

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE UNA PLATAFORMA
DE TELE-CUIDADO POR MEDIO DE TELE-UBICACIÓN DE
PERSONAS EN RIESGO (ANCIANOS, DISCAPACITADOS,
EPILEPTICOS, ENFERMOS DEL CORAZÓN,
DIABÉTICOS, ALZHEIMER, ETC)**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

CARRILLO SAMPEDRO CARLOS SANTIAGO
carloscarrillo1984@hotmail.com

VILLAGRÁN SÁNCHEZ BRITHER ANDRÉS
darkangelbrither@hotmail.com

DIRECTOR: DR. ROBIN ÁLVAREZ RUEDA
arobin7es@yahoo.es

Quito, junio 2008

DECLARACIÓN

Nosotros, Carlos Santiago Carrillo Sampedro y Brither Andrés Villagrán Sánchez, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Carlos Santiago Carrillo Sampedro

Brither Andrés Villagrán Sánchez

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Carlos Santiago Carrillo Sampedro y Brither Andrés Villagrán Sánchez, bajo mi supervisión.

Dr. Robin Álvarez Rueda
DIRECTOR DEL PROYECTO

CONTENIDO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN: ESTADO DEL ARTE DEL TELECUIDADO	17
1.1 ¿QUÉ ES TELECUIDADO? DEFINICIÓN, OBJETIVO Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	18
1.1.1 DEFINICIÓN	18
1.1.2 OBJETIVOS Y CARACTERÍSTICAS	20
1.1.2.1 Disponibilidad	22
1.1.2.2 Conveniencia	22
1.1.2.2.1 Accesibilidad	22
1.1.2.2.2 Seguridad en la operación	22
1.1.2.2.3 Efectividad	23
1.1.2.2.4 Asequibilidad	23
1.1.2.3 Ética y no intrusión	23
1.2 ORÍGENES Y DESARROLLO	24
1.3 IMPULSORES DE LA TELEMEDICINA Y TELECUIDADO	26
1.3.1 IMPULSORES TECNOLÓGICOS	26
1.3.1.1 Computación y Tecnologías de la Información (TIs)	26
1.3.1.2 Infraestructura de Red y Telecomunicaciones	27
1.3.1.3 Sociedad tecnológica	27
1.3.2 IMPULSORES NO TECNOLÓGICOS	28
1.3.2.1 Ampliación del acceso a servicios de cuidado de la Salud	28
1.3.2.2 Telecuidado en el hogar	29
1.3.2.3 Reducción de los costos	29
1.3.2.4 Políticas y estrategias de salud	30
1.4 TECNOLOGÍA UTILIZADA EN TELEMEDICINA Y TELECUIDADO	30
1.4.1 TEXTO Y DATOS	31
1.4.2 AUDIO	31
1.4.3 IMÁGENES ESTÁTICAS	32
1.4.4 VIDEO	33
1.4.5 DISPOSITIVOS COMERCIALES DE TELECUIDADO Y TELEMEDICINA	34
1.4.6 TELECOMUNICACIONES	36
1.4.6.1 PSTN (Red de Telefonía Pública Conmutada)	37
1.4.6.2 ISDN (Red Digital de Servicios Integrados)	37
1.4.6.3 Satélite	37
1.4.6.4 Tecnologías Inalámbricas	38

1.5	INTEGRACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS	40
1.6	ESTADO ACTUAL DE LA TELEMEDICINA Y TELECUIDADO.	44
1.7	EL FUTURO PARA EL TELECUIDADO Y TELEMEDICINA	46

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS DE GSM, SERVICIO DE MENSAJES CORTOS DE TEXTO (SMS), SISTEMAS GPS, SOFTWARE DE UBICACIÓN EN MAPAS DIGITALES Y BASES DE DATOS **48**

2.1	EL SISTEMA GSM	49
2.1.1	INTRODUCCIÓN	49
2.1.2	BREVE HISTORIA	50
2.1.3	ARQUITECTURA DE LA RED GSM: UNA RED DE CELDAS	52
2.1.4	DESCRIPCIÓN DE LOS SUBSISTEMAS DE GSM	54
2.1.4.1	Mobile Station (MS)	55
2.1.4.2	Subscriber Identity Module (SIM)	55
2.1.4.3	Base Transceiver Station (BTS)	55
2.1.4.4	Base Station Controller (BSC)	55
2.1.4.5	Transcoding Rate and Adaptation Unit (TRAU)	55
2.1.4.6	Mobile Services Switching Center (MSC)	56
2.1.4.7	Home Location Register (HLR)	56
2.1.4.8	Visitor Location Register (VLR)	56
2.1.4.9	Equipment Identity Register (EIR)	57
2.1.5	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL INTERFAZ AÉREO	58
2.1.5.1	Bandas de Frecuencia	58
2.1.5.1.1	GSM 900 y GSM 1800	58
2.1.5.1.2	GSM 850	59
2.1.5.1.3	GSM 1900	60
2.1.5.2	Acceso al medio y velocidad de transmisión	61
2.1.5.3	Modulación	61
2.1.5.4	Codecs	61
2.1.6	SEGURIDAD EN GSM	61
2.2	SERVICIO DE MENSAJES CORTOS DE TEXTO (SMS)	62
2.2.1	INTRODUCCIÓN	62
2.2.2	BENEFICIOS DE SMS	63
2.2.3	ARQUITECTURA Y ELEMENTOS DE LA RED	65
2.2.3.1	External Short Message Entities (ESME)	65

2.2.3.2	Short Message Service Center (SMSC)	66
2.2.4	SMS Y GSM	66
2.2.4.1	Tamaño de los mensajes	67
2.2.5	SMS Y COMANDOS AT	69
2.3	SISTEMAS GPS	69
2.3.1	INTRODUCCIÓN	69
2.3.2	MODO DE OPERACIÓN	70
2.3.3	ESTRUCTURA DEL SISTEMA	71
2.3.3.1	Segmento Espacial	71
2.3.3.2	Segmento de control	72
2.3.3.3	Segmento de Usuario	73
2.3.4	SEÑALES DE NAVEGACIÓN, EFEMÉRIDES, ALMANAQUE, CÓDIGOS Y FRECUENCIAS DE GPS	74
2.3.5	PRECISIÓN Y FUENTES DE ERRORES	77
2.3.6	TÉCNICAS PARA MEJORAR LA EXACTITUD	79
2.3.6.1	Aumento (<i>Augmentation</i>)	79
2.3.6.1.1	Wide Area Augmentation System (WAAS)	80
2.3.6.1.2	GPS Diferencial (DGPS)	80
2.3.6.2	Monitoreo Preciso	80
2.3.6.3	Modernización de GPS	81
2.3.7	INTEGRACIÓN CON TELEFONÍA MÓVIL	81
2.3.8	APLICACIONES	82
2.4	SOFTWARE DE UBICACIÓN EN MAPAS DIGITALES	82
2.4.1	INTRODUCCIÓN	82
2.4.2	ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN DE UN GIS	84
2.4.2.1	Adquisición de datos gráficos	84
2.4.2.2	Digitalización	84
2.4.2.3	Edición	85
2.4.2.4	Topología	85
2.4.2.5	Transformación de Coordenadas	85
2.4.3	SOFTWARE GIS	86
2.5	BASES DE DATOS	86
2.5.1	INTRODUCCIÓN	86
2.5.2	MODELOS DE BASES DE DATOS	87
2.5.2.1	Bases de datos jerárquicas	88
2.5.2.2	Base de datos de red	88

2.5.2.3	Base de datos relacional	88
2.5.2.4	Bases de datos orientadas a objetos	89
2.5.2.5	Bases de datos documentales	90
2.5.2.6	Base de datos deductivas	90
2.5.2.7	Gestión de bases de datos distribuida	90
2.5.3	ESTRUCTURA INTERNA DE LA BASE DE DATOS	90
2.5.3.1	Diseño físico y almacenamiento	90
2.5.3.1.1	Indexación	91
2.5.3.2	Transacciones y concurrencia	91
2.5.3.3	Replicación	92
2.5.3.4	Seguridad	93
2.5.3.5	Bloqueo	93
2.5.4	SISTEMAS DE GESTIÓN DE BASES DE DATOS (DBMS)	93
2.5.4.1	Requisitos de los Sistemas de Gestión de Bases de Datos	93
2.5.4.2	Ventajas	95
2.5.4.3	Desventajas	95
2.5.4.4	Software DBMS	95
2.5.4.4.1	Software Libre	95
2.5.4.4.2	Software Gratuito	96
2.5.4.4.3	Software Comercial	96

CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL HARDWARE **97**

3.1	CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO	98
3.2	DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DEL MÓDULO DE USUARIO	100
3.2.1	GPS	100
3.2.1.1	Características físicas y eléctricas del receptor GPS Universal Deluo	101
3.2.1.2	Características del entrada/salida utilizadas por el GPS	103
3.2.2	TELÉFONO CELULAR	109
3.2.2.1	Comandos para la lectura de mensajes de texto en el celular	111
3.2.2.2	Comandos para enviar mensajes de texto con el celular	113
3.2.2.3	Características del teléfono elular escogido para el diseño	113
3.2.3	MICROCONTROLADOR	114
3.3	DESARROLLO DEL DISEÑO	116
3.3.1	INTERACCIÓN ENTRE EL MICROCONTROLADOR Y EL GPS	116
3.3.2	INTERACCIÓN MICROCONTROLADOR - CELULAR	127

3.3.2.1	Lectura de mensajes de petición de posicionamiento	131
3.3.2.2	Envío de mensajes con información de posicionamiento	134
3.3.3	INTERACCIÓN GPS – MICROCONTROLADOR - CELULAR	136
3.3.4	ACTIVACIÓN Y MANEJO DE LAS ALARMAS	139
3.3.5	DISEÑO DEL HARDWARE DE RECEPCIÓN	141

CAPÍTULO 4: DISEÑO DEL SOFTWARE **144**

4.1	CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO	145
4.2	ELEMENTOS A USARSE EN EL DISEÑO	146
4.2.1	COMUNICACIÓN CON EL CELULAR Y PROCESAMIENTO DE LOS MENSAJES	146
4.2.1.1	SMS y el formato PDU	146
4.2.1.2	Software para envío y recepción de mensajes de texto	150
4.2.2	ADMINISTRACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LOS SUJETOS EN RIESGO	155
4.2.3	UBICACIÓN EN MAPAS DIGITALES	157
4.2.3.1	Software de Ubicación Geográfica	157
4.2.3.2	Visual Basic y los Mapas Digitales	161
4.3	DESARROLLO DEL DISEÑO	166
4.3.1	VISUAL BASIC Y EL INTERFAZ GRÁFICO	166
4.3.2	ADMINISTRACIÓN DE LA BASE DE DATOS.	170
4.3.2.1	Búsqueda de Usuarios (Sujetos en riesgo)	173
4.3.2.2	Adición de usuarios	178
4.3.2.3	Edición de usuarios	182
4.3.2.4	Administración de los datos de Enfermedades y Médicos	183
4.3.3	INTERACCIÓN CON EL TELÉFONO CELULAR	185
4.3.4	ENVÍO DE LA INFORMACIÓN AL SOFTWARE DE POSICIONAMIENTO GEOGRÁFICO	193

CAPÍTULO 5: INTEGRACIÓN DE SUBSISTEMAS, PRUEBAS Y COSTOS **198**

5.1	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO BÁSICO DEL MÓDULO DE USUARIO	199
5.2	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO BÁSICO DEL MÓDULO DE UBICACIÓN	203
5.2.1	RESULTADOS DE LA BÚSQUEDA EN LA BASE DE DATOS	206
5.2.2	RESULTADOS DE LA ADICCIÓN DE USUARIOS	208
5.2.3	RESULTADOS DE LA EDICIÓN DE USUARIOS	210
5.3	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO DE USUARIO Y DEL MÓDULO DE UBICACIÓN EN CONJUNTO	213

5.3.1	ACTIVACIÓN POR EL BOTÓN DE PÁNICO	214
5.3.2	ACTIVACIÓN POR UN MÓDULO EXTERNO	215
5.3.3	ACTIVACIÓN POR SOLICITUD DEL MÓDULO DE UBICACIÓN	215
5.4	CÁLCULO DE COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	220

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **222**

GLOSARIO **227**

BIBLIOGRAFÍA **243**

ANEXO I: CÓDIGO FUENTE DEL MÓDULO DE USUARIO **1**

ANEXO 2: ESQUEMÁTICOS Y DIAGRAMAS PCB **1**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Elementos del sentimiento de cuidado humano.....	19
Figura 1-2 Tecnología de video usada en el mundo.	34
Figura 1-3 Integración de tecnologías en Telemedicina.....	43
Figura 1-4 Integración de tecnologías en Telecuidado.....	43
Figura 2-1 Estructura básica de una red celular, un área determinada es cubierta por un conjunto de celdas, definidas por una estación base y una frecuencia.....	53
Figura 2-2 Arquitectura de la una PLMN.	54
Figura 2-3 Subsistema de la Estación Base (BSS).	56
Figura 2-4 Área MSC.	57
Figura 2-5 Canales y bandas de frecuencia de GSM 900 y GSM 1800 en downlink.	59
Figura 2-6 Canales y bandas de frecuencia de GSM 850 en downlink.	60
Figura 2-7 Canales y bandas de frecuencia de GSM 850 en downlink.	60
Figura 2-8 Arquitectura de la red SMS.	65
Figura 2-9 Segmentos del Sistema GPS.....	71
Figura 2-10 Esquema de modulación en la banda L1 usando el código C/A.....	76
Figura 2-11 Organización de la información espacial en capas en un GIS.....	83
Figura 3-1 Diagrama de bloques del módulo de usuario.....	99
Figura 3-2 Sistema de navegación GPS para automóviles.	100
Figura 3-3 Receptor GPS Universal Deluo.....	101
Figura 3-4 Conector de receptor GPS Universal Deluo.....	102
Figura 3-5 Orden de envío de las sentencias NMEA.	108
Figura 3-6 Inicio de comunicación entre el PC y el teléfono móvil, con eco activado.....	110
Figura 3-7 Eliminación del eco en la comunicación entre el PC y el teléfono móvil.	110
Figura 3-8 Inicio de comunicación entre el PC y el teléfono móvil con eco desactivado.....	110

Figura 3-9 Envío de comandos para leer mensajes nuevos.	112
Figura 3-10 Distribución de pines en el puerto de comunicaciones del Sony Ericsson T290a.	114
Figura 3-11 Disposición de pines del PIC16F876.	115
Figura 3-12 Estructura de un diodo bicolor.	123
Figura 3-13 Diagrama de flujo chequeo del GPS.	124
Figura 3-14 Diagrama de flujo chequeo de conexión de celular.	128
Figura 3-15 Diagrama de flujo de lectura de mensajes.	132
Figura 3-16 Diagrama de flujo envío de mensajes de posicionamiento.	135
Figura 3-17 Diagrama de conexión usado para el PIC y el celular.	136
Figura 3-18 Multiplexación del puerto serial del PIC.	137
Figura 3-19 Diagrama de flujo de operación completa.	139
Figura 3-20 Circuito del botón de pánico.	141
Figura 3-21 Conexión para los módulos externos.	141
Figura 3-22 Circuito cambiador de niveles TTL/RS232.	142
Figura 3-23 Adaptación de entrada serial para el celular.	143
Figura 4-1 Opción para calibrar una nueva imagen de mapa.	158
Figura 4-2 Ingreso de puntos con coordenadas reales.	159
Figura 4-3 Mapa georeferenciado de un sector de Quito.	160
Figura 4-4 Información de satélites a la vista del GPS.	161
Figura 4-5 Diagrama multiplexación de datos.	162
Figura 4-6 Elección de la entrada para el puerto virtual en GPS Gate.	163
Figura 4-7 Elección de puertos virtuales de salida.	164
Figura 4-8 Menú principal.	166
Figura 4-9 Información del sujeto en riesgo.	168
Figura 4-10 Barra de botones de posicionamiento.	168
Figura 4-11 Peticiones de ayuda remota registradas.	169
Figura 4-12 Botones de monitoreo.	170
Figura 4-13 Barra de estado SSAI.	170

Figura 4-14 Relaciones entre tablas de la base de datos.	173
Figura 4-15 Form para búsqueda de usuarios.	174
Figura 4-16 Cuadro de mensaje al no tener resultado de la búsqueda.....	175
Figura 4-17 Ventana para agregar usuarios.....	179
Figura 4-18 Comprobación datos de familiares.....	180
Figura 4-19 Formulario de edición de usuarios.	182
Figura 4-20 Form para agregar enfermedades.	184
Figura 4-21 Form para agregar médicos.....	184
Figura 4-22 Inclusión de librerías dinámicas en el proyecto.....	185
Figura 4-23 Ventana de configuración de comunicación.....	186
Figura 4-24 Diagrama de flujo función getResult.....	189
Figura 4-25 Trama enviada por el Módulo de Usuario.	190
Figura 4-26 Configuración de comunicaciones.	193
Figura 4-27 Algoritmo de delay.	194
Figura 5-1 Indicador visual de estado de GPS (desconexión con satélites).....	200
Figura 5-2 Indicador visual de estado de GPS (desconexión).....	201
Figura 5-3 Indicador de desconexión del celular.	201
Figura 5-4 Trabajo normal del módulo de usuario.....	202
Figura 5-5 Ejecución del software SSAI.....	204
Figura 5-6 Aviso mostrado al no encontrar un celular conectado.....	204
Figura 5-7 Barra de estado notificando desconexión de celular.....	205
Figura 5-8 Barra de estado notificando ausencia de SIM Card.....	205
Figura 5-9 Barra de estado notificando operación normal.....	205
Figura 5-10 Búsqueda que arroja resultados.	206
Figura 5-11 Búsqueda que no arroja resultados.	207
Figura 5-12 Visualización de datos completos de usuario.	207
Figura 5-13 Visualización de datos del usuario sin fotografía.	208
Figura 5-14 Ventana para agregar usuarios.....	209
Figura 5-15 Control de errores en la adición de usuarios.....	209

Figura 5-16 Adición de usuarios con éxito.	210
Figura 5-17 Ventana de edición de usuarios.....	211
Figura 5-18 Actualización correcta de los datos de un usuario.	212
Figura 5-19 Control de errores en la edición de usuarios.....	213
Figura 5-20 LED de alarma encendido.....	216
Figura 5-21 Llegada de información al centro de ayuda.	217
Figura 5-22 Habilitación del botón Ubicar en el Mapa.....	218
Figura 5-23 Ubicación en el mapa digital.	218
Figura 5-24 Emergencia atendida.	219

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Clasificación de los diferentes tipos de dispositivos de monitoreo	34
Tabla 2-1 Alfabeto GSM de 7 bits descrito en 3GPP TS 23.038. Las filas representan los dígitos menos significativos, las columnas los dígitos más significativos, así el caracter % es representado por 0x25.....	68
Tabla 2-2 Fuentes de error del Sistema GPS.....	78
Tabla 3-1 Descripción de pines del conector del receptor GPS.	102
Tabla 4-1 Campos del mensaje PDU recibido.....	148
Tabla 4-2 Adición de bits a septetos para convertirlos en octetos.....	149
Tabla 4-3 Campos de trama PDU para enviar mensajes.	149
Tabla 4-4 Propiedades y métodos de la clase GsmOut.	153
Tabla 4-5 Propiedades y métodos de la clase GsmIn.	154
Tabla 5-1 Tiempo de respuesta al presionar el botón de alarma.	214
Tabla 5-2 Tiempos de respuesta activación de alarma de módulo externo.	215
Tabla 5-3 Tiempos de respuesta activación por solicitud de módulo ubicación.	216
Tabla 5-4 Costos módulo de usuario.....	221
Tabla 5-5 Costos del hardware en recepción.....	221

ÍNDICE DE BLOQUES DE CÓDIGO

Código 3-1 Directivas de pre-procesador básicas.....	117
Código 3-2 Envío de comando de configuración GPGLL al GPS.....	118
Código 3-3 Creación de función de configuración GPGLL.....	119
Código 3-4 Función de recepción de sentencia GPGLL.	120
Código 3-5 Declaración de variables de control de recepción serial.	121
Código 3-6 Recepción de sentencia GPGLL con control de errores.	122
Código 3-7 Recepción de sentencia GPGLL con control de errores completo. .	127
Código 3-8 Comprobación de conexión de celular.....	130
Código 3-9 Configuración de formato y memoria en el celular.....	133
Código 3-10 Código de interrupción externa de botón de alerta.	140
Código 4-1 Programación de datos en combo box criterio de búsqueda.	174
Código 4-2 Sentencias SQL de selección por apellidos.....	175
Código 4-3 Ubicación de resultado de búsqueda de usuarios.	176
Código 4-4 Ubicación de los datos en la sección de información.....	176
Código 4-5 Sentencia SQL para selección de datos.....	177
Código 4-6 Paso de información personal.	177
Código 4-7 Sentencia SQL para información de enfermedades.	177
Código 4-8 Despliegue información de enfermedades.....	178
Código 4-9 Sentencia SQL para mostrar la lista de enfermedades.....	179
Código 4-10 Ingreso datos personales nuevos a base de datos.....	180
Código 4-11 Ingreso de enfermedades de usuario nuevo.....	181
Código 4-12 Información inicial para edición de usuarios.	183
Código 4-13 Declaración de clases de librería dinámica.....	185
Código 4-14 Creación de objetos de librería dinámica.....	186
Código 4-15 Configuración del control MSCOM.....	187
Código 4-16 Manejo de errores de puertos seriales.....	187
Código 4-17 Configuración de objeto Gsmln.....	188
Código 4-18 Código que guarda información en archivo txt.....	190

Código 4-19 Implementación algoritmo delay.	195
Código 4-20 Programación de envío de secuencia de teclado.	196
Código 4-21 Envío de datos de posicionamiento a OziExplorer.....	197

RESUMEN

La presente monografía describe los procedimientos, procesos y fundamento teórico necesarios para la implementación de un prototipo de una Plataforma de Tele-cuidado, por medio de Tele-Ubicación, de personas en riesgo, como ancianos, discapacitados, epilépticos, enfermos del corazón, diabéticos, Alzheimer, etc. Para esto se ha dividido este trabajo escrito en 6 capítulos, que se detallan a continuación.

El capítulo 1, es una introducción al estado del arte del Telecuidado, sus definiciones, objetivos y características principales, así como sus orígenes, desarrollo y sus agentes promotores, de la tecnología usada en esta disciplina además de una visión a su estado actual y de su futuro junto con el de la Telemedicina.

El capítulo 2, es un resumen de cada una de las tecnologías usadas en el desarrollo del prototipo. Comenzando por una descripción breve del Sistema GSM y del Servicio de Mensajes Cortos de Texto, pasando por el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y describiendo además el software de ubicación y manejo de mapas digitales, finalizando con un vistazo a las bases de datos. Todos y cada uno de estos sistemas fue utilizado en alguna parte del desarrollo y construcción del prototipo, y dada la amplitud de algunos de estos temas se decidió describir solo las partes que se consideraron importantes, o que fueron necesarias su comprensión en la etapa de diseño.

El capítulo 3, describe las consideraciones técnicas del diseño, como el dimensionamiento de los diferentes componentes del módulo de usuario, comandos de manejo del teléfono celular, y principales características del microprocesador usado. Además de un detallado proceso del desarrollo del código fuente del microcontrolador, para el manejo de cada uno de los elementos externos.

El capítulo 4, describe las consideraciones técnicas y el desarrollo del software de administración de la Central de Auxilio, el cual se encarga del manejo de los mensajes de texto entrantes, la decodificación de las tramas, la administración de la base de datos de los clientes y el uso incorporado del software de manipulación de mapas digitales.

El capítulo 5, describe las pruebas de funcionamiento del todo el sistema con todos sus componentes ya integrados y funcionando en conjunto, así como un cálculo de los costos de los materiales utilizados en el desarrollo e implementación del prototipo de la plataforma.

El capítulo 6, contiene las conclusiones y recomendaciones de este trabajo.

PRESENTACIÓN

El Telecuidado se puede desplegar de muchas formas dependiendo del sector poblacional que se quiere proteger. En este caso está orientado a personas que tienen un estado de salud estable pero que pueden recaer en cualquier momento. La Teleubicación pretende dar libertad a dichas personas para poder vivir independientemente de forma segura, reduciendo el tiempo de respuesta en caso de emergencia ubicándolas fácilmente si se presenta una. Para esto se utilizó un circuito electrónico que obtiene la posición geográfica exacta de la persona desde un GPS y la envía al centro de ayuda para desplegarla en un mapa de la ciudad, además se puede observar la información clínica y de contactos para un mejor manejo de la emergencia. El sistema estará listo para recibir conexiones de módulos externos que monitoreen signos y síntomas como glucosa en la sangre, ritmo cardíaco, presión arterial, etc., alertando de esta forma al cuidador o al centro de ayuda de un posible fallo en la salud.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN: ESTADO DEL ARTE DEL TELECIDADO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN ESTADO DEL ARTE DEL TELECUIDADO

El presente capítulo tiene por objetivo dar una breve visión de la definición, características principales, desarrollo, factores que impulsan la investigación, tecnologías, equipos utilizados y estado actual del Telecuidado.

1.1 ¿QUÉ ES TELECUIDADO? DEFINICIÓN, OBJETIVO Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

El gran avance de las Telecomunicaciones permite en la actualidad utilizarlas en muchos otros campos fuera de los ya conocidos. Uno de esos campos es el Sistema Sanitario, que se dedica al cuidado y bienestar de los seres humanos, es por esto que se ha promovido la investigación de la Telemedicina, el Telecuidado y la Telesalud.

En muchas universidades alrededor del mundo se desarrollan programas de investigación e implementación de sistemas que permitan atender de mejor manera a las personas tanto dentro como fuera de su hogar y hacer esto de forma muy poco invasiva.

Es importante destacar que el Telecuidado es una derivación de la Telemedicina, es una subdisciplina que se enfoca en un grupo de pacientes en particular, como veremos más adelante, pero que comparte mucho con la disciplina mayor.

1.1.1 DEFINICIÓN

La definición del término “telecuidado” es un tanto complicada porque, en primer lugar, es una nueva tecnología que se renueva constantemente, se pueden tomar diferentes puntos de vista para su definición y depende del contexto social donde se desarrolla dicha tecnología. Muchas personas usan los términos “tecnología electrónica de asistencia” y “tecnología preventiva” para referirse al telecuidado.

Hasta la actualidad existen tres formas de tratar de entender el significado de este término:

- Enlistando los equipos que se utilizan
- Utilizando las raíces de la palabra, ‘tele’ y ‘cuidado’

- Considerando las definiciones que han sido propuestas y analizando la implicación y el alcance de las mismas.

La primera forma puede ser descartada inmediatamente porque no se tiene flexibilidad para el análisis, además como se escribió en el párrafo anterior, la tecnología se renueva constantemente y si se desarrollan equipos y metodologías se debe discutir si entran o no en el concepto.

La segunda forma merece más atención. La parte ‘tele’ proviene del griego antiguo que significa ‘a distancia’. Pero ¿qué es cuidado? Generalmente se toma como la asistencia o ayuda con cosas que no se pueden hacer por uno mismo. Pero, “estar cuidado” tiene un tono que no es muy agradable, implica la pérdida de la independencia, entonces lo que se necesita es un servicio, no un cuidado.

El sentirse cuidado es una necesidad humana básica y tiene cuatro elementos inseparables que se muestran en la figura 1-1:

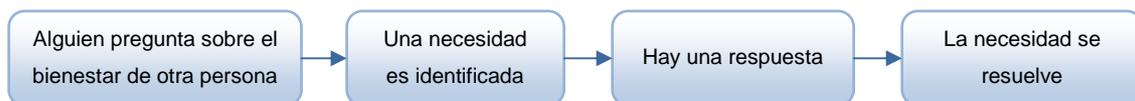


Figura 1-1 Elementos del sentimiento de cuidado humano

Si la cadena de la figura anterior falla en cualquier punto, no se presenta la sensación de estar cuidado. Entonces, ¿cómo ayuda esto a definir telecuidado? Pues nos lleva a pensar que el telecuidado es un sistema que incluye una respuesta. Es decir: buscar información sobre el bienestar de una persona, identificar una necesidad y ejecutar una respuesta que resuelva esa necesidad.

Se puede dar una primera definición de telecuidado:

“Telecuidado es el cuidado que se provee a distancia usando tecnologías de la información y la comunicación”¹.

¹ Curry et al, *Telecare: Using Information and Communication Technology to Support Independent Living by Older, Disabled and Vulnerable People*.

En esta definición se puede notar que no se menciona la respuesta activada tecnológicamente. La tecnología de la información y comunicaciones incluye el teléfono estándar, el que mucha gente no considera como un dispositivo de telecuidado como tal. Por esta razón los autores ahondaron más en la definición proporcionando la siguiente:

“La entrega remota o mejorada de salud y servicios sociales a las personas en su propio hogar por medio de las telecomunicaciones y sistemas computarizados”.

Se puede entonces dar una definición general tomando las ideas mencionadas anteriormente:

“Telecuidado es un servicio que usa las tecnologías de la información y de la comunicación para transferir información médica fruto del monitoreo continuo, automático y remoto de emergencias o cambios del estilo de vida con el objetivo de manejar riesgos asociados con la vida de forma independiente”².

Esta definición se podría considerar apropiada ya que contempla:

- ¿Qué hace la tecnología? Monitoreo remoto, continuo y automático.
- ¿Qué se monitorea? Emergencias o cambios del estilo de vida en el tiempo.
- ¿Para qué se monitorea? Para manejar riesgos asociados con la vida de forma independiente. Se cubre implícitamente la respuesta, porque sin una apropiada, los riesgos no pueden ser manejados.

1.1.2 OBJETIVOS Y CARACTERÍSTICAS

El propósito principal del Telecuidado es brindar un servicio médico que cubre el aspecto preventivo, de supervisión y curativo a personas que son comúnmente pacientes con una condición médica estable y que tienen una vida relativamente

² Esta definición se desarrolla partiendo del concepto que el autor Steve Hards da en su paper “What is Telecare?” Mayo 2006.

normal pero cuya salud se puede deteriorar repentinamente e incluso su vida puede ponerse en riesgo.

El servicio debe ser brindado de tal forma que mejore la calidad de vida de las personas que están expuestas a peligros debido a su estado de salud y muchas veces a su edad, el nivel de vida mejora cuando se habilita a los sujetos vulnerables para vivir independientemente en la comunidad de forma segura.

Sin duda podemos afirmar que el mejor lugar en donde podemos estar es en nuestro propio hogar, pues este servicio trata de hacer eso, evaluar aspectos de salud, brindar asistencia remota o detectar a tiempo emergencias para evitar lesiones graves o incluso la muerte pero sin la necesidad de estar atado a una sala de hospital.

Muchas enfermedades que presentan complicaciones, pueden ser llevadas de forma adecuada si se monitorean ciertos síntomas que permiten reconocer problemas en la salud de los pacientes dando un tiempo de respuesta adecuado al equipo de cuidado para la atención respectiva. Dispositivos como electrocardiógrafos portátiles, monitores de ondas cerebrales, tensiómetros, son ahora lo suficientemente portables para no representar molestias a quienes los usan, además de los dispositivos antes mencionados, se utilizan también sensores en los hogares que eliminan un rango amplio de riesgos potenciales como ingreso de intrusos, fuego, fugas de gas, detectores de caídas, entre otros. Cuando uno de estos dispositivos activa una alarma, la plataforma de comunicaciones alerta al Centro de Monitoreo que funciona las 24h y donde operadores altamente entrenados toman la decisión más apropiada contactando al médico tratante o a un servicio de emergencia.

El Telecuidado es de mucha ayuda si se busca liberar el sistema hospitalario del problema de falta de espacio tanto en el área de emergencias debido a la escasez de camillas y a la falta de camas para pacientes que deben permanecer en los hospitales. ¿Cómo?, se pueden evitar emergencias hospitalarias mediante el monitoreo continuo de los síntomas del paciente y diseñando estrategias para

prevención de caídas o accidentes en general; y se puede evitar internar a la persona atendiéndola en su propio hogar porque se provee soporte enfocado al cuidado de enfermeros.

Las características que debe ofrecer una solución de telecuidado se basan en algunos parámetros: Los que se refieren a los usuarios son disponibilidad, conveniencia y ética y no intrusión.

1.1.2.1 Disponibilidad

Los servicios deben estar disponibles todo el tiempo ya que una emergencia puede presentarse en cualquier momento.

1.1.2.2 Conveniencia

1.1.2.2.1 Accesibilidad

Es un parámetro importante en el diseño de acuerdo a las capacidades humanas, la conciencia de los usuarios y las barreras geográficas y de tiempo.

En cuanto a las capacidades humanas, los sistemas deben tener las ayudas visuales, auditivas, sensitivas o de cualquier otra índole para facilitar el uso a personas con cualquier discapacidad; los usuarios que tienen problemas de conciencia deben tener sistemas automatizados, ya que si pierden el conocimiento, por su cuenta no pueden pedir ayuda; y las barreras geográficas y de tiempo no deben ser un obstáculo, el tiempo puede significar la diferencia entre la vida y la muerte por tanto el diseño debe contemplar tiempos de repuesta apropiados para salvar cualquier distancia hacia el paciente.

1.1.2.2.2 Seguridad en la operación

Los sistemas no deben representar un peligro para la seguridad física de los pacientes y se debe garantizar un nivel aceptable de seguridad en las comunicaciones y en los actuadores, para que los accesos no puedan ser violados por personas no autorizadas.

1.1.2.2.3 Efectividad

A la hora de evaluar de forma real las necesidades de los usuarios, ya que movilizar ayuda representa un esfuerzo, se deben descartar adecuadamente las falsas alarmas.

1.1.2.2.4 Asequibilidad

Asequibilidad económica de modelos comerciales para que puedan estar al alcance de todos.

1.1.2.3 Ética y no intrusión

Se debe respetar la privacidad de los usuarios. Al tratar con personas que generalmente no tienen una formación técnica, se debe evitar el lenguaje técnico.

El impacto visual es muy importante porque hace que los usuarios se sientan seguros y confíen en el sistema, debe ser una herramienta muy poderosa y confiable por si misma.

Las entidades que brinden el servicio deben tener muy en cuenta la **interoperabilidad** ya que productos de diferentes fabricantes pueden entrar en el ámbito del cuidado de personas desde diferentes campos.

La **integración** de diversas soluciones y diferentes dispositivos no debe ser notada por el usuario, él solo debe ver la perspectiva de un todo armonioso, además si el diseño es apto para la integración, una ampliación, actualización o reducción se puede hacer muy fácilmente.

Todo sistema está sujeto a fallas ya sea por el tiempo de uso o por eventualidades y deben poder ser atendidas, en lo posible, en un tiempo muy corto. Para evitar daños eventuales se deben realizar mantenimientos periódicos, pero el sistema debe ser lo suficientemente confiable para mantenerse en operación si ese mantenimiento no está en un futuro próximo.

Un aspecto esencial es el **adecuado tiempo de respuesta** que los servicios de emergencia deben tener ante cualquier problema que se pueda presentar, en este aspecto juega un papel muy importante la planificación con el usuario directo, su familia y el centro de atención.

Finalmente, desde el punto de vista de los proveedores de servicio, los diseños de sistemas que son portátiles deben tener un **consumo de energía**, en lo posible, mínimo, aspecto muy importante si se considera que el telecuidado proporciona independencia de vida a los usuarios y mínima intrusión para llevar una vida lo más cercana a lo cotidiano.

1.2 ORÍGENES Y DESARROLLO

Como se desarrolló anteriormente, el Telecuidado como una “disciplina” proviene directamente de la Telemedicina y se desarrolló algunos años después, podría decirse que el Telecuidado es una expansión de la Telemedicina porque provee aspectos preventivos, de asistencia y de curación, mientras que la telemedicina está más orientada al aspecto curativo, informativo y educativo, incluso sus definiciones son similares, la Telemedicina es el uso de las tecnologías de la información y comunicación para entregar servicios clínicos y educativos³.

Es importante mencionar la relación entre la Telemedicina y el Telecuidado porque ambas utilizan de forma similar las tecnologías de la información y tienen objetivos muy parecidos, de cierta forma, también comparten los mismos orígenes.

Existe confusión a la hora de determinar exactamente el origen de esta disciplina debido a que desde sus inicios no fue bien definida con instrumentación y protocolos especializados. La medicina simplemente se apropió y empezó a utilizar las nuevas tecnologías desarrolladas para otros propósitos tan pronto como estaban disponibles de forma completamente descoordinada.

El uso de los sistemas de comunicaciones de las diferentes épocas marcan las etapas de la Telemedicina. Por ejemplo, la telegrafía se utilizaba para enviar listas de pedidos y ordenes, pero fue rápidamente suplantada por el desarrollo de la radio-telegrafía de Marconi que permitía comunicaciones a largas distancias. Refiriéndose al Telecuidado, hasta la mitad de 1900 el cuidado de personas con

³ Norris, *Essentials of Telemedicine and Telecare*, p. 21.

dolencias estaba a cargo exclusivamente de enfermeras/os en el hogar del paciente y de su propia familia que conformaba un grupo de enfermería y de soporte.

A partir de 1950, coincidiendo con la masificación de la televisión en blanco y negro, se mejora en gran medida la visualización de la condición de los pacientes superando al diagnóstico dado después de una simple descripción auditiva.

De un servicio de circuito cerrado de televisión que empezó en 1955, el Instituto de Siquiatría de Nebraska desarrolló un enlace de dos vías con el Hospital Estatal de Norfolk a 193 Km. Los enlaces fueron utilizados para fines consultivos y educativos. Este proyecto es uno de los muchos ejemplos de tele-siquiatría.

También, a finales de la década de 1950 se inició un proyecto entre el Servicio de Salud Pública de Estados Unidos y la NASA para proveer cuidado médico a comunidades rurales de Indios Papago en Arizona mediante la transmisión de electrocardiogramas e imágenes de rayos X hacia centros especializados⁴. Este importante proyecto fue uno de los primeros usos de la telemedicina para extender el alcance de los servicios convencionales a comunidades rurales y en desventaja.

En los '70s, con la aparición de la tecnología satelital, la telemedicina y el telecuidado pudieron extenderse aún más. El programa de Demostración Biomédica de Alaska es uno de los ejemplos más claros, se usó para mejorar el cuidado en la salud de sus habitantes.

En la actualidad, los servicios médicos se encuentran centralizados en los hospitales o clínicas, es muy inusual ver al médico visitando a sus pacientes.

El Telecuidado fue introducido en los años '60s como un esfuerzo aislado para vencer las distancias.

El Telecuidado y la Telemedicina tuvieron un crecimiento lento hasta el final de 1980 cuando empezaron un crecimiento acelerado. La principal razón es la

⁴ Norris, *Essentials of Telemedicine and Telecare*, p. 23.

transición de las comunicaciones analógicas a digitales sumándose el rol importante de las computadoras y las tecnologías de la información.

Desde este punto, los servicios de cuidado público se soportan aún más en las tecnologías de la información y comunicaciones a través de centros de atención de emergencias telefónicas, alarmas residenciales, entre otros.

Es por esta razón que la Telemedicina y el Telecuidado deben tomar mucho en cuenta la confiabilidad de las redes de telecomunicaciones y dispositivos para no retrasar el desarrollo de estas disciplinas y por ende su despliegue masivo.

Otra consideración que se debe tomar es la relación de costo-beneficio ya que si el hardware y software no tienen costos razonables, es muy difícil que los usuarios acepten el servicio. El gobierno juega un papel importante en este desarrollo, las políticas orientadas al bienestar de las personas sobre todo a los grupos más vulnerables, hará que se incremente la inversión en la investigación y el desarrollo de una forma no lucrativa en las universidades convirtiendo a este servicio en una herramienta indispensable para mejorar la calidad de vida de los habitantes.

La sociedad en general debe aceptar la ayuda de la tecnología cambiando sus hábitos, los patrones sociales que se han heredado de generaciones anteriores; los profesionales de la salud deben analizar la ayuda que estos sistemas brindan, en fin un cambio integral de todos los grupos que al final serán beneficiados.

1.3 IMPULSORES DE LA TELEMEDICINA Y TELECUIDADO

1.3.1 IMPULSORES TECNOLÓGICOS

Entre los factores que impulsan la Telemedicina y el Telecuidado se puede nombrar:

1.3.1.1 Computación y Tecnologías de la Información (TIs)

Como casi en todos los campos de la vida, cada paso que dan las TIs expande el acceso, mejora los servicios existentes y nos brinda nuevas facilidades. Factores importantes en el progreso de la Telemedicina y el Telecuidado son el abaratamiento de los costos de equipos, tecnología electrónica incrementada en la palma de la mano o en el escritorio y la facilidad de uso. Igual importancia tiene

el incremento de la confiabilidad de los equipos. Los sistemas de Telemedicina están formados por múltiples componentes, operando muchas veces automáticamente a largas distancias y que envuelven muchas conmutaciones, aspectos analógicos/digitales y conversiones de señales visuales – sonoras – eléctricas. Con tantas interfaces, hay oportunidades muy frecuentes de que exista una incompatibilidad o malfuncionamiento del equipo, los sistemas no operarían durante mucho tiempo a menos que sean alternativas convencionales y confiables.

1.3.1.2 Infraestructura de Red y Telecomunicaciones

No es solo el poder en el escritorio o en la palma de la mano, como se menciona anteriormente, el que impulsa el avance de las TIs, también la habilidad para compartir información sobre una red local o amplia de computadores debe ser considerada con atención. El desarrollo y la convergencia de las tecnologías de la comunicación y el arreglo *confuso* de nuevos protocolos de transmisión han liderado los mayores mejoramientos y oportunidades en los servicios de Telemedicina como en muchas áreas del intercambio de información.

El bajo rendimiento que proporcionan las comunicaciones por modem que se basan en transmisión sobre cables conductores han sido suplantadas por medios y tecnologías más rápidas usando los cables de fibra óptica. La instalación de backbones de fibra alrededor del mundo ha promovido la expansión de los servicios de Telemedicina en muchos países.

Incluso la necesidad de anchos de banda mayores ha permitido la introducción de nuevos protocolos como ADSL y ATM, así como un mayor desarrollo en las tecnologías inalámbricas y satelitales. Muchas de estas tecnologías de banda ancha están compitiendo por mayor atención, un hecho favorable que repercutirá en la caída de los precios y el incremento de los valores agregados.

1.3.1.3 Sociedad tecnológica

El ritmo de los cambios tecnológicos alimenta el apetito de la sociedad por mayores velocidades, conveniencia y calidad. En ningún lugar este apetito es tan voraz como en USA, que ha sido el centro de la innovación y el progreso de la

tecnología en general y particularmente en IT. Microsoft, IBM, Intel, Motorola, Cisco son algunas de las potencias que tienen sus sedes en este país.

El pensamiento norteamericano, el gusto por la tecnología, programas gubernamentales de apoyo, han hecho que USA esté a la vanguardia de los avances en Telemedicina, no solo en investigación sino también en los movimientos más importantes del cuidado de la salud.

En definitiva, siendo la sociedad quien va a beneficiarse con el desarrollo de estos servicios, es importante que juegue un papel importante permitiendo que la tecnología esté a su disposición, entre en su hogar para mejorar su calidad de vida.

1.3.2 IMPULSORES NO TECNOLÓGICOS

La Telemedicina, y por ende el Telecuidado, tiene factores que alientan a su desarrollo. A más de los aspectos tecnológicos se tienen también aspectos como políticos, de salud pública y otros que alientan el avance de estos servicios. A continuación se describirán los más importantes.

1.3.2.1 Ampliación del acceso a servicios de cuidado de la Salud

La ampliación del acceso a estos servicios para individuos y comunidades que tienen acceso limitado, mal distribuido y precario ha motivado a los desarrolladores desde el inicio hasta nuestros días. Entre los beneficiarios se incluyen pacientes que viven en áreas rurales con pocos profesionales médicos y personas que viven en lugares de difícil acceso. La Telemedicina puede superar estos inconvenientes y reducir los riesgos médicos y económicos.

La falta de servicios médicos para quienes viven lejos de los centros de atención no es exclusivo, también se tienen a personas reclusas en cárceles e instituciones mentales. La Telemedicina puede ayudar a su atención evitando los costos y el peligro que representa transportar a estos pacientes hacia el exterior.

Una posición similar está detrás de la provisión de servicios de Telecuidado para personas con edad avanzada o discapacidad en su entorno.

1.3.2.2 Telecuidado en el hogar

El Telecuidado ha presentado un incremento en la atención desde mediados de los 90s ya que, según estadísticas de naciones desarrolladas, se ha incrementado la población que supera los 65 años en una relación 10 a 1 por cada bebé recién nacido; se tiene estimado que para el 2050 las personas mayores de 60 años representarán el 32% de la población mundial y superarán por primera vez en la historia el número de niños. En las naciones en desarrollo el porcentaje de población anciana se elevará de 13% a 34% de la población total para el año 2050.

El incremento en la proporción de las personas ancianas también cambia el perfil de enfermedades e incrementa la incidencia de condiciones crónicas y de largo plazo. La importancia de Telecuidado es dual; la mayoría de las personas de edad avanzada prefieren vivir sus vidas en sus propios hogares y los proveedores de cuidado médico pueden reducir los costos dando asistencia médica en los hogares en lugar de hospitalizaciones costosas.

Al mismo tiempo, puede ser posible reemplazar las visitas a casa por tele-visitas en las que una enfermera de cuidado en el hogar conversa con un paciente mediante un enlace de video y recibe información actualizada de signos vitales, especialmente si esos pacientes viven en áreas remotas o rurales. Este avance forma la base del monitoreo de un proyecto exitoso de diálisis renal en el hospital Reina Elizabeth en Australia.

En estas circunstancias, la enfermera podría pasar más tiempo con el paciente necesitado o ver más pacientes en un día.

1.3.2.3 Reducción de los costos

Un aspecto muy importante es la reducción de los costos en los entes que proveen los servicios de salud, la reducción o el encaminamiento apropiado de recursos hacia puntos estratégicos que tienen muchas falencias sobre todo en las naciones en vías de desarrollo. Si se encaminan de una manera óptima dichos costos, se puede tener más medicinas, más centros de salud, ampliar programas de prevención, entre otros. Una de las formas de lograrlo es la mencionada en el párrafo anterior, se pueden reducir los costos de salarios si se optimiza el tiempo

de trabajo de una enfermera, por ejemplo, con esto se reduce el staff de enfermeras ahorrando en salarios.

1.3.2.4 Políticas y estrategias de salud

El Estado es el ente principal que tiene la obligación de brindar servicios de salud que están al alcance de todos y que sean razonablemente buenos.

Lamentablemente, en países en vías de desarrollo como el nuestro, las prioridades son diferentes a las que tienen en países desarrollados.

A menudo la organización financiera, la cultura y/o distancia no permiten a las autoridades proveer incluso los servicios de salud básicos. Muchas enfermedades y muertes se pueden evitar con tratamientos simples y, relativamente, baratos. La Telemedicina brinda clínicas remotas para la identificación de enfermedades de forma temprana permitiendo el tratamiento necesario localmente o si se necesita, en lugares especializados.

1.4 TECNOLOGÍA UTILIZADA EN TELEMEDICINA Y TELECUIDADO

La tecnología utilizada en la Telemedicina y el Telecuidado depende directamente de los datos que se van a transmitir ya que los requerimientos determinarán la naturaleza y los costos del equipo a utilizarse.

En una consulta normal, el médico determina la dolencia de su paciente utilizando, principalmente, la vista, el oído y el tacto. Los datos sensoriales son transmitidos directamente del paciente al observador. En Telecuidado y Telemedicina, sin embargo, los datos sensoriales son primero convertidos en impulsos eléctricos para la transmisión al doctor remotamente. Métodos para convertir estímulos sensoriales como el olor o el sabor en señales eléctricas todavía están en fase de experimentación, mientras que el sentido del tacto puede ser transformado exitosamente en el equivalente electrónico, el proceso inverso es más difícil y no bien entendido.

La información manejada por estos sentidos, por lo menos los principales, puede ser dividida en cuatro tipos:

- Texto y datos, por ejemplo, información de posición geográfica (< 10KB)
- Audio, por ejemplo, estetoscopio electrónico (100KB)
- Imágenes estáticas, por ejemplo, imagen de Rayos X (1MB)
- Video o imágenes secuenciales, por ejemplo, ultrasonido fetal (10MB)

1.4.1 TEXTO Y DATOS

Documentos electrónicos como reportes, correspondencia, registros médicos o ubicación geográfica conteniendo texto ASCII o Unicode e información numérica puede ser transmitida directamente en formato digital. El archivo digitalizado puede ser editado con un procesador de palabras, programas de bases de datos u hojas de cálculo. Si el documento está disponible solo en un papel, puede ser digitalizado para la transmisión con un scanner o una cámara. A menos que esté sujeto a reconocimiento óptico de caracteres, estará en formato de mapa de bits y no puede ser editado.

1.4.2 AUDIO

La PSTN puede ser utilizada para la transmisión de audio y establecer un diagnóstico remoto. Pero la calidad y ancho de banda de la telefonía analógica no son adecuados para aplicaciones médicas. En contraste, las señales digitales pueden ser transmitidas sobre redes a larga distancia sin degradación. Las señales digitales también pueden ser manipuladas para mejorar el rendimiento del sistema. Una señal analógica es digitalizada muestreando su amplitud a intervalos de tiempo discretos, y para que pueda ser nuevamente construida se debe muestrear a una frecuencia dos veces mayor que la mayor frecuencia de la señal original.

La naturaleza discreta del proceso de digitalización introduce un error de cuantización o de redondeo de amplitud ya que la muestra digital se aproxima a la señal analógica en un instante dado. El oído humano detecta este error como un ruido de siseo, para reducir este efecto, el valor de muestreo debería tener una resolución de al menos 16 bits.

Tarjetas de sonido especiales que se insertan fácilmente en la PC están disponibles para este propósito y una vez instaladas, no necesitan otro equipo más que un micrófono para realizar tele-consultas. Estas tarjetas también reciben salidas de audio directamente de periféricos médicos como scanners ultrasónicos.

1.4.3 IMÁGENES ESTÁTICAS

La calidad de una imagen estática está definida por el tamaño de un píxel en una imagen y el número de niveles de gris o color. Estos parámetros están determinados por la calidad del dispositivo de escaneo.

Los típicos dispositivos de escaneo tienen una resolución de hasta 1200 puntos o píxeles por pulgada mientras que las nuevas cámaras digitales producen fácilmente una imagen de transparencia de 35mm con 1000 x 1200 píxeles con una densidad de alrededor de dos millones.

Cada píxel destina un número fijo de bits para representar el nivel de escala de grises o colores, usualmente hasta 8 bits (255 niveles) para grises y hasta 24 bits (16.77 millones de niveles) para color. El ojo humano falla en la detección de diferencias en la calidad a valores mucho menores a estos niveles. Pero, si el número de bits es demasiado bajo, las imágenes a color o escala de grises pierden la resolución tendiendo a imágenes monocromáticas en las que los detalles se pierden en bloques sin forma.

No se utiliza el número máximo de bits todo el tiempo por la cantidad de memoria que se necesita para guardar una imagen de alta resolución en una computadora y por el ancho de banda y tiempo que se emplea para su transferencia.

La Asociación Americana de Radiólogos ha definido dos categorías de imágenes tele-radiológicas: matriz pequeña o sistemas de baja resolución, requieren imágenes de 500 píxeles x 500 píxeles x 8 bits, mientras que, para matriz grande

o sistemas de alta resolución, la resolución de la imagen debe ser de 2000 píxeles x 2000 píxeles x 12 bits⁵.

Un solo archivo de imagen a baja resolución (ultrasonido, resonancia magnética, medicina nuclear) pesa alrededor de 250 KB. En contraste, un archivo de imagen a alta resolución pesa 4MB, como se puede ver es un factor de 16 veces en el tamaño.

Si un radiólogo quisiera una imagen de 24 bits a color el archivo pesaría 12MB. Pero los radiólogos rara vez requieren imágenes a color.

1.4.4 VIDEO

El video es empleado, por ejemplo, para verificar la movilidad de un paciente después de una operación de reemplazo de cadera. En este caso es necesario un simple sistema de videoconferencia comercial más que emplear la transmisión con la misma tecnología de la televisión común, que resultaría costosa.

Una importante consideración para teleconsultas internacionales es la compatibilidad de señales de video analógicas y por tanto, los equipos de diferentes países. Existen dos formatos ampliamente usados para video analógico:

- **NTSC** (*Nacional Televisión Standards Committee*), es el sistema adoptado en Estados Unidos, Canadá, Japón, parte de América Latina, Filipinas, Corea del Sur y otros. Utiliza 525 líneas por imagen y una tasa de trama de 30 imágenes por segundo.
- **PAL** (*Phase Alternating Line*) es el sistema utilizado en Europa del Este y Australia. Utiliza 625 líneas por imagen y 25 imágenes por segundo.

En otros países se utiliza un tercer sistema, el SECAM (*Sequential Couleur a Memoire*), pero tiene un uso limitado en Telemedicina.

⁵ Ruggiero C, "Revisión de Tele-radiología", *Journal of Telemedicine and Telecare*, 1998, pag. 25, [citado el 1 de diciembre, 2007], disponible en:

<http://www.telemedtoday.com/articlearchive/articles/ateleradiologyprimer.htm>

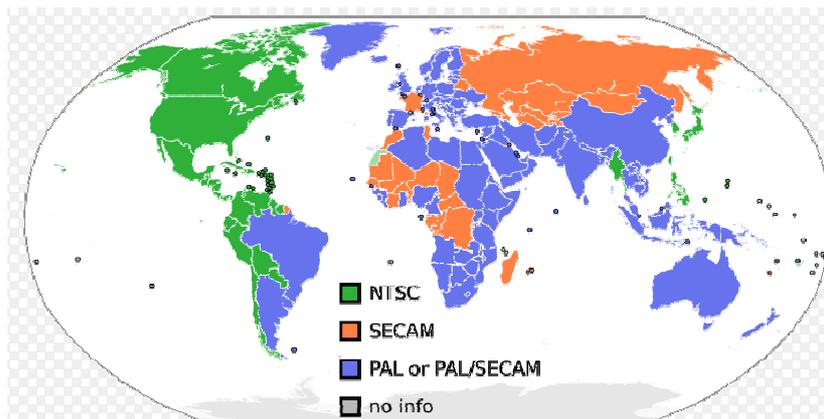


Figura 1-2 Tecnología de video usada en el mundo.

Para proveer compatibilidad entre NTSC y PAL se creó el formato CIF (Common Intermediate Format), ofrece una resolución más baja de 288 líneas por imagen y 30 imágenes por segundo⁶.

1.4.5 DISPOSITIVOS COMERCIALES DE TELECUIDADO Y TELEMEDICINA

La tarea en la Telemedicina y en especial en el Telecuidado es el monitoreo de los signos y síntomas del paciente, esto puede ser de forma visual directamente o mediante información obtenida de diversos dispositivos médicos cuando se necesita más información de la condición médica.

Versiones especiales de instrumentos comunes como estetoscopios, monitores de presión sanguínea, entre otros, han sido diseñadas para que su salida pueda ser enviada directamente al sitio remoto de control. En la tabla 1-1 se listan algunos instrumentos que se utilizan de esta forma.

Tipo de Dispositivo	Ejemplos
Dispositivos comunes de diagnóstico	Estetoscopio, dermoscopio, monitor de signos vitales
Dispositivos comunes de imagen	Ecocardiograma, angiograma, ultrasonido
Dispositivos comunes quirúrgicos	Laparoscopia, endoscopia, colonoscopia

Tabla 1-1 Clasificación de los diferentes tipos de dispositivos de monitoreo

⁶ ITU, ITU-R BT.470-7 "Conventional Analog Television Systems", [citado el 3 de diciembre, 2007]

Pero el Telecuidado brinda su servicio con un mayor alcance, no solo se enfoca en el análisis de síntomas críticos del paciente sino que además analiza el cambio del comportamiento y del entorno. Esto es importante porque el paciente puede resultar lastimado no solo por su condición de salud sino también por situaciones peligrosas como caídas, ingreso de intrusos en el hogar, incendios, fugas de gas, entre otros.

Para estas situaciones se emplean sensores en la mayoría de los casos. Un sistema de seguridad puede incluir sensores en las ventanas y en las puertas y sensores de movimiento para registrar intrusos; los sensores de movimiento se utilizan también para registrar actividad del paciente dentro de su hogar, si no existe actividad en un período largo de tiempo a determinada hora del día puede existir algún problema.

Como se puede notar, este es un método no invasivo ya que el sujeto en riesgo no tiene la necesidad de llevar un equipo en su cuerpo; lo mismo ocurre utilizando el monitoreo con visión artificial que es un sistema mucho más avanzado ya que se puede determinar si la persona ha sufrido una caída registrando el perfil y la forma del cuerpo. En fin, se tiene un número considerable de soluciones que se limitan solo por la imaginación de los diseñadores.

Se puede dar una pequeña clasificación de los diferentes dispositivos y sistemas de Telecuidado según el tipo de ayuda que ofrecen. Estos pueden ser:

- **Dispositivos que predicen problemas:** estos dispositivos monitorean continuamente al paciente y ayudan a predecir problemas detectando tempranamente cambios en el ambiente, actividad y síntomas del paciente, alertan a las personas encargadas del cuidado y si el paciente lo desea se puede generar una alarma. Dentro de esta categoría se encuentran los sensores del hogar mencionados anteriormente como sensores de movimiento o no-movimiento, dispositivos que llevan los pacientes para registrar cambios en su salud como sensores de presión arterial, sensores cardíacos, sensores de glucosa en la sangre, entre otros.
- **Dispositivos que previenen problemas:** evitan que sucedan accidentes por la condición del paciente. Por ejemplo, en el mercado se tienen sensores de

cama que ayudan a prevenir caídas activando una luz cuando alguien sale de la cama. Esto es una ayuda porque la persona no necesita buscar el interruptor de la luz o moverse en la oscuridad. También puede activar una alarma si la persona no retorna a la cama en un determinado tiempo. Ofreciendo la ayuda rápidamente el problema no se complica. Otros dispositivos que están en esta categoría son los sensores en las puertas y ventanas que previenen que los pacientes olviden cerrarlas y se enfrenten a problemas como intrusos en la casa o que descienda peligrosamente la temperatura dentro de la misma.

- **Dispositivos que ayudan a mitigar los daños:** estos dispositivos envían una alerta cuando sucede un evento predeterminado ayudando así a que la ayuda llegue rápidamente. Por ejemplo, sensores de temperatura pueden registrar cuando existe un cambio rápido en la temperatura indicando riesgo de incendio o de hipotermia.

1.4.6 TELECOMUNICACIONES

Últimamente, la naturaleza de la información clínica transmitida determina el mínimo ancho de banda de la red. Como se mencionó anteriormente, se necesita una gran demanda para la transmisión de imágenes de alta definición y video por la red. Si requerimientos, especialmente de tiempo real, exceden el ancho de banda existente puede ser necesario moverse a técnicas de store and forward o almacenaje y envío o alguna otra estrategia para mejorar el requerimiento de la utilidad. La alternativa es instalar una infraestructura construida para un propósito pero este enfoque puede ser prohibitivamente costoso a menos que el costo pueda ser compartido por varios usuarios.

Las tasas de ancho de banda varían considerablemente de alrededor de 1.2 Kbps para algunos teléfonos móviles a 1000 Mbps para transmisiones a través de cables de fibra óptica. La confiabilidad de la mayoría de los diferentes sistemas es extremadamente confiable, mucho más ahora que la PSTN es digital.

El principal problema operativo crece con sistemas de ancho de banda compartido como el Internet, donde el servicio puede deteriorarse si existe un tráfico intensivo de otros usuarios. Protocolos modernos como el ATM pueden reservar ancho de banda y liberarlo de cortes de conexión.

A continuación se describen las características de algunas de las tecnologías utilizadas para el envío de la información.

1.4.6.1 PSTN (Red de Telefonía Pública Conmutada)

Esta opción de ancho de banda bajo es todavía atractiva por su presencia masiva alrededor del mundo. El ancho de banda teórico de 56 Kbps es sólo alcanzado en instalaciones bien mantenidas pero en la práctica es suficiente para audio, video y compartición de datos, especialmente cuando se usa con procesadores de alta velocidad y algoritmos de compresión.

1.4.6.2 ISDN (Red Digital de Servicios Integrados)

Como su nombre lo sugiere, es un servicio digital aunque opera sobre líneas telefónicas estándar, reemplazando al sistema PSTN. La interfase de tasa básica o BRI se compone de dos canales B de 64 Kbps y un canal de señal de datos D de 16Kbps. La interfase de tasa primaria (PRI) multiplica el número de canales B hasta 30 con un canal D de 64Kbps.

Los canales pueden juntarse para que un sistema de dos canales BRI puedan trabajar a 128Kbps y 6 canales PRI puedan funcionar a 384Kbps, que es lo suficientemente rápido para proveer video bajo la mayoría de las circunstancias. Tasas mayores de líneas PRI pueden producir hasta 2Mbps, dando imágenes de alta calidad.

Conexiones ISDN son altamente flexibles ya que líneas extras pueden ser añadidas y la tecnología puede ser utilizada para control multipunto. Esta es a menudo la primera elección para Telemedicina.

1.4.6.3 Satélite

El costo es el problema más crítico de los sistemas satelitales pero pueden ser usados donde ninguna otra tecnología puede ir. También son la forma estándar de tratar con emergencias sobre barcos o escenarios militares. Los costos se están reduciendo y probablemente empiecen a ser competitivos y disponibles para servicios asequibles bajo demanda y para aplicaciones móviles. Los algoritmos de compresión son una contribución crucial a este desarrollo

1.4.6.4 Tecnologías Inalámbricas

Estas tecnologías se están desarrollando rápidamente por la avalancha de la telefonía móvil y los avances implacables que manejan este mercado. Dispositivos cada vez más pequeños y livianos, duración más larga de baterías, mejores interfaces de usuario, menores costos y establecimiento de estándares de comunicación han contribuido con el crecimiento de la tecnología.

En el campo del cuidado de la salud, donde la fuerza de trabajo ha sido siempre móvil, el principal impulsor ha sido ayudar a los trabajadores de la salud a comunicarse eficientemente y a encontrar maneras de ingresar datos clínicos en sistemas de computación en el punto de origen. Los historiales electrónicos de los pacientes, el acceso a ellos en cualquier lugar y en cualquier momento, especialmente durante la consulta con un paciente, es otra fuerza impulsando la aceptación de las tecnologías inalámbricas.

Un signo indudable de la madurez de este campo es la aparición de estándares, uno de ellos es el IEEE 802.11 que fue publicado originalmente en 1997 y como esta, muchas otras tecnologías que tienen alcances diferentes. Las tecnologías que utilizan el protocolo IP, pueden integrar muchas aplicaciones sobre un mismo canal como la integración de voz (VoIP) y datos en una misma red. Usando esta tecnología, un hospital ha cerrado su departamento de admisiones; los pacientes son ahora asignados a un cuarto a la entrada y un empleado de admisiones los visita para obtener sus detalles con una laptop equipada con una tarjeta WLAN.

En la actualidad, las tecnologías inalámbricas se encuentran ligadas con el Internet. WAP (*Wireless Application Protocol*) es un conjunto de protocolos y estándares globales que brindan un enlace entre dispositivos móviles, como teléfonos, y la infraestructura fija de Internet. WAP es utilizado principalmente para permitir el acceso a la Internet desde estos dispositivos móviles. Además, abre la puerta a operadores, fabricantes y proveedores de contenido para el desarrollo de servicios valiosos sin la necesidad de infraestructura adicional o modificaciones en los equipos.

Las aplicaciones en el campo del cuidado de la salud incluyen la recuperación de información online por parte de los médicos de resultados de exámenes o acceso a bases de datos, comunicación en dos vías entre pacientes y cuidadores, por

ejemplo, para alertar a los pacientes de tomar medicamentos prescritos o para la comunicación de notas sobre enfermedades o servicios.

Adicionalmente, tecnología como Bluetooth, permite a los dispositivos móviles comunicarse con computadores en el rango de los 10 metros sin conexiones físicas, proveyendo al paciente alarmas de monitoreo o emergencia a locaciones remotas.

La tecnología GSM con su estándar GPRS y otros, permite el servicio multimedia móvil y la navegación por la red ya que incrementa el ancho de banda a 115Kbps. Una nueva clase de teléfonos inteligentes (*smart phones*) con capacidades HTML y PDA está truncando el futuro de WAP.

A medida que este tipo de tecnología se desarrolla, los equipos y los servicios relacionados empiezan a abaratar sus costos. Es muy importante la característica mencionada anteriormente que se refiere al proceso de miniaturización de los dispositivos de comunicación ya que esto hace que los equipos de Telecuidado sean cada vez menos intrusivos y más cómodos de llevar. Costos bajos y equipos no intrusivos los hacen muy atractivos para los mercados y esto, a su vez, incentiva el desarrollo y la investigación de estos campos muy importantes para poder brindar niveles de vida mucho mejores.

Las tecnologías inalámbricas aportan a la independencia de los pacientes permitiéndoles el movimiento incluso fuera de sus hogares. Sin lugar a dudas, la gran flexibilidad de esta tecnología la hace ideal para algunas aplicaciones que se desarrollan dentro del campo del Telecuidado, por ejemplo, pacientes que desean moverse fuera de su hogar pueden mantener una conexión confiable y virtualmente permanente con el centro de ayuda por medio de la red GSM utilizando mensajes de texto (SMS) si se necesita la transmisión de poca información de forma esporádica y con cierta tolerancia al retardo o puede utilizar un canal GPRS si se necesita transmitir mucha información en tiempo real para la evaluación, es claro que esta es su principal aplicación porque también se puede utilizar para transmitir información tipo store and forward.

1.5 INTEGRACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

En las secciones anteriores se da una descripción de los diferentes dispositivos que se emplean en el Telecuidado y la Telemedicina y la infraestructura de comunicaciones que hace que la información obtenida a partir de esos dispositivos pueda ser transmitida a los centros de soporte y ayuda.

En el caso de la Telemedicina, se necesita tener una conexión que soporte videoconferencia. En este caso la aplicación más común de la Telemedicina es la Teleconsulta, es decir, un médico conversará remotamente con su paciente para poder tener un diagnóstico certero del problema. Además de eso se podría incluir en el flujo de información ciertos datos obtenidos con dispositivos electrónicos de monitoreo y que fueron ya digitalizados. Esto se aplica generalmente en lugares donde el acceso a un hospital especializado es muy difícil, por ejemplo en zonas rurales. Si no se dispone de una infraestructura de comunicaciones común y el lugar es de difícil acceso, se debe desplegar un enlace satelital que evita tener que instalar cable de cobre o fibra óptica por lo difícil del terreno.

Si la Teleconsulta se va a dar en el hogar del paciente dentro de una ciudad, lo más común es transmitir la información por una conexión a Internet de ADSL o cable. Estas tecnologías ofrecen velocidades aceptables para la aplicación que se requiere desplegar y es común tener este tipo de conexiones en los hogares. Para la transmisión de datos de monitoreo se puede utilizar la tecnología GSM/GPRS por su disponibilidad.

En el campo del Telecuidado se tienen dos escenarios; el primero es el hogar, los sujetos en riesgo pasan la mayor parte de su tiempo en su casa, la misma que debe tener sistemas que permitan su vida independiente y sobre todo sin riesgos. Se puede tener un sistema distribuido en toda la casa con sensores de movimiento, sensores de ocupación de asientos y camas que detectan si el paciente se encuentra en actividad o en su lugar un sistema de cámaras que estén conectadas a un sistema procesador que determine con visión artificial si existe movimiento o si se ha producido una caída. Es inevitable tener que usar

dispositivos de monitoreo portátil para evitar con tiempo que se presente algún quebranto en la salud; estos dispositivos y los sensores mencionados anteriormente pueden estar conectados a una plataforma central por medio de un enlace Bluetooth o Zigbee, teniendo de esta forma un grado de libertad amplio, a su vez esta plataforma puede estar conectada al centro de monitoreo y ayuda por medio de un enlace ADSL o Cable, permitiéndole al centro de atención y ayuda tener una descripción amplia del estado de salud y del entorno del sujeto en riesgo.

El segundo escenario del Telecuidado es el entorno fuera del hogar. Existen varias consideraciones que se deben tomar en cuenta cuando el sujeto en riesgo abandona su hogar como:

- Los dispositivos deben ser, en la medida de lo posible, pequeños y livianos porque pueden afectar a la sensación de independencia y comodidad, además físicamente pueden afectar al sujeto en riesgo si su peso es considerable.
- La portabilidad implica el uso adecuado y eficiente de los recursos de energía, que son escasos, y el uso de baterías que tengan un tiempo de vida largo para que no sean una constante preocupación del paciente. Los dispositivos pequeños, por lo general, consumen pequeñas cantidades de energía. Una opción a largo plazo es la transformación de la energía electromagnética que nos rodea, como las señales de celulares, señales satelitales y de radio en general, en energía eléctrica útil para los sistemas de Telecuidado portátiles. Científicos del MIT (Massachusetts Institute of Technology) están investigando para lograr que esta visión futurista sea una realidad (Witricity). Hasta ahora han logrado encender una bombilla eléctrica sin necesidad de conectarla al cableado eléctrico solo radiando una señal de 10 Hz a una distancia de 2m y atravesando varios obstáculos. En un futuro

podremos tener completa libertad incluso en el campo de la energía para los dispositivos⁷.

- Un sistema de comunicaciones confiable y sobre todo inalámbrico es necesario para transmitir toda la información sobre la marcha. Hasta la actualidad las redes de telefonía celular cumplen con las expectativas en cuanto a disponibilidad, alcance, velocidad y confiabilidad para mantenernos comunicados con el mundo desde los dispositivos móviles. Nuevas tecnologías en la telefonía celular están surgiendo para brindar anchos de banda mayores con el fin de soportar aplicaciones en tiempo real, pero esa visión del mercado es temporal ya que existe una tecnología emergente que está tomando fuerza y promete ser el principal rival de las redes de telefonía celular. Esta tecnología es Mobile WiMax, es la versión móvil de la tecnología WiMax, que promete ser la principal competencia porque ofrece anchos de banda más grandes, comparados con los que ofrecen las redes 3G de telefonía celular. Incluso los operadores de las redes celulares están pensando en adicionar esta tecnología a sus infraestructuras para aumentar el ancho de banda de sus conexiones. Los años 2006 y 2007 han servido para moldear un estándar en la IEEE y para probar las capacidades de esta tecnología, en el 2008 y 2009 se producirán chips en grandes cantidades para de esta manera abaratar costos.⁸

La figura 1-3 muestra de cómo se pueden integrar las tecnologías y operaciones en la Telemedicina y la figura 1-4 muestra la integración de las mismas en el Telecuidado.

⁷ Más información en la página Web del Massachusetts Institute of Technology (MIT): <http://web.mit.edu/newsoffice/2007/wireless-0607.html>

⁸ Reardon, "Mobile WiMax gets green light", *CNet News.com*, Diciembre 2005, [citado el 11 de enero, 2007], disponible en: http://www.news.com/Mobile-WiMax-gets-green-light/2100-7351_3-5987974.html

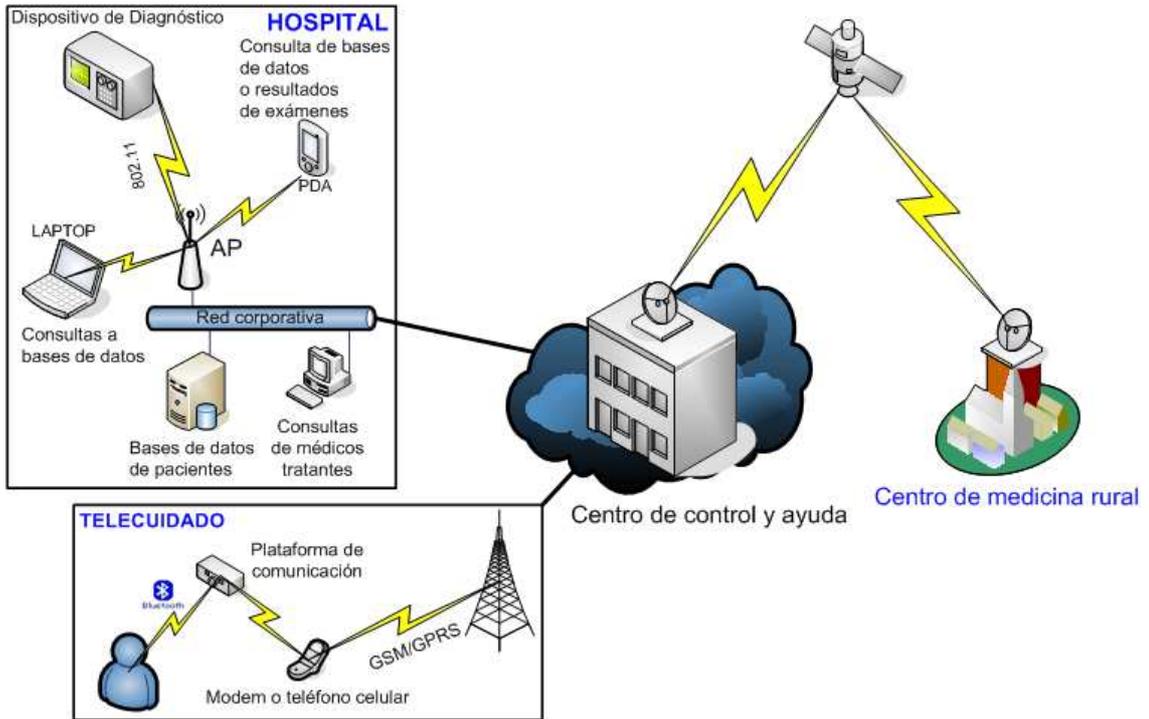


Figura 1-3 Integración de tecnologías en Telemedicina.

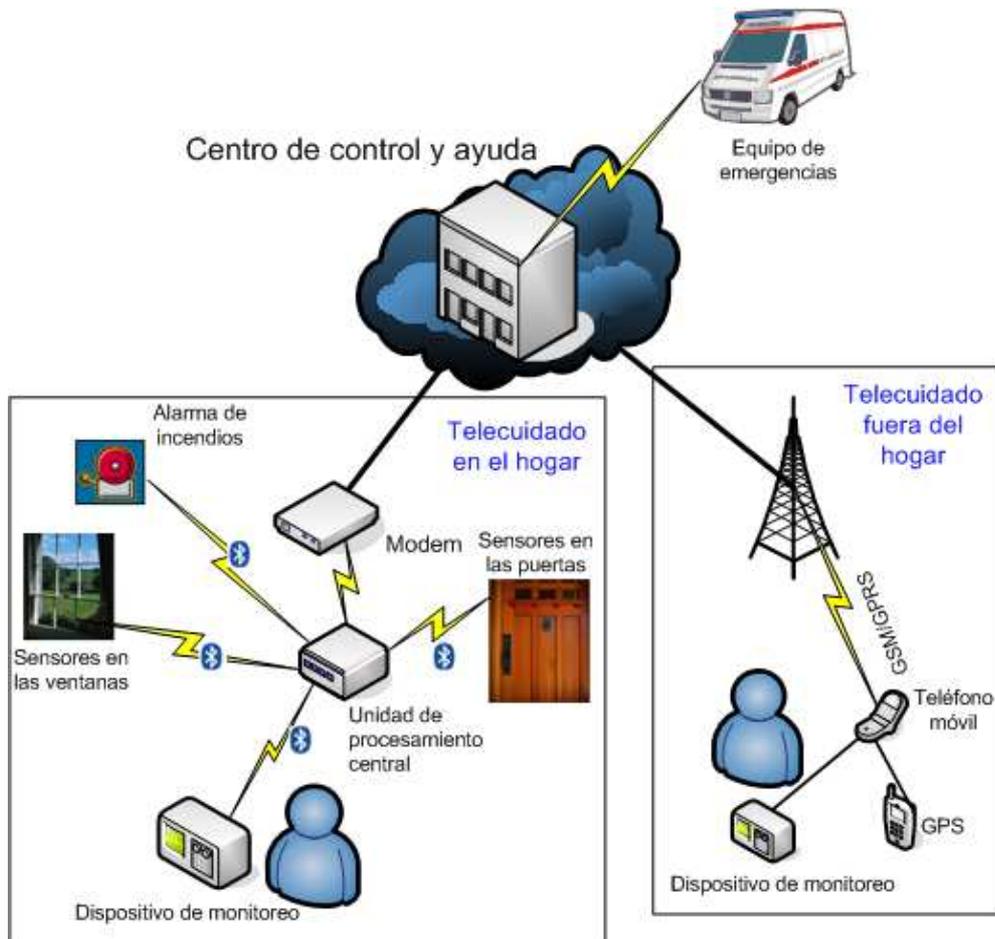


Figura 1-4 Integración de tecnologías en Telecuidado.

1.6 ESTADO ACTUAL DE LA TELEMEDICINA Y TELECUIDADO.

Los países industrializados llevan la batuta en el desarrollo e implementación de sistemas de Telemedicina y Telecuidado por el gran nivel tecnológico que tienen y por el gran capital que invierten en la investigación.

Estados Unidos de Norte América se destaca por el gran esfuerzo que realiza por incluir a estas disciplinas en sus legislaciones. Estados Unidos fue uno de los primeros jugadores en el campo de la Telemedicina y el Telecuidado debido a los progresos conseguidos en la infraestructura de Telecomunicaciones desde los 80s y los 90s, instituciones federales y gubernamentales han desarrollado planes en estos campos como la NASA, el Departamento de Defensa, entre otros. Estos niveles altos de soporte han hecho de USA el líder en Telemedicina.

Un área en la cual el progreso es más visible es la construcción de guías para profesionales. Por ejemplo, La Asociación Americana de Telemedicina ha adoptado un conjunto de guías clínicas para el Telecuidado, que cubre a pacientes, proveedores de salud y tecnología. Un grupo interdisciplinario ha producido también un reporte sobre guías para la práctica de la Telesalud como recomendaciones para estamentos federales, legislaciones estatales, regulatorias y políticas. Este último reporte es muy comprensivo, cubriendo estándares de conducta y cuidado profesional, también estándares clínicos y técnicos, metodologías de evaluación y efectividad, temas de confidencialidad y documentación.

El conjunto de estándares es un indicador de que la Telemedicina está madurando y los profesionales del cuidado de la salud tienen experiencia suficiente para estar cómodos con sus aplicaciones. En general, médicos en USA se muestran entusiastas sobre la Telemedicina como una herramienta adjunta a la medicina convencional cara a cara y como una herramienta potencial para el ahorro en los costos.

Las grandes amenazas a la aceptación de los profesionales han sido temas de reembolsos, éticos, legales y el temor expresado tempranamente de que la tecnología es muy impersonal, no solo en la teleconsultas con los pacientes sino también reduce el compartir ideas con otros profesionales. A pesar del potencial,

parece que todavía hay un trecho que no permite que la Telemedicina y el Telecuidado sean vistos solo como otra forma de practicar la medicina.

En el ámbito Europeo existen diferentes entidades que le dan fuerza al desarrollo de la Telemedicina en general, en las universidades se realizan las investigaciones y los programas piloto, los gobiernos crean legislaciones que apoyan a dichos programas entregándoles fondos y los organismos de regulación crean estándares para que productos de diferentes fabricantes puedan interactuar entre sí.

Refiriéndose a este último aspecto, la ETSI ha iniciado un grupo e trabajo, el *Specialist Task Force 299: User Experience Guidelines for Telecare Solutions* (eHealth), la Fuerza Especialista de Tareas 299: Guía de la Experiencia del Usuario para soluciones de Telecuidado (Salud Electrónica).

Este grupo de la ETSI, cofundado por EC/EFTA bajo eEurope 2005 para producir la Guía ETSI DEG 202487 para “Factores Humanos”. El borrador final se anticipó para finales de agosto de 2007 y su publicación y disponibilidad gratuita en diciembre de 2007. El trabajo es desarrollado en cercana colaboración con importantes grupos de la industria del Telecuidado.

La guía ETSI bajo desarrollo proveerá factores humanos y guías para la experiencia del usuario para especificación, diseño, desarrollo implementación, despliegue, entrega, uso, integración, mantenimiento y reemplazo de servicios de Telecuidado basados en las recomendaciones desarrolladas por STF264, que se provee en TR 102415⁹.

Todo esto es desarrollado porque la población en Europa envejece a un paso acelerado y el promedio de vida se ha extendido más que nunca.

“Europa ha reconocido que el potencial de la Sociedad de la Información está creciendo debido a los desarrollos tecnológicos de plataformas de acceso de banda ancha. La salud entregada con medios electrónicos ha sido identificada como uno de los objetivos prioritarios del plan de acción de eEuropa 2005. Los

⁹ Las especificaciones se pueden encontrar en <http://portal.etsi.org/STFs/HF/STF264.asp>

hitos requeridos para construir un área Europea de Salud electrónica han sido definidos:

1. Nivel Básico: a mediados de 2004 debe ser introducida una tarjeta Europea de identificación de Salud (ya completada)
2. Nivel Nacional: para el 2005, los estados miembros de la Unión Europea son requeridos para desarrollar estrategias de salud electrónica a nivel nacional y regional.
3. Nivel de Interoperabilidad: para el 2006, redes nacionales de cuidado de la salud, deben ser desarrolladas en un esfuerzo para intercambiar información, incluyendo identificadores de clientes
4. Nivel de Redes: para el 2008, servicios e información de salud tales como e-prescripciones, e-referencia, telemonitoreo y Telecuidado serán comunes, accesibles sobre redes de banda ancha fijas e inalámbricas.

Es decir, que para el 2008, servicios de Telecuidado deben ser ofrecidos y deben ser accesibles sobre redes de banda ancha fijos y móviles en la Unión Europea.”¹⁰

1.7 EL FUTURO PARA EL TELECUIDADO Y TELEMEDICINA

Hasta el momento se tiene una idea completa de las características del Telecuidado y la Telemedicina, su desarrollo, la tecnología, qué alienta su desarrollo, etc. Esto nos dice mucho sobre el futuro de estos servicios y se pueden dar algunas conclusiones breves analizando todo lo expuesto anteriormente:

- La Telemedicina superará la fase de estudios pilotos y se ubicarán en un flujo sustentable solo si tiene un costo efectivo que significa que debe demostrar que ahorra dinero comparado con su equivalente de servicios directos.
- En cuanto a las políticas de salud y estrategias, los beneficios de la Telemedicina se reducirán a menos que los gobiernos vean a la Telemedicina y al Telecuidado como una herramienta estratégica y consideren cómo debería figurar en el cuidado de la salud.

¹⁰ Descripción del Specialist Task Force 299, [citado el 11 de diciembre de 2007], disponible en: http://portal.etsi.org/stfs/STF_HomePages/STF299/STF299.asp

- La Telemedicina en particular empieza a ser muy significativa debido al envejecimiento de la población mundial. Se necesitan hacer más esfuerzos por diseñar dispositivos más fáciles de manejar y menos intrusivos, además, los aspectos culturales encierran más problemas que los técnicos.

**CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS DE GSM,
SERVICIO DE MENSAJES CORTOS DE
TEXTO (SMS), SISTEMAS GPS,
SOFTWARE DE UBICACIÓN EN MAPAS
DIGITALES Y BASES DE DATOS**

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS DE GSM, SERVICIO DE MENSAJES CORTOS DE TEXTO (SMS), SISTEMAS GPS, SOFTWARE DE UBICACIÓN EN MAPAS DIGITALES Y BASES DE DATOS

2.1 EL SISTEMA GSM

2.1.1 INTRODUCCIÓN

Conocido como Sistema Global para Comunicaciones Móviles, GSM (por sus siglas en inglés, *Global System for Mobile communications*) es la tecnología digital inalámbrica de segunda generación (2G) más ampliamente utilizada en el mundo, disponible en más de 210 países; según su promotor *GSM Association*, cuenta con cerca de 2.5 billones de usuarios que representan más del 82% del total de clientes inalámbricos por lo que actualmente es la referencia mundial para redes de radio móviles¹¹. Esa condición permite que el *roaming* internacional sea muy común entre las operadoras de telefonía móvil, permitiendo a los suscriptores el uso de sus teléfonos en muchas partes del mundo¹².

GSM difiere de los sistemas de primera generación (1G) en que usa tecnología digital, tanto en canales de señalización como de voz y métodos de transmisión de acceso múltiple por división de tiempo.

Las ventajas claras de los sistemas GSM brindan a sus clientes son las de tener una mejor calidad de voz y alternativas a llamadas de bajo costo, como el Servicio de Mensajes Cortos, SMS (por sus siglas en inglés, *Short Message Service*) también conocidos como mensajes de texto. La ventaja para los operadores de red es la facilidad de usar el equipo de cualquier vendedor que implemente el

¹¹ GSM Association, "What is GSM?", [citado el 11 de diciembre, 2007], disponible en: <http://www.gsmworld.com/technology/what.shtml>.

¹² GSM Association, "About GSMA", [citado el 11 de diciembre, 2007], disponible en: <http://www.gsmworld.com/about/index.shtml>.

estándar. Como otros estándares de celulares, GSM permite a los operadores de red ofrecer el servicio de *roaming*, así sus suscriptores pueden usar sus teléfonos en redes GSM en todo el mundo.

2.1.2 BREVE HISTORIA

Sus orígenes se remontan a 1982 cuando se crea el *Groupe Spéciale Mobile* (GSM) por parte de Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT, siglas de su nombre en francés *Conférence Européenne des administrations des Postes et des Télécommunications*) cuyo principal objetivo fue el crear una tecnología celular que de al usuario la posibilidad de *roaming* internacional de modo imperceptible y además soporte servicios avanzados, además de usar la banda de los 900 MHz y una tecnología totalmente digital¹³.

Los primeros años de GSM se enfocaron principalmente a la selección de las técnicas de radio para la interfaz aérea. En 1986 se llevaron a cabo, en París, pruebas de campo de diversos sistemas propuestos para la interfaz aérea de GSM. En 1989 este proyecto queda a cargo del recién creado Instituto Europeo de Normas para Telecomunicaciones, ETSI (por sus siglas en inglés, *European Telecommunications Standard Institute*) quien establece una serie de especificaciones técnicas para esta nueva tecnología, entre las se tiene:

- Eficiencia espectral
- Calidad de voz subjetiva
- Costo del móvil
- Viabilidad de la unidad móvil
- Costo de la Radio Base o Estación Base
- Habilidad de soportar nuevos servicios
- Coexistencia con sistemas existentes.
- Utilización de una banda común, reservada en el ámbito internacional

¹³ Heine, *GSM Networks: Protocols, Terminology, and Implementation*, p. 2.

- Estructura celular digital
- Sistema de acceso múltiple TDMA de banda estrecha
- Algoritmo de codificación de fuente de pequeña velocidad binaria
- Control de potencia y de transmisión/recepción
- Arquitectura OSI
- Señalización avanzada

Sin embargo este cambio de responsabilidades no alteró la meta original de GSM, que era la de reemplazar las hasta en ese momento puramente nacionales, sobrecargadas y costosas tecnologías de los países miembros, por un estándar internacional.

En 1991, los primeros sistemas GSM estaban listos para ser puestos en, una así llamada, operación amigable con el usuario. El significado de las siglas GSM fue cambiado ese mismo año por *Global System for Mobile Communications*. Este año también vio la definición de la primera derivación de GSM, el Sistema Digital Celular 1800, DCS 1800 (por sus siglas en inglés, *Digital Cellular System 1800*), el cual es como el traslado de del sistema GSM original al rango de frecuencia de los 1800 MHz.

En los Estados Unidos, DCS 1800 fue adaptado a la banda de los 1900 MHz, cambiando su nombre a Sistema de Comunicación Personal 1900 o PCS 1900 (por sus siglas en inglés, *Personal Communication System 1900*). La siguiente fase, *GSM Phase 2*, proveerá incluso mayores facilidades para el usuario final que las que *GSM Phase 1* hizo. En 1991 muy pocas personas creyeron que un éxito así podía ser posible, debido a que las comunicaciones móviles no podían ser consideradas un mercado masivo en muchas partes de Europa.

Para 1992, muchos países Europeos tenían ya redes operacionales, y GSM comenzó a atraer el interés mundial. Además el progreso del *hardware* GSM, se debió principalmente a que probó ser un éxito para los fabricantes de sistema así como para los operadores de red.

Los siguientes factores se consideran los mayores contribuyentes del éxito de GSM:

- La liberación de los monopolios de telecomunicaciones en Europa durante los 90's y la resultante competencia, con la consecuente disminución de precios e incremento del mercado
- La cooperación de la industria dentro del *Group Spéciale Mobile*, así como la enorme contribución entre sus miembros y la base de conocimientos creada.
- La falta de competencia. Por ejemplo los estándares competidores en estados Unidos y Japón, comenzaron a ser definidos solo después de que GSM había sido ya completamente bien definido.

El futuro dirá que sistema prevalecerá como la siguiente generación de comunicaciones móviles. ETSI y GSM se encuentran estandarizando UMTS (por sus siglas en inglés, *Universal Mobile Telecommunication System*), mientras que Japón se halla mejorando PHS (por sus siglas en inglés, *Personal Handy-phone System*).

La variedad de sistemas de comunicaciones satelitales actualmente en el mercado son otro factor, probablemente decisivo, que permitirá equipar a las comunicaciones móviles de una cobertura global.

2.1.3 ARQUITECTURA DE LA RED GSM: UNA RED DE CELDAS

Al igual que todas las tecnologías de redes móviles, GSM usa una estructura celular, es decir basada en células o celdas, conocida mejor como red celular. La idea básica de una red celular es la de particionar el rango de frecuencias disponible, de tal manera que solo partes de de todo el ese espectro de frecuencias es asignado a una estación base, y reduciendo el rango de esa estación base poder reutilizar esas escasas frecuencias tanto como sea posible, tal como lo muestra la Figura 2-1. Uno de los mayores objetivos dentro de la planificación de la red es el de reducir la interferencia entre las diferentes

estaciones base. A pesar de la ventaja de la reutilización de frecuencias, una red celular tiene las siguientes desventajas:

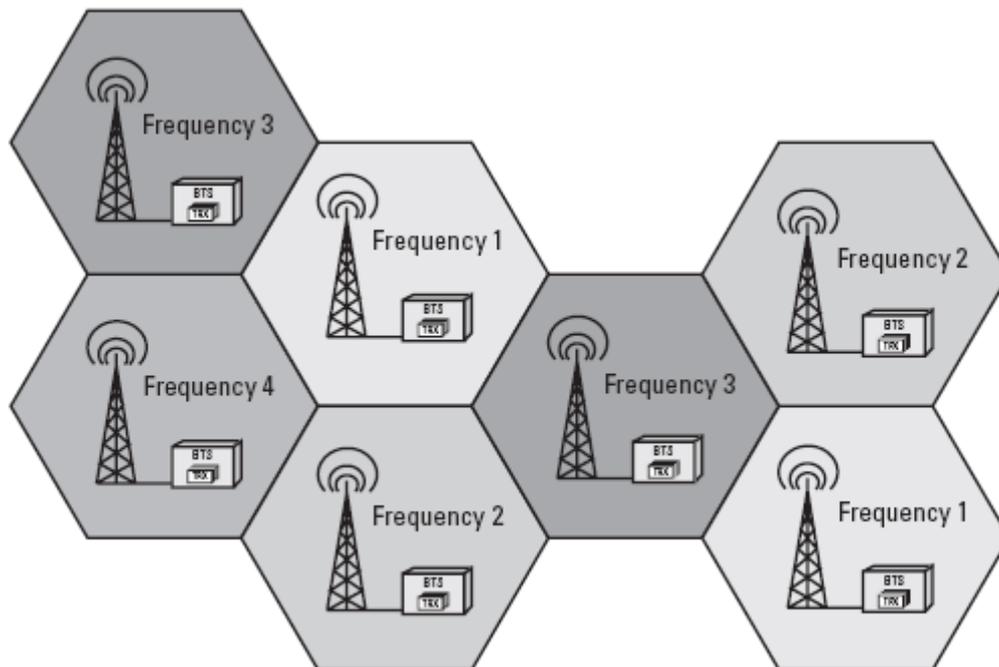


Figura 2-1 Estructura básica de una red celular, un área determinada es cubierta por un conjunto de celdas, definidas por una estación base y una frecuencia¹⁴.

- Un incremento del número de estaciones base incrementa el costo de la infraestructura y el acceso a las líneas.
- Las redes celulares requieren que, como la estación móvil se mueve, una llamada activa pueda ser manejada y transferida de una celda a otra, proceso conocido como *handover*.
- La red debe mantenerse informada de la localización aproximada del equipo móvil, incluso si no hay una llamada en progreso, esto le permitirá entregar una llamada entrante a dicha unidad móvil.
- Estos dos anteriores puntos requieren una comunicación extensiva entre el equipo móvil y la estación base, así como también entre los varios elementos de la red. Esta comunicación es conocida como señalización y va más allá del sentido de la señalización que las redes fijas usan. La extensión de las

¹⁴ Heine, *GSM Networks: Protocols, Terminology, and Implementation*, p. 4.

redes celulares requiere que estas tengan una estructura jerárquica o modular. Una sola computadora central no es capaz de procesar la capacidad de información involucrada¹⁵.

2.1.4 DESCRIPCIÓN DE LOS SUBSISTEMAS DE GSM

Una red GSM esta compuesta de algunos elementos, la estación móvil (MS, *mobile station*), el módulo de identidad del suscriptor (SIM, *subscriber identity module*), la estación base (BTS, *base transceiver station*), el control de estaciones base (BSC, *base station controller*), al unidad de adaptación y tasa de transcodificación (TRAU, *transcoding rate and adaptation unit*), el centro de conmutación de servicios móviles (MSC, *mobile services switching center*), el registro de ubicación de usuarios locales (HLR, *home location register*), registro de localización del visitante (VLR, *visitor location register*) y el registro de identidad de equipos (EIR, *equipment identity register*). Todos estos forman una red pública móvil terrestre (PLMN, *public land mobile network*), que se muestra en la Figura 2-2.

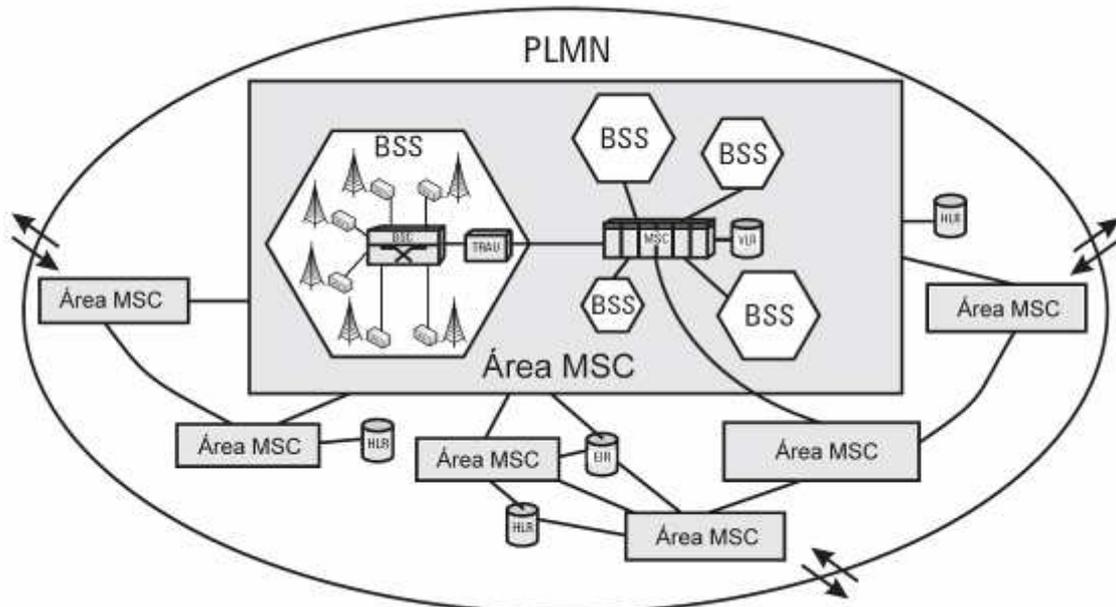


Figura 2-2 Arquitectura de la una PLMN¹⁶.

¹⁵ Heine, *GSM Networks: Protocols, Terminology, and Implementation*, p. 4.

¹⁶ Heine, *GSM Networks: Protocols, Terminology, and Implementation*, p. 5.

2.1.4.1 Mobile Station (MS)



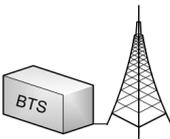
Una GSM-PLMN contiene todas las estaciones móviles como sean posibles, disponibles en varios modelos y clases de potencia.

2.1.4.2 Subscriber Identity Module (SIM)



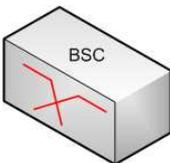
GSM distingue entre la identidad del suscriptor y la del equipo móvil. La SIM determina el número de directoria y la cuenta del suscriptor: Es una base de datos en el lado del usuario, que físicamente consiste en un chip, que el usuario debe insertar en un teléfono GSM antes de poder ser usado. La SIM se comunica indirectamente con la HLR y directamente con la VLR.

2.1.4.3 Base Transceiver Station (BTS)



Un gran número de BTSs son las encargadas de las tareas relacionadas con radio, además proveen conectividad entre la red y la estación móvil a través del interfaz aéreo.

2.1.4.4 Base Station Controller (BSC)



Las BTSs de un área, del tamaño de un pueblo pequeño, están conectadas a una BSC usando el interfaz conocido como *Abis-interface*. La BSC se encarga de todas las funciones centrales y del control del subsistema conocido como Subsistema de la Estación Base (BSS, *Base Station Subsystem*), el cual comprende la BSC y todas las BTSs conectadas a esta.

2.1.4.5 Transcoding Rate and Adaptation Unit (TRAU)



Uno de los aspectos más importantes dentro de una red móvil es la eficacia con la que los usuarios usan los recursos disponibles de las frecuencias. Una medida de dicha eficacia es la cantidad de llamadas que se pueden hacer usando un cierto ancho de banda, lo que se traduce en la necesidad de utilizar compresión de datos por lo menos en la interfaz aérea. En los sistemas GSM, dicha compresión de datos es usada tanto en el MS como en la TRAU. Desde el punto de vista de la arquitectura, la TRAU es parte de la BSS, tal como muestra la Figura 2-3.

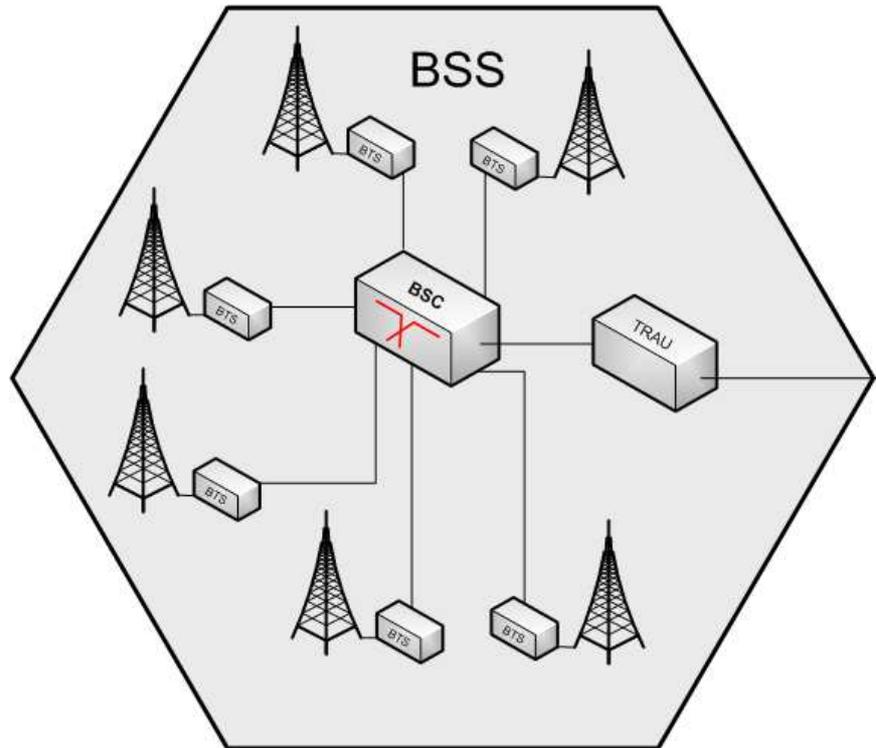
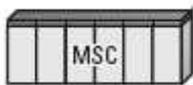


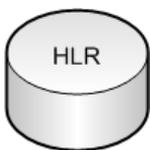
Figura 2-3 Subsistema de la Estación Base (BSS).

2.1.4.6 Mobile Services Switching Center (MSC)



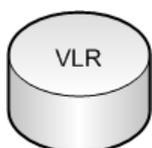
Un gran número de BSCs están conectadas al MSC usando el interfaz conocido como *A-interface*. El MSC funciona de una manera similar al intercambio en una red telefónica digital y es alcanzada de por redes externas de la misma manera. Las tareas más importantes de una MSC son las de enrutar las llamadas entrantes y salientes y la asignación de los canales de usuario en el *A-interface*.

2.1.4.7 Home Location Register (HLR)



Una MSC es solo un subcentro de una red GSM. Otro subcentro es el HLR, un depósito que almacena los datos de una gran cantidad de suscriptores. Un HLR se puede ver como una gran base de datos que administra la información de, literalmente, cientos de miles de suscriptores. Cada PLMN requiere por lo menos un HLR.

2.1.4.8 Visitor Location Register (VLR)



El VLR fue ideado para no sobrecargar al HLR, con consultas de datos de sus suscriptores. Como en la HLR, una VLR contiene los datos del

suscriptor, pero sólo una parte de los datos de la HLR y sólo mientras dicho suscriptor se encuentre en el área de la que es responsable la VLR. Cuando el suscriptor sale de dicha área, el HLR solicita el retiro de la información relacionada a dicho suscriptor de la VLR. El área geográfica cubierta por la VLR consiste en el área total cubierta por las BTSs relacionadas a las MSCs a las cuales la VLR presta sus servicios, tal como se muestra en la Figura 2-4

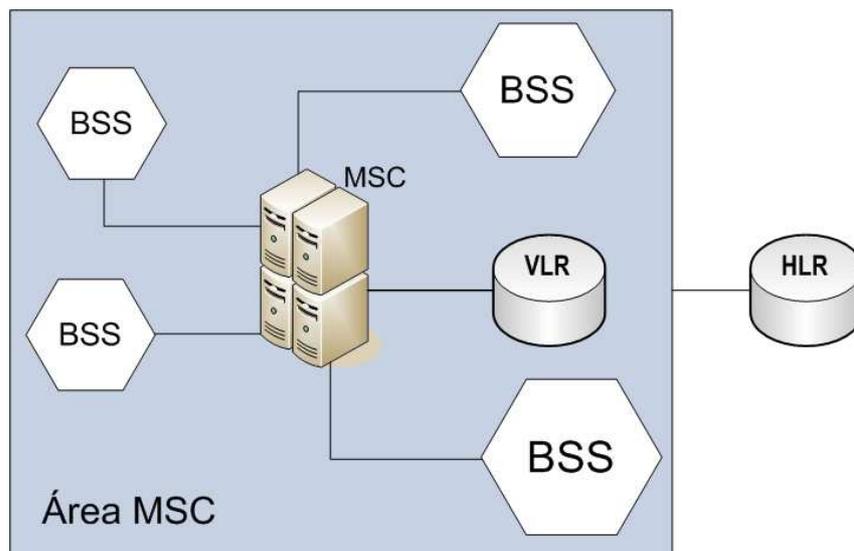
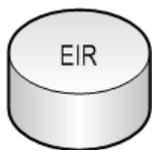


Figura 2-4 Área MSC.

2.1.4.9 Equipment Identity Register (EIR)



El robo de teléfonos celulares GSM puede verse muy atractivo, dado que las identidades del suscriptor y del equipo se encuentran separadas. Un equipo robado puede ser reutilizado simplemente usando un SIM válido. Si el operador bloquea al suscriptor no bloquea al equipo. Para prevenir ese tipo de uso indebido, todos los equipos terminales GSM contienen un identificador único, el identificador internacional de equipos móviles, IMEI (por sus siglas en inglés, *International Mobile Equipment Identity*). Así que dentro de las responsabilidades del operador, está la de dotar a la PLNM de una base de datos adicional, la EIR, en la cual el equipo robado es registrado y puede ser usado para bloquear llamadas fraudulentas e incluso, en teoría, rastrear al ladrón, usando los datos relacionados de la SIM.

2.1.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL INTERFAZ AÉREO

El interfaz aéreo es la característica principal de todo sistema móvil y típicamente el único al que el cliente se encuentra expuesto. Las características físicas de dicho interfaz son importantes para la calidad y el éxito de todo nuevo estándar móvil.

2.1.5.1 Bandas de Frecuencia

Los operadores GSM trabajan en cuatro rangos de frecuencia diferentes, La mayoría de las redes GSM operan en las bandas de 900 y 1800 MHz, aunque muchos países en América (como Ecuador) se usa las bandas de 850 MHz y 1900 MHz ya que las bandas de 900 y 1800 MHz se encuentran ya ocupadas.

2.1.5.1.1 GSM 900 y GSM 1800

GSM 900 y GSM 1800 son usadas en la mayoría de países del mundo: Europa, Medio Oriente, África, gran parte de Asia y algunos países de América (Brasil, Guatemala, El Salvador).

GSM 900 usa las frecuencias entre 890 – 915 MHz para el enlace de uplink y 935 – 960 MHz para el de downlink, resultando en 124 canales de radiofrecuencia (numerados del 1 al 124), espaciados 200 kHz. Así los canales duplex se encuentran separados 45 MHz. En Algunos países GSM 900 ha sido extendida para cubrir un mayor rango de frecuencias, esta banda se conoce como *extended GSM* (EGSM), la cual usa el rango entre 880 – 915 MHz para uplink, y 925 – 960 MHz para downlink, agregando 50 canales (del 975 al 1023 y el 0) a los originales de la banda de GSM 900. Las especificaciones de GSM además describen lo que se conoce como *railways GSM*, el cual provee canales adicionales y servicios especializados usados por el personal ferroviario. GSMR usa los rangos de frecuencia de 876 – 915 MHz para uplink y 921 – 960 Mhz para downlink agregando los canales 955 a 1023.

GSM 1800 usa las frecuencias entre 1710 – 1785 MHz para uplink y 1805 – 1880 para downlink, proveyendo 374 canales (numerados del 512 al 885), de tal manera que hay 95 MHz entre canales duplex. Esta banda se conoce también como DCS en Hong Kong y Reino Unido.

En la Figura 2-5 se muestra el cuadro con las frecuencias y canales de las bandas GSM 900 y GSM 1800 en el enlace de downlink, así como las fórmulas para calcular la frecuencia central de la estación base.

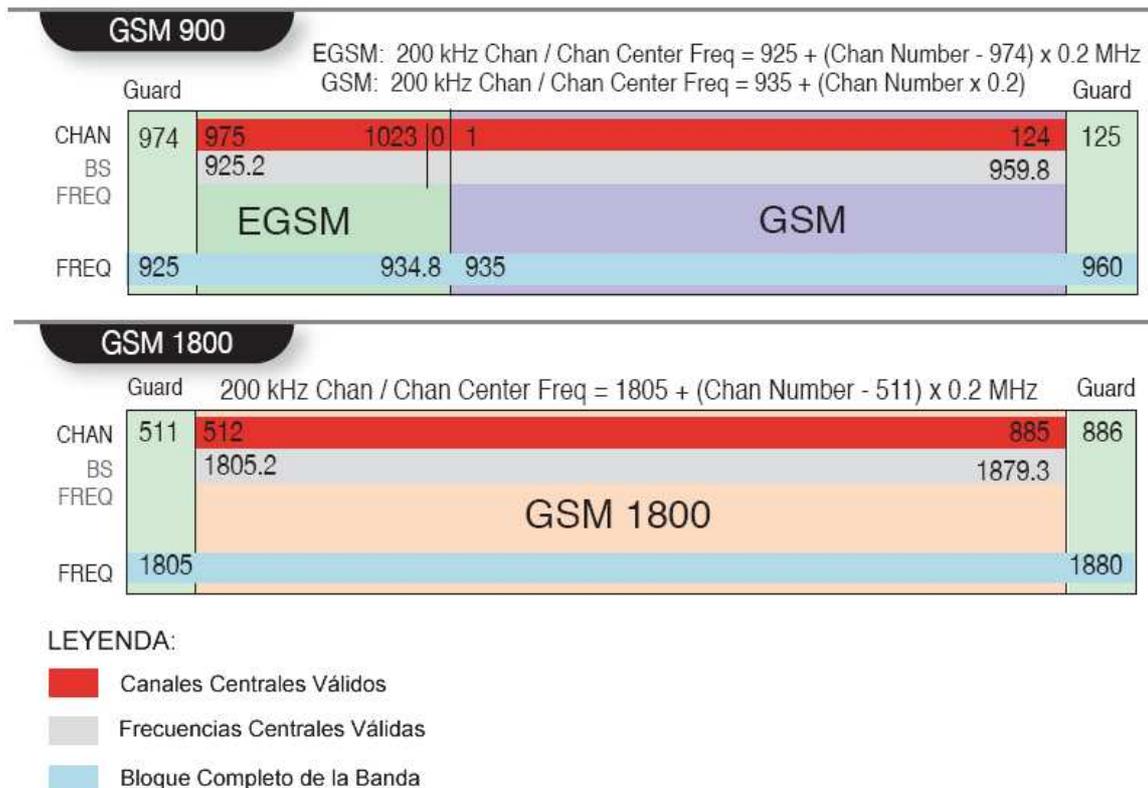


Figura 2-5 Canales y bandas de frecuencia de GSM 900 y GSM 1800 en downlink¹⁷.

2.1.5.1.2 GSM 850

GSM 850 es usada en Estados Unidos, Canadá y en algunos países en América (en Ecuador es usada por Conecel S.A. y OTECEL S.A.¹⁸). A veces también llamada GSM 800 debido a que este rango de frecuencias se conocía como “Banda 800 Mhz” cuando fue por primera vez asignada para AMPS usada en Estados Unidos en 1983. Usa las frecuencias entre 824 – 849 MHz para uplink, y entre 869 – 894 MHz en downlink, por lo tanto la separación entre canales duplex es de 45 MHz. Los canales están numerados de 128 a 251.

¹⁷ QRC Technologies, “Frequency Spectrum Chart”, [descargado el 11 de diciembre, 2007], disponible en formato pdf en: http://www.qrctech.com/spec_page_new.html.

¹⁸ GSM Association, “GSM Roaming - Ecuador”, [citado el 11 de diciembre, 2007], disponible en: http://www.gsmworld.com/roaming/gsminfo/cou_ec.shtml.

La Figura 2-6 muestra el cuadro con las frecuencias y canales de GSM 850 en el enlace de downlink así como las fórmulas para calcular la frecuencia central de la estación base.

GSM 850														
Guard	200 kHz Chan / Center Freq = 869 + (Chan Number - 127) x 0.2 MHz											Guard		
CHAN	127	128	132	133		182	183		232	233	239	240	251	252
BS FREQ	869.2	870	870.2		880	880.2		890	890.2	891.4	891.6	893.8		
FREQ	869	870.1		880.1			890.1		891.5		894			
		A''		A			B		A'		B'			

Figura 2-6 Canales y bandas de frecuencia de GSM 850 en downlink¹⁹.

2.1.5.1.3 GSM 1900

Al igual que GSM 850, GSM 1900 es usada en Estados Unidos, Canadá y en muchos países de América (en Ecuador es usada por TELECSA S.A.²⁰). Usa la banda de frecuencia entre 1850 – 1910 MHz para el enlace de uplink, y la de 1930 – 1990 MHz para el enlace de downlink, así la separación entre canales duplex es de 80 Mhz. Los canales son de 200 kHz numerados del 512 al 810.

PCS son las iniciales de *Personal Communications Service*, y representa simplemente el nombre original de la banda de 1900 MHz en Norteamérica.

La Figura 2-7 muestra el cuadro con las frecuencias y canales de GSM 1900 en el enlace de downlink así como las fórmulas para calcular la frecuencia central de la estación base.

GSM 1900														
Guard	200 kHz Chan / Center Freq = 1930 + (Chan Number - 511) x 0.2 MHz											Guard		
CHAN	511	512	585	587	610	612	685	687	710	712	735	737	810	811
BS FREQ	1930.2	1944.8	1945.2	1949.8	1950.2	1964.8	1965.2	1969.8	1970.2	1974.8	1975.2	1989.8		
FREQ	1930	1945		1950		1965		1970		1975		1990		
		A		D		B		E		F		C		

Figura 2-7 Canales y bandas de frecuencia de GSM 850 en downlink²¹.

¹⁹ QRC Technologies, "Frequency Spectrum Chart", [descargado el 11 de diciembre de 2007], disponible en formato pdf en: http://www.qrctech.com/spec_page_new.html.

²⁰ GSM Association, "GSM Roaming – Ecuador", [citado el 12 de diciembre, 2007], disponible en: http://www.gsmworld.com/roaming/gsminfo/cou_ec.shtml.

²¹ QRC Technologies, "Frequency Spectrum Chart", [descargado el 11 de diciembre de 2007], disponible en formato pdf en: http://www.qrctech.com/spec_page_new.html.

2.1.5.2 Acceso al medio y velocidad de transmisión

GSM utiliza una combinación de acceso múltiple por división en frecuencia (FDMA) y acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) en el interfaz aéreo. TDMA permite ocho *full-rate* o 16 *half-rate* canales por cada canal de radio frecuencia. Estos 8 slots de tiempo se encuentran agrupados en lo que se conoce como una trama TDMA. Los canales *half-rate* usan tramas alternantes en el mismo slot de tiempo. La velocidad del canal de datos es de 270.833 kbps y la duración de la trama es de 4.615 ms,

2.1.5.3 Modulación

GSM usa la modulación conocida como *Gaussian Minimum-Shift Keying* (GMSK) una derivación de FSK de fase continua. En GMSK la señal a ser modulada en la portadora es 'alisada' usando un filtro pasa bajo Gaussiano para después ser alimentado al modulador, lo que reduce notablemente la interferencia con los canales vecinos, disminuyendo la interferencia de canal adyacente.

2.1.5.4 Codecs

GSM usa una variedad de codecs de voz para codificar 3.1 kHz de Audio en 5.6 y 13 kbps. Originalmente se usaban 2 codecs, Half Rate (5.6 kbps) y Full Rate (13 kbps) llamados así por los tipos de canal en los que se encuentran asignados. Estos usan un sistema basado en codificación lineal predictiva (LPC, por sus siglas en inglés, *Linear Predictive Coding*). Además de su efectividad con los bitrates, estos codecs hicieron fácil identificar las partes más importantes del audio, permitiendo a la interfaz aérea priorizar y proteger mejor estas partes de la señal.

2.1.6 SEGURIDAD EN GSM

GSM fue diseñado con un nivel de seguridad moderado, en el cual se autentica al suscriptor usando una llave pre-compartida y desafío-respuesta, además las comunicaciones entre el suscriptor y la estación base pueden ser cifradas. El desarrollo de UMTS introduce un USIM (por sus siglas en inglés, Universal Subscriber Identity Module, Módulo Universal de Identidad del Suscriptor), el cual usa una llave de autenticación más larga para dar mayor seguridad, así como autenticación mutua entre el usuario y la red, mientras que GSM solo autentica al

usuario en la red y no viceversa. Así el modelo de seguridad ofrece confidencialidad y autenticación pero posee limitadas capacidades de autorización y revocatoria de una negación.

GSM utiliza algunos algoritmos criptográficos para. Seguridad. Los cifrados de flujo A5/1 y A5/2 son usados para asegurar la privacidad de la voz en el 'aire'. A5/1 fue desarrollado primero y es un algoritmo más fuerte usado en Europa y en Estados Unidos; A5/2 es más débil y es usado en otros países. Una gran ventaja de seguridad de GSM sobre sistemas anteriores es que la llave criptográfica usada en el SIM nunca es enviada en la interfaz inalámbrica. Graves debilidades se han encontrado en ambos algoritmos, por lo que es posible romper A5/2 en tiempo real en un ataque de solo texto cifrado²². El sistema soporta múltiples algoritmos por lo que los operadores pueden reemplazar los sistemas de cifrado con uno más fuerte.

2.2 SERVICIO DE MENSAJES CORTOS DE TEXTO (SMS)

2.2.1 INTRODUCCIÓN

Mensajería de texto es el término común para el envío de mensajes cortos de texto, los cuales tienen una longitud máxima de 160 caracteres, desde teléfonos móviles usando el Servicio de Mensajes Cortos, SMS (por sus siglas en inglés, Short Message Service. Está disponible en la mayoría de los teléfonos móviles digitales y algunos asistentes personales digitales con comunicación inalámbrica incorporada. Los mensajes individuales que se envían son conocidos como mensajes de texto.

Existen *Gateways GSM* que permiten conectar los servicios SMS con servicios de mensajería instantánea, Internet, computadoras de escritorio, etc. Dispositivos

²² Barkam y otro, "Instant Ciphertext-Only Cryptanalysis of GSM Encrypted Communication", [citado el 29 de diciembre, 2007], paper disponible en formato pdf en:

<http://www.cs.technion.ac.il/users/wwwb/cgi-bin/tr-get.cgi/2006/CS/CS-2006-07.pdf>

que se puedan comunicar con teléfonos celulares y PDAs a través de protocolos como Bluetooth pueden usar esa misma tecnología para enviar mensajes SMS sobre una red inalámbrica.

SMS se presentó originalmente como parte del protocolo GSM, sin embargo actualmente se encuentra disponible para otros sistemas no GSM.

El uso más común de este servicio es el de mensajería personal, sin embargo también es usado para interactuar con sistemas automatizados como órdenes de compra, servicios para teléfonos móviles o participar en concursos. Existen además algunos sitios en Internet que permiten a los usuarios el envío de mensajes de texto sin costo para el remitente.

2.2.2 BENEFICIOS DE SMS

En el competitivo mundo de las telecomunicaciones, la diferenciación de servicios es el factor decisivo para el éxito de un proveedor de servicios. Una vez que los servicios básicos como telefonía son desplegados, SMS se convierte en el medio ideal para la diferenciación del servicio. Si el mercado lo permite incluso se puede convertir en una fuente de recursos económicos para el proveedor.

Las ventajas de SMS a los suscriptores se centran alrededor de la conveniencia, flexibilidad, y la integración sin igual de los servicios de mensajería y el acceso a datos. Desde esta perspectiva, el beneficio principal es la habilidad de usar el dispositivo móvil como una extensión de una computadora. SMS también elimina la necesidad de los dispositivos separados para la mensajería porque los servicios se pueden integrar en un solo equipo inalámbrico, el dispositivo móvil. Estas ventajas dependen normalmente de las aplicaciones que el proveedor de servicio ofrece, siendo los beneficios básicos:

- Entrega de notificaciones y alertas.
- Entrega de mensajes garantizada.
- Mecanismo de comunicación de información concisa, confiable y de bajo costo.

- Capacidad de mostrar los mensajes en la pantalla y retorno de llamadas selectiva.
- Incremento de la productividad del suscriptor.

Funcionalidades más sofisticadas proveen al suscriptor beneficios aun mejores:

- Entrega de mensajes a varios suscriptores al mismo tiempo.
- Capacidad de recibir información de diferentes tipos.
- Generación de correo electrónico.
- Creación de grupos de usuarios.
- Integración con otros tipos de datos y aplicaciones basadas en Internet.

Las ventajas para el proveedor de servicios son:

- La capacidad de incrementar las ganancias por usuario (debido al incremento del número de llamadas en las redes alámbricas e inalámbricas producto de las capacidades de notificación de SMS).
- Una alternativa a los servicios de paginación alfanumérica, la cual puede reemplazar o complementar la paginación existente.
- Capacidad de habilitar el acceso de datos inalámbrico para usuarios corporativos.
- Nuevas ganancias producto de la implementación de servicios de valor agregado como correo electrónico, correo de voz, fax, integración con aplicaciones Web, servicio de recordatorio, cotizaciones de acciones y monedas, horarios de aerolíneas, entre otros.
- Disposición de servicios administrativos claves, como el aviso de cargo, descarga *over-the-air*, provisión de servicios *over-the-air*.
- Protección de recursos importantes de la red (como los canales de voz), debido al uso eficiente de los canales de control y de tráfico por parte de SMS.

- Mecanismos de notificación para nuevos servicios como los utilizados por el Protocolo de Aplicaciones Inalámbricas, WAP (por sus siglas en inglés, *Wireless Application Protocol*).

2.2.3 ARQUITECTURA Y ELEMENTOS DE LA RED

La arquitectura de SMS está basada en la de GSM, como se muestra en la Figura 2-8, en la cual además de los elementos ya explicados de la red GSM, se nota dos elementos adicionales, la SMSC (por sus siglas en inglés, *Short Message Service Center*), y las ESME (por sus siglas en inglés, *External Short Message Entities*).

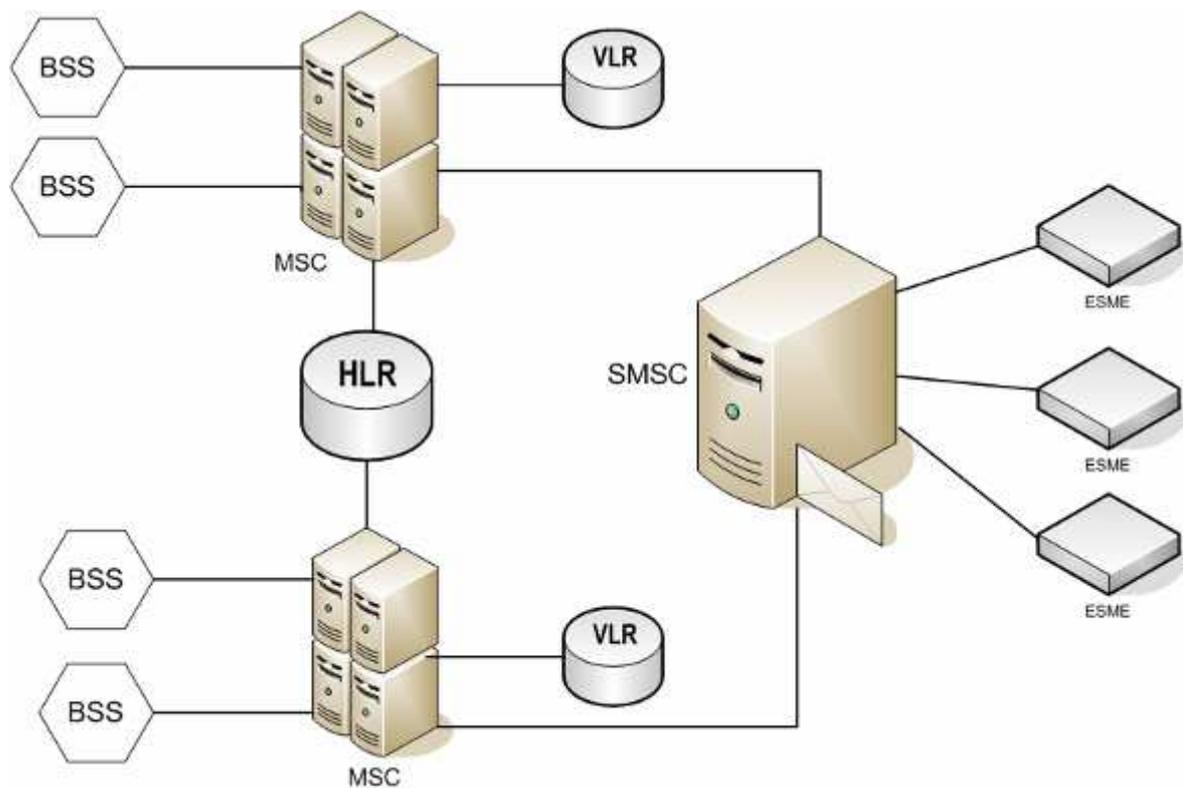
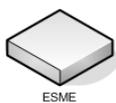


Figura 2-8 Arquitectura de la red SMS.

2.2.3.1 External Short Message Entities (ESME)



Un ESME es un dispositivo que puede recibir o enviar mensajes cortos. Un SME (*Short Message Entity*) puede estar localizado en una red fija, un dispositivo móvil, u otro centro de servicio, llámese operadora de telefonía móvil).

2.2.3.2 Short Message Service Center (SMSC)



La SMSC es una combinación de hardware y software responsable de entregar, guardar y retransmitir un mensaje corto entre una SME y un dispositivo móvil. La SMSC debe tener una alta confiabilidad, capacidad y un alto rendimiento de manejo de mensajes. Adicionalmente, el sistema debe ser capaz de escalar fácilmente para acomodarse a la creciente demanda de SMS en la red.

Otro factor a ser considerado es la facilidad de operación y mantenimiento de la aplicación, así como la flexibilidad para activar nuevos servicios y actualizar a nuevas versiones del *software*.

2.2.4 SMS Y GSM

El Servicio de Mensajes Cortos – Punto a Punto (SMS-PP, por sus siglas en inglés, *Short Message Service – Point to Point*) esta definido en la recomendación GSM 03.40. Así mismo GSM 03.41 define el Servicio de mensajes Cortos – Difusión desde la Celda (SMS-CB, por sus siglas en inglés *Short Message Service – Cell Broadcast*), que permiten que mensajes como publicidad, avisos e información pública, sean difundidos a todos los usuarios móviles dentro de un área geográfica específica.

Los mensajes son enviados al SMSC, el cual provee un mecanismo de ‘almacenamiento-y-envío’ (*store-and-forward*). Este intenta enviar los mensajes a los destinatarios, si aquellos no se encuentran disponibles, el SMSC los coloca en cola para ser reenviados posteriormente. Algunos SMSC también proveen la opción de de ‘reenvío-y-olvido’ (*forward-and-forget*), donde la transmisión es reintentada solo una vez.

Tanto las operaciones terminadas en el móvil (MT, *Mobile Terminated*), para mensajes enviados a terminales móviles, como las originadas en el móvil (MO, *Mobile Originated*), para aquellos que son enviados por el terminal móvil, son soportadas. La entrega del mensaje se basa en el mejor esfuerzo, lo que no

garantiza que el mensaje que se va a enviar vaya a ser entregado al destinatario sin retraso, e incluso es posible que se pierda, esto es común especialmente cuando el envío es realizado entre redes diferentes. Los usuarios pueden escoger el pedir confirmaciones de entrega, las cuales proveen una confirmación positiva de que dicho mensaje ha llegado al destinatario.

La transmisión de los mensajes cortos entre el SMSC y el terminal es realizado usando el *Mobile Application Part* (MAP) del protocolo SS7. Los mensajes son enviados usando las operaciones MAP MO- y MT-ForwardSM, cuya longitud de *payload*, limitada por el protocolo de señalización, es de 140 octetos, o 1120 bits.

Los mensajes cortos pueden ser codificados usando una variedad de alfabetos:

- GSM 7 bit, el alfabeto por defecto, ver Tabla 2-1.
- GSM 8 bit.
- UTF-16/UCS-2 de 16 bits.

Del alfabeto en el cual el suscriptor posea configurado su dispositivo móvil, dependerá el tamaño máximo de los mensajes cortos, 160 caracteres de 7 bits, 140 de 8 bits o 70 de 16 bits. El soporte del alfabeto GSM de 7 bits es mandatorio para los dispositivos GSM y elementos de red²³. Pero caracteres en lenguajes como árabe, chino, coreano, japonés o lenguas eslavas (como el ruso) deben ser codificados en UCS-2 de 16 bits (*Unicode*). Información de ruteo y otros metadatos son adicionales al tamaño del *payload*.

2.2.4.1 Tamaño de los mensajes

Como se explica en la sección anterior el tamaño máximo de un mensaje corto es de 160 caracteres de 7 bits, 140 caracteres de 8 bits o 70 caracteres de 16 bits, donde los caracteres especiales de ciertos lenguajes deben ser codificados en UCS-2 que es de 16 bits.

²³ 3GPP: Technical Specification Group Core; 3GPP TS 23.038 versión 7.0.0 “*Network and Terminals; Alphabets and language-specific information*”, [citado el 10 de enero, 2008], disponible para descarga en: <http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/23038.htm>.

	x0	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
x0	@	Δ	SP	0	i	P	ı	p
x1	£	_	!	1	A	Q	a	q
x2	\$	Φ	"	2	B	R	b	r
x3	¥	Γ	#	3	C	S	c	s
x4	è	Λ	α	4	D	T	d	t
x5	é	Ω	%	5	E	U	e	u
x6	ù	Π	&	6	F	V	f	v
x7	ì	Ψ	'	7	G	W	g	w
x8	ò	Σ	(8	H	X	h	x
x9	Ç	Θ)	9	I	Y	i	y
xA	LF	Ξ	*	:	J	Z	j	z
xB	Ø	1)	+	;	K	Ä	k	ä
xC	ø	Æ	,	<	L	Ö	l	ö
xD	CR	æ	-	=	M	Ñ	m	ñ
xE	Å	ß	.	>	N	Ü	n	ü
xF	å	É	/	?	O	§	o	à

Tabla 2-1 Alfabeto GSM de 7 bits descrito en 3GPP TS 23.038. Las filas representan los dígitos menos significativos, las columnas los dígitos más significativos, así el caracter % es representado por 0x25.

Contenidos más extensos, conocidos como *long SMS*, SMS concatenados o SMS segmentados o multiparte, pueden ser enviados usando múltiples mensajes, en cuyo caso cada mensaje empezará con un encabezado con los datos de usuario (UDH, *User Data Header*) que contiene la información de la segmentación. Dado q el UDH va dentro del *payload*, el número de caracteres por segmento es menor, 153 caracteres de 7 bits, 134 de 8 bits o 67 de 16 bits. El terminal receptor es el encargado de ensamblar el mensaje y presentarlo al usuario como un mensaje largo. Mientras que estándar permite teóricamente hasta 255 segmentos, un máximo de 6 a 8 segmentos de mensaje son un límite práctico, y mensajes aún más largos siguen siendo facturados como múltiples mensajes sencillos enviados.

2.2.5 SMS Y COMANDOS AT

Muchos equipos móviles y receptores satelitales soportan el envío y la recepción de SMS usando una versión extendida del set de comandos Hayes (mejor conocidos comandos AT). La conexión entre el equipo terminal y el *transceiver* (que puede ser un computador) puede ser usado un cable serial, Bluetooth, Infrarrojos, etc. Los comandos AT más comunes para este tipo de aplicaciones incluyen: AT+CMGS (envío de mensajes), AT+CMSS (enviar mensajes desde la memoria), AT+CMGL (enlistar los mensajes) y AT+CMGR (leer mensaje).

La sintaxis y estructura de estos y más comandos es analizada con detenimiento en un capítulo posterior.

2.3 SISTEMAS GPS

2.3.1 INTRODUCCIÓN

El Sistema de Posicionamiento Global o GPS (por sus siglas en inglés, *Global Positioning System*), es el único Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS, por sus siglas en inglés, *Global Navigation Satellite System*) totalmente funcional. Utiliza una constelación de al menos 27 satélites (24 operativos y 3 de respaldo) en Orbita Media Terrestre (MEO, *Medium Earth Orbit*), los cuales transmiten precisas señales de microondas, el sistema permite que los receptores GPS determinen su localización, velocidad, dirección y hora. Otros sistemas similares son el ruso GLONASS (aún incompleto en el año 2007), el planificado sistema europeo de posicionamiento Galileo, y los propuestos COMPASS chino y el IRNSS de la India.

Desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, GPS fue oficialmente nombrado NAVSTAR GPS, La constelación de satélites es manejada por el Ala Espacial 50 de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos. El costo de mantenimiento del sistema es de aproximadamente 750 millones de dólares anuales, en los cuales se incluye la renovación de satélites viejos, e investigación y desarrollo.

En 1983, el presidente de los Estados Unidos Ronald Reagan promovió la directiva en la cual el sistema de volvió de uso gratuito para el uso civil como un

bien común. Desde entonces, GPS se ha convertido de gran ayuda para la navegación a nivel mundial, y una herramienta útil para la cartografía, exploración, comercio y usos científicos. GPS también provee una referencia temporal precisa usada en muchas aplicaciones incluyendo el estudio científico de los terremotos, y la sincronización en las redes de telecomunicaciones.

2.3.2 MODO DE OPERACIÓN

Un receptor típico del GPS calcula su posición usando las señales a partir de cuatro o más satélites GPS. Cuatro satélites son necesarios puesto que el proceso necesita un tiempo local muy exacto, más exacto que cualquiera que un reloj normal pueda proporcionar, así que el receptor procesa internamente tanto el tiempo como la ubicación. Es decir el receptor utiliza cuatro medidas para solucionar las 4 variables - x , y , z , y t . Estos valores son transformados en variables de uso más sencillo, tales como latitud, longitud o un punto en un mapa, para luego ser mostrados al usuario.

Cada satélite GPS tiene un reloj atómico, y transmite continuamente los mensajes que contienen el tiempo actual en el inicio del mensaje, los parámetros para calcular la localización del satélite (efemérides o calendario astronómico), y de la salud general del sistema (el almanaque). Las señales viajan a una velocidad conocida, la velocidad de la luz a través del espacio exterior, y levemente más lento a través de la atmósfera. El receptor utiliza los tiempos de llegada para computar la distancia a cada satélite, de el cual determina la posición del receptor usando geometría y trigonometría (Trilateración).

Aunque cuatro satélites se requieren para la operación normal, se pueden necesitar menos en algunos casos especiales. Por ejemplo, si una variable es conocida (como cuando un navío en alta mar sabe que su altitud es 0), un receptor puede determinar su posición usando solamente tres satélites. Sin embargo, en la práctica, los receptores utilizan pistas adicionales (desplazamiento Doppler de señales de los satélites, última posición conocida, cómputo muerto, navegación inercial, etc.) para dar respuestas levemente degradadas cuando menos de cuatro satélites son visibles.

2.3.3 ESTRUCTURA DEL SISTEMA

Tal como se muestra en la Figura 2-9 el sistema GPS, esta formado por tres segmentos: el segmento espacial (SS, *Space Segment*), el segmento de control (CS, *Control Segment*) y el segmento de usuario (US, *User Segment*).

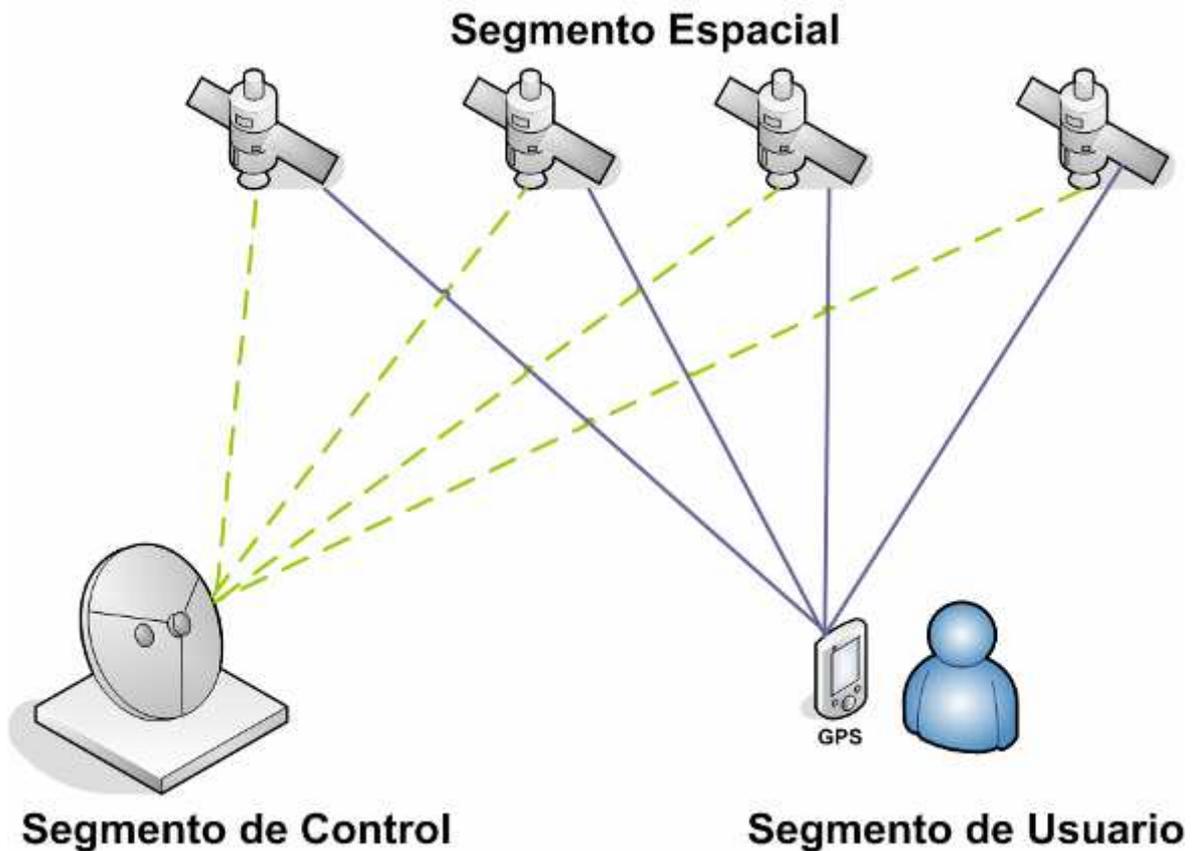


Figura 2-9 Segmentos del Sistema GPS.

2.3.3.1 Segmento Espacial

El segmento espacial es el núcleo del sistema, está formado por 24 unidades con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie del globo terráqueo. Más concretamente, repartidos en 6 planos orbitales de 4 satélites cada uno. Están diseñados para tener una vida útil de 8 a 10 años. La energía eléctrica que requieren para su funcionamiento la adquieren a partir de dos paneles compuestos de celdas solares adosados a sus costados, sus respectivos sistemas de baterías de respaldo.

Orbitando a una altura aproximada de 20.200 kilómetros, cada satélite realiza dos vueltas completas en cada día sideral (23h 56' 04") es decir a una velocidad aproximada de 11.300 kilómetros por hora.

Para septiembre del 2007, existían 31 satélites transmitiendo activamente en la constelación GPS. Los satélites adicionales mejoran la precisión de los cálculos en los receptores ya que proveen medidas redundantes, además de brindar confiabilidad y disponibilidad al sistema.

2.3.3.2 Segmento de control

Las rutas de vuelo de los satélites son controladas por las estaciones de control de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, ubicadas en Hawaii, Kwajalein (Islas Marshall en el Pacífico Occidental), Isla Ascensión (costa oeste de África), Diego García (sur de la India) y Colorado Springs (Estados Unidos), además de estaciones de monitoreo operadas por la *National Geospatial-Intelligence Agency* (NGA). La información de seguimiento es enviada a la estación de control maestro de Colorado Springs. Dicha estación contacta cada satélite regularmente enviándoles las actualizaciones de posición, utilizando para esto las antenas de Ascensión, Diego García, Kwajalein y Colorado Springs. Estas actualizaciones sincronizan los relojes atómicos a bordo de los satélites, y ajustan sus efemérides. Estas actualizaciones son usadas usando un Filtro Kalman que usa como entradas: datos de las estaciones de monitoreo terrestres, el clima y varias otras variables²⁴.

Las maniobras de los satélites no son precisas con relación a los estándares GPS. Así que para cambiar la órbita de un satélite, este primero debe ser marcado como "no sano", así los receptores no lo usarán para sus cálculos. Una vez que la maniobra ha sido concluida y la nueva posición ha sido calculada, las nuevas efemérides son descargadas en el satélite y marcado como "sano" de nuevo.

²⁴ United States Naval Observatory, "USNO NAVSTAR Global Positioning System", [citado el 20 de enero, 2008], disponible en: <http://tycho.usno.navy.mil/gpsinfo.html>

2.3.3.3 Segmento de Usuario

El receptor GPS del usuario es el segmento de usuario del sistema GPS. En general los receptores GPS están formados por una antena, sintonizada a las frecuencias transmitidas por los satélites, procesadores de recepción, un reloj de alta estabilidad (que puede ser un reloj de cristal). También pueden incluir un *display* para presentar la información de la ubicación y la velocidad del usuario. Un receptor también suele ser caracterizado por el número de canales, es decir el número de satélites que puede monitorear simultáneamente. Originalmente el número de canales era limitado a 4 o 5 sin embargo en los últimos años, los receptores de última generación son capaces de monitorear entre 12 y 20 canales simultáneamente.

Los receptores GPS pueden incluir entradas para correcciones diferenciales, usando el formato RTCM SC-104. Esta conexión usualmente se encuentra en la forma de un puerto RS-232 a 4.800 bps, aunque los datos son enviados a mucha menor velocidad lo que limita la exactitud de la señal enviada usando RTCM. Receptores con DGPS interno pueden superar este problema del uso de datos RTCM externos. Para inicios del año 2007 incluso las unidades de recepción GPS de bajo costo comúnmente incluyen receptores de *Wide Area Augmentation System* (WAAS). Esta y otras técnicas para mejorar la exactitud del sistema son tratados posteriormente en este capítulo.

Muchos receptores GPS pueden retransmitir la información de posición a un PC u otro dispositivo usando el protocolo NMEA 0183, o por el reciente y aún poco extendido NMEA 2000. Ambos son protocolos propietarios controlados por la *Nacional Marine Electronics Association*. Sin embargo las referencias a los protocolos NMEA se han compilado para su uso público, permitiendo que herramientas de código abierto leer dichos protocolos sin violar las leyes de propiedad intelectual. Existen además algunos otros códigos propietarios como SiRF, MTK y Garmin entre otros. Los receptores se pueden interconectar con otros dispositivos usando interfaces como conexión serial, USB o Bluetooth entre otros.

2.3.4 SEÑALES DE NAVEGACIÓN, EFEMÉRIDES, ALMANAQUE, CÓDIGOS Y FRECUENCIAS DE GPS

Cada satélite continuamente transmite un mensaje de navegación a 50 bps, donde envía la hora del día, el número de la semana GPS y la información del estado o “salud” del satélite (todas transmitidas en la primera parte del mensaje), la efeméride (transmitida en la segunda parte del mensaje) y el almanaque en la última parte del mensaje. Los mensajes son enviados en tramas, que toman 30 segundos en enviarse los 1500 bits.

Los primeros 6 segundos de cada trama contienen los datos que describen al reloj satelital y su relación con el tiempo del sistema GPS. Los siguientes 12 segundos contienen los datos de la efeméride, la órbita precisa del satélite. La efeméride es actualizada cada 2 horas y generalmente es válida por 4 horas, además se prevé actualizaciones cada 6 horas bajo condiciones de funcionamiento anormales. El tiempo necesario para adquirir la efeméride se está convirtiendo en un elemento significativo que retrasa la ubicación del primer punto, debido a que mientras el hardware se vuelve más rápido, el tiempo para engancharse a la señal del satélite disminuye, pero la efeméride necesita 30 segundos (en el peor de los casos) antes de poder ser recibida, debido a la baja velocidad de transmisión.

El almanaque consiste en la información del estatus y de la órbita en curso de cada satélite en la constelación, un modelo inosférico, y la información para relacionar el tiempo GPS con el Tiempo Universal Coordinado (UTC, por sus siglas en inglés, *Universal Time, coordinated*). Una nueva parte del almanaque es recibida en los últimos 12 segundos de cada trama de 30 segundos. Cada trama contiene 1/25 del almanaque, así que se requieren 12.5 minutos para recibir el almanaque completo de un solo satélite²⁵. El almanaque sirve para muchos propósitos, el primero es asistir al receptor en la adquisición de los satélites al encenderse, permitiendo a este generar una lista de los satélites visibles basada

²⁵ NAVSTAR GPS, Interface Specification IS-GPS-200 “Navstar GPS Space Segment/Navigation User Interfaces”, [citado el 20 de enero, 2008], disponible en formato pdf en: <http://www.losangeles.af.mil/shared/media/document/AFD-070803-059.pdf>

en una posición y un tiempo almacenado, mientras que el efeméride de cada satélite es necesario para computar las correcciones de posición usando al satélite. En los receptores antiguos, la falta de almanaque en un nuevo receptor podía causar largos tiempos de espera antes de proveer una posición válida, ya que la búsqueda de cada satélite era un proceso muy lento. La mejora del *hardware* ha hecho que la adquisición del almanaque no sea un problema. El segundo propósito es el relacionar la hora derivada del sistema GPS (llamada hora GPS, o *GPS time*) al estándar internacional del UTC. Finalmente, el almanaque permite a los receptores de una sola frecuencia corregir el error ionosférico usando el modelo ionosférico global. Las correcciones no son tan exactas como en los sistemas aumentados como WAAS o como en los receptores de doble banda, sin embargo, es mejor que no usar corrección ya que el error ionosférico es la fuente más grande errores en los receptores de una sola frecuencia. Algo importante en lo que se refiere a la información de navegación es el hecho que cada satélite transmite sólo su propia efeméride pero transmite el almanaque de todos los satélites.

Cada satélite transmite su mensaje de navegación usando al menos dos códigos de espectro expandido:

- Coarse/Acquisition (C/A), que está disponible gratuitamente para el uso público. Es un código pseudo-aleatorio (PRN) de 1023 chips, a 1.023 Mchips/s. por lo que se repite cada milisegundo. Cada satélite tiene su propio código (C/A) así que puede ser identificado y recibido por separado de otros satélites transmitiendo a la misma frecuencia.
- Precise(P), el cual es usualmente encriptado y reservado para aplicaciones militares. Es un código PRN que trabaja a 10.23 Mchip/s que se repite sólo una vez por semana. Cuando se activa el modo "*anti-spoofing*" (para evitar suplantaciones de identidad), al código P es encriptado usando el código Y lo que produce el código P(Y), que puede ser desencriptado solo con unidades con una llave de desencriptación válida.

Ambos, tanto C/A como P(Y) entregan al usuario la hora precisa del día.

Las frecuencias usadas por GPS son:

- L1 (1575.42 MHz): el más usado, mezcla de mensajes de navegación, usan *coarse-acquisition (C/A)* y *encrypted precision P(Y)*, además del nuevo LC1 para los satélites del futuro Bloque III. La Figura 2-10 muestra el esquema de modulación usado en esta banda.

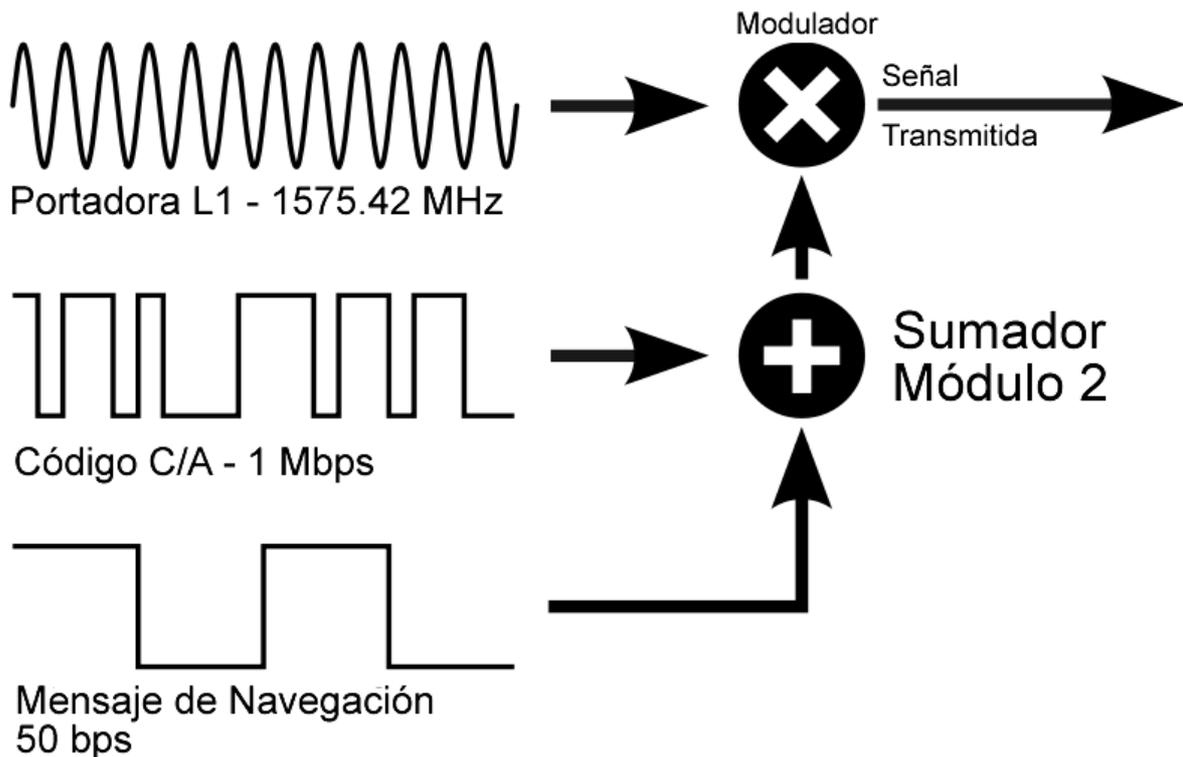


Figura 2-10 Esquema de modulación en la banda L1 usando el código C/A..

- L2 (1227.60 MHz): usa código P(Y), además del nuevo código L2C para el Bloque IIR-M y nuevos satélites.
- L3 (1381.05 MHz): usado por el *Nuclear Detonation (NUDET) Detection System Payload (NDS)*, para detectar señales de detonaciones nucleares y otros eventos de infrarrojos de gran energía. Usado para hacer cumplir los tratados de prohibición de pruebas nucleares.
- L4 (1379.913 MHz): Está siendo estudiado para correcciones ionosféricas adicionales.
- L5 (1176.45 MHz): Propuesto para el uso civil de la señal seguridad-de-vida (SoL, por sus siglas en inglés *Safety-of-Life*). Esta frecuencia se halla en una

banda internacionalmente protegida para la navegación aeronáutica, lo que promete poca o nula interferencia bajo cualquier circunstancia. El primer satélite del Bloque IIF, que proveerá este tipo de señal será lanzado en el 2008.

2.3.5 PRECISIÓN Y FUENTES DE ERRORES

La posición calculada por el receptor GPS requiere el tiempo actual, la posición del satélite y la medición del retraso de la señal recibida. La precisión de la posición depende principalmente de la posición del satélite y el retraso de la señal.

Para medir el retraso, el receptor compara la secuencia de bits recibida desde el satélite con una versión generada internamente. Comparando los flancos ascendentes y descendentes de los bits, se puede medir el desplazamiento de la señal hasta en 1% del tiempo de bit o aproximadamente 10 nano segundos para el código C/A. Dado que las señales GPS se propagan a la velocidad de la luz, esto representa un error de 3 metros. Es el mínimo error posible usando solo la señal GPS C/A.

La exactitud en la posición puede ser mejorada usando la señal de P(Y) de mayor velocidad de chip. Asumiendo el mismo 1% de tiempo de bit de exactitud, resulta en una exactitud de 30 centímetros.

Los errores de los dispositivos electrónicos son uno de los tantos efectos que degradan la exactitud de la señal, como lo muestra la Tabla 2-2. Cuando todos estos factores son tomados conjuntamente, en los receptores civiles la posición horizontal es exacta por alrededor de 15 metros. Estos mismos efectos también reducen la exactitud del código P(Y).

Si se mira en un esquema de arriba abajo (desde la órbita a la superficie) las fuentes de error se pueden clasificar así:

- **Errores de la efeméride:** estos errores ocurren cuando el satélite no transmite correctamente su posición exacta en la órbita.
- **Condiciones ionosféricas:** la Ionósfera inicia alrededor de los 70-80 kilómetros sobre la Tierra y continúa por unos cientos de miles más. Las señales satelitales disminuyen su velocidad debido al plasma (gas de baja

densidad). A pesar de que los receptores GPS tratan de tomar en cuenta este retraso, actividad no esperada del plasma puede causar errores de cálculo.

- **Condiciones Troposféricas:** la Tropósfera es la región más baja de la atmósfera terrestre y va desde la superficie hasta cerca de los 18 kilómetros. Variaciones en la temperatura, presión y humedad pueden causar variación en la forma en que las ondas de radio rápidas de propagan, resultando en errores leves en la exactitud.
- **Errores del reloj:** debido a que no es práctico colocar un reloj atómico en cada receptor GPS, los errores de temporización en el reloj menos preciso del receptor pueden causar también errores.
- **Distorsión *Multipath*:** cuando la señal de un satélite rebota contra una superficie sólida, como un edificio o la pared de un cañón, antes de llegar al receptor, produce un retraso en el tiempo de viaje, que causa un cálculo de distancia inexacto.

Fuente del Error	Efecto
Efectos Inosféricos	± 5 m
Errores de la efeméride	± 2.5 m
Errores del reloj	± 2 m
Distorsión <i>Multipath</i>	± 1 m
Errores troposféricos	± 0.5 m
Errores de cálculo	± 1 m

Tabla 2-2 Fuentes de error del Sistema GPS.

Finalmente, existe el tema de la Disponibilidad Selectiva (SA, por sus siglas en inglés, *Selective Availability*). Esta es una característica en el diseño inicial del GPS, el cual intencionalmente agregaba un error al azar de hasta ± 100 metros a la señal utilizada por civiles. La señal utilizada por los militares no era afectada por este error. De esta manera, se razonaba, misiles enviados por otra nación que

utilizarán GPS, no podrían ser tan exactos como los misiles estadounidenses, dándoles una ventaja militar significativa. Sin embargo, el 1 de Mayo de 2001, el Presidente Bill Clinton anunció que deshabilitarían definitivamente la Disponibilidad Selectiva, de esa manera se da al mundo una herramienta de posicionamiento global invaluable. Estados Unidos aún conserva la posibilidad de interferir o deshabilitar por completo la señal de GPS en un área geográfica limitada, sin interferir con la señal en otras zonas del mundo.

Otro de los problemas que el sistema GPS debe afrontar es el relacionado con las interferencias, especialmente las de procedencia natural. Dado que las señales GPS recibidas por los receptores suelen ser de muy baja potencia, otras fuentes de radiación electromagnética pueden hacer que la recepción de la señal satelital de rastreo sea difícil o imposible.

Ráfagas y manchas solares son otros de los fenómenos que tiene el potencial de degradar la recepción GPS, y dicho impacto puede fácilmente afectar la mitad de la Tierra que mira hacia el Sol. También puede ser interferida con las tormentas geomagnéticas predominantes cerca de los polos. Además la señal puede ser interferida por el Cinturón de Van Allen cuando los satélites pasan por la Anomalía del Atlántico Sur. Otra fuente de problemas es el metal que se encuentra presente en las películas anticongelantes de los parabrisas de algunos autos lo que degrada la recepción dentro del auto.

2.3.6 TÉCNICAS PARA MEJORAR LA EXACTITUD

2.3.6.1 Aumento (*Augmentation*)

Los métodos de aumento para mejorar la exactitud se basan en información externa adicional que será integrada en el proceso de cálculo. Existen actualmente algunos de estos sistemas ya trabajando y están nombrados de acuerdo a como el sensor GPS recibe la información. Muchos sistemas transmiten información adicional de las fuentes de error (como fallas del reloj, efeméride o retraso en la Ionósfera), otros proveen medidas directas de la potencia de la señal en el pasado, mientras que un tercer grupo provee información de navegación o del vehículo para ser integrada en el proceso de cálculo.

Entre los principales sistemas aumentados se encuentran: *Wide Area Augmentation System* (WAAS), GPS diferencial (DGPS), Sistemas de Navegación Inercial y GPS Asistido.

2.3.6.1.1 *Wide Area Augmentation System (WAAS)*

WAAS usa una red de estaciones terrestres de referencia, localizadas en Norteamérica y Hawai, para medir pequeñas variaciones en las señales satelitales en el hemisferio occidental. Las mediciones de las estaciones de referencia son enviadas a las estaciones maestras, las cuales generan y envían las correcciones a los satélites geoestacionarios WAAS. Estos satélites transmiten las correcciones de regreso a la Tierra, donde los receptores que tengan habilitado WAAS usarán estas correcciones mientras computan la posición para mejorar la exactitud. Con esto, WAAS es capaz de alcanzar exactitudes de hasta 16 m lateralmente y 4m verticalmente.

2.3.6.1.2 *GPS Diferencial (DGPS)*

DGPS es una mejora a GPS que usa una red de estaciones terrestres fijas de referencia que transmiten la diferencia entre las posiciones indicadas por los satélites y sus posiciones conocidas. Es decir transmiten la diferencia entre los pseudorangos medidos por el satélite y el pseudorango actual (internamente calculado), de esa manera los receptores pueden corregir sus pseudorangos en la misma cantidad.

2.3.6.2 Monitoreo Preciso

La exactitud en los cálculos también puede ser mejorada a través del monitoreo y medición precisa de las señales GPS existentes en adición o como reemplazo de los otros métodos. Existen 3 formas básicas de monitoreo preciso:

- **P(Y)**: es decir usar el código destinado a aplicaciones militares, ya que al usar 2 frecuencias (L1 y L2), se pueden correlacionar los datos y computar el retraso ionosférico. Sin embargo este método es lento y el equipo es de uso restringido para el público civil.
- **Carrier-Phase Enhancement (CPGPS)**: Utiliza la señal de L1 como un reloj adicional resolviendo la incertidumbre producida porque la transición del

código PRN, no es instantánea lo que hace que el receptor muchas veces no pueda hacer una coincidencia entre su señal y la del satélite. Usado junto con DGPS se puede obtener un rango de precisión de hasta 20-30 centímetros.

- **Relative Kinematic Positioning (RKP):** Se puede mejorar la exactitud de posición hasta cerca los 10 centímetros. Se realiza determinando el número de ciclos entre lo que la señal es transmitida y recibida en el receptor, esto se hace mediante el uso de una combinación de datos de corrección DGPS, transmitiendo la fase de la señal GPS transmitida y técnicas de resolución de ambigüedad por medio de pruebas estadísticas y procesamiento en tiempo real.

2.3.6.3 Modernización de GPS

El 17 de Julio de 1995, GPS se declaró en estado de completa capacidad operacional al alcanzar las metas y objetivos del diseño original. Sin embargo, los nuevos avances de la tecnología y nuevas demandas actuales exigen un esfuerzo para modernizar al sistema GPS. Dichas iniciativas dieron resultados cuando el Congreso estadounidense en el año 2000, autorizó el proyecto conocido como GPS III.

Dicho proyecto apunta a mejorar la precisión y disponibilidad para todos los usuarios e involucra nuevas estaciones terrestres, nuevos satélites y cuatro nuevas señales de navegación. Las nuevas señales civiles son llamadas **L2C**, **L5** y **L1C**, y un nuevo código militar llamado **M-Code**. La capacidad de operación inicial del código L2C se espera para el año 2008. El sistema completo tiene como meta ser completamente terminado para el 2013.

2.3.7 INTEGRACIÓN CON TELEFONÍA MÓVIL

Algunos teléfonos móviles pueden vincularse a un receptor GPS diseñado a tal efecto. Suelen ser módulos independientes del teléfono que se comunican inalámbricamente vía Bluetooth y que le proporcionan los datos de posicionamiento, que son interpretados por un programa de navegación. Esta aplicación del GPS está particularmente extendida en los teléfonos móviles que

operan con el sistema operativo Symbian, y PDAs con el sistema operativo Windows Mobile, aunque Nokia lanzó el N95 con un módulo GPS integrado.

2.3.8 APLICACIONES

Dado su carácter gratuito y su presencia mundial, el sistema GPS se encuentra explotado en las siguientes aplicaciones entre las más importantes:

- Navegación terrestre, marítima y aérea. Muchos autos de última generación lo incorporan en la actualidad, siendo de especial utilidad para encontrar direcciones o indicar la situación a la grúa.
- Topografía y geodesia. Localización agrícola (agricultura de precisión).
- Salvamento y operaciones de rescate.
- Deporte, acampada y ocio.
- Para enfermos y discapacitados.
- Aplicaciones científicas en trabajos de campo.
- Se lo utiliza para el rastreo y recuperación de vehículos.
- Navegación Deportiva.
- Deportes aéreos: parapente, alas delta, planeadores, etc.

2.4 SOFTWARE DE UBICACIÓN EN MAPAS DIGITALES

2.4.1 INTRODUCCIÓN

Este tipo de software es parte de un Sistema de Información Geográfica (GIS, por sus siglas en inglés, *Geographic Information System*). Un sistema de información geográfica según la definición del *National Center for Geographic Information and Analysis* es un "sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión".

De esta definición se puede considerar, esencialmente, al GIS como una tecnología aplicada a la resolución de problemas territoriales, aunque las áreas de

uso práctico pueden ser muy variadas, en otras palabras, un GIS es sensible de aplicarse en cualquier área que requiera del manejo de información espacial.

Los GIS, como sistemas de información, se crean para dar respuesta a preguntas no predefinidas de antemano, y por lo tanto, incluyen: una base de datos, una base de conocimientos (conjunto de procedimientos de análisis y manipulación de los datos) y un sistema de interacción con el usuario.

Lo más característico de un GIS es su capacidad de análisis, es decir, no sólo su capacidad para generar nueva información a partir de un conjunto previo de datos (mediante su manipulación y reelaboración) sino, y principalmente, de relacionar elementos gráficos con elementos de una base de datos temáticos.

La razón fundamental para utilizar un GIS es la gestión información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.

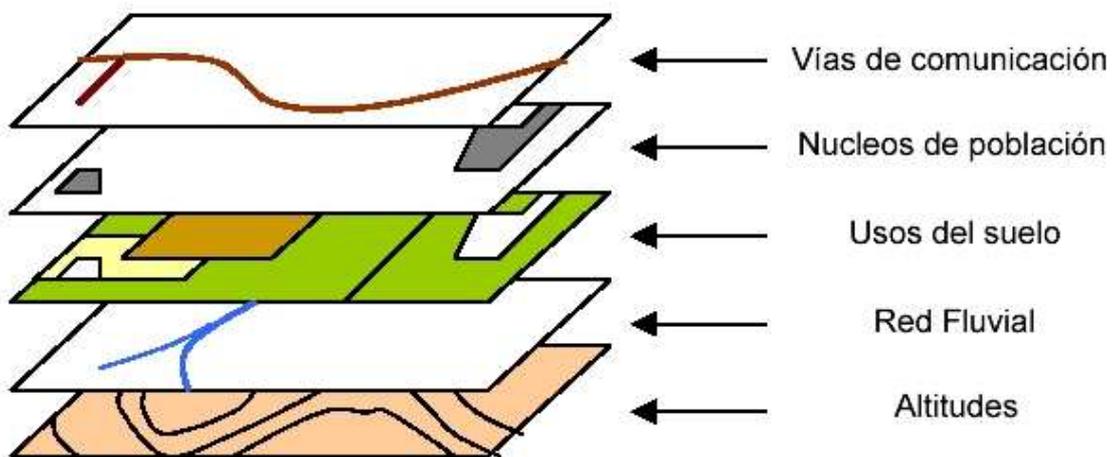


Figura 2-11 Organización de la información espacial en capas en un GIS.

2.4.2 ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN DE UN GIS

2.4.2.1 Adquisición de datos gráficos

Para trabajar un Sistema de Información Geográfica es posible adquirir datos gráficos de dos tipos: datos vectoriales y datos raster.

En relación al primer tipo, estos se adquieren mediante el proceso de digitalización. Dicho proceso permite leer las coordenadas de cada punto del mapa y almacenarlas en archivos codificados, que serán interpretados luego, por el correspondiente software de graficación. La información vectorial esta compuesta por tres clases de datos: puntos, líneas y polígonos. Según las necesidades del mapa digital, para la representación cartográfica de los diferentes temas se usarán, por ejemplo, puntos para las localidades, líneas para calles, ríos, etc. ó polígonos para zonas, departamentos, entre otros elementos. La diferencia fundamental entre los diferentes tipos de graficación, radica en el modo en que se almacenan y codifican sus coordenadas, así como el proceso al que serán sometidas para cumplir sus funciones en el GIS.

El segundo tipo de información, (raster), se adquiere mediante el proceso de rasterización de la imagen, esto es, de codificar cada uno de los píxeles que conforman la imagen satelital y almacenar su posición dentro de la misma. Cada píxel en la pantalla será coloreado de acuerdo a su código y cada código representará una característica diferente.

2.4.2.2 Digitalización

El proceso de transformar la información gráfica en mapas digitales y en cartografía temática, se llevó a cabo con el software administrador del GIS, utilizando para la primera etapa (digitalización) un tablero digitalizador de gran área activa de y de alta precisión, lo que posibilita, en la mayoría de los casos, trabajar con un plano entero evitando tener que subdividirlo para su digitalización.

La técnica de digitalización, consiste en indicar con la cruz del cursor y mediante la presión de una tecla del mismo, las coordenadas de cada punto o vértice de las líneas o arcos del plano. Esta información de coordenadas en un sistema propio del tablero digitalizador es almacenada en archivos, que luego serán utilizados en

el proceso de transformación de las mismas a cualquiera de los sistemas coordenados (Cartesianas, Lambert, Mercator, Gauss-Kruger, UTM).

2.4.2.3 Edición

En esta etapa, se edita la información gráfica digitalizada, permitiendo de esta manera subsanar los errores groseros cometidos durante la etapa de digitalización, tales como: la incorrecta asignación de rótulos, arcos duplicados, arcos que deberían cortarse y no lo hacen, polígonos que no cierran, arcos colgantes, nodos innecesarios, suavizado de curvas, agregado de arcos faltantes.

2.4.2.4 Topología

A continuación, se pasa a la etapa de generación de la topología, en la cual se logra que todas las entidades del mapa digital (áreas, líneas y puntos) cumplan ciertas condiciones necesarias de relación entre sí, lo que permite identificar a cada polígono, arco o punto como una entidad individual dentro del conjunto. Requisito que posibilita, posteriormente, asignarle a cada entidad los atributos descriptivos correspondientes. A cada entidad del mapa digital se le puede asignar una cantidad aproximada de poco más de cien atributos diferentes; éstos se almacenan en bases de datos alfanuméricas que se interrelacionan con las entidades gráficas a través de un código que identifica de igual manera a ambas, y que luego permitirá ubicar un elemento en el espacio gráfico mediante la selección de uno o varios de sus atributos en la base de datos alfanumérica; o bien, indicando un elemento del mapa digital, encontrar inmediatamente sus atributos descriptivos en la base de datos alfanumérica.

2.4.2.5 Transformación de Coordenadas

Uno de los aspectos principales de un GIS, es el de relacionar cada objeto del universo representado, con su posición geográfica. En los pasos o etapas que se han descrito, resta aún asignarle a cada punto del mapa digital su correspondiente coordenada en el espacio verdadero, lo que permitirá graficarlo en las escalas deseadas y tomar las medidas de áreas y longitudes que sean necesarias, entre otras cosas. Esta asignación de coordenadas de terreno a cada entidad del mapa, se realiza mediante un proceso analítico llamado Transformación de Coordenadas, y consiste en producir en cada punto, las

traslaciones y rotaciones necesarias para que cumpla las condiciones que impone su representación cartográfica en el sistema de representación elegido.

2.4.3 SOFTWARE GIS

La información geográfica puede ser accedida, transferida, transformada, procesada y mostrada usando numerosas aplicaciones de *software*. Dentro de esta industria, ofertas comerciales de compañías como ESRI y MapInfo dominan el mercado, ofreciendo paquetes completos de herramientas. Instituciones Gubernamentales y militares usan *software* a la medida, generalmente de código abierto, como GRASS. Sin embargo existen también herramientas gratuitas para visualizar datos GIS, además de acceso a información geográfica pública como *Google Earth* y otros programas de mapas web interactivos.

Con el incremento del acceso al Internet y redes, y con la creciente demanda de de la distribución de datos geográficos, el *software* GIS cambió completamente su naturaleza de mantenimiento de datos geográficos a distribución de dichos datos a través de una red. El *software* GIS es actualmente comercializado como una combinación de aplicaciones interoperables. Entre los diferentes tipos de *software* tenemos: creación de datos, bases de datos geográficas, mantenimiento y análisis, estadísticas, lectores, interfaces Web, *Mobile GIS* y navegación vehicular.

2.5 BASES DE DATOS

2.5.1 INTRODUCCIÓN

Una base de datos es una colección estructurada de datos que está almacenada en un sistema computarizado. Una base de datos usualmente posee un *software* capaz de responder *queries* (consultas), o extraer información deseada por una persona o un programa. El termino “base de datos” se refiere a la colección de datos relacionados, y el *software* debe ser referido como sistema de gestión de bases de datos, DBMS (por sus siglas en inglés, *DataBase Management System*). Sin embargo tanto programadores como administradores de bases de datos usan

el termino “base de datos” tanto para la colección de datos como para el software que permite el acceso a los datos.

Por lo general, para una base de datos dada, hay una descripción estructural del tipo de datos contenidos en esa base de datos, esta descripción se conoce como esquema. El esquema describe los objetos que se representan en la base de datos, y las relaciones entre ellos. Hay diversas maneras de organizar un esquema, es decir, de modelar la estructura de la base de datos, estos son conocidos como modelo de la base de datos o modelos de datos. El modelo de mayor uso es el modelo relacional. Otros modelos tales como el modelo jerárquico y el modelo de la red utilizan una representación más explícita de las relaciones.

Los sistemas de administración y gestión de bases de datos, son categorizados de acuerdo al modelo de la base de datos que soportan. El modelo de datos tiende a determinar el tipo de lenguaje de consulta disponible para acceder a la base de datos. La responsabilidad de la ingeniería interna de la DBMS es independiente del modelo de datos, y tiene que ver con el manejo de factores como la eficiencia, concurrencia, integridad y recuperación en caso de fallas de hardware. En esta área existe una gran diferencia entre la variedad de productos en el mercado.

2.5.2 MODELOS DE BASES DE DATOS

Un modelo de datos es básicamente una descripción de algo conocido como contenedor de datos (algo en donde se guarda la información), así como de los métodos para almacenar y recuperar información de esos contenedores. Los modelos de datos no son cosas físicas: son abstracciones que permiten la implementación de un sistema eficiente de base de datos; por lo general se refieren a algoritmos, y conceptos matemáticos. Algunos modelos con frecuencia utilizados en una base de datos son: base de datos jerárquica, base de datos de red, base de datos relacional, base de datos orientada a objetos, bases de datos documentales, bases de datos deductivas y bases de datos de gestión distribuida.

2.5.2.1 Bases de datos jerárquicas

Éstas son bases de datos que almacenan su información en una estructura jerárquica. En este modelo los datos se organizan en una forma similar a un árbol visto al revés, en donde un nodo padre de información puede tener varios hijos. El nodo que no tiene padres es llamado raíz, y a los nodos que no tienen hijos se los conoce como hojas.

Las bases de datos jerárquicas son especialmente útiles en el caso de aplicaciones que manejan un gran volumen de información y datos muy compartidos permitiendo crear estructuras estables y de gran rendimiento.

Una de las principales limitaciones de este modelo es su incapacidad de representar eficientemente la redundancia de datos.

2.5.2.2 Base de datos de red

Éste es un modelo ligeramente distinto del jerárquico; su diferencia fundamental es la modificación del concepto de nodo ya que se permite que un mismo nodo tenga varios padres (posibilidad no permitida en el modelo jerárquico).

Fue una gran mejora con respecto al modelo jerárquico, ya que ofrecía una solución eficiente al problema de redundancia de datos; pero, aun así, la dificultad que significa administrar la información en una base de datos de red ha significado que sea un modelo utilizado en su mayoría por programadores más que por usuarios finales.

2.5.2.3 Base de datos relacional

Éste es el modelo más utilizado en la actualidad para modelar problemas reales y administrar datos dinámicamente. Tras ser postulados sus fundamentos en 1970 por Edgar Frank Codd, de los laboratorios IBM en San José, California, no tardó en consolidarse como un nuevo paradigma en los modelos de base de datos. Su idea fundamental es el uso de *relaciones*. Estas relaciones podrían considerarse en forma lógica como conjuntos de datos llamados tuplas²⁶. Pese a que ésta es la teoría de las bases de datos relacionales creadas por Codd, la mayoría de las

²⁶ En matemáticas una tupla es una secuencia ordenada de objetos, esto es, una lista con un número limitado de objetos (una secuencia infinita se denomina en matemática como una familia).

veces se conceptualiza de una manera más fácil de imaginar. Esto es pensando en cada relación como si fuese una tabla que está compuesta por registros (las filas de una tabla), que representarían las tuplas, y campos (las columnas de una tabla).

En este modelo, el lugar y la forma en que se almacenen los datos no tienen relevancia (a diferencia de otros modelos como el jerárquico y el de red). Esto tiene la considerable ventaja de que es más fácil de entender y de utilizar para un usuario esporádico de la base de datos. La información puede ser recuperada o almacenada mediante consultas que ofrecen una amplia flexibilidad y poder para administrar la información.

El lenguaje más habitual para construir las consultas a bases de datos relacionales es SQL, *Structured Query Language* o Lenguaje Estructurado de Consultas, un estándar implementado por los principales motores o sistemas de gestión de bases de datos relacionales.

Durante su diseño, una base de datos relacional pasa por un proceso al que se le conoce como normalización de una base de datos.

2.5.2.4 Bases de datos orientadas a objetos

Este modelo, bastante reciente, y propio de los modelos informáticos orientados a objetos, trata de almacenar en la base de datos los objetos completos (estado y comportamiento). Una base de datos orientada a objetos es una base de datos que incorpora todos los conceptos importantes del paradigma de objetos:

- **Encapsulación:** propiedad que permite ocultar la información al resto de los objetos, impidiendo así accesos incorrectos o conflictos.
- **Herencia:** propiedad a través de la cual los objetos heredan comportamiento dentro de una jerarquía de clases.
- **Polimorfismo:** propiedad de una operación mediante la cual puede ser aplicada a distintos tipos de objetos.

En bases de datos orientadas a objetos, los usuarios pueden definir operaciones sobre los datos como parte de la definición de la base de datos. Una operación (llamada función) se especifica en dos partes. La interfaz (o signatura) de una

operación incluye el nombre de la operación y los tipos de datos de sus argumentos (o parámetros). La implementación (o método) de la operación se especifica separadamente y puede modificarse sin afectar la interfaz. Los programas de aplicación de los usuarios pueden operar sobre los datos invocando a dichas operaciones a través de sus nombres y argumentos, sea cual sea la forma en la que se han implementado. Esto podría denominarse independencia entre programas y operaciones.

2.5.2.5 Bases de datos documentales

Permiten la indexación a texto completo, y en líneas generales realizar búsquedas más potentes. Taurus es un sistema de índices optimizado para este tipo de bases de datos.

2.5.2.6 Base de datos deductivas

Un sistema de base de datos deductivas, es un sistema de base de datos pero con la diferencia de que permite hacer deducciones a través de inferencias. Se basa principalmente en reglas y hechos que son almacenados en la base de datos. También las bases de datos deductivas son llamadas base de datos lógica, a raíz de que se basan en lógica matemática.

2.5.2.7 Gestión de bases de datos distribuida

La base de datos está almacenada en varias computadoras conectadas en red. Surgen debido a la existencia física de organismos descentralizados. Esto les da la capacidad de unir las bases de datos de cada localidad y acceder así a distintas universidades, sucursales de tiendas, etc.

2.5.3 ESTRUCTURA INTERNA DE LA BASE DE DATOS

2.5.3.1 Diseño físico y almacenamiento

Las tablas e índices de la base de datos se almacenan en la memoria o en un disco duro en cualquiera de sus formas: archivos planos ordenados o desordenados, ISAM, *heaps*, *hash buckets* o *B+ trees*, aunque los más usados son *B+ trees* e ISAM.

2.5.3.1.1 Indexación

Todas las bases de datos usan la indexación para incrementar su velocidad; la clase más común de índice es una lista ordenada del contenido de alguna columna particular de la tabla, con apuntadores a la fila asociada al valor. Un índice permite que un grupo de filas de una tabla que cumplen un cierto criterio se localicen rápidamente. Por lo general, los índices también se almacenan en las varias formas estructura de datos mencionadas arriba (b-trees, hashes, y las listas encadenadas). Generalmente, una técnica específica es elegida por el diseñador de la base de datos para aumentar eficiencia en el caso particular de que se requiera un tipo específico de de índice.

Un índice acelera el acceso a los datos, pero tiene desventajas también. Primero, cada índice aumenta la cantidad de almacenamiento en el disco duro necesaria para el archivo de base de datos, y en segundo lugar, el índice debe ser actualizado cada vez que se alteran los datos, y esto toma tiempo, un índice ahorra tiempo en la lectura de datos, pero cuesta tiempo al incorporar o alterar datos. Es así que depende el uso que se les da a los datos para determinar si el índice es una ventaja o una desventaja en lo que se refiere a eficiencia.

2.5.3.2 Transacciones y concurrencia

Además del modelo de datos, las bases de datos deben tratar de cumplir las transacciones de la base de datos. Una transacción de base de datos es la unidad de interacción con el sistema de gestión y administración de la base de datos, que es tratada de una forma coherente y confiable independientemente de otra transacción. Idealmente el *software* debe cumplir con las reglas ACID que son:

- **Atomicidad:** todas las tareas de una transacción debe ser ejecutada en caso contrario ninguna de ellas debe serlo. Una transacción debe ser completada o debe ser desecha (*roll back*).
- **Consistencia:** cada transacción debe preservar la constantes de integridad (reglas de consistencia previamente declaradas) de la base de datos. No se puede ubicar datos en un estado contradictorio.

- **Aislamiento (*Isolation*):** dos transacciones simultáneas no pueden interferir entre ellas. Los resultados intermedios dentro de una transacción no son visibles para otras transacciones.
- **Durabilidad:** Las transacciones no pueden ser abortadas una vez completadas y sus resultados no pueden ser descartados. Deben ser capaces de persistir en caso de un reinicio del DBMS después de un error.

En la práctica muchas DBMSs hacen un uso no tan estricto de estas reglas para un mejor funcionamiento.

El control de concurrencia es el método usado para asegurar que las transacciones sean ejecutadas de una forma segura y cumpliendo las reglas ACID. El DBMS debe ser capaz de asegurar que solo rutinas recuperables y serializables sean permitidas, y que acciones de transacciones validas se pierdan mientras se deshacen las de las transacciones abortadas.

2.5.3.3 Replicación

La replicación tiene mucho que ver con las transacciones, si la base de datos puede registrar sus acciones individuales, es posible duplicar los datos en tiempo real. El duplicado se puede usar para mejorar la eficiencia o la disponibilidad de todo el sistema. Los conceptos de réplica incluyen:

- **Replica Maestro/Esclavo:** todas las peticiones de escritura son realizadas en el maestro y luego replicadas en los esclavos.
- **Quórum:** el resultado de las consultas de lectura y escritura son calculadas consultando una “mayoría” de replicas.
- **Multimaster:** dos o más réplicas se sincronizan una a otra usando un identificador de transacción.

La replicación sincrónica en paralelo de las bases de datos permite que las transacciones sean replicadas en múltiples servidores simultáneamente, lo que provee un método para respaldo y seguridad además de disponibilidad del sistema.

2.5.3.4 Seguridad

La seguridad de la base de datos comprende el sistema, los procesos y procedimientos que protegen a una base de datos de actividad no autorizada.

2.5.3.5 Bloqueo

Bloquear es el acto de poner una cerradura (restricción de acceso) en un aspecto de la base de datos que en ese momento está siendo modificado. Este tipo de cerraduras pueden ser aplicados a nivel de columna u otros niveles como una tabla completa. Esto ayuda a mantener la integridad de los datos ya que se asegura que solo un usuario a la vez puede modificar dichos datos. Las bases de datos también pueden ser bloqueadas por otros motivos, como restricciones de acceso para un determinado nivel de usuarios.

Las bases de datos también son bloqueadas durante los mantenimientos de rutina, de esa manera se previene que se realicen cambios durante el mantenimiento.

2.5.4 SISTEMAS DE GESTIÓN DE BASES DE DATOS (DBMS)

Los Sistemas de Gestión de Bases de Datos son un tipo de software muy específico, dedicado a servir de interfaz entre la base de datos, el usuario y las aplicaciones que la utilizan. Se compone de un lenguaje de definición de datos, de un lenguaje de manipulación de datos y de un lenguaje de consulta.

2.5.4.1 Requisitos de los Sistemas de Gestión de Bases de Datos

Existen distintos objetivos que deben cumplir los DBMS:

- **Abstracción de la información:** los DBMS ahorran a los usuarios detalles acerca del almacenamiento físico de los datos. Da lo mismo si una base de datos ocupa uno o cientos de archivos, este hecho se hace transparente al usuario. Así, se definen varios niveles de abstracción.
- **Independencia de los datos:** consiste en la capacidad de modificar el esquema (físico o lógico) de una base de datos sin tener que realizar cambios en las aplicaciones que se sirven de ella.
- **Redundancia mínima:** un buen diseño de una base de datos logrará evitar la aparición de información repetida o redundante. De entrada, lo ideal es

lograr una redundancia nula; no obstante, en algunos casos la complejidad de los cálculos hace necesaria la aparición de redundancias.

- **Consistencia:** en aquellos casos en los que no se ha logrado esta redundancia nula, será necesario vigilar que aquella información que aparece repetida se actualice de forma coherente, es decir, que todos los datos repetidos se actualicen de forma simultánea.
- **Seguridad:** la información almacenada en una base de datos puede llegar a tener un gran valor. Los DBMS deben garantizar que esta información se encuentra segura frente a usuarios malintencionados, que intenten leer información privilegiada; frente a ataques que deseen manipular o destruir la información; o simplemente ante las torpezas de algún usuario autorizado pero despistado. Normalmente, los DBMS disponen de un complejo sistema de permisos a usuarios y grupos de usuarios, que permiten otorgar diversas categorías de permisos.
- **Integridad:** se trata de adoptar las medidas necesarias para garantizar la validez de los datos almacenados. Es decir, se trata de proteger los datos ante fallos de *hardware*, datos introducidos por usuarios descuidados, o cualquier otra circunstancia capaz de corromper la información almacenada.
- **Respaldo y recuperación:** los SGBD deben proporcionar una forma eficiente de realizar copias de respaldo de la información almacenada en ellos, y de restaurar a partir de estas copias los datos que se hayan podido perder.
- **Control de la concurrencia:** En la mayoría de entornos (excepto quizás el doméstico), lo más habitual es que sean muchas las personas que acceden a una base de datos, bien para recuperar información, bien para almacenarla. Y es también frecuente que dichos accesos se realicen de forma simultánea. Así pues, un SGBD debe controlar este acceso concurrente a la información, que podría derivar en inconsistencias.
- **Tiempo de respuesta:** Lógicamente, es deseable minimizar el tiempo que el SGBD tarda en devolver la información solicitada y en almacenar los cambios realizados.

2.5.4.2 Ventajas

- Facilidad de manejo de grandes volúmenes de información.
- Gran velocidad en muy poco tiempo.
- Independencia del tratamiento de información.
- Seguridad de la información (acceso a usuarios autorizados), protección de información, de modificaciones, inclusiones, consulta.
- No hay duplicidad de información, comprobación de información en el momento de introducir la misma.
- Integridad referencial al terminar los registros.

2.5.4.3 Desventajas

- El costo de actualización del hardware y software son muy elevados.
- El Costo (salario o remuneración) del administrador de la base de datos es grande.
- El mal diseño de esta puede originar problemas a futuro.
- Un mal adiestramiento a los usuarios puede originar problemas a futuro.
- Si no se encuentra un manual del sistema no se podrán hacer relaciones con facilidad.
- Generan campos vacíos en exceso.
- El mal diseño de seguridad genera problemas en esta.

2.5.4.4 Software DBMS

2.5.4.4.1 *Software Libre*

- PostgreSQL (Licencia BSD)
- MySQL (Licencia Dual, depende el uso)
- Firebird basada en la versión 6 de InterBase, Initial Developer's PUBLIC LICENSE Version 1.0.
- SQLite (Licencia Dominio Público)
- DB2 Express-C
- Apache Derby

2.5.4.4.2 *Software Gratuito*

- Microsoft SQL Server Compact Edition
- Sybase ASE Express Edition para Linux (Edición gratuita para Linux)

2.5.4.4.3 *Software Comercial*

- Advantage Database
- dBase
- FileMaker
- Fox Pro
- IBM DB2 Universal Database (DB2 UDB)
- IBM Informix
- Interbase de CodeGear, filial de Borland
- MAGIC
- Microsoft Access
- Microsoft SQL Server
- NexusDB
- Open Access
- Oracle
- Paradox
- PervasiveSQL
- Progress (DBMS)
- Sybase ASE
- Sybase ASA
- Sybase IQ
- WindowBase

CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL HARDWARE

CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL HARDWARE

La plataforma de Teleubicación es un sistema que permite transmitir información de ubicación geográfica cuando módulos externos de monitoreo registran alguna anomalía en el estado de salud del sujeto en riesgo o cuando se activa una alarma por medio del botón de pánico que incluye el sistema. Esta información se registra en el centro de ayuda y se procesa para ubicar en un mapa digital al sujeto en riesgo, facilitando de esta forma su ubicación.

Para poder realizar esta tarea se propone la división en dos subsistemas: el primero es el que permite detectar las alarmas tanto del botón de pánico como de los módulos externos y enviar la información de posición geográfica; el segundo es el que recibe dicha información, la procesa y ubica en el mapa digital de Quito un punto cercano a la posición real.

El presente capítulo describe el diseño del primer subsistema al que se denominará **módulo de usuario** ya que es la persona en riesgo quien lo llevará.

3.1 CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO

El dispositivo de usuario deberá realizar las siguientes tareas:

- Detectar las alarmas que provienen de los módulos externos y del botón de pánico.
- Obtener datos de la posición geográfica.
- Enviar los datos de la posición geográfica hacia el centro de control y ayuda cuando se detecta una alarma o cuando lo requiera.
- Enviar datos de identificación del sujeto en riesgo para que el centro de control y ayuda lo identifique cuando se presente una alarma o cuando lo requiera.
- Enviar los datos de tal forma que se puedan evitar falsas alarmas e intrusiones no autorizadas en el sistema.

Para poder realizar las tareas anteriores el diseño se basará en un microcontrolador, que será el núcleo que reciba y envíe información en el

momento necesario para poder mantener un tiempo aceptable de respuesta. La posición geográfica se la obtendrá a partir de un dispositivo GPS que estará todo el tiempo conectado a los satélites para obtener una posición lo más exacta posible, la comunicación se realizará por medio de un teléfono celular enviando y recibiendo mensajes de texto.

En la figura 3-1 se simplifica lo explicado anteriormente:

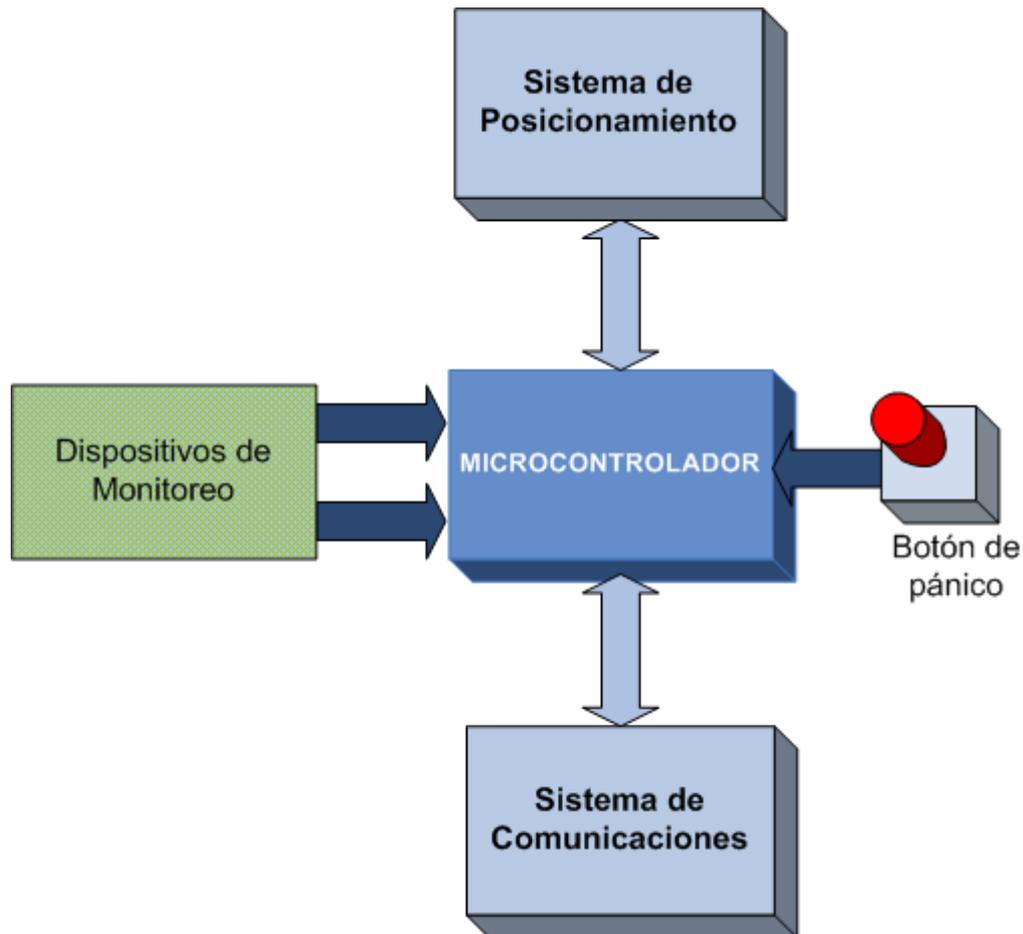


Figura 3-1 Diagrama de bloques del módulo de usuario.

3.2 DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DEL MÓDULO DE USUARIO

3.2.1 GPS

En el mercado existen muchos dispositivos GPS con diferentes características, algunas de ellas innecesarias para la aplicación que se está desarrollando. Se puede dar una pequeña clasificación de estos dispositivos de acuerdo a su funcionalidad:

- Dispositivos GPS con sistema de navegación: son los más comunes y costosos. Están formados por un módulo de posicionamiento que obtiene los datos desde los satélites y un módulo que incluye una pantalla en la que se puede observar el punto en el mapa en el cual uno se encuentra. Son utilizados especialmente para automóviles y para deportistas ya que facilitan la ubicación en un mapa digital en la pantalla. La figura 3.2 muestra dicho dispositivo montado en un automóvil.



Figura 3-2 Sistema de navegación GPS para automóviles.

- Receptores GPS: estos dispositivos son mucho más pequeños y livianos. Poseen el módulo que recibe la información desde los satélites pero no tienen la pantalla, la información de posicionamiento la envían directamente a un puerto serial con un protocolo dependiente del fabricante. El receptor GPS se utiliza en conjunto con un computador portátil o una computadora de

mano, en este caso la posición se ubica en un mapa que se encuentra en estos dispositivos mediante un software de posicionamiento geográfico.

Para el diseño se eligió la segunda opción por su bajo peso, bajo consumo de energía, bajo precio y por la salida serial de los datos de posicionamiento.

El receptor GPS puede tener una carcasa que le brinda protección contra los elementos naturales, se incluye una antena y un RTC o reloj de tiempo real. Otro tipo de receptores GPS son los denominados OEM (*Original Equipment Manufacturer*) o los equipos originales de fábrica, son receptores que no tienen carcasa protectora ni antena, vienen en circuito impreso y se los utiliza para integrarlos a otros circuitos de manera fácil.

Nuestra plataforma de Teleubicación utiliza un receptor GPS universal de la empresa Deluo, tiene las siguientes características:

3.2.1.1 Características físicas y eléctricas del receptor GPS Universal Deluo



Figura 3-3 Receptor GPS Universal Deluo.

El receptor tiene un chip GPS dedicado Sony de cuarta generación y sus principales características son:

- 12 canales de recepción, que le permite recibir señales de 12 satélites simultáneamente.
- Frecuencia de recepción: 1575.42 MHz.
- UART de 1 canal.

- Reloj de tiempo real interno (RTC).
- Convertidor A/D de 10 bits.
- RAM de 72 KB.
- ROM de 288 KB.

El receptor tiene una carcasa protectora que lo hace resistente al agua y a diferentes condiciones climáticas. Es universal porque su salida de datos es serial a 4800 bps, por tanto puede utilizarse en muchas aplicaciones incluida la interacción con microcontroladores. El conector universal es un PS2 y su distribución de pines es la siguiente:

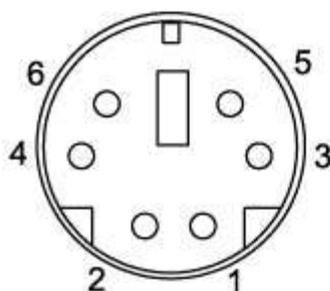


Figura 3-4 Conector de receptor GPS Universal Deluo.

PIN	Descripción
1	GND
2	Vcc
3	RS-232 Rx
4	TTL Rx
5	TTL Tx
6	RS-232 Tx

Tabla 3-1 Descripción de pines del conector del receptor GPS.

Como se observa en la tabla 3.1, el receptor posee dos salidas seriales, envían la misma información pero en dos formatos eléctricos distintos. Una salida tiene el formato TTL, puede ser conectado directamente a un microcontrolador sin necesidad de utilizar un cambiador de niveles como el MAX 232, la otra salida tiene el formato RS232 original, es más resistente al ruido y puede conectarse directamente al puerto serial de una computadora.

El consumo de corriente del receptor es relativamente bajo, un promedio de 80mA, se produce un pico de consumo de corriente de alrededor de 120mA cuando el dispositivo trata de encontrar los satélites, esto puede durar varios segundos e incluso minutos dependiendo de la cantidad de satélites a la vista.

Cuando el GPS se encuentra enganchado con tres satélites o más se tiene una precisión de $\pm 2m$ a $\pm 30m$. La identificación de estos satélites se guarda en la memoria no volátil del receptor, cada vez que se enciende el GPS éste trata de conectarse usando la información de dicha memoria. Si se enciende nuevamente después de haber recorrido una distancia grande desde el último punto donde fue activado, el tiempo que se tarda en conectarse con los satélites se incrementará notablemente llegando incluso a los 15 minutos.

3.2.1.2 Características del entrada/salida utilizadas por el GPS

El GPS envía y recibe información por la interfaz serial asincrónica a 4800 bps, 1 bit de inicio, 8 bits de datos, 1 bit de parada y sin paridad.

Para enviar los datos de posicionamiento utiliza el protocolo NMEA0183, es capaz de enviar 8 diferentes sentencias cada una con diferente información. Las sentencias son: GPGGA, GPGLL, GPGSA, GPGSV, GPRMC, GPVTG, GPZDA y PSGSA. Estas sentencias envían muchísima información, además de posicionamiento, se tiene información de los satélites, altura a la que se encuentra el GPS receptor, así como su velocidad, dirección y movimiento, potencia de las señales recibidas por los satélites, entre otros. Cada sentencia inicia con un signo \$. A continuación se presenta un breve resumen de los datos que proporcionan las sentencias del GPS.

- **GPGGA:** consta de 15 campos fijos, cada uno separado por una “,” el último campo se separa con un “*”. A continuación se describen dichos campos:
 - Tiempo en el que se tomó la posición en formato hh:mm:ss (UTC)
 - Latitud en formato ggmm.mmmm, donde gg son los grados y mm.mmmm son los minutos
 - Norte o Sur (N/S)
 - Longitud en formato Gggmm.mmmm, donde Ggg son los grados y mm.mmmm son los minutos
 - Este u Oeste (E/W)
 - Indicador de calidad GPS, puede tener los valores 0: deshabilitado, 1: posicionamiento GPS, 2: posicionamiento D-GPS
 - Número de satélites utilizados en el cálculo del posicionamiento, de 00 a 012
 - HDOP o Disolución de Precisión Horizontal, es un valor entre 01.00 que es el valor de precisión ideal hasta el 99.9. La precisión depende de la separación entre los satélites, si los satélites están muy separados se tendrá un mejor nivel de precisión.
 - Altitud
 - Unidad en la que se expresa la altitud, generalmente metros (m).
 - Separación Geoidal, es la distancia vertical entre la superficie real de la Tierra y un modelo ideal de la Tierra. En el modelo ideal no se toman en cuenta los accidentes geográficos como las montañas²⁷.
 - Unidad en la que se expresa la separación geoidal.
 - Edad de los datos DGPS, es el tiempo transcurrido desde que se recibieron dichos datos, expresado en dos dígitos enteros.
 - Identificación de la estación de referencia de DGPS.

²⁷ Warner College of Natural Resources, “*Geoidal Separation*”, (citado el 15 de diciembre de 2007), disponible en:

http://welcome.warnercnr.colostate.edu/class_info/nr502/lg3/glossary/geoidal_sep.html

- Suma de comprobación. Es un número hexadecimal, que se obtiene al aplicar la operación lógica XOR a todos los caracteres entre \$ y el *. Esta suma de comprobación o *checksum* se la hace de la misma forma en todas las sentencias NMEA.

- Ejemplo:

```
$GPGGA,012041,3537.1464,N,13943.8529,E,2,07,01.2,00101.2,M,039.2,M,04,0000*42
```

- **GPGLL:** muestra exclusivamente información de posicionamiento y la hora. Tiene los siguientes 8 campos fijos:

- Latitud
- N/S
- Longitud
- E/W
- Tiempo en el que se registraron los datos (UTC)
- Estado. Puede ser A, que indica datos de posicionamiento válidos y precisos, V significa datos no confiables.
- Indicador del modo, puede ser A o autónomo, D o DGPS y N o no válido
- Suma de verificación.
- Ejemplo: \$GPGLL,3537.1483,N,13943.8511,E,034639,A,A*41

- **GPGSA:** consta de 18 campos, 12 de los cuales son variables. Despliega la identificación de los satélites utilizados para calcular la posición.

- Modo, puede ser M: manual o A: automático
- Modo de posicionamiento: 1) fijación no disponible, 2) 2D, 3) 3D
- Desde el campo 2 al 14 se tienen las identificaciones de los satélites que usa el GPS para calcular su ubicación, 12 en total. Si no se dispone de identificadores los espacios no se incluyen pero si las “,”
- PDOP, disolución de precisión, muestra una relación de la precisión de los resultados de posicionamiento que depende de la geometría de la

distribución de los satélites en el espacio. Si los satélites están más separados, el PDOP es menor, mayor es la precisión debido a la separación angular mayor.

- HDOP: disolución de precisión horizontal.
- VDOP: disolución de precisión vertical.
- Suma de comprobación.
- Ejemplo:

```
$GPGSA,A,3,05,06,09,14,18,23,25,30,,,,,01.6,01.0,01.3*05
```

- **GPGSV:** detalla las características de posición en el espacio, potencia recibida e identificación de los satélites a la vista.

- Número total de sentencias GPGSV a recibirse.
- Número secuencial de la sentencia, puede ser de 1 a 9. Aunque a 4800 bps solo se pueden tener 3 sentencias GPGSV en un intervalo.
- Número total de satélites a la vista.
- Identificación del satélite.
- Ángulo de elevación del primer satélite en grados de 00 a 90 visto desde el receptor.
- Azimuth del primer satélite en grados desde 000 a 359 visto desde el receptor.
- SNR, nivel de la señal recibida C/N de 00 a 99 en dBHz.
- Los siguientes campos describen las características de los satélites restantes.
- Suma de comprobación.
- Ejemplo:

```
$GPGSV,2,1,08,05,61,056,35,06,12,158,41,09,23,066,41,14,52,3  
21,42*70
```

- **GPRMC:** es la sentencia más utilizada porque transmite la mayor cantidad de datos necesarios para aplicarlos en la ubicación, sus campos son:

- Hora en la que se tomó la información.
- Validez de los datos.
- Latitud.
- N/S.
- Longitud.
- E/W.
- Velocidad del receptor en nudos en formato 000.00.
- Orientación del receptor, es un ángulo azimuth que indica la dirección del movimiento. Se mide desde 000.00 a 360.00: 0 representa el Norte, 90 el Este, 180 el sur y 270 el Oeste.
- Fecha en formato dd:mm:yy.
- Variación magnética: es la diferencia en grados entre el norte magnético y el norte geográfico.
- E/W de la variación magnética. Este campo y el anterior no son mostrados en la sentencia.
- Suma de comprobación.
- Ejemplo:

```
$GPRMC,093931,A,3536.5987,N,13944.8905,E,000.0,090.7,241203,
,A*76
```

- **GPVTG:** indica las características del movimiento del receptor:
 - Dirección de movimiento tipo azimuth desde 000.0 hasta 360.0 grados
 - T (texto fijo)
 - Variación magnética.
 - M (texto fijo).
 - Velocidad sobre la tierra en nudos.
 - N, unidad de la velocidad (nudos).
 - Velocidad sobre la tierra en km/h.
 - K, unidad de la velocidad (K).
 - Validez de los datos. A: autónomo, D: DGPS, N: datos no válidos

- Suma de verificación.
- Ejemplo: \$GPVTG,275.6,T,,M,000.0,N,000.0,K,A*0B

- **GPZDA:** despliega la información de tiempo:

- Hora a la que se tomó la información
- Día
- Mes
- Año
- Suma de verificación.
- Ejemplo: \$GPZDA,105512,12,11,2003,,*48

- **PSGSA:** es una sentencia propietaria de Sony.

- Ejemplo:
\$PSGSA,4,11,23,27,03,08,28,20,31,,,,,01.5,00.9,01.2,01682,10
270708,D*29

El GPS Deluo por defecto entrega 4 sentencias NMEA a 4800 bps, estas son:

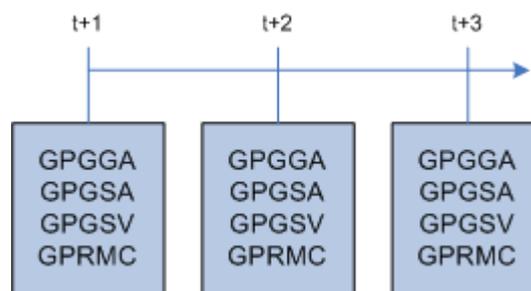


Figura 3-5 Orden de envío de las sentencias NMEA.

A continuación un ejemplo de las sentencias NMEA enviadas por el GPS a 4800 bps:

```

$GPGGA,112350,3536.6006,N,13944.8931,E,1,08,00.9,00098.1,M,039.2,M,,*44
$GPGSA,A,3,09,10,17,18,21,26,28,29,,,,,02.1,00.9,01.8*00
$GPGSV,3,1,11,05,02,178,00,08,03,039,00,09,52,208,46,10,34,120,43*77
$GPGSV,3,2,11,15,09,322,26,17,20,175,41,18,28,313,38,21,43,283,48*78
$GPGSV,3,3,11,26,59,023,50,28,18,063,39,29,50,044,45,,,,*46
$GPRMC,112350,A,3536.6006,N,13944.8931,E,000.0,016.2,240304,,,A*7B

```

En este ejemplo se ve una sentencia GPGGA, seguida de una GPGSA que identificación de los satélites utilizados para calcular la posición, luego 3 sentencias GPGSV que detallan las características de posición en el espacio, potencia recibida e identificación de los satélites a la vista, y finalmente una sentencia GPRMC.

3.2.2 TELÉFONO CELULAR

El dispositivo de comunicación en este diseño es un teléfono celular GSM, porque presenta muchas ventajas como el bajo costo, la disponibilidad de la red y la facilidad en la interfaz. Por sus características, el diseño necesita conectividad más que altas velocidades de transmisión; esta es la razón principal para utilizar el servicio de mensajería corta.

Pero ¿cómo realizar la comunicación con un teléfono GSM? El teléfono tiene un módem incorporado y por esta razón se puede comunicar con el mundo exterior a través de comandos AT. Mediante estos comandos se pueden realizar muchas tareas como configuración, llamadas, envío y lectura de mensajes de texto, entre otras.

Los comandos AT se envían al celular por medio de su puerto serial a una velocidad que depende de la marca, por lo general esta comunicación se la hace a 9600 bps, 8 bits de datos, sin paridad y 1 bit de parada. Los niveles de la señal serial están entre 0v para 0_L y 3.3v para 1_L debido al voltaje de alimentación que proporciona la batería del teléfono, por esta razón se necesita un cambiador de niveles como el MAX232 para conectarlo a una PC.

Para iniciar la comunicación con el módem del teléfono se debe enviar el comando AT + CR + LF. Los caracteres CR (*carrier return*, retorno de carro) y LF (*line feed*, avance de línea) corresponden a los números 10 y 13 decimales

respectivamente que, si se usa un PC, se envían al presionar ENTER; el celular responderá devolviendo cada una de las letras (eco) de la siguiente forma:

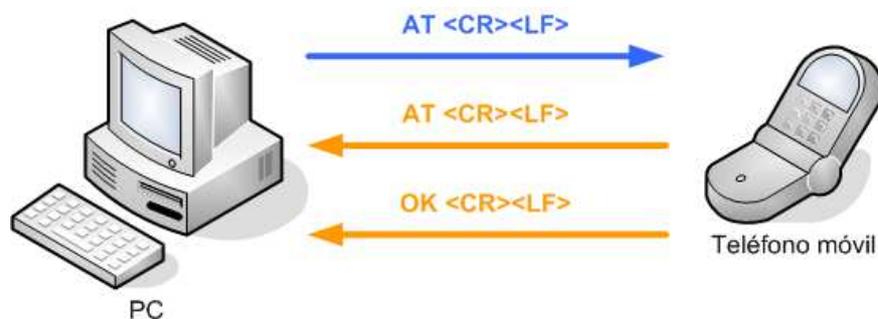


Figura 3-6 Inicio de comunicación entre el PC y el teléfono móvil, con eco activado.

Si existe algún problema con el módem, éste responderá con un ERROR en lugar de OK.

En la mayoría de las aplicaciones el eco es innecesario, se lo puede eliminar enviando el comando ATE0:

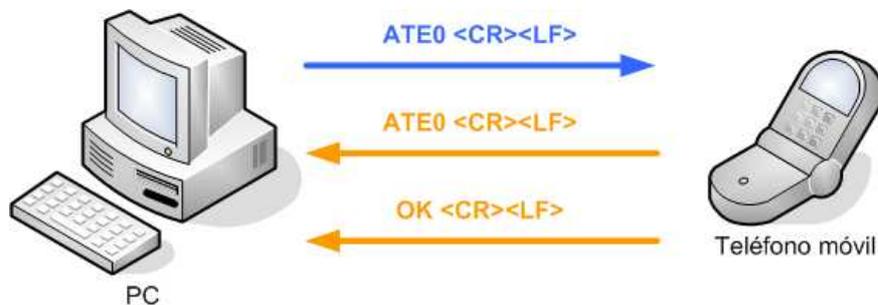


Figura 3-7 Eliminación del eco en la comunicación entre el PC y el teléfono móvil.

De esta forma si se envía cualquier comando al teléfono, este responderá únicamente de la siguiente forma:

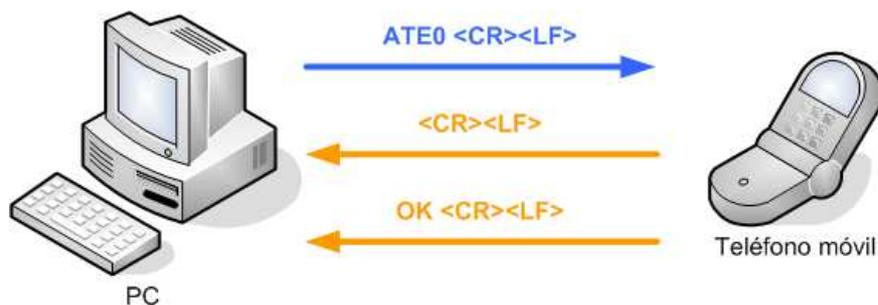


Figura 3-8 Inicio de comunicación entre el PC y el teléfono móvil con eco desactivado.

Cabe notar que los caracteres CR y LF no son despleables, son caracteres de control.

A continuación se describen los comandos para el envío y la lectura de los mensajes de texto.

3.2.2.1 Comandos para la lectura de mensajes de texto en el celular

Los mensajes de texto pueden ser leídos y enviados en dos diferentes formatos: PDU y texto plano, algunos celulares incorporan ambas opciones pero la mayoría solo dispone de uno.

Para desplegar los mensajes se deben realizar configuraciones iniciales que permitan escoger el formato que se va a utilizar, el lugar de almacenamiento desde donde se van a extraer los mensajes y si se van a borrar después de su lectura.

- Se configura el formato de los mensajes con el comando AT+CMGF, seguido del parámetro 0 para PDU y 1 para Texto, de la siguiente forma:

$$\text{AT+CMGF} = 1$$

Si el formato es soportado, el celular responderá con un OK, de lo contrario responderá con un ERROR.

Para verificar los formatos soportados se puede enviar el comando:

$$\text{AT+CMGF}=?$$

El celular responderá con +CMGF: (0,1) si soporta ambos.

- Se configura la memoria de la que se extraerá el mensaje. Los teléfonos GSM pueden almacenar los mensajes en la tarjeta SIM o en la memoria interna, la misma que tiene una mayor capacidad. Esto se hace con el comando AT+CPMS seguido de "ME" para memoria interna o "SM" para la memoria de la tarjeta SIM:

$$\text{AT+CPMS} = \text{"ME"}$$

Si no existe ningún problema el teléfono responderá con el código

$$+\text{CPMS}: [\text{usado1}], [\text{total1}], [\text{usado2}], [\text{total2}], [\text{usado3}], [\text{total3}]$$

Cada uno de los parámetros indica las localidades usadas y el total disponible. La localidad 1 pertenece a la memoria interna, la localidad 2 pertenece a la memoria de la SIM y la localidad 3 es un conjunto de ambas memorias. Si existe un problema se reportará la respuesta ERROR.

Si se necesitan desplegar todos los mensajes de la memoria configurada que cumplen con cierta característica se utiliza el comando `AT+CMGL="parámetro"`. El campo "parámetro" puede ser `REC UNREAD` para desplegar todos los mensajes no leídos, `REC READ` despliega todos los mensajes leídos, `STO UNSENT` muestra los mensajes que no han podido ser enviados y `ALL` muestra todos los mensajes almacenados en la memoria configurada.

Para nuestro caso se necesitan leer los mensajes nuevos, esto se hace de la siguiente forma:

`AT+CMGL="REC UNREAD"`

Este comando despliega los mensajes entrantes que no han sido leídos todavía. Una vez desplegados, los mensajes se catalogan como leídos o `REC READ`.

Si el comando se ejecuta correctamente el teléfono generará un mensaje `+CMGL`, que indica que sí existe el mensaje. En la figura 3.9 se detalla el proceso para leer mensajes nuevos y los campos de información que se adjuntan.

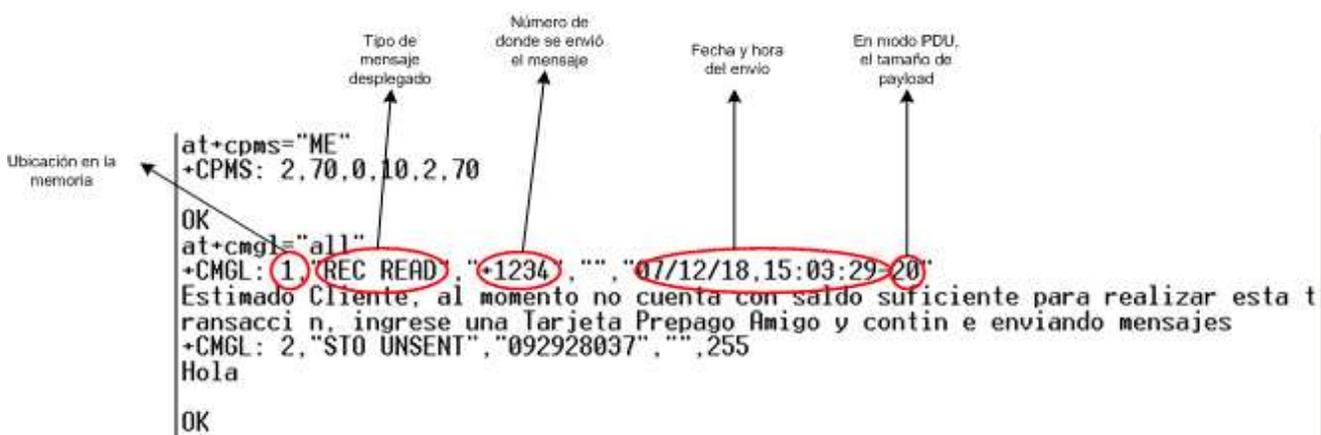


Figura 3-9 Envío de comandos para leer mensajes nuevos.

Si no existen mensajes para su despliegue, el celular responde con un OK. Para poder utilizar el comando anterior, el teléfono debe estar configurado en formato texto, por esta razón pueden leerse como se muestra en la figura 3.9. Si se configura el modo PDU los mensajes no se pueden leer porque son codificados.

3.2.2.2 Comandos para enviar mensajes de texto con el celular

Los envíos se pueden realizar en formato texto y formato PDU, es claro que la forma más fácil y rápida es en formato texto, a continuación se presenta esta forma:

- Para enviar los mensajes se debe configurar el formato y la memoria a utilizarse al igual que la configuración en la lectura.
- El proceso de envío se inicia con el comando `AT+CMGS = "09xxxxxxx"`

El celular responde con el signo ">". Esta es la señal que da el celular para empezar a escribir el contenido del mensaje

- Una vez terminado el paso anterior, se determina el envío del mensaje con el símbolo ASCII 26 o Ctrl+z.
- Transcurrido algún tiempo el celular responderá con un código +CMGS: <mr> si el envío fue exitoso, donde mr es un número entre el 0 y 255 que determina el estado del envío.

3.2.2.3 Características del teléfono celular escogido para el diseño

El celular que se escogió para el diseño de la plataforma es el Sony Ericsson T290a porque cumple con la característica principal para desarrollar el sistema de forma fácil y rápida, trabaja con el modo texto para enviar y recibir mensajes de texto, de esta forma no es necesario codificar el mensaje antes de enviarlo o decodificar para recibirlo, ahorrando espacio tanto en la memoria ROM como en la RAM, elementos escasos en los sistemas microcontrolados portátiles. Además minimiza el tiempo de retardo por procesamiento. El set de comandos AT que utiliza es genérico y no hay necesidad de encriptar los datos en el intercambio con el celular y el microcontrolador.

El T290a posee un puerto serial que trabaja a 9600 bps, 8 bits de datos, sin paridad y 1 bit de parada, los niveles de voltaje de la comunicación serial son 0V para 0L y 3.3V para 1L.



Figura 3-10 Distribución de pines en el puerto de comunicaciones del Sony Ericsson T290a.

En la figura 3.10 consta un gráfico del puerto del teléfono. Se usan sólo los pines 4 (Rx), 5 (Tx) y 10 (GND digital) para la comunicación e intercambio de comandos AT.

El Sony Ericsson T290 es un teléfono básico y pequeño, suficiente para servir como dispositivo de comunicación de la plataforma. Su batería proporciona independencia de 12 horas durante una conversación y 300 horas si no se usa, tiene una memoria interna de alrededor de 400KB, conectividad GPRS y WAP. El dispositivo puede funcionar también como un módem GPRS de bajo costo para enviar y recibir información por medio de la red GPRS.

Permite el envío de mensajes de texto normales (160 caracteres) y extendidos, posibilitando el envío de una cantidad de información mayor, sin embargo, para transmitir grandes cantidades de información es recomendable utilizar GPRS proporcionada por la operadora.

3.2.3 MICROCONTROLADOR

El microcontrolador será el cerebro de la aplicación y tendrá principalmente las funciones de comunicación con el celular y el GPS, además de la detección de las alarmas de los módulos de monitoreo externo. Necesita una memoria RAM relativamente baja ya que no es necesario almacenar una gran cantidad de información para disponibilidad inmediata. La plataforma de Telecuidado necesita una velocidad de procesamiento aceptable que ayude a evitar la pérdida de información que llega por el puerto serial, otra de las características necesarias en el microcontrolador.

Se determinó que una buena opción es un microcontrolador PIC de Microchip, en particular el PIC16F876, ampliamente utilizado, de bajo costo y con muchas herramientas para el desarrollo de proyectos.

El microcontrolador posee una memoria RAM de 368 Bytes, memoria de programa de 8K de 14 bits y memoria de datos EPROM de 256 bytes. Puede funcionar con un cristal oscilador externo de hasta 20MHz obteniéndose 200ns en cada ciclo de instrucción, característica que lo hace sumamente rápido, se considera dentro de la familia de micros de gama media.

Posee un puerto hardware serial (USART) que puede ser asincrónico o sincrónico, su buffer de entrada es de 3 bytes, es decir, puede recibir hasta 3 bytes a la vez antes de apagar la interfaz por desborde. La plataforma de Telecuidado utiliza la comunicación serial asincrónica la cual debe ser confiable para evitar la pérdida de datos. Al ser el puerto serial por hardware, se tienen muchas funciones que ayudan a la comunicación a ser confiable, además posee la interrupción de llegada de datos por el puerto.

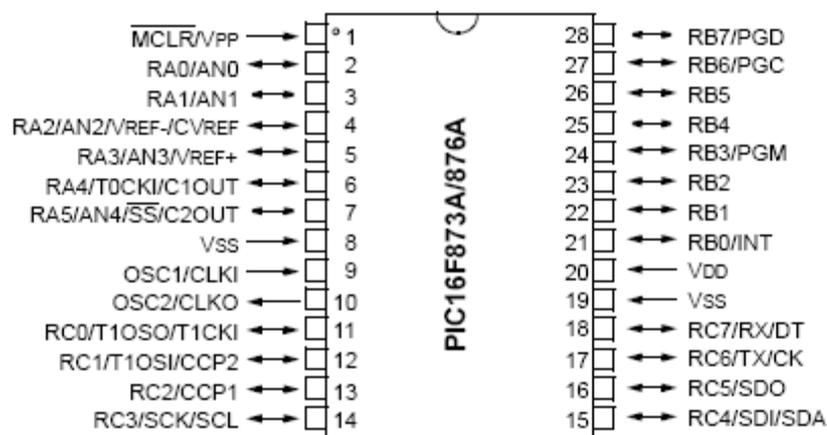


Figura 3-11 Disposición de pines del PIC16F876.

Como se aprecia en la figura 3-11, el PIC16F876 tiene 28 pines de los cuales 22 son de entrada/salida agrupados en 3 puertos, las opciones en encapsulados son SP y QFN o de montaje superficial de dimensiones muy pequeñas, el consumo de potencia es bajo, menor a 0.6 mA con alimentación de 3V y frecuencia de 4Mz.²⁸

²⁸ Microchip Technology Inc., Microchip PIC16F87X Datasheet, pag. 2, [citado el 21 de diciembre, 2007], disponible en www.microchip.com

Existen muchas herramientas que permiten desarrollar proyectos con microcontroladores PIC. Entre ellos están los compiladores que son las herramientas con las cuales se implementa el programa y que generan el archivo .HEX que será cargado al PIC. En forma básica la programación se realiza en lenguaje ensamblador, un lenguaje de bajo nivel y que presenta una dificultad notable, además incrementa el tiempo del diseño. Hace ya muchos años compañías desarrolladoras de software han implementado compiladores de alto nivel como el C o el BASIC para desarrollar el firmware de los microcontroladores, son herramientas extremadamente importantes y en la actualidad proporcionan un gran ahorro de tiempo y recursos al momento de desarrollar las aplicaciones. Para el desarrollo de nuestra plataforma de Telecuidado se utilizó el compilador en lenguaje C PCWHD V 4.057 de la empresa CCS, es un compilador muy completo por la gran variedad de comandos disponibles para manejar todos los elementos incluidos en el microcontrolador y para crear elementos virtuales como puertos de comunicación.

Para cargar el firmware al microcontrolador se usa una de sus propiedades, el ICSP (In Circuit Serial Programming), con esta característica se puede cargar el programa utilizando dos pines y sin la necesidad de extraer el integrado de su circuito final.

3.3 DESARROLLO DEL DISEÑO

3.3.1 INTERACCIÓN ENTRE EL MICROCONTROLADOR Y EL GPS

Analizando las características de las diferentes sentencias NMEA proporcionadas por el GPS citado anteriormente y los requerimientos de la plataforma de Telecuidado, se puede llegar a la conclusión de que mucha de la información que proporciona el GPS es innecesaria, solo se requiere la información de posicionamiento geográfico. La sentencia NMEA que más se ajusta a esto es la GPRMC que posee dicha información pero además posee muchos otros parámetros, entonces se estaría desechando mucha información.

Una sentencia que solo lleva información de posicionamiento y de hora es la GPGLL, es suficiente para cumplir con el requerimiento de posicionamiento que se necesita. Para configurar la salida de dicha sentencia se debe enviar al GPS el comando `@nc 01000000`. Este comando tiene la siguiente descripción:

`@nc dddddd`, donde `d` puede ser 0, 1, 2 o 5 segundos que se esperan antes de enviar la sentencia que le corresponde la posición individual, el orden es GGA, GLL, GSA, GSV, RMC, VTG, ZDA, PSGSA²⁹. Es decir que en `@nc 01000000` se configura al GPS para que envíe sentencias GPGLL una vez por segundo y desactivando las otras sentencias.

Para poder trabajar con el software de compilación C del PIC de una forma correcta, primero se deben establecer ciertas directivas llamadas de pre-procesador. En estas directivas se especifica el chip que se va a utilizar, la velocidad de oscilación a la cual trabajará, la velocidad de la comunicación serial y los pines que van a utilizar, de la siguiente forma:

```
#INCLUDE <16F876A.H> //Declaración del chip a usarse
#USE DELAY(CLOCK=20M) //Oscilador a 20MHz
#USE RS232(BAUD=4800, XMIT=PIN_C6, RCV=PIN_C7)
```

Código 3-1 Directivas de pre-procesador básicas.

Refiriéndose a la última línea del código 3.1, la versión del software con la cual se trabaja permite incluir en esta directiva mucha más información de control como:

- **TIME_OUT**: tiempo que el PIC esperará a que un caracter llegue al puerto serial. Si no se tiene respuesta en ese lapso, se continuará con la ejecución de las instrucciones y el resultado arrojado será 0. Esto evita que la secuencia del programa se bloquee.
- **STREAM**: es el identificador del puerto serial en caso de haber más de uno. Esta información es empleada para enviar o recibir los datos por un puerto específico sea este hardware o software (virtual).

²⁹ SONY, CXD2951 Communication Command Specifications, p. 24.

- `DISABLE_INTS`: esta opción permite deshabilitar todas las interrupciones configuradas cuando se están recibiendo o enviando datos por el puerto serial, evitando así que se tengan errores sobre todo en la recepción al no llegar la información completa.

Establecidas las directivas de pre-procesador, se pueden utilizar funciones básicas como retardo, transmisión o recepción de información por el puerto serial, manipulación de los pines del PIC, entre otros.

Cuando se provee de energía al módulo GPS, éste despliega información sobre el chip CXD2951 de SONY, en este lapso no admite el ingreso de comandos, por lo cual se debe esperar un tiempo hasta que se pueda configurar, alrededor de 500 ms. En el software de compilación del PIC, dicha acción se realiza con la función `delay_ms(500)`; la espera es aproximada y depende directamente del valor del cristal de oscilación utilizado. Esta función bloquea la ejecución secuencial del programa hasta que se cumpla dicha espera, no utiliza los timers del microcontrolador y puede ser desbloqueada antes de su finalización por la notificación de una interrupción.

Una vez cumplida la espera se puede enviar el comando mencionado anteriormente con la función `printf` de la siguiente forma:

```
PRINTF("@NC 01000000");
PUTC(0X0A);
PUTC(0X0D);
```

Código 3-2 Envío de comando de configuración GPGLL al GPS.

Para que el comando sea procesado por el GPS, se deben enviar los caracteres LF y CR, 0A y 0D en hexadecimal respectivamente, esto se realiza con la función `PUTC`. El GPS retornará la respuesta:

```
[NC] Done (GGA: 0, GLL: 1, GSA: 0, GSV: 0, RMC: 0, VTG: 0, ZDA: 0,
PSGSA: 0)
```

Esta línea se interpreta como sentencias GGA, GSA, GSV, RMC VTG, ZDA y PSGSA enviadas cada cero segundos, es decir no se envían, y tramas GLL enviadas una vez por segundo, lo cual significa que ha procesado exitosamente el comando

El microcontrolador se comunicará con el GPS y el celular por dos puertos diferentes y a distintas velocidades, es por esto que se utilizará la opción *STREAM=gps* descrita anteriormente en las directivas de pre-procesador para distinguir entre puertos seriales.

La configuración de la sentencia GPGLL debe hacerse cada vez que se encienda la plataforma de Telecuidado, se podría entonces crear una función de la siguiente manera:

```
void gps_start()
{
    fprintf(gps, "@nc 01000000"); //Envía el comando para
                                //habilitación de trama GPGLL en el GPS
    fputc(0x0A, gps);
    fputc(0x0d, gps);           //Envía Enter
    delay_ms(100);             //Espera la respuesta del GPS
}
```

Código 3-3 Creación de función de configuración GPGLL.

La función del código 3-3 no generará ninguna variable ni aceptará ningún parámetro externo para su procesamiento, sólo enviará el comando hacia el GPS, dicha función será llamada desde el bloque principal o MAIN del programa. La espera de 100 ms al final de la función *gps_start* sirve para esperar la respuesta del GPS al comando de configuración.

Una vez configurado el GPS lo que sigue es recibir la información que proporciona. Esto se realiza con el comando *getc()* del compilador.

Para determinar el inicio de una sentencia se utiliza el carácter \$ con el cual empieza, una vez más, esta acción se realiza de forma repetitiva por lo cual es más conveniente generar una función que será llamada `gps_check()`. La función se encargará de recibir los datos por el puerto serial y guardarlos en la memoria RAM si es una sentencia GPGLL completa.

```

void gps_check()           //rutina de comprobación del estado de la
{
    //conexión del GPS

    int i=0;              //Declaración de variables locales
    char c;

    do
    {
        c=fgetc(gps);     //Lee los caracteres desde la UART GPS
    }while (c!='$');      //Esperar hasta encontrar el inicio
                        // de una trama GPGLL

    while (c!=13)         //Guarda los datos en el string str_gps
    {
        //hasta que encuentre el fin de la trama
        str_gps[i]=c;     //str_gps es una variable global
        i++;
        c=fgetc(gps);
    }
}

```

Código 3-4 Función de recepción de sentencia GPGLL.

Se debería usar la instrucción `getc` para obtener cada uno de los caracteres desde la UART pero, dado que se usará el mismo puerto físico tanto para la comunicación con el gps y con el celular, conectados a diferentes velocidades, se usa la instrucción `fgetc(STREAM)` el cual me permite extraer los caracteres con la configuración del puerto deseada. Lo mismo sucede con las funciones `printf` y `fprintf`, la segunda permite elegir el `STREAM` a usarse para enviar la información.

La función *gps_check* guardará la sentencia GPGLL completa en la variable global *str_gps* que se declara fuera de la función y cuya longitud es de 50 bytes.

Es necesario controlar el funcionamiento de la recepción serial, éstos se registran en la dirección 18H que es el registro de estado de recepción y control que tiene 8 bits relacionados directamente con el puerto serial por hardware.

De estos, los más importantes son los bits 1, 2 y 4 que corresponden respectivamente a OERR o bit de desborde de buffer, puede ser corregido colocando en 1L el bit 4 o CREN (habilitación de recepción continua); FERR o error en la trama puede ser corregido leyendo el valor del registro RCREG o registro de datos recibidos de la UART en la dirección 1Ah en la RAM.

Para poder manipular los bits de control del puerto serial deben ser declarados como variables globales de la siguiente forma:

```
byte dummy;
#bit ferr = 0x18.2 // bit del Framing error del registro RCSTA
#bit oerr = 0x18.1 // bit del Overrun error en el registro RCSTA
#bit cren = 0x18.4 // bit de configuración de recepción continua
                //(CREN) del registro RCSTA
#byte rcreg = 0x1a // Registro de Recepción de la UART
#byte rcsta = 0x18 //Registro de estado y control de recepción
                //[SPEN, RX9, SREN, CREN, - , FERR, OERR, RX9D]
```

Código 3-5 Declaración de variables de control de recepción serial.

Se ha añadido como variable el registro de control y estado de recepción serial RCSTA en la dirección 18h, esto es para la configuración inicial que para el caso de recepción continua es 10010000.

El control de errores debe hacerse cada vez que se reciba un dato, entonces es mejor llamarla como función. Añadiendo esta característica, el código 3-4 se amplía de la siguiente forma:

```
void chk_errors() //Subrutina de detección de errores y
                //desbloqueo de la UART en recepción
```

```

{
    if(ferr)                //Si se tiene un framing error se limpia
                            //leyendo el registro RCREG
    dummy = rcreg;          //La variable dummy es usada para limpiar
                            //RCREG despues de ser leído
    if(oerr)                //Si se tiene un overrun error se lo
                            // limpia reseteando la bandera CREM
        { cren = 0; cren =1;}
}

void gps_check()           //rutina de comprobación del estado de la
{                           //conexión del GPS
    int i=0;                //Declaración de variables locales
    char c;
    do
    {
        c=fgetc(gps);       //Lee los caracteres desde la UART GPS
        chk_errors();
    }while (c!='$');        //Esperar hasta encontrar el inicio
                            //de una trama GPGLL
    while (c!=13)           //Guarda los datos en el string str_gps
    {                       //hasta que encuentre el fin de la trama
        str_gps[i]=c;       //str_gps es una variable global
        i++;
        c=fgetc(gps);
    }
    chk_errors();
}
}

```

Código 3-6 Recepción de sentencia GPGLL con control de errores.

Puede ocurrir que el GPS no esté conectado, siendo esta una falla muy grave y que el dispositivo de usuario debería detectarlo ya que sin los datos de

posicionamiento no es posible brindar el servicio de Teleubicación. Esto se puede detectar utilizando la opción *TIMEOUT* que se configura en las directivas de pre-procesador. Al ser enviadas las sentencias una vez por segundo se tomará un tiempo de espera de los datos seriales de 2 segundos quedando la directiva de pre-procesamiento de esta forma:

```
#USE RS232(BAUD=4800, XMIT=PIN_C6, RCV=PIN_C7, TIMEOUT=2000)
```

La manera que se escogió para determinar la desconexión del GPS es mediante un LED tricolor, éste mostraría un color rojo indicando que no se reciben los datos de ubicación, verde si se reciben datos validos y naranja en caso de que se reciban datos no confiables, como se explica más adelante.

Se utilizará el puerto A del PIC para manejar LEDs de indicación. La configuración para manejar los pines del microcontrolador se inicia declarándolos como variables, en este caso el puerto A se configura de la forma:

```
#BYTE a=0x05
```

El valor 0x05 es la dirección del puerto expresada en hexadecimal.

Luego los pines deben ser configurados como entradas o salidas con el comando: *set_tris_a(0x00)*; los pines pueden ser configurados como byte con un solo valor o individualmente, pin a pin colocando un número binario donde 0 configura pin de salida y 1 pin de entrada.

Un led tricolor no es más que la unión de 2 leds de diferentes colores en un solo empaquetado con un cátodo común y dos ánodos como lo muestra la figura 3-12, cada uno correspondiente a un color, en este caso se usa un led bicolor verde/rojo, entonces si se alimenta el ánodo A se encenderá de color rojo, si se alimenta el ánodo B se encenderá de color verde, y si se alimenta los 2, se obtiene el color naranja.

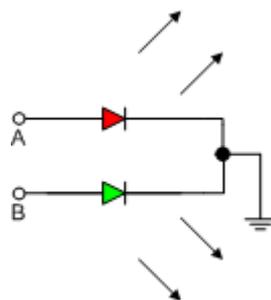


Figura 3-12 Estructura de un diodo bicolor.

Se puede utilizar el LED tricolor para mostrar la ausencia de un GPS y la calidad de los datos que proporciona evaluando el campo de estado de la sentencia GPGLL, si es A es un valor válido, si es V no son datos confiables. Para hacer esto el ánodo que enciende el color rojo esta conectado a A.0 y el verde esta conectado a A.1.

Con todo esto el diagrama de flujo de la función `gps_check` es:

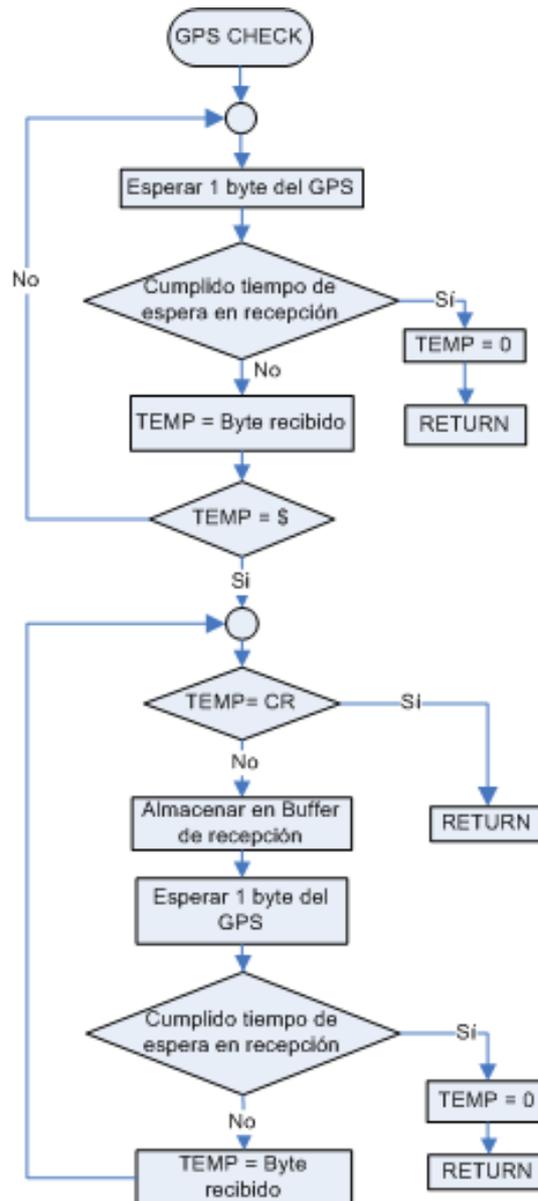


Figura 3-13 Diagrama de flujo chequeo del GPS.

Y de esa manera juntando las rutinas desarrolladas en esta sección en el código 3-7, se obtiene una interacción completa entre el microcontrolador, el GPS y los

leds indicadores de estado, además de proveer control de errores en la lectura de los datos de posicionamiento.

```

void chk_errors()           //Subrutina de detección de errores
{
    if(ferr)
        dummy = rcreg;
    if(oerr)
        { cren = 0; cren =1;}
}

char timed_getc()          //Espera por caracteres desde el GPS con
{                          //detección de desconexión
    char temp;
    char retval;
    temp=fgetc(gps);      //temp guarda el caracter desde la UART
    chk_errors();         //chequeo de errores de recepción
    if (temp==0)          //temp=0 si no se recibió caracteres en el
                          //timeout especificado
        retval=0;
    else
        retval=temp;
    return(retval);       //retorna 0 si no se recibieron datos o el
                          //caracter en caso contrario
}

void chk_gstatus(char c)   //Habilita flag de desconexión de GPS
{
    if (c==0)
        g_status=1;
    else
        g_status=0;
}

```

```

}

void gps_check()          //rutina de comprobación del estado de la
                          //conexión del GPS
{
    int i=0;
    char c;
    do
    {
        c=timed_getc();    //lee los caracteres desde la UART y
                          //comprueba su estado
        chk_gstatus(c);   //status del GPS
        if (g_status==1)
            goto end;

    }while (c!='$');      //Esperar hasta encontrar el inicio de
                          //una trama GPGLL
    while (c!=13)         //Guarda los datos en el string str_gps
    {
        str_gps[i]=c;
        i++;
        c=timed_getc();
        chk_gstatus(c);
        if (g_status==1)
            goto end;
    }
    if(str_gps[39]=='A')   //GPS con datos validos
    {
        bit_clear(a,0);
        bit_set(a,1);
    }
    else                  //GPS con datos no confiables

```

```

{
    bit_set(a,0); // pin 0 del puerto A a 1L
    bit_set(a,1); // pin 0 del puerto A a 1L
}
}

```

Código 3-7 Recepción de sentencia GPGLL con control de errores completo.

En la programación se añaden nuevas funciones que proporcionan mayor flexibilidad a la aplicación. El procedimiento empieza en la sección MAIN llamando a la función *gps_check()*.

La función *timed_getc()* espera la llegada de datos desde el GPS, si no se tiene información disponible en 2 segundos se devuelve un "0", este valor es comparado en la función *chk_gstatus(c)* y si efectivamente es 0, activa la variable global *g_status* que es posteriormente comparada para encender el LED rojo o verde; si el GPS está conectado, la función *timed_getc()* devuelve el valor tomado y lo guarda en la variable global *str_gps* hasta que se reciba completamente la trama GPGLL. Luego se comprueba el carácter 40 de *str_gps* y si es A, se enciende el LED verde, si no es A se encienden ambos LEDs, el verde y el rojo resultando el color naranja.

Luego de realizarse las pruebas de funcionamiento entre el microcontrolador y el GPS, el microcontrolador perdía reiteradamente información proporcionada por el GPS, esto se notaba porque el LED de verificación cambiaba continuamente de verde a rojo y rojo a verde de una manera aleatoria. Se llegó a la conclusión de que el GPS enviaba información correcta, pero esta era distorsionada por ruido. Para evitar esto se utilizó el puerto serial RS232 de su conector y para conectarlo al microcontrolador se usará un MAX232, de esta forma se minimiza el impacto del ruido en las comunicaciones.

3.3.2 INTERACCIÓN MICROCONTROLADOR - CELULAR

La comunicación con el celular se la realiza mediante los comandos AT explicados en la sección 3.2.2.1 y 3.2.2.2. Es menos complicado que comunicarse

con el GPS pero se necesitan realizar muchas más tareas. Se tomará como base el diagrama de flujo del manejo del GPS, partiendo de esto lo primero que se debe realizar es la comprobación del estado del celular, si no está conectado no se puede brindar el servicio y esto debe ser visible para el usuario, de esta forma puede arreglarlo si le es posible. Así el diagrama de flujo resultante es el que se muestra en la figura 3-14.

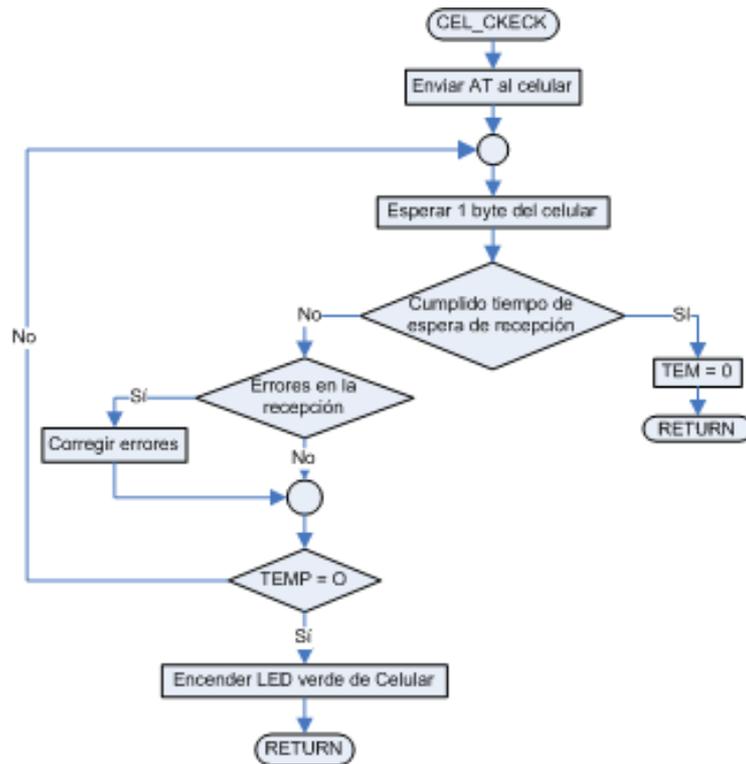


Figura 3-14 Diagrama de flujo chequeo de conexión de celular.

La función que realizará la comprobación de conexión del celular es *cel_check* y será llamada desde el MAIN del programa. La forma más sencilla de comprobar si el celular está o no conectado es enviando el comando AT, si responde con un OK, el celular está conectado y listo para usarse. Debido a que esta comprobación se realiza periódicamente, se implementará en una función que facilita la tarea repetitiva.


```

cel_on();
do
{
    c=timed_cgetc(); //lee los caracteres desde la UART y
chk_cstatus(c);     //comprueba su estado

    if (c_status==1)
        goto end;
}while (c!='O');    //Esperar hasta encontrar un OK

if(c_status==0)
{
    bit_set(a,3);
    bit_clear(a,2);
}
end: return;
}

```

Código 3-8 Comprobación de conexión de celular.

En el código 3-8 se nota que usamos las funciones `fgetc` y `fprintf` con el *stream* `cel`, es decir leer y escribir desde el puerto configurado para usarse con el celular, al igual como se hizo con el GPS en la sección anterior, en la cual se usó el *stream* `gps`.

El comando AT se envía con la función `cel_on()`, si el celular está conectado este responderá con un OK. Para esto se espera a recibir la letra O, se realiza el control de errores de recepción y el timeout, si no llega el caracter, se encenderá el color rojo del LED bicolor conectado a los pines 2 y 3 del pórtico A. La variable `c_status` que se comprueba en la función `cel_check` es global y sirve para registrar la desconexión del celular en la función `chk_cstatus`.

El color verde del LED tricolor del celular se encenderá en la sección MAIN, de la misma forma que sucede con el GPS. Esto se realiza para que, si se registra desconexión de alguno de los dos dispositivos, el programa no continúe ejecutando sus instrucciones hasta que vuelvan a conectarse.

El STREAM que se utiliza para el puerto serial de comunicación con el celular es *cel*, trabajará a 9600 bps y un TIMEOUT de 1 segundo.

Otra de las tareas que debe realizar el PIC es leer los mensajes recibidos y determinar si son peticiones de posicionamiento o mensajes diferentes, además se encargará de enviar la información de posicionamiento junto a la identificación del usuario si se disparó alguna de las alarmas o si el centro de ayuda lo solicitó.

Con el fin de evitar daños en el puerto del celular, es recomendable reducir el voltaje del estado 1_L proporcionado por el PIC a 3.3V, esto se consigue colocando un diodo Zener en el pin de entrada serial del celular.

3.3.2.1 Lectura de mensajes de petición de posicionamiento

Para realizar la lectura de los mensajes lo primero que se debe hacer es la comprobación de conexión del celular. Si el celular está disponible, se puede empezar este procedimiento.

Como se mencionó en la sección 3.2.2.1, es necesario configurar el formato para la lectura, en este caso se trabaja con formato texto por su simplicidad. La memoria de la que serán leídos los mensajes es otro parámetro importante ya que si no leemos del lugar correcto, las peticiones de posicionamiento se perderán.

Estos dos procedimientos deben hacerse cada cierto tiempo, por esta razón se ha elegido ejecutarlos como funciones. La función principal será *sms_check* y dentro de ella estará la función *cel_start* que tendrá el trabajo de configurar el formato y la memoria para la lectura. Esto se condensa en el diagrama de flujo de la figura 3-15.

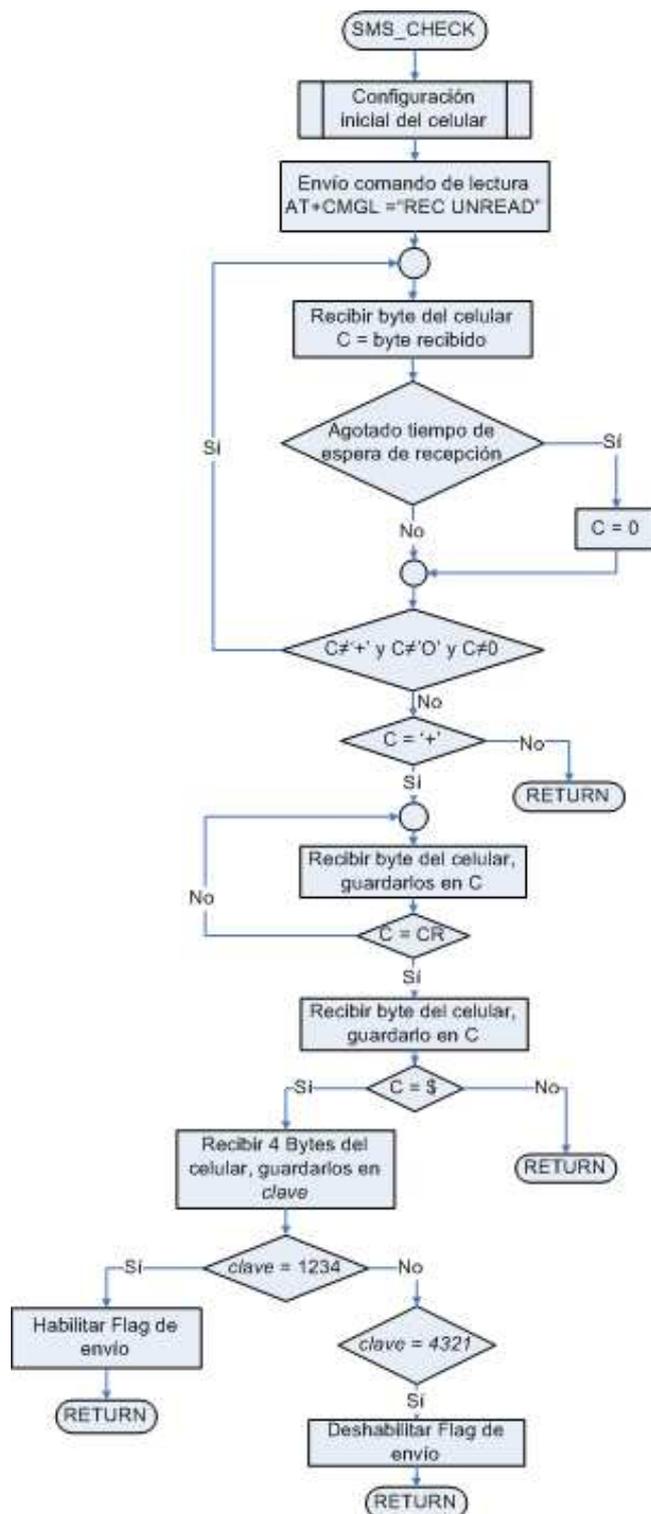


Figura 3-15 Diagrama de flujo de lectura de mensajes.

```

void cel_start()
{
    fprintf(cel, "AT+CMGF=1\n\r"); //Formato texto
    delay_ms(300);
    fprintf(cel, "AT+CPMS="); //Selección de memoria interna
    fputc(' ', cel); //ya que la cadena de comandos
    fprintf(cel, "ME"); //posee el carácter " se debe
    fputc(' ', cel); //se debe roper dicha cadena en
    fprintf(cel, "\n\r"); //5 partes para su ejecución
    delay_ms(800);
    fprintf(cel, "ATE0\n\r"); //Eliminación de ECO
    delay_ms(100);
}

```

Código 3-9 Configuración de formato y memoria en el celular.

Para la lectura de los mensajes se enviará el comando

AT+CMGL = "REC UNREAD"

que desplegará todos los mensajes nuevos si existen, de lo contrario el celular enviará un *OK*. El PIC debe registrar cualquier respuesta que se genere después de enviar el comando de lectura. Si existe algún mensaje nuevo el primer carácter que se envía como respuesta es el +, esta es la pauta que se espera para empezar el almacenamiento del mensaje.

El contenido del mensaje debe ser analizado para determinar si es una petición válida de posicionamiento o si es una falsa alarma, para esto el centro de ayuda debe enviar en el mensaje un código especial con el fin de evitar intrusiones no autorizadas en el sistema. Para nuestra plataforma de Telecuidado se ha escogido el código \$1234, el módulo de usuario esperará que la petición de posicionamiento válida empiece con este código, de lo contrario el mensaje será descartado y será borrado.

Esta comprobación se lleva a cabo con la ayuda de la función *strcmp(clave, rqs_pos)* que se encuentra en el archivo de cabecera *string.h* del

compilador para el PIC. *Clave* es una constante y *rqs_pos* es el valor recibido en el mensaje, si estos dos valores son iguales, entonces se genera un 0. Una vez comprobada la autenticidad de la petición, se activará una variable global que indica el envío pendiente, así se enviará cada cierto tiempo el mensaje con la información de posicionamiento. La única forma de detener este proceso es enviando desde el centro de ayuda un comando de *fin de solicitud*, que será simplemente la clave \$4321.

La lectura de los mensajes se iniciará desde el programa principal MAIN y el resultado que devuelva la operación será la activación o desactivación de la variable global *sms_pend* que será verificada también en el MAIN.

3.3.2.2 Envío de mensajes con información de posicionamiento

Para enviar los mensajes, el MAIN verifica el estado de la variable global *sms_pend* que se activa con un 1_L. Se usará la función *send_sms()* para enviar el mensaje con la posición geográfica.

Al centro de ayuda pueden llegar mensajes de cualquier origen sean módulos de usuarios o no, para ayudar a realizar la discriminación se enviará el mismo código de seguridad \$1234 seguido del número de identificación del usuario que consta en la base de datos del centro de ayuda.

El comando para enviar el mensaje es *AT+CMGS = "09XXXXXXX"*, el contenido del mensaje es *\$1234\$0001\$GPGLL.....*, con esto se pueden tener hasta 9999 usuarios registrados en la base de datos.

La sentencia GPGLL que se envía es la que estaba almacenada en la memoria RAM cuando se llamó a la función *gps_check()*. Al finalizar el envío se borrará el mensaje enviado que se almacenó en la localidad de memoria 1 con el comando *AT+CMGD=1*, liberando espacio y evitando que los mensajes dejen de enviarse por falta de memoria.

Este procedimiento se repetirá una y otra vez cada 60 segundos aproximadamente hasta que llegue la orden de desactivación desde el centro de ayuda. En la Figura 3-16 se puede observar el diagrama de flujo respectivo.



Figura 3-16 Diagrama de flujo envío de mensajes de posicionamiento.

Después de realizar pruebas de comunicación entre el celular y el PIC, se determinó que el microcontrolador registra muchos errores al recibir los datos desde el celular ya que el voltaje del estado 1_L es diferente. Para solucionar este problema se utilizó un artificio con convertidor de niveles MAX 232, el cual se puede observar en la figura 3-17.

El MAX232 tiene entradas TTL/CMOS más sensibles, por esto puede registrar de mejor forma los voltajes del celular, la salida RS232 correspondiente a la entrada TTL realimenta la entrada RS232 de otro canal del MAX, su salida TTL resultará en niveles de voltajes más adecuados para trabajar con el PIC.

La función que se encarga de enviar un SMS con la posición geográfica debe esperar un tiempo entre operaciones, tiempo aproximado que tarda el celular en el procesamiento del envío, por esta razón se ha decidido deshabilitar temporalmente la interrupción externa para no interferir con el correcto funcionamiento de la función.

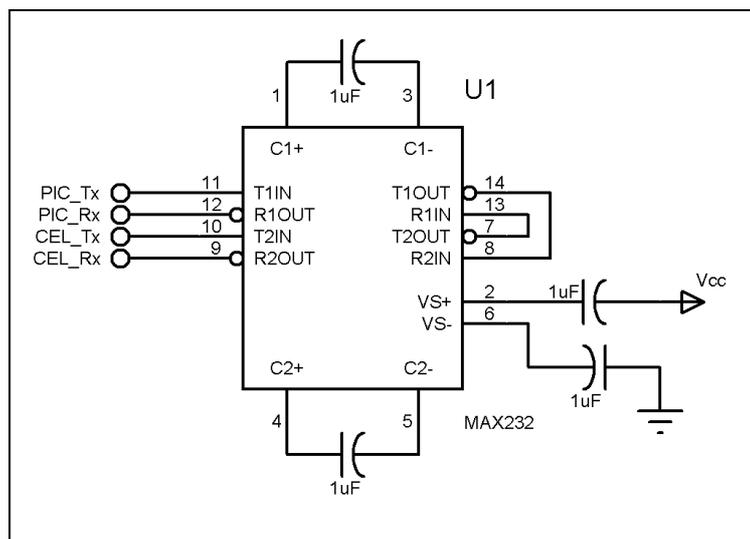


Figura 3-17 Diagrama de conexión usado para el PIC y el celular.

3.3.3 INTERACCIÓN GPS – MICROCONTROLADOR - CELULAR

El microcontrolador PIC16F876 que se usa en el prototipo solo posee un puerto serial por hardware, entonces una de las interfaces deberá ser virtual o por software. Después de las pruebas realizadas, se registraron muchísimos errores en la comunicación con el puerto de recepción por software lo que hacía que la ejecución de las instrucciones se bloquee en el punto de recepción de datos. Es claro que un puerto serial creado por software es mucho menos confiable que el puerto serial de hardware del PIC y para la aplicación de la plataforma de Telecuidado se debe buscar otra alternativa.

Luego de analizar las posibles soluciones se llegó a la conclusión de que se debe usar un puerto serial por hardware extra, es decir un microcontrolador con dos puertos built-in. En microcontroladores PIC se tienen muchas opciones pero se desperdician pines y no es una opción válida para el diseño.

Otra forma de arreglar el inconveniente es utilizar el mismo PIC16F876 con un solo puerto pero añadiendo al diseño un multiplexor que dinamice el uso del pin de recepción serial. Para enviar comandos al GPS y al teléfono celular se pueden utilizar el pin de salida serial build-in y uno creado por software, en el caso del envío de información desde el PIC no se registran problemas.

El multiplexor que se escogió el CD4053 del fabricante Fairchild Semiconductors. Es un triple multiplexor analógico de dos canales cada uno y con tres selectores digitales independientes, puede manejar voltajes desde 3V a 15V y consume muy poca corriente. Los selectores necesitan una corriente de $1\mu\text{A}$ por lo que el PIC lo puede manejar sin ningún problema.

Entonces, las entradas del multiplexor serán los puertos de salida serial del GPS y Celular, la salida del multiplexor se conectará directamente al pin de entrada del puerto serial del PIC, el selector será operado por el pin 1 del puerto B, como se observa en el diagrama de conexión de de la figura 3-18.

En la figura 3-19 se muestra el diagrama de flujo completo de la operación del PIC, el GPS y el celular. Todo el proceso se realiza periódicamente para registrar la desconexión del celular y el GPS.

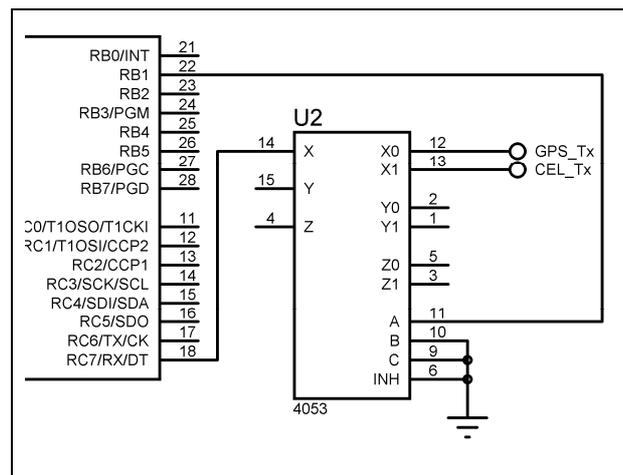
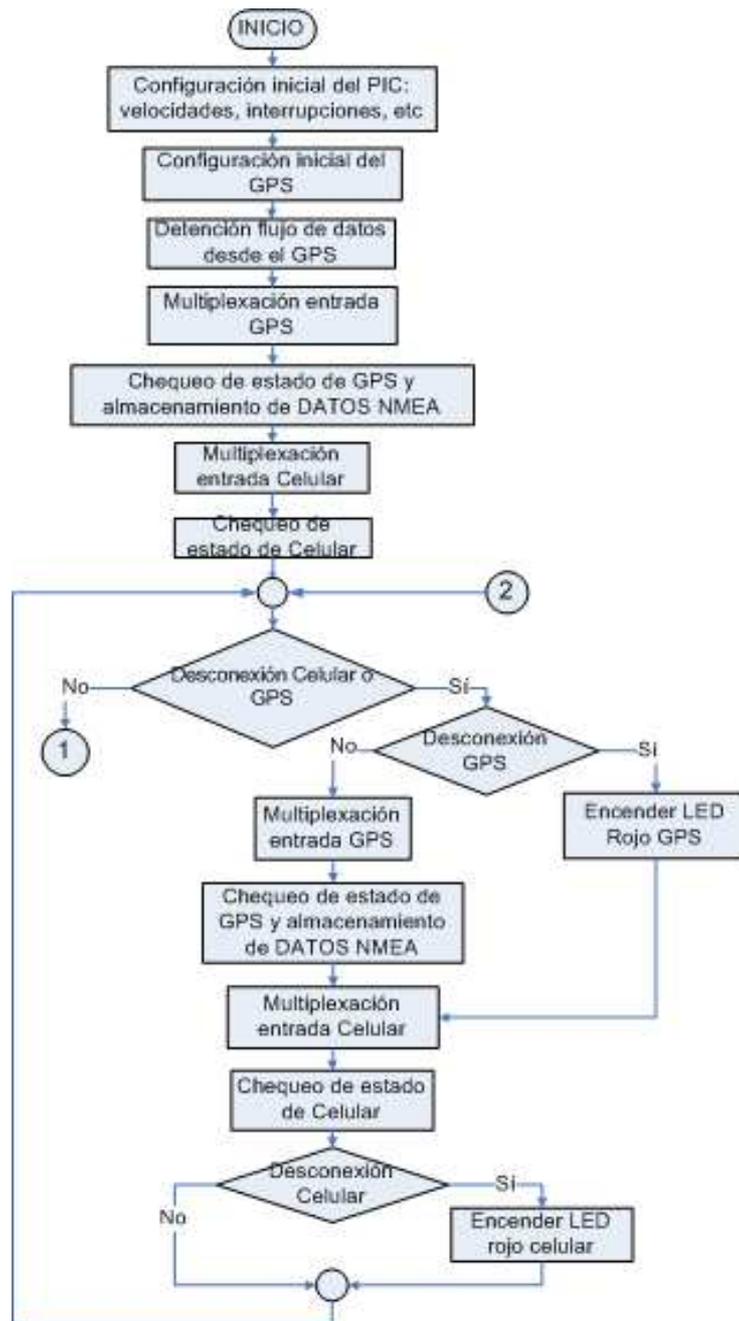


Figura 3-18 Multiplexación del puerto serial del PIC.



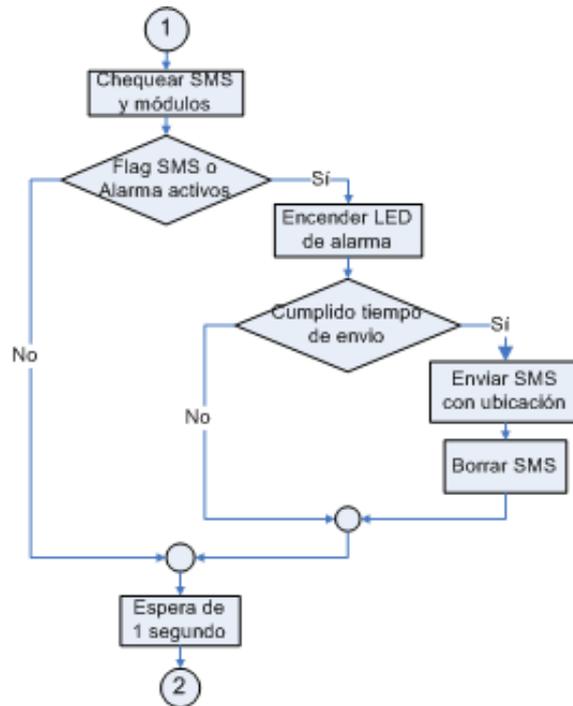


Figura 3-19 Diagrama de flujo de operación completa.

3.3.4 ACTIVACIÓN Y MANEJO DE LAS ALARMAS

Existen tres formas de activación de la alarma para el envío de la posición, una de ellas se explicó anteriormente y consiste en el pedido explícito del centro de ayuda enviando el requerimiento en mensaje de texto con la clave de activación; la segunda forma es la activación mediante el botón de pánico que incluye el módulo de usuario; la última opción es la activación por los módulos de monitoreo externos.

El botón de alarma se implementa usando una de las herramientas más útiles de los microcontroladores, las interrupciones externas.

El PIC posee 5 fuentes de interrupciones externas, todas ellas en el pórtico B. El pin 0 de dicho pórtico es utilizado como interrupción externa individual, es una entrada digital y posee un buffer Smith Trigger que lo hace apropiado para detectar cambios de estados con disparadores externos; las otras 4 fuentes de interrupciones externas están en los pines 7, 6, 5, y 4, no son individuales, es decir, solo se sabe que se generó un cambio de estado en cualquiera de los cuatro pines.

En el botón de pánico del módulo de usuario se utilizó la interrupción del pin 0. Para utilizar esta herramienta en el compilador C se debe declarar en la sección

de MAIN el flanco que producirá la activación de la interrupción, habilitar la interrupción y generar código que se ejecutará en cuanto sea detectada la alarma. El flanco se determina con la instrucción `EXT_INT_EDGE(H_TO_L)`, la interrupción se activará cuando exista un flanco negativo en el pin 0. Para habilitarla se usan las instrucciones `ENABLE_INTERRUPTS(INT_EXT)` y `ENABLE_INTERRUPTS(GLOBAL)`.

Ya que el PIC está en constante comunicación con el celular y el GPS, leyendo sus cadenas de información, no puede ser interrumpido pues el string estaría incompleto. Para evitar este problema, el código que se ejecutará cuando se produzca la interrupción solo activará dos variables globales:

```
#INT_EXT
void alerta()
{
    alarma=1;
    emergencia=0;
}
```

Código 3-10 Código de interrupción externa de botón de alerta.

El cambio en los valores de estas variables no abarca demasiado tiempo y no se producirá la pérdida de información desde el GPS y el celular.

El circuito que se usa para activar el botón de pánico se esquematiza en la figura 3-20.

La activación de la alarma del módulo de usuario mediante los módulos externos no se realiza con las interrupciones, sino se leerá el cambio de los estados de los pines 7 al 4 del pórtilo B uno a uno. Estos pines estarán normalmente a 0_L conectados mediante resistencias de 180 Ω como se aprecia en la figura 3-21, los módulos deberán mantener en 1_L el pin que esté conectado al módulo de usuario por alrededor de 1 segundo para generar la alarma.

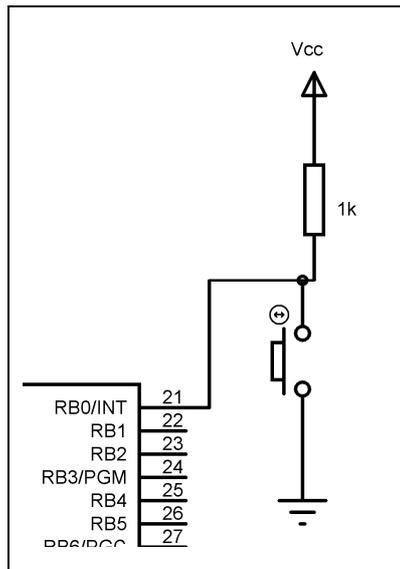


Figura 3-20 Circuito del botón de pánico.

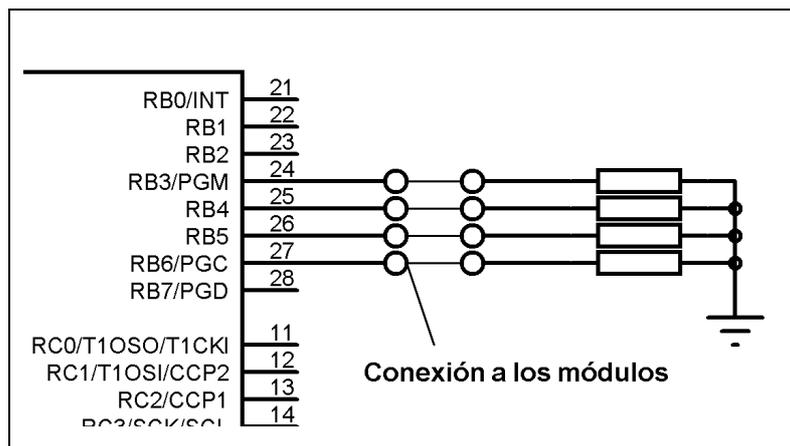


Figura 3-21 Conexión para los módulos externos.

3.3.5 DISEÑO DEL HARDWARE DE RECEPCIÓN

La recepción se la realizará en el centro de ayuda, en ella se encuentra un computador en el que se verá la información de posicionamiento y la identificación de la persona en riesgo que activó la alarma.

Para recibir el mensaje con la información se necesita otro teléfono o módem. En este caso no se tienen las limitaciones de alimentación y procesamiento que existen en el módulo de usuario ya que el computador es una herramienta mucho más completa y de uso más sencillo.

El teléfono escogido para este propósito es el Sony Ericsson K300, de características similares al T290a pero más fácil de conseguir, posee el mismo puerto de comunicaciones pero el formato de envío y recepción de mensajes que posee es solo PDU, la programación se la detalla en el siguiente capítulo.

La interacción entre el teléfono y la computadora es directa y no necesita procesamiento intermedio, lo único que se necesita es un circuito cambiador de niveles TTL/RS232; el diseño más conocido incluye el MAX232 y su circuito se detalla a continuación.

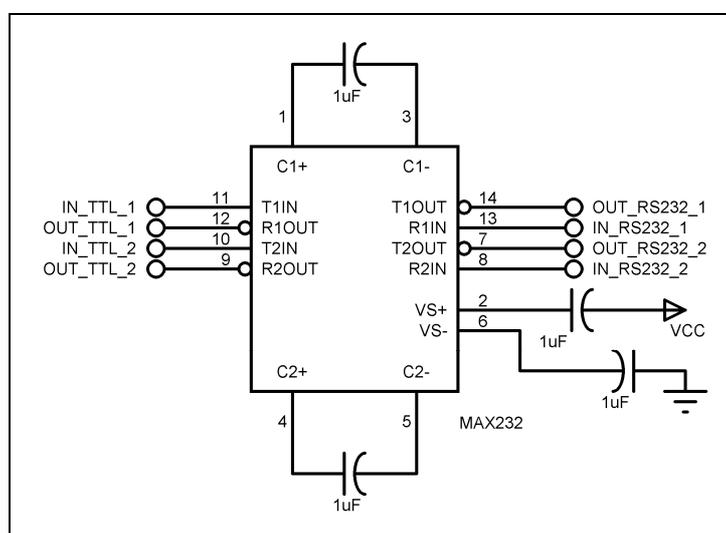


Figura 3-22 Circuito cambiador de niveles TTL/RS232.

Los circuitos integrados MAX3232 y MAX 3222 permiten cambiar niveles de RS232 a TTL pero con voltajes compatibles con el celular que son de 0 a 3.3 V; para el circuito de recepción se optó por el MAX232 porque es muy común en el mercado. Para resolver el problema de compatibilidad entre los niveles de voltaje y evitar un daño del puerto del celular se puede emplear un diodo Zener de 3 V en la entrada del puerto serial del celular como se muestra en la figura 3-23. Para la recepción no se necesita ningún otro hardware adicional.

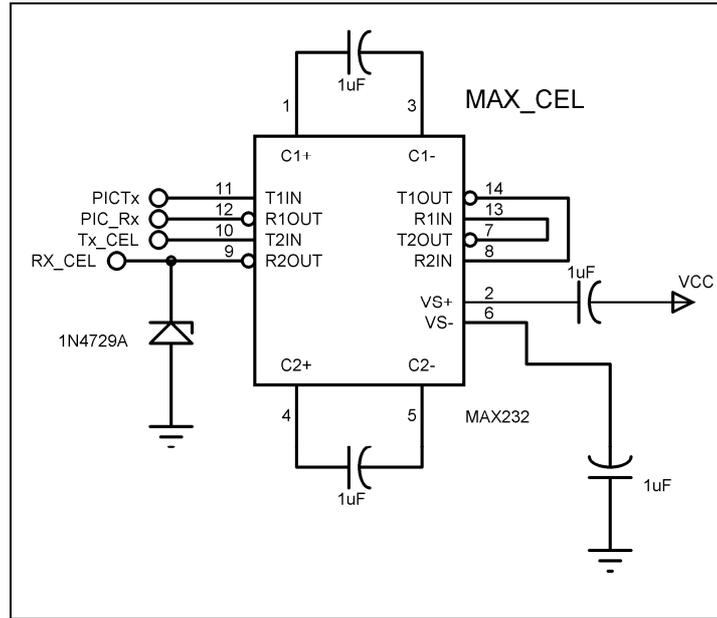


Figura 3-23 Adaptación de entrada serial para el celular.

CAPÍTULO 4: DISEÑO DEL SOFTWARE

CAPÍTULO 4: DISEÑO DEL SOFTWARE

El presente capítulo describe el proceso de diseño del software que permitirá receiptar los datos que llegan en el mensaje de texto, procesarlos y determinar el usuario al que pertenece y su ubicación.

De acuerdo al diseño planteado, en el centro de ayuda, que es el lugar donde se concentrarán las peticiones de ayuda, se necesita realizar el diseño únicamente del software ya que es el computador el que se encarga de la comunicación con el celular de recepción sin necesidad de algún procesamiento previo, claro está, se necesita el pequeño circuito cambiador de niveles mencionado en el capítulo anterior. Este es el segundo subsistema el cual será llamado **módulo de ubicación**.

4.1 CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO

El computador que recibe las alarmas de los sujetos en riesgo debe realizar las siguientes tareas:

- Recepción, por medio de un teléfono celular, de las peticiones de ayuda de los sujetos en riesgo.
- Comunicarse con el celular de recepción y determinar si existe algún mensaje de alerta, determinando si es válido o no.
- Procesar el mensaje y determinar la identificación del usuario.
- Presentar en forma ordenada la información personal, afecciones y teléfonos de contactos del sujeto en riesgo.
- Permitir el ingreso y modificación de la información de los sujetos en riesgo mediante una base de datos.
- Ubicar en un mapa digital de la ciudad de Quito el punto donde se generó la alarma.
- Solicitar al módulo de usuario la posición si se requiere.
- Informar al módulo de usuario de la finalización del tiempo de alarma para que ya no continúe con el envío de la información.

Todas las tareas mencionadas anteriormente deben tener la facilidad de ser activadas o desactivadas por un operador de manera sencilla, esta es la razón por la cual se decidió desarrollar el software en Visual Basic 6.0 de Microsoft, que es un entorno de programación visual muy fácil y de rápida implementación.

4.2 ELEMENTOS A USARSE EN EL DISEÑO

Todos los elementos de software deben aportar sencillez a la realización de las tareas mencionadas anteriormente sin representar un gasto innecesario de los recursos disponibles en el computador. Se determinarán tomando en cuenta las tareas que debe desarrollar el *módulo de ubicación*.

4.2.1 COMUNICACIÓN CON EL CELULAR Y PROCESAMIENTO DE LOS MENSAJES

El celular utilizado en la recepción es el Sony Ericsson K300, utiliza el mismo set de comandos AT para enviar y recibir mensajes pero solo trabaja en el modo PDU, por tanto, se debe hacer la codificación antes de enviar y después de recibir los mensajes de texto.

El proceso de codificación y decodificación se explica brevemente a continuación:

4.2.1.1 SMS y el formato PDU

Los mensajes de texto pueden tener una longitud de 160 caracteres donde cada caracter está formado por 7 bits, como se documenta en los estándares GSM 03.40 y 03.38. Este es el motivo por el que enviar mensajes en modo texto y en modo PDU no es necesariamente lo mismo, se tienen algunas diferencias especialmente en símbolos que no son ni números ni letras, además, los alfabetos usados en GSM no son los mismos que el tradicional ASCII. Entre los alfabetos más comunes están "PCCP437", "PCDN", "8859-1", "IRA" y "GSM"³⁰; los diferentes alfabetos pueden ser configurados en el celular por medio del comando AT + CSCS. Cuando se usa una aplicación para leer los mensajes, en

³⁰ Pettersson, SMS AND THE PDU FORMAT, [citado el 9 de enero, 2008], disponible en <http://www.dreamfabric.com/sms>

modo texto, se tiene la limitación del alfabeto configurado, pero si se usa el modo PDU, cualquier codificación puede emplearse.

El PDU no solo contiene el mensaje, también contiene mucha información de quien lo envía, el centro de servicio de SMS, la hora, etc. Todo es recibido en forma de octetos hexadecimales o semi-octetos decimales, por ejemplo, la siguiente información es un mensaje conteniendo la expresión "hellohello":

07 917283010010F5 040BC87238880900F10000993092516195800AE8329BFD4697D9EC37

Esta secuencia de octetos está formada por tres partes. El primer octeto (07) indica la longitud de la información del centro de SMS, en el resto de octetos está la información del SMSC en sí ("917283010010F5") y en la parte final está la información de origen, tiempo, mensaje, entre otros, como se ve en la Tabla 4-1.

Octetos	Descripción
7	Longitud de la información del SMSC, en este caso 7 octetos
91	Tipo de dirección del SMSC. 91 significa formato internacional del número de teléfono
72 83 01 00 10 F5	Número del centro de servicio en semi-octetos decimales. La longitud del número es impar, así que se adiciona una F al final para formar adecuadamente los octetos. El número es +27381000015
04	Primer octeto del mensaje SMS-DELIVER
0B	Longitud de la dirección. Longitud del número origen
C8	Tipo de dirección del número origen, el más común es el 91 (internacional)
72 38 88 09 00 F1	Número del origen en semi-octetos decimales con

	una F de trailer
00	Identificador del protocolo
00	Esquema de codificación de datos, indica el esquema en el mensaje, es decir el alfabeto a utilizarse
99 30 92 51 61 95 80	La fecha y hora en semi-octetos. En este caso es 29/03/99 15:16:59, el último octeto representa la relación a GMT
0A	Longitud del campo de datos del usuario. 10 septetos
E8329BFD4697D9EC37	Mensaje "hellohello", octetos representando datos de 7 bits

Tabla 4-1 Campos del mensaje PDU recibido.

La tabla anterior es una guía para entender los campos de un mensaje en formato PDU entrante.

Para formar el mensaje y enviarlo se debe seguir el siguiente procedimiento:

h	e	l	l	o	h	e	l	l	o
104	101	108	108	111	104	101	108	108	111
1101000	1100101	1101100	1101100	1101111	1101000	1100101	1101100	1101100	1101111
1101000	110010 1	11011 00	1101 100	110 1111	11 01000	1 100101	1101100	1101100	110111 1

Tabla 4-1 Toma de bits para codificación.

El primer septeto (h) se convierte en octeto añadiendo el LSB del segundo septeto. Este bit es insertado en el lado izquierdo quedando:

$$1 + 1101000 = 11101000 \text{ (E8)}$$

El LSB del segundo carácter es consumido, así el segundo carácter necesita dos bits que son tomados del tercer carácter para convertirlo en un octeto. Este proceso continúa quedando los siguientes resultados:

1 1101000	00 110010	100 11011	1111 1101	01000 110	100101 11	1101100 1	1 1101100	110111
E8	32	9B	FD	46	97	D9	EC	37

Tabla 4-2 Adición de bits a septetos para convertirlos en octetos.

Este procedimiento debe realizarse para transformar un mensaje a formato PDU. Para enviar un mensaje, a más de codificar el contenido en PDU, se deben agregar otros campos que se detallan a continuación:

Octetos	Descripción
00	Longitud de la información del SMSC. El 00 significa que se usará la información almacenada en el teléfono
11	Primer Octeto del mensaje SMS-SUBMIT
00	Referencia del mensaje. El 00 le permite al teléfono colocar el número de referencia
0B	Primer octeto del mensaje SMS-DELIVER
91	Tipo de dirección. 91 indica formato de número internacional
6407281553F8	Número telefónico en semi-octetos. Se añade una F al final porque la longitud es impar
00	Identificador del protocolo
00	Esquema de codificación de datos. Este mensaje es codificado de acuerdo al alfabeto de 7 bits. Si en lugar de ser 00 el valor sería 04, se interpreta como codificación de alfabeto de 8 bits
AA	Período de validez. El AA significa 4 días
0A	Longitud del mensaje
E8329BFD4697D9EC37	Representa el mensaje "hellohello"

Tabla 4-3 Campos de trama PDU para enviar mensajes.

4.2.1.2 Software para envío y recepción de mensajes de texto

Para realizar la comunicación entre el celular y la computadora se ha optado por utilizar herramientas ya desarrolladas que existen en el mercado, algunas de estas son libres de cargo y otras desarrolladas por empresas especializadas y que tienen un valor comercial.

La mayoría de los desarrolladores de software ofrecen componentes Activex para incorporarlos a los proyectos que se desarrollan en varios lenguajes de programación como C, C++, Visual Basic 6.0 o Visual Basic.NET. Los componentes de software Activex son programas que pueden ser utilizados por muchas otras aplicaciones, es una tecnología que emplea Microsoft para compartir información entre las mismas.

En el diseño de la plataforma de Telecuidado se ha empleado un Activex del fabricante ACTIVEXPERTS³¹. El núcleo de este software es un DLL llamado ASmsCtrl.dll, que puede ser usado en ambientes de un solo hilo o múltiples hilos o procesamientos.

Brinda los siguientes servicios:

- Envía mensajes de texto alfanuméricos
- Envía mensajes de localizador numéricos
- Envía mensajes de texto multimedia
- Envía mensajes de texto flash
- Verifica la entrega de mensajes de texto enviados
- Recibe mensajes de texto
- Acepta caracteres Unicode, para soportar lenguajes extranjeros como el Chino
- Soporta mensajes de con múltiples partes para permitir la manipulación de mensajes mayores a 160 caracteres

³¹ <http://www.activexperts.com/activsms/>

- Soporta el envío y recepción de mensajes de texto en módems o teléfonos GSM
- Soporta SMPP (Short Message Peer to Peer) para volúmenes grandes de mensajes.
- Soporta puertos de comunicaciones directos y dispositivos telefónicos y módems de Windows
- Envía mensajes de localizador numéricos mediante DTMF
- Provee diagnóstico de los dispositivos de comunicaciones conectados al computador

Todas las funcionalidades que brinda el ActiveX reducen significativamente el tiempo de diseño y la complejidad del mismo ya que no es necesario abrir o cerrar el puerto serial al cual se conecta el celular, la codificación y decodificación en formato PDU la realiza automáticamente, determina posibles fallas en el funcionamiento del celular, entre otros.

El ActiveX *ASmsCtrl* posee 11 clases que se utilizan para diferentes tareas. Estas son:

- Constants
- DialUp
- GsmIn
- GsmOut
- Pager
- PictureMessage
- Ringtone
- Smpp
- Snpp
- WapBookmark
- WapPush

Para poder enviar y recibir mensajes de texto se utilizan las clases GSMOut y GSMIn respectivamente. Ambas clases poseen muchas propiedades y métodos que permiten la configuración, diagnóstico, envío y recepción de mensajes de texto. A continuación se describen los más importantes:

GsmOut			
Propiedades		Métodos	
Device	Puerto a ser usado	Clear	Borra todas las propiedades
DeviceSettings	Configuración del puerto	GetDevice	Obtiene el puerto a ser utilizado para el envío
DeviceSpeed	Velocidad del puerto	GetDeviceCount	Obtiene todos los puertos y dispositivos conectados al computador
LastError	Error obtenido en la última ejecución de un método	GetErrorDescription	Obtiene la descripción del último errores registrado después de un método
MessageData	Contenido del SMS	Send	Envía el mensaje contenido en la propiedad MessageData
MessageRecipient	Número telefónico del destino		
MessageType	Tipo de SMS a ser enviado		

RequestStatusReport	Indica si se solicitará el estado al enviar el SMS
Storage	Indica la memoria en la que se almacenarán los mensajes enviados

Tabla 4-4 Propiedades y métodos de la clase GsmOut.

GsmIn			
Propiedades		Métodos	
Device	Puerto a ser usado	Clear	Borra todas las propiedades
DeviceSettings	Configuración del puerto	GetDevice	Obtiene el puerto a ser utilizado para la recepción
DeviceSpeed	Velocidad del puerto	GetDeviceCount	Obtiene todos los puertos y dispositivos conectados al computador
LastError	Error obtenido en la última ejecución de un método	GetErrorDescription	Obtiene la descripción del último error registrado después de un método

MessageData	Contenido del SMS recibido	Receive	Recibe todos los mensajes y los guarda en MessageData
MessageSender	Número telefónico del origen	GetFirstMessage	Obtiene el primer mensaje guardado en MessageData
MessageType	Tipo de SMS a ser enviado	GetNextMessage	Obtiene el siguiente mensaje guardado en MessageData
DeleteAfterReceive	Indica si se borrará el mensaje después de recibirlo		
Storage	Indica la memoria en la que se almacenarán los mensajes recibidos		

Tabla 4-5 Propiedades y métodos de la clase GsmIn.

Para poder utilizar esta herramienta como un objeto de Microsoft Visual Basic, debe ser declarada como variable y creada como un objeto de la siguiente forma:

Declaración de los tres objetos con los que se trabajará:

```
DIM objConstants As ASmsCtrl.Constants
```

```
DIM objGsmOut As ASmsCtrl.GsmOut
```

```
DIM objGsmIn As ASmsCtrl.GsmIn
```

Creación de los tres objetos para usarlos:

```
Set objGsmOut = CreateObject("ActiveXperts.GsmOut")
```

```
Set objGsmIn = CreateObject("ActiveXperts.GsmIn")
```

```
Set objConstants = CreateObject("ActiveXperts.SmsConstants")
```

Visual Basic debe saber de que tipo son estos objetos, para ello se incluye en el proyecto la librería *ASmsCtrl.dll*

4.2.2 ADMINISTRACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LOS SUJETOS EN RIESGO

Para poder responder de manera adecuada ante una señal de emergencia que llega al centro de ayuda es necesario conocer cierta información del sujeto en riesgo que la generó, empezando por su información personal, nombre, fotografía si es posible, familiares a quienes llamar en dicho caso; información de las afecciones para que los equipos de cuidado sepan el posible motivo del quebranto en la salud; y por último, información de los médicos tratantes para contactarlos de ser necesario.

La forma más sencilla de gestionar información es mediante Bases de Datos, que es un conjunto de información que está almacenada sistemáticamente para su posterior uso.

De esta forma se puede obtener, ingresar o modificar información de forma rápida y fácil, evitando la duplicación de datos o el enredo casi inevitable que resulta de trabajar con una cantidad de información considerable.

Existen varias formas de gestionar información, si se tienen pocos datos y de una misma clase se puede usar el *Block de Notas* de Windows para el almacenamiento y posterior consulta; también se puede usar *Microsoft Excel* en una forma similar. Pero para aplicaciones más complejas se usan programas especializados como Microsoft Access, MySQL o Microsoft SQL Server, los dos últimos para aplicaciones mucho más grandes. Es necesario utilizar estos programas ya que Microsoft Visual Basic no es un administrador de base de datos, en términos generales utiliza el gestor de datos Jet de Microsoft Access u ODBC (Open Data Base Connectivity) para organizar la información³².

³² Álvarez, *Base de Datos en aplicaciones Visual Basic*, [citado el 10 de enero, 2008], disponible en: http://www.pucpr.edu/asociaciones/acm/Articulos/vb_bdatos.html

Para el software de la Plataforma de Telecuidado se ha decidido utilizar Microsoft Access porque el volumen de información no es muy grande y la base de datos no es muy compleja.

La base de datos será del tipo Relacional, que es la forma más utilizada en la actualidad porque proporciona una administración dinámica y flexible. En este modelo el lugar en el que se guardan los datos no tiene mucha importancia ya que en los campos de las tablas se tienen campos en común que vinculan unas tablas con otras. Este campo puede ser el nombre, por ejemplo, y es denominado identificador o clave (ID); la información puede ser recuperada o almacenada mediante consultas en un lenguaje muy habitual, *SQL*.

En Visual Basic se tienen varias formas de tener acceso a Bases de Datos. Ofrece, por ejemplo, un control gráfico llamado *Control Data*, fácil de usarlo pero que tiene una desventaja cuando se necesita trabajar con modelos relacionales ya que es muy genérico y poco flexible, además, esta herramienta guarda toda la base de datos en la memoria RAM, una desventaja muy obvia cuando se manejan bases de datos con mucha información.

En el software de recepción del presente trabajo se utiliza un objeto de acceso a datos llamado DAO (Data Access Object) que funciona junto con el Motor de Base de Datos Jet de Microsoft para tener acceso directo sobre el fichero que contiene la base de datos en el computador, esto ofrece muchas prestaciones y control sobre la base de datos pero no puede utilizarse si, por ejemplo, la base de datos se encuentra en un servidor corporativo y se accede por medio de una conexión de red.

Los objetos DAO que sirven para tener acceso a datos son muchos y poseen una estructura jerárquica, es decir, cada objeto creado a partir de uno "general", es inferior en jerarquía; sin embargo los utilizados en este proyecto son solo el objeto *database* y el objeto *recorset*. El primero se utiliza para representar la base de datos y crearla, abrirla o cerrarla; mientras que el segundo se utiliza para obtener los registros de las tablas de la base de datos de acuerdo a determinadas condiciones que se pueden programar.

Para usar estos dos objetos primero necesitan ser declarados como variables de esta forma:

`DIM dbTest As Database`

`DIM rsBuscar As RecordSet`

La expresión DIM hace que los objetos puedan ser manipulados solo dentro del ámbito donde fueron declarados, para usarse en todo el programa se debe usar la expresión PUBLIC.

Luego de declarados, los objetos deben ser creados de la siguiente forma:

`Set dbTest = OpenDatabase(sDBLocation)`

Para crear un objeto RecordSet, se necesitan parámetros especiales ya que en el recordset se guardará la información que se extraerá de la base de datos de acuerdo a la necesidad del programador mediante sentencias SQL. Este proceso se detallará en la sección 4.3.2.

Utilizando estas herramientas de Visual Basic, es posible editar campos de información, añadir nuevos sujetos en riesgo o eliminarlos, además editar la información de las enfermedades en general que pueden poseer los pacientes.

4.2.3 UBICACIÓN EN MAPAS DIGITALES

Los mapas digitales son de mucha ayuda porque pueden guardarse en dispositivos tan pequeños como teléfonos celulares y estar a disposición de los usuarios ahorrando espacio en comparación con los mapas de papel.

4.2.3.1 Software de Ubicación Geográfica

Para poder desplegar convenientemente la información gráfica que proporciona un mapa digital se necesita una aplicación que los maneje. Dicha información es, a parte del gráfico en sí, la ubicación en coordenadas de latitud y longitud, la dirección del rumbo, altitud, entre otros.

En los últimos años se ha incrementado la popularidad de aplicaciones como Google Earth o Google Maps para la ubicación de puntos en mapas digitales, pero el inconveniente es la necesidad de tener una conexión a Internet permanente para tener acceso a los mapas, esto imposibilita su uso en ciertas situaciones como excursiones a campo traviesa, navegación marítima o aérea,

entre otros. Existen, sin embargo, aplicaciones que no utilizan una conexión web para su funcionamiento, los mapas deben estar almacenados en la PC o en el computador de mano para su uso. La ubicación se la realiza a través de un dispositivo GPS que envía la información para su localización en el mapa.

Para que un mapa pueda ser utilizado, sea digital o no, debe estar georeferenciado. La Georeferenciación es la acción de relacionar una representación gráfica y su forma real, en este caso es relacionar el mapa de un lugar y las coordenadas reales del mismo. La Georeferenciación se utiliza para colocar en el mapa la información de latitud y longitud de acuerdo a los puntos verdaderos que se registran en el lugar.

Existen muchos programas para el georeferenciamiento de mapas digitales como ArcGIS de la empresa ESRI, programas altamente complejos y funcionales que se utilizan en Sistemas de Información Geográfica.

Algunas aplicaciones de ubicación en mapas digitales también poseen esta función que es muy útil y de fácil manejo.

En el presente proyecto se ha utilizado el software OziExplorer, cuyo creador es Des Newman, para la ubicación geográfica y para la georeferenciación.

OziExplorer tiene una función que permite realizar el georeferenciamiento ingresando por lo menos tres puntos en el mapa. Dicho proceso se muestra a continuación:

En el menú Archivo del programa se encuentra la opción *Cargar y Calibrar Nueva Imagen de Mapa* como se ve en la figura 4-1



Figura 4-1 Opción para calibrar una nueva imagen de mapa.

Luego se escoge el archivo del mapa que puede ser tipo BMP, TIF, JPG, PNG, entre otros. El archivo se carga y se muestra en la ventana de calibración donde se deben marcar los puntos en el mapa y colocar las coordenadas correspondientes. Esta tarea se puede hacer con la ayuda de la aplicación Google Earth para obtener las coordenadas reales.

Este procedimiento que se muestra en la figura 4-2 debe realizarse por lo menos tres veces en diferentes puntos separados en el mapa para tener cálculos con buenas aproximaciones.

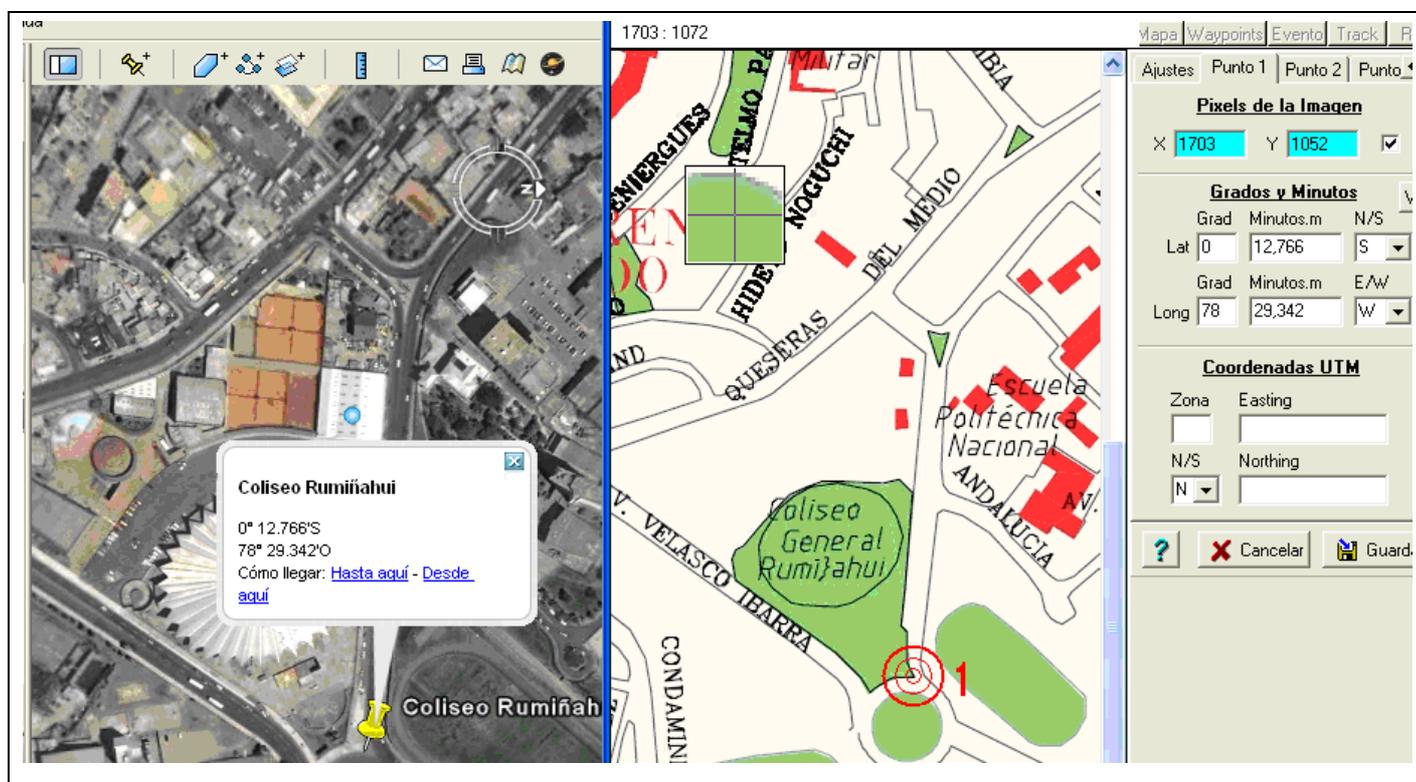


Figura 4-2 Ingreso de puntos con coordenadas reales.

Una vez ingresados los puntos, se procede a guardar el archivo de configuración cuya extensión es **.map*, de esta forma se obtienen aproximaciones de las coordenadas de los demás puntos en el mapa como se observa en la Figura 4-3.

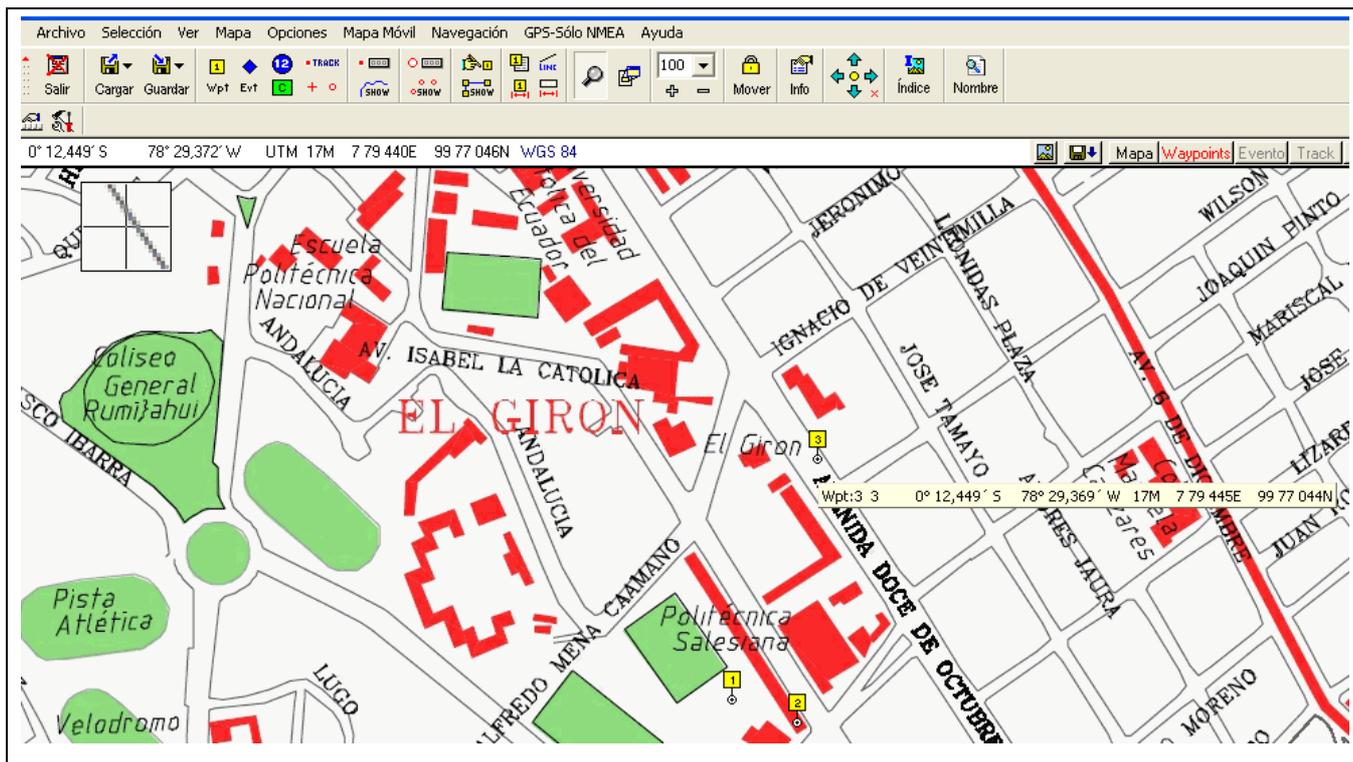


Figura 4-3 Mapa georeferenciado de un sector de Quito.

Para poder ubicar un punto en el mapa a partir de la información del GPS, se utiliza una función llamada **mapa móvil**. Esta función abre el puerto de comunicaciones seriales y espera la llegada de información en sentencias NMEA o con el protocolo Garmin, que es utilizado en dispositivos GPS del mismo fabricante, se activa con el comando *ctrl+s* o en el menú *Mapa Móvil*, función *Iniciar comunicación NMEA con el GPS*.

La sentencia NMEA que OziExplorer utiliza para la ubicación es la GPRMC, pero también puede utilizar cualquier otra sentencia que contenga información de latitud y longitud. Activada la función de **mapa móvil**, se muestra en la pantalla una flecha centrada en el punto cuyas coordenadas vienen del GPS, la orientación de dicha flecha depende de la orientación de la persona que porta el dispositivo de posicionamiento. Además se puede desplegar la información gráfica de los satélites que está usando en ese momento el GPS para calcular la posición geográfica, como se muestra en la figura 4-4.

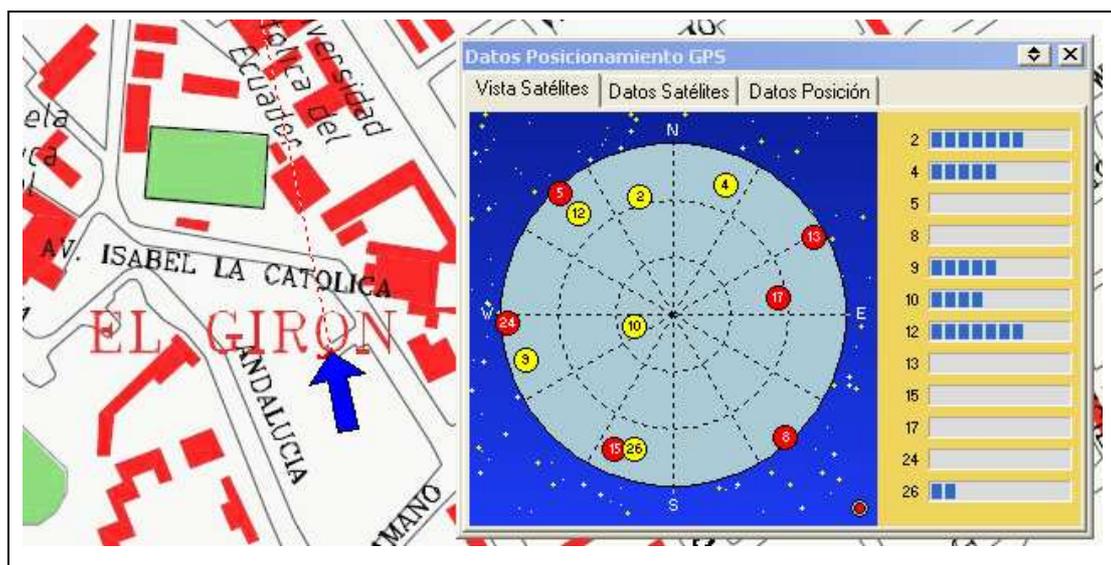


Figura 4-4 Información de satélites a la vista del GPS.

Si el sujeto en riesgo se encuentra en movimiento la aplicación guarda automáticamente los puntos de ruta en un archivo tipo **.plt*, archivo que sirve para reproducir nuevamente el viaje. Este archivo es guardado en el path donde se instala, generalmente *C:\OziExplorer\Data*

4.2.3.2 Visual Basic y los Mapas Digitales

No existe alguna librería de OziExplorer que pueda utilizarse en Visual Basic para interactuar directamente. Mientras Visual Basic es la interfaz principal entre el operador y el sujeto en riesgo, OziExplorer solo muestra la posición en el mapa de la ciudad.

Otra forma de ubicar la posición del sujeto en riesgo es mediante los **Waypoints**, son puntos que se marcan en el mapa y que se toman de archivos del tipo **.wpt*, la mayor desventaja que tiene este método de ubicación es la poca prioridad de procesamiento que la aplicación le brinda, por esta razón la pantalla no se centra en el punto desde donde se generó la alarma, desventaja muy grande ya que estos puntos deben buscarse manualmente en el mapa. La Figura 4-3 muestra un ejemplo de *waypoints*. Este método es apropiado para el análisis de rutas después de un registro de varios puntos mas no para ubicación en tiempo real.

Con el **Mapa Móvil Activo** se puede tener un mejor seguimiento de la ubicación. Si son válidos los datos, una flecha se ubica en las coordenadas y se desplaza según cambie la información, aspecto muy importante si el sujeto en riesgo se

encuentra en movimiento dentro de un vehículo, el seguimiento se puede dar si el GPS recibe una buena señal desde los satélites.

Para utilizar esta función se necesita un puerto serial por el que se envíen las sentencias NMEA, pero uno de los puertos del computador ya está destinado a la comunicación con el celular y generalmente los computadores poseen un solo puerto serial. ¿Cómo resolver este inconveniente? Se podría resolver enviando las sentencias NMEA desde la aplicación principal en Visual Basic directamente hacia OziExplorer por “un puerto virtual”, de esta forma no se necesita otro puerto físico.

En el mercado existen varias aplicaciones que permiten crear puertos virtuales para pasar información directamente desde un programa a otro. Uno de ellos se llama GPSTGate de la empresa Franson³³, la herramienta usada en la plataforma de Telecuidado. Es un software diseñado especialmente para aplicaciones basadas en información geográfica y cuyos datos pueden enviarse a múltiples aplicaciones al mismo tiempo por medio de puertos seriales virtuales.

Usando como base a GPSTGate, en la figura 4-5 se muestra un esquema de su funcionamiento.

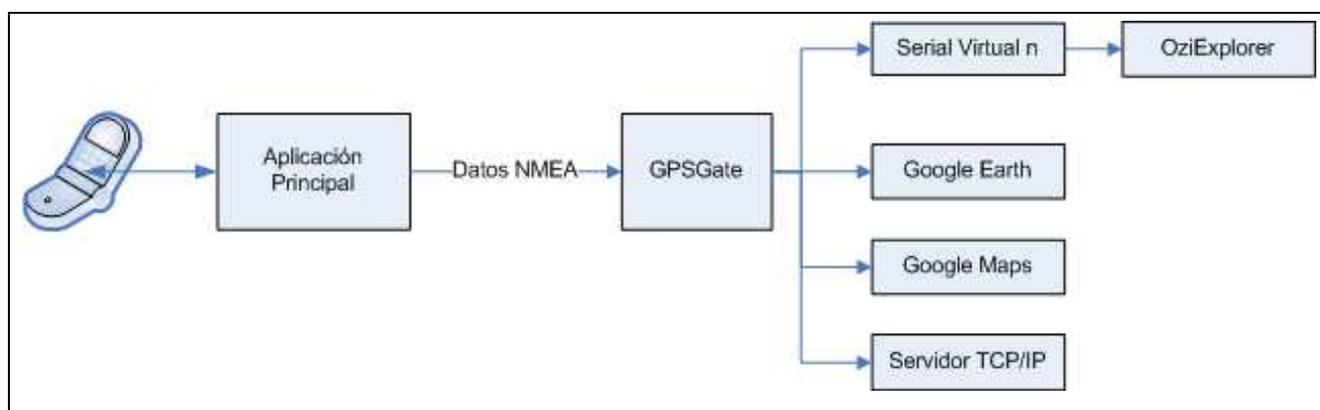


Figura 4-5 Diagrama multiplexación de datos.

OziExplorer obtendrá sus datos del Puerto Serial 3 que es el puerto virtual creado por el software GPSTGate. La aplicación principal, al mismo tiempo, enviará la información destinada a OziExplorer hacia otro puerto virtual de entrada creado

³³ Franson GPSTGate, software de multiplexación de datos GPS, [citado el 11 de enero, 2008], <http://franson.com/gpstgate/>

también con GPSTGate. Esto se consigue configurando dicho software de la siguiente forma:

- Ingresar a la ventana de configuración con un clic en el botón secundario del mouse en el ícono GPSTGate de la barra de tareas y de menú inicio
- En la pestaña *Input* seleccionar *GpsGateDirect* como se muestra en la Figura 4-6

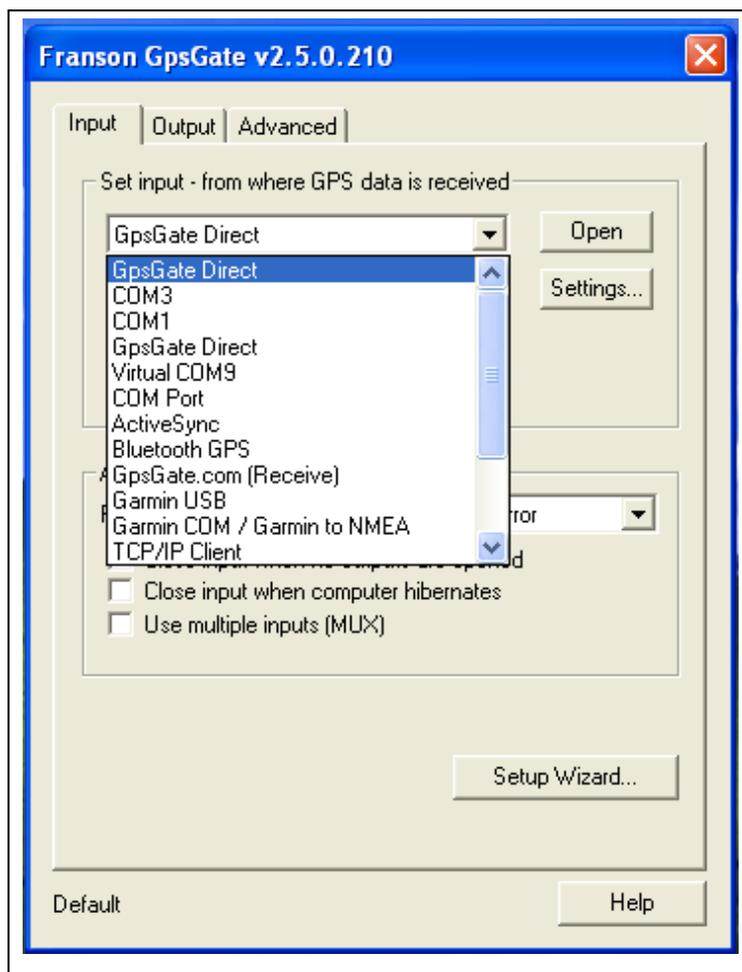


Figura 4-6 Elección de la entrada para el puerto virtual en GPS Gate.

- Abrir el puerto de entrada virtual con el botón *Open*
- Escoger una salida en la pestaña *Output*, las salidas pueden ser puertos virtuales o aplicaciones como Google Earth, Google Maps, un servidor en GPSTGate.com, como se muestra en la figura 4-7

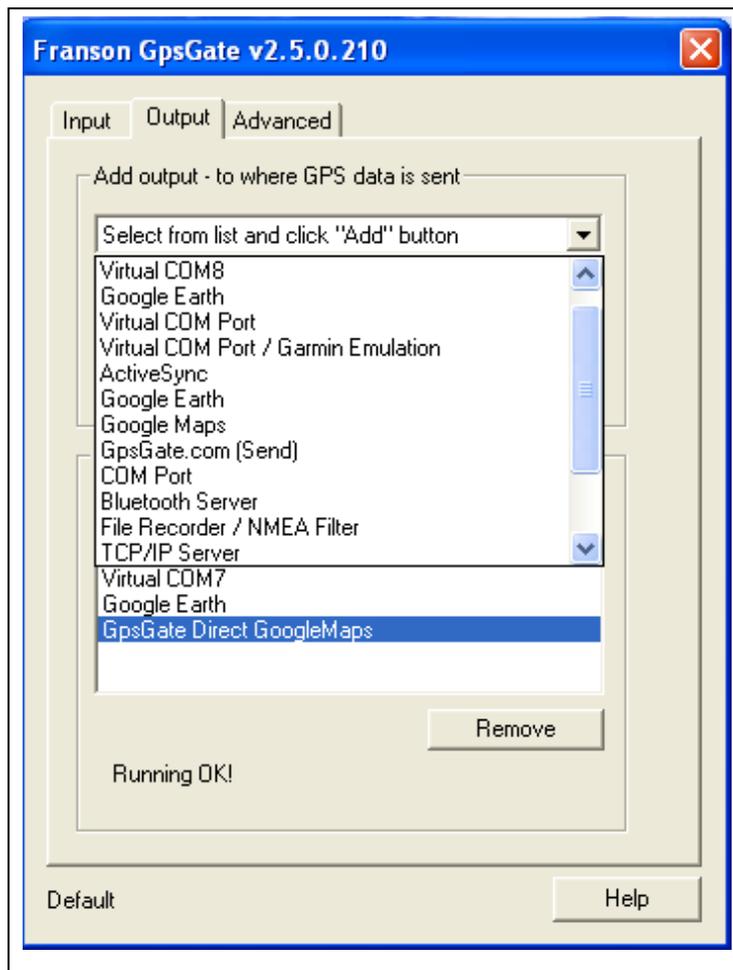


Figura 4-7 Elección de puertos virtuales de salida.

Para usar la herramienta Franson GPSGate dentro de Visual Basic, el fabricante proporciona una librería dinámica (DLL) llamada *GateApiXP.dll*, debe ser referenciada dentro del programa principal.

Dicha librería posee las siguientes clases:

- Simple
- L
- IGatePlugInEvents
- IGatePlugIn
- GateCustomData

De éstas se utilizará sólo la clase *Simple*, declarándola de la siguiente forma:

Dim **WithEvents** objSimple **As** Simple

Para crear un objeto *Simple* se procede de la siguiente forma³⁴:

```
Set objSimple = New Simple
```

Para trabajar con el objeto *objSimple*, primero se debe arrancar la aplicación la que se ejecutará con las configuraciones mencionadas anteriormente. Esto se puede hacer desde la aplicación principal:

```
objSimple.StartGpsGate  
objSimple.Open "_input"
```

La opción “_input” indica que los datos que se van a utilizar junto con GPSSGate van a ingresar por un puerto virtual y para escribir por ese puerto se utiliza el método write:

```
objSimple.Write variable_con_datos
```

Como se observa en la figura 4-7, GPSSGate puede enviar los datos hacia puertos virtuales o programas como Google Earth, que puede ser utilizado al igual que OziExplorer para ubicar en un mapa mucho más realista de la ciudad, ampliando la cobertura. Para utilizarlo simplemente se ejecuta Google Earth y GPSSGate crea un lugar temporal.

El fabricante del software, Franson, ha diseñado una página web (gpsgate.com) donde se pueden enviar los datos de ubicación y la página ubicará el punto en un mapa. Este servicio se proporciona a manera de demo, no disponible para desarrollo comercial, soporta solo una conexión o cliente en el mapa, si se desea ampliar la capacidad, es necesario pagar por el servicio.

³⁴ Tanto la declaración como la creación del objeto *Simple* fueron obtenidas de ejemplos proporcionados por el fabricante del software y que pueden encontrarse en <http://franson.com/gpsgate/guide.asp?ref=app&v=2.5.0.210>.

4.3 DESARROLLO DEL DISEÑO

4.3.1 VISUAL BASIC Y EL INTERFAZ GRÁFICO

Visual Basic proporciona herramientas para crear de forma rápida y fácil aplicaciones orientadas a interfaces gráficas en Windows.

Se basa en diferentes componentes tales como botones, menús, gráficos, entre otros, para que el usuario final sepa que es lo que debe hacer para desarrollar cualquier tarea, ese es el propósito principal de la programación con interfaces gráficas. No se necesita código para describir la apariencia y la ubicación de los elementos de la interfaz, sólo se los arrastra y se los coloca donde se desea.

El código escrito debe estar en los procedimientos que se tienen para cada objeto de la interfaz, por ejemplo, si se tiene un botón y se desea que cierto código se ejecute al presionarlo, el código se escribirá en el procedimiento

```
Private Sub cmdLoad_Click()
```

Otro procedimiento puede ser pasar el mouse sobre el botón, dar doble clic en una figura, la aparición de una ventana, entre muchos otros.

En la interfaz gráfica de la Plataforma de Telecuidado se han utilizado los elementos antes mencionados para hacer que la aplicación sea amigable con el usuario y, en lo posible, evite los errores debido al desconocimiento técnico de los operadores.

Se empezará describiendo las partes que componen la ventana principal del programa SSAI o Sistema Satelital de Ayuda Inmediata, como se ha denominado al proyecto. La ventana principal estará en el Form principal denominado *frmMain*, aquí es donde se van a colocar todos los elementos.



Figura 4-8 Menú principal.

En la figura 4-8 se puede ver el menú principal. Posee funciones de administración y configuración. En el submenú *Usuarios* se pueden realizar tareas de búsqueda, edición y adición de nuevos usuarios o sujetos en riesgo. Estas opciones utilizan la base de datos que se crea para este efecto.

En el submenú *Comunicación* se pueden realizar tareas de configuración del puerto principal al cual estará conectado el celular de recepción. Por defecto, la aplicación configura el puerto serial 1 a 9600, pero si se necesita realizar algún cambio, se debe utilizar este submenú.

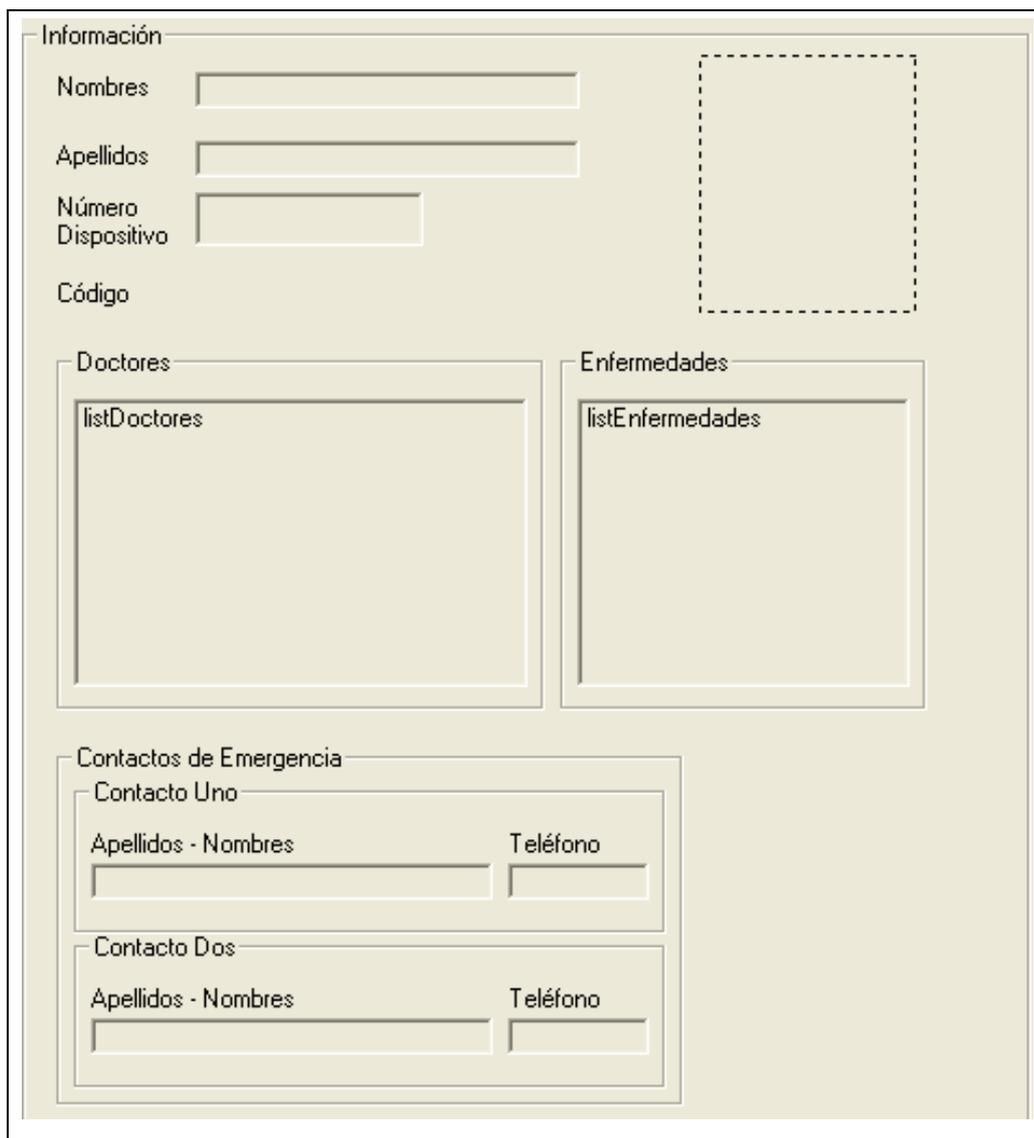
El submenú *Administrar* se usa para ingresar nuevos registros de enfermedades y de doctores. Se realizó de esta forma ya que muchos usuarios pueden tener la misma enfermedad y ser atendidos por el mismo doctor.

En la figura 4-9 se puede observar la sección de información del sujeto en riesgo. Cuando se realiza una búsqueda de un sujeto en riesgo, toda la información concerniente aparece en los diferentes campos, incluida la fotografía, si se la almacenó. Esta información no es editable, es solo para lectura. La información proporcionada es de mucha ayuda para el operador, de esta forma puede informar a la unidad que acude, cuál es la posible causa de la alarma, informar a los familiares del percance y comunicarse con el médico tratante para verificación de algún tratamiento.

La fotografía es muy útil ya que puede servir para la ubicación más rápida de acuerdo a sus características físicas.

El número de dispositivo es el número del celular que utiliza el módulo de usuario para enviar la información.

Este campo también registra la información de los sujetos en riesgo si el SSAI ha registrado un pedido de ayuda.



Formulario de información del sujeto en riesgo. El formulario está dividido en varias secciones:

- Información:** Incluye campos de texto para "Nombres", "Apellidos", "Número Dispositivo" y "Código". A la derecha de estos campos hay un recuadro con una línea punteada.
- Doctores:** Un recuadro con el texto "listDoctores".
- Enfermedades:** Un recuadro con el texto "listEnfermedades".
- Contactos de Emergencia:** Una sección que contiene dos sub-secciones:
 - Contacto Uno:** Campos para "Apellidos - Nombres" y "Teléfono".
 - Contacto Dos:** Campos para "Apellidos - Nombres" y "Teléfono".

Figura 4-9 Información del sujeto en riesgo.

Otra sección de la ventana principal es la que se observa en la figura 4-10



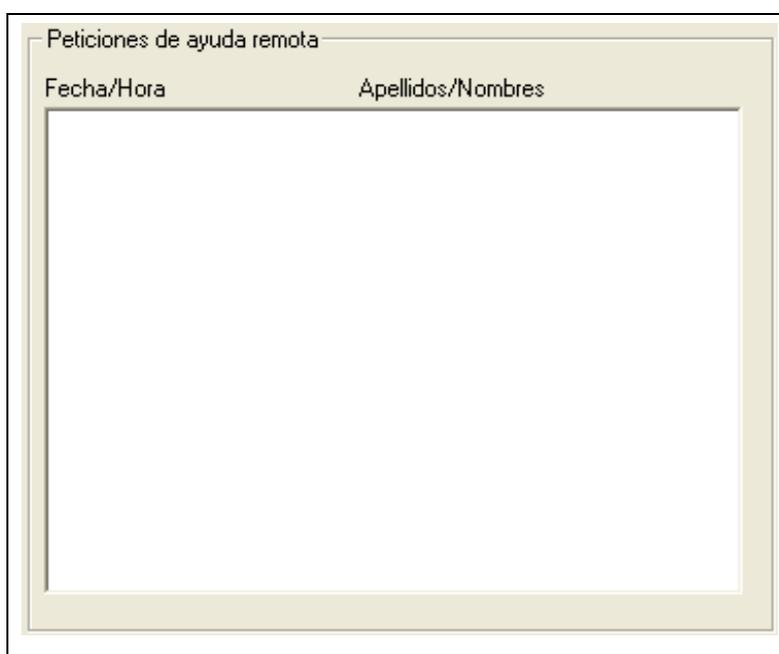
Figura 4-10 Barra de botones de posicionamiento.

El primer botón sirve para enviar el requerimiento de posición al módulo de usuario. Se activa sólo si existen datos de algún usuario en la sección de

información descrita anteriormente, de esta forma se controla intentos de envíos y errores si no se ha elegido un sujeto en riesgo para localizarlo.

El segundo botón envía la información de posicionamiento hacia el OziExplorer, solo si se tiene información disponible. Mientras se está enviando información, el botón se desactiva para evitar envíos continuos y saturación del procesador.

Finalmente el tercer botón envía la clave de desactivación de alarma al módulo de usuario para que deje de enviar información de posicionamiento al SSAI. Una vez atendida la emergencia, los botones de solicitud de posición y ubicación en el mapa se desactivan.



Peticiónes de ayuda remota	
Fecha/Hora	Apellidos/Nombres

Figura 4-11 Peticiónes de ayuda remota registradas.

En la sección mostrada en la figura 4-11 se registran todas las peticiónes de ayuda remota que el SSAI ha detectado y filtrado. Se mostrarán sólo las peticiónes válidas descartándose mensajes errados o de otros destinatarios diferentes a los registrados. Para realizar esto, se analiza el campo del mensaje, debe tener la clave del sistema y la identificación del sujeto en riesgo; utilizando esta información determina el usuario y al dar doble clic en el registro, los datos pasan a la sección de información. Mientras tanto, la información de posicionamiento se guarda en archivos de texto con el nombre del código del sujeto en riesgo, para ser enviados posteriormente al OziExplorer.

Cuando la emergencia ha sido atendida, la información que aparece en esta sección es eliminada.



Figura 4-12 Botones de monitoreo.

Los botones de monitoreo (figura 4-12) inician o detienen las consultas al celular que se realizan aproximadamente una vez por minuto. Esto es útil ya que, si no se tiene conectado un celular al computador o si no se configuró adecuadamente el puerto de comunicaciones, aparece un mensaje de error que advierte al operador la desconexión del dispositivo de comunicaciones.

Por último se ha incluido una barra de tareas simple que notifica visualmente posibles errores con la comunicación con el celular como desconexión, problemas con la SIM Card, congestión en la red, entre otros. Un círculo verde indica comunicación adecuada y un círculo rojo indica algún problema.

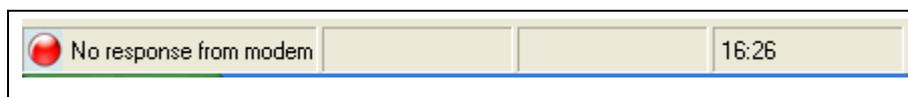


Figura 4-13 Barra de estado SSAI.

4.3.2 ADMINISTRACIÓN DE LA BASE DE DATOS.

La base de datos que va a ser utilizada con el SSAI se creó en Microsoft Access porque no se tiene una gran cantidad de datos, y el número de tablas es reducido. Como se mencionó en secciones anteriores, se utilizará un modelo Relacional para el diseño de la base.

La base de datos del SSAI se tiene 6 tablas:

- Usuarios (Sujetos en riesgo)
- Enfermedades
- Familiares
- Médicos
- UsuarioEnfermedad
- UsuarioMedico

De estas tablas, la quinta y la sexta son tablas relacionales y unen la información de los usuarios con las enfermedades en un caso y usuarios con médicos, en el otro. Esto se hace porque los sujetos en riesgo o usuarios pueden tener varias enfermedades y médicos y coincidir con los datos de otros usuarios. Además, se facilita la administración de enfermedades y doctores que puede ser una lista grande.

La tabla Usuarios posee los campos:

- Código, que es auto-numérico, es decir, al ingresar un nuevo usuario, el código asignado es el siguiente, se coloca automáticamente, y si es borrado ningún otro usuario vuelve a tener ese código. Este campo se utilizará para crear relaciones con las otras tablas.
- Nombres, pueden ser ambos nombre o un solo nombre
- Apellidos, igual que los nombres.
- NDispositivo, es el número del celular que usa el módulo de usuario para enviar la información de posicionamiento.

Es importante mencionar que la información de la base de datos sólo va a ser manipulada desde el programa SSAI.

La tabla Familiares tiene los siguientes campos:

- Código, es el mismo código de la tabla de Usuarios. Es usado para relacionar el familiar con el Usuario.
- NombreFamiliar
- NFamiliar, el número telefónico que se usa para localizarlo en caso de emergencia con el sujeto en riesgo.

La tabla UsuarioMédico, con los siguientes campos:

- Código, es el mismo código del usuario y relaciona la identificación del médico con el usuario
- ID_Doc, es un campo numérico, es la identificación del médico en la tabla Médicos

La tabla UsuarioEnfermedad tiene los campos:

- Código, es el código del usuario
- ID_Enf, es la identificación de la enfermedad de la tabla Enfermedades

La tabla Médicos:

- ID_Doc, valor numérico de identificación del doctor y que lo relaciona con el usuario mediante la tabla UsuarioMédico
- Nombres
- Apellidos
- Teléfono

Tabla Enfermedades:

- ID_Enf, valor numérico que identifica a la enfermedad y la relaciona con el usuario mediante la tabla UsuarioEnfermedad
- Nombre

Un gráfico de las tablas de la base de datos y sus relaciones se puede observar en la figura 4-14:

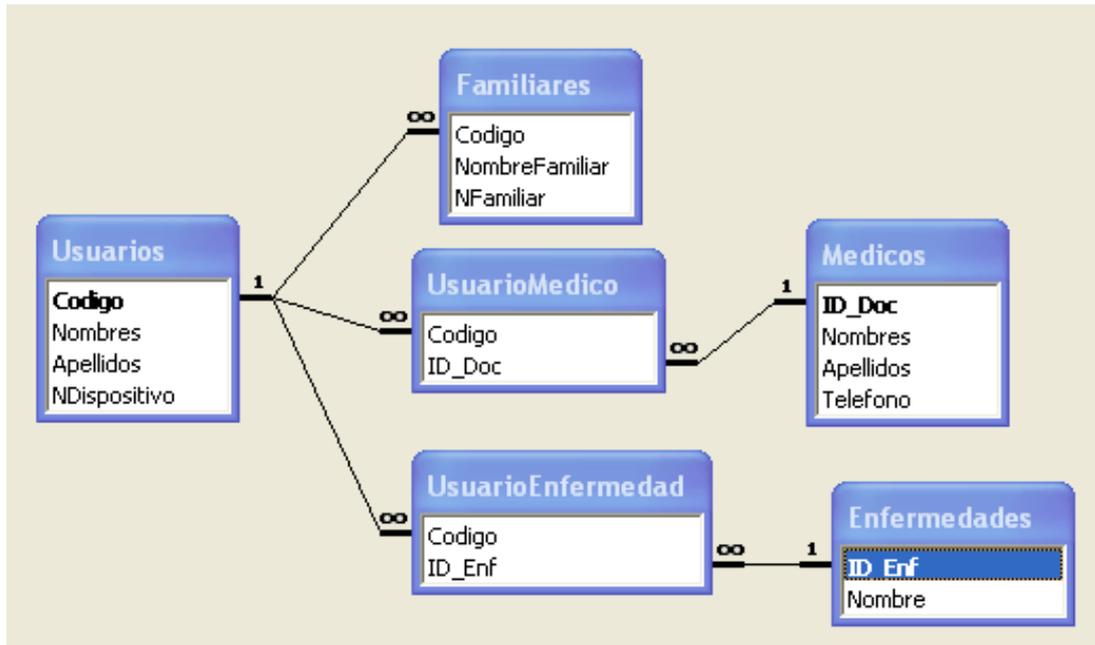


Figura 4-14 Relaciones entre tablas de la base de datos.

Como se mencionó en secciones anteriores, la base de datos se manipula desde Visual Basic con el método DAO (Data Access Object) utilizando los objetos DataBase y RecorSet.

En el espacio de código del Form principal (frmMain) se declararán los objetos. El objeto DataBase se creará en la sección Load del Form principal de la siguiente forma:

```
Set dbTest = OpenDatabase(sDBLocation)
```

sDBLocation contiene el path de la base de datos, que será guardada en el disco C y se llamará *baseUsuarios.mdb*. De esta forma el objeto dbTest manejará la base de datos.

4.3.2.1 Búsqueda de Usuarios (Sujetos en riesgo)

Para buscar a un usuario en la base de datos, se utilizará el Form *frmBuscaruser*, que se despliega cuando se selecciona, en el menú Usuarios, la opción Buscar.

Este Form (figura 4-15) contiene un Textbox llamado *txtBuscar*, donde se escribirá el apellido a buscarse; dos combobox para seleccionar el criterio de búsqueda (*cmbcriterio*) y el usuario encontrado (*cmbresult*); tres botones para Buscar

(*cmdbuscar*), cargar los datos a la sección de información (*cmdload*) y para cerrar el Form (*cmdCerrar*).

Figura 4-15 Form para búsqueda de usuarios.

En el procedimiento Load del Form se abre la base de datos y se agregan los datos al combobox *cmbcriterio* de selección de criterio de búsqueda de la siguiente forma:

```
cmbcriterio.AddItem "Apellidos"
cmbcriterio.ItemData(cmbcriterio.NewIndex) = 1
cmbcriterio.AddItem "Código"
cmbcriterio.ItemData(cmbcriterio.NewIndex) = 2
cmbcriterio.ListIndex = 0
```

Código 4-1 Programación de datos en combo box criterio de búsqueda.

Así se pueden programar dos criterios de búsqueda, uno por apellido y otro por número.

Para evitar errores, el botón Buscar solo se activará cuando se registre un caracter en el textbox de apellidos, para esto se programa en el procedimiento *txtbuscar_Change()* la habilitación de dicho botón.

Una vez elegido el criterio de selección e ingresado el dato para su búsqueda, el botón **Buscar** ejecuta una sentencia SQL para obtener los resultados. Esta sentencia es diferente para cada criterio de selección.

Para el criterio de búsqueda por Apellidos se tiene, por ejemplo:

```
sSQL="SELECT usuarios.* FROM usuarios "
sSQL=sSQL+"WHERE usuarios.apellidos LIKE '" & txtbuscar.Text & "''"
```

Código 4-2 Sentencias SQL de selección por apellidos.

Esta sentencia selecciona todos los registros de la tabla *usuarios* donde el campo *apellidos* coincide con los datos del textbox de apellidos. El símbolo * es un carácter comodín de tal manera que se busca los apellidos que comiencen con el texto en el textbox *txtbuscar*.

Para extraer los datos que coinciden con la sentencia SQL, se debe abrir un *Recordset*:

```
Set rsBuscar = dbTest.OpenRecordset(sSQL)
```

Como se mencionó anteriormente, la base de datos se representa por el objeto *dbTest*.

La instrucción guardará todos los registros encontrados en el recordset *rsBuscar*. Si no existen datos que coincidan, el recordset estará vacío, esto se determina verificando el número de elementos con la propiedad *RecordCount* (*rsBuscar.RecordCount*). Si este valor es 0, se debe mostrar un mensaje que lo indique utilizando un *MessageBox* o cuadro de mensaje:

```
MsgBox "Su búsqueda no produjo ningún resultado.",vbExclamation,
"Buscar Usuario"
```

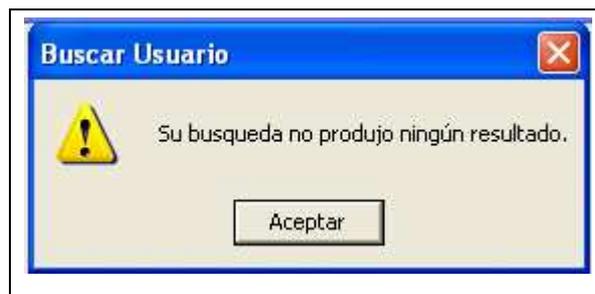


Figura 4-16 Cuadro de mensaje al no tener resultado de la búsqueda.

Si existen datos que coinciden con la búsqueda, los nombres y apellidos deben colocarse en el *cmbresult*. Si el resultado es más de un registro, se deben recorrer los mismos desde el primero hasta el último para tener acceso en cualquier momento. Esto se realiza con las instrucciones:

```
rsBuscar.MoveLast
rsBuscar.MoveFirst
```

Utilizando un lazo FOR se pueden ingresar dichos datos, las repeticiones vienen dadas por el número de registros encontrados que se almacenan en *rsBuscar.RecordCount*.

```
For i = 1 To rsBuscar.RecordCount
    cmbresult.AddItem (rsBuscar!Apellidos & " " &
rsBuscar!nombres)
    cmbresult.ItemData(cmbresult.NewIndex) = rsBuscar!Codigo
    rsBuscar.MoveNext
Next i
```

Código 4-3 Ubicación de resultado de búsqueda de usuarios.

Para tener acceso a los registros del recordset, se utiliza la expresión *rsBuscar!campo_requerido*, donde la opción *campo_requerido* es el registro que se desea obtener. Se crea un nuevo índice en el *cmbresult* de acuerdo al código del usuario para conocer la selección del operador.

El botón Cargar Datos ubicará toda la información de la base de datos del usuario en la sección de Información basándose en el código del usuario, ¿cómo?, primero se ubica el código del usuario seleccionado en el área de información, el lugar fue llamado *lblCodigo* y está en el *frmMain*:

```
frmMain.lblCodigo.Caption=cmbresult.ItemData(cmbresult.ListIndex)
```

Código 4-4 Ubicación de los datos en la sección de información.

Con el código del usuario en la sección de información, se procede a realizar una selección en la base de datos con otra sentencia SQL basado en dicho código:

```
sSQL = "SELECT usuarios.* FROM usuarios WHERE
usuarios.codigo = " & frmMain.lblCodigo.Caption
```

Código 4-5 Sentencia SQL para selección de datos.

Al crearse el recorset se tienen todos los datos de información personal excepto las enfermedades y los médicos tratantes. Esta información se debe colocar en el frmMain para visualización del operador:

```
Set rsBuscar = dbTest.OpenRecordset(sSQL)
frmMain.lblApellidos.Caption = rsBuscar!Apellidos
frmMain.lblNombres.Caption = rsBuscar!nombres
frmMain.lblDispositivo.Caption =
rsBuscar!NDispositivo
```

Código 4-6 Paso de información personal.

Para mostrar la información de enfermedades, doctores y familiares se procede de diferente forma ya que no se encuentran en la misma tabla y se necesitan usar las tablas de relación para extraer la información desde la base de datos.

```
sSQL = "SELECT enfermedades.nombre FROM enfermedades,
usuarioenfermedad WHERE usuarioEnfermedad.codigo = " &
frmMain.lblCodigo.Caption & " AND UsuarioEnfermedad.ID_Enf =
Enfermedades.ID_Enf ORDER BY nombre"
```

Código 4-7 Sentencia SQL para información de enfermedades.

La sentencia del código 4-7 selecciona el nombre de la *enfermedad* de la tabla *enfermedades* usando la tabla *usuarioenfermedad*, donde el código de la tabla *usuarioenfermedad* coincida con el código del usuario en el *frmMain* y el

identificador en la tabla *enfermedad* coincida con el identificador de la tabla *usuarioenfermedad*. Como resultado se obtienen solo las enfermedades registradas para un usuario en específico.

Toda esta información será desplegada en un Listbox porque se pueden tener varios ítems de la siguiente forma:

```
frmMain.listEnfermedades.Clear
For i = 1 To rsBuscar.RecordCount
    frmMain.listEnfermedades.AddItem rsBuscar!Nombre
    rsBuscar.MoveNext
Next i
```

Código 4-8 Despliegue información de enfermedades.

Primero se debe borrar la información si se realizó una búsqueda anterior, luego se utiliza el método *AddItem* dependiendo del número de enfermedades que posea el usuario.

Para ubicar la fotografía, se utiliza el evento *LoadPicture*. El nombre de la fotografía debe corresponder al código del usuario. Se añadió un control de errores en caso de no existir el archivo que será guardado en el path C:\fotos\.

Si la búsqueda del usuario se realizó en base al código, el resultado será uno solo, siempre y cuando el código exista.

4.3.2.2 Adición de usuarios

Para realizar la adición de usuarios se utiliza el Form *frmAdduser* (Figura 4-17), contiene siete textboxes donde se ingresarán los nombres, apellidos, el número del dispositivo, los nombres de los familiares y sus teléfonos, además se colocó un label donde se creará un código único y sucesivo que aparecerá al presionar el botón Agregar.

Es importante realizar un control para que no se proceda a la creación del usuario si no se tienen todos los datos completos ya que existirán campos vacíos en la base de datos y por tanto errores.

Figura 4-17 Ventana para agregar usuarios.

Para colocar todas las enfermedades y nombres de médicos, se utilizan controles Listbox de múltiples datos. La apariencia de casilla de selección se logra cambiando el estilo (style) a *checkbox* en la ventana de propiedades de Visual Basic.

Al cargarse el Form llamado *frmAdduser*, se abre la base de datos y se ubican todas las enfermedades y doctores que se encuentran en las tablas respectivas ordenados alfabéticamente con la sentencia SQL:

```
sSQL = "SELECT enfermedades.ID_Enf, enfermedades.nombre
FROM enfermedades Order by nombre"
```

Código 4-9 Sentencia SQL para mostrar la lista de enfermedades.

Nuevamente se utiliza el método *AddItem* para ingresar la información en los Listboxes de enfermedades y doctores.

Para crear registros se utiliza el método *Execute* que pertenece al objeto Base de Datos, es diferente a la realización de consultas creando el objeto *RecordSet*.

Segundo, se ingresan los registros de Enfermedades y Doctores, para esto se determinan los nombres que fueron elegidos, la verificación se efectúa uno por uno, si está marcado, entonces se introduce en la tabla *usuarioenfermedades* el código del paciente nuevo y el nombre de la enfermedad. Este proceso se muestra en el código 4-11.

```

For i = 0 To lstEnfermedades.ListCount
    If lstEnfermedades.Selected(i) Then
        sSQL = "INSERT INTO UsuarioEnfermedad(codigo, ID_ENF) "
        sSQL = sSQL + "VALUES ('" & lblCodigo.Caption & "','" &
        lstEnfermedades.ItemData(i) & "')"
        dbTest.Execute sSQL
    End If
Next i

```

Código 4-11 Ingreso de enfermedades de usuario nuevo.

Se procede de la misma manera con el ingreso de los doctores, esta información se la registra en la tabla *UsuarioMédico*.

Para ingresar la información de los familiares se realiza una verificación de los campos vacíos para evitar ingresar valores nulos a la tabla. Se debe recordar que antes de este procedimiento ya se realizó la verificación de la información de por lo menos un paciente completo.

El botón *Nuevo Ingreso* (figura 4-17) limpia todos los campos para realizar ingresar nuevos datos. Este botón solo se activa cuando se ha realizado el ingreso de un nuevo usuario correctamente.

4.3.2.3 Edición de usuarios

La edición de un usuario se la realiza en el Form frmEditar mostrado en la figura 4-19.

Figura 4-19 Formulario de edición de usuarios.

Lo primero que se debe hacer para editar los datos de un usuario es encontrarlo y cargar toda la información, para esto están disponibles en orden alfabético todos los nombres de los usuarios creados en la sección búsqueda del Form. Para hacer esto se carga toda la información de la base de datos en el procedimiento Load de dicho Form. La programación se detalla en el código 4-12.

```
sSQL = "SELECT usuarios.codigo, usuarios.nombres,
usuarios.apellidos FROM usuarios ORDER BY apellidos"
Set rsBuscar = dbTest.OpenRecordset(sSQL)
```

```

rsBuscar.MoveLast
rsBuscar.MoveFirst
For i = 1 To rsBuscar.RecordCount
cmbApellidos.AddItem rsBuscar!Apellidos & " " &
rsBuscar!nombres
cmbApellidos.ItemData(cmbApellidos.NewIndex) =
rsBuscar!Codigo
rsBuscar.MoveNext
Next i

```

Código 4-12 Información inicial para edición de usuarios.

Se carga toda la información de nombres, apellidos y código de los usuarios en el combobox cmbApellidos. Se crea un nuevo índice para relacionar el usuario escogido con su número de código único.

Al seleccionar el usuario se habilita el botón Cargar Usuario, y al presionarlo ubica toda la información en los diferentes controles dispuestos para ello.

La actualización de los datos se realiza de la misma forma que el ingreso de nuevos usuarios, además se tiene el mismo proceso de verificación de errores para evitar ingresar información no completa o nula.

4.3.2.4 Administración de los datos de Enfermedades y Médicos

Para manejar esta información se la colocó en dos tablas diferentes porque todos los pacientes pueden sufrir enfermedades de una lista común y pueden ser atendidos por especialistas también por especialistas de una lista común. Además si se tiene un buen número de usuarios, más datos implican más complejidad para manejarlos, de esta forma se tiene un manejo más rápido y sencillo de esta información.

La aplicación del SSAI permite ingresar nuevas enfermedades y datos completos como nombres, apellidos y teléfonos de los médicos. Para esto se utilizan dos Forms llamados *frmAddenfermedad* (figura 4-20) y *frmAddMedico* (figura 4-21).

Al igual que en la edición de usuarios, en estos dos Forms aparecen todas las enfermedades y médicos registrados en la base de datos brindar cierta ayuda al operador y no incluya la misma enfermedad dos o más veces.



Figura 4-20 Form para agregar enfermedades.

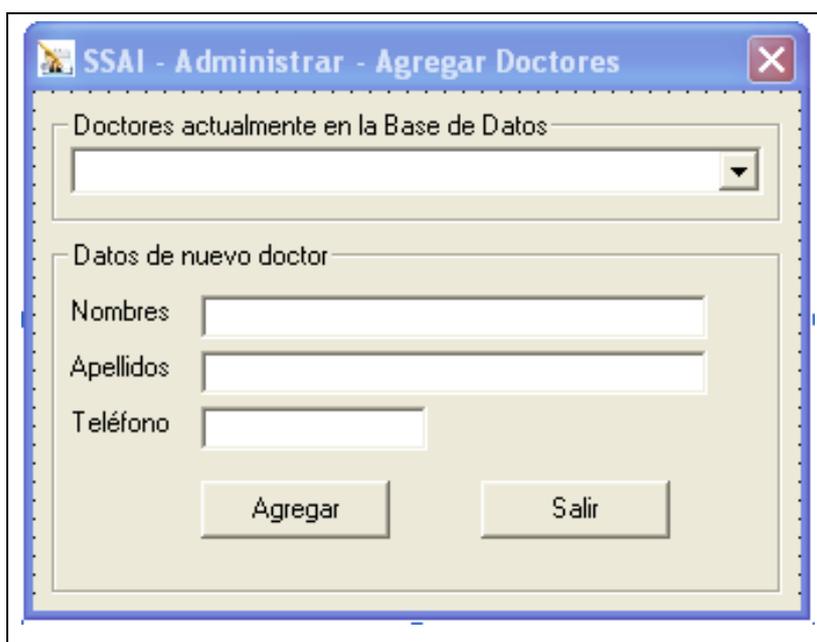


Figura 4-21 Form para agregar médicos.

Se utilizan las mismas sentencias SQL que en los casos anteriores para agregar los nuevos datos.

4.3.3 INTERACCIÓN CON EL TELÉFONO CELULAR

Para la comunicación con el celular, leer mensajes y enviarlos se utilizó la librería dinámica *GateAPIXP*, debe ser referenciada para que el programa principal sepa donde buscar dicha librería. Esto se realiza en el menú *Project*, submenú *References*, aparece una ventana con todas las herramientas disponibles (figura 4-22), la librería se llama ActiveXperts and Pager Toolkit 4.1

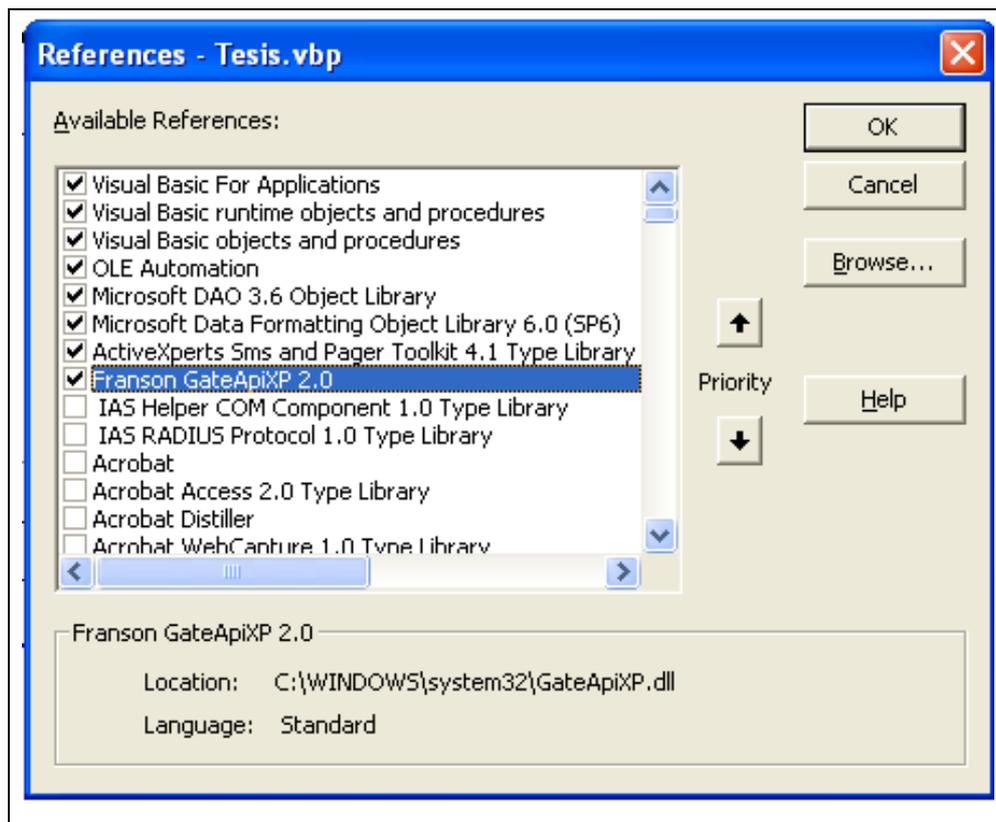


Figura 4-22 Inclusión de librerías dinámicas en el proyecto.

Para interactuar con el celular se deben usar tres clases: *Constants*, *GsmIn* y *GsmOut*, para almacenar resultados, recibir y enviar mensajes respectivamente, la declaración se la realiza en el Form principal como se muestra en el código 4-13.

```
Public objConstants As ASmsCtrl.Constants
Public objGsmOut As ASmsCtrl.GsmOut
Public objGsmIn As ASmsCtrl.GsmIn
```

Código 4-13 Declaración de clases de librería dinámica.

En el procedimiento Load del Form principal se crean los objetos (código 4-13) que representarán a las clases antes mencionadas.

```
Set objGsmOut = CreateObject("ActiveXperts.GsmOut")
Set objGsmIn = CreateObject("ActiveXperts.GsmIn")
Set objConstants = CreateObject("ActiveXperts.SmsConstants")
```

Código 4-14 Creación de objetos de librería dinámica.

Realizadas estas operaciones se puede empezar a trabajar con la herramienta.

La primera acción que el SSAI realiza es la adquisición de los datos para la configuración de la herramienta ActiveXperts, mediante el Form frmConfig.



Figura 4-23 Ventana de configuración de comunicación.

La configuración por defecto se selecciona con el control *OptionButton* (☑) que utiliza el puerto 1 a 9600 bps (figura 4-23), esta selección coloca los valores antes mencionados en las variables *puerto* y *velocidad* del Form principal por medio de los comandos *frmMain.puerto = "COM1"* y *frmMain.velocidad = 9600*. La variable *puerto* es del tipo string porque la herramienta *ActiveXperts* así lo requiere.

Si se prefiere escoger otro puerto, se selecciona el botón de la opción *Otro* y se realiza la verificación de la existencia del puerto porque se generaría un problema del que el SSAI no se podrá recuperar y necesariamente tendrá que cerrarse. Para esto se utiliza el control de comunicaciones *MSCOM* con la configuración mostrada en el código 4-15.

```
pruebapuertos.CommPort = cmbpuerto.ItemData(cmbpuerto.ListIndex)
pruebapuertos.Settings = "9600,N,8,1"
```

Código 4-15 Configuración del control MSCOM.

El control fue llamado *pruebapuertos*. Al presionar el botón *Aceptar* estos datos son colocados en el control y el puerto trata de abrirse, si no se concluye dicha acción, el error se maneja con el código 4-16.

```
On Error Resume Next
pruebapuertos.PortOpen = True
If Err Then
    MsgBox "Error, el puerto no existe", vbCritical,
    "Configuración de puertos"
```

Código 4-16 Manejo de errores de puertos seriales.

Este código especifica que, si existe un error, el programa continúe, con el IF se responde a dicho error, que generalmente se produce porque el puerto que se intenta abrir no existe.

Si no existe un error en cualquiera de las dos configuraciones, se cierra la ventana de configuración y se muestra el Form Principal en donde se crean los objetos *Constants*, *GsmIn* y *GsmOut* mencionados anteriormente.

Se ejecuta inmediatamente la función *cel_check*, en la que se configurará el objeto *GsmIn* con las opciones de puerto y velocidad.

```
objGsmIn.Device = puerto
```

```
objGsmIn.DeviceSpeed = velocidad
objGsmIn.Storage = 1
objGsmIn.DeleteAfterReceive = 1
```

Código 4-17 Configuración de objeto GsmIn.

En el código 4-17 se muestra la programación necesaria para la configuración del objeto *GsmIn*, mismo que manejará todo lo concerniente a mensajes de texto llegados. La propiedad *Storage* de dicho objeto se refiere al destino de los mensajes recibidos, puede ser la memoria de la SIM Card (0) o la memoria interna del celular (1); la propiedad *DeleteAfterReceive* especifica si se borrará el mensaje llegado (1) o no (0). En el caso del SSAI, los mensajes se almacenarán en la memoria interna del celular por su mayor capacidad y se borrarán después de haber sido leídos.

A continuación se procede a la lectura del mensaje de texto por medio del método *Receive* del objeto *GsmIn* (*GsmIn.Receive*). La función *cel_check* se basa a su vez en la función *GetResult* para determinar si hubo algún error en la recepción o transmisión luego de ejecutados los métodos *Send* o *Receive*.

En la figura 4-24 se detalla el funcionamiento de la función *GetResult* a través de su diagrama de flujo.

La flag de celular se utiliza para deshabilitar el botón de *Solicitud de Posicionamiento* en caso de no encontrarse un celular conectado aunque los datos de algún usuario estén cargados en la sección de Información.

La propiedad *LastError* del objeto *GsmIn* y *GsmOut* guarda un código resultante del último método realizado sobre esos objetos. Después de ejecutar el método *Receive*, la función determinará si existe un nuevo mensaje comprobando el valor 0 de la propiedad *LastError*. Si en efecto, existe un mensaje nuevo, éste se obtiene mediante el método *GetFirstMessage*. Se utiliza una vez más la función *GetResult*, pero después del nuevo método, se determinará si es el último

mensaje recibido, que en este caso tendrá el código 23140 y se abandonará la función; si este no es el caso el código resultante será un 0. A continuación se guarda en una variable local el mensaje que es almacenado en la propiedad *MessageData* del objeto *GsmIn* (*objGsmIn.MessageData*) y comparado con el código que para el SSAI es “*1234”. Dicha comparación se la realiza utilizando la función *InStr*. Si la clave no se encuentra dentro del mensaje, éste es descartado inmediatamente.

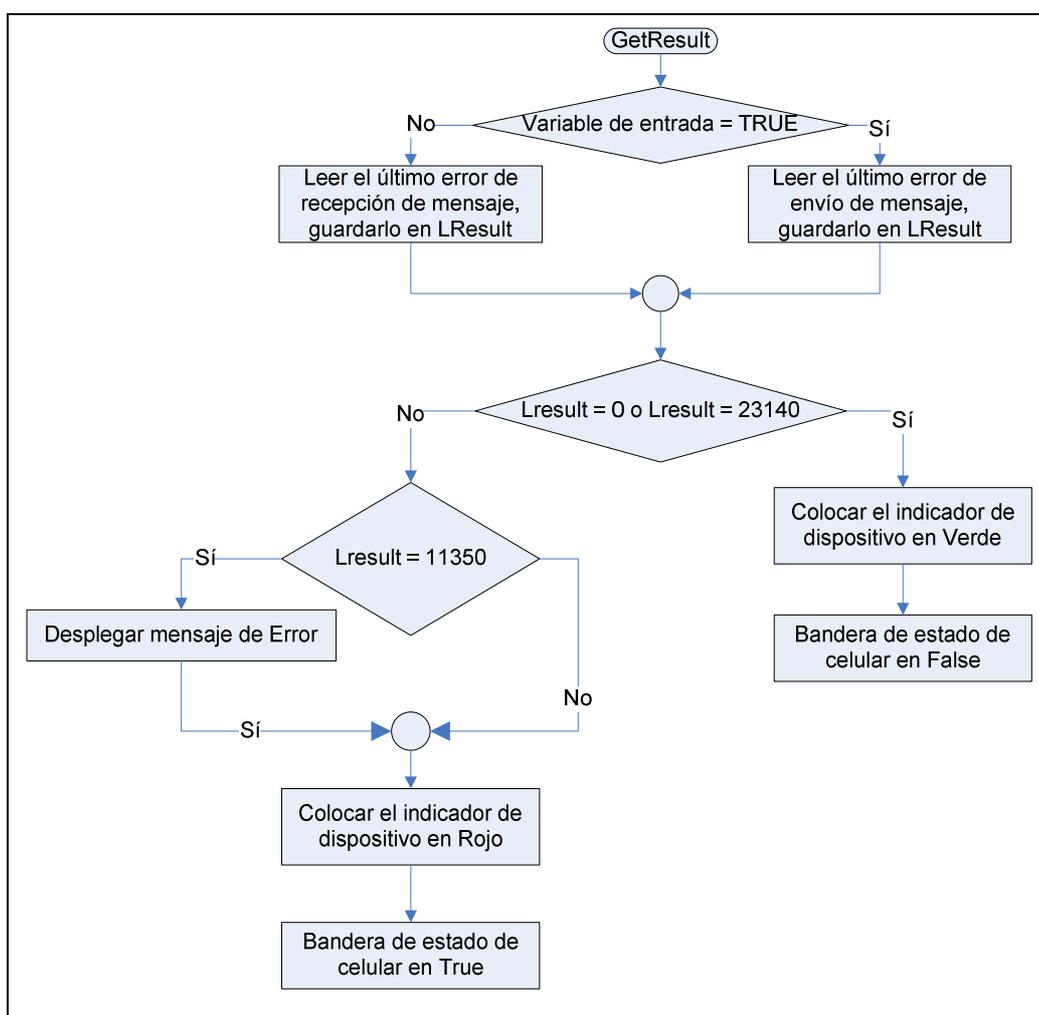


Figura 4-24 Diagrama de flujo función *GetResult*.

Luego de verificar la clave, se busca en el resto del mensaje el código del usuario que generó la alarma mediante la siguiente instrucción:

```
tmpcodigo = Val(Mid(cel_buffer, 7, 4))
```

tmpcodigo es una variable local, la función *Val* convierte en valor numérico un arreglo de caracteres y la función *Mid*, extrae del arreglo de caracteres los 4 valores ASCII desde el carácter 7. Se debe recordar que esta es la posición en donde el *Módulo de Usuario* envía el código del mismo (figura 4-25).



Figura 4-25 Trama enviada por el Módulo de Usuario.

Si todo este proceso se ha realizado sin problemas, se ubica el nombre del usuario en la sección de *Peticiones de ayuda remota registradas* (Figura 4-11). Para esto se busca, en base al código del usuario, toda la información registrada en la base de datos. Si se genera un doble clic en el nombre de la persona, todos los datos son pasados a la sección de Información (Figura 4-9) para su ubicación. Aún sin generar el doble clic en el nombre del usuario, se guarda la información de posicionamiento, es decir la sentencia NMEA, en un archivo de texto cuyo path es *C:\Vogs* y cuyo nombre es *código del usuario.txt*. Esto se realiza mediante el código mostrado en la código 4-18.

```
nFile = FreeFile
Open "C:\logs\" & tmpcodigo & ".txt" For Append Shared As #nFile
Print #nFile, "$" & Mid(cel_buffer, 12, 44)
Close #nFile
```

Código 4-18 Código que guarda información en archivo txt.

El código abre el archivo *código_usuario-txt* para ingresar datos de forma compartida, es decir, muchos otros procesos también lo pueden abrir. Al abrirse el archivo, podrá ser manipulado mediante el número *nFile*, que es un número proporcionado por Visual Basic mediante la función *FreeFile*, que devuelve un tipo

entero que indica el siguiente número de archivo disponible para su uso en la instrucción `Open`³⁵.

La función `Print` ingresará la información obtenida de la función `Mid`, es decir, los 44 caracteres desde el carácter 12, la información de posicionamiento en sentencia GPGLL.

Los siguientes mensajes son leídos con el método `objGsmIn.GetNextMessage`.

Todo este procedimiento se repite continuamente una vez cada 10 segundos, este tiempo es contado por medio de un `timer` () colocado en el Form Principal. En sus propiedades se registra un tiempo de conteo de 10000 ms y se deshabilita para que no empiece a contar desde el inicio del programa.

El timer es desactivado continuamente cuando el programa entra en un procedimiento crítico, la lectura o envío de los mensajes por ejemplo, utilizando para ello una variable que actúa como bandera llamada `flag_detener`. Al salir de esos procedimientos, el timer es nuevamente activado. Cuando su conteo finaliza, se ejecuta la función `cel_check` para una nueva verificación.

En el ámbito de interacción con el celular, el SSAI también maneja el envío de mensajes de texto para solicitar información de posición al *Módulo de Usuario* o para detener el envío de la información.

Para enviar el mensaje de solicitud de posicionamiento, se debe presionar el botón *Solicitar Posición* que estará activo cuando exista información de un usuario en la sección de Información. Este botón inhabilita el temporizador mencionado anteriormente con la instrucción `Timer1.Enabled=FALSE` hasta enviar la información que se requiere. Terminado este proceso se habilita nuevamente.

El envío del mensaje se realiza utilizando el objeto `Gsm.Out`, que requiere ser configurado en forma similar al objeto `Gsm.In` en cuanto al puerto y a la velocidad. Se debe recordar que estos valores fueron ya configurados al iniciar el programa

³⁵ MSDN Library Visual Estudio 6.0, Microsoft Corporation, Tema: FreeFile (Función), 2000

y se almacenan en variables globales del Form Principal, *puerto* para el número del puerto y *velocidad* para la tasa de transferencia de información.

Además se deben configurar parámetros importantes para el comportamiento del mensaje, entre otros, los utilizados en la Plataforma de Telecuidado son:

- Tipo de mensaje a enviarse: puede ser mensaje de texto, mensaje de texto flash, mensaje de localizador, mensajes multimedia, etc. Para configurar el envío de mensaje de texto se procede de la siguiente forma:

```
messagetype = objConstants.asMESSAGE_TYPE_TEXT
objGsmOut.messagetype = messagetype
```

La variable *messagetype* es del tipo Long y es aquí donde se almacena el valor al que corresponde. La propiedad *messagetype* es en donde se utiliza este valor para el envío con el teléfono.

- Solicitar reporte del estado del mensaje: es decir, se genera un aviso al teléfono del que se origina el mensaje si el receptor ha recibido correctamente el mismo. Esto se configura con la propiedad *RequestStatusReport* del objeto *GsmOut* (*objGsmOut.RequestStatusReport*), este valor debe estar en 0 para no solicitar reporte o 1 si se requiere el reporte.
- El receptor del mensaje: el número de recepción del mensaje se almacena en la propiedad *MessageRecipient* del objeto *GsmOut*. Este número es tomado directamente de la sección de información del usuario.
- Cuerpo del mensaje: almacenado en la propiedad *MessageData*. Debe tomarse en cuenta que el alfabeto GSM no es el mismo que el alfabeto ASCII es por esto que algunos caracteres difieren en ambos casos. (Ver tabla 2-1). Esta propiedad es del tipo *string*.
- Por último, el método para enviar el mensaje es *Send*. La librería utiliza todos los datos mencionados anteriormente para enviar los comandos AT que cumplen con este propósito.

El SSAI proporciona otra forma de configuración del puerto serial a utilizarse para el manejo del celular, este puede ser configurado después de la configuración

principal en el menú *Configuración*. Éste tiene dos opciones; la primera es *Default*, la que configura el puerto COM1 a 9600 bps; y la segunda opción es *Configurar*, que utiliza el Form *frsConfig1* (figura 4-26). Este Form utiliza el mismo procedimiento para comprobar si los puertos escogidos existen, mediante un control MSCOM (código 4-16). Este procedimiento es posible solo si el monitoreo está desactivado con el botón detener del Form Principal (figura 4-12).



Figura 4-26 Configuración de comunicaciones.

4.3.4 ENVÍO DE LA INFORMACIÓN AL SOFTWARE DE POSICIONAMIENTO GEOGRÁFICO

Como se mencionó en la sección 4.2.3.2, para que el SSAI desarrollado en Visual Basic pueda interactuar con el software de ubicación geográfica, OziExplorer, se utilizó la librería dinámica que proporciona la aplicación GPSTGate. La declaración y la creación de los objetos que la representan se realiza en el procedimiento *Load* del Form Principal. Pero esta valiosa herramienta ayuda solamente en el envío de la información hacia OziExplorer y, si se desea, hacia Google Earth.

Visual Basic realiza el control inicial de la operación del OziExplorer, ejecutándolo, cargando el mapa de la ciudad de Quito, y activando la opción de **mapa móvil** cuando se requiere.

En el procedimiento *Load* del Form Principal se ejecuta la instrucción:

```
idMap = Shell("C:\Oziexplorer\OziExp.exe", vbMinimizedNoFocus)
```

Dicha instrucción (*shell*) abre el Oziexplorer que se encuentra en el path indicado, la opción *vbMinimizedNoFocus* es la forma como Visual Basic abre la ventana de dicho programa, en este caso se abre la ventana pero no se ubica el foco en el programa abierto. La variable *iMap* es del tipo Long, y almacena un número asignado el momento de abrir el programa, de esta forma se puede referir al OziExplorer con este número y la opción *AppActivate idMap*.

Al ejecutarse el OziExplorer, se debe esperar un momento hasta que se carguen todas las librerías; dependiendo de las características del computador, el tiempo es aproximadamente 5 segundos.

Lastimosamente la función *Shell* no espera a que el programa se abra por completo, por esta razón la espera se la debe hacer por software. Para esto se utiliza un artificio con una de los módulos que posee Visual Basic para trabajar con fechas y horas, se explica a continuación:

El módulo se llama *DateTime* y una de sus propiedades es *Timer*. Esta propiedad devuelve el número de segundos contabilizados desde media noche hasta el momento en que es llamado, esta información es guardada en una variable, se vuelve a llamar a la propiedad y se resta del valor guardado en la variable, se crea un lazo hasta que la resta sea mayor al número de segundos que se desea esperar. La figura 4-27 muestra el diagrama de flujo de dicho artificio (función que fue llamada *delay*) y en la su codificación se detalla en el código 4-19.

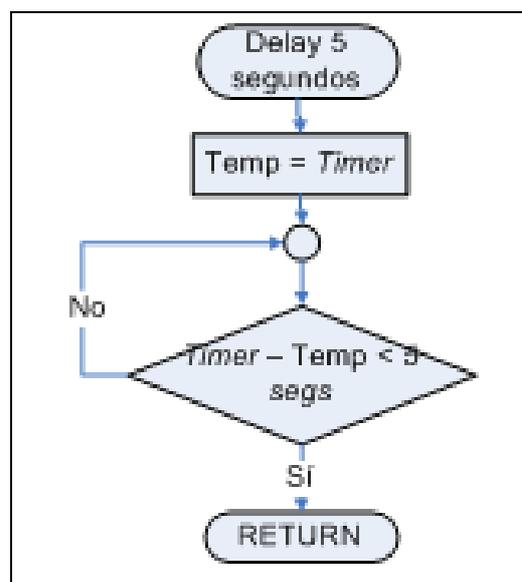


Figura 4-27 Algoritmo de delay.

```

Private Function delay(secs As Integer)
Dim temp As Single
    temp = Timer
Do While Timer - temp < secs
    DoEvents
Loop
End Function

```

Código 4-19 Implementación algoritmo delay.

El lazo *While* consume una gran cantidad de la capacidad del procesador del computador, la función *DoEvents* es una función de Visual Basic que provoca la ejecución de modo que el sistema operativo pueda procesar otros eventos³⁶. De esta forma se espera en un lazo repetitivo hasta que transcurra el número de segundos que se necesiten.

Una vez abierto el OziExplorer, se debe cargar el mapa de la ciudad de Quito con la información de georeferenciamiento (archivo *.map), esto se realiza enviando una serie de comandos hacia el programa de posicionamiento emulando a un usuario al utilizar el teclado para realizar esta tarea, se utiliza entonces el comando *SendKeys* que envía los equivalentes de las teclas.

Para abrir el archivo antes mencionado se sigue la siguiente secuencia en el teclado:

- Presionar la tecla Alt
- Presionar la tecla →
- Presionar la tecla ↓
- Presionar la tecla →
- Presionar la tecla enter
- Se envía la ruta donde está ubicado el mapa

³⁶ Cómo determinar las diferencias entre DoEvents y el estado de suspensión, Soporte Técnico Microsoft, [Citado el 23 de enero, 2008], disponible en <http://support.microsoft.com/kb/158175>

- Presionar la tecla enter

La programación de esta secuencia se puede observar en el código.

```
SendKeys "%", True
SendKeys "{right}{down}{right}{enter}", True
SendKeys "C:\Oziexplorer\maps\quito.map", True
SendKeys "{ENTER}", True
```

Código 4-20 Programación de envío de secuencia de teclado.

El símbolo % representa la tecla *Alt* y la opción *True* indica que se la aplicación esperará a que se envíe correctamente la información de la tecla.

El botón *Ubicar en el Mapa* es habilitado solo si se han recibido datos de ubicación y si se han cargado los datos del usuario que la envió. Al presionarlo, se envía el comando *Ctrl+S* (*SendKeys* “^S”) para activar el mapa móvil del OziExplorer, luego se envían los datos de posicionamiento que se registraron en el archivo de texto hasta que el SSAI encuentre el final del archivo (EOF). Este proceso se muestra en el código 4-21.

```
Open "C:\logs\" & lblCodigo.Caption & ".txt" For Input As #1
If Err Then
    MsgBox "No se encontró el archivo", vbCritical, "Ubicación en
el mapa"
    GoTo salir
End If
While Not EOF(1)
    Line Input #1, sTemp
    objSimple.Write sTemp & vbCrLf
    delay (1)
Wend
```

```
salir:  
Close #1
```

Código 4-21 Envío de datos de posicionamiento a OziExplorer.

Como se ve, el método *Write* de *objSimple* envía los datos hacia el puerto virtual creado con la aplicación GPSTGate.

CAPÍTULO 5: INTEGRACIÓN DE SUBSISTEMAS, PRUEBAS Y COSTOS

CAPÍTULO 5: INTEGRACIÓN DE SUBSISTEMAS, PRUEBAS Y COSTOS

El presente capítulo detalla el funcionamiento en conjunto de las dos partes del sistema de Telecuidado, tanto el hardware como el software, las pruebas realizadas para tener un correcto desempeño y el cálculo de los costos de los elementos para desarrollar la plataforma de Telecuidado llamada SSAI.

Los dos subsistemas funcionan, la mayor parte del tiempo, independientemente uno del otro. El módulo de usuario funciona desde el momento en el que se aplica energía, registrando al celular, al GPS, a los módulos de monitoreo y al botón de alerta; el módulo de ubicación permanece monitoreando mensajes nuevos y proporciona información de la base de datos de los clientes. El momento en el que se relacionan es cuando el módulo de usuario empieza a enviar información de posicionamiento debido a la activación de un módulo o el botón de pánico.

El módulo de usuario concentra todas sus características de procesamiento en el registro de la información de posicionamiento y en su envío cada cierto tiempo, deshabilitando interrupciones de cualquier tipo.

El módulo de ubicación toma esta información y la registra en un archivo de texto, disponible en cualquier momento para la ubicación en el mapa de la ciudad, pero están disponibles todas las funciones de acceso a la base de datos. Incluso se puede solicitar y registrar la ubicación de otros usuarios mientras se reciben datos de otro, sin embargo, el posicionamiento se puede realizar solo de un usuario a la vez.

5.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO BÁSICO DEL MÓDULO DE USUARIO

La primera tarea del módulo de usuario es verificar la conexión y estado del GPS y la conexión del celular.

Al aplicar energía al GPS, éste va a tratar de conectarse con los satélites que tiene a su alrededor, por tanto su Led indicará esta tarea con el color anaranjado, esto se puede observar en la figura 5-1.

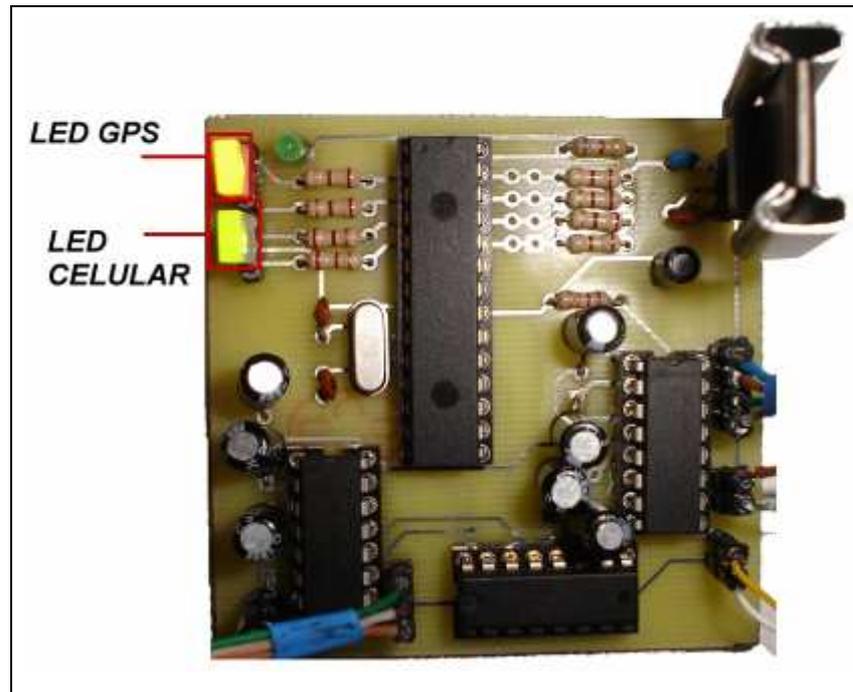


Figura 5-1 Indicador visual de estado de GPS (desconexión con satélites).

Es necesario mencionar que el GPS tiene problemas para encontrar señales satelitales en días muy nublados y con lluvia debido a que las potencias de estas señales no son muy grandes y se atenúan fácilmente en condiciones climáticas adversas.

Si no hay un GPS conectado, el Led mostrará el color rojo después de esperar el timeout programado para determinar desconexión. En este punto, el módulo de usuario no continuará con su operación normal hasta que se conecte el GPS (figura 5-2). Este proceso es idéntico al aplicado cuando se detecta la desconexión del celular (figura 5-3). Solo se registra el botón de alarma, pero, sin GPS o celular no se puede solicitar la ayuda remota, el mensaje será enviado en cuanto estén conectados ambos dispositivos.

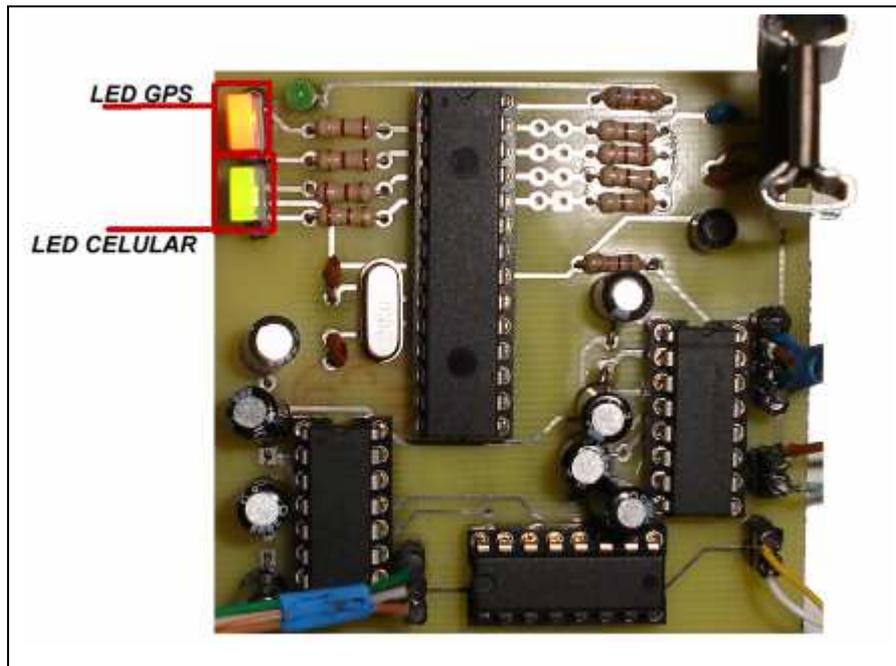


Figura 5-2 Indicador visual de estado de GPS (desconexión).

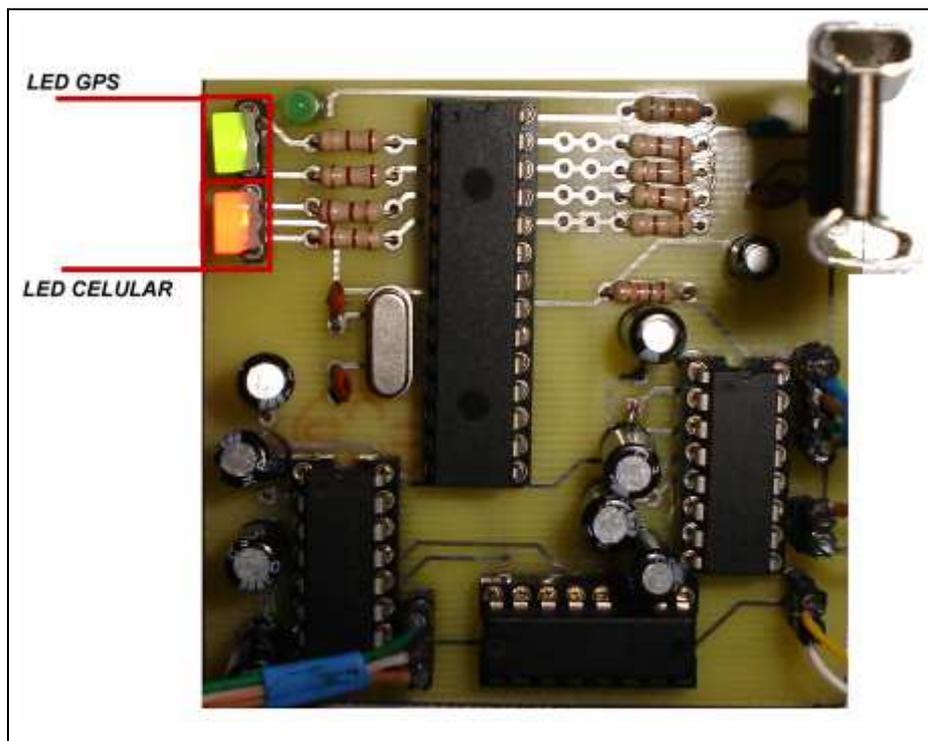


Figura 5-3 Indicador de desconexión del celular.

El tiempo que toma el cambio del color del Led a rojo indicando desconexión, en cualquiera de los dos casos toma aproximadamente 4 segundos debido a la

espera en el timeout de recepción, a la espera para realizar nuevamente una verificación y al retardo de procesamiento en general.

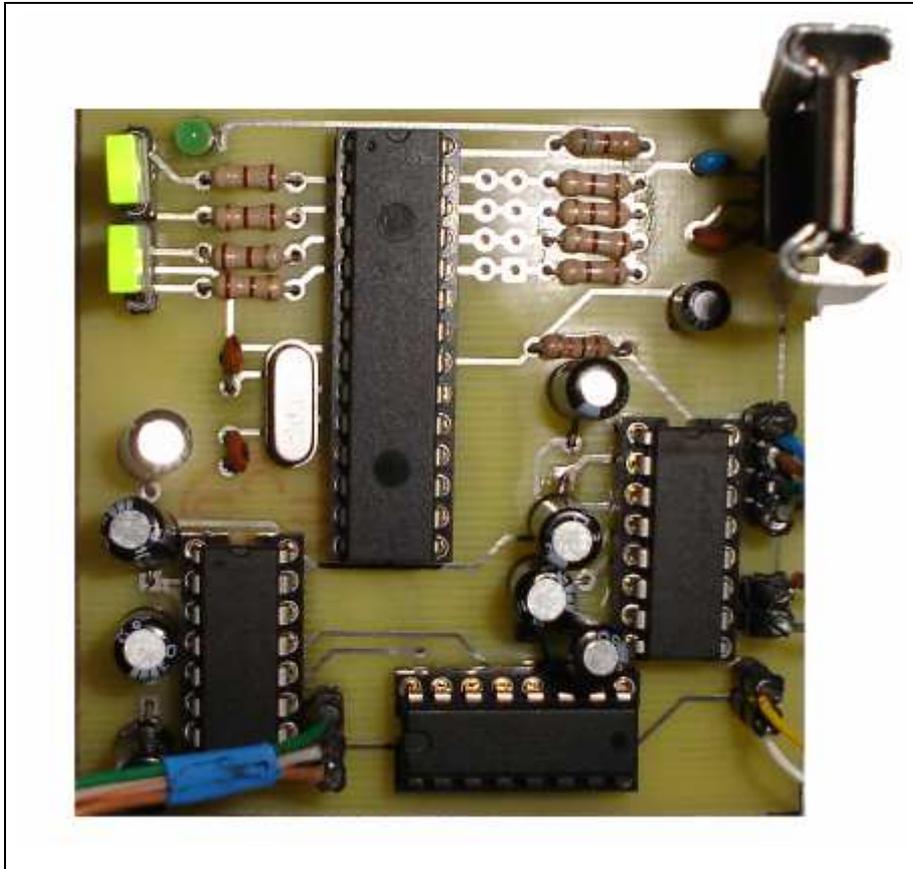


Figura 5-4 Trabajo normal del módulo de usuario.

Una forma apropiada de verificar si existe una correcta comunicación entre el PIC y el celular o el GPS es tomando los datos y revisándolos en el programa Hyperterminal de un computador. Este procedimiento puede realizarse a manera de diagnóstico, para determinar si los resultados son los esperados.

Después de realizar la verificación de conexión de los dispositivos antes mencionados, se verifica si existe un mensaje de texto nuevo que solicite el envío automático de la información de posicionamiento, también se verifica si existe una alarma, sea por el botón o por un módulo. Si el resultado es positivo en cualquiera de estos casos, se enciende el Led de verificación positiva conectado en el pin 23 del PIC.

Este indicador visual estará activado mientras dure la alarma y se envíen mensajes con información de posición desde el módulo de usuario; se apagará indicando que el estado de alarma ha terminado solo si se ha notificado desde el centro de ayuda.

5.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO BÁSICO DEL MÓDULO DE UBICACIÓN

Se determina como funcionamiento básico del módulo de ubicación al acceso a la base de datos de usuarios y al proceso de monitoreo de mensajes de emergencia.

Al ejecutar el módulo de usuario, que es el software del SSAI, éste abre el OziExplorer y carga el mapa de la ciudad de Quito (figura 5-5).

Se realizaron pruebas en diferentes computadores con distintas capacidades y se determinó que, en computadores con una memoria RAM de 256 MB, 1.8 GHz de velocidad del procesador y con un HD de 60 GB, no es suficiente el tiempo de espera antes de enviar al OziExplorer los comandos para abrir el mapa. Este valor debe ser aumentado a 15 segundos aproximadamente.

El computador proporcionado por el Grupo de Aplicaciones de Bioingeniería y Telemedicina de la Escuela Politécnica Nacional tiene una memoria RAM de 512 MB, 2.8 GHz de velocidad del procesador y 160 GB de HD, donde es suficiente el tiempo de retardo de 5 segundos antes de enviar los comandos para abrir el mapa de la ciudad.

Luego de realizar correctamente esta tarea, se verifica la conexión del celular. En el caso de no tener conectado uno, aparece el mensaje mostrado en la figura 5-6.

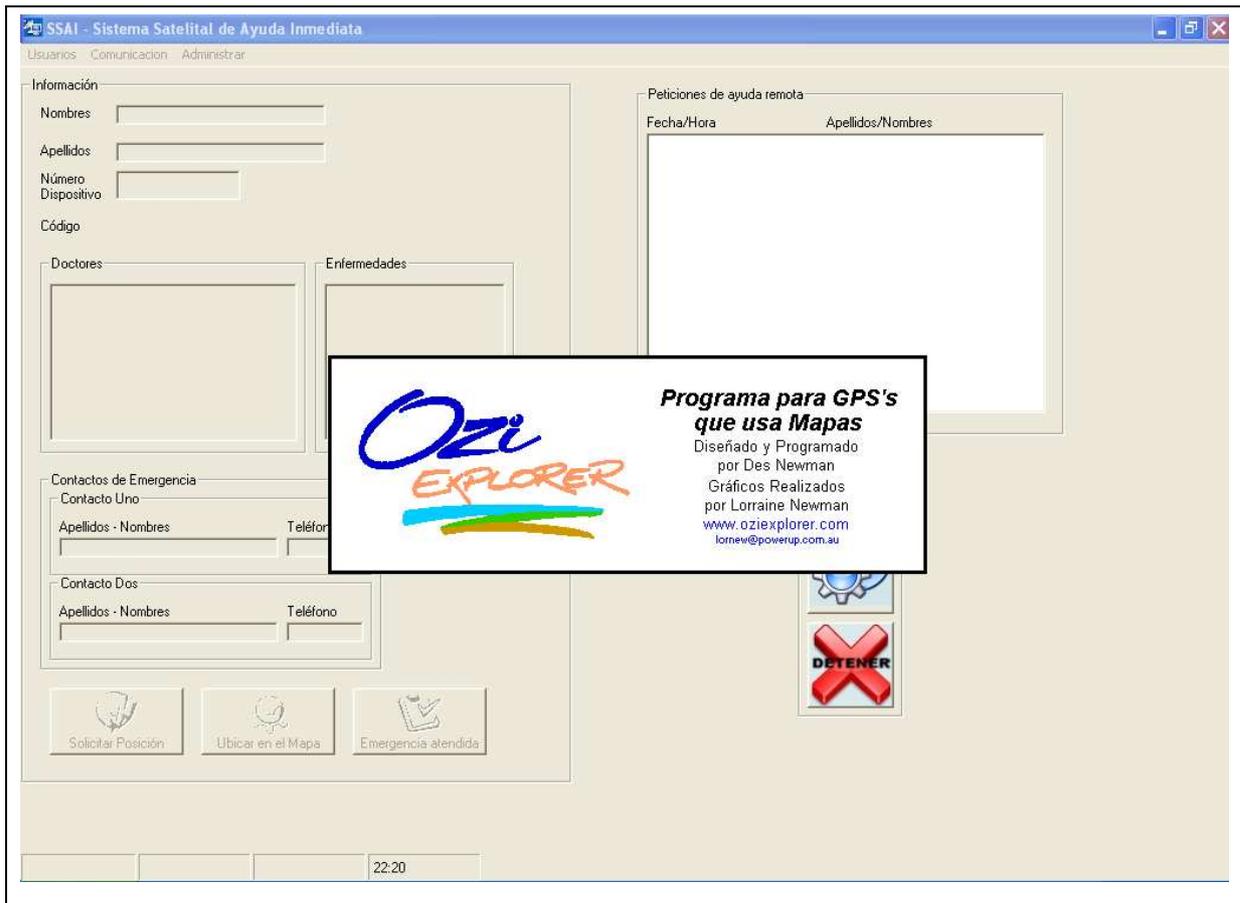


Figura 5-5 Ejecución del software SSAl.



Figura 5-6 Aviso mostrado al no encontrar un celular conectado.

Este aviso de error se dará cada cierto tiempo si no se conecta un celular a menos que se detenga el monitoreo con el botón *Detener*.

Además, en la barra de estado se muestra el mensaje de desconexión junto a un círculo rojo (figura 5-7).

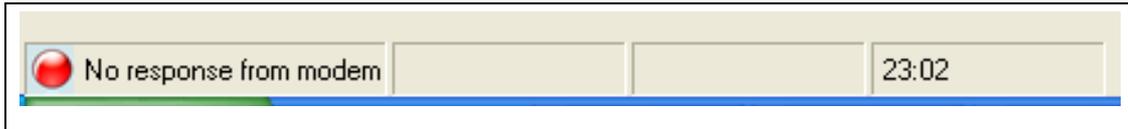


Figura 5-7 Barra de estado notificando desconexión de celular.

La herramienta usada para comunicarse con el celular muestra también otros errores a más del de desconexión, por ejemplo, si existe un problema con la SIM Card.

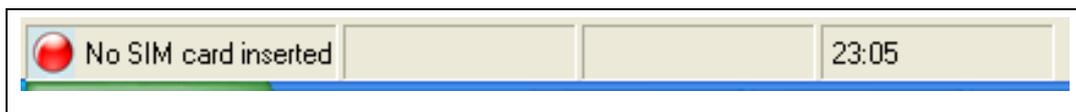


Figura 5-8 Barra de estado notificando ausencia de SIM Card.

Al contrario, si no existe algún contratiempo con el celular, se mostrará el mensaje de la figura 5-9, por lo que la sección de comprobación del celular funciona correctamente.

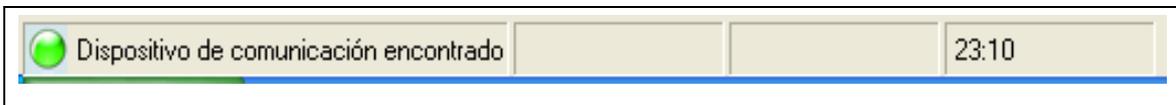


Figura 5-9 Barra de estado notificando operación normal.

El no tener conectado un celular al computador, representa un retardo mayor en el procesamiento ya que la herramienta de software de manipulación del celular utiliza reenvíos y timeouts para determinar si existe o no un celular conectado a un puerto. Cada vez que el software del SSAI intenta monitorear un puerto que no contiene un celular, tarda alrededor de 5 segundos hasta mostrar un resultado.

Este procedimiento se repite periódicamente a fin de no dejar pasar información de posicionamiento ni alertas de otros usuarios. Mientras esto funciona, se pueden realizar tareas con los datos de los usuarios sin contratiempos, únicamente se registra un corto período de tiempo en el que el programa se congela mientras la herramienta de comunicación con el celular obtiene los datos.

Se revisará ahora el acceso a la base de datos. Dicha base debe estar creada de antemano ya que el software del SSAI no lo hace.

5.2.1 RESULTADOS DE LA BÚSQUEDA EN LA BASE DE DATOS

Al realizar la búsqueda utilizando el parámetro “Apellidos”, se puede tener dos resultados; en el primero, se muestran los nombres de los usuarios que coinciden con la búsqueda, resultado mostrado en la figura 5-10.

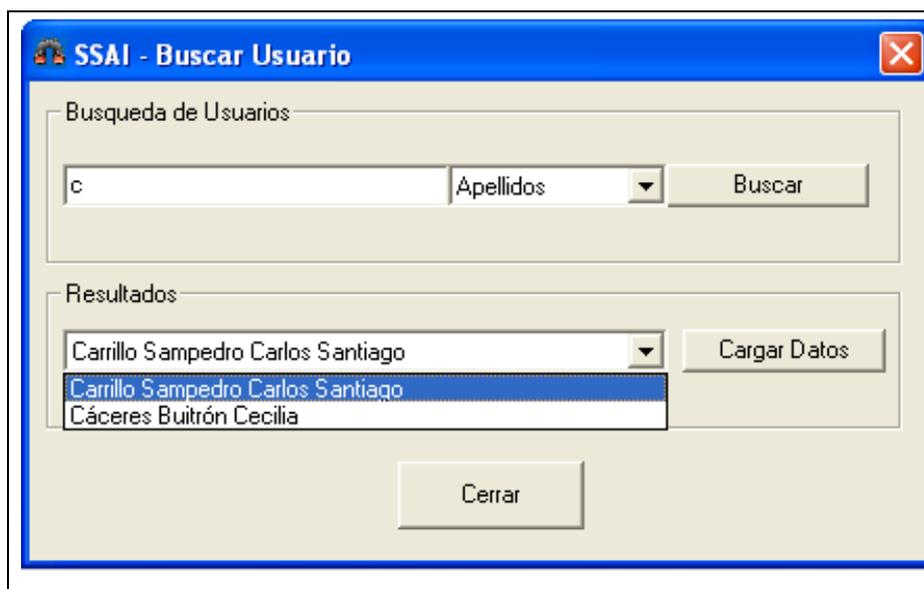


Figura 5-10 Búsqueda que arroja resultados.

En el segundo resultado, no existen datos que coincidan con la búsqueda. Se generará entonces un aviso que alerte al operador que su búsqueda fue fallida, este resultado se muestra en la figura 5-11.

Si el resultado de la búsqueda es positivo, el botón *Cargar Datos* se habilita y al presionarlo, coloca todos los datos que fueron encontrados en la base de datos en la sección de información (figura 5-12).

Al cargar los datos, puede existir un error ya que no se pudo haber asignado todavía un archivo que contenga la fotografía. Para evitar que el programa deje de continuar con su trabajo, se realiza la comprobación y se alerta una vez más al operador de este detalle. Este procedimiento funciona muy bien en todos los casos, como se observa en las figura 5-12 y 5-13.

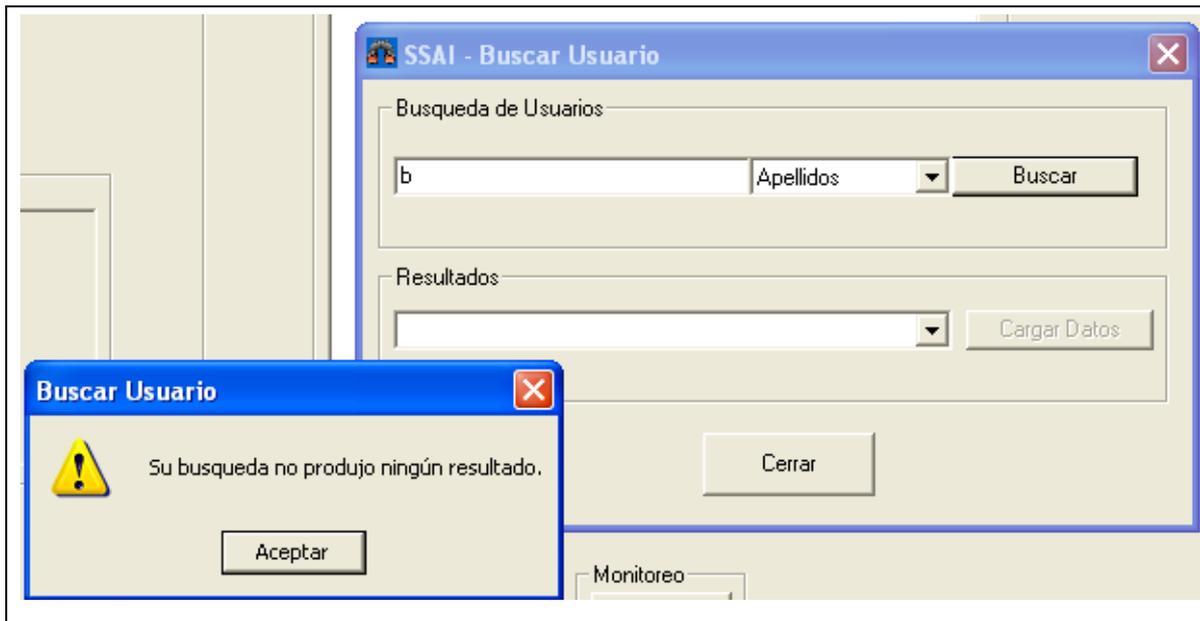


Figura 5-11 Búsqueda que no arroja resultados.

Es importante mencionar que, al abrirse la ventana de búsqueda, no se puede acceder fuera de ella a menos que sea cerrada por el operador.

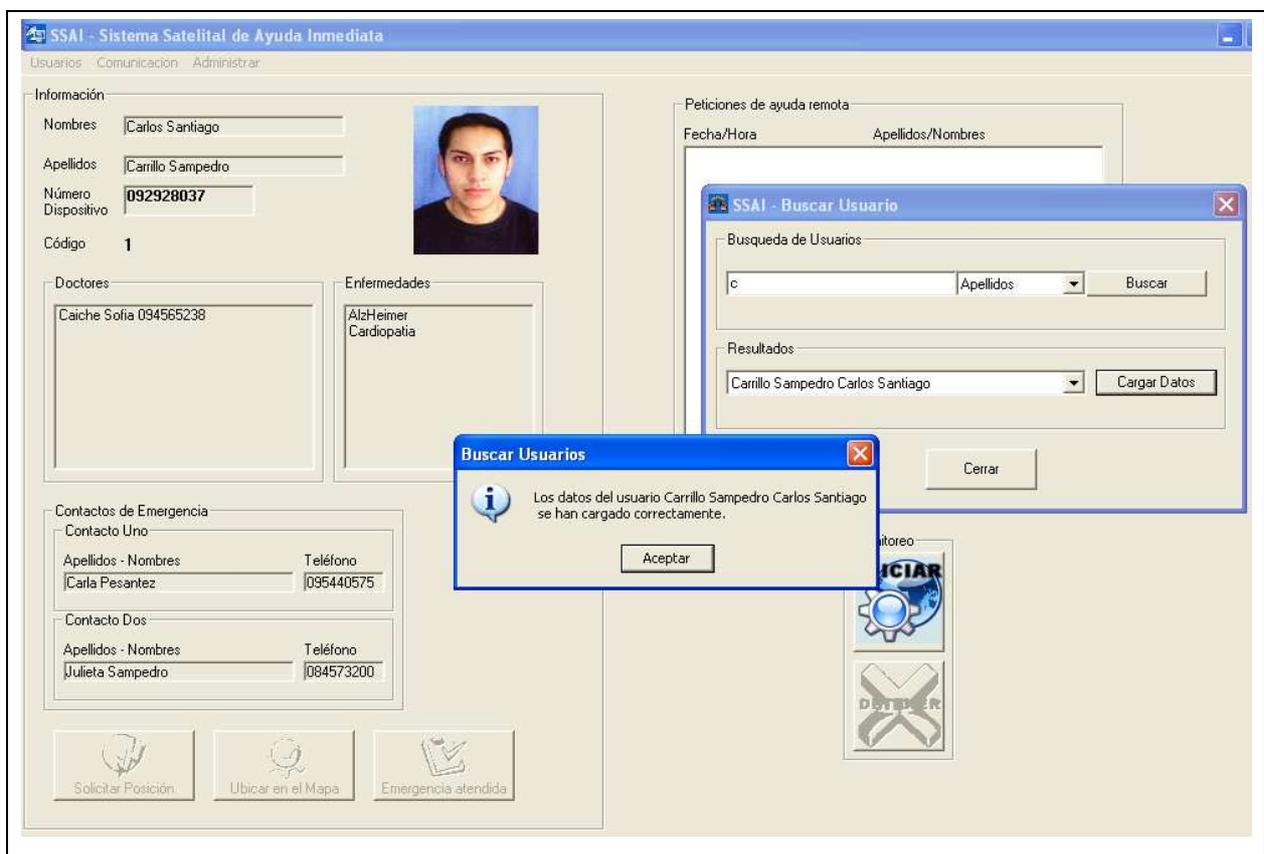


Figura 5-12 Visualización de datos completos de usuario.

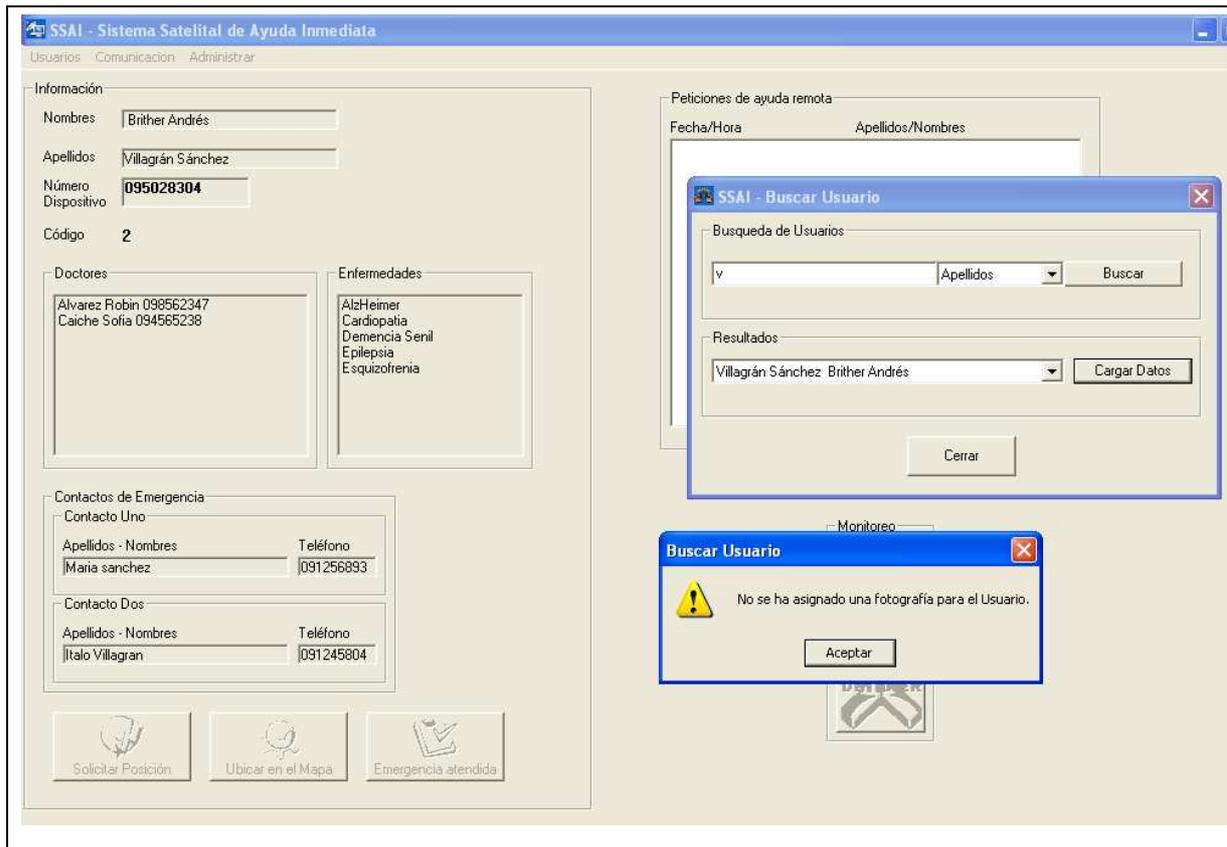


Figura 5-13 Visualización de datos del usuario sin fotografía.

5.2.2 RESULTADOS DE LA ADICCIÓN DE USUARIOS

Para agregar usuarios se utiliza la ventana que se ve en la figura 5-14. Es un procedimiento sencillo y cuenta con un control de errores para evitar ingresar valores en “blanco” a la base de datos.

El control no agrega los datos a menos que todos los campos estén llenos de forma adecuada y muestra un mensaje de error crítico (figura 5-15). Este procedimiento fue probado con todos los datos incluidos los checkbox para agregar enfermedades y médicos tratantes, funciona correctamente, la única excepción se permite en el campo “Contactos de Emergencia” donde los campos de *Contacto Uno* o *Contacto Dos* pueden estar vacíos, pero cumpliendo cierta condición.

SSAI - Agregar Usuario

Datos Personales

Nombres: Código

Apellidos:

Numero Dispositivo:

Contactos de Emergencia

Contacto Uno

Apellidos - Nombres: Teléfono:

Contacto Dos

Apellidos - Nombres: Teléfono:

Enfermedades

- Alzheimer
- Cardiopatía
- Demencia Senil
- Epilepsia
- Esquizofrenia

Doctores

- Alvarez Robin
- Caiche Sofia
- Salinas Romario de Souza

Agregar

Nuevo Ingreso

Cerrar

Figura 5-14 Ventana para agregar usuarios.

SSAI - Agregar Usuario

Datos Personales

Nombres: Código

Apellidos:

Numero Dispositivo:

Contactos de Emergencia

Contacto Uno

Apellidos - Nombres: Teléfono:

Contacto Dos

Apellidos - Nombres: Teléfono:

Enfermedades

- Alzheimer
- Cardiopatía
- Demencia Senil
- Epilepsia
- Esquizofrenia

Ingreso de nuevos usuarios

 Debe ingresar todos los datos antes de continuar

Aceptar

Agregar

Nuevo Ingreso

Cerrar

Figura 5-15 Control de errores en la adición de usuarios.

The screenshot shows a software window titled "SSAI - Agregar Usuario". It is divided into several sections:

- Datos Personales:** Includes text boxes for "Nombres" (Luis Felipe), "Apellidos" (Machado Redrobán), and "Numero Dispositivo" (099999999). A "Código" field displays the number "22".
- Contactos de Emergencia:** Contains two sections: "Contacto Uno" with fields for "Apellidos - Nombres" (Silvia Petroni) and "Teléfono" (022552565); and "Contacto Dos" with empty fields.
- Enfermedades:** A list of checkboxes with "Alzheimer", "Epilepsia", and "Esquizofrenia" selected.
- Doctores:** A list of checkboxes with "Alvarez Robin" and "Caiche Sofia" selected.
- Buttons:** "Agregar", "Nuevo Ingreso", and "Cerrar" are located on the right side.

A modal dialog box titled "Ingreso de nuevos usuarios" is centered on the screen, displaying an information icon and the message "Los datos han sido ingresados." with an "Aceptar" button.

Figura 5-16 Adición de usuarios con éxito.

Como se puede observar en la figura 5-16, el código de usuario es asignado automáticamente después de ingresar todos los datos, el operador no tiene ningún control sobre este campo y este código no puede repetirse aunque sea eliminado el usuario, manteniendo así la integridad de la base de datos.

5.2.3 RESULTADOS DE LA EDICIÓN DE USUARIOS

La edición se realiza en la ventana "Edición de Usuarios" que se observa en la figura 5-17.

Figura 5-17 Ventana de edición de usuarios.

Es una ventana parecida a la de adición de usuarios, contiene los mismos campos pero contiene una lista en la que se cargan todos los usuarios presentes en la base de datos en donde se puede escoger el usuario al que se editará. Utiliza el mismo control para verificar la integridad de todos los datos al actualizar los cambios.

Cuando se escoge al usuario para editarlo, se activa el botón *Cargar Usuario* y al presionarlo se obtiene toda la información que está disponible para su corrección, al finalizar, basta presionar el botón *Actualizar*, aparece un mensaje indicando el éxito en la operación.

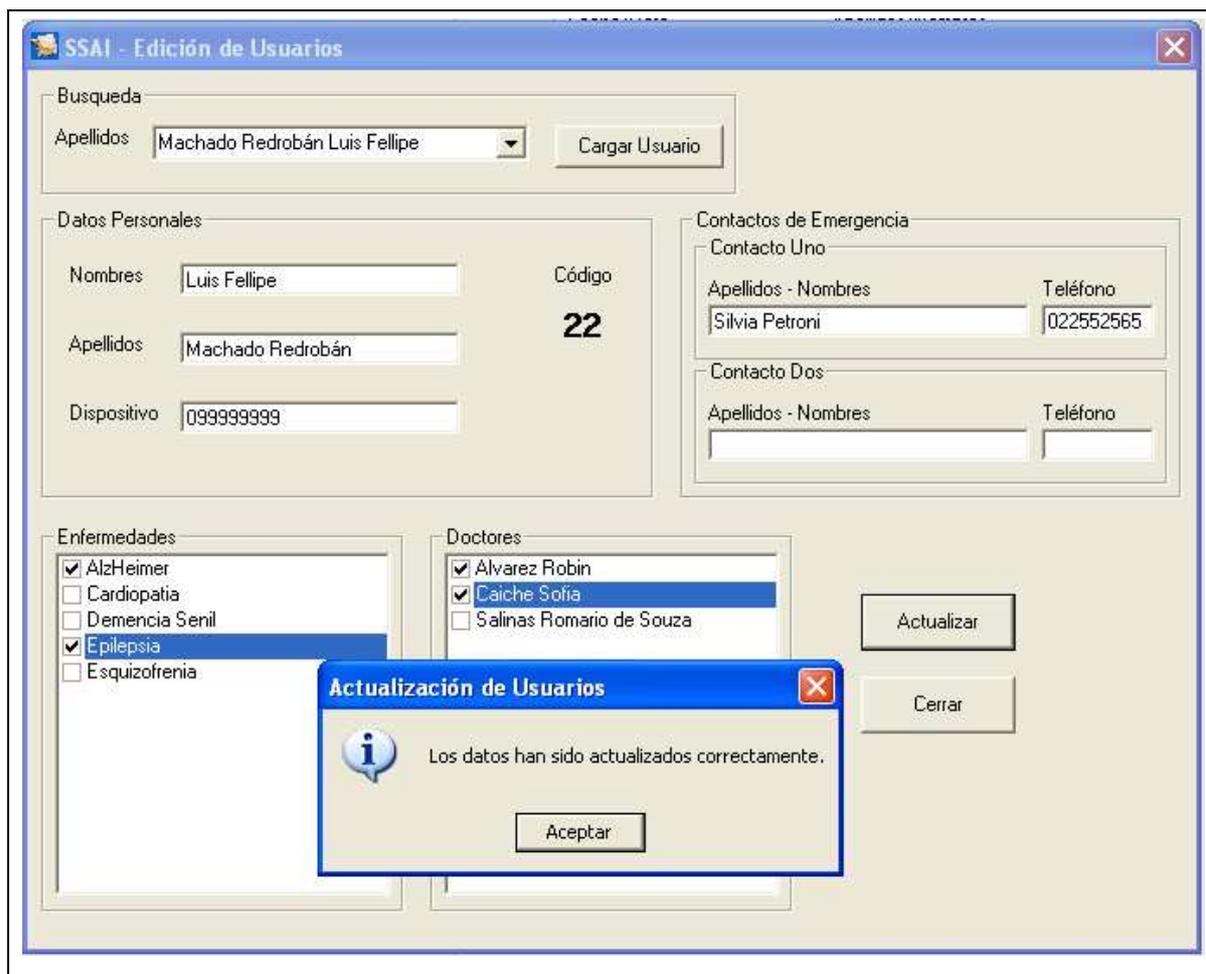


Figura 5-18 Actualización correcta de los datos de un usuario.

Como se puede observar en las figuras 5-18 y 5-19, el procedimiento para la edición de usuarios ha resultado exitoso, no se ha registrado ningún problema. En lo posible, la programación está orientada a evitar pasos incorrectos por parte del operador guiándolo intuitivamente para una correcta operación del software.

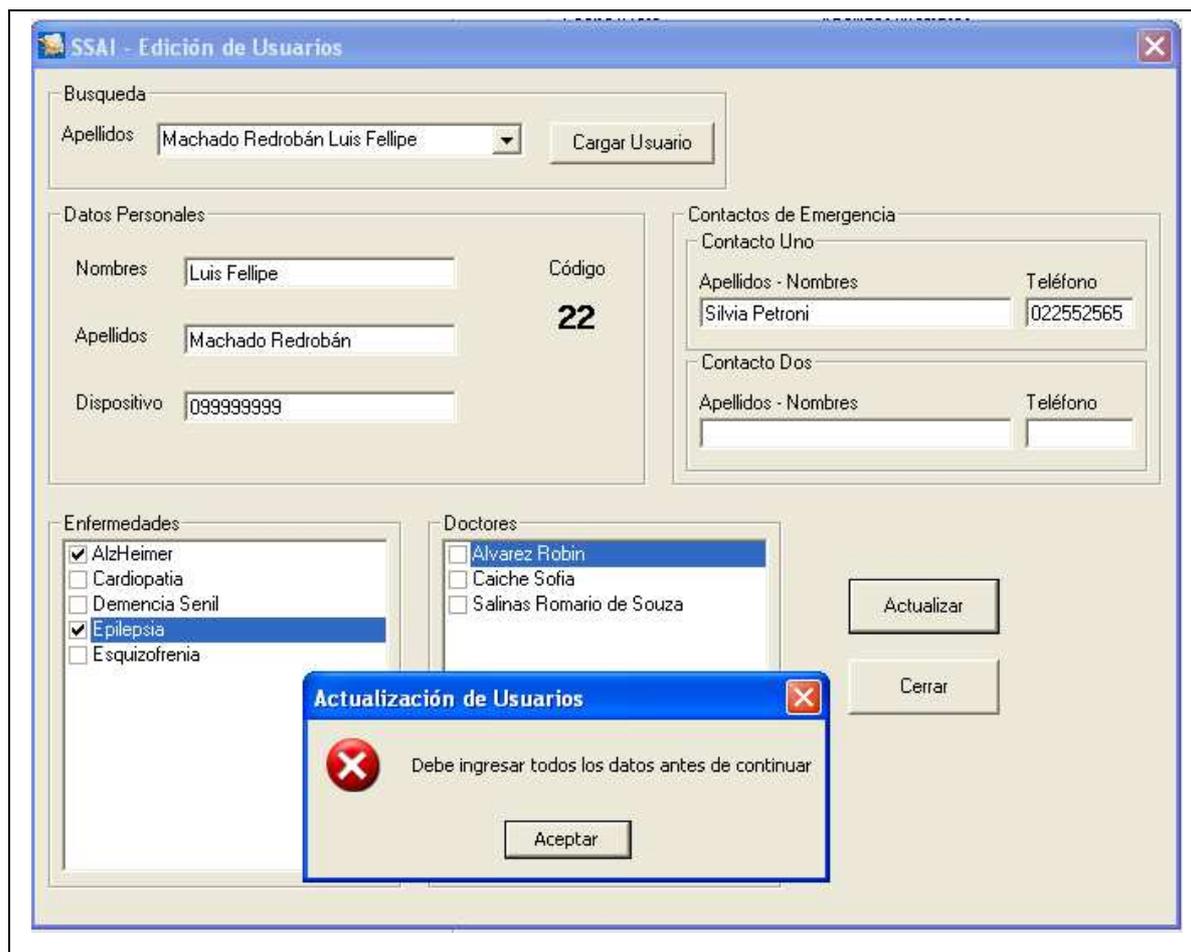


Figura 5-19 Control de errores en la edición de usuarios.

5.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO DE USUARIO Y DEL MÓDULO DE UBICACIÓN EN CONJUNTO

El sistema trabaja en conjunto cuando se envía la información de posicionamiento al módulo de ubicación. En algunos casos, este procedimiento indica la activación de una alarma desde el módulo de usuario.

Se procederá a probar todas las acciones que disparan la alarma en el siguiente orden:

- Activación por el botón de pánico
- Activación por un módulo externo
- Activación por solicitud del módulo de ubicación

En los tres casos, el módulo de usuario ejecuta la misma acción que es enviar información de identificación y posicionamiento periódicamente hasta que el módulo de ayuda le ordene detenerse.

5.3.1 ACTIVACIÓN POR EL BOTÓN DE PÁNICO

El botón de alarma va a activar la interrupción externa incluida en el PIC, por esta razón se registrará en todo momento cuando es presionado.

El tiempo que toma el módulo de usuario en detectar que se ha presionado el botón, en el peor de los casos, es 2 segundos debido a que, en el Firmware, la comprobación de activación del botón de alarma se realiza después de haber verificado el estado del GPS y del Celular, esta acción se incluye en el MAIN.

Desde la presión del botón hasta que el mensaje llega al centro de ayuda se registraron los siguientes resultados en cuanto al tiempo:

Tiempos de respuesta	20	Segundos
	19	
	25	
	30	
	33	
Promedio	25,4	

Tabla 5-1 Tiempo de respuesta al presionar el botón de alarma.

Estos tiempos fueron obtenidos entre las 16:00 y 17:00; a partir de esta hora, el tiempo de llegada puede aumentar debido al tráfico generado por los demás usuarios del servicio de SMS. El tiempo de respuesta depende directamente del operador de telefonía celular. En temporadas especiales, los mensajes de texto pueden tardar mucho más tiempo en llegar a su destino.

Cuando se presionó el botón de alarma, la única forma en la que se puede detener el envío continuo de mensajes de texto es mediante el aviso del centro de

ayuda. Cuando la alarma está activa, es deshabilitado el botón y no se registra nuevamente.

5.3.2 ACTIVACIÓN POR UN MÓDULO EXTERNO

Como se mencionó anteriormente, para que la alarma del módulo externo sea tomada en cuenta, dicho módulo deberá mantener la salida que está conectada al módulo de usuario alrededor de 2 segundos en estado lógico 1. Este tiempo es suficiente para registrar una anomalía detectada por el módulo externo.

Los tiempos de respuesta registrados son los siguientes:

Tiempos de respuesta	30	Segundos
	35	
	32	
	44	
	41	
Promedio	36.4	

Tabla 5-2 Tiempos de respuesta activación de alarma de módulo externo.

La detección por “hardware”, es decir las detecciones mencionadas anteriormente ha funcionado correctamente y con tiempos de respuesta aceptables para la aplicación desarrollada.

5.3.3 ACTIVACIÓN POR SOLICITUD DEL MÓDULO DE UBICACIÓN

Esta activación contempla tiempos de retardo del envío del mensaje desde el centro de ayuda, su procesamiento en el módulo de usuario y el envío de la información hacia el centro de ayuda. Tomando en consideración todo esto, se presentan los tiempos de respuesta obtenidos:

Tiempos de respuesta	45	Segundos
	50	
	48	
	51	
	47	
Promedio	48.2	

Tabla 5-3 Tiempos de respuesta activación por solicitud de módulo ubicación.

En cualquiera de los tres casos mencionados anteriormente, el LED indicador de alarma se enciende (figura 5-20) indicando que está en proceso el envío de la información de posicionamiento.

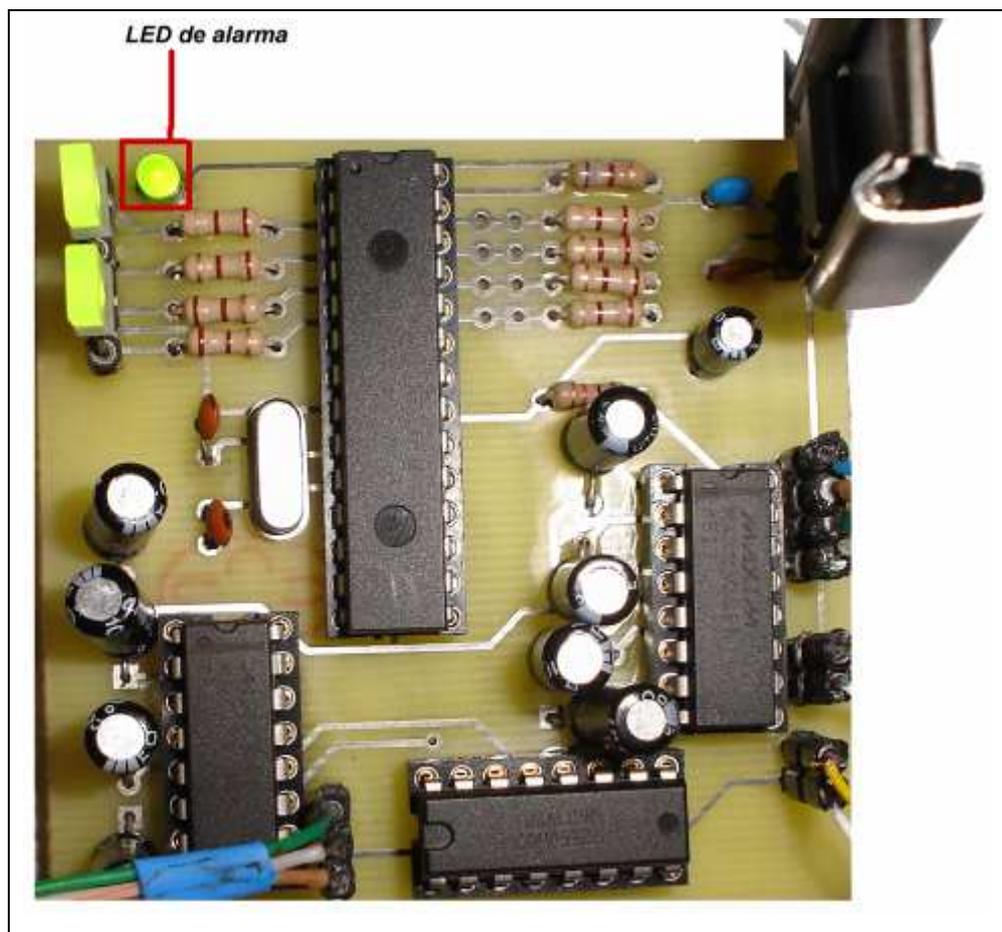
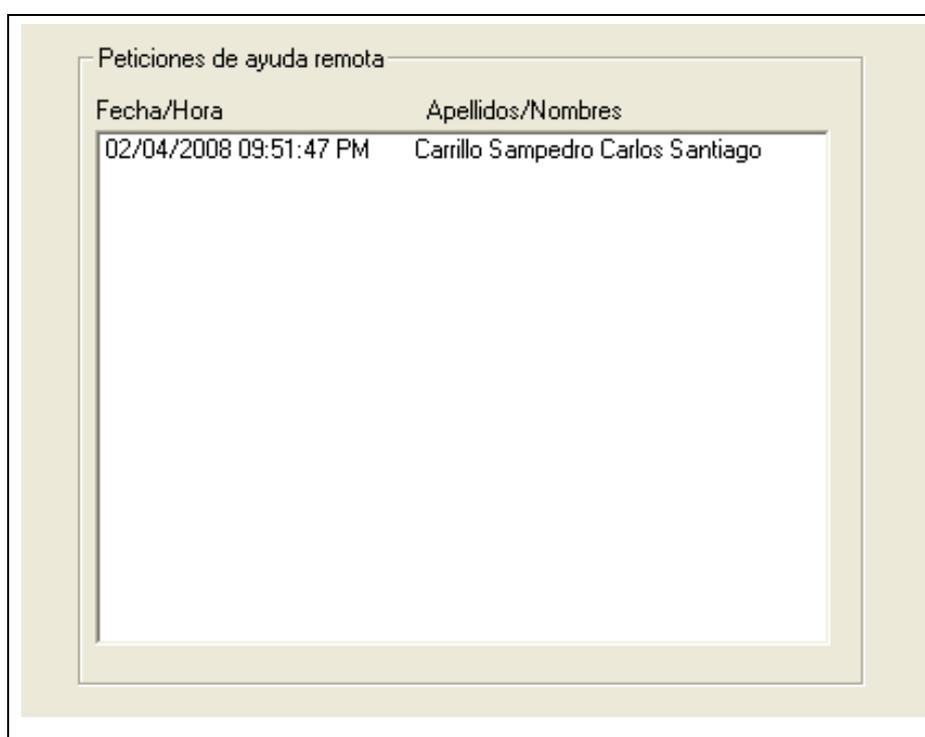


Figura 5-20 LED de alarma encendido.

Una vez llegada dicha información al centro de ayuda, si es un usuario registrado, aparecerá en la sección de *Peticiones de ayuda remota* como se observa en la figura 5-21.

Se enlistan las peticiones de otros usuarios en el orden en el que van llegando.

Al dar doble clic en el nombre de uno de los usuarios, los datos aparecen en la sección de información y se habilita el botón *Ubicar en le mapa* (figura 5-22) que enviará los datos de posicionamiento registrados en el archivo de texto creado temporalmente para este fin al OziExplorer (figura 5-23).



Fecha/Hora	Apellidos/Nombres
02/04/2008 09:51:47 PM	Carrillo Sampedro Carlos Santiago

Figura 5-21 Llegada de información al centro de ayuda.



Figura 5-22 Habilitación del botón Ubicar en el Mapa.



Figura 5-23 Ubicación en el mapa digital.

Este proceso consume muchos recursos de procesamiento del computador, por esta razón es recomendable proceder con la ubicación después de recibir por lo menos dos mensajes desde el módulo de usuario. Este problema no se presenta si el computador tiene una buena capacidad de procesamiento.

Una vez ubicada la posición del sujeto en riesgo, se puede ordenar al módulo de usuario detener el envío de la información activando el botón *Emergencia atendida*, como se observa en la figura 5-24.

Al indicarle al módulo de usuario que la emergencia ya fue atendida, el área de información del módulo de ubicación es limpiada, el LED de alerta mostrado en la figura 5-20 se apaga, se habilita la interrupción externa y está listo nuevamente para trabajar de forma normal.

Usuarios Comunicación Administrar

Información

Nombres: Carlos Santiago

Apellidos: Carrillo Sampedro

Número Dispositivo: 092928037

Código: 1

Doctores: Caiche Sofia 094565238

Enfermedades: Alzheimer, Cardiopatía

Peticiones de ayuda remota

Fecha/Hora	Apellidos/Nombres
02/04/2008 09:51:47 PM	Carrillo Sampedro Carlos Santiago

Contactos de Emergencia

Contacto Uno

Apellidos - Nombres: Carla Pesantez | Teléfono: 095440575

Contacto Dos

Apellidos - Nombres: Julieta Sampedro | Teléfono: 084573200

Monitoreo

INICIAR

DETENER

Permite detener el envío de información desde el módulo de usuario

Solicitar Posición

Ubicar en el Mapa

Emergencia atendida

Figura 5-24 Emergencia atendida.

5.4 CÁLCULO DE COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

El siguiente es un cálculo considerando todos los elementos empleados para la implementación del módulo de usuario y el circuito de recepción del módulo de ubicación. No se considerará el software del módulo de ubicación ya que es, de cierta forma, fácil de conseguir en la Internet ya sea como software libre o como software de prueba disponible para todos.

Ítem	Elemento	Cantidad	Precio unitario	Valor Total
1	GPS Universal Deluo	1	115	115
2	Microcontrolador PIC16F876A	1	7,50	7,50
3	Convertidor de niveles MAX232	2	2,50	5
4	Cristal Oscilador 20MHz	1	1	1
5	Regulador de voltaje LM7805	1	0,5	0,50
6	Disipador de calor pequeño	1	1,35	1,35
7	Multiplexor analógico CD4053	1	1,5	1,50
8	Resistencias Varios Valores	10	0,012	0,12
9	Capacitores electrolíticos 50V	8	0,05	0,40
10	LEDs tricolores	2	0,13	0,26
11	Capacitores cerámicos	3	0,05	0,15
12	LED 3mm	1	0,01	0,01
13	Zócalos diferentes tamaños	4	0,20	0,80
14	Cable datos Sony Ericsson DCU-11	1	10	10
15	Conector PS2 macho	1	0,6	0,6
16	Batería 1,2V 1000mAh	4	2,25	9

17	Cable UTP 1m	2	0,30	0,60
18	Elaboración de circuito impreso	1	15	15
Subtotal sin teléfono celular				169.79
19	Celular Sony Ericsson T290a	1	45	45
TOTAL				214.79

Tabla 5-4 Costos módulo de usuario.

Ítem	Elemento	Cantidad	Precio unitario	Valor Total
1	Convertidor de niveles MAX232	1	2,50	2,50
2	Regulador de voltaje LM7805	1	0,5	0,50
3	Disipador de calor pequeño	1	1,35	1,35
4	Capacitores electrolíticos 50V	5	0,05	0,25
5	Zócalos diferentes tamaños	1	0,2	0,20
6	Cable datos Sony Ericsson DCU-11	1	10	10
Subtotal sin teléfono celular				14,80
7	Celular Sony Ericsson K300	1	50	50
TOTAL				64.80

Tabla 5-5 Costos del hardware en recepción.

En la tabla 5-4 se puede observar el cálculo de los costos que implica la elaboración de un módulo de usuario, mientras que el tabla 5-5, los del hardware en el centro de ayuda, claro está par este caso en donde solo se usó un solo computador y un solo celular para recibir las peticiones de ayuda. En el mercado se pueden encontrar GPS mucho más baratos y más pequeños. En la ciudad de Quito, se encontró un módulo GPS mucho más pequeño y barato, que ofrece las mismas facilidades en cuanto al protocolo de comunicaciones que el GPS Universal Deluo.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El ayudar a las personas con enfermedades de largo plazo a vivir independientemente mejora su calidad de vida porque les permite estar en su entorno y no sentirse atados a una institución de salud.

La facilidad de encontrar servicios de salud ha aumentado en todo el mundo, lo que hace que los habitantes tengan una mejor salud y aumente la edad promedio de vida, sobre todo en países desarrollados. Esta tendencia hará que aumente en el mundo el número de habitantes de edad avanzada. Los servicios de salud deberán desarrollar planes enfocándose en este aspecto.

Una cantidad considerable de enfermedades incurables pueden ser llevadas con normalidad si se monitorean los síntomas y se detectan anomalías tempranamente en patrones resultantes en el tiempo.

El Telecuidado es una extensión de la Telemedicina y se orienta a la atención de pacientes en su propio hogar o en su entorno.

Si se facilita a los sujetos en riesgo vivir en su entorno con el Telecuidado, se libera el sistema hospitalario, siendo necesario únicamente si se presenta una emergencia o un quebranto considerable en la salud.

En los países subdesarrollados, son los gobiernos quienes deben alentar la implementación del Telecuidado con políticas que ayuden a la población de edad avanzada a mejorar su calidad de vida.

El avance de la tecnología hace que los dispositivos portátiles sean cada vez más pequeños lo que representa una gran ayuda para los usuarios que deben portarlos, además, esto implica menos que los dispositivos serán menos invasivos.

Si el sujeto en riesgo entra a un edificio donde no recibe la señal de los satélites para calcular la ubicación del usuario, el sistema registrará una posición aproximada dependiendo del último momento en el que realizó la actualización de la información, es por esto que el GPS no puede apagarse porque de lo contrario no se tendría información ni siquiera aproximada.

La red de telefonía celular tiene una buena cobertura, ideal para la aplicación en el Telecuidado. Al usarla se ahorran costos porque no es necesario desplegar una red inalámbrica propia.

El uso de mensajes de texto para el envío de la información de posicionamiento implica un riesgo para un adecuado tiempo de respuesta. Esto puede mejorarse si se contrata el servicio de transmisión de datos de la operadora celular por la red usando GPRS.

La limitación del cable de conexión entre el módulo de usuario y el teléfono celular puede superarse utilizando como interfaz de comunicación un enlace PAN con Bluetooth.

El software de ubicación geográfica, OziExplorer, puede reemplazarse por otro que sea compatible con el protocolo NMEA, y realizándose unos pequeños cambios en el software del SSAI.

Se obtendría mayor versatilidad si, en lugar de usar programas de ubicación geográfica en un host local, se utiliza la WEB con recursos del Google Maps, por ejemplo.

El software SSAI, debe ser un sistema distribuido de tal manera que varios operadores puedan usarlo al mismo tiempo en la central de ayuda.

Para que los datos que proporciona el GPS sean confiables, se necesitan 4 satélites con separaciones angulares grandes, a menor sea la separación angular, menor es el grado de precisión de los cálculos para determinar la posición.

El intervalo de actualización de datos que el GPS realiza con los satélites es, por defecto, una vez por segundo. Este tiempo puede configurarse en períodos más largos, de esta forma se puede reducir el consumo de energía por parte del mismo.

Si se desean tener más sentencias NMEA en el GPS que las configuradas por defecto, se debe aumentar la tasa de transferencia de bits de 4800 a 9600 bps.

El software utilizado para desarrollar el Firmware del PIC permite crear puertos seriales virtuales (por software) en todos los puertos disponibles, los cuales son muy útiles en aplicaciones con poca recepción de datos ya que no es posible realizar un control de errores. Para la transmisión, por otra parte, no es necesario un control de errores para poder enviar los arreglos de bits.

El buffer de recepción del puerto serial del microcontrolador PIC es de 3 bytes, si se llena, el puerto es desactivado. Esto debe ser controlado periódicamente para evitar la pérdida de información.

Uno de los principales problemas durante el desarrollo del prototipo de la plataforma fue la dificultad de encontrar algunos de los componentes electrónicos en el mercado local, es por eso que se tuvo que traer desde los Estados Unidos el GPS, por ejemplo.

Una mejora al sistema tanto en transmisión como en recepción sería el uso de integrados de montaje superficial, de esa manera el tamaño del dispositivo y el consumo de baterías será menor.

Se puede usar cualquier teléfono celular que posea soporte para comandos AT existentes en el mercado, en este caso, el prototipo utilizó dos teléfonos celulares Sony Ericsson, sin embargo también se puede realizar con teléfonos celulares Nokia, especialmente los últimos modelos de la serie N que poseen un receptor GPS integrado disminuyendo la cantidad de equipos en el módulo del usuario.

La eficiencia del sistema no solo depende la plataforma del usuario, sino que debe ser complementada con sistema de respuesta inmediato por parte de la Central de Ayuda que debería contar con los vehículos y el personal calificado para atender una emergencia en el menor tiempo posible.

GLOSARIO

A5/X

Junto con A3 y A8 son los 3 algoritmos usados en GSM para autenticar y cifrar datos. Todos los algoritmos usados en GSM son altamente confidenciales y por lo tanto no están publicados en ningún estándar. La "X" en A5/X indica que hay algunos algoritmos A5. La red y el dispositivo móvil deben estar de acuerdo en que algoritmo usar antes que el cifrado de datos pueda ser usado. El dispositivo móvil no necesariamente conoce todos los algoritmos.

Abis-Interface

Interface entre la BTS y la BSC, se encuentra definida en GSM 04.08 y GSM 08.58. La igual que los otros interfaces terrestres en GSM es un interfaz PCM 30. La tasa de transmisión es de 2048 Mbps, el cual está particionado en 32 canales de 64 kbps cada uno. Las técnicas de compresión que usa GSM permite empaquetar 8 canales de tráfico GSM en un solo canal de 64 kbps. El Abis-interface puede ser considerado como propietario, lo que produce variaciones en el protocolo usado por los fabricantes en la capa 2, así como diferentes configuraciones de los canales. Como consecuencia, normalmente una BTS del fabricante A no puede ser usada con una BSC del fabricante B.

A-interface

Interface entre el MSC y BSC, se encuentra definida en los estándares GSM 04.08, GSM 08.06, GSM 08.08. En la capa física, consiste en uno o más enlaces PCM entre el MSC y el BSC, cada uno con una velocidad de 2 Mbps.

AMPS

Sistema Telefónico Móvil Avanzado (siglas de su nombre en inglés, *Advanced Mobile Phone System*) es un sistema de telefonía móvil de primera generación (1G, voz analógica) desarrollado por los laboratorios Bell. Se implementó por primera vez en 1982 en Estados Unidos. Se llegó a implantar también en Inglaterra y en Japón, aunque con otros nombres, TACS y MCS-L1 respectivamente.

AT

Set de comandos Hayes, también conocido como comandos AT dado que todos inician con AT (por ATtention), es lenguaje de comandos originalmente desarrollado para el Hayes Smartmodem. El set de comandos consiste en una serie de pequeñas cadenas de texto que se combinan entre ellas para producir comandos completos para operaciones como marcado, colgado y cambio de parámetros en una conexión.

B+ trees

En informática, un B tree es un tipo de estructura de datos de árboles. Representa una colección de datos ordenados de manera que se permite una inserción y borrado eficientes de elementos. Es un índice, multinivel, dinámico, con un límite máximo y mínimo en el número de claves por nodo. Un B+ tree es una variación de un B tree. En un B+ tree, en contraste respecto un B tree, toda la información se guarda en las hojas. Los nodos internos sólo contienen claves y punteros. Todas las hojas se encuentran en el mismo, más bajo nivel. Los nodos hoja se encuentran unidos entre sí como una lista enlazada para permitir búsqueda secuencial.

CEPT

La Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (siglas de su nombre en francés *Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications*) es un organismo internacional que agrupa a las entidades responsables en la administración pública de cada país europeo de las políticas y la regulación de las comunicaciones, tanto postales como de telecomunicaciones.

C/N

Relación portadora a ruido CNR o C/N, (por sus siglas en inglés *Carrier to Noise Ratio*), es la relación señal a ruido, SNR, de una señal modulada. El C/N es el cociente entre la potencia promedio recibida de la portadora modulada C y la potencia promedio de del ruido recibido después de los filtros de recepción. El

objetivo de este termino es el de distinguir la CNR de una señal pasabanda, del SNR de una señal analógica en banda base después de ser demodulada.

$$C / N = \frac{C}{N} = \frac{V_{portadora_{RMS}}}{V_{ruido_{RMS}}}$$

También se suele expresar dicha relación en una escala logarítmica en decibeles usando la siguiente fórmula:

$$C / N = 10 \log_{10} \frac{C}{N} = 20 \log_{10} \frac{V_{portadora_{RMS}}}{V_{ruido_{RMS}}}$$

DBMS

Los Sistemas de gestión de base de datos o *Database Management System*, son un tipo de software muy específico, dedicado a servir de interfaz entre la base de datos, el usuario y las aplicaciones que la utilizan.

DCS 1800

Primera derivación de GSM, el Sistema Digital Celular 1800, DCS 1800 (por sus siglas en inglés, *Digital Cellular System 1800*), el cual es como el traslado del sistema GSM original al rango de frecuencia de los 1800 MHz.

Disolución de la precisión, PDOP

Disolución de la precisión DOP (por sus siglas en inglés, *Dilution Of Precision*), es el término usado en geomática para describir la fortaleza geométrica de la configuración de los satélites en terminos de exactitud GPS. Cuando los satelites visibles estan cercanos entre ellos en el cilo, se dice que la geometría es debil y el valor del DOP es alto, cuando se encuentran alejados la geometría es fuerte y el DOP es bajo.

Un valor bajo de DOP representa una mejor exactitud posicional GPS debido a una mayor separación angular entre los satélites usados para calcular la posición de la unidad GPS. Los factores que pueden afectar el DOP además de las órbitas

satelitales son la presencia de obstrucciones lo que hace que en ciertos sectores del cielo el uso de satélites, especialmente en sectores urbanos.

DII

Son las siglas de *Dynamic Linking Library* (Bibliotecas de Enlace Dinámico), término con el que se refiere a los archivos con código ejecutable que se cargan bajo demanda del programa por parte del sistema operativo. Esta denominación se refiere a los sistemas operativos Windows siendo la extensión con la que se identifican los ficheros, aunque el concepto existe en prácticamente todos los sistemas operativos modernos.

Downlink

Enlace o conexión de bajada, es el término general utilizado en un enlace de comunicación en el que se envían datos a un dispositivo final desde una red.

DTMF

En telefonía, el sistema de marcación por tonos, también llamado sistema multifrecuencial o DTMF (por sus siglas en inglés, *Dual-Tone Multi-Frequency*), es un sistema usado en telefonía para enviar la señalización en la línea en la banda de frecuencia de la voz hacia la central de conmutación. La versión de DTMF usado por la telefonía de marcación digital es conocida como Touch-Tone™, y se encuentra estandarizada en la recomendación ITU-T Q.23.

Duplex

Dúplex es utilizado en las telecomunicaciones para definir a un sistema que es capaz de mantener una comunicación bidireccional, enviando y recibiendo mensajes de forma simultánea.

ETSI

European Telecommunications Standards Institute (ETSI) o Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones es una organización de estandarización de la

industria de las telecomunicaciones (fabricantes de equipos y operadores de redes) de Europa, con proyección mundial. Cuerpos de estandarización significativos dependientes del ETSI son 3GPP (para redes UMTS) o TISPAN (para redes fijas y convergencia con Internet).

FDMA

El Acceso múltiple por división de frecuencia o FDMA (por sus siglas en inglés, *Frequency Division Multiple Access*) es una técnica de multiplexación usada en múltiples protocolos de comunicaciones, tanto digitales como analógicos, principalmente de radiofrecuencia, y entre ellos en los teléfonos móviles de redes GSM. En FDMA, el acceso al medio se realiza dividiendo el espectro disponible en canales, que corresponden a distintos rangos de frecuencia, y asignando estos canales a los distintos usuarios y comunicaciones a realizar. En algunos sistemas, como GSM, FDMA se complementa con un mecanismo de cambio de canal según las necesidades de la red lo precisen, conocido en inglés como *frequency hopping* o saltos en frecuencia.

FSK

Frequency-shift keying (FSK) o modulación por desplazamiento de frecuencia es un esquema de modulación en el cual la información digital es transmitida a través de cambios discretos de frecuencia en la onda portadora. El modo más simple de FSK es el binario, BFSK, el cual usa dos frecuencias para transmitir en información binaria. Dentro de este esquema el 1 es la “frecuencia marca” y el 0 es la “frecuencia espacio”.

Gateway

En una red de comunicaciones es un nodo equipado para servir de interfaz con otra red que usa diferentes protocolos. Para esto un *gateway* puede tener dispositivos especializados como traductores de protocolos, emparejadores de impedancias, conversores de velocidades, aisladores de fallas y todo lo necesario para proveer al sistema de completa interoperabilidad. También

requiere el establecimiento de procedimientos administrativos mutuamente aceptados entre las dos redes.

GMSK

En comunicaciones Gaussian minimum shift keying o GMSK es un esquema de modulación por desplazamiento de frecuencia de fase continua (MSK), sin embargo los datos digitales son primero dados forma usando un filtro Gaussiano antes de ser aplicados al modulador de frecuencia. Tiene la ventaja que de esa manera se reduce la potencia de las bandas laterales, lo que reduce la interferencia entre las portadoras en los canales de frecuencia adyacentes. Sin embargo el filtro Gaussiano la memoria de modulación del sistema y causa interferencia intersimbólico, haciendo más difícil el discriminar entre los diferentes datos transmitidos requiriendo así el uso de complejos algoritmos de ecualización del canal, así como equalizadores adaptivos en el receptor.

GNSS

Un Sistema Global de Navegación por Satélite o GNSS (por sus siglas en inglés, *Global Navigation Satellite System*) es una constelación de satélites que transmite rangos de señales utilizados para el posicionamiento y localización en cualquier parte del globo terrestre, ya sea por tierra, mar o aire. Estos permiten determinar las coordenadas geográficas de un punto dado como resultado de la recepción de señales provenientes de constelaciones de satélites artificiales de la Tierra para fines de navegación, transporte, geodésicos, hidrográficos, agrícolas y otras actividades afines.

Hash buckets

Conocidos también como tabla hash o mapa hash es una estructura de datos que asocia llaves o claves con valores. La operación principal que soporta de manera eficiente es la búsqueda: permite el acceso a los elementos (teléfono y dirección, por ejemplo) almacenados a partir de una clave generada (usando el nombre o número de cuenta, por ejemplo). Funciona transformando la clave con una función

hash en un hash, un número que la tabla hash utiliza para localizar el valor deseado.

ISAM

Método de Acceso Secuencial Indexado o ISAM (por sus siglas en inglés, *Indexed Sequential Access Method*), se trata de un método para almacenar información a la que se pueda acceder rápidamente. ISAM fue desarrollado originalmente por IBM y en la actualidad forma parte del almacenamiento básico de muchos sistemas de bases de datos, tanto relacionales como de otros modelos.

En un sistema ISAM, la información se organiza en registros compuestos por campos de tamaño fijo. Los registros se almacenan secuencialmente, inicialmente para acelerar el acceso en sistemas de cinta. Un conjunto secundario de ficheros dispersos (tablas hash) conocidos como índices contienen “punteros” a los registros que permiten acceder a los registros individuales sin tener que buscar en todo el fichero. Este es el punto de partida para todos los modernos sistemas de bases de datos navegacionales, en los cuales los punteros que dirigen hacia otra información fueron almacenados dentro de los propios registros.

El avance clave que posee ISAM es que los índices son pequeños y pueden ser buscados rápidamente, permitiendo a la base de datos acceder sólo a los registros que necesita. Modificaciones adicionales a la información no requieren cambios a otra información, sólo a la tabla y los índices.

Kalman, filtro

El filtro de Kalman es el principal algoritmo para estimar sistemas dinámicos representados en la forma de estado-espacio. En esta representación el sistema es descrito por un conjunto de variables denominadas de estado. El estado contiene toda la información relativa al sistema a un cierto punto en el tiempo. Esta información debe permitir la inferencia del comportamiento pasado del sistema, con el objetivo de predecir su comportamiento futuro.

Lo que hace al filtro tan interesante es precisamente su habilidad para predecir el estado de un sistema en el pasado, presente y futuro, aún cuando la naturaleza precisa del sistema modelado es desconocida. En la práctica, las variables estado

individuales de un sistema dinámico no pueden ser exactamente determinadas por una medición directa. Dado lo anterior, su medición se realiza por medio de procesos estocásticos que involucran algún grado de incertidumbre en la medición.

LPC

Codificación Linear Predictiva o LPC (por sus siglas en inglés, Linear Predictive Coding) es una herramienta usada principalmente en el procesamiento de audio digital y en el procesamiento de voz, para representar la envolvente espectral de una señal digital de voz en una forma comprimida. Es una de las técnicas de análisis de voz, y uno de los métodos más usados para codificar voz de alta calidad en sistemas de bajo *bitrate* y provee estimados extremadamente exactos de los parámetros en transmisión de voz.

MAP

La Mobile Application Part (MAP) es un protocolo SS7 que provee una capa de aplicación para varios nodos en los núcleos móviles de las redes GSM y UMTS y los núcleos GPRS, para comunicarse con otros para proveer servicios a los usuarios de teléfonos móviles. Es el protocolo a nivel de la capa de aplicación usado para acceder al *Home Location Register*, *Visitor Location Register*, *Mobile Switching Center*, *Equipment Identity Register*, *Authentication Centre*, *Short message service center* y al *Serving GPRS Support Node*.

MEO

Medium Earth Orbit (MEO), u Órbita Media Terrestre, es la región del espacio alrededor de la Tierra por encima de la órbita baja terrestre (2000 km) y por debajo de la órbita geoestacionaria (35786 km).

Los períodos orbitales de los satélites MEO están en el rango de las 2 y 12 horas.

NMEA 0183/2000

NMEA 0183 (o NMEA de forma abreviada) es una especificación combinada eléctrica y de datos entre aparatos electrónicos marinos y, también, más generalmente, receptores GPS. El protocolo NMEA 0183 es un medio a través del cual los instrumentos marítimos y también la mayoría de los receptores GPS pueden comunicarse los unos con los otros. Ha sido definido, y está controlado, por la organización estadounidense National Marine Electronics Association. NMEA 2000 puede ser considerado como el sucesor de NMEA 0183. tiene un incremento significativo de la velocidad de transmisión (250 kbps vs 4.8 kbps). Además usa un formato de mensajes compacto en binario, opuesto a la comunicación serial ASCII de NMEA 0183. Otra distinción entre los dos protocolos es que NMEA 2000 es una red *multiple-talker multiple-listener* mientras que NMEA 0183 es un protocolo de comunicaciones *single-talker multiple-listener*.

OSI

El *Open Systems Interconnection Basic Reference Model* o Modelo de Referencia OSI o simplemente Modelo OSI es una descripción abstracta basada en capas de las comunicaciones y del diseño de los protocolos de las redes de computadoras. Está formado por 7 capas desde arriba hacia abajo: Aplicación, Presentación, Sesión, Transporte, Red, Enlace de Datos y Física. Una capa es el conjunto de procesos relacionados que proveen servicios a una capa superior y reciben servicios de una capa inferior.

Over-the-Air

Over-the-Air o *Wireless* o Inalámbrico es el término normalmente usado para referir a cualquier tipo de operación eléctrica o electrónica que es cumplida sin el uso de una conexión con un cable rígido. Así las comunicaciones inalámbricas son la transferencia de información sobre una distancia sin el uso de isar conductores eléctricos o cables. Las distancias involucradas pueden ser cortas, de algunos metros como en el control remoto de un televisor, o largas (miles y hasta millones de de kilómetros para las radio comunicaciones).

PDU

PDU (en inglés *Protocol Data Units*) Unidades de Datos de Protocolo. Se utiliza para el intercambio de información entre unidades parejas, dentro una capa del modelo OSI en equipos distintos.

PHS

El Personal Handy-Phone System (PHS), comercializado como Personal Access System (PAS), es un sistema para redes móviles que opera en las frecuencias de 1880-1930 MHz, es usado principalmente en Japón, China, Taiwan y en otros países asiáticos.

PRN

Se llama secuencia pseudoaleatoria, secuencia de pseudoruido o código de pseudoruido a cualquier grupo de secuencias binarias que presentan propiedades aleatorias parecidas a las del ruido. Las secuencias de pseudoruido se distinguen de las secuencias aleatorias de verdad en que muestran una periodicidad. Es decir, están formadas por una serie periódica de números positivos y negativos, o bits, de longitud N. A uno de estos bits de una secuencia de pseudoruido se le llama chip. Por lo tanto, a la velocidad de la secuencia se le llama tasa chip, y se mide en chips por segundo (cps).

Roaming

El *Roaming* o itinerancia en español es un concepto utilizado en comunicaciones inalámbricas que está relacionado con la capacidad de un dispositivo para moverse de una zona de cobertura a otra.

En telefonía móvil, el roaming es la capacidad de hacer y recibir llamadas en redes móviles fuera del área de servicio local de su compañía, es decir, dentro de la zona de servicio de otra empresa del mismo país, o bien durante una estancia en otro país diferente, con la red de una empresa extranjera.

RTCM SC-104

La Comisión Radio Técnica para Servicios Marítimos (RTCM, por sus siglas en inglés, *The Radio Technical Commission for Maritime Services*) es una organización internacional de estandarización, que especifica entre otras cosas sistemas de radar, *Emergency Positions Indicating Radio Beacons* y la versión básica de los radios de *Digital Selective Calling*.

SIM, tarjeta

Una tarjeta SIM (siglas en inglés de *Subscriber Identity Module*, Módulo de Identificación del Suscriptor) es una tarjeta inteligente desmontable usada en teléfonos móviles que almacena de forma segura la clave de servicio del suscriptor usada para identificarse ante la red, de forma que sea posible cambiar la línea de un terminal a otro simplemente cambiando la tarjeta. El uso de la tarjeta SIM es obligatorio en las redes GSM.

La típica tarjeta SIM de bajo coste (sólo GSM 11.11) tiene poca memoria, 2-3 KB según describe la especificación (directorío telefónico y poco más). Este espacio de almacenamiento es usado directamente por el teléfono. El segmento de mercado de las tarjetas SIM de bajo costo está en constante declive.

Las tarjetas SIM con aplicaciones adicionales (GSM 11.14) están disponibles con muchas capacidades de almacenamiento diferente, siendo la mayor 512 KB. Tarjetas SIM menores, de 32 KB y 16 KB, son las predominantes en zonas con redes GSM menos desarrolladas. También existen las tarjetas *Large Memory SIM* (SIM de Memoria Grande), con capacidades del orden de 128 a 512 megabytes.

SMPP

SMPP (siglas en inglés de *Short Message Peer-to-peer Protocol*), es un protocolo estándar de telecomunicaciones pensado para el intercambio de mensajes SMS entre equipos que gestionan los mensajes como pueden ser los SMSC (*Short message service center*) o los GSM USSD (*Unstructured Supplementary Services Data server*), y un sistema de solicitud de SMS como puede ser un servidor WAP o cualquier gateway de mensajería.

Se utiliza normalmente para permitir a terceros enviar mensajes (tales como pueden ser los proveedores de contenidos).

SNR

La relación señal/ruido (en inglés *Signal to noise ratio* SNR o S/N) se define como el margen que hay entre la potencia de la señal que se transmite y la potencia del ruido que la corrompe. Se puede calcular así:

$$SNR = \frac{P_{señal}}{P_{ruido}} = \left(\frac{A_{señal}}{A_{ruido}} \right)^2$$

Donde P es la potencia promedio y A es la amplitud RMS. Tanto la amplitud como la potencia de señal y del ruido deben ser medidas en los mismos puntos o en unos equivalentes del sistema y el mismo ancho de banda del sistema. Debido a que muchas señales tienen un rango dinámico muy amplio, la SNR suele ser expresada en términos de una escala logarítmica en decibeles.

$$SNR_{db} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{señal}}{P_{ruido}} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{A_{señal}}{A_{ruido}} \right)$$

SS7

Signaling System #7 (SS7) o Sistema de Señalización #7 es un set de protocolos de señalización telefónica usados en la gran mayoría de las redes de telefonía pública conmutada del mundo. El propósito general es el de configurar mantener y terminar las llamadas telefónicas. Otros usos incluyen la traducción de números, mecanismos de cobro prepago, servicios de mensajes cortos y una variedad de servicios para el mercado.

TDMA

El Acceso múltiple por división de tiempo, TDMA (por sus siglas en inglés, *Time Division Multiple Access*) es una técnica de multiplexación que distribuye las unidades de información en ranuras (slots) alternas de tiempo, proveyendo acceso múltiple a un reducido número de frecuencias. Esta técnica de multiplexación se emplea en infinidad de protocolos, sola o en combinación de

otras, pero en lenguaje popular el término suele referirse al estándar D-AMPS de telefonía celular empleado en Estados Unidos.

Trilateración

Trilateración es un método para determinar posiciones relativas de los objetos usando la geometría de triángulos de manera similar como lo hace la triangulación. A diferencia de esta, que usa medidas de ángulos, junto con al menos una distancia conocida, para calcular la localización de un punto, la trilateración usa la posición conocida de dos o más puntos de referencia, y la distancia medida entre el punto y dichos puntos de referencia. Para poder determinar única y exactamente la posición relativa en un plano 2D usando solo trilateración se necesitan, se necesitan al menos 3 puntos de referencia.

UMTS

Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles, UMTS (por sus siglas en inglés, *Universal Mobile Telecommunications System*) es una de las tecnologías usadas por los móviles de tercera generación (3G). Sucesor de GSM, también llamado W-CDMA. Aunque inicialmente este pensada para su uso en teléfonos móviles, la red UMTS no esta limitada a estos dispositivos, pudiendo ser utilizada por otros. Sus tres grandes características son las capacidades multimedia, una velocidad de acceso a internet elevada, la cual además le permite transmitir audio y video a tiempo real; y una transmisión de voz con calidad equiparable a la de las redes fijas.

Unicode

Unicode es un estándar industrial cuyo objetivo es proporcionar el medio por el cual un texto en cualquier forma e idioma pueda ser codificado para el uso informático. El establecimiento de Unicode ha involucrado un ambicioso proyecto para reemplazar los esquemas de codificación de caracteres existentes, muchos de los cuales están muy limitados en tamaño y son incompatibles con entornos multilingües. Unicode se ha vuelto el más extenso y completo esquema de codificación de caracteres, siendo el más dominante en la internacionalización y

adaptación local del software informático. El estándar ha sido implementado en un número considerable de tecnologías recientes, que incluyen XML, Java y sistemas operativos modernos.

Uplink

Enlace o conexión de subida, es el término general utilizado en un enlace de comunicación en el que se envían datos de un dispositivo final hacia una red.

USIM

Un USIM (*Universal Subscriber Identity Module*) o Módulo de Identificación del Abonado es una aplicación para telefonía móvil UMTS que se ejecuta en una tarjeta inteligente UICC que está insertada en un teléfono móvil 3G. Almacena la información de abonado para su identificación en la red y otras informaciones como mensajes de texto.

UTC

El tiempo universal coordinado, o UTC, también conocido como tiempo civil, es la zona horaria de referencia respecto a la cual se calculan todas las otras zonas del mundo. Es el sucesor del GMT (*Greenwich Mean Time*: tiempo promedio del Observatorio de Greenwich, en Londres) aunque todavía coloquialmente algunas veces se le denomina así. La nueva denominación fue acuñada para eliminar la inclusión de una localización específica en un estándar internacional, así como para basar la medida del tiempo en los estándares atómicos, más que en los celestes.

WAP

Wireless Application Protocol o WAP (protocolo de aplicaciones inalámbricas) es un estándar abierto internacional para aplicaciones que utilizan las comunicaciones inalámbricas, como acceso a servicios de Internet desde un teléfono móvil. Se trata de la especificación de un entorno de aplicación y de un conjunto de protocolos de comunicaciones para normalizar el modo en que los

dispositivos inalámbricos, se pueden utilizar para acceder a correo electrónico, grupo de noticias y otros.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS, REVISTAS, ARTÍCULOS, PAPERS Y SITIOS WEB

ActiveXperts SMS and Pager Toolkit 4.1 - Product Overview.
<http://www.activexperts.com/activsms/>.

America's Air Force, "Global Positioning Systems Wing". Los Angeles Air Force Base. <http://www.losangeles.af.mil/library/factsheets/factsheet.asp?id=5311>.

Barkan Elad, Biham Eli, Keller Nathan. *Instant Ciphertext-Only Cryptanalysis of GSM Encrypted Communication*. Technion - Computer Science Department - Technical Report CS-2006-07. <http://www.cs.technion.ac.il/users/wwwb/cgi-bin/tr-get.cgi/2006/CS/CS-2006-07.pdf>.

Dr. Curry R.G., Mrs. Trejo Tinoco, Mr. Wardle D. *Telecare: Using Information and Communication Technology to Support Independent Living by Older, Disabled and Vulnerable People*. Department of Health Report, Julio 1993.

EFE-Naciones Unidas, "La ONU advierte a España de que en 35 años tendrá la población más envejecida del mundo". El País.com. http://www.elpais.com/articulo/sociedad/ONU/advierte/Espana/35/anos/tendra/poblacion/envejecida/mundo/elpepusoc/20070412elpepusoc_3/Tes

ETSI, "Specialist Task Force 264: Telecare in and outside Intelligent Homes - issues and recommendations for end user aspects (e-Health)". ETSI Portal. http://portal.etsi.org/stfs/STF_HomePages/STF264/STF264.asp.

Franson GpsGate for Windows: Getting started with Franson GpsGate. <http://franson.com/gpsgate/guide.asp?ref=app&v=2.5.0.210>.

GSM Association. "What is GSM?", "About GSMA" y "GSM Roaming – Ecuador". GSM World.com. <http://www.gsmworld.com/technology/what.shtml>. (Revisado el 11 de diciembre, 2007).

GSM Association & Europa Technologies. "GSM Frequency Bands 2006" y . [coveragemaps.com. http://www.coveragemaps.com/gsmposter_freqbands.htm](http://www.coveragemaps.com/gsmposter_freqbands.htm).

GSM Association & Europa Technologies. "GSM World Coverage 2008" y . [coveragemaps.com. http://www.coveragemaps.com/gsmposter_world.htm](http://www.coveragemaps.com/gsmposter_world.htm).

Hards, Steve. *Briefing Paper: What is Telecare?*. Telecare Aware, Mayo 2006.

Heine, Gunnar. *GSM Networks: Protocols, Terminology, and Implementation*. Artech House, 1999.

Knowledge Base. Soporte Técnico Microsoft. <http://support.microsoft.com/kb>.

NAVSTAR GPS Operations. "USNO NAVSTAR Global Positioning System". US Naval Observatory Home Page. <http://tycho.usno.navy.mil/gpsinfo.html>.

N.T.U.A. Biomedical Engineering Laboratory. <http://www.biomed.ntua.gr/beleng/>.

Norris, A.C. *Essentials of Telemedicine and Telecare*. Wiley, 2001.

Person Jon. "Writing Your Own GPS Applications: Part 2 - Causes of Precision Error". Developer Fusion. <http://www.developerfusion.co.uk/show/4652/2/>.

Pettersson Lars. "GSM SMS and the PDU format". DreamFabric.com. <http://www.dreamfabric.com/sms/>.

QRC Technologies. "Frequency Spectrum Chart". QRC Technologies.com.
http://www.qrctech.com/spec_page_new.html.

Reardon, Marguerite. "Mobile WiMax gets green light". CNET News.com.
http://www.news.com/Mobile-WiMax-gets-green-light/2100-7351_3-5987974.html.
(Revisado el 11 de enero, 2007).

Ruggiero C. "Revisión de Tele-radiología". Journal of Telemedicine and Telecare.
<http://www.telemedtoday.com/articlearchive/articles/ateleradiologyprimer.htm>.
(Revisado el 1 de diciembre, 2007).

Telecare 2007. <http://www.bjhc.co.uk/telecare/resources.htm>.

Telecare Aware. <http://www.telecareaware.com>.

The National Marine Electronics Association. <http://nmea.org/index.html>.

Visual GSM. "Wireless Short Message Service (SMS) Tutorial". Visual GSM.com.
http://www.visualgsm.com/wire_sms_index.htm.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, RECOMENDACIONES Y ESTÁNDARES

3GPP TS 03.40 V7.5.0 (2001-12). 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Terminals; Technical realization of the Short Message Service (SMS) (Release 1998).

3GPP TS 03.41 V7.4.0 (2000-09). 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Terminals; Technical realization of Cell Broadcast Service (CBS) (Release 1998).

3GPP TS 23.038 V7.0.0 (2006-03). 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Core Network and Terminals; Alphabets and language-specific information (Release 7).

3GPP TS 45.005 V7.12.0 (2007-11). 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group GSM/EDGE Radio Access Network; Radio transmission and reception (Release 7).

NAVSTAR Global Positioning System Interface specification IS-GPS-200 (7 Marzo 2006). Navstar GPS Space Segment/Navigation User Interfaces (Revision D).

**ANEXO I: CÓDIGO FUENTE DEL
MÓDULO DE USUARIO**


```

//stop, l=sms cada 1 minuto
//*****
//
//*****
//VARIABLES PARA DETECCIÓN DE ERRORES DE LA UART
byte dummy;
#bit ferr = 0x18.2 // bit del Framing error del registro RCSTA
#bit oerr = 0x18.1 // bit del Overrun error en el registro RCSTA
#bit cren = 0x18.4 // bit de configuración de recepción continua
                // (CREN) del registro RCSTA
#byte rcreg = 0x1a // Registro de Recepción de la UART
#byte rcsta = 0x18 // [SPEN, RX9, SREN, CREN, - , FERR, OERR, RX9D]
//Receive Status and Control Register
#byte piel = 0x8C // [PSPIE(1), ADIE, RCIE, TXIE, SSPIE, CCP1IE,
                // TMR2IE, TMR1IE] Peripheral Interrupt Enable
                //Register
//*****
#INT_EXT //Interrupción externa
void alerta() //Rutina de int. Externa
{
    alarma=1; //Activa la alarma
    emergencia=0;
}

void gps_start()
{
    fprintf(gps, "@nc 01000000"); //Envía el comando para habilitación
                                //de trama GPGLL en el GPS
    fputc(0x0A, gps);
    fputc(0x0d, gps); //Envía Enter
    delay_ms(100); //Espera la respuesta del GPS
}

```

```

void gps_on()
{
    fprintf(gps, "@oi 1"); //Configura el GPS para que envíe tramas una
                            //vez por segundo

    fputc(0x0A, gps);
    fputc(0x0d, gps); //Envía Enter
    delay_ms(20); //Espera la respuesta del GPS
}

void gps_stop()
{
    fprintf(gps, "@oi 0"); //Detiene las tramas del GPS
    fputc(0x0A, gps);
    fputc(0x0d, gps); //Envía Enter
    delay_ms(20); //Espera la respuesta del GPS
}

void chk_errors() //Subrutina de detección de errores y desbloqueo de
//la UART en recepción
{
    if(ferr) //Si se tiene un framing error se limpia leyendo el
            //registro RCREG
        dummy = rcreg; //La variable dummy es usada para limpiar RCREG
//despues de ser leído
    if(oerr) //Si se tiene un overrun error se lo limpia reseteando
            //la bandera CREM
        { cren = 0; cren =1;}
}

char timed_getc() //Espera por caracteres desde el GPS con detección
de desconexión
{
    char temp;

```

```
char retval;

temp=fgetc(gps); //temp guarda el caracter desde la UART
chk_errors(); //chequeo de errores de recepción

if (temp==0) //temp=0 si no se recibió caracteres en el timeout
especificado
    retval=0;
else
    retval=temp;
return(retval); //Retorna 0 si no se recibio datos o el caracter
en caso contrario
}

void chk_gstatus(char c) //Habilita flag de desconexión de GPS
{
    if (c==0)
        g_status=1;
    else
        g_status=0;
}

void gps_check() //Rutina de comprobación del estado de la conexión
del GPS
{
    int i=0;
    char c;
    gps_on();
    do
    {
        c=timed_getc(); //Lee los caracteres desde la UART y comprueba
//su estado
```

```

chk_gstatus(c); //Status del GPS

if (g_status==1) //Si hay desconexión sale de la función
    goto end;

}while (c!='$'); //Esperar hasta encontrar el inicio de una trama
GPGLL

while (c!=13) //Guarda los datos en el string str_gps hasta que
encuentre el fin de la trama
{
    str_gps[i]=c;
    i++;
    c=timed_getc();
    chk_gstatus(c); //Chequea permanentemente la desconexión del
GPS
    if (g_status==1)
        goto end;
}
if(str_gps[39]=='A') //GPS con datos validos
{
    bit_clear(a,0); //Enciende un pin del LED del GPS para obtener
verde
    bit_set(a,1);
}
Else //GPS con datos no confiables
{
    bit_set(a,0); //Enciende dos pines del LED del GPS para obtener
naranja
    bit_set(a,1);
}
end: gps_stop(); //Detiene la comunicación con el GPS
}

void mux_gps() //Multiplexa la salida del GPS a la entrada del PIC

```

```
{
    bit_clear(b,1);
    delay_us(1);
}

void mux_cel()    //Multiplexa la salida del celular a la entrada del
PIC
{
    bit_set(b,1);
    delay_us(1);
}

void cel_start()    //Configuración inicial del celular
{
    fprintf(cel,"AT+CMGF=1\n\r"); //Formato texto para operar mensajes
de texto
    delay_ms(300);    //Espera por respuesta del celular
    fprintf(cel,"AT+CPMS="); //Guarda los mensajes enviados y recibidos
    fputc('"',cel);
    fprintf(cel,"ME");    //En memoria interna
    fputc('"',cel);
    fprintf(cel,"\n\r");
    delay_ms(800);
    fprintf(cel,"ATE0\n\r"); //Desactiva eco del celular
    delay_ms(100);
}

void cel_on()    //Comando para ver conexión del celular
{
    fprintf(cel,"AT\r");
}
```

```

void chk_cstatus(char c) //Habilita flag de desconexión de celular
{
    if (c==0)
        c_status=1;
    else
        c_status=0;
}

char timed_cgetc() //Espera por caracteres desde el celular con
detección de desconexión
{
    char temp;
    char retval;

    temp=fgetc(ctl); //temp guarda el caracter desde la UART
    chk_errors(); //Chequeo de errores de recepción

    if (temp==0) //temp=0 si no se recibieron caracteres en el timeout
especificado
        retval=0;
    else
        retval=temp;
    return(retval); //Retorna 0 si no se recibio datos o el caracter
en caso contrario
}

void cel_check() //Rutina de comprobación del estado de la conexión
del GPS
{
    char c;
    cel_start();
    cel_on();
    do

```

```

{
    c=timed_cgetc();    //Lee los caracteres desde la UART y
comprueba su estado
    chk_cstatus(c);
    if (c_status==1)
        goto end;
}while (c!='0');    //Esperar hasta encontrar un OK

if(c_status==0)    //Chequea continuamente conexión del celular
{
    bit_set(a,3);    //Enciende LED verde de celular
    bit_clear(a,2);
}
end: return;
}

void del_sms()    //Borra mensaje recibido o enviado del celular
{
    fprintf(ctl,"AT+CPMS="); //Elige trabajar con memoria interna del
celular
    fputc('"',ctl);
    fprintf(ctl,"ME");
    fputc('"',ctl);
    fprintf(ctl,"\n\r");
    delay_ms(800);
    fprintf(ctl,"at+cmgd=1\n\r"); //Borra el mensaje que se encuentra
en la posición 1 de la memoria
    delay_ms(100);
}

void sms_check()    //Verifica llegada de nuevos mensajes de texto
{
    char c,clave[5];
    int i;

```

```

    fprintf(cel,"at+cmgl=");           //Despliega todos los
mensajes llegados con la carateristica de "no leidos"
    fputc(' ',cel);
    fprintf(cel,"rec unread");
    fputc(' ',cel);
    fprintf(cel,"\n\r");
do
{
    c=getc(cel);
    chk_errors();
}while(c!='+' && c!='O' && c!=0x00); //Espera la llegada de +, un
OK o un 0x00

if(c=='+') //Hay mensaje nuevo
{
    do
    {
        c=getc(cel);
        chk_errors();
    }while(c!=10); //Espera hasta encontrar retorno de carro \n

    c=getc(cel); //Recibe el cuerpo del mensaje
    chk_errors();
    if(c=='$') //Mensaje de petición de posición válido
    {
        for(i=0;i<4;i++) //Recibe solo 4 valores y los guarda en la
variable clave
        {
            c=getc(cel);
            clave[i]=c;
        }
    }
}

```

```

        if(!strcmp(clave,rqs_pos)) //Compara la clave de petición de
posición
    {
        sms_pend=1; //Si es la clave, activa la flag de alarma
        emergencia=0;
    }
    else
    {
        if(!strcmp(clave,norqs_pos)) //Compara clave de anulación
de alerta
    {
        bit_clear(b,7);
        sms_pend=0;
        alarma=0;
    }
    }
    }
    del_sms();
}

void modules_check() //Chequeo de módulos externos
{
    int i;
    for(i=0;i<4;i++) //Chequea 4 módulos
    {
        if(bit_test(b,i+3)) //El módulo está en alarma
si se detecta un 1 en estos pines
    {
        alarma=1;
        emergencia=0;
    }
    }
}

```

```

}

void send_sms() //Envía mensajes de texto
{
    disable_interrupts(GLOBAL); //Deshabilita las interrupciones
    cel_start(); //Configura el celular (envio en formato texto)
    fprintf(cel, "at+cmgs="); //Incluye número de destino
    fputc(' ', cel);
    fprintf(cel, "095028304");
    fputc(' ', cel);
    fprintf(cel, "\n\r");
    delay_ms(500);
    fprintf(cel, "$1234$0001"); //Clave de verificación y código de
    usuario
    fprintf(cel, "%s\n\r", str_gps); //Información del GPS
    fputc(26, cel); //Envía el mensaje con ctrl+z
    delay_ms(3000);
    enable_interrupts(GLOBAL);
}

void main()
{
    // Configuración de la UART para recepción continua:
    //          RCSTA [SPEN, RX9, SREN, CREN, - , FERR, OERR, RX9D]
    *rcsta= 0x90; // [ 1 0 0 1 - 0 0 0 ]
    set_tris_a(0x00); //Todos los pines del Pórtico A como salidas
    set_tris_b(0b01111001); //Todos los pines del Pórtico B como
    salidas excepto el 0 que es entrada de interrupción externa
    a=0;
    b=0b00000001;
}

```

```

    ext_int_edge(H_TO_L); //Habilita la detección de interrupción
externa por flanco negativo
    enable_interrupts(INT_EXT); //Habilita la interrupción externa
    enable_interrupts(GLOBAL); //Habilita las interrupciones globales
//*****
//Subrutinas de Comprobación de Inicio y Configuración del GPS
    delay_ms(500);
    gps_start(); //Arranca el GPS y lo configura
    gps_stop(); //Detiene el envío de tramas del GPS
    for(;;) //Empieza lazo repetitivo indefinidamente
    {
        mux_gps(); //Activa recepción de datos GPS
        gps_check(); //Chequea el estado del GPS
        mux_cel(); //Activa recepción de datos del celular
        cel_check(); //Chequea estado del celular
        while (g_status==1 || c_status==1) //Enciende led rojo si no se
detecta el GPS
        {
            if(g_status==1)
            {
                bit_set(a,0); //Led rojo de GPS se enciende
                bit_clear(a,1); //Led verde de GPS se apaga
            }
            mux_gps();
            gps_check();
            mux_cel();
            cel_check();
            if(c_status==1) //Enciende Led rojo de celular
            {
                bit_set(a,2);
                bit_clear(a,3);
            }
        }
    }

```

```

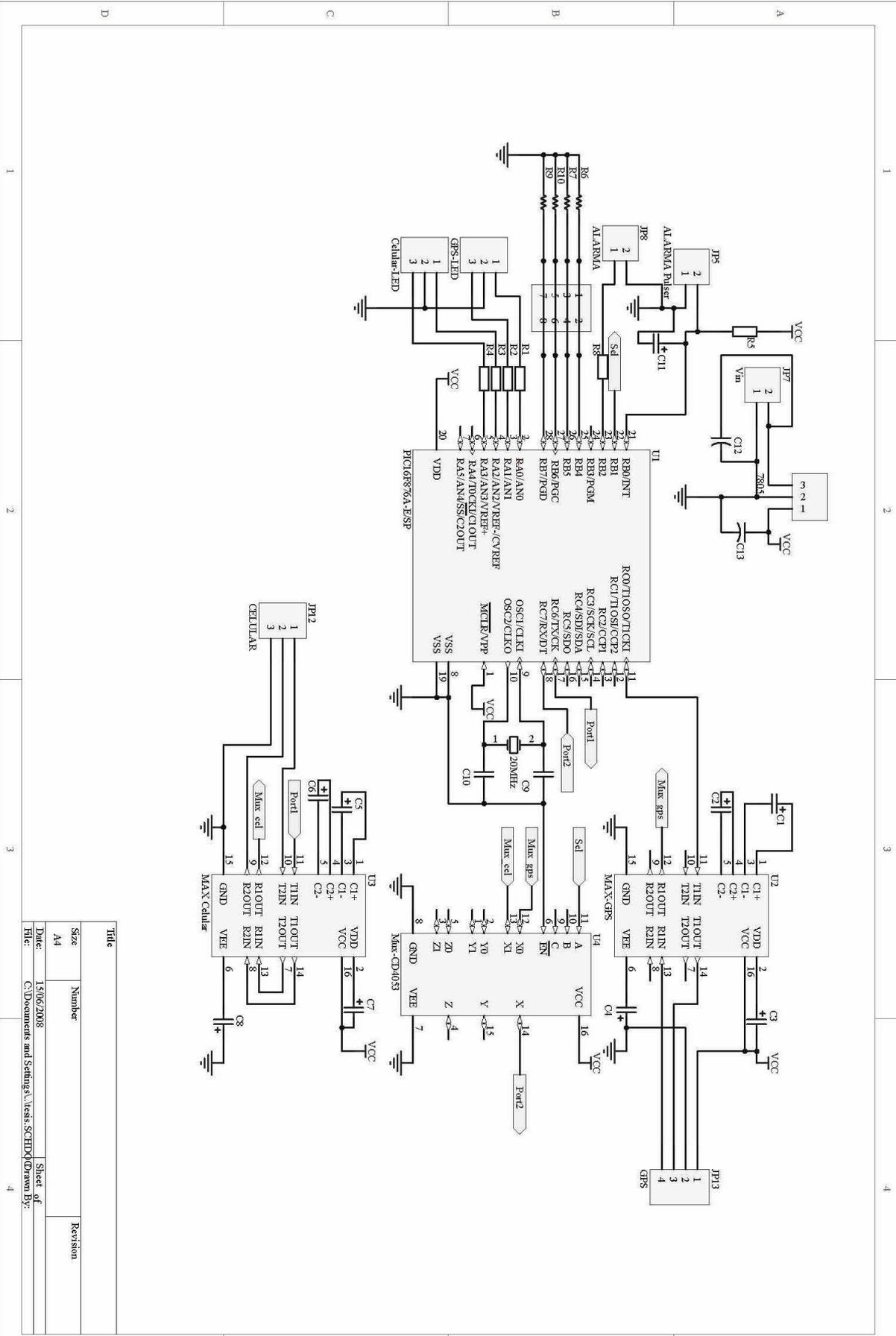
    mux_cel();
}
mux_cel();
sms_check();           //Chequea mensajes nuevos en el celular
modules_check();      //Chequea módulos externos

if(alarma==1 || sms_pend==1) //Verificación de banderas de
alarma
{
    bit_set(b,7);       //Enciende Led de alarma

    if(emergencia>=15 || emergencia==0) //Es el primer mensaje
a enviarse
    {
        //No se cumplió tiempo de reenvio
        send_sms();     //Envía el mensaje
        del_sms();     //Borra mensaje enviado
        emergencia=1;
    }
    emergencia++;      //Incrementa contador para reenvío de
mensaje
}
delay_ms(1000);
}
}

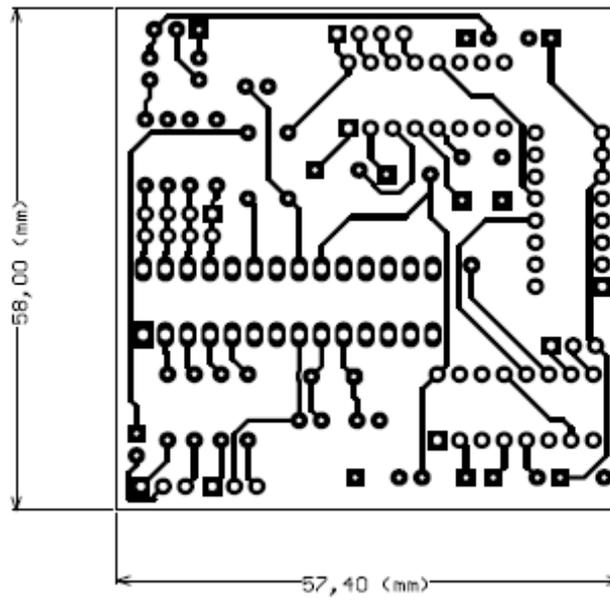
```

ANEXO 2: ESQUEMÁTICOS Y DIAGRAMAS PCB

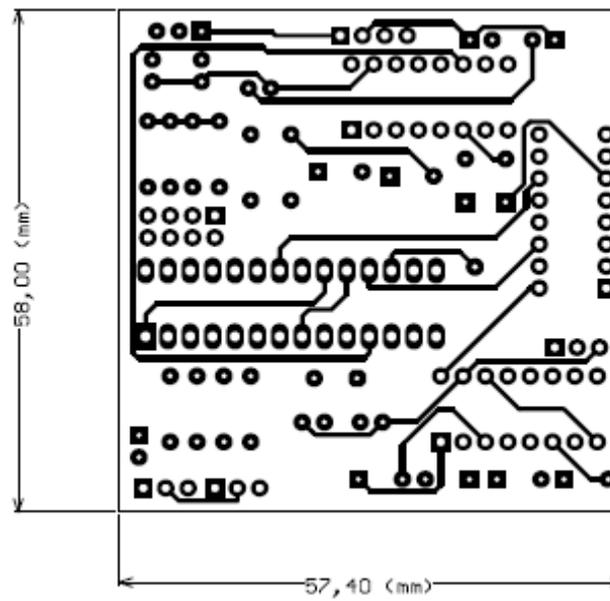


Title		Number		Revision	
Size	A4				
Date:	13/06/2008	Sheet of			
File:	G:\Documents and Settings\Nesis\SCHDO\Otrava By:				

TOP



BOTTOM



ELEMENTOS

