con el decodificador de tonos **MT8870** y el ingreso de tono proveniente del pin 12 del codificador de tonos **HM9102**.

Se ha obtenido esta configuración, tras verificar el funcionamiento de un auricular real representando en la **Figura 2-10**.

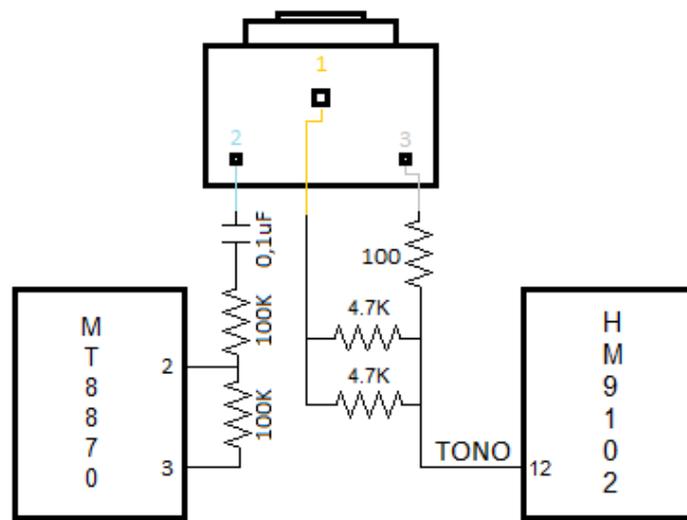


Figura 2-9 Conexión de pines del conector estéreo con el decodificador de tonos (Fuente: propia)

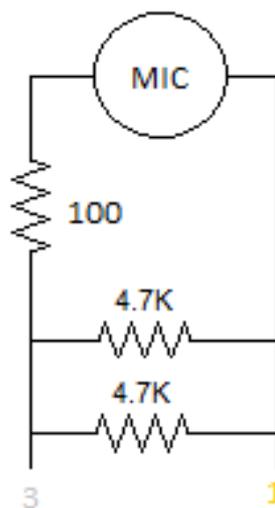


Figura 2-10 Circuito del micrófono de un auricular de un dispositivo móvil celular (Fuente: propia)

Por último, queda señalar que el envío de tonos es generado por el codificador de tonos **HM9102**, controlado por el micro-controlador, al hacer contacto entre dos pines de este (pines 2 y 16 para reproducir el tono que representa la tecla “5”).

2.3.1.2.1 Cable de envío y recepción de tonos

Este cable está basado en las Figuras: **2-9**, **2-10** y **2-11**, al guiarse por los números y colores se sabrá que hilos conectar y hacia dónde van. De esta forma se tiene dos conectores: uno de 4 contactos que se conecta con el dispositivo móvil, y otro de 3 (micrófono, audífono y tierra), que se conecta con el circuito de control.



Figura 2-11 Conexión de hilos del cable para envío y recepción de tonos
(Fuente: propia)

2.3.1.3 Módulo control de teclado

Este módulo se basa en el **MODO 2** del funcionamiento del sistema (**Véase, 2.1.2**); resumiendo, al momento de la activación de un sensor se realiza una llamada telefónica al usuario para notificarle que ocurrió un evento, entonces el circuito de control simula la marcación rápida, y haciendo uso de la electrónica se maneja las teclas necesarias para realizar esta acción.

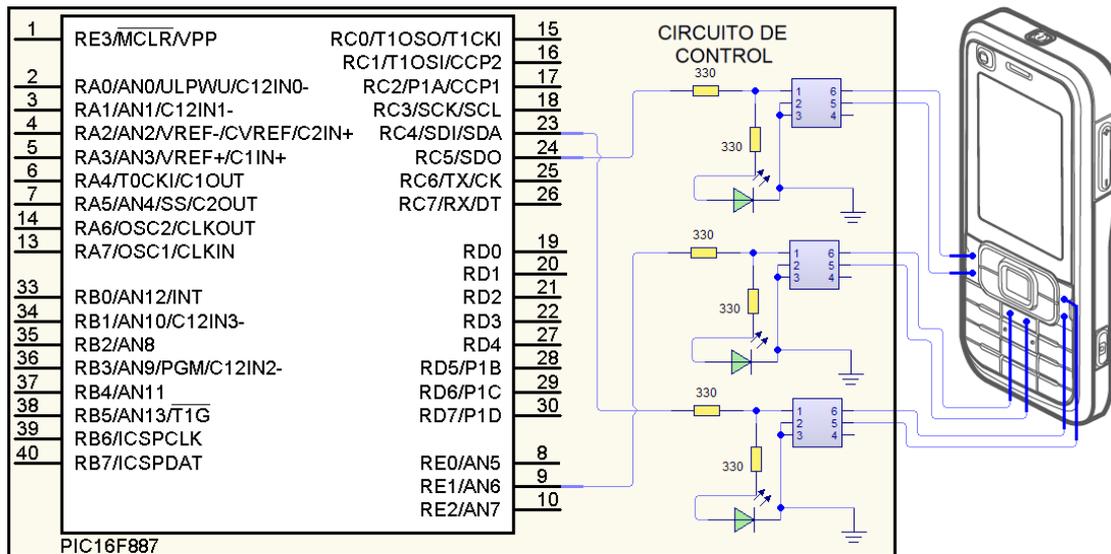


Figura 2-12 Esquemático de control de teclado
(Fuente: propia)

En la **Figura 2-12** se muestra gráficamente las conexiones de dos de sus teclas, al momento que el micro-controlador envía un 1 lógico a los pines 23 y 9, el voltaje se lo representa encendiendo el **LED** y a la vez entrará en funcionamiento el opto-acoplador cerrando y luego abriendo un circuito.

Cabe resaltar que el circuito tiene las siguientes acciones:

1. Simular pulsación de la tecla colgar (dos veces de 1 segundo c/u).
2. Simular pulsación de la tecla "2" (durante un 1 segundo).
3. Encender un foco en la habitación, para la visualización del usuario y ahuyentar a cualquier intruso.
4. Hacer parpadear un **LED** en la placa hasta que el usuario se conecte, ingrese la clave correcta (en esta parte el sistema se desactiva).
5. Simular la digitación de la Tecla "**Terminar**" después de 20 segundos, con la intención de no gastar saldo en el caso de que el usuario no se percató de que recibió una llamada.

El tiempo estimado hasta que el usuario sea notificado de que existió un evento en su vivienda es de 9 segundos, mostrado en la siguiente **Tabla**.

ACCIÓN	TIEMPO UTILIZADO (Segundos)
Tecla colgar	2
Tecla Llamar	1
Timbre promedio	~ 6

Tabla 2-5 Tiempos usados para notificar al usuario de una emergencia
(Fuente: propia)

El pin 24 controla la tecla de “**Tecla de selección (izquierda)**”, siendo utilizada al momento que se aceptó una conexión de video-llamada, el dispositivo servidor está en obligación de enviar imagen al **dispositivo cliente**.

2.3.1.4 Módulo de Monitoreo

Este módulo está basado en el manejo del servomotor por parte del circuito de control, usando solo 2 pines: tierra y mando, por motivos de utilizar una fuente de 5V externa.

El manejo del servomotor es para mover el dispositivo servidor (rango máx. = 180°), logrando tener una amplia vista del lugar en el momento que el usuario realice una video-llamada. El servomotor es manejado mediante software al enviar pulsos en tiempos especiales por medio del cable de color amarillo (mando), a continuación se muestra los pulsos básicos que se debe enviar al servomotor.

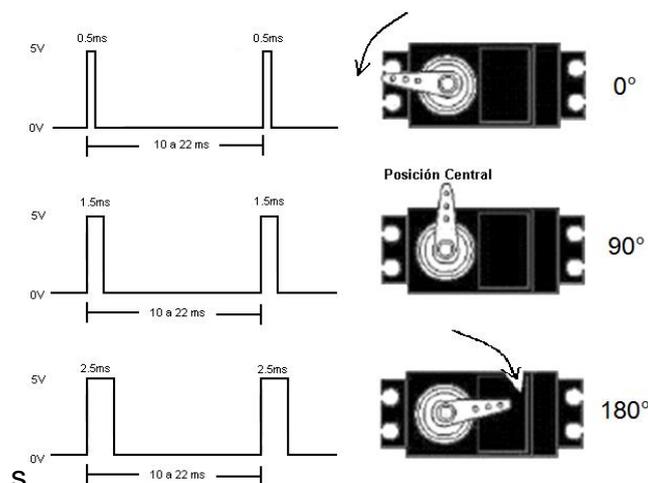


Figura 2-13 Pulsos básicos de control del servomotor
(Fuente: propia)

En la **Figura 2-14** se muestra la conexión entre servomotor y circuito de control, donde también se encuentra el dispositivo servidor con su fuente de alimentación.

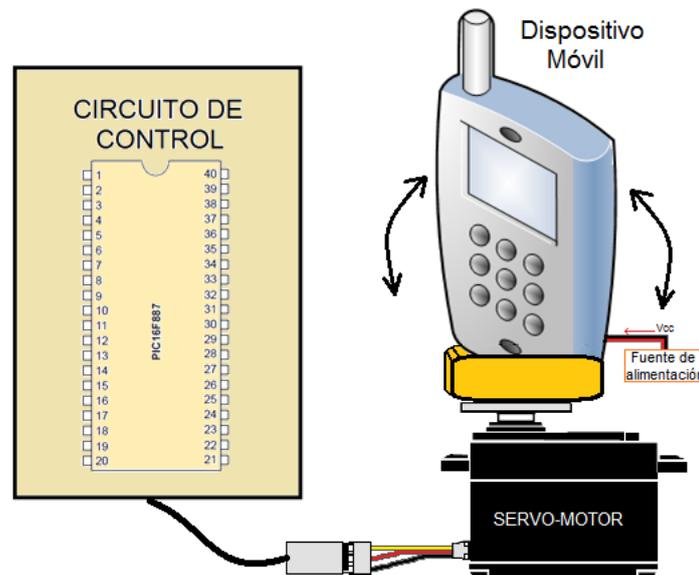


Figura 2-14 Diagrama de conexión del servomotor
(Fuente: propia)

2.3.1.5 Etapa de potencia

En el manejo del circuito de control, las instrucciones son binarias y tenues, en esta etapa los datos entregados desde alguna salida del micro-controlador deben ser magnificados o manejados con niveles de voltaje que los dispositivos eléctricos necesitan, es decir niveles de 110/120 Voltios de corriente alterna.

En este circuito se conecta 2 focos y una sirena en los pines 2, 3 y 4 (A0, A1 y A2) del micro-controlador, en la **Figura 2-15** se muestra el esquemático de una carga conectada en el pin A0 del circuito de potencia, el que consta de:

- Una resistencia y un **LED**, y
- Una conexión de 2 resistencias (2.7K Ω), un transistor **2N3904** y un diodo, para el accionamiento del relé.

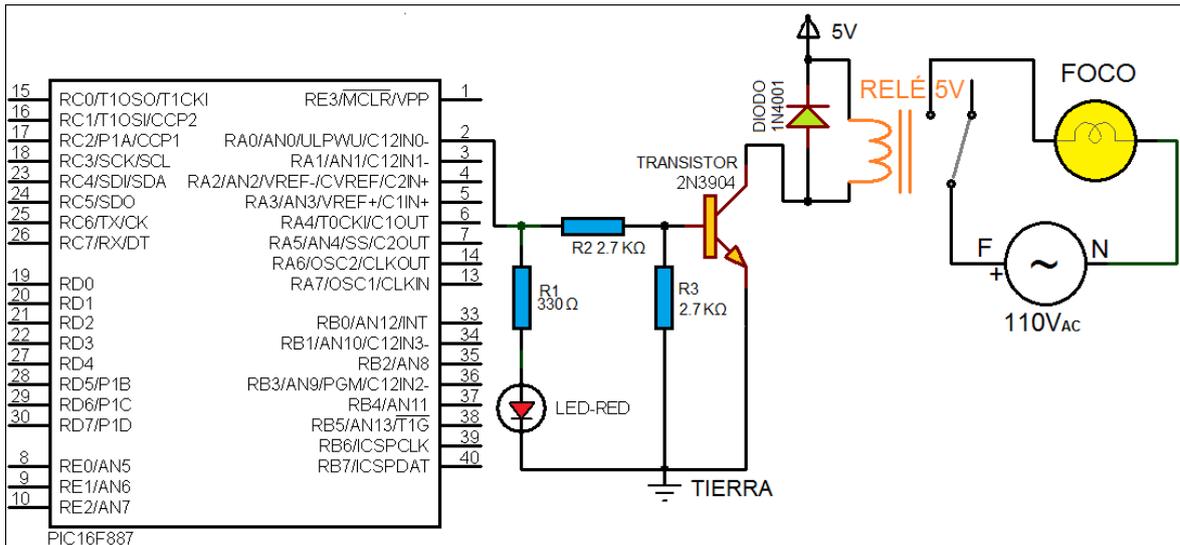


Figura 2-15 Esquemático de la etapa de Potencia
(Fuente: propia)

Para mejor comprensión de este bloque, a continuación se tiene un resumen detallado.

El diodo **LED-RED** es el indicador de la conmutación interna del relé y por ende de la activación de la carga; se recomienda conectar con una resistencia de entre 330Ω a $1K\Omega$, para su buen funcionamiento.

El transistor **2N3904** (configurado en corte - saturación), con la ayuda de 2 resistencias tiene como fin aplicar voltajes distintos a los extremos de la bobina del relé para su accionamiento.

Como se muestra en la gráfica, el voltaje que trabaja el relé es de 5V de corriente continua, su función es la de conmutar el accionamiento de una carga eléctrica alimentada con **110/120V** de corriente alterna. La conexión del **LED**, transistor y relé es una de las más óptimas y conocidas, a su vez los interruptores de los focos de la vivienda trabajan como conmutadores.

2.3.2 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Dado que solo se requiere de **5V** (corriente continua) para alimentar los componentes electrónicos, se buscó un regulador para reducir el voltaje, llegando a ocupar el regulador de voltaje **KA7805**. Por otro lado, tratándose de un sistema de seguridad se incluye una batería adicional, para que el sistema siga funcionando, en caso de que la fuente principal sea desconectada.

Tras varias pruebas con distintas fuentes se decidió usar una fuente de alimentación de **9V** de corriente continua con **500mA** en su salida, porque el voltaje necesario debe ser igual o superior al voltaje de la batería de respaldo, a la vez que la corriente que consume el circuito del prototipo no supera los 230mA, siendo la opción más ideal para el circuito; además la batería de respaldo no debe estar alimentada con una corriente mayor (0.5A, corriente máx. de la Batería de respaldo).

De igual forma, por razones de consumo de corriente se decidió utilizar una batería de respaldo de **6Vcc**, el tiempo de descarga de esta es mayor y beneficioso para el circuito en general, en el **Capítulo III** se demuestra esto. **(Véase, PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA)**

El circuito que permite acoplar y coordinar la alimentación del sistema desde las dos baterías se muestra en la **Figura 2-16**.

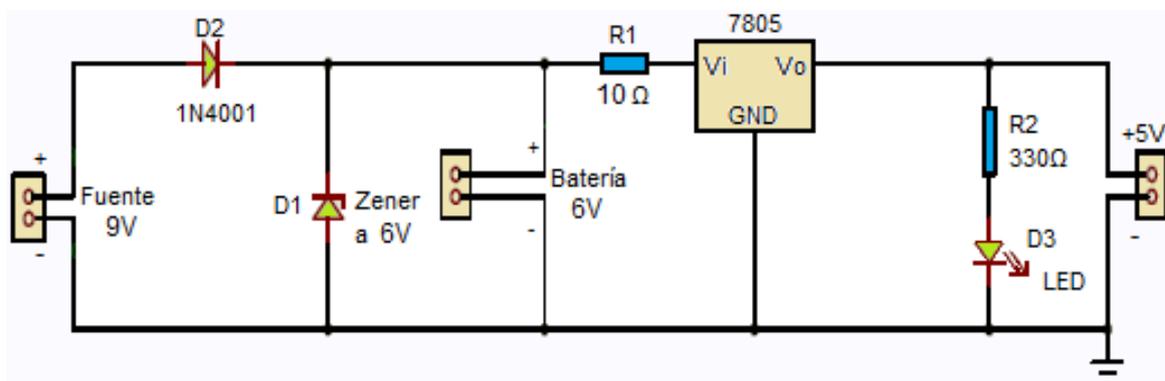


Figura 2-16 Esquemático de fuente y batería de respaldo
(Fuente: propia)

2.3.2.1 Funcionamiento del circuito

El diodo D2 tiene como función evitar el regreso de la corriente, desde la batería hacia la fuente de alimentación, al juntarse con diodo zener D1 regula el voltaje que se aplicará a la batería.

La resistencia R1 tiene la función de regular la corriente entrante, la misma que no sobrepasa los 200mA (El circuito prototipo consume en promedio 180mA).

El regulador de voltaje LM7805 es un moderador de voltaje de 5Vcc, que es el requerido por el sistema diseñado. La visualización de que la fuente está funcionando se hace por medio de la resistencia de 330Ω R2 y el diodo LED D3.

2.3.2.2 Cálculo de la potencia consumida por el prototipo

Basándose en las mediciones realizadas en el transcurso del diseño del prototipo, y después de probar con diferentes tipos de fuentes de poder, se ha verificado que la corriente que consume el circuito de control es de 180mA promedio con un voltaje aplicado de 5V, con estos datos se puede calcular la potencia consumida por el circuito prototipo.

Cálculo:

- Potencia consumida = Voltaje en la entrada * Corriente consumida
- $P_c = 5V * 180mA$
- $P_c = 900mW$

2.3.2.3 Calculo del tiempo de descarga de la batería de respaldo

Una característica importante de una batería de acumulación es la cantidad de energía que puede almacenar, y está dada por el número de watt*horas (Wh).

La capacidad (**C**) de una batería de sostener un régimen de descarga está dada por el número de amperes*horas (**Ah**), el número de Ah es un valor que se deriva de un régimen de descarga especificado por el fabricante.

Para una batería dada, el número de Wh puede calcularse multiplicando el valor del voltaje nominal por la capacidad de almacenamiento, es decir:

$$Wh = \text{Voltaje Nominal } V \times \text{Capacidad de la batería } Ah$$

$$Wh = 6(V) \times 1.3(Ah)$$

$$Wh = 6(V) \times 1.3(Ah)$$

$$Wh = 7.8(Wh)$$

La corriente consumida por el circuito de control es de 180mA, teniendo una capacidad en amperes*horas de 1.3Ah (batería de respaldo en el prototipo), a continuación se muestra las operaciones para calcular el tiempo de descarga de la batería de respaldo del prototipo:

$$\text{Capacidad de la batería } Ah = \text{Tiempo de descarga } h \times \text{Corriente consumida}(A)$$

$$\text{Tiempo de descarga } (h) = \frac{\text{Capacidad de la batería } Ah}{\text{Corriente consumida}(A)}$$

$$\text{Tiempo de descarga} = \frac{1.3(Ah)}{0.180(A)}$$

$$\text{Tiempo de descarga} = 7.22 \text{ horas}$$

Se concluye que la batería utilizada en este proyecto tiene una cantidad de energía de 7.8 (Wh) y un tiempo de descarga de 7.22 horas.

2.3.3 DISPOSITIVO DE ENVÍO DE TONOS

Se decidió realizar este circuito en vista que al realizar una llamada todos los dispositivos móviles tienen la opción de enviar tonos por medio de la digitación de sus teclas o la opción “envío de tonos DTMF”, pero al momento de realizar llamada de video la conexión se la hace en un canal distinto al de una llamada común, donde no existe ninguna opción de enviar tonos, y como se sabe el envío de dichos tonos es la base de la comunicación entre el circuito de control y el usuario.

Entonces se decidió hacer un circuito que simula un dispositivo conocido como “manos libres”, con la intención de conectar audífonos (para escuchar los tonos de respuesta que envíe el circuito de control) pero en la parte del micrófono esta un circuito conformado por: el codificador de tonos **HM9102**, un teclado de 3X4, una batería de 3Vcc y un switch para encendido/apagado del circuito, como se muestra en la **Figura 2-17**.

Este módulo es un pequeño circuito, el mismo donde se conecta un cable igual al usado en el “**cable de envío y recepción de tonos**” y un par de audífonos.

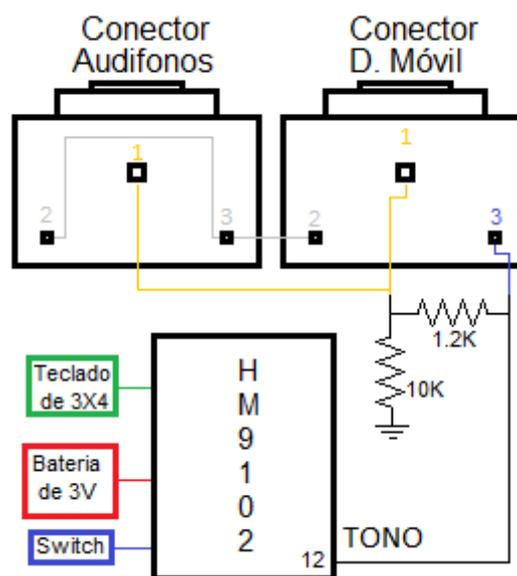


Figura 2-17 Diagrama del Dispositivo de envío de tonos
(Fuente: propia)

En la **Figura 2-18** se muestra la concesión de todos los elementos del dispositivo de envío tonos, donde se tiene lo siguiente:

- Dos conectores de 3 pines donde se conectan los audífonos para que el usuario escuche los tonos de respuesta, y el otro que haciendo uso del cable de envío y recepción de tonos conecte con el móvil del usuario.
- Un conector para que posteriormente se conecte un switch de encendido/apagado.
- Una batería de 3 Voltios.
- Un oscilador para la frecuencia del HM9102 y dos resistencias para simulación de un “manos libres” ante el móvil del usuario.

- Por último se tiene un conector de 7 pines, donde se conecta un bus de datos que une a los 7 pines del teclado de 3x4.

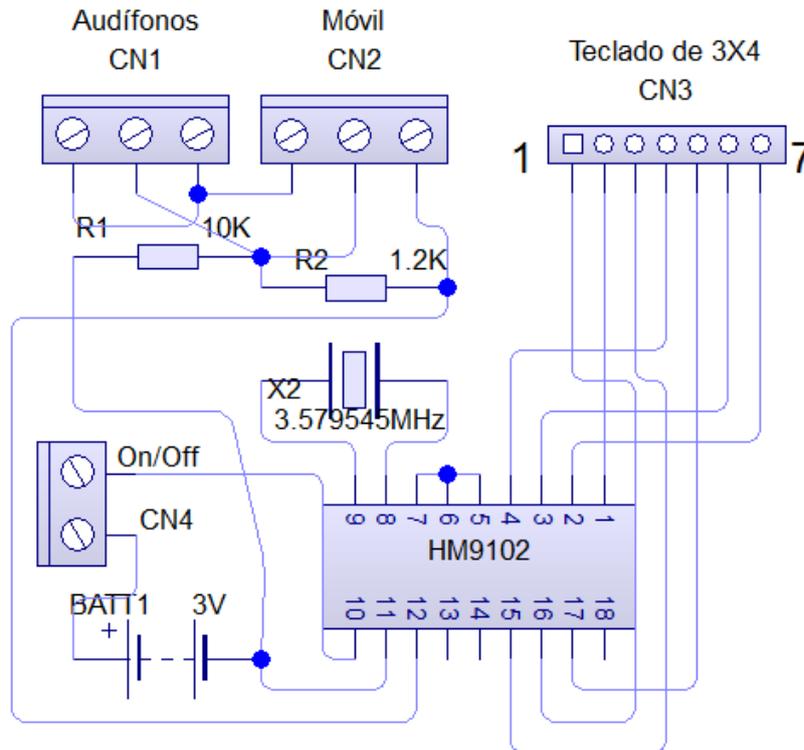


Figura 2-18 Diagrama de conexión del Dispositivo de envío de tonos
(Fuente: propia)

2.4 DISEÑO DEL SOFTWARE DEL SISTEMA

El micro-controlador tiene acciones como: detectar cambios de estado en sus pines y actuar (**sensores y recepción de tonos**) o aplicar un “1 lógico” en sus pines de salida para accionar cualquier elemento (**control de teclado, envío de tonos y control de dispositivos**), pero la parte esencial y especial, son los cálculos, funciones y lógica que procesa el micro-controlador en su interior.

A continuación se explica cada una de las partes y subprogramas que ejecuta el micro-controlador según las instrucciones grabadas en su interior, con la ayuda de diagramas de flujo.

2.4.1 INICIO DEL PROGRAMA

Esta es la parte del programa que da inicio al funcionamiento de todo el sistema, por esta razón es muy importante, en vista que la inicialización correcta de todos los elementos trae buenos resultados. A continuación se explica la actividad que realiza el micro-controlador.

Al iniciar el programa se procede con la carga de la librería que ayuda a manejar al micro-controlador (16F887.h), continuando con la configuración de los fusibles, o sea la configuración del oscilador, protección de código, master clear, watchdog, etc. Al entrar al programa principal o "main" se configura las entradas y salidas de los puertos, una parte interesante es la configuración del **Timer0** y del **Timer1**. Los Timers son usados como temporizadores, también se configura la interrupción externa que trabaja en configuración de High-to-Low (Activación de "1 lógico" a "0 lógico"); luego se procede con la lectura de la memoria **EEPROM**, donde se encuentra la información del estado anterior de las cargas y cargarla en el puerto "a", donde se encuentran conectadas las cargas.

Luego se procede con el movimiento del servomotor hacia una posición central (subprograma "**MoverCentro**"), también es importante la habilitación de la interrupción externa. Por último e importante se tiene el bucle infinito; donde se espera una acción de los sensores o la activación del sistema, ya sea por medio del switch (ubicado en la caja del prototipo) o de forma remota; la activación del sistema está acompañado del parpadeo de un **LED**.

Para mayor entendimiento acerca de la lógica del funcionamiento en general, en la **Figura 2-19** se muestra el diagrama de flujo de lo explicado anteriormente.

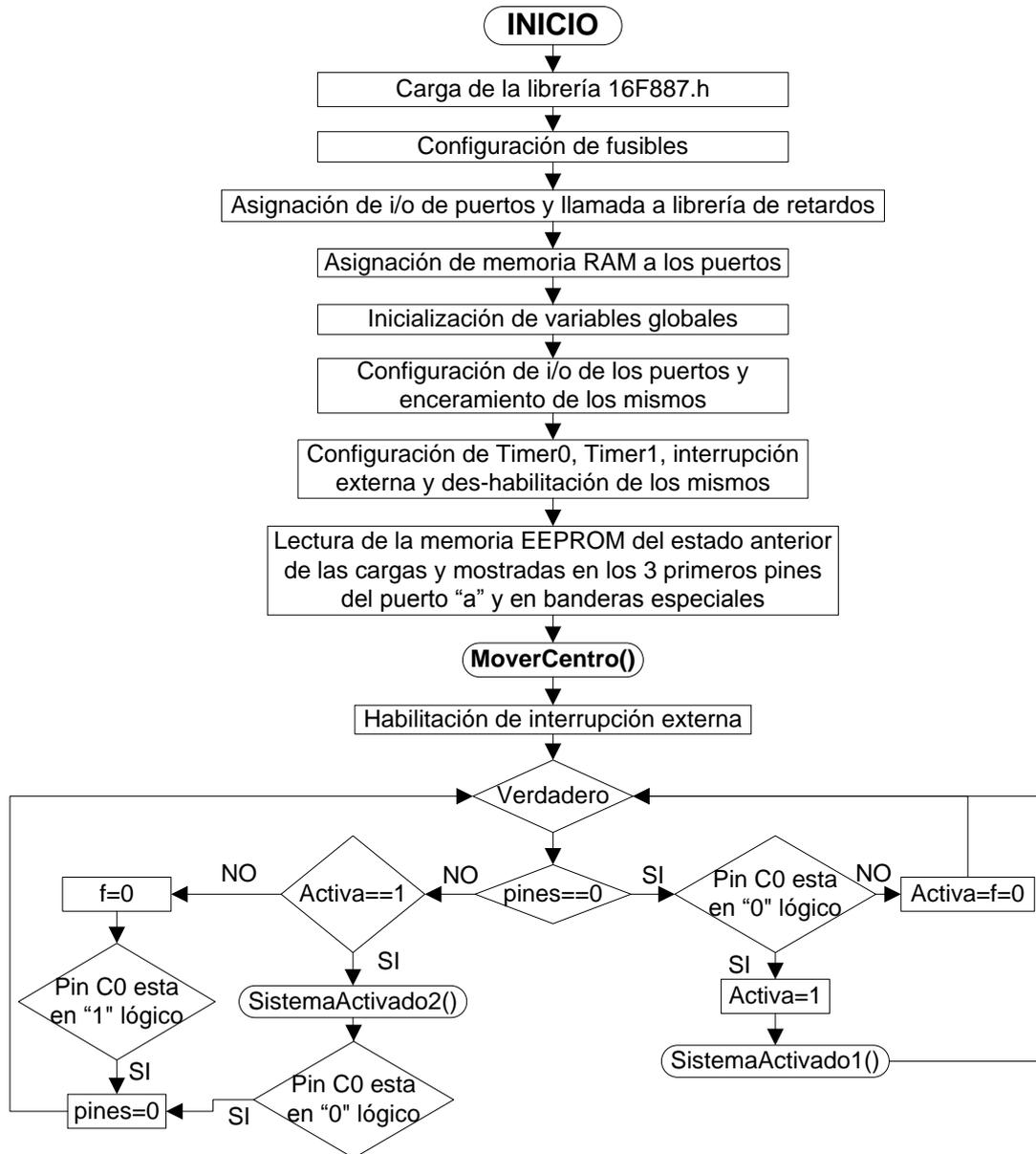


Figura 2-19 Diagrama de flujo del *Inicio del programa*
(Fuente: propia)

2.4.2 SUBPROGRAMA “SistemaActivado1”

Este subprograma tiene la finalidad de manejar la detección de los sensores, parpadeo del LED de aviso de sistema activado, etc. En el momento que se activa el sistema ya sea con la utilización del switch o la activación remota (con el dispositivo cliente en poder del usuario) se procede al parpadeo de un LED que

avisa la inicialización del sistema con un tiempo de 30 segundos (en este tiempo se detiene la lectura del estado de los sensores), transcurrido este tiempo el sistema se encuentra esperando la activación de cualquier sensor, acompañado del parpadeo de otro LED.

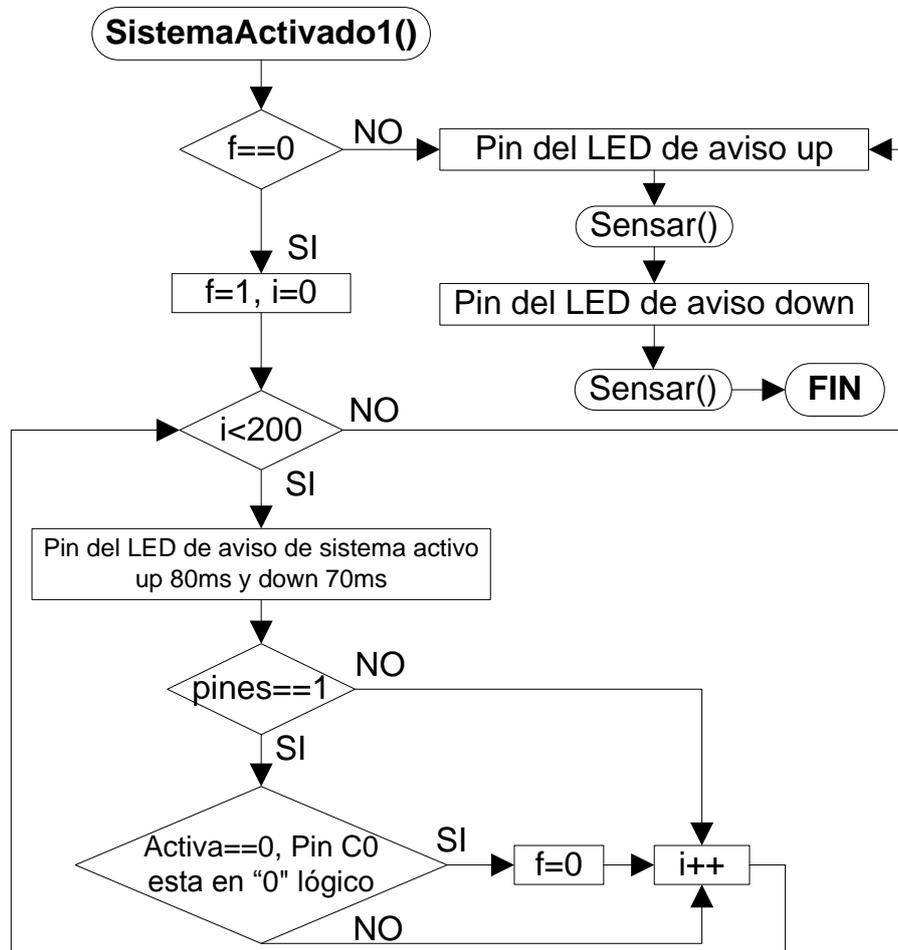


Figura 2-20 Diagrama de flujo del sistema activado primera modalidad (Fuente: propia)

2.4.3 SUBPROGRAMA “SistemaActivado2”

Este subprograma tiene la misma finalidad del subprograma anterior, pero ha sido creado porque el manejo de las variables es distinto.

El subprograma “**SistemaActivado1**” es llamado en el caso de que el sistema sea activado por medio del switch, mientras que el subprograma “**SistemaActivado2**” es llamado mediante la activación remota (por medio de una llamada y presionando la tecla “7”, Véase **2.4.16 SUBPROGRAMA “Reles”**).

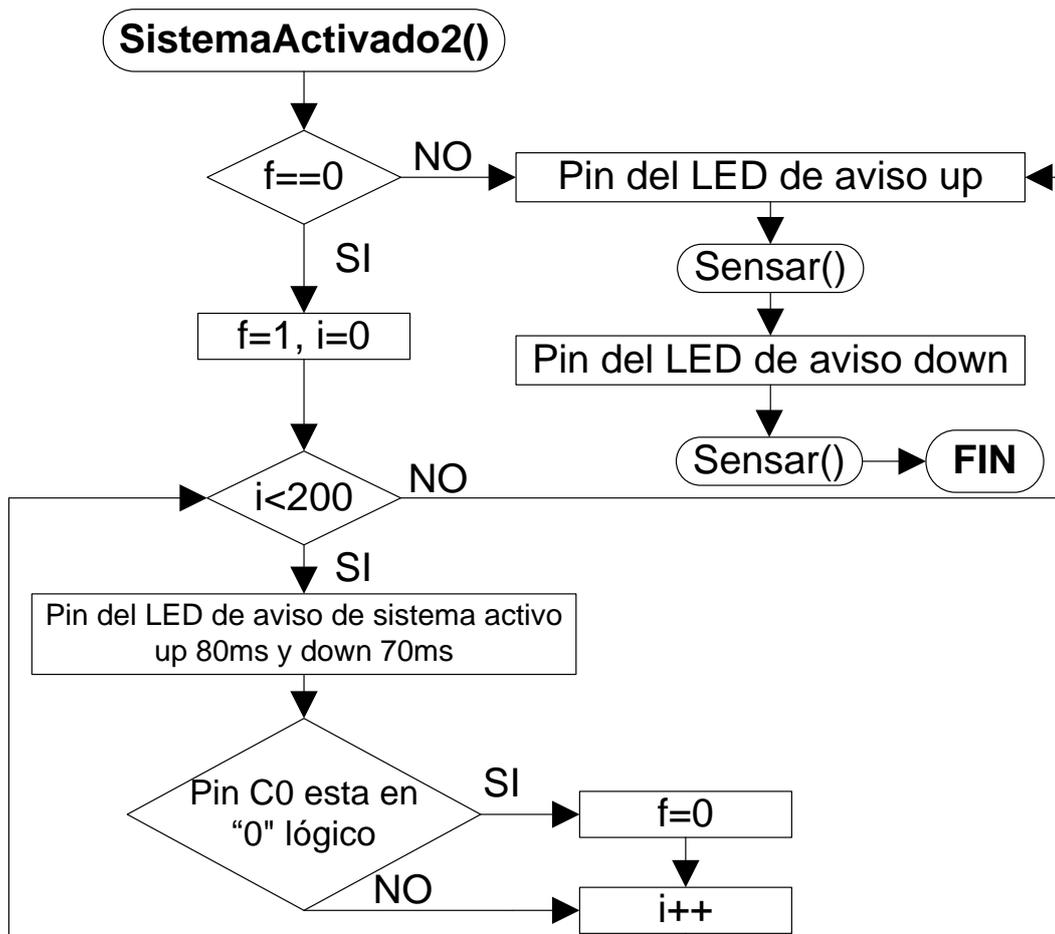


Figura 2-21 Diagrama de flujo del sistema activado segunda modalidad
(Fuente: propia)

2.4.4 SUBPROGRAMA “Sensor”

Este subprograma fue creado con la finalidad de ir al subprograma “**Sensores**” pero con retardos de 100ms y reutilizar código, mediante las llamadas al subprograma “**Sensores**”.

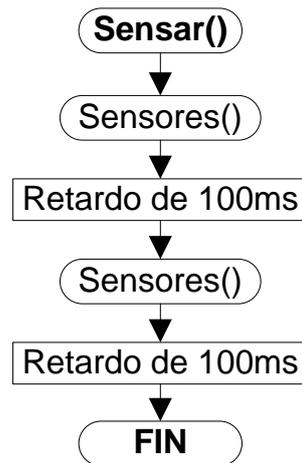


Figura 2-22 Diagrama de flujo del subprograma "**Sensar**"
(Fuente: propia)

2.4.5 SUBPROGRAMA "Sensores"

Este subprograma es el encargado de simular la realización de una llamada telefónica al usuario. Inicia simulando presionar la tecla de "terminación", luego hace lo mismo con la tecla "2" durante 1 segundo, Habilita el Temporizador del Timer1 con la finalidad de que transcurrido 53 segundos y si el usuario no realizó una llamada para verificar la emergencia, se encenderá la sirena; también se enciende el Foco "1" por medio del subprograma "**PrendeFoco**" y por último pone a parpadear un **LED** rojo en su placa durante 6 segundos o mientras este accionado cualquier sensor (subprograma "**Emergencia**").

Si el usuario no se comunicó e ingreso la clave de ingreso, mediante el Timer1 cada 2 minutos se encenderá nuevamente el Foco 1 y se realizará la llamada al usuario nuevamente.

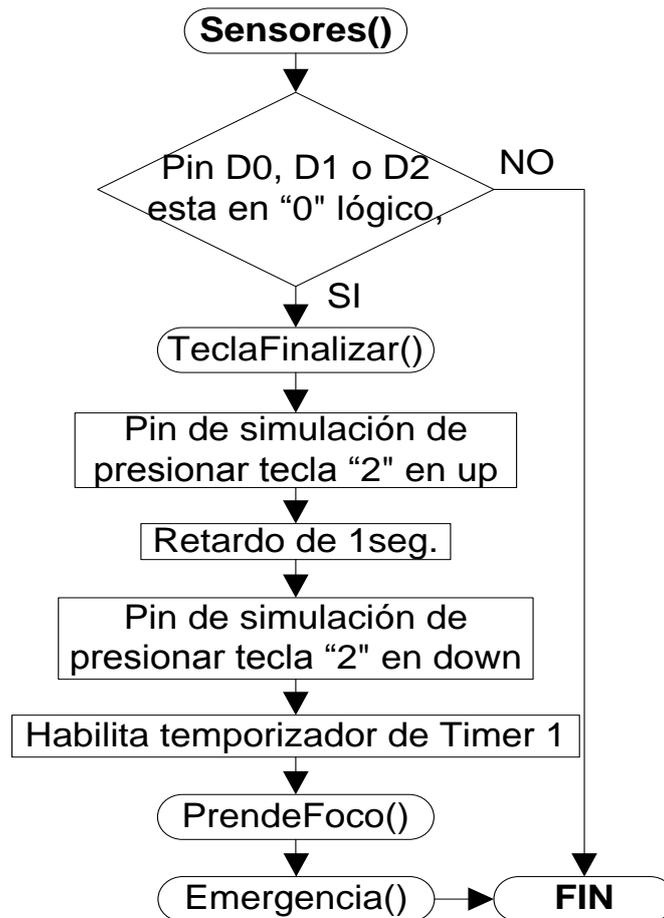


Figura 2-23 Diagrama de flujo del Subprograma “**Sensores**”
(Fuente: propia)

2.4.6 SUBPROGRAMA “TeclaFinalizar”

En esta parte del código se tiene como finalidad la de accionar un opto-acoplador simulando que se presionó la tecla finalizar del **Dispositivo Servidor**.

Esta es una de las partes donde físicamente se tiene conectado 2 cables al teclado del **Dispositivo Servidor**.

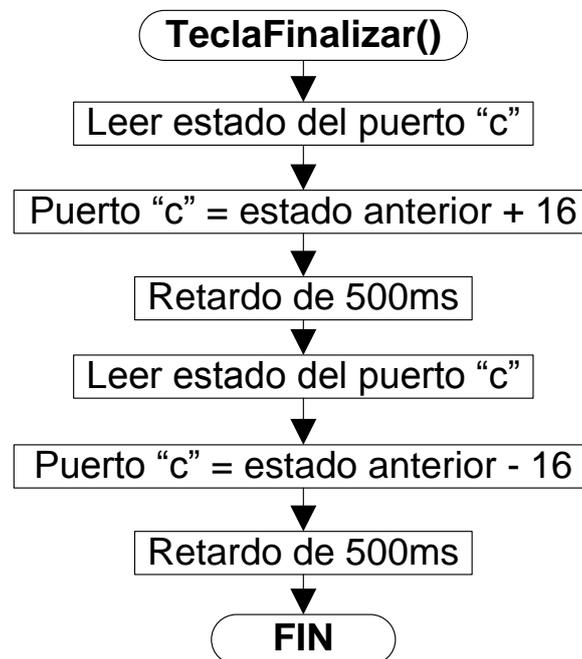


Figura 2-24 Diagrama de flujo del Subprograma **“TeclaFinalizar”**
(Fuente: propia)

2.4.7 SUBPROGRAMA “PrendeFoco”

Esta parte del código es usado por el subprograma **“Sensores”**, lo novedoso es que primero se identifica si el **“Foco 1”** está apagado para encenderlo, caso contrario se lo apagaría (durante 5 segundos) para volver a encenderlo; con la intención de ahuyentar al intruso que acciono algún sensor, y también dar mayor claridad en el lugar al momento de la video-llamada.

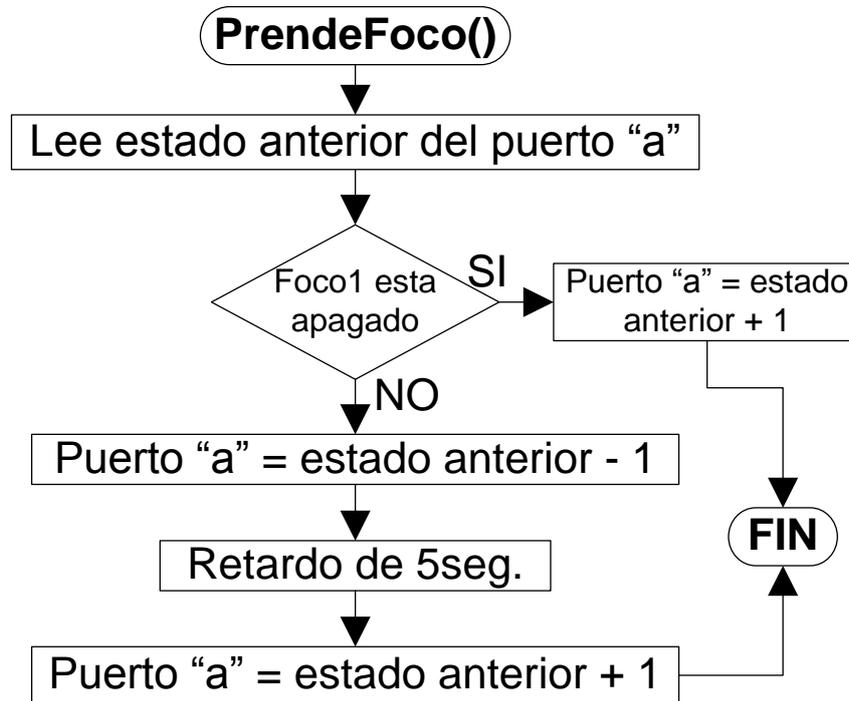


Figura 2-25 Diagrama de flujo del Subprograma "PrendeFoco"
(Fuente: propia)

2.4.8 SUBPROGRAMA "LedDeAlerta"

En esta parte, el código trata de mantener intermitente un LED durante 6 segundos con tiempos de 500 milisegundos entre encendido y apagado, este proceso se mantendrá mientras dure la activación de cualquier sensor y el usuario no se comunicó con el sistema.

Inicia preguntando si se comunicó el usuario, caso contrario terminar el proceso encendiendo las variables utilizadas y desactivar el sistema, todo mientras esta accionado algún sensor, si la respuesta es negativa vuelve al proceso anterior, caso contrario se mantendrá encendiendo y apagando el LED color rojo.

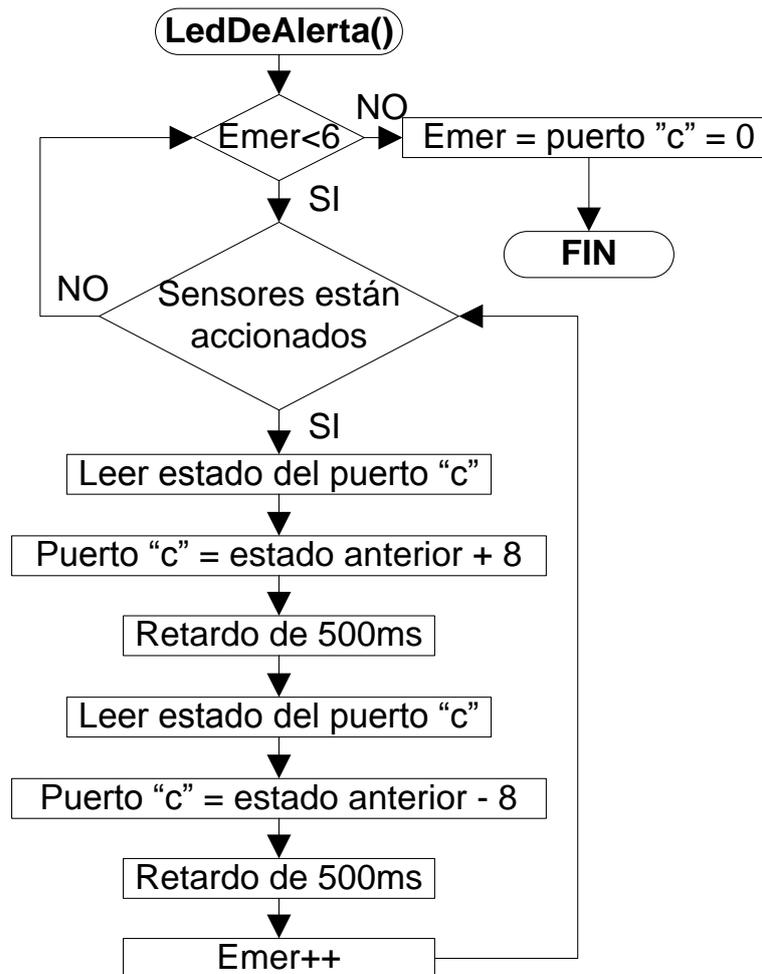


Figura 2-26 Diagrama de flujo del Subprograma “*LedDeAlerta*”
(Fuente: propia)

2.4.9 INTERRUPCIÓN EXTERNA

Esta es la parte más esencial del manejo de **todo el sistema**, porque a partir de un pulso enviado desde el pin “**StD**” del decodificador de tonos **MT8870** hacia el pin **RB0** del micro-controlador se genera una interrupción, dando lugar a la recolección de tonos válidos que generan las diferentes opciones de todo el sistema.

Para dar inicio, primeramente se recibe el **tono de llamada** válido, para saber que se está recibiendo una conexión entrante, todo mientras comienza a contar el **Timer0**.

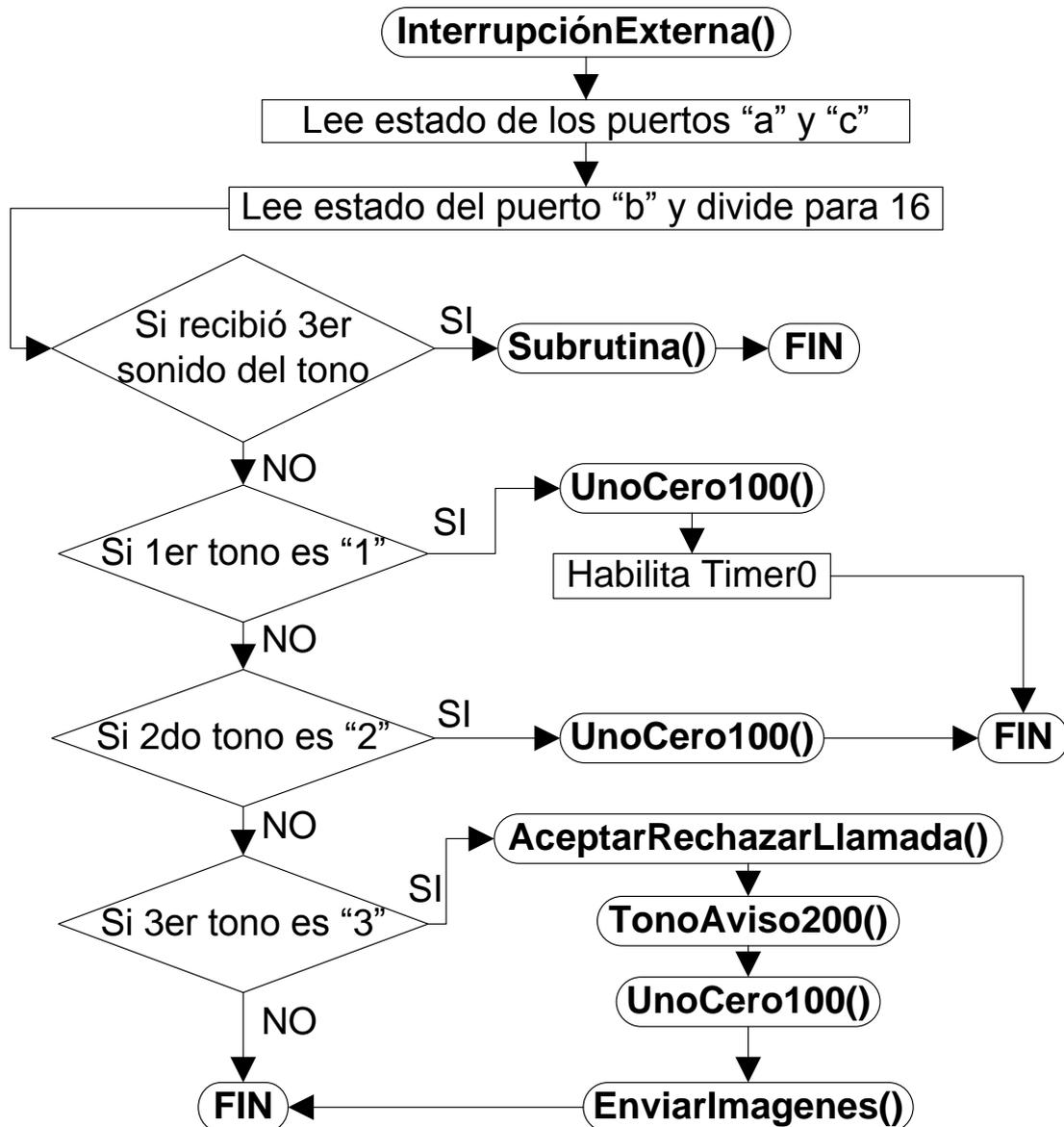


Figura 2-27 Diagrama de flujo de la “*Interrupción Externa*”

(Fuente: propia)

Tras recibir el último sonido válido del **tono de llamada** se acepta la conexión (en base al **SUBPROGRAMA “AceptarRechazarLlamada”**, donde se envía un “1 lógico” a un opto-acoplador que hace el trabajo de simular una contestación al cortocircuitar 2 pines del auricular), y se direcciona hacia el subprograma “**Subrutina**”.

En la captación de todos los tonos se enciende un LED de aviso (subprograma **“UnoCero100”**), y solo en el caso de recibir el tercer tono de llamada, se acepta la conexión y se envía 3 tonos de aviso al usuario, advirtiéndole que el próximo tono que envíe por medio del teclado es del ingreso de la clave de acceso.

Si solo se recibiera 2 de los 3 sonidos válidos del **tono de llamada** y transcurrido 15 segundos sin actividad se restablece el valor de todas las variables, el **Timer0** es el encargado del conteo de este tiempo y solo para este caso es deshabilitado en el subprograma **“IngresaClave”** al recibir correctamente la clave de ingreso.

El **dispositivo cliente** debe estar configurado para aceptar llamadas y video-llamadas con el **tono de llamada** (el cual contiene los tonos de simulación de las teclas 1, 2 y 3). En el dispositivo servidor se ha creado un grupo el mismo que se agregó el número del usuario y se configuró este tono de llamada (**Véase Figura 7 Configuración del grupo de contactos en el dispositivo servidor**), de esta manera se sabe que solo quien se encuentra en este grupo podrá conectarse con el sistema.

Para finalizar, al recibir el tercer tono se acepta la llamada (**SUBPROGRAMA “AceptarRechazarLlamada”**) se enciende un LED de aviso (**SUBPROGRAMA “TonoAviso100”**), se envía 3 tonos de aviso (**SUBPROGRAMA “TonoAviso200”**), y para finalizar el dispositivo servidor debe aceptar el envío de imágenes donde se redirige al **SUBPROGRAMA “EnviarImagenes”**.

2.4.10 SUBPROGRAMA “EnviarImagenes”

Este subprograma tiene como finalidad activar un pin en el cual está conectado al teclado del dispositivo servidor y aceptar el envío de imágenes.

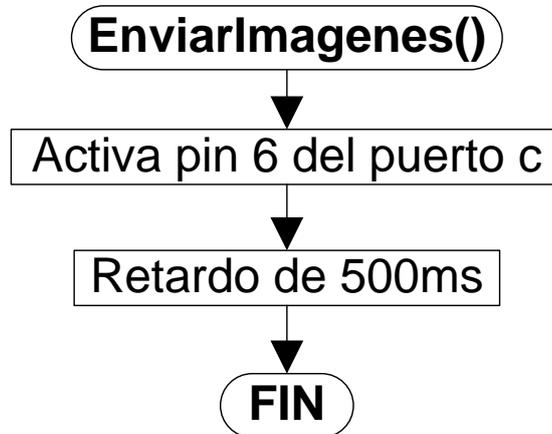


Figura 2-28 Diagrama de flujo del subprograma “*EnviarImagenes*”
(Fuente: propia)

2.4.11 SUBPROGRAMA “Subrutina”

Este subprograma es el encargado de re-direccionar a 3 subprogramas: **1)** Al ingreso de la clave de acceso (**SUBPROGRAMA “IngresaClave”**), **2)** Cambio de clave de acceso (**SUBPROGRAMA “CambiaClave”**) y **4)** Manejo de las cargas: foco 1, foco 2 y sirena (**SUBPROGRAMA “Reles”**).

El subprograma inicia preguntando si ha ingresado la clave correctamente, en el caso de ser verdad accede al manejo de las cargas, en el subprograma “**Reles**” existe la opción de cambiar la clave de acceso (**SUBPROGRAMA “CambiaClave”**).

En caso de no ingresar la clave de acceso es dirigido al **SUBPROGRAMA “IngresaClave”**.

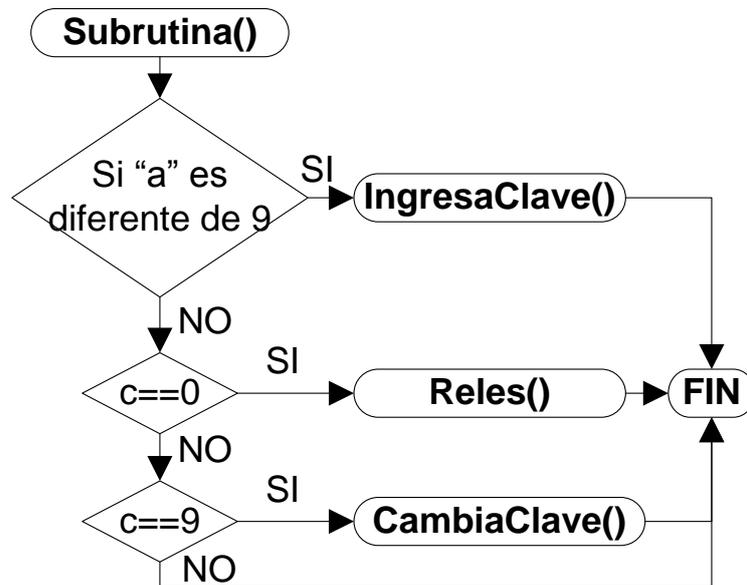


Figura 2-29 Diagrama de flujo del subprograma "Subrutina"
(Fuente: propia)

2.4.12 SUBPROGRAMA "IngresaClave"

Este subprograma se encarga de recibir tres tonos y preguntar si es el 1er, 2do o 3er tono recibido, basado en banderas manejadas internamente (tratamiento de la variable "a"). Los tres tonos receptados son comparados con 3 datos almacenados en la memoria **EEPROM**, en caso de errar uno de los 3 tonos se termina la conexión automáticamente (se dirige al **SUBPROGRAMA "TerminaComunicacion"**).

Al momento de recibir el 3er tono, compararlo con el dato almacenado en la memoria **EEPROM** y dando un resultado positivo, se enciende el LED de aviso y se envía 3 pequeños tonos al usuario, advirtiéndole de que se ingresó correctamente la clave de acceso y que el próximo tono recibido será direccionado al subprograma "Reles".

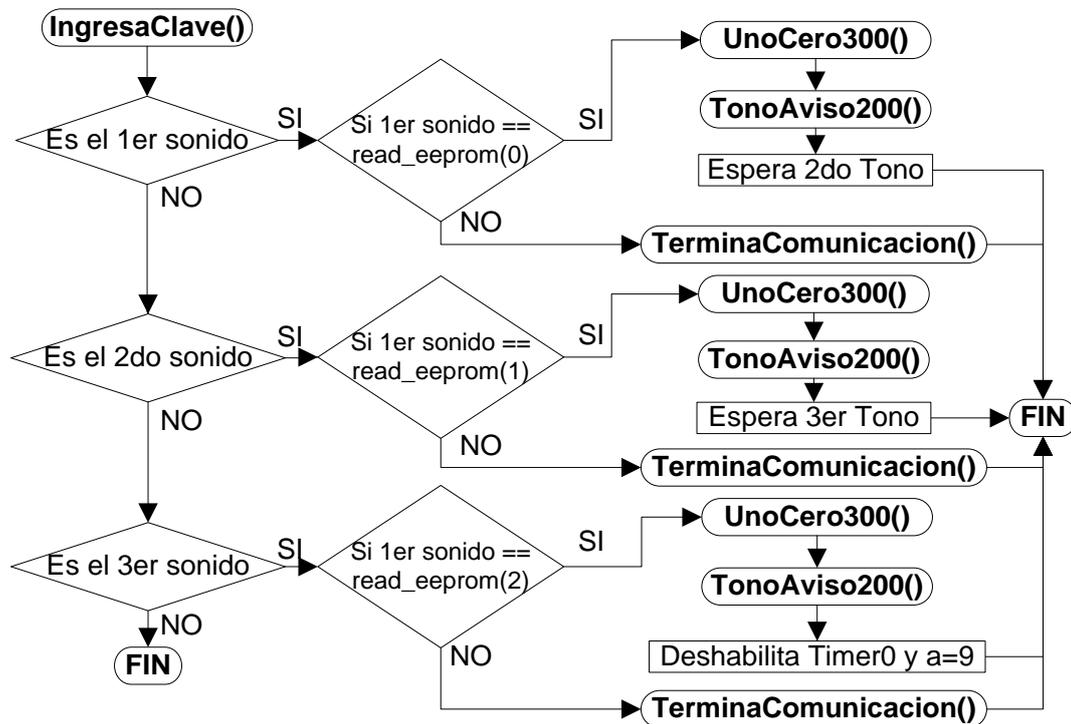


Figura 2-30 Diagrama de flujo del Subprograma “IngresaClave”
(Fuente: propia)

2.4.13 SUBPROGRAMA “TerminaComunicacion”

En esta parte del programa se tiene un código sencillo, el mismo que: 1) Pone en cero las variables antes tratadas, 2) Deshabilitar el temporizador del Timer0, 3) enviar tonos de aviso al usuario, 4) Encender el LED de aviso y 5) Terminar comunicación (**SUBPROGRAMA “AceptarRechazarLlamada”**)

En la siguiente gráfica se encuentra el diagrama de flujo del algoritmo, para mayor entendimiento.



Figura 2-31 Diagrama de flujo del subprograma “*TerminaComunicacion*”
(Fuente: propia)

2.4.14 SUBPROGRAMA “AceptarRechazarLlamada”

Este subprograma es encargado de poner en “1 lógico” un pin, consiguiendo activar un opto-acoplador que cerrará un circuito donde está la configuración del auricular para colgar o aceptar llamadas y después de 500 milisegundos pone en “0 lógico” el mismo pin.



Figura 2-32 Diagrama de flujo del Subprograma “AceptarRechazarLlamada”
(Fuente: propia)

2.4.15 SUBPROGRAMA “CambiaClave”

Este subprograma se encarga de recibir tonos en dos variables, y al momento de recibir el 3er tono guardar los 3 nuevos datos en la memoria **EEPROM**, todo con encendido del **LED** de aviso y envío de tonos.

En el caso de no ingresar la contraseña en un tiempo de 15 segundos (desde el último movimiento) el **Timer0** hará su trabajo de **Terminar la comunicación**.

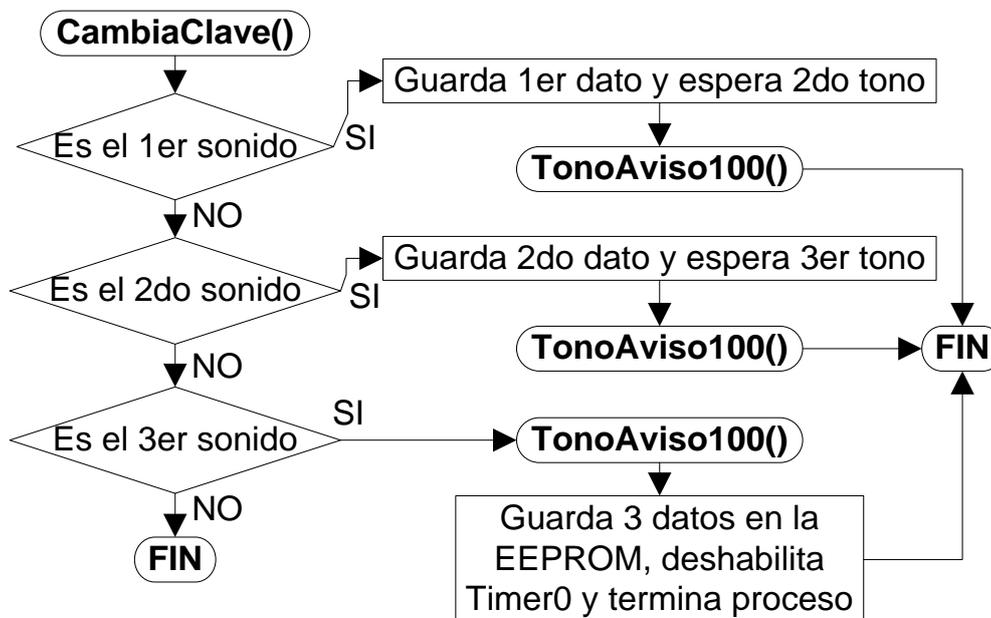


Figura 2-33 Diagrama de flujo del Subprograma “CambiaClave”
(Fuente: propia)

2.4.16 SUBPROGRAMA “Reles”

La finalidad del sistema está basado en el manejo de las 3 cargas, en la **Tabla 2-6** se muestra la acción que se obtiene al receptor los diferentes tonos.

Con la recepción de los tonos de las teclas “1”, “2” y “3” se encienden o apagan: el Foco 1, Foco 2 y la sirena respectivamente, de tal forma que se enciende o apaga un dispositivo con la misma tecla; por ejemplo si el Foco 2 se encuentra apagado y se desea apagarlo se debe volver a presionar la tecla “2”.

Con el tono recibido de las teclas “4”, “5” y “6” el dispositivo móvil se mueve 10° hacia: la **izquierda**, al **centro** y a la **derecha** respetivamente.

Nota: Con el uso de las teclas 1, 2, 3, 4, 5 y 6 el usuario recibe un tono normal como respuesta, así la recepción de los tonos de las demás teclas también tienen una respuesta auditiva hacia el usuario que se explica en la **Tabla 2-6**.

Con el tono recibido de las teclas “7” y “9” se activa y desactiva el sistema respectivamente, mientras que el tono recibido de la tecla “8” se envía un audio especial al usuario para saber si el sistema está activado o no (con la ayuda del **codificador de tonos HM9102**).

También, al recibir el tono de la tecla “0” (recibido como 10 en binario) se confirma el ir al **SUBPROGRAMA “CambiaClave”**, el tono recibido de la tecla “*” (recibido como 11 en binario) envía el estado de las cargas utilizando los subprogramas “**TonoAviso500**” y “**TonoCorto**”, y para finalizar el tono de la tecla “#” (recibido como 12 en binario) es el encargado de terminar la comunicación (**SUBPROGRAMA “TerminaComunicacion”**).

Después de manejar las 3 cargas, se direcciona al subprograma “**GrabaReles**”, que tiene como finalidad guardar el estado de las cargas en la memoria **EEPROM**, con la intención cargar el actual estado de las cargas en el caso de que fallen las 2 alimentaciones de voltaje.

TECLA	ACCIÓN	RESPUESTA DE TONOS
Tono 1	Enciende/apaga Foco 1	1 Tono normal
Tono 2	Enciende/apaga Foco 2	1 Tono normal
Tono 3	Enciende/apaga Sirena	1 Tono normal
Tono 4	Mueve 10° hacia la izquierda	1 Tono normal
Tono 5	Mueve 10° con dirección centro	1 Tono normal
Tono 6	Mueve 10° hacia la derecha	1 Tono normal
Tono 7	Activa sistema (remotamente).	1 Tono largo
Tono 8	Envía tonos del estado del sistema (activo o no).	1 Tono largo = activado, 4 Tono cortos = desactivado
Tono 9	Desactiva sistema remotamente	4 Tono cortos
Tono 0	Configura para ir al subprograma " CambiaClave ".	1 Tono normal por el 1er y 2do dígito ingresado, y 3 tonos cortos por el 3er dígito
Tono *	Envía tonos al usuario del estado de los focos y la sirena.	Se recibirá 3 tonos, donde: El 1er tono representa el estado del foco 1, el 2do el del foco 2 y el 3er tono el de la sirena. 1 tono corto = apagado, y 1 tono largo = encendido
Tono #	Termina comunicación.	3 tonos normales

Tabla 2-6 Acción del micro en el subprograma "**Reles**"
(Fuente: propia)

La lógica completa de este subprograma se muestra en la **Figura 2-34**.

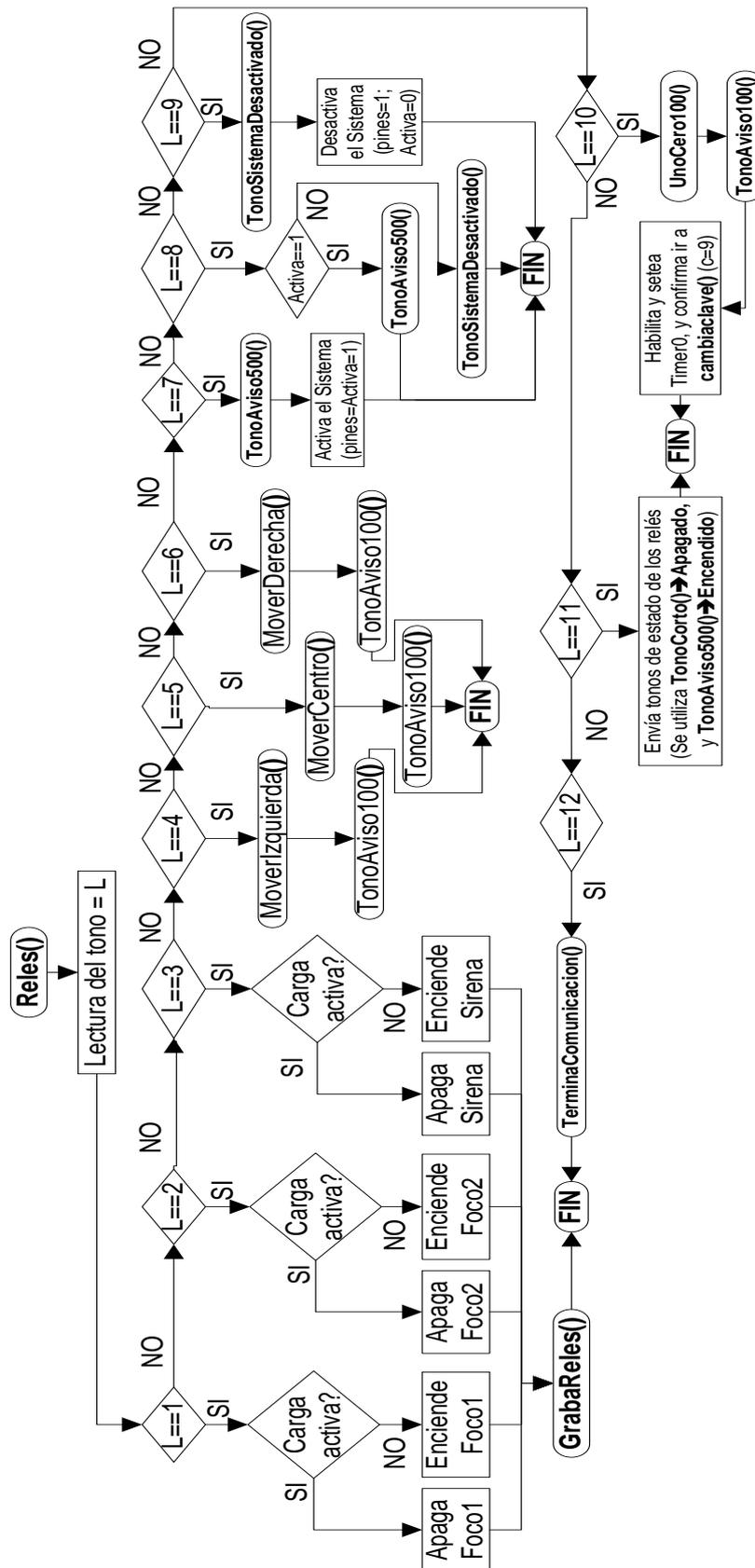


Figura 2-34 Diagrama de flujo del subprograma “Reles”
(Fuente: propia)

2.4.17 SUBPROGRAMA “GrabaReles”

Este subprograma es el encargado de tomar el estado actual de las 3 cargas y guardar dicho estado en la memoria EEPROM, encendiendo el LED de aviso y enviando un tono de 500 milisegundos de duración al usuario.

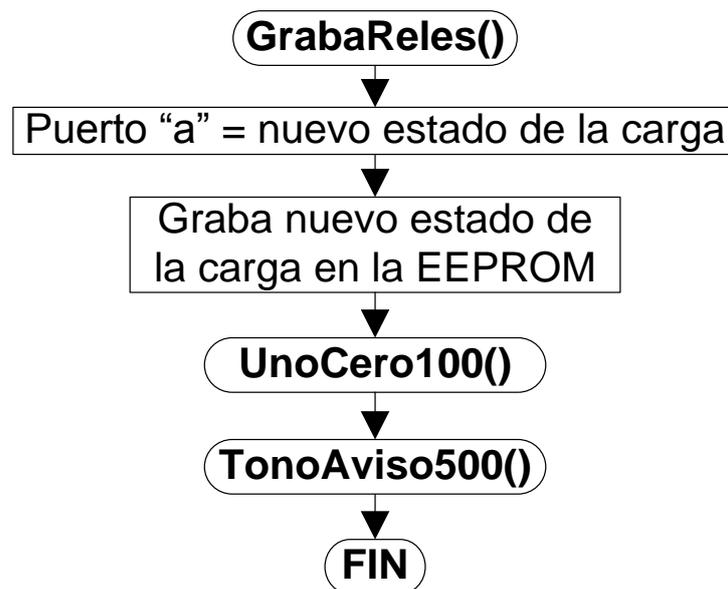


Figura 2-35 Diagrama de flujo del subprograma “GrabaReles”
(Fuente: propia)

2.4.18 SUBPROGRAMA “MoverIzquierda”

Esta parte del código es utilizado por el subprograma “Reles” con la finalidad de mover el servomotor hacia la izquierda 10°.

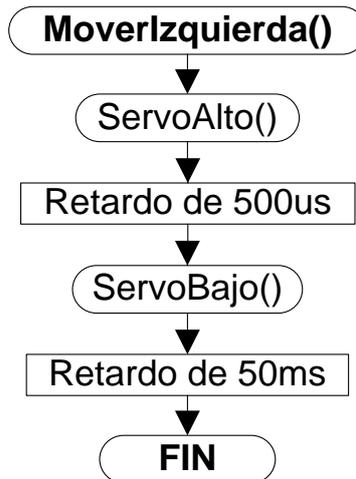


Figura 2-36 Diagrama de flujo del Subprograma “*MoverIzquierda*”
(Fuente: propia)

2.4.19 SUBPROGRAMA “MoverDerecha”

Esta parte del código es utilizado por el subprograma “*Reles*” con la finalidad de mover el servomotor hacia la derecha 10°.

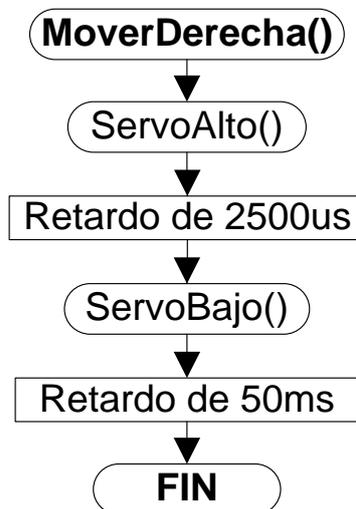


Figura 2-37 Diagrama de flujo del subprograma “*MoverDerecha*”
(Fuente: propia)

2.4.20 SUBPROGRAMA “MoverCentro”

Esta parte del código es utilizado por el subprograma “*Reles*” y al inicio del programa principal, con la finalidad de mover el servomotor hacia el centro 10°, en la posición que este, caso contrario se queda en el centro.

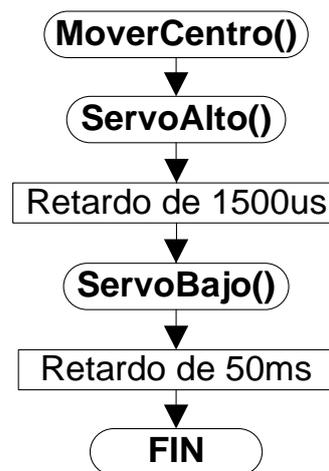


Figura 2-38 Diagrama de flujo del Subprograma “*MoverCentro*”
(Fuente: propia)

2.4.21 SUBPROGRAMA “ServoAlto”

Esta parte del código es utilizado por los subprogramas “*MoverIzquierda*” y “*MoverDerecha*”, con la finalidad de reutilizar código.



Figura 2-39 Diagrama de flujo del Subprograma “*ServoAlto*”
(Fuente: propia)

2.4.22 SUBPROGRAMA “ServoBajo”

Esta parte del código es utilizado por los subprogramas “*MoverIzquierda*” y “*MoverDerecha*”, con la finalidad de reutilizar código.



Figura 2-40 Diagrama de flujo del Subprograma “*ServoBajo*”
(Fuente: propia)

2.4.23 SUBPROGRAMA “UnoCero100”

Esta parte del código es utilizado por varios subprogramas con el fin de encender un LED durante 100ms, además de reutilizar código.

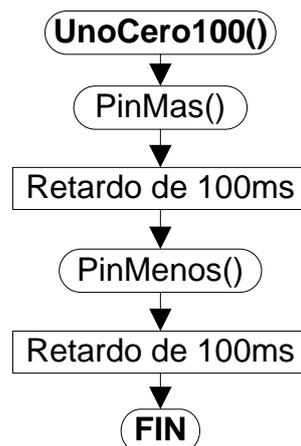


Figura 2-41 Diagrama de flujo del Subprograma “*UnoCero100*”
(Fuente: propia)

2.4.24 SUBPROGRAMA “UnoCero300”

Esta parte del código es utilizado por varios subprogramas con el fin de encender un LED durante 300ms, además de reutilizar código.

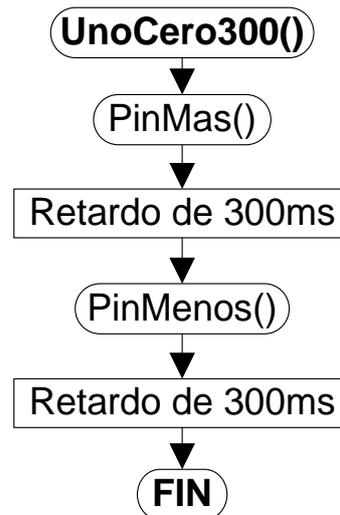


Figura 2-42 Diagrama de flujo del Subprograma “UnoCero300”
(Fuente: propia)

2.4.25 SUBPROGRAMA “PinMas”

Esta parte del código es utilizado por los subprogramas “UnoCero100” y “UnoCero300”, con la finalidad de reutilizar código.

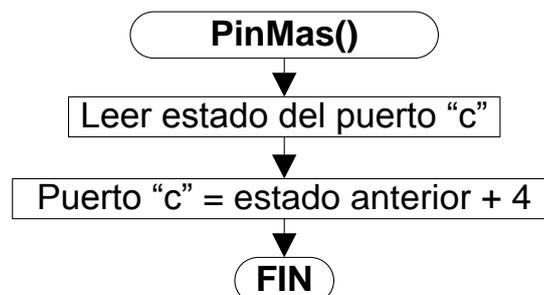


Figura 2-43 Diagrama de flujo del Subprograma “PinMas”
(Fuente: propia)

2.4.26 SUBPROGRAMA “PinMenos”

Esta parte del código es utilizado por los subprogramas “UnoCero100” y “UnoCero300”, con la finalidad de reutilizar código.

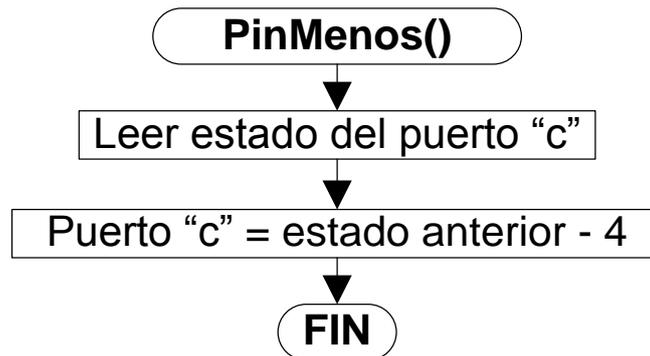


Figura 2-44 Diagrama de flujo del Subprograma “PinMenos”
(Fuente: propia)

2.4.27 SUBPROGRAMA “TonoAviso100”

Esta parte del código es utilizado por varios subprogramas con el fin de enviar un tono al usuario durante 100ms, además de reutilizar código.

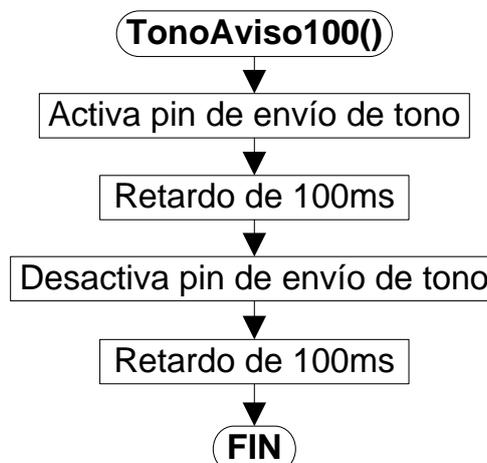


Figura 2-45 Diagrama de flujo del Subprograma “TonoAviso100”
(Fuente: propia)

2.4.28 SUBPROGRAMA “TonoAviso200”

Esta parte del código es utilizado por varios subprogramas con el fin de enviar un tono al usuario durante 200ms, además de reutilizar código.

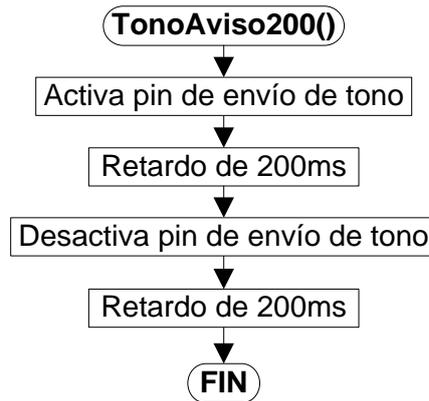


Figura 2-46 Diagrama de flujo del Subprograma “*TonoAviso200*”
(Fuente: propia)

2.4.29 SUBPROGRAMA “TonoAviso500”

Esta parte del código es utilizado por varios subprogramas con el fin de enviar un tono al usuario durante 500ms, además de reutilizar código.

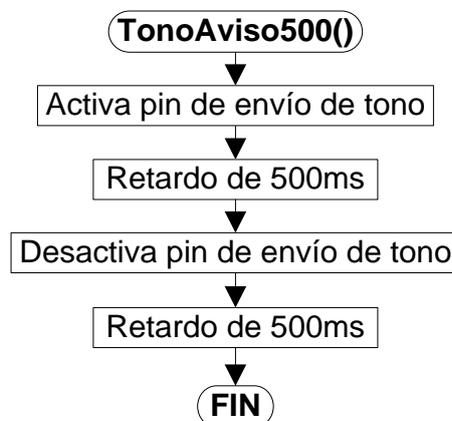


Figura 2-47 Diagrama de flujo del Subprograma “*TonoAviso500*”
(Fuente: propia)

2.4.30 SUBPROGRAMA “TonoCorto”

Esta parte del código es utilizado por el subprograma “**Reles**”, en el caso de saber que el estado de las cargas es negativo (focos o sirena apagados), con el fin de enviar un tono al usuario durante 200ms y 600ms de descanso.

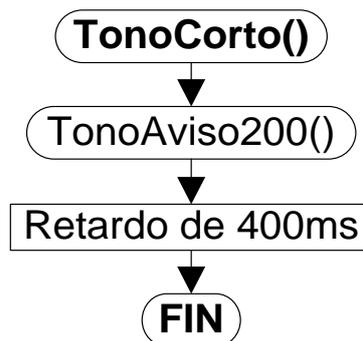


Figura 2-48 Diagrama de flujo del Subprograma “**TonoCorto**”
(Fuente: propia)

2.4.31 SUBPROGRAMA “TonoSistemaDesactivado”

Esta parte del código es utilizado por el subprograma “**Reles**”, en el caso de saber que el sistema esta desactivado, con el fin de enviar 4 tonos al usuario.

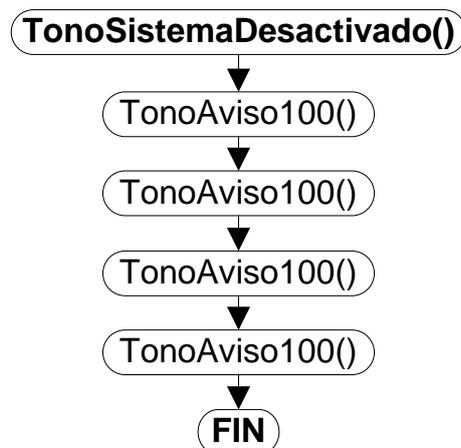


Figura 2-49 Diagrama de flujo del Subprograma “**TonoSistemaDesactivado**”
(Fuente: propia)

2.4.32 Temporizador del TIMER0

El manejo del **Temporizador** del TIMER0 es sencillo, este está configurado para trabajar como temporizador recargándose cada 0.1 segundos, en 150 veces cuenta 15 segundos; al llegar a este tiempo procede con la terminación de cualquier comunicación (**SUBPROGRAMA “TerminaComunicacion”**) y por último se auto-desactiva.

Este temporizador es utilizado para contar 15 segundos después de recibir una llamada, y es deshabilitado después de recibir el último dígito de la clave de acceso por el **SUBPROGRAMA “IngresaClave”** y por el **SUBPROGRAMA “TerminaComunicacion”**.

También se lo utiliza al momento de editar la clave de acceso y deshabilitado al recibir el último dígito.

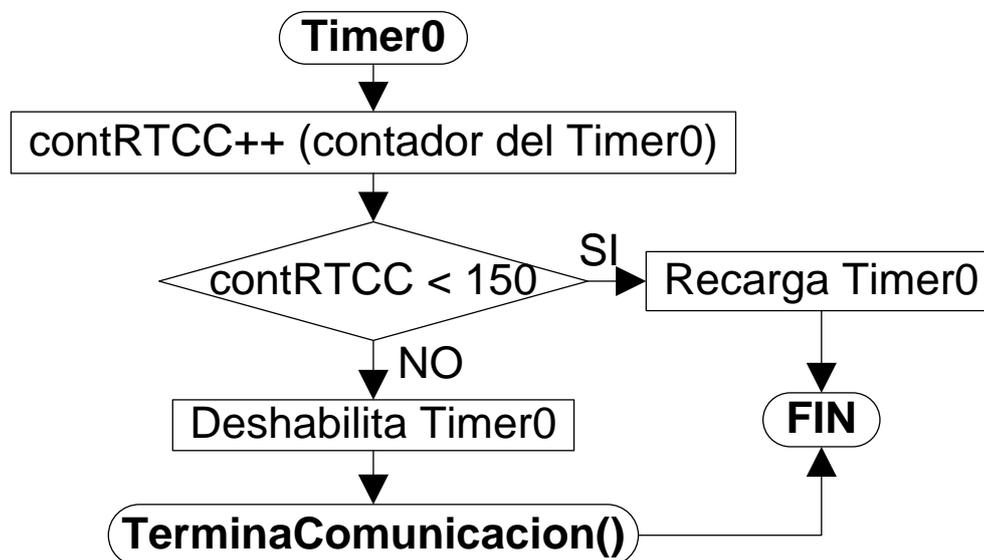


Figura 2-50 Diagrama de flujo del temporizador **“Timer0”**
(Fuente: propia)

2.4.33 Temporizador del TIMER1

Por último se tiene el manejo del **Temporizador** del TIMER1 configurado para recargarse cada medio segundo. Como se muestra en la **Figura 2-51**, este temporizador tiene la tarea de al iniciarse y transcurridos 25 segundos simular la presión de la tecla terminar llamada del dispositivo, con la finalidad de no hacer gastar saldo de parte del dispositivo servidor después de haber hecho la llamada de emergencia al usuario.

Este temporizador es habilitado al momento de accionarse cualquier sensor y simule la marcación rápida, transcurridos 53 segundos (tiempo promedio = 1 min.) sin respuesta por parte del usuario, tiene la finalidad de activar la sirena después de este tiempo. Se ha decidido que el tiempo sea de 1 minuto a pesar que se ha estimado el siguiente cálculo de 53 segundos por la suma de tiempos de las siguientes acciones.

ACCIÓN	TIEMPO (segundos)
Circuito timbra al usuario	15
Usuario timbra	13
Ingresar clave	10
Espera	15
TOTAL	53

Tabla 2-7 Tabla del tiempo que se demora en encender la sirena en una emergencia (Fuente: propia)

Por último, y siendo el caso en el que el usuario no haya respondido a la llamada de emergencia, el circuito de control volverá a realizar la llamada de emergencia al usuario cada 2 minutos, hasta recibir la llamada del usuario y desactivarse automáticamente el sistema. A continuación se muestra el diagrama de flujo del algoritmo del temporizador del Timer1.

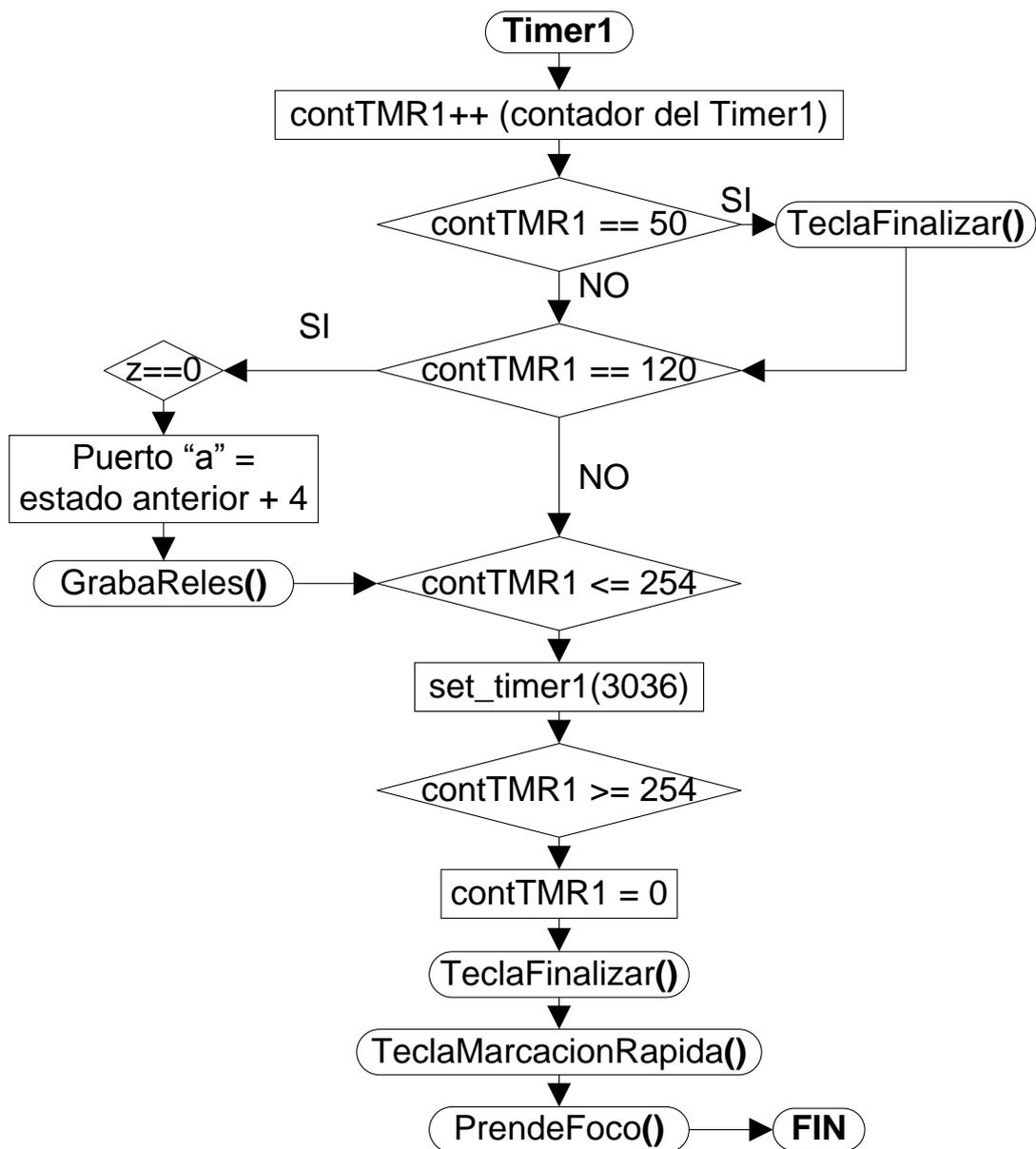


Figura 2-51 Diagrama de flujo del temporizador “*Timer1*”
(Fuente: propia)

2.5 IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

El diseño de la placa es muy importante, porque al fallar algún elemento de hardware, puede dar problemas o fallas en el funcionamiento del sistema.

Se ha diseñado las pistas del circuito impreso, utilizando la herramienta **ARES** de **PROTEUS 7 PROFESIONAL**, que se puede apreciar en la **Figura 2-52 y 2-53**.

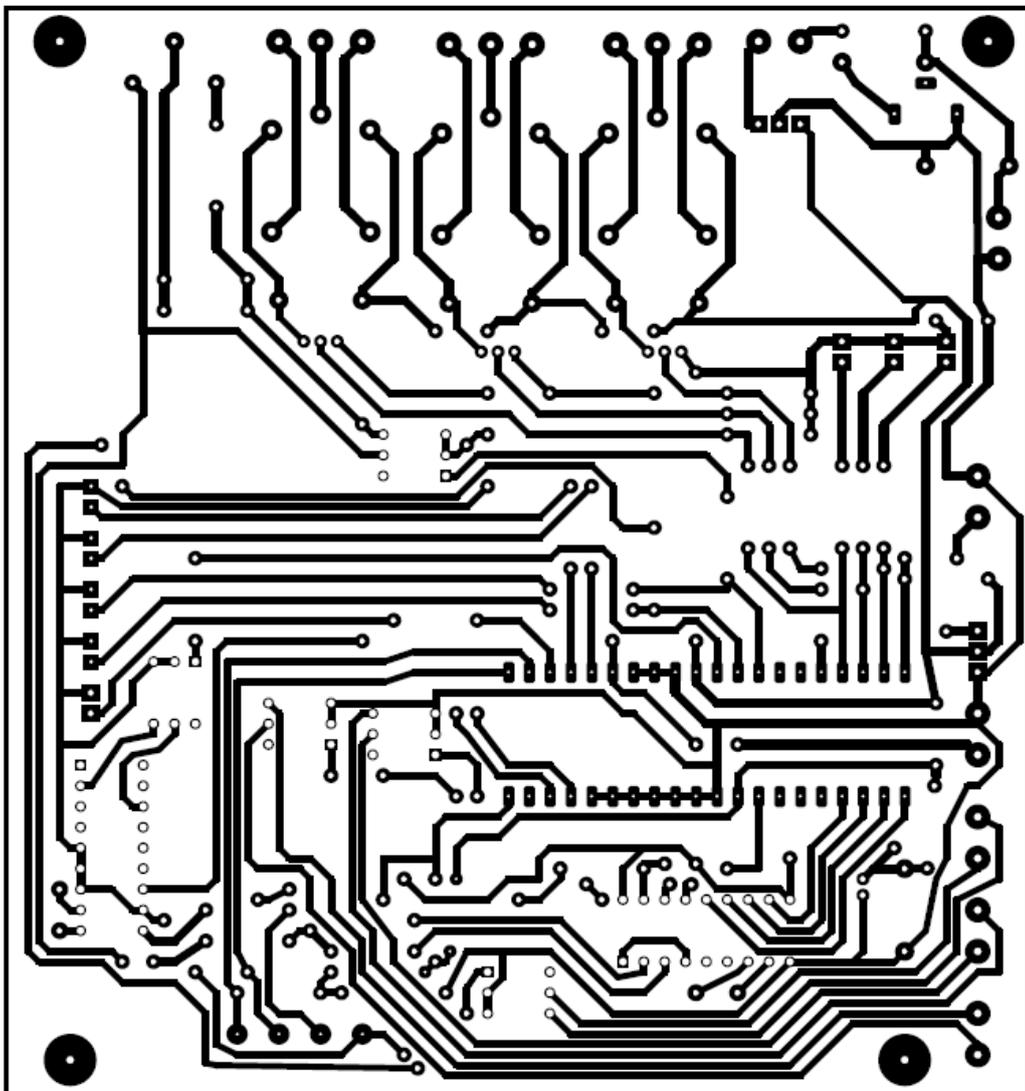


Figura 2-52 Pistas del circuito de control
(Fuente: propia)

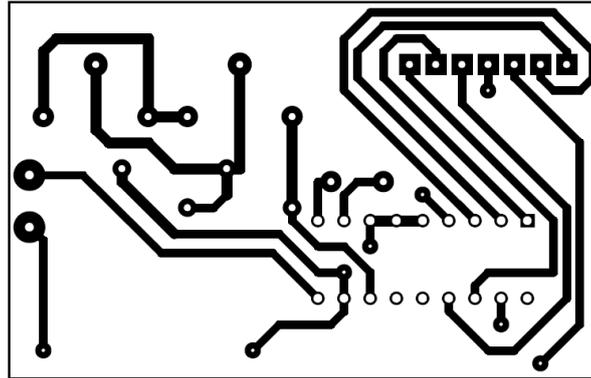


Figura 2-53 Pistas del circuito del Dispositivo de envío de tonos (Fuente: propia)

También se puede ver el montaje de todos los elementos en la **Figura 2-54**. Donde se puede encontrar: El PIC16F887 muy notable por su tamaño, el codificador y decodificador de tonos HM9102 y MT8870 respectivamente. En la parte izquierda inferior se puede apreciar tres conectores, en donde estarán los cables que unen a los tres sensores previstos para este proyecto.

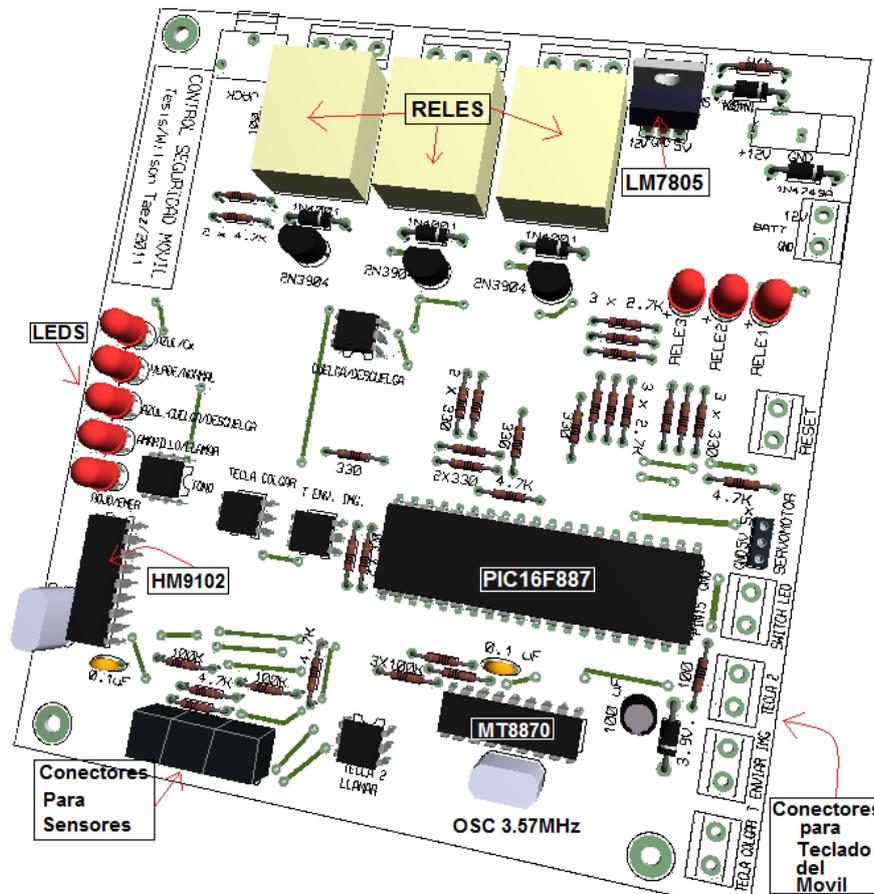


Figura 2-54 Vista en 3D de la ubicación de elementos en la placa principal (Fuente: propia)

En esta simulación de la placa principal, también se puede apreciar en la parte superior a los relés que es donde se conectan los 2 focos y la sirena; entre todo esto, existen muchos elementos pequeños pero importantes considerados para el mejor funcionamiento del prototipo.

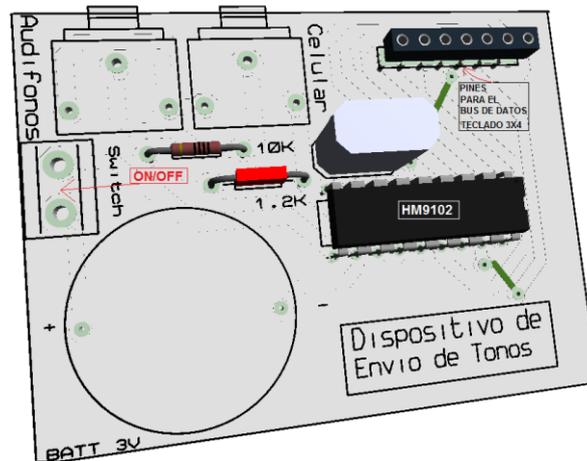


Figura 2-55 Vista en 3D de la ubicación de elementos del Dispositivo de envío de tonos (Fuente: propia)

En la **Figura 2-55** se muestra una vista en 3D de los elementos donde se encuentran: la pila de 3 Voltios (**CR2032**), en la parte superior-izquierda están dos conectores donde van conectados los audífonos y el móvil del usuario, si se visualiza más abajo se puede apreciar el conector donde ira un switch para encendido y apagado, Por último y muy importante en la parte derecha está el conector para el bus de datos del teclado de 3x4 (este ira afuera de la caja).

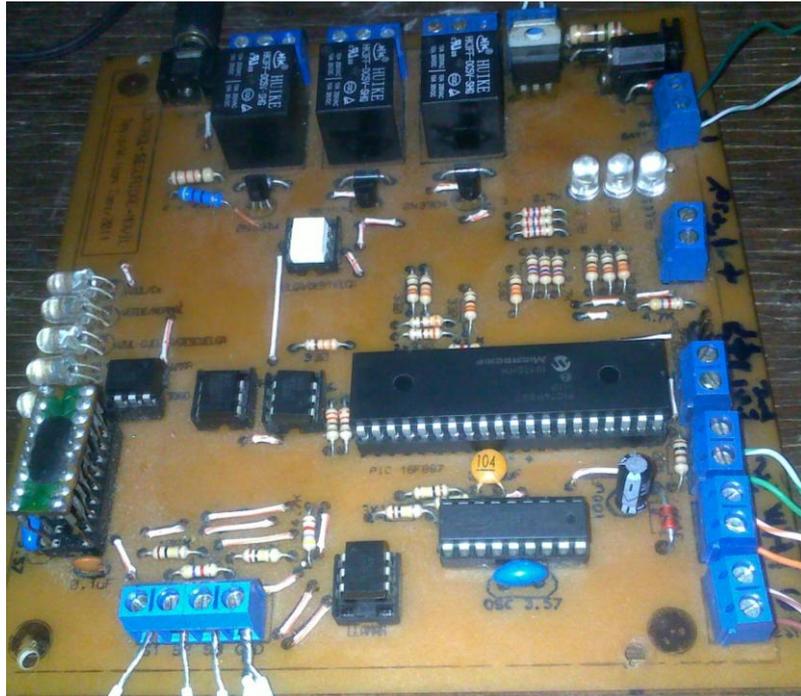


Figura 2-56 Implementación del dispositivo de envío de tonos
(Fuente: propia)



Figura 2-57 Implementación del dispositivo de envío de tonos
(Fuente: propia)

En las **Figura 2-56** y **Figura 2-57** se muestra el montaje completo de los elementos en las 2 placas manejadas en este proyecto.

Resumiendo, se ha logrado explicar los diferentes procesos que ejecuta el microcontrolador, basado en las líneas de código grabado en su memoria ROM, también se ha logrado ver el diseño del hardware y la posición de los elementos de las 2 placas. Para mayor entendimiento acerca del funcionamiento del sistema, las líneas de código se encuentran en el **ANEXO 3 (Código Fuente)**.

CAPITULO III

3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Como ya se mencionó anteriormente, el circuito de control es el encargado de manejar y administrar todos los recursos disponibles para atender los requerimientos y necesidades del sistema y su buen desempeño. En el capítulo anterior se hablo acerca del diseño, construcción y funcionamiento de este y otros circuitos, los mismos que son parte del prototipo.

En este capítulo se explica el progreso e implementación de todo *el sistema de vigilancia y seguridad*, en el **ANEXO 4** se publicará fotografías del desarrollo, instalación y funcionamiento del mismo. Además en este capítulo se detallan las pruebas de funcionamiento de los diferentes bloques y posteriormente se analizará la efectividad, confiabilidad y flexibilidad del sistema.

3.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Los elementos de control y mando son: la **unidad de control** y el **dispositivo de envío de tonos** respectivamente, los cuales en conjunto con el dispositivo servidor, sensores, elementos eléctricos, servomotor y cableado brindan **confiabilidad al sistema**, al ser elementos escogidos en base a los requerimientos y excelente respuesta, además de ser económicos y fácil de adquirir.

En resumen, en una parte del funcionamiento del sistema se encuentran dispositivos controlados por el circuito de control los mismos que son los **dispositivos eléctricos** (focos y sirena) y los **sensores** en la lectura de datos, para la parte de vigilancia; otro elemento es el **dispositivo servidor** utilizado para el monitoreo.

Un control esencial es la manera de activar y desactivar el sistema, existen dos formas: **1)** Activación por software, y **2)** Activación manual.

En la **primera forma**, al utilizar el **dispositivo cliente** la activación es de forma remota (digitando la tecla 7 o 9), mientras que con el **dispositivo servidor** se la hace en el lugar y en los 2 casos debe existir una autenticación de usuario previa.

En la **segunda forma** de activación del sistema se la hace con la manipulación de un switch colocado en la caja que contiene al prototipo.

Al momento de establecer todas las partes del funcionamiento del sistema, se puede conocer las diferentes conexiones hacia el prototipo. En conclusión el montaje e instalación de las partes del sistema se lo resume en:

- Montaje del prototipo
- Instalación de periféricos
 - Sensores.
 - Dispositivos eléctricos.
 - Dispositivo móvil.

3.1.1 MONTAJE DEL PROTOTIPO

Tras el diseño y construcción de la placa con su explicación en el capítulo anterior; se ve la necesidad de la construcción de una caja para el cuidado de los elementos y estética del prototipo. En vista que tenemos un circuito que trabaja con: frecuencias especiales, corriente continua y bajos voltajes, se ha decidido construir una caja metálica para opacar los efectos de ondas electromagnéticas del exterior.

Las dimensiones de la placa del prototipo es de 15cm de largo x 14cm de ancho, dentro de la caja a diseñar deben encontrarse: el prototipo, fuente de alimentación, la batería de respaldo, conectores y cables; tal como se muestra en la **Figura 3-1**, por lo que se ha previsto diseñar una caja con las siguientes dimensiones:

- Largo: 15 cm
- Ancho: 14 cm
- Altura: 8.5 cm

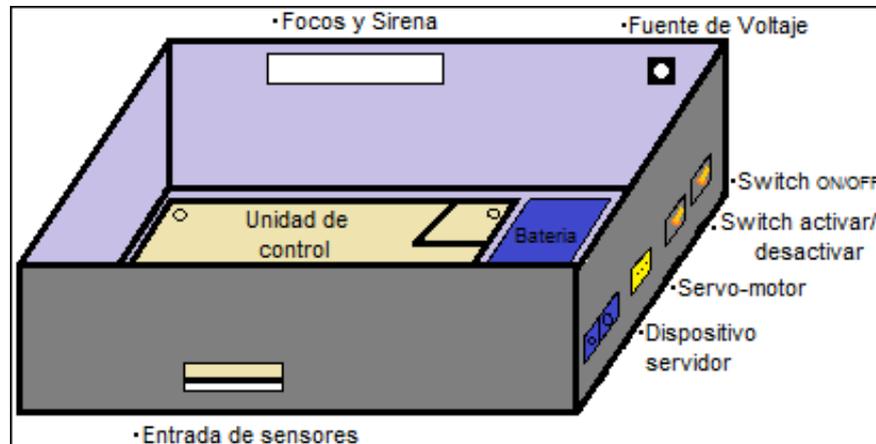


Figura 3-1 Salidas y entradas de la caja del *Prototipo*
(Fuente: propia)

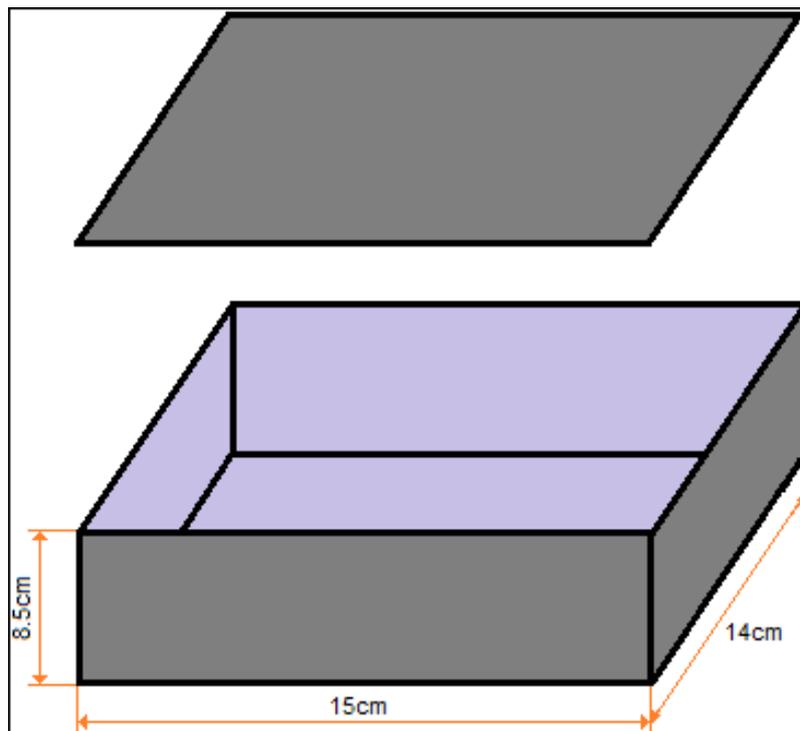


Figura 3-2 Dimensiones de la caja para el prototipo
(Fuente: propia)

En ayuda al reciclaje y para hacer más rentable el sistema, se utiliza una caja de fuente de poder dañada de un computador.

3.1.2 INSTALACIÓN DE PERIFÉRICOS

En esta sección se encuentra la parte de la instalación del sensor de movimiento, sensor magnético, focos y sirena. Al tratar con estos elementos se debe tomar en cuenta que se maneja: altos voltajes y corriente alterna, de tal forma la instalación y tratamiento de estos deben llevarse de la mejor forma y cuidado.

3.1.2.1 Sensores

Tras elegir un sensor de movimiento **PIR** dispuesto a cubrir la necesidad del sistema, el requerimiento principal es que el sensor debe tener una respuesta de accionamiento parecida a la de un relé (abrir/cerrar un circuito), teniendo en cuenta que el circuito que cierra no debe tener voltajes externos, como ciertos sensores lo tienen.

La alimentación del sensor PIR es independiente del voltaje de alimentación del prototipo. Así, en la conexión de los sensores se utiliza cable multipar hasta llegar al prototipo. El sensor magnético solo tiene un par de cables que van directamente conectados sin fuente de alimentación.

Estos sensores deben ser conectados de tal forma que uno de los hilos de cada sensor se unan en 1 pin común y los 3 hilos restantes (un hilo por sensor) a 3 pines distintos del módulo principal, como se muestra en la **Figura 3-3**.

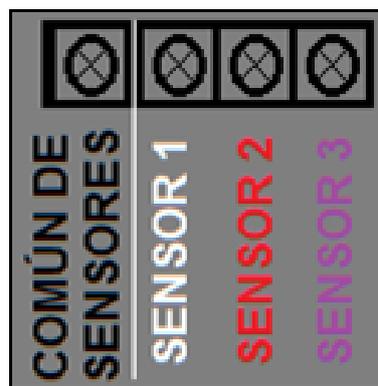


Figura 3-3 Conexión de los sensores en la caja metálica
(Fuente: propia)

3.1.2.2 Dispositivos eléctricos

Tanto los **2 Focos** como la **Sirena** pertenecen a la **Etapa de potencia**, por ende al momento de conectar se debe tener cuidado, y es recomendable desconectar la entrada de energía eléctrica, desconectando el magneto-térmico o interruptor general de la vivienda situado en el cuadro de distribución (acometida) de la vivienda.

Para la conexión de los focos, se debe tomar en cuenta que en toda conexión de luminarias, la **FASE** que va hacia el foco debe ser interrumpido, como se muestra en la **Figura 3-4**, en base a esto se procede a adaptar al prototipo.

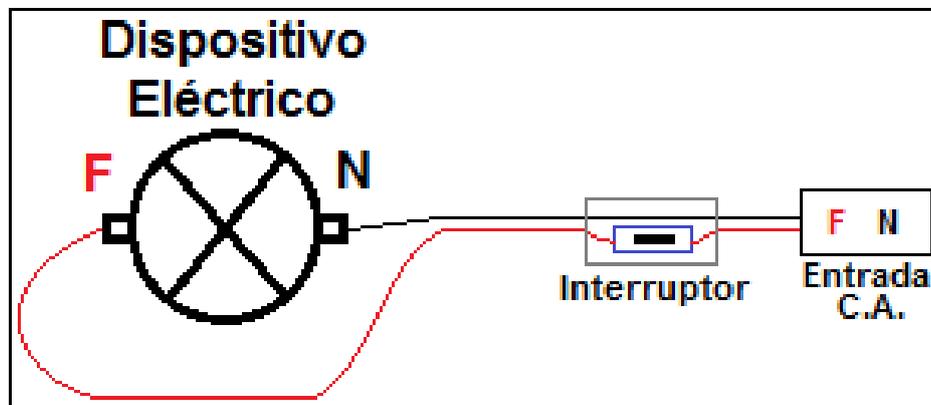


Figura 3-4 Conexión normal de una luminaria
(Fuente: propia)

En vista que los 3 pines de salida del módulo principal están configurados como conmutadores²¹, los antiguos interruptores simples de los 2 focos deben ser reemplazados por 2 conmutadores eléctricos cada uno, y conectarse como se muestra en la **Figura 3-5**.

²¹ El conmutador realiza la misma función que el interruptor, controlando el circuito desde dos sitios distintos.

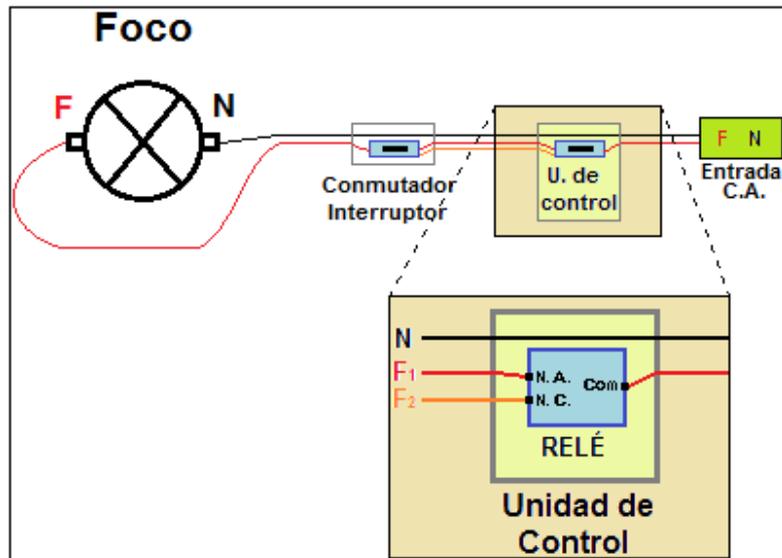


Figura 3-5 Conexión de un foco con el Prototipo
(Fuente: propia)

Conexión en la caja metálica: de los tres cables que salen del módulo principal NA (normalmente abierto), C (común) y NC (normalmente cerrado); el NA y NC del módulo se conectan al NA y NC del conmutador respectivamente, mientras que el común ira empatado con uno de los 2 hilos del anterior interruptor y el otro hilo de este interruptor ira al común del conmutador.



Figura 3-6 Conexión de los dispositivos eléctricos en la caja metálica
(Fuente: propia)

Mientras que para la conexión de la **sirena**, se basa en la **Figura 3-4**, con la diferencia que el **dispositivo eléctrico** es la **sirena**, el **interruptor** es el **relé** del circuito prototipo y en la entrada de voltaje está conectado un transformador-reductor de voltaje con salida de 12V/500mA.

3.1.2.3 Instalación del dispositivo servidor

Un elemento que viene incluido en el dispositivo servidor es una pequeña base de madera, diseñada con 2 ejes variables (*Véase Figura 3-7*) para fácil colocación frente al sitio a monitorear; también tiene a un extremo un servomotor donde se sienta el dispositivo servidor y al otro extremo un metal empotrado a la pared.

Con respecto a la conexión, desde el prototipo hasta este dispositivo deben llegar los siguientes hilos con sus respectivos conectores:

- Un conector de 6 hilos con el cable FTP²² (para manejar el teclado del dispositivo servidor), y
- Un cable UTP de 8 hilos, donde se utiliza:
 - 3 hilos con un plug que va colocado al plug hembra del “manos libres” del dispositivo servidor.
 - 2 hilos con un conector para el cargador de la batería del dispositivo servidor, y
 - 3 hilos (mando, 5Vcc y tierra) para el manejo del servomotor.

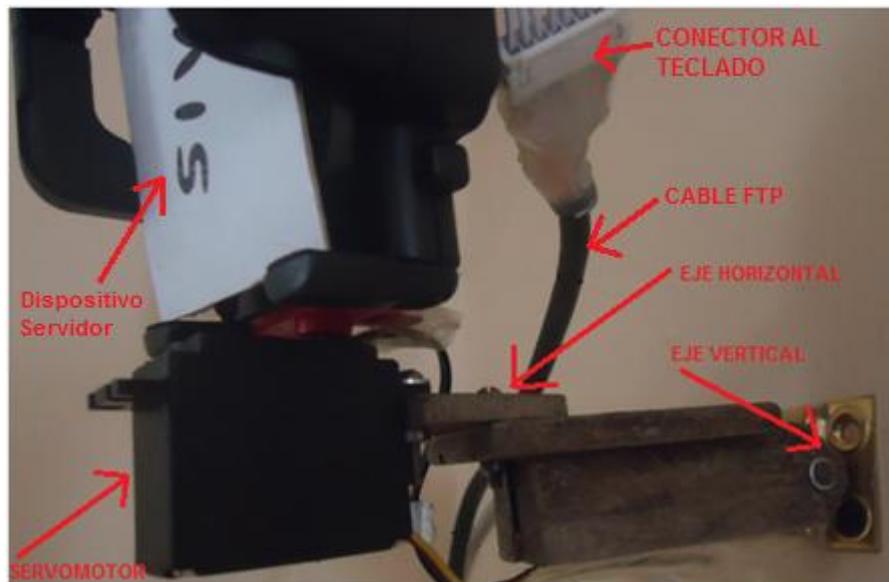


Figura 3-7 Base y servomotor del dispositivo servidor
(Fuente: propia)

²² Se decidió utilizar cable FTP, porque en las pruebas otros cables permitían el acceso de ondas electromagnéticas que afectan el funcionamiento del circuito.

3.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

Para facilitar la explicación de las pruebas a realizar, se ha decidido dividir en pruebas de **hardware** y **software**, de esta manera se busca encontrar las posibles fallas que puede tener el sistema, para inmediatamente dar solución.

3.2.1 PRUEBAS DE HARDWARE

Mediante las pruebas realizadas al proyecto, se pretende verificar el funcionamiento de los dispositivos del sistema y conocer que los circuitos están bien diseñados para evitar fallas futuras y proponer mejoras, sí el caso lo amerita.

En esta sección se verificará los voltajes aplicados y las corrientes que consumen los elementos electrónicos de los 2 circuitos principales, además se intenta conocer si existe un aumento de la temperatura nominal de los elementos electrónicos por una mala alimentación de energía.

La medición se las hará con la ayuda de un multímetro, en el caso del circuito prototipo se las realiza de dos maneras: **1)** Con las dos fuentes de alimentación, y **2)** Solo con la batería de respaldo, la finalidad de esto es la de descartar problemas de alimentación de los componentes electrónicos, además de conocer el tiempo de descarga de las baterías.

En vista de obtener varios datos por elemento, en las tablas se muestra los datos promedio. Los valores ideales son los que teóricamente deberían presentar estos elementos (en base a la hoja de datos de cada uno de estos).

Por brindar un mejor aspecto al presente documento se ha decidido presentar todas las tablas con los datos obtenidos, en el **ANEXO 2**, con los respectivos vínculos en el formato digital.

3.2.1.1 Voltaje aplicado y corriente en los elementos

- **Medición de voltajes aplicados**

Se ha decidido hacer mediciones a la salida de las fuentes de alimentación (Fuente de entrada, baterías, LM7805 y los 2 diodos Zener) con el fin de verificar que estos están entregando los voltajes requeridos.

En la **Tabla I** del **ANEXO 2** se muestra los datos de las pruebas de la medición de los voltajes que brindan los elementos activos y fuentes, en vista que son muy importantes. La toma de datos se la hizo con todos los elementos conectados.

Se ha visto necesaria la verificación de los voltajes en los elementos principales del prototipo y del dispositivo de envío de tonos, como son: micro-controlador **PIC16F887**, decodificador de tonos **MT8870**, codificador de tonos **HM9102**, regulador de voltaje **LM7805**, servomotor, fuente de alimentación, batería de respaldo, diodos zener para 3.6V y 6V., con la intención de verificar que se está aplicando el voltaje correcto a cada uno de estos elementos.

En la **Tabla II** del **ANEXO 2** se encuentran los datos de las pruebas de los voltajes aplicados en los principales elementos de los circuitos.

- **Medición de corrientes que pasan por los elementos**

La corriente que ingresa al codificador de tonos del “**dispositivo de envío de tonos**” es mucho más baja que el codificador de tonos del “**prototipo**”, en vista que el consumo de energía es mucho menor.

En el caso de las corrientes de ingreso y salida de los elementos, se debe tomar en cuenta las corrientes suministradas por las fuentes de alimentación, además se debe comprender que las corrientes hacia los elementos dependen de la potencia consumida en base a su resistencia e impedancia. En la **Tabla III** del **ANEXO 2** se muestra los datos de las corrientes que salen de los elementos activos, como fuentes, diodos zener y regulador de voltaje.

Mientras que en la **Tabla IV** del **ANEXO 2** se encuentran datos promedio de las corrientes en los elementos principales.

3.2.1.2 Consumo de energía de la batería de respaldo

En esta prueba se trata de verificar cual es el tiempo de duración de la baterías de los dos circuitos (en condiciones normales, de emergencia y en durante una conexión), en ausencia de energía eléctrica o desconexión intencional por algún intruso en la vivienda. También se medirá el tiempo que toman en ser recargadas dichas baterías.

Para el estado de alerta se simulo la activación de los sensores en 3 ocasiones, mientras que para el estado de comunicación entre dispositivos se estableció comunicación entre dispositivos por 5 ocasiones con una duración de 4 minutos cada una.

Cabe resaltar que al momento de conectar el prototipo a una fuente de alimentación externa, la batería de respaldo comienza su recarga usándose solamente una corriente mínima.

Mientras que en el dispositivo de envío de tonos se realizó 20 pruebas con una duración de 4 minutos de uso del teclado.

Como se muestra en la **Tabla IV** del **ANEXO 2** el consumo de corriente en los 2 circuitos es bajo, por ende el tiempo de descarga es muy mínimo, siendo algo muy beneficioso para el rendimiento del sistema.

Es importante mencionar que en el **dispositivo de envío de tonos** se encuentra un switch para encendido y apagado, cuyo trabajo se basa en cortar la entrada de corriente al codificador de tonos. Por ende el consumo solo se lo hace cuando el switch se encuentra en encendido, caso contrario no existe consumo de energía.

En la **Tabla V** del **ANEXO 2** se muestra los resultados de las mediciones de duración de la batería de respaldo del **prototipo**. Mientras que en la **Tabla VI** del **ANEXO 2** se muestra el tiempo de duración de la batería de 3V del circuito del **dispositivo de envío de tonos**.

3.2.1.3 Análisis de las pruebas de hardware

- Para las pruebas de voltaje aplicado y corriente en los elementos, se ha visto que las fuentes de alimentación brindan el voltaje y corriente adecuada hacia los elementos, debiendo trabajar de la mejor forma. Al comparar los voltajes y corrientes ideales con respecto a los datos tomados, se concluye que no existe variación en el rango de trabajo.
- La mayoría del tiempo los circuitos se encuentran en estado de reposo, por lo que los elementos no consumen demasiada energía eléctrica.
- Un caso especial al momento de las pruebas fue el voltaje aplicado al codificador y decodificador de tonos, donde se concluyó que el voltaje de alimentación debe ser de 2.7 Voltios mínimo, porque al aplicarse menos voltaje los integrados no trabajan correctamente.
- En base a los resultados obtenidos en las distintas pruebas se puede determinar que el tiempo de operación del prototipo con la batería de respaldo se mantiene hasta por **6 horas**; cabe resaltar que las pruebas de consumo de energía se las hizo con baterías de 6V/1.3Ah, y al adaptar al circuito de control la duración tiene un tiempo aceptable.
- De igual manera, una vez descargada la batería se la somete a un estado de recarga, el cual dura alrededor de 2 horas para tener el nivel de voltaje necesario.
- Para finalizar este análisis, al comparar las corrientes que atraviesan por los elementos con las corrientes ideales, se verifica que no existe un aumento excesivo, por concluyente tampoco existe un aumento en la temperatura de estos.

De esta manera se ha probado la **confiabilidad** de los elementos eléctricos y electrónicos del sistema, donde las corrientes que pasan por los elementos se muestran de la manera más óptima.

3.2.2 PRUEBAS DE SOFTWARE

Al momento del diseño del Software del sistema de vigilancia, para evitar la grabación innecesaria de las instrucciones en el micro-controlador, se utilizó una herramienta de gran ayuda, la cual es el Simulador de electrónica “**PROTEUS ISIS 7.7 SP2**”, mientras que para las pruebas de funcionamiento del software se las hará en el campo.

3.2.2.1 Prueba de comunicación entre dispositivos móviles

En esta prueba se pretende probar la comunicación entre dispositivos y el tiempo de respuesta por parte del circuito de control. Para la muestra de comunicación se tiene un orden de eventos que son los siguientes:

- Timbrado de 13 segundos (con reproducción del **tono de llamada**)
- Contestación por parte del circuito de control
- Ingreso de clave de autenticación
- Manejo de dispositivos eléctricos
- Terminación de la comunicación.

Al momento de la prueba se obtuvo los siguientes tiempos:

EVENTO	TIEMPO (Segundos)
TIMBRADO	13
CONTESTACIÓN (+ tonos de aviso)	1
INGRESO DE CLAVE (+tonos de aviso)	7
MANEJO DE DISPOSITIVOS (+tonos de aviso)	10 - 60
Terminación de la comunicación	2

Tabla 3-1 Tiempos en los eventos del circuito de control
(Fuente: propia)

En esta prueba se ha verificado que la comunicación entre los dispositivos tienen tiempos promedio como se muestran en la **Tabla 3-1**, dichos tiempos son precisos para un buen manejo y funcionamiento del sistema, además se comprueba que la comunicación es muy buena.

Cabe resaltar que la comunicación o conexión es mediante una llamada de video, la misma que ocupa la red de una operadora móvil, por ende los dispositivos móviles deben estar en cobertura 3G (mínimo) o la comunicación no se realizará. Estas pruebas se las realizó con diferentes comunicaciones que se realizó entre los dispositivos móviles situados en diferentes puntos con cobertura **3G** en diferentes ciudades, como: Ibarra, Tulcán, Quito y Esmeraldas.



Figura 3-8 Parte de la pantalla principal de un móvil dentro de la cobertura 3G²³

En la **Figura 3-8** se muestra un ejemplo del icono que muestra el dispositivo móvil al momento de encontrarse en una zona con cobertura 3G o superior.

3.2.2.2 Activación de sensores

El micro-controlador es el representante del software pregrabado en su memoria, por ende se verificara las acciones de esté. En esta parte se pretende verificar el tiempo que ocupa el circuito de control en un momento de emergencia (activación de sensores). En la **Tabla 3-2** se detallan los tiempos de estas pruebas.

²³ <http://www.muymovil.com/wp-content/uploads/2008/12/nokia-e71.jpg>

EVENTO	TIEMPO (Segundos)
SIMULAR DIGITACIÓN DE TECLA TERMINACIÓN	1
SIMULAR DIGITACIÓN DE TECLA MARCACIÓN RÁPIDA	1
ENCENDER FOCO DEL LUGAR	1
ENCENDER LED DE EMERGENCIA	6

Tabla 3-2 Tiempos en eventos y acciones del circuito de control
(Fuente: propia)

3.2.2.3 Tiempo de demora o mal ingreso de clave

En esta prueba se conocerá el tiempo que demora el circuito de control en terminar toda comunicación en los siguientes casos: 1) Al demorarse en el ingreso de la clave de acceso, 2) Al ingresar una nueva clave, y 3) Al timbrar incompletamente y terminar comunicación (solo dispositivo cliente).

EVENTO	TIEMPO IDEAL	TIEMPO DE LAS MEDICIONES
Ingreso de clave	15 segundos	16 segundos
Cambio de clave	25 segundos	25 segundos
Timbrar incompletamente	15 segundos	16 segundos

Tabla 3-3 Tiempos de corte de comunicación
(Fuente: propia)

3.2.2.4 Análisis de las pruebas de software

- Un tiempo muy importante que no se ha tomado en cuenta en estas pruebas es el que demora en conectar el operador telefónico celular, el cual tiene un tiempo promedio de 3 segundos (dependiendo de la cobertura que reciben los dispositivos móviles.), otro tiempo es el de retraso en la comunicación (el cual es mínimo).
- Al analizar el tiempo que lleva iniciar una comunicación, ingresar la clave de autenticación, manejar los dispositivos y colgar. Se concluye que el

tiempo es relativamente pequeño, brindando de esta manera **efectividad** en la comunicación.

- Cabe resaltar que al establecer una comunicación el **dispositivo cliente** con el **dispositivo servidor** y tras la contestación por parte del circuito de control, este envía tonos al usuario, los mismos que también están considerados en la **Tabla 3-1**.
- Tras las pruebas entre circuito de control y teclado del **dispositivo servidor**, se confirmó que no existe ninguna falla en su comunicación, confirmando que el cable y las sueldas están de la mejor forma.
- En la prueba de los tiempos que demora el circuito de control en cortar la comunicación, se debe considerar que quien hace esta función son los temporizadores **Timer0** y **Timer1**, en la **Tabla 3-3** se puede ver que la variación con el tiempo previsto es mínima, de esta manera se comprueba que la configuración de estos temporizadores es precisa y correcta.

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS Y COSTOS

En el presente capítulo se realizará un resumen del costo del diseño y elaboración del prototipo y dispositivo de envío de tonos, además del costo de instalación de todo el sistema. Al conocer estos valores se hará un análisis comparativo con sistemas de vigilancia y monitoreo que existen en el mercado, mostrando los beneficios extras del sistema.

Al analizar el ambiente en que se lleva todo el proyecto, se conoce que este es netamente comercial, por lo que se ha visto la necesidad de la creación de un nombre para el sistema de seguridad, es entonces que en base a las siglas del tema del presente trabajo de grado, el mismo que es “**Sistema de vigilancia y seguridad para viviendas utilizando la tecnología 3.5G con capacidad de video-llamada y activación remota de dispositivos**” se ha decidido llamarlo “**Sistema de seguridad SIVISEV**”, además al ser un sistema de venta al público se ve la necesidad de la creación de un manual de usuario, este está publicado en el **ANEXO 1**, donde se detalla el correcto manejo del sistema.

Las tablas con los datos de los diferentes valores económicos se encuentran en el **ANEXO 2**.

4.1 COSTOS DEL SISTEMA “SIVISEV”

4.1.1 COSTOS DEL DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO Y EL DISPOSITIVO DE ENVÍO DE TONOS

Para la elaboración de una placa que contiene al circuito de control y la etapa de potencia se necesita los siguientes elementos que se muestran en la **Tabla VII** del **ANEXO 2**.

Los elementos reutilizados del prototipo en el dispositivo de envío de tonos son: baquelita y espadines, los elementos con sus costos se muestran en la **Tabla VIII** del **ANEXO 2**.

La mayoría de los elementos antes descritos son los que van soldados dentro de las placas, mientras que los otros son los que van en la construcción de las cajas.

Puesto que se trata de la construcción de solo un sistema se ha utilizado una caja por circuito, una base para dispositivo móvil, una baquelita.

Con respecto a las entradas y salidas se utiliza conectores especiales conocidos como **Plug** (macho) y **Jack** (hembra), tanto para el auricular del dispositivo móvil como para los conectores fuente de entrada, además de espadines para el servomotor. Tres elementos que van en la caja y conectados al prototipo son: un pulsador que es utilizado como **reset** y dos **Switch** que son para: on/off del circuito y activación del sistema. Por último queda la conexión de la fuente de alimentación que se conecta a la caja con un cable para 110/120 VAC.

Resumen de costos de materiales

El costo de un prototipo con todos los elementos necesarios para su funcionamiento es de **237.21 dólares**, mientras que para el dispositivo de envío de tonos es de **16.23 dólares**. El diseño de los 2 circuitos se lo hizo pensando en hacer placas fácil de manipular, acorde a los requerimientos del sistema, el diseño de las pistas fue elaborado con la ayuda del software de electrónica **ARES DE PROTEUS** (mencionado anteriormente). Por cuanto, al costo de materiales se le agrega el costo de diseño y construcción valorado en **30.00 y 30.00 dólares** respectivamente, dando un total de **313.44 dólares**. (Véase, Tabla IX del ANEXO 2)

4.1.2 ELEMENTOS VARIOS DEL SISTEMA

En esta sección se detalla el costo de los elementos que intervienen en la instalación de todo el sistema, como: elementos conectados al prototipo y cableado. En la **Tabla X** del **ANEXO 2** se muestra con el detalle de costos.

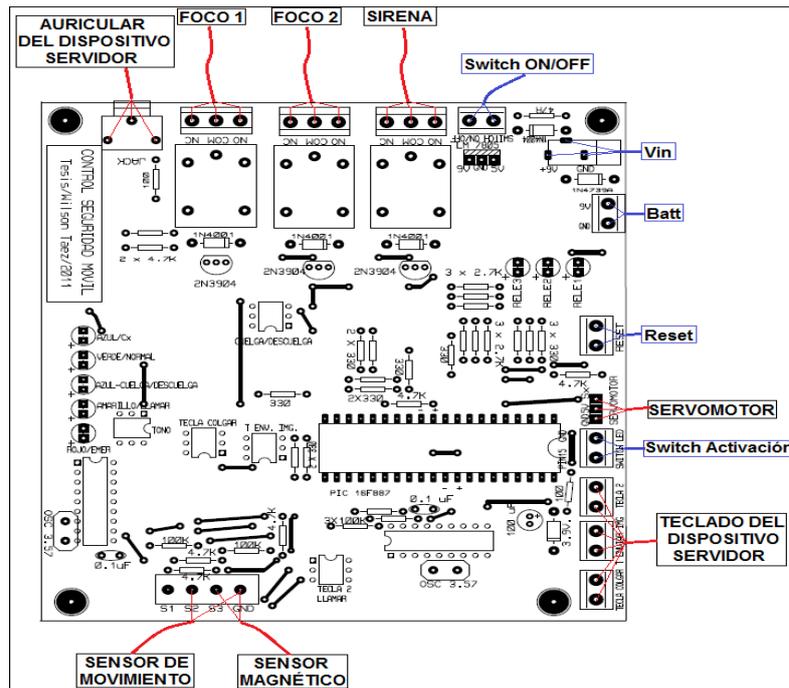


Figura 4-1 Diagrama de conexión de elementos externos al prototipo (Fuente: propia)

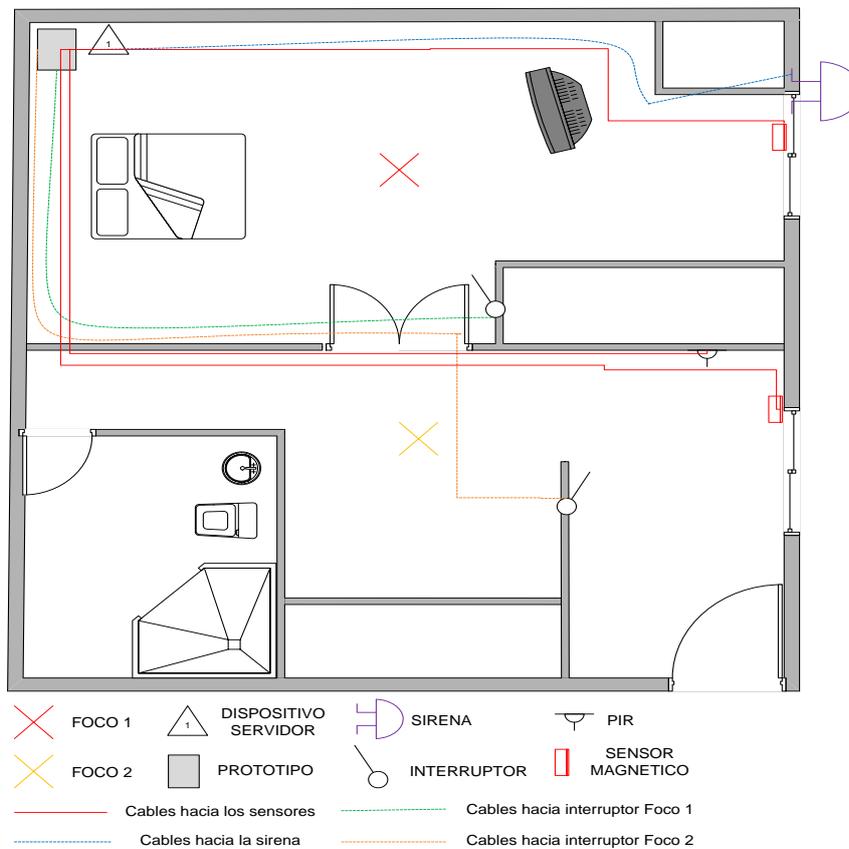


Figura 4-2 Cableado y conexión de dispositivos eléctricos y sensores (Fuente: propia)

Se utiliza 3 fuentes de alimentación para: el servomotor, sensor de movimiento y para la sirena.

En la **Figura 4-2** se muestra un diagrama de la conexión de los dispositivos eléctricos con el prototipo, y un ejemplo de cómo sería el tendido de cable, con la finalidad de hacer un cálculo referencial de la cantidad de cable. Uno de los elementos más utilizado es el cable flexible **20 AWG**²⁴ en vista que se necesita pasar 3 cables para cada conmutador. El cable **UTP**²⁵ es utilizado para las conexiones internas del prototipo alrededor de 1metro (**Véase, Figura 4-1**), además de las conexiones con: *sensores, servomotor, teclado y auricular del dispositivo servidor.*

El costo de los elementos varios que se incluirían en el sistema es de **65.66 dólares**, como se muestra en la **Tabla X del ANEXO 2**.

4.1.3 RESUMEN DE COSTOS DEL SISTEMA

El dispositivo cliente es elegido a gusto del **usuario** y puede variar de costo dependiendo de la disponibilidad económica del comprador, se ha costeado su valor en base al análisis hecho en el numeral **2.2.4 DISPOSITIVOS MÓVILES**. El valor de este se lo puede confirmar en cualquier página de internet como: mercado libre, Amazon, etc.

El precio de venta al público del sistema de seguridad "**SIVISEV**" es el que se resume en la **Tabla XI del ANEXO 2**, con un total de **519.10 DÓLARES**. Tal valor es calculado en base a la sumatoria del precio del *prototipo y dispositivo de envío de tonos*, más el costo del *dispositivo cliente*, el costo de los *elementos varios* y la *instalación del todo el sistema* (valorada en **50 dólares**). Si se le resta el cobro del diseño, construcción e instalación del P.V.P. da el costo real del sistema, el mismo que es **409.10 dólares**.

²⁴ AWG American Wire Gauge (CAE - Calibre de alambre estadounidense).- es una referencia de clasificación de diámetros de cables.

²⁵ UTP: Unshielded Twisted Pair (Par Trenzado sin Blindaje)

P.V.P. – costo de diseño - costo de construcción – costo de instalación = costo del sistema

$$\$519.10 - \$30 - \$30 - \$50 = \$409.10$$

4.1.4 COSTOS DE OPERACIÓN

Los costos de operación son los gastos que debe desembolsar el cliente para mantener en constante operación el sistema, se lo ha calculado para el tiempo de un mes.

4.1.4.1 Cálculo para gasto de los dispositivos eléctricos

Los elementos que consumen energía eléctrica son: focos, sirena, prototipo, servomotor y sensor PIR. Para lo cual se ha hecho mediciones de las corrientes que atraviesan por estos elementos, y así calcular el consumo eléctrico total del sistema en un mes.

El dispositivo electrónico que más consume energía eléctrica es el prototipo asumiendo que estuviese conectado todo el tiempo y en base a la corriente que se calculó en las pruebas de hardware (**Véase, 3.2.1.1 Voltaje aplicado y corriente en los elementos**), en la **Tabla XII del ANEXO 2** se muestra el consumo de energía eléctrica en Kilovatios/ hora y también se resume el cálculo de la energía consumida de los dispositivos eléctricos, la misma que es **0.0410544 Kwh**.

La energía consumida a un costo de 0.08 dólares el Kwh (costo residencial) da un total de **0.003 dólares**, sabiendo que 1 mes es igual a 672 horas, daría un costo mensual de **2.21 dólares** mensuales (asumiendo un consumo constante de todo el mes).

El paquete de servicio de video-llamada tiene 40 minutos disponibles, se contrata para un dispositivo móvil porque solo el usuario es quien necesita este servicio, ya que el dispositivo servidor solo tiene la opción de hacer una llamada normal al usuario en caso de emergencia.

Al hacer uso de las operadoras celulares es necesario tener saldo vigente, solo se hará una recarga de un mínimo valor para el dispositivo servidor, aprovechando las nuevas normas que rigen en el país actualmente, la misma que trata de que no existe un tiempo de vigencia del saldo.

El valor del minuto del paquete de video-llamada es el mismo que el configurado como “mejor amigo” que brinda minutos económicos de la operadora utilizada en el presente proyecto, se decidió utilizar el paquete para dar un valor promedio mensual, sin descartar que esta es la 2da opción.

En la **Tabla XIII** del **ANEXO 2** se muestra un resumen de los **costos de operación** del sistema de seguridad “**SIVISEV**” el cual es **5.21 dólares**.

4.2 ANÁLISIS COMPARATIVO CON SISTEMAS SIMILARES

Existen muchos sistemas de video-vigilancia, monitoreo y seguridad en el mercado, a continuación se tiene una breve explicación de algunos.

4.2.1 MÓVILCam

MÓVILCam es un dispositivo que ofrece la operadora CLARO (Ecuador), se trata de un aparato que contiene una cámara, de fácil manipulación e instalable en cualquier lugar de la casa, oficina o lugar de trabajo, el mismo que tiene el siguiente funcionamiento. Tras su fácil instalación, el usuario puede realizar una llamada de video logrando visualizar y escuchar en el lugar elegido gracias al movimiento que brinda (se tiene una vista de 180°). También permite grabar lo que sucede en el dispositivo local.

Gracias a el movimiento que tiene este dispositivo puede ser utilizado como cámara de monitoreo y vigilancia, el usuario puede obtener este movimiento

presionando ciertas teclas del móvil. Con respecto a los costos que demanda este sistema se resume en la **Tabla XIV** del **ANEXO 2**.

El consumo eléctrico es demasiado bajo por lo que no se tomará en cuenta y el dispositivo móvil del usuario debe tener saldo parecido al del sistema “**SIVISEV**” el cual es de **3.00 dólares** mensuales, siendo este el costo de operación del sistema **MÓVILCam**.

4.2.2 SISTEMA DE ALARMA COMUNITARIA GSM

Este sistema de alarma utiliza la tecnología GSM, o sea está basado en la comunicación entre teléfonos móviles, y está basado en la instalación de una central que puede estar en una UPC (Unidad de Policía Comunitaria) o vivienda en particular. Esta central se conecta a un computador que tiene un software especial donde se registran números celulares de los diferentes usuarios.

El método de activación se lo realiza mediante una llamada telefónica o al enviar un mensaje a un número en particular donde está la central, esta verifica el número telefónico e indica en pantalla el lugar de procedencia de la alerta y al mismo tiempo envía un mensaje de texto a los miembros del sistema de alarma comunitaria. En la siguiente **Tabla XV** se muestra los elementos que el sistema de alarma comunitaria GSM requiere para su funcionamiento (calculado para 5 clientes).

El Precio total del sistema es de **1205.00 dólares (Véase Tabla XV del ANEXO 2)**, si se divide para los 5 usuarios, cada usuario tendría que pagar **241.00 dólares**.

La energía consumida mensual del computador y la central es de 0.300Kwh y 0.0024Kwh respectivamente. El costo por consumo de energía eléctrica sería de **16.26 dólares** mensuales. Tanto la central como el usuario deben tener saldo disponible mensualmente, por tanto los costos de operación del sistema GSM es de **28.26 dólares**, en la **Tabla XVI** del **ANEXO 2** se resume lo anteriormente dicho.

4.2.3 SISTEMA DE MONITOREO Y SEGURIDAD BÁSICO

Esta clase de sistemas están basados en la instalación de sensores y cámaras (con computador) en una vivienda.

Con respecto a su funcionamiento, tras instalar las cámaras, estas deben estar siempre filmando, pero grabando en un computador solo al detectar movimiento en el lugar, gracias al infrarrojo de sus cámaras.

Al accionarse cualquier sensor estos envían una señal ya sea de forma cableada o inalámbrica hacia una central especial, está activa una sirena además de hacer llamadas telefónicas a números pre-configurados y así informar al usuario de que está sucediendo una emergencia.

Se ha previsto solo una cámara y el mismo número de sensores del sistema “SIVISEV” con la finalidad de que la comparación sea lo más equitativa posible.

En la **Tabla XVII** del **ANEXO 2** se muestra los elementos utilizados por un sistema básico de monitoreo, dando un costo de **930.00 dólares**.

Con respecto al consumo eléctrico del sistema, el computador consume 0.300Kwh, la cámara consume 0.005Kwh, la central telefónica 0.0024Kwh, y el sensor de movimiento 0,0003324Kwh. Dando un total de 0,3077324Kwh por mes, y un costo de **16.54 dólares** mensuales.

Por concluyente los costos de operación del sistema de monitoreo y seguridad básico es de **22.54 dólares**, como se muestra en la **Tabla XVIII** del **ANEXO 2**.

NOTA: Los valores presentados de los sistemas de Alarma comunitaria y el Sistema de monitoreo, son valores reales consultados por el autor en empresas reconocidas.

4.3 COMPARACIÓN DE SISTEMAS Y ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

4.3.1 COMPARACIÓN ENTRE SISTEMAS

Para un fácil entendimiento de las ventajas y diferencias de todos los sistemas o dispositivos.

En la **Tabla XIX** del **ANEXO 2** se ha hecho una breve comparación de costos entre sistemas, donde se observa que el sistema SIVISEV tiene un precio final relativamente económico.

A continuación se muestra una comparación de los servicios que brindan los sistemas.

Sistema o dispositivo	M	ARDE	ARS	MC	GV	AEU	AV	BR	AAS	AP
SIVISEV	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI
MÓVILCam	SI	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO
Sistema GSM	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI
S. de seguridad básico	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Tabla 4-1 Comparación de servicios entre sistemas
(Fuente: propia)

Abreviaturas de la Tabla 4-1:

- 1) **M:** Monitoreo
- 2) **ARDE:** Activación remota de dispositivos eléctricos
- 3) **ARS:** Activación remota del sistema
- 4) **CAS:** Control de Acceso al sistema
- 5) **MC:** Movimiento de cámara
- 6) **GV:** Grabación de video
- 7) **AEU:** Aviso de emergencia al usuario
- 8) **AV:** Alerta a vecinos

- 9) **BR:** Batería de respaldo
- 10) **AAS:** Aviso de alerta por sirena
- 11) **AP:** Ayuda Policial

4.3.2 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

Como se puede ver en la **Tabla 4-1** el sistema SIVISEV ofrece todos los servicios descritos menos el de grabación, a diferencia de los demás sistemas. Prestaciones muy beneficiosas y económicas para el usuario. Para mayor entendimiento de las ventajas y comodidades que ofrece el sistema de vigilancia y seguridad a continuación hay un resumen detallado de dichos servicios.

4.3.2.1 Resumen de servicios brindados por el sistema SIVISEV

Monitoreo.- al momento que el usuario hace una video llamada este puede tener visibilidad de gran amplitud (hasta 180° de amplitud).

Activación remota de dispositivos eléctricos.- Con el envío de tonos el sistema puede activar y desactivar focos (o cualquier dispositivo que entre en funcionamiento al cerrar un switch).

Activación remota del sistema.- Al acceder de forma remota también existe la opción de activar o desactivar el sistema con solo pulsar las teclas necesarias del móvil.

Control de Acceso al sistema.- Este sistema tiene dos tipos de seguridad con respecto al acceso, **1)** Solo a ciertos usuarios se les permite tener comunicación con el sistema (circuito de control), y **2)** Tras establecer comunicación, el usuario debe autenticarse digitando una clave de 3 dígitos (siendo la más importante).

Movimiento de cámara.- Este sistema también permite el movimiento de la cámara situada en el lugar a monitorizar.

Grabación de video.- Al hacer una video-llamada existe la opción de que el usuario pueda grabar lo que el otro dispositivo muestra.

Aviso de emergencia al usuario.- Al activarse un sensor el usuario es notificado mediante la recepción de una llamada telefónica hecha por el circuito de control.

Alerta a vecinos y ayuda policial.- Al existir una emergencia, los vecinos pueden ser alertados, al momento de oír la sirena que se encuentra en la vivienda, a su vez al enterarse de la emergencia el usuario puede llamar tanto a vecinos como a la policía (con retardo entre llamada).

Batería de respaldo.- Al mínimo corte de energía eléctrica, por cualquier motivo que sea, existe una batería de respaldo con una duración de entre 11 a 12 horas.

Aviso de alerta por sirena.- Al activarse cualquier sensor y no tener respuesta por parte del usuario, en un lapso de 15 segundos se enciende una sirena en el lugar vigilado, también puede ser accionada o no por el mismo usuario.

- Tras verificar el precio y costos de operación de los 4 sistemas (**Véase, Tabla XIX del ANEXO 2**), se concluye que el presente sistema tiene un precio económico a cualquier tipo de sistema de vigilancia, seguridad y monitoreo, además sus costos de operación son bajos (**Véase, Tabla XIII del ANEXO 2**) y se ofrece muchos servicios (**Véase, Tabla 4-1**).
- Finalizando, luego del análisis costo-beneficio se concluye que el sistema SIVISEV es económico para el usuario con una buena ganancia para el vendedor, brindando servicios: necesarios, económicamente asequibles, con seguridad y beneficiosos para él y la comunidad.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de las pruebas realizadas, los resultados y las experiencias obtenidas del trabajo práctico realizado durante la ejecución de este proyecto, se puede extraer las conclusiones y recomendaciones siguientes.

5.1 CONCLUSIONES

- Tras realizar la implementación del proyecto se ratifica que la práctica sin teoría no tiene un fin, y viceversa; porque con la práctica se comprueba dicha teoría.
- Con el sistema de seguridad “SIVISEV”, un grupo importante de personas beneficiario serian aquellas que salen de viaje periódicamente y desean que sus bienes se encuentren seguros y protegidos.
- La mayoría de pruebas y avances fueron realizadas en base una planificación, porque se debe dar cumplimiento a cada uno de los objetivos especificados en el plan de proyecto.
- Al realizar el presente trabajo de grado se pudo asimilar que todo proyecto es propenso a mejoras y actualizaciones, tanto en la parte de software como en hardware.
- Hasta la actual fecha, en el país solamente una operadora tiene la tecnología necesaria para realizar llamadas de video, por lo que el sistema se hace dependiente de esta, así también si esta falla el sistema baja su rendimiento.
- En vista que se puede agregar más sensores y dispositivos eléctricos al prototipo, se verifica la flexibilidad del sistema de seguridad.

- El sistema propuesto va dirigido a un segmento de mercado amplio, donde la opinión del beneficiario es muy importante, siendo valioso e importante para el diseño y elaboración del mismo, logrando brindar mejores servicios al usuario y comunidad.
- Mediante las pruebas realizadas se muestra la confiabilidad del sistema “SIVISEV” para trabajar con elementos eléctricos y electrónicos.
- Los sistemas de seguridad son una buena herramienta, para la lucha contra la inseguridad de las personas y el cuidado de los bienes materiales.
- Tomando en cuenta que la hipótesis del presente trabajo de grado trata acerca del manejo remoto de dispositivos eléctricos durante una video-llamada, y en base a las diferentes pruebas e investigaciones realizadas (como: utilizar diferentes operadoras, buscar y programar aplicaciones para dispositivos móviles, programación Web, probar dispositivos móviles con distintos sistemas, utilización de servidores con video streaming, etc.), se ha visto la opción de utilizar un pequeño circuito que envíe tonos, en vista que la tecnología que brinda la operadora no permite el envío de tonos DTMF durante una video-llamada.
- El consumo y utilización del sistema SIVISEV es dedicado a personas o empresas que requieran monitorear y proteger sus bienes remotamente, la mayor parte del tiempo.

5.2 RECOMENDACIONES

- Investigar con profundidad las características y costos de los elementos que intervienen en el proyecto, escogiendo los más económicos y de mejor calidad con la finalidad de obtener una buena relación costo-beneficio.

- Es bueno y beneficioso estar en contacto con personas entendidas en el tema, además de diseñadores de sistemas, de forma continua al realizar cualquier proyecto; de modo que cualquier inquietud y propuestas puedan ser tomadas en cuenta para realizar un diseño más acorde con los requerimientos, necesidades y gustos de los usuarios.

- Al momento que el usuario no utilizó el saldo del dispositivo servidor, puede cambiar de SIM pudiendo usar el saldo disponible de este, tomando en cuenta que debe reconfigurar los números telefónicos a los que el dispositivo servidor permite conectar con el sistema (la configuración es en el móvil no en el SIM).

- Realizar un análisis de mercado ante los problemas sociales y de la comunidad, para encajar bien en un proyecto viable, factible, confiable, etc. Para así cubrir las necesidades de la sociedad.

- Cuando se edita el código fuente, es muy importante la correcta configuración de puertos y variables del micro-controlador, de esta manera no se necesitará la modificación del hardware que controla este.

- Al configurar el sistema haciendo uso del dispositivo servidor (envío de tonos no remoto), confirmar que los tonos del teclado están activados y principalmente que este en el volumen máximo, caso contrario el prototipo no lo reconocerá.
- Al momento de la instalación del sistema, es muy importante revisar las conexiones al móvil y al prototipo, para evitar fallas posteriores; a su vez, se debe desconectar toda fuente de alimentación para evitar corto circuitos que puedan dañar cualquier parte del sistema.
- El dispositivo servidor, tras recibir una llamada emite el tono predeterminado en los auriculares y en su parlante externo (**Véase, Imagen 9 del ANEXO 4**), es recomendable extraer el parlante externo para que cualquier intruso no escuche el tono de timbre.
- El tiempo que toma una conexión y timbrado entre dispositivo móviles es de máximo 30 segundos, pero se recomienda programar una terminación de conexión a los 15 segundos (simulación de digitación de la tecla terminación de llamada), con la finalidad de que el dispositivo servidor no deje mensajes de voz y consuma saldo al no tener respuesta por parte del usuario, al momento de una emergencia. También se puede desactivar la opción de desvío de llamadas o solicitarlo a la operadora móvil (configuración en el dispositivo cliente).
- También se recomienda colocar una tapa delgada en la parte frontal del dispositivo servidor, sin tapar la visualización de la cámara frontal (como se muestra en la **Véase, Imagen 11 del ANEXO 4**), con la intención de no mostrar ninguna imagen o luz destellante en el caso de una emergencia.

- Al instalar el cableado que conecta el teclado del dispositivo servidor con el prototipo, se debe utilizar cable FTP y conectar el hilo de tierra a un voltaje referencial, con la intención de evitar ruido externo que pueda interferir en el buen funcionamiento.

- Este trabajo puede ser mejorado creando una interfaz con un computador, permitiendo la actualización del software del micro-controlador dando beneficios como: cambios de tiempos de activación del sistema, aumento o cambio de clave de ingreso, etc.; también se puede mejorar creando una interfaz USB con el dispositivo servidor, permitiendo cargar los números telefónicos a configurar, entre otras opciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ashishrd. (s.f.). *Abrir una puerta con una llamada telefónica*. Recuperado el 29 de Diciembre de 2009, de <http://ashishrd.blogspot.com/2007/07/cell-phone-controlled-door-latch.html>

CASTAÑO WELGOS, J. A., ROBBY G., J. J., VARGAS, G., & GONZALEZ G., M. F. (2002). *Curso práctico sobre MICROCONTROLADORES, Teoría, Programación, Diseño, Practicas y Proyectos completos*. CEKIT S.A.

COLLAHUAZO G., G. (2008). *Sistemas basados en microcontroladores, guía del estudiante, Universidad Técnica del Norte - Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas*.

ILES RAMOS, G. (Mayo 2004). *Análisis y diseño de sistemas robóticos*. Ibarra.

Serrano, L. M. (s.f.). *Avisador de Alarma Telemando GSM AG-1*. Recuperado el 22 de Diciembre de 2009, de <http://perso.wanadoo.es/luism..serrano/AlarmaGSM/Alarma-Telemando.htm>

Webcindario. (s.f.). *Alarma con teléfono móvil reciclado*. Recuperado el 29 de Diciembre de 2009, de <http://repara-tu-mismo.webcindario.com/documentos/nuevo/ALARGSM.zip>

Wikipedia. (s.f.). *Concepto de Domótica*. Recuperado el 28 de Diciembre de 2009, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Domótica>

Wikipedia. (s.f.). *Marcación por tonos*. Recuperado el 28 de Diciembre de 2009, de [wikipedia.org: http://es.wikipedia.org/wiki/Marcaci%C3%B3n_por_tonos](http://es.wikipedia.org/wiki/Marcaci%C3%B3n_por_tonos)

Wikitel. (n.d.). *Comunicaciones Móviles*. Retrieved 04 15, 2011, from http://es.wikitel.info/wiki/Categor%C3%ADa:Portal:Comunicaciones_M%C3%B3viles

SIGNIFICADO DE SIGLAS

3GPP: 3rd Generation Partnership Project (*Tercera Generación de Proyectos de Asociación*)

AM: Amplitude Modulation (*Amplitud Modulada*)

AMPS: Advanced Mobile Phone System (*Sistema Avanzado de Telefonía Móvil*)

ARIB: Association of Radio Industries and Businesses (*Asociación de Industrias y Negocios de Radio*)

AWG: American Wire Gauge (*Calibre de alambre estadounidense*)

BTS: Base Transceiver Station (*Estación Base Transceptora*)

CAI: Common Air Interface (*Interfaz Común para el Enlace Radioeléctrico*)

CDMA: Code Division Multiple Access (*Acceso Múltiple por División de Código*)

CDPD: Cellular Digital Packet Data (*Paquete de Datos Digitales Celulares*)

CMOS: Complementary Metal Oxide Semiconductor (Semiconductor Complementario de Óxido Metálico).

CEPT: Consejo Europeo de PTTs

CPU: Unidad Central de Procesamiento

D-AMPS: Digital Advanced Mobile Phone System (*Sistema Avanzado de Telefonía Móvil Digital*)

DTMF: Dual Tone Multifrequency (*Multi-Frecuencia de Doble Tono*)

EDGE: Enhanced Data Rates aplicado a GSM Evolution (*Tasas de Datos Mejoradas Aplicadas la Evolución GSM*)

EEPROM: Electrical Erasable Programmable Read Only Memory (*Memoria Programable y Borrable de Sólo Lectura*)

EMS: Enhanced Messaging Services (*Servicio de Mensajería Mejorada*)

EUSART: Enhanced Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (*Mejorado Receptor Transmisor Sincrónico Asincrónico Universal*)

FCC: Forward Control Channel (*Canal de Control Directo*)

FDMA: Frequency Division Multiple Access (*Acceso Múltiple por División de Frecuencia*)

FM: Frequency Modulation (*Frecuencia Modulada*)

FPLMTS: Future Public Land Mobile Telecommunications Systems (*Futuros Sistemas Públicos de Telecomunicaciones Móviles Terrestres*)

FTP: Foil Twisted Pair (*Par trenzado laminado*)

FVC: Forward Voice Channel (*Canal de Control de Tráfico Directo*)

GPRS: General Packet Radio Service (*Servicio General de Paquetes de Radio*)

GSM: Global System for Mobile Communications or Group Special Mobile (*Sistema Global para Comunicaciones Móviles o Grupo Móvil Especial*)

HF: High Frequency (*Altas Frecuencias*)

HSDPA: High Speed Downlink Packet Access (*Acceso Descendente de Paquetes a Alta Velocidad*)

HSUPA: High Speed Uplink Packet Access (*Acceso Ascendente de Paquetes a Alta Velocidad*)

HSPA: High Speed Packet Access (*Acceso de Paquetes a Alta Velocidad*)

ICSP: In-Circuit Serial Programming (*Programación Serial en Circuito*)

IDE: Integrated Development Environment (*Entorno de Desarrollo Integrado*)

IMT-2000: International Mobile Telecommunications-2000 (*Telecomunicaciones Móviles Internacionales-2000*)

ISDN: Integrated Services Digital Network (*Red Digital de Servicios Integrados*)

ITU: International Telecommunications Union (*Unión Internacional de Telecomunicaciones*)

LED: Light Emissor Diode (*Diodo emisor de Luz*)

LTE: Long Term Evolution (*Evolución a Largo Plazo*)

MMS: Multimedia Messaging Service (*Servicio de Mensajería Multimedia*)

MSC: Mobile Switching Center (*Centro de Conmutación Móvil*)

MTSO: Mobile Telephone Switching Office (*Central de Control de Teléfonos Celulares*)

NMT: Nordic Mobile Telephone (*Telefonía Móvil de Noruega*)

NTT: Nippon Telegraph & Telephone Corp. (*Corporación Japonesa de Telegrafía y Telefonía*)

PCS (2G): Personal Communications Services (*Servicios de Comunicaciones Personales*)

PDC: Personal Digital Communications (*Comunicaciones Digitales Personales*)

PIC: Peripheral Interface Controller (*Controlador de Interfaz Periférico*)

PIR: Passive Infra Red (*Infra rojo Pasivo*)

POR: Power on Reset (*Encendido en Reset*)

PSTN: Public Switched Telephone Network (*Red Pública de Telefonía Conmutada*)

PWM: Pulse-Width Modulated (*Ancho de Pulso Mejorado*)

PWRT: Power up Timer (*Temporizador en encendido*)

RAM: Random Access Memory (*Memoria de acceso aleatorio*)

RCC: Reverse Control Channel (*Canal de Control Reverso*)

RISC: Reduced Instruction Set Computer (*Conjunto Computarizado de Instrucciones Reducidas*)

ROM: Read Only Memory (*Memoria de sólo lectura*)

RVC: Reverse Voice Channel (*Canal de control de Tráfico Reverso*)

SDR: Software Defined Radios (*Software Define las Radios*)

SMS: Short Message Service (*Servicio de Mensajería Corta*)

TACS: Total Access Communications System (*Sistema de Comunicaciones de Total Acceso*)

TCH: Traffic Channel (*Canal de Tráfico*)

TDMA: Time Division Multiple Access (*Acceso Múltiple por División de Tiempo*)

TD-CDMA: Time Division-CDMA (*División de Tiempo-Acceso Múltiple por División de Código*)

TD-SCDMA: Time Division - Synchronous Code Division Multiple Access (*División de Tiempo - Acceso Múltiple Síncrono por División de Código*)

TRAU: Transcode and Rate Adaptation Unit (*Unidad de Adaptación de tasa y Transcodificación*)

TTL: Transistor-Transistor Logic (*Lógica de Transistor - Transistor*)

UMTS: Universal Mobile Telecommunications System (*Sistema de Comunicaciones Móviles Universales*)

UPC: Unidad de Policía Comunitaria

USART: Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (*Receptor Transmisor Síncrono Asíncrono Universal*)

UTP: Unshielded Twisted Pair (*Par Trenzado sin Blindaje*)

URL: Uniform Resource Locator (Localizador Uniforme de Recursos)

UWC-136: Universal Wireless Communications-136 (*Comunicaciones Inalámbricas Universales*)

VHF: Very High Frequency (*Muy Altas Frecuencia*)

XBS: Wireless Local Loop (*Bucle Local Inalámbrico*)

WDT: Watchdog Timer (*Temporizador de Guarda*)

WWRF: Wireless World Research Forum (Foro Investigativo Inalámbrico Mundial)

W-CDMA: Wideband CDMA (CDMA de Banda Ancha)

ANEXOS

(Los 4 anexos se encuentran en formato digital en el CD)