

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
CONTROL DE ACCESO DOMICILIARIA VÍA SMS POR
CELULAR”**

CÉSAR FABIÁN RODRÍGUEZ VACA

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2006

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado titulado “Diseño e Implementación de un Sistema de Control de Acceso Domiciliaria vía SMS por celular”, fue realizado en su totalidad por el señor César Fabián Rodríguez Vaca, portador de la cédula de identidad No.171476464-2, como requerimiento parcial a la obtención del título de Ingeniero Electrónico con especialidad en Telecomunicaciones, bajo nuestra dirección.

Ing. Fabián Sáenz

DIRECTOR

Ing. Carlos Romero

CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios principalmente por tener a mis padres conmigo y permitirme darles una alegría, como es la posibilidad de obtener mi Título de Ingeniero. Por darme todo lo que tengo, gracias a El

Agradezco a mis padres por todo lo que han sabido ser, padres y amigos infallibles a pesar de los errores que he cometido. Por apoyarme siempre y en todo sentido, por confiar en mí y hacerme lo que soy.

Agradezco a mi familia que siempre estuvo a mi lado, apoyándome y dándome ánimos para seguir adelante, convirtiéndose en mi fuente de inspiración y fuerza para seguir adelante.

Agradezco a los Ingenieros que han sabido ser más que profesores, amigos en quien uno se puede apoyar cuando necesita y personas con quien se puede disfrutar los buenos momentos de la vida.

Muchas personas ya no están a mi lado, no por eso disminuye la importancia que han tenido en mi vida, gracias a ellos y que Dios les bendiga.

César Rodríguez V.

DEDICATORIA

Dedico la realización del presente proyecto a mis padres, a quienes, dando gracias a Dios, siguen a mi lado permitiéndome seguir aprendiendo de ellos y disfrutar de su compañía. Sin su presencia y apoyo no hubiera podido culminar esta etapa de mi vida.

César Rodríguez V.

PRÓLOGO

Los teléfonos celulares han hecho posible que características como la movilidad y ubicación, pueda tener cada persona que disponga de su celular a la mano. A esto se puede añadir la característica de accionamiento por medio del celular, es decir que podemos activar aparatos eléctricos sin necesidad de estar presentes, lógicamente gracias a las ventajas explotadas tanto a los celulares como a las computadoras.

Es así como se ha creado el proyecto de grado titulado “DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL DE ACCESO DOMICILIARIA VÍA SMS POR CELULAR”, con el cual se ha conseguido obtener un sistema que abre una chapa eléctrica con el envío de un mensaje de texto (SMS).

El sistema requiere para su implementación y funcionamiento, a más del teléfono celular, un computador, el cual de no tenerlo disponible en el lugar deseado para ubicar el sistema, no se explica el motivo o necesidad de implementar un sistema como este.

Debido a que el software Visual Basic, facilita la creación de programas con entorno gráfico y la posibilidad del manejo de todos los puertos de una manera segura y fácil, se lo ha utilizado como herramienta para el desarrollo del software del sistema y será la parte que maneje el usuario para la realización de todas las acciones y cambios que se pueden hacer en el sistema.

Las aplicaciones del sistema abarcan parte del campo de la domótica por ejemplo, si activamos un foco en lugar de la chapa eléctrica, se puede tener un simulador de presencia. Puede trabajar como controlador de una alarma, pudiendo realizarse el ingreso de la clave a través del celular ya sea para la activación o desactivación de la alarma, entre otras muchas aplicaciones, las cuales van a ir creciendo conforme aumenten las necesidades y comodidades que los usuarios.

ÍNDICE GENERAL

TEMA	PÁGINA
CAPITULO I	
INTRODUCCIÓN	1
1.1. DESCRIPCIÓN DEL CAPÍTULO	1
1.2. DESARROLLO	1
CAPITULO II	
ESTUDIO DE TELEFONOS CELULARES	5
2.1. DESCRIPCIÓN DEL CAPITULO	5
2.2. HISTORIA DE LA TELEFONÍA CELULAR	9
2.3. TECNOLOGÍA CELULAR	10
2.3.1. Comunicaciones móviles de primera generación	11
2.3.1.1. FDMA	12
2.3.2. Comunicaciones móviles de segunda generación	15
2.3.2.1. TDMA	16
2.3.2.2. CDMA	17
2.3.2.2.1. Atributos del sistema CDMA IS-95/J-STD-008	17
2.3.2.2.2. Desventajas del sistema CDMA	19
2.3.2.2.3. Evolución de CDMA	20
2.3.2.3. GSM	21
2.3.2.3.1. Características del servicio GSM	22
2.3.2.3.2. Tipo de Vocoder	22
2.3.2.3.3. Codificación y Modulación de Canal	23
2.3.2.3.4. Reutilización de Frecuencias y división en Celdas	25
2.3.2.3.4.1. Propiedades de la Geometría Celular	25

2.3.2.3.4.2. Tasa de re-uso co-canal o factor de reducción de interferencia co-canal	27
2.3.2.3.4.3. Distancia de reuso de frecuencia	27
2.3.2.3.4.4. Ubicación de celdas con iguales canales	29
2.3.2.3.4.5. Transferencia de llamadas entre celdas – HANDOFF	29
2.3.2.3.4.5.1. Tipos de handoff	30
2.3.2.3.4.5.2. Número de handoff por llamada	32
2.3.2.3.4.5.3. Inicialización del handoff.	32
2.3.3. Comunicaciones móviles de tercera generación	34
2.3.3.1. Proceso de estandarización de los sistemas de tercera generación	37
2.3.3.2. WCDMA	43
2.3.3.3 EDGE	44

CAPÍTULO III

SERVICIO DE MENSAJERÍA ESCRITA	47
3.1. DESCRIPCIÓN DEL CAPÍTULO	47
3.2. DEFINICIÓN	47
3.3. HISTORIA Y CARACTERÍSTICAS	47
3.4. BENEFICIOS	49
3.5. APLICACIONES PARA SMS	49
3.6. ELEMENTOS DE LA RED Y SU ARQUITECTURA	51
3.6.1. Capas de la arquitectura	54
3.6.1.1. Nivel SM-TL y protocolo SM-TP	55
3.7. PROTOCOLOS MÁS EMPLEADOS	55
3.8. MODO DE LECTURA DE MENSAJES	55
3.8.1. Modo PDU	55
3.8.1.1. SMS-SUBMIT	58
3.8.1.2. SMS-DELIVER	59
3.8.2. Modo texto	60

CAPÍTULO IV

COMANDOS AT	63
4.1. DESCRIPCIÓN DEL CAPÍTULO	63
4.2. LAS COMUNICACIONES ENTRE ORDENADORES	63
4.2.1. Naturaleza de La Información	66
4.2.2. Módem	66
4.2.2.1. Funcionamiento del Módem	67
4.2.2.2. Estándares de Modulación	69
4.2.2.3. Tipos de modulación	69
4.2.3. Codificación de la Información	70
4.2.4. Estándares de Control de Errores	71
4.2.5. Protección contra Errores	72
4.2.6. Estándares de Compresión de Datos	74
4.2.7. Conectores para Módem	75
4.3. COMANDOS AT	76
4.3.1. Forma general de los Comandos AT	78
4.3.2. Principales Comandos AT	80
4.3.3. Uso de los Comandos AT	87
4.3.4. Presentación de los Comandos AT	88
4.3.5. Los Registros S	88
4.3.5.1. Lectura de un Registro S	89
4.3.5.2. Valores Predeterminados del Registro S	89
4.3.5.3. Modificación de un Registro S	89
4.3.5.4. Programación de los Registros S	89
4.3.5.5. Referencia de Comandos del Registro S	90

CAPÍTULO V

USB	95
5.1. DESCRIPCIÓN DEL CAPÍTULO	95
5.2. HISTORIA	96
5.3. USB	96
5.3.1. Velocidades del USB	97

5.3.2. Bus serie USB y estándar IEEE-1394	98
5.3.3. El futuro del bus serie USB	99
5.3.4. Arquitectura del USB	99
5.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA USB	100
5.4.1 Interconexión USB	100
5.4.1.1 Topología del Bus	100
5.4.1.1.1 Controlador	101
5.4.1.1.2 Concentradores o Hubs	101
5.4.1.2 Modelo del flujo de datos	102
5.4.2 Host USB	104
5.4.3 Dispositivos USB	105
5.5 INTERFAZ FÍSICA	106
5.5.1 Especificaciones Mecánicas	106
5.5.1.1 Conector USB	106
5.5.1.2 Colores internos del cable USB	107
5.5.1.3 Características del cable USB	108
5.5.2 Especificaciones Eléctricas	108
5.5.2.1 Transmisión USB	108
5.5.2.2 NRZI	109
5.5.2.3 Bit Stuffing	110
5.5.2.4 Sync Pattern	110
5.5.2.5 Características del Driver USB	110
5.5.2.6 Identificación de la velocidad de un dispositivo	111
5.5.2.7 Power (Vbus)	112
5.6 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN	113
5.6.1 Transferencia del USB	113
5.6.2 Endpoints del dispositivo	115
5.6.3 Pipes	115
5.6.4 Campos comunes de los paquetes USB	116
5.7 TIPO DE TRANSFERENCIAS EN EL USB	117
5.7.1 Transferencia de Control	117
5.7.2 Transferencia Isócrona	118
5.7.3 Transferencia de Interrupción	118
5.7.4 Transferencia Bulk	118

CAPÍTULO VI	
IMPLEMENTACIÓN	119
6.1. DESCRIPCIÓN DEL CAPÍTULO	119
6.2. SOFTWARE CONTROLADOR	119
6.2.1. Primer Formulario	120
6.2.2. Segundo Formulario	121
6.2.2.1. Conectar	121
6.2.2.2. Desconectar	124
6.2.2.3. Configurar	125
6.2.2.4. Salir	125
6.2.3. Tercer Formulario	127
6.2.4. Cuarto Formulario	127
6.3. ETAPA DE POTENCIA	131
CAPÍTULO VII	
ANÁLISIS ECONÓMICO	134
7.1. DESCRIPCIÓN DEL CAPÍTULO	134
7.2. COMPONENTES Y PRECIOS	134
CAPITULO VIII	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	136
8.1. CONCLUSIONES	136
8.2. RECOMENDACIONES	137
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	139
ANEXO A: Datasheets	140
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE DATASHEETS	

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL CAPÍTULO

En el presente capítulo por tratarse de la introducción trataremos todos los temas relacionados con el desarrollo del proyecto de grado, pero de una manera rápida y general, debido a que todos los temas serán explicados con más detalle en cada uno de los capítulos posteriores a este.

1.2. DESARROLLO

Desde que se inventaron los primeros teléfonos móviles hasta nuestros días, las prestaciones de estos dispositivos han mejorado considerablemente. De las pantallas de 2 líneas en modo texto se ha evolucionado hasta displays gráficos, sonido de calidad MP3, programación con WAP, redes de tercera y cuarta generación en telefonía celular, conexión por infrarrojos, y muchos otros inventos que seguro llegarán. Por esta y por otras razones, a nivel mundial, se ha creado una creciente dependencia hacia los teléfonos celulares, así a la par de la evolución de las prestaciones de los mismos, van creciendo las aplicaciones orientadas a nuestra vida cotidiana que están basadas en los teléfonos celulares. Este es un ejemplo de las aplicaciones de los celulares, son parte del mundo de la automatización domiciliaria, el accionamiento vía SMS celular se puede aplicar a muchos campos de las labores cotidianas, en este caso hemos tomado el ejemplo de abrir una chapa eléctrica, esto no quiere decir que este proyecto no se pueda ampliar a otros campos, por el contrario, se necesita cambiar las validaciones y aumentar ciertas sentencias para la realización de todas las acciones deseadas.

El acceso domiciliario vía SMS por celular se lo realizó a través de dos teléfonos celulares, el cable para transmisión de datos del celular, una PC y una pequeña etapa de potencia para el manejo de la cerradura eléctrica.

En lo referente a los dos teléfonos celulares: Uno lo llamaremos base; se utilizó un celular marca motorola, modelo V3, por dos razones principalmente: la primera es la disponibilidad del teléfono y la segunda, la más importante, es que el conector que va al celular es seguro y no necesita mayor maniobrabilidad para que sea reconocido por el teléfono celular. Este celular base debe estar conectado al computador todo el tiempo, mientras se quiera tener activado el sistema.

El otro teléfono celular, lo llamaremos móvil; es el que se tiene para realizar nuestras labores y lo llevamos con nosotros.

El cable para transmisión de datos: Debe ser el adecuado para el celular base, hoy por hoy viene únicamente para comunicación vía USB, o al menos en nuestro medio no es muy común el cable con conector serial, y este cable debe estar conectado al celular base y a la PC. La PC como ya se ha mencionado, es en donde estará conectado el teléfono base, a través del cable para transmisión de datos.

Etapa de potencia: Está compuesta por un opto-acoplador, una resistencia y un SSR (State Solid Relay) ó Relay de estado sólido.

Cabe recalcar que el proyecto no depende de la tecnología de los teléfonos de manera directa, depende mas bien del modelo de celular que va a hacer de base ya que no todos los teléfonos, aún de la misma marca, responden a los mismos comandos AT, que son los encargados de realizar la función de carga y descarga de información de los celulares.

Para la realización de este proyecto, se necesitan ciertos conocimientos previos, los cuales se irán ampliando en cada uno de los capítulos posteriores, por el momento veremos las características principales de cada uno de los mismos.

En el capítulo II se realiza el estudio de teléfonos celulares, los cuales, son una necesidad actualmente, con las ventajas y desventajas que esto representa. Entre las ventajas está la automatización, de la cual es parte el presente proyecto, en donde se puede realizar casi todas las labores tanto de la casa como de la oficina, desde su teléfono celular, utilizando como principal herramienta el computador, que es el encargado de revisar y dirigir cada una de las acciones a realizarse, a través de algún programa diseñado para dichas funciones. Se pretenderá ampliar los conocimientos sobre las tecnologías celulares, proyecciones para el futuro y crear una idea más clara de los sistemas celulares para que cada uno sea capaz de identificar el mejor sistema de acuerdo a su necesidad, teniendo presente las fortalezas y debilidades de cada uno de los sistemas.

En el capítulo III se pone a consideración información sobre el servicio de mensajería escrita (SMS), el cual no se pensó en un inicio, llegaría a tomar la importancia que tiene hoy por hoy, especialmente entre la gente joven, llegando a tener incluso cierto grado de dependencia de los mismos, sin embargo no podemos dejar de lado los grandes beneficios que se pueden llegar a obtener con los mismos. Estas razones a más del hecho de su costo relativamente bajo y la seguridad que el mensaje llegue a su destino, en caso de no haber sido notificada de lo contrario la persona que envió el mensaje, han sido las razones para escoger este servicio como el motor del presente proyecto.

El capítulo IV contiene todo lo referente con los comandos AT, que a pesar de ser desconocidos por muchas personas, son de gran utilidad al momento de comunicarse con cualquier tipo de modem, y sus aplicaciones pueden ir desde la descarga de información hasta los virus más poderosos existentes hoy por hoy en los teléfonos celulares, su modo de operación es por lo general como un enlace punto-multipunto, en donde se envía mensajes desde cualquier transmisor infrarrojos a receptores, que pueden ser los teléfonos celulares, igualmente infrarrojos, comandos no reconocidos por los teléfonos, a más de ciertas instrucciones y con la ayuda de un amplificador de señal, de seguro unos cuantos celulares a unos pocos metros a la redonda se pueden ver afectados, en el mejor de los casos únicamente descargando su información o provocando que el celular se apague cada vez que se intente realizar una acción, cualquiera que esta sea o muchas otras cosas. Por tanto estos comandos son herramientas poderosas para configurar o desconfigurar cualquier tipo de modem.

Uno de los puertos más comunes y utilizados es el puerto USB, cuyas especificaciones y características las veremos en el capítulo V. Es de considerable importancia el conocimiento de este puerto ya que a través del mismo se realizan actividades como guardar y compartir información, manejo de periféricos y todo tipo de acciones que se realizaba antes de manera separada debido a la necesidad de adición de tarjetas.

Para la explicación del proyecto en sí, su realización tanto en software como en hardware está el capítulo VI, que es: Implementación del Sistema controlador del accionamiento de una puerta eléctrica vía celular, aquí constará el código del programa, la explicación del mismo, presentación de las ventanas (conocidos como formularios en Visual Basic), diseño y diagrama de la etapa de potencia, así como también justificaciones del uso del programa y de los componentes.

El capítulo VII está dedicado a lo que se relaciona con los precios de los componentes, costo de prueba, costo de comercialización así como también un pequeño análisis de factibilidad de comercialización del proyecto.

Como último capítulo se presenta el capítulo VIII, el cual se enfoca en las conclusiones obtenidas en la realización del proyecto, así como también unas pequeñas recomendaciones, las cuales deberán tomarse en cuenta para la realización de proyectos en los cuales se vaya a tener de base este proyecto o parte del mismo.

De aquí en adelante, corre por cuenta de cada uno la aplicación y utilización de los conocimientos recordados o adquiridos a continuación. El presente proyecto se puede enfocar a todo lo que se refiere a la automatización de la casa, por tanto les será de mucho interés para quienes tengan gusto por este gran campo de la electrónica.

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE TELÉFONOS CELULARES

2.1. DESCRIPCIÓN DEL CAPÍTULO

En el presente capítulo vamos a tratar lo relacionado con la telefonía celular, tecnologías de los teléfonos celulares, así como también los principales sistemas y modos de acceso, dependiendo de cada generación; trataremos de enfocarnos en lo referente a CDMA y GSM así como su evolución y perspectivas.

2.2. HISTORIA DE LA TELEFONÍA CELULAR.

El 17 de Junio de 1946, AT&T introdujo el primer servicio telefónico móvil en los Estados Unidos en San Luis, Missouri. El sistema operaba con 6 canales en la banda de 150 MHz con un espacio entre canales de 60 KHz y una antena muy potente. Este sistema se utilizó para interconectar usuarios móviles (usualmente autos) con la red telefónica pública, permitiendo así, llamadas entre estaciones fijas y usuarios móviles.

Un año después, el servicio telefónico móvil se ofreció en más de 25 ciudades de los EE.UU. y unos 44.000 usuarios en total aunque por desgracia había 22.000 más en una lista de espera de cinco años. Estos sistemas telefónicos móviles se basaban en una transmisión de Frecuencia Modulada (FM).

La mayoría de estos sistemas utilizaban un solo transmisor muy poderoso para proveer cobertura a más de 80 km desde la base. Los canales telefónicos móviles de FM evolucionaron a 120 KHz del espectro para transmitir la voz con un ancho de banda de 3KHz. Aunque se esperaban mejoras en la estabilidad del transmisor, en la figura de ruido y en el ancho de banda del receptor.

La demanda para el servicio de telefonía móvil creció rápidamente y permaneció por detrás de la capacidad disponible en muchas de las ciudades de gran tamaño. Es increíble que a pesar de la demanda hayan pasado más de 30 años para cubrir las necesidades de telefonía móvil. La capacidad del sistema era menor que el tráfico que tenía que soportar, por ello, la calidad del servicio era terrible, las probabilidades de bloqueo eran del 65% o más altas. La inutilidad del teléfono móvil disminuyó la frecuencia de su uso ya que los usuarios encontraron que era mejor prevenir no hablando en horas picos. Los usuarios y las compañías telefónicas se dieron cuenta que un conjunto de canales no sería suficiente para desarrollar un servicio telefónico móvil útil. Se necesitarían grandes bloques del espectro para satisfacer la demanda en áreas urbanas.

En 1949, la FCC (Comisión Federal de Comunicaciones), que es el organismo que regula las comunicaciones en los EE.UU., dispuso más canales y la mitad se los dio a la compañía Bell System y la otra mitad a compañías independientes como la RCC (Radio Common Carriers), con la intención de crear la competencia y evitar los monopolios. Fue a mediados de los 50 cuando se creó el primer equipo para viajar en auto de menor tamaño. Esto sucedió en Estocolmo, en las oficinas centrales de Ericsson pero no fue sino 10 años después cuando los transistores redujeron en peso, tamaño y potencia para poder introducirlos al mercado.

En 1956, la Bell System comenzó a dar servicio en los 450 MHz, que era una nueva banda para tener una mayor capacidad. En 1958, la Richmond Radiotelephone Co. mejoró su sistema de marcado conectando rápidamente las llamadas de móvil a móvil. A mediados de los 60's el Sistema Bell introdujo el Servicio Telefónico Móvil Mejorado (IMTS por sus siglas en inglés) con características mejoradas. Las mejoras en el diseño del transmisor y del receptor permitieron una reducción en el ancho de banda del canal de FM de 25-30 KHz.

A finales de los 60's y principios de los 70's el trabajo comenzó con los primeros sistemas de telefonía celular. Las frecuencias no eran reutilizadas en células adyacentes para evitar la interferencia en estos primeros sistemas celulares.

En enero 1969 la Bell System aplicó por primera vez el reuso de frecuencias en un servicio comercial para teléfonos públicos de la línea del tren de N.Y. a Washington, D.C. Para desarrollar este sistema se utilizaron 6 canales en la banda de 450 MHz en nueve zonas a lo largo de una ruta de 380 km.

Se debe reconocer que la primera generación de radio celular analógico no fue una nueva tecnología pero si una nueva idea: el de reorganizar la tecnología existente IMTS a gran escala. Mientras que las comunicaciones de voz utilizaron el mismo FM analógico que se había estado usando desde la II Guerra Mundial, dos mejoras importantes hicieron el concepto celular realidad. A principios de los 70's se inventó el microprocesador; aunque los algoritmos complejos de control se implantaban en lógica con cables, el microprocesador hizo más fácil la vida de todos. La segunda mejora fue en el uso de un enlace de control digital entre el teléfono móvil y la estación base. No fue sino hasta marzo de 1977 cuando la FCC aprobó que Bell probara un sistema celular en Chicago.

En 1978, en EE.UU. comenzó a operar el Servicio Telefónico Móvil Avanzado o Advanced Mobile Phone Service (AMPS). En ese año, 10 células cubrían 355.000 km cuadradas en el área de Chicago, operando en las nuevas frecuencias en la banda de 800 MHz. Esta red utilizaba circuitos integrados LS, una computadora dedicada y un sistema de conmutación, lo que probó que los sistemas celulares podían funcionar.

El desarrollo de AMPS fue muy rápido, un sistema comenzó a operar en mayo de 1978 en Arabia Saudita, otro en Tokio en diciembre de 1979 y el primero en nuestro país en 1981. Entonces, surgió por parte de la FCC otro requisito de competencia. Un proveedor de servicio celular tenía que coexistir con la Bell System en el mismo mercado (Bandas A y B). Entonces Ameritech entró en Chicago el 12 de octubre de 1983.

AT&T desarrolló un modelo junto con Motorola conocido como Dyna-TACS o TACS que significa Total Access Communications System, el cual se puso en marcha en Baltimore y en Washington D.C. por la compañía Cellular One el 16 de diciembre de 1983.

Otro estándar que surgió fue el de AURORA-400 en Canadá en febrero de 1983 utilizando equipo de GTE y NovAtel. Este sistema llamado descentralizado opera en los

420 MHz y utilizaba 86 células, funcionando mejor en áreas rurales por su poca capacidad pero cobertura amplia. En Europa, el sistema celular Telefonía Móvil Nórdico o Nordic Mobile Telephone System NMT450 inició operaciones en Dinamarca, Suecia, Finlandia y Noruega en el rango de 450 MHz. En 1985 la Gran Bretaña empezó a usar TACS en la banda de 900 MHz. Más tarde, Alemania Occidental implementó C-Netz, Los franceses Radiocom 2000, y los Italianos RTMI/RTMS. Todos ellos ayudaron a que hubiera nueve sistemas incompatibles, a diferencia de los EE.UU. que no sufrían de este problema. Desde aquí se pensó en un plan para crear un sistema digital único para Europa.

Para ejemplificar el desarrollo del mercado, la industria celular creció de menos de 204.000 suscriptores en 1985 a 1'600.000 en 1988 en EE.UU. A finales de los 80's el interés emergió hacia los sistemas celulares de tipo digital, donde ambos, la voz y el control fueran digitales. El uso de tecnología digital para reproducción de discos compactos popularizó la calidad del audio digital. La idea de eliminar el ruido y proveer el habla clara hasta los límites de cada área de servicio fueron atractivos para los ingenieros y usuarios comunes.

En 1990, el sistema celular en EE.UU. agregó una nueva característica, el tráfico de la voz se convirtió en digital. Esto triplicó la capacidad con el muestreo, digitalización y multicanalización de las conversaciones. Para 1991, el servicio celular digital comenzó a emerger reduciendo el costo de las comunicaciones inalámbricas y mejorando la capacidad de manejar llamadas de los sistemas celulares analógicos.

En 1989 surge GSM primero conocido como Grupo Especial Móvil y luego como Sistema Global para Comunicaciones Móviles. Lo más destacado de él es que unifica los sistemas europeos. Desde 1993 los sistemas se estaban desbordando de usuarios en EE.UU., estos crecieron de medio millón en 1989 a más de trece millones en 1993. En 1994, Qualcomm, Inc. propuso un escenario de espectro esparcido para incrementar la capacidad. Construido en conocimientos anteriores, el Code Division Multiple Access CDMA o Acceso Múltiple por División de Código, sería en todos sus elementos digital, además de que prometía de 10 a 20 veces mayor capacidad. En estos días más de la mitad de los teléfonos en el mundo operaban de acuerdo a los estándares de AMPS, y en su inicio

más humilde nadie pensó que sería el que conviviría con TDMA o CDMA para obtener sistemas duales con tecnología analógica y digital.

El 14 de enero de 1997, la FCC abrió un nuevo grupo de frecuencias inalámbricas que permitiría el desarrollo de las tecnologías como CDMA: la banda de 1900. El PCS 1900 es la contraparte en frecuencia de GSM y tiene un gran potencial.

2.3. TECNOLOGÍA CELULAR

Las pautas del liderazgo industrial y de la competencia en la industria de sistemas celulares han sido modificadas por la aparición de tres generaciones diferentes de tecnologías de sistemas celulares. En la aparición de cada generación, las compañías han intentado dominar la dinámica de la innovación asociada con la nueva tecnología y los gobiernos han tenido oportunidades para promover normas técnicas e influir en la demanda a través de políticas de creación de normas, de precios y de asignación de espectro.

Los sistemas celulares hacen un uso eficiente de un recurso escaso: el espectro de radiofrecuencias. Reduciendo progresivamente el tamaño celular, las células pueden estar servidas por transmisores de baja potencia, y células distantes sólo unos pocos kilómetros pueden usar los mismos canales para llamadas distintas. Cada generación de tecnología alcanza un nivel de madurez cuando es sobrepasada por un nuevo estándar.

Las tres generaciones de sistemas celulares incluyen:

- 1ª generación (1G): Sistemas analógicos introducidos a partir de 1983 (ej. AMPS, NMT, TACS)

- 2ª generación (2G): Sistemas digitales para voz de banda estrecha y servicios de datos de baja velocidad. Introducidos a partir de 1993 (ej. GSM, PDC, CDMA).

- 3ª generación (3G): IMT-2000

2.3.1. Comunicaciones móviles de primera generación

La principal característica de los primeros sistemas de comunicaciones móviles es la utilización de modulaciones analógicas para la transmisión de la información. Si bien ya existía entonces un cierto abanico de servicios diferenciados, tales como la radiomensajería o incluso las aplicaciones de transmisión de datos, era el servicio básico de voz el principal objetivo de estos sistemas, aunque con diferentes modalidades según se tratara de telefonía pública, privada o simplemente del empleo de extensiones inalámbricas de la red fija.

- La calidad de los enlaces era mala y tenían baja velocidad (2400 baudios).
- En cuanto a la transferencia entre celdas, era muy imprecisa ya que contaban con una baja capacidad (Basadas en FDMA, Frequency Division Multiple Access).
- No existía seguridad.
- La tecnología predominante de esta generación es: **AMPS**

Ejemplos de sistemas de primera generación:

a) Sistemas de telefonía pública: Destinados a permitir a un usuario generar o recibir llamadas de voz hacia cualquier otro usuario, ya sea de la red telefónica fija o móvil. El aspecto o clave de estos sistemas para poder ofrecer un uso eficiente del espectro radioeléctrico sobre un elevado número de usuarios es la división de la región de cobertura en un conjunto de células, cada una servida por una estación base, de modo que es posible reutilizar las mismas frecuencias en células ubicadas a una cierta distancia. Dentro de estos sistemas destacan por ejemplo AMPS (American Mobile Phone System), surgido en Europa como versión de AMPS y NTT (Nipon Teleplone and Telecommunications), desarrollado en Japón. Todos estos sistemas eran de marcado ámbito nacional y no albergaban la posibilidad de interconectividad entre redes de diferentes países o roaming.

b) Sistemas de telefonía privada (sistemas troncales): Destinados a dar servicio de voz a grupos cerrados de usuarios, que no requieren del acceso a la red telefónica pública. Este tipo de sistemas acostumbran a ser operados por las compañías propietarias tras la adjudicación de unos determinados canales.

c) Sistemas de telefonía sin hilos (extensiones inalámbricas de la red fija): Estos sistemas, concebidos esencialmente para aplicaciones domésticas, se basan en la conexión de un transmisor/receptor radio a la línea telefónica fija, lo que permite sustituir el Terminal fijo por otro inalámbrico en una cierta área de cobertura reducida con una baja capacidad de movilidad. Si bien los primeros sistemas de estas características fueron introducidos sin ningún tipo de legislación, rápidamente surgieron algunos estándares como CTO o CTI.

d) Sistemas de radiomensajería: Permiten dirigir mensajes alfanuméricos de aviso de forma unidireccional hacia terminales móviles. Estaban basados en el protocolo POCSAG (Post Office Code Standard Advisory Group), que fue adoptado en España por Telefónica en 1989. Con objeto de permitir la operatividad internacional, surgieron algunos sistemas fruto de consorcios entre países como Eurosignal, entre Francia, Alemania y Suiza, en 1971, o Euromessage entre Francia, Alemania, Italia y Gran Bretaña, en 1989.

e) Sistemas de comunicaciones móviles de datos: Si bien los sistemas celulares o los sistemas troncales ofrecían una cierta capacidad de transmisión de datos, también existían en Europa sistemas propietarios con esta funcionalidad específica. Entre ellos destacan el sistema Mobitex de Ericsson o el Ardis de Motorola.

La técnica de acceso predominante en los sistemas de primera generación se explica a continuación:

2.3.1.1. FDMA

El acceso múltiple por división de frecuencia, como su nombre lo indica, es la forma de acceso en la cual a cada usuario se le asigna un ancho de banda determinado por todo el tiempo que el mismo lo desee; su principal desventaja es la saturación prematura del ancho de banda total asignada a la operadora. Su ilustración se muestra en la Figura 2.1

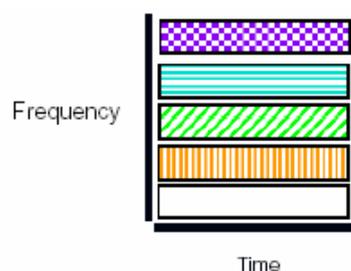


Figura. 2.1. FDMA

2.3.2. Comunicaciones móviles de segunda generación

Con la irrupción de la tecnología digital en el ámbito de las comunicaciones móviles surgieron los sistemas denominados de segunda generación que permitían mejorar las prestaciones ofrecidas por los de primera generación aprovechando las características de dicha tecnología.

Como ventaja principal se distingue la mayor capacidad para la transmisión de datos con diferentes velocidades binarias

Ejemplos de sistemas de segunda generación:

a) Sistemas de telefonía pública: En la línea de los sistemas NMT o TACS, en 1982 se planteó el desarrollo de un sistema que fuera un estándar a nivel europeo y que proporciona la capacidad de interconexión entre redes de diferentes países. De este modo, surgió el denominado GSM (Global System for Mobile communications), trabajando en la banda de 900 MHz con una técnica de acceso híbrida TDMA/FDMA, y que gracias a su rápido desarrollo ha logrado imponerse no sólo en Europa sino también en otros países como los del sudeste asiático, Australia o los países árabes. Esto constituye uno de los grandes logros de GSM que le ha permitido imponerse a otros sistemas como los desarrollados en Japón, sistema JDC (Japanese Digital Cellular), o en Estados Unidos, sistemas IS-54 (Interin Standard 54), o D-Amps (Digital AMPS), como evolución de AMPS, e IS-95, que incorpora como aspecto diferencial la tecnología basada en el acceso múltiple por división en código CDMA).

Al margen del servicio básico de voz, este tipo de sistemas presentan capacidades para la transmisión de datos, aunque únicamente en modo circuito y con velocidades reducidas, lo que no los hace especialmente apropiados en un entorno de tráfico variable como el que típicamente se encuentra en aplicaciones de datos como la conexión a Internet. A modo de ejemplo, GSM es capaz de soportar una velocidad de transmisión únicamente de hasta 9.6 kbps, tras la incorporación de códigos correctores de errores para adaptarse a los requerimientos más elevados en cuanto a probabilidad de error de los sistemas de transmisión de datos.

Fruto de la evolución de GSM para ofrecer una mayor capacidad y nuevos servicios diferenciados, han surgido las denominadas GSM fase + y GSM fase ++, así como la extensión a la banda de los 1800 MHz, denominada DCS-1800 (Digital Cellular System – 1800 MHz).

b) Sistemas de telefonía privada: La evolución de los sistemas troncales hacia la tecnología digital se ha reflejado en el desarrollo del estándar TETRA (Trans European Trunked Radio), de concepción similar a GSM pero con unas funcionalidades específicas para los grupos cerrados de usuarios. Al igual que GSM, incorpora también facilidades para la transmisión de datos, pudiéndose llegar hasta una velocidad máxima de 28.8 kb/s.

c) Sistemas sin hilos: La segunda generación de las extensiones inalámbricas de la red fija se ha plasmado en la especificación, por parte de ETSI, del estándar DECT (*Digital European Cordless Telecommunications* renombrado luego, para poner de manifiesto que su ámbito no estaba restringido a Europa, como *Digital Enhanced Cordless Telecommunications*). DECT va más allá de las simples extensiones que suponían los sistemas de primera generación CTO y CTI, convirtiéndose en un sistema celular con conexión a la red fija, aunque ofreciendo una reducida movilidad en comparación con un sistema como GSM.

DECT emplea como técnica de acceso, al igual que GSM, un híbrido FDMA/TDMA, y tiene como peculiaridad frente a otros sistemas el uso de una técnica de duplexado por

división en tiempo TDD. Es capaz de ofrecer tanto servicios de voz como de datos, alcanzando velocidades de hasta 64 kbps, aunque todavía en modo circuito.

En Japón, el sistema que se ha desarrollado en este ámbito ha sido PHS (*Personal Handyphone System*) implantado con gran éxito, mientras que en Estados Unidos se ha desarrollado el estándar PACS (*Personal Access Communications Services*).

d) Sistemas de radiomensajería: La evolución de este tipo de sistemas hacia la segunda generación ha dado lugar al estándar ERMES (*European Radio Message System*), de mayor capacidad que POCSAG y con cobertura internacional. Respecto de este tipo de sistemas, es de destacar también el servicio que GSM ofrece para el envío y recepción de mensajes cortos unidireccionales, denominado SMS (*Short Message Service*).

e) Redes locales inalámbricas (*Wireless LAN*): En sistemas se persigue la interconexión de diferentes ordenadores en redes de área local sin hacer uso de cables de conexión, pero manteniendo la compatibilidad con las redes LAN convencionales. Son útiles en la implantación de redes en edificios con dificultades para el cableado. Los requerimientos de movilidad son mucho más reducidos que en los sistemas de telefonía, lo que permite una mayor velocidad de transmisión en entornos de interiores, del orden de 1 Mbps. Los dos principales estándares que han surgido para este tipo de aplicaciones son IEEE 802.11 e HIPERLAN (*High Performance Radio LAN*). Es de destacar que, a diferencia del resto de sistemas, orientados a conexión, los sistemas para redes locales inalámbricas están orientados a transmisión por paquetes, lo que exige el empleo de protocolos específicos para gestionar el acceso al medio de transmisión, tales como CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance*).

Como hemos visto, existían cuatro estándares principales:

- Global System for Mobile Communications (GSM)
 - Digital AMPS (D-AMPS) o también llamado TDMA
 - Acceso Múltiple por División de Código (CDMA IS-95)
 - Personal Digital Cellular (PDC)
-

y también existe una amplia variedad de sistemas 2G:

- IS-54/ IS-136 Norteamericano TDMA; PDC (Japón)
- iDEN
- DECT and PHS
- IS-95 CDMA (cdmaOne)
- GSM

A continuación se explicará brevemente los principales sistemas de segunda generación nivel mundial

2.3.2.1. TDMA

Son las siglas de Time Division Multiple Access (Acceso Múltiple por división de Tiempo). Esta tecnología distribuye las unidades de información en alternantes slots de tiempo proveyendo acceso múltiple a un reducido número de frecuencias. TDMA es una tecnología inalámbrica de segunda generación que brinda servicios de alta calidad de voz y datos.

TDMA divide un único canal de frecuencia de radio llamado trama, en ocho ranuras de tiempo. A cada persona que hace una llamada se le asigna una ranura de tiempo específica para la transmisión, lo que hace posible que varios usuarios utilicen un mismo canal simultáneamente sin interferir entre sí, tal y como se muestra en la Figura 2.2.

Existen varios estándares digitales basados en TDMA, tal como TDMA D-AMPS (Digital-Advanced Mobile Phone System), TDMA D-AMPS-1900, PCS-1900 (Personal Communication Services), GSM (Global System for Mobile Communication), DCS-1800 (Digital Communications System) y PDC (Personal Digital Cellular) y los estándares analógicos como AMPS, NMT (Nordic Mobile Telephone) y TACS (Total Access System).

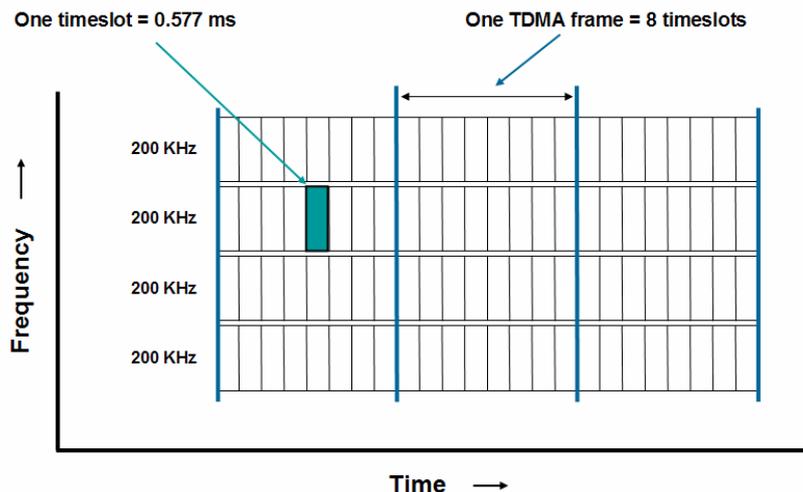


Figura. 2.2. TDMA

2.3.2.2. CDMA

El sistema CDMA, originalmente propuesto por QUALCOMM para la aplicación de telefonía celular, fue adoptado por el comité de la TIA como el estándar TIA/EIA IS-95 para celulares y por el estándar para PCS llamado J-STD-008.

Es una técnica avanzada de TX digital inalámbrica móvil, que usa códigos matemáticos diferentes entre sí para transmitir y distinguir entre múltiples usuarios que comparten un mismo medio. Lo que caracteriza a CDMA es el hecho de que varios usuarios emplean la misma banda de frecuencias con códigos distintos, como se puede ver en la Figura 2.3.

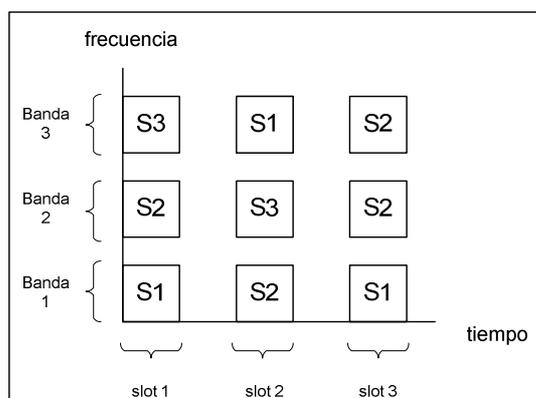


Figura. 2.3. CDMA

2.3.2.2.1. Atributos del sistema CDMA IS-95/J-STD-008:

Capacidad del sistema: la capacidad proyectada del sistema CDMA es mayor al de los sistemas existentes en la primera generación debido al mejoramiento en la ganancia de codificación, técnicas de procesamiento digital de señales y el reuso del mismo espectro en cada celda.

Economía: CDMA es una tecnología muy efectiva en costos pues demanda de menos gastos en las celdas. La potencia promedio Tx en CDMA para dispositivos móviles está aproximadamente entre los 6-7mW, lo cual representa menos de la décima parte de lo que representa FM o TDMA. Tx menos potencia representa mayor años de vida de la batería.

Calidad de Servicio: CDMA ofrece la capacidad de mejorar la QoS al proveer una operación robusta y mayor protección en contra de ambientes con multipath fading y garantiza handoffs transparentes – suaves (disminuye la carga de switching en los equipos). En comparación con otros sistemas digitales: Disminuye el ruido de handoff y la posibilidad de caída de la señal.

2.3.2.2.2. Desventajas del sistema CDMA:

Principio de Soft-Handover: Un Canal lógico y dos canales físicos

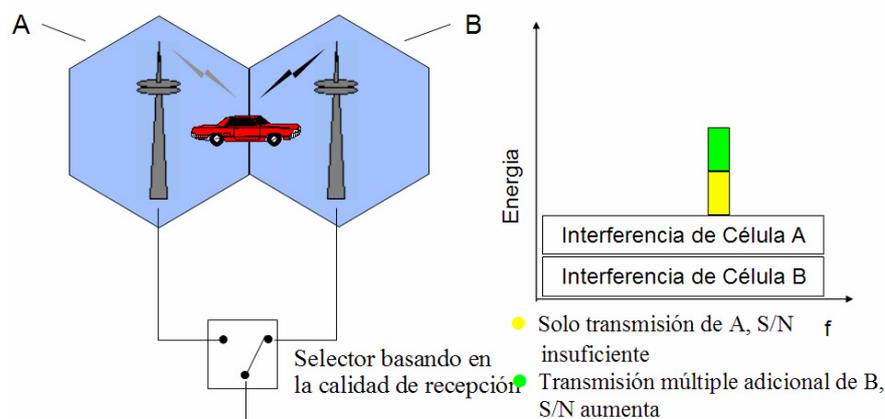


Figura. 2.4. Principio Soft-Handover

IS-95 Aspectos de la red

- Sincronización de todos los BTSs y MSs
- Unidad de selector a combinar el tráfico durante soft handover
- Conexiones adicionales entre BTS y BSC y circuitos adicionales de transmisión/recepción necesarios (por soft handover)
- Red rápida y compleja entre BSCs y unidades de selector

Por lo tanto Soft handover aumenta los costos de infraestructura, complejidad de la red y gastos de mantenimiento.

Control de potencia: El efecto de “near-far“

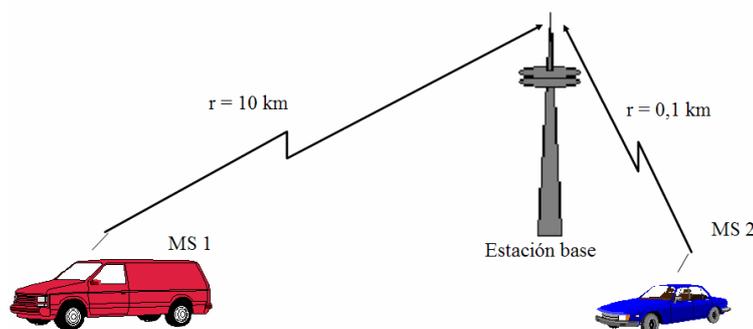


Figura. 2.5. Efecto Near-Far

En la Figura 2.5 se puede ver que la señal de MS 2 es 40 dB más fuerte que la señal de MS 1 debido a su relación de distancias, lo cual es un desperdicio de potencia.

Los detalles a tenerse en cuenta acerca del control de potencia son:

- El control de potencia es imprescindible
- Un insuficiente control de potencia baja la la calidad y la capacidad considerablemente
- Un rápido control de potencia con alta exactitud es indispensable
- Exactitud reducida para velocidades más altas
- En caso de disfunción se tiene pérdida de la llamada o pérdida de todas las llamadas en la célula.

2.3.2.2.3. Evolución de CDMA

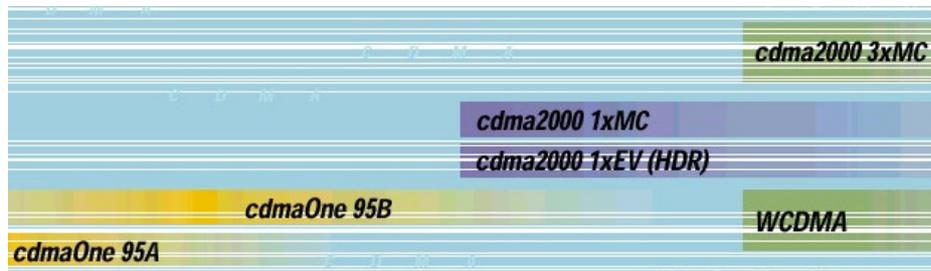


Figura. 2.6. Evolución de CDMA

cdmaOne™ 95A

Servicios de datos a 14.4 kbps

- Calidad de voz
- Eficiencia/ capacidad espectral

Aproximadamente con 70 millones de usuarios en todo el mundo.

cdmaOne 95B

Sobre los 115 kbps

- Hoy en día se despliega con 64 kbps
- Ofrece handoff suave

Este sistema fue desplegado en el '99 por Corea y Japón.

cdma2000™ 1xMC (Multi Carrier)

- Sobre los 307 kbps
- Hoy en día ofrece versiones de prueba de 153 kbps.
- Doble capacidad de voz - 2001
- Canal estándar de 1.25 MHz

cdma2000 1xEV (HDR)

- Hoy en día se ofrecen versiones de prueba de 2.4 Mbps
- Se espera soportar sobre los 5 Mbps picos por sector.
- Optimizado para paquetes de datos.
- Canal estándar de 1.25 MHz.

cdma2000 3Xmc

- Sobre los 2 Mbps
- Canal de 5 MHz
- Servicios Voz y Datos integrados.

En el siguiente gráfico se muestran las características, en forma gráfica, de las diferentes técnicas de Multi-Acceso en las que se basan los diferentes sistemas.

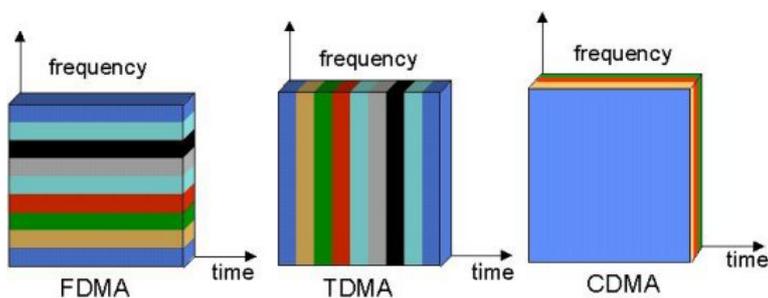


Figura. 2.7. Técnicas de Multi-Acceso

2.3.2.3. GSM

Se define la Red del Sistema Global de Telefonía GSM como aquel servicio portador constituido por todos los medios de transmisión y conmutación necesarios que permiten enlazar a voluntad dos equipos terminales móviles mediante un canal digital que se establece específicamente para la comunicación y que desaparece una vez que se ha completado la misma.

Es un sistema de radiotelefonía móvil digital de acceso global, ya que permite dar cobertura internacional con un gran número de abonados. Además permite el acceso a redes de comunicación avanzadas como la RDSI.

El Sistema Global para Comunicaciones Móviles GSM, originalmente desarrollado como estándar europeo para la telefonía móvil digital, se ha convertido en el sistema móvil de uso más difundido en el mundo. Se usa en las frecuencias de 900 y 1800 MHz en Europa, Asia y Australia y en la frecuencia de 1900 MHz en Norteamérica y Latinoamérica. En Europa, en Asia y en Australia, las frecuencias son de 900 MHz o de 1800 MHz.

2.3.2.3.1. Características del servicio GSM

- GSM es un estándar en Europa y en el Mundo entero.
- Mejor calidad de voz (comparable o mejor que la telefonía celular analógica).
- Bajo costo operacional, en infraestructura, de los materiales, operacional y de los terminales.
- Alta confiabilidad (inmunidad frente a escuchas clandestinos y fraudes).
- “Roaming” internacional (bajo el mismo número telefónico de abonado).
- Soporte a terminales de baja potencia.
- Sistema totalmente digital
- Varios nuevos servicios:
 - Teleservicios (voz, facsimil y mensajería)
 - Servicio de Datos, compatible con ISDN (Integrated Services Digital Networks) móvil en términos de servicios, con apoyo para una amplia variedad en ellos.
 - Servicios suplementarios
- Uso eficiente de la potencia transmitida para incrementar el tiempo de vida de las baterías

GSM es un sistema de acceso múltiple por división en el tiempo de ocho intervalos (TDMA) con espaciamiento de portador de 200 KHz.

El apoyo de red inteligente (IN) en el ambiente móvil ha sido definido también para GSM, por ejemplo, el ambiente de hogar virtual, así como muchos servicios de datos avanzados. Y hoy, gracias a los servicios de radio de paquete general (GPRS), se puede integrar también acceso por paquete a GSM

Existen varios tipos de sistema GSM, estos son:

Tipos de sistema	FRECUENCIAS (MHz)	
	Tx	Rx
GSM-900	890 a 915	935 a 960
GSM-1800	1710 a 1785	1805 a 1880
GSM-1900	1850 a 1910	1930 a 1990

Tabla. 2.1. Tipos de Sistemas GSM

2.3.2.3.2. Tipo de Vocoder

El estándar GSM es un sistema digital, por lo que las señales de voz deben ser antes convertidas a formato digital. El método empleado por la ISDN, y por los sistemas telefónicos existentes para multiplexar las líneas de voz sobre fibra óptica y otros medios de alta velocidad, es la modulación por pulsos codificados (PCM).

El grupo GSM, hizo varios estudios previos de algoritmos de codificación de voces, en base a su complejidad y calidad antes de elegir el RPE-LPC (Regular Pulse Excited – Linear Predictive Coder) con un lazo de predicción a largo plazo

2.3.2.3.3. Codificación y Modulación de Canal

Debido a la interferencia electromagnética creada por el hombre, la conversación codificada o transmisión de información por interfaces radiales debe ser prácticamente protegida. El sistema GSM usa códigos convolucionales para lograr tal protección. Los algoritmos difieren de los códigos de voz y del promedio de transmisión. Se encontró que algunos bits de este bloque eran más importantes que otros para la calidad de voz.

Debido a esto los bits se dividen en tres clases:

Clase A: 50 bits – los más sensibles a errores.

Clase B: 132 bits – moderadamente sensibles a errores.

Clase C: 78 bits – los menos sensibles a errores.

La señal digital es modulada en una portadora de frecuencia análoga, con ancho de banda de 200K, usando GMSK (Gaussianfiltered Minimum Shift Keying). Este esquema de modulación fue elegido por su eficiencia espectral, complejidad en el transmisor y limitadas emisiones erróneas.

La implementación de la tecnología PCS GSM-1900, permite ir creando una red mundial de comunicaciones con un estándar común. Lo que significa Tarificación clara, ya que se usan recursos comunes y exclusivos de una red.

Número Único Internacional: Cada usuario puede ser ubicado en cualquier área del mundo cubierta por la red, solamente discando su número, el cual es dado por el operador. También permite usar otras redes GSM en otras bandas (900 Europa, 1800-DCS). Todo esto sin necesidad de contratar servicios especiales con dichas operadoras, gracias a la tarjeta SIM que puede ser insertada en cualquier equipo.

2.3.2.3.4. Reutilización de Frecuencias y división en Celdas.

En los sistemas celulares, el área de cobertura de un operador es dividida en celdas. Una celda corresponde a una zona cubierta por un transmisor o una pequeña colección de transmisores. El tamaño de la celda depende de la potencia del transmisor, banda de frecuencia utilizada, altura y posición de la torre de la antena, el tipo de antena, la topografía del área y la sensibilidad del radio receptor.

Célula o celda es el área en el cual un sitio de transmisión particular es el más probable de recibir las llamadas telefónicas móviles.

Un canal de radio consiste en un par de frecuencias, una en cada dirección de transmisión, que son usadas para una operación *full-duplex*. Un canal de radio en particular, F_1 , es usado en una zona geográfica llamada celda, C_1 , con un radio de cobertura R . Este mismo canal puede ser usado en otra celda con el mismo radio de cobertura a una distancia D de separación.

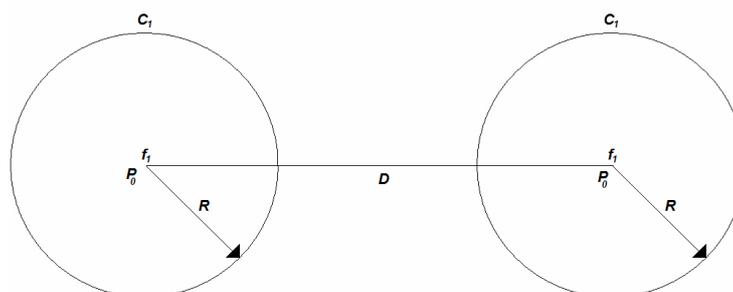


Figura. 2.8. Relación D/R

Por lo anteriormente expuesto, el concepto de re-uso de frecuencias (*frequency reuse*) se refiere al uso de las mismas frecuencias portadoras para cubrir distintas áreas separadas por una distancia suficientemente grande para evitar interferencia co-canal.

En lugar de cubrir un área desde un único sitio de transmisión con alta potencia y alta elevación, el proveedor de servicios puede subdividir el área en sub-áreas, zonas, células o celdas en donde cada una usa un transmisor de menor potencia.

Las celdas con distintas letras van a ser servidas por un juego de frecuencias diferentes. Así celdas que estén suficientemente apartadas (A_1 y A_2) pueden usar el mismo juego de frecuencias (Figura 2.9), de esta manera, el sistema móvil basado en el concepto de celular puede atender simultáneamente una cantidad mayor de llamadas que el número total de canales asignados.

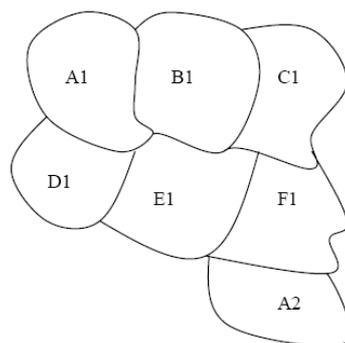


Figura. 2.9. Celdas Amorfas

En principio, el área de cobertura de los sitios de transmisión no necesita ser regular, y las células no necesitan tener una forma geométrica definida. *La división en celdas permite concentrar mayor número de canales en las zonas de mayor demanda.* Tomando una demanda equilibrada si tenemos N canales asignados y lo dividimos en K juegos, luego cada juego tendrá $S=N/K$ canales.

Con el fin de trabajar apropiadamente, un sistema celular debe seguir dos condiciones:

- El nivel de potencia del transmisor dentro de una celda debe estar limitado con el fin de reducir la interferencia entre transmisores de celdas vecinas.
- Celdas vecinas *no* pueden compartir los mismos canales. Con el fin de reducir la interferencia las frecuencias pueden ser re-usadas siguiendo ciertas reglas

2.3.2.3.4.1. Propiedades de la Geometría Celular

El principal propósito de definir células es delinear zonas en las cuales cada canal es usado. Es necesario un grado de confinación geográfica del canal para evitar la interferencia co-canal.

Las zonas amorfas mostradas en la Figura 2.9 podrían ser aceptables para sistemas que no se modifiquen. En la práctica, es necesaria una estructura geométrica que facilite la adaptación al crecimiento del tráfico. Si una celda está cubierta por una antena isotrópica ubicada en el centro, se puede pensar en la célula como de forma circular. A este tipo de células se las conoce como células omnidireccionales.

En este caso, existe solapamiento en ciertas zonas o bien zonas sin cobertura, de esto nos podemos dar cuenta en la Figura 2.10.

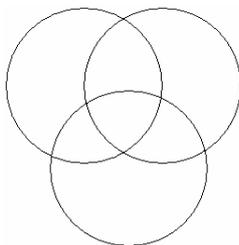


Figura. 2.10. Celdas Formadas con Antenas Isotrópicas

Un sistema podría estar diseñado con células en forma de cuadrados o triángulos equiláteros pero, por razones de dibujo y relaciones geométricas los diseñadores de sistemas de los Laboratorios Bell adoptaron la forma de *hexágono*. En este caso, en una matriz de celdas no existe solapamiento ni espacios vacíos.

Al área formada por K celdas adyacentes que utilizan canales diferentes, se lo llama *cluster*. Tal como se muestra en la Figura 2.11.

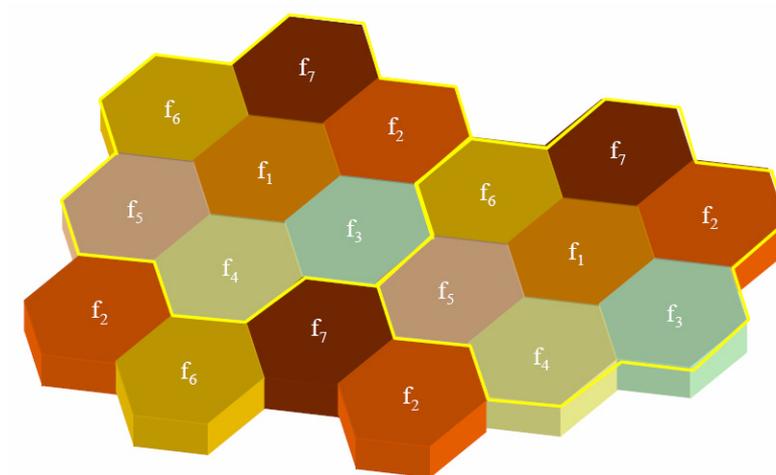


Figura. 2.11. Ejemplo de Cluster con $K = 7$.

2.3.2.3.4.2. Tasa de re-uso co-canal o factor de reducción de interferencia co-canal.

Dado que la misma frecuencia es usada en dos celdas diferentes al mismo tiempo, sólo una separación geográfica puede reducir dicha interferencia. Se define factor de reducción de interferencia co-canal o tasa de re-uso co-canal q como:

$$q = \frac{D}{R}$$

Esta tasa tiene impacto en dos puntos importantes del sistema: la calidad de transmisión y la cantidad de usuarios que pueden ser atendidos por el sistema (capacidad del sistema)

Cuanto más grande es la relación D/R menor será la interferencia co-canal, por ende habrá mejor calidad de transmisión. Cuanto más pequeña sea la relación D/R más grande será la capacidad del sistema, ya que la cantidad de canales ($S=N/K$) asignados a una celda será mayor. Como se ve mas adelante, el valor de q puede ser determinado a partir de la relación señal ruido.

2.3.2.3.4.3. Distancia de reuso de frecuencia

La mínima distancia que permite reusar la misma frecuencia depende de muchos factores, tales como el número de celdas co-canales en la vecindad de la celda central, la característica geográfica del terreno circundante, la altura de la antena, y la potencia transmitida en cada celda.

La distancia D de reuso de frecuencia puede ser determinada mediante

$$D = \sqrt{3.K}.R$$

donde K es el número de celdas por cluster o patrón de reuso de frecuencia mostrado en la Figura 2.12

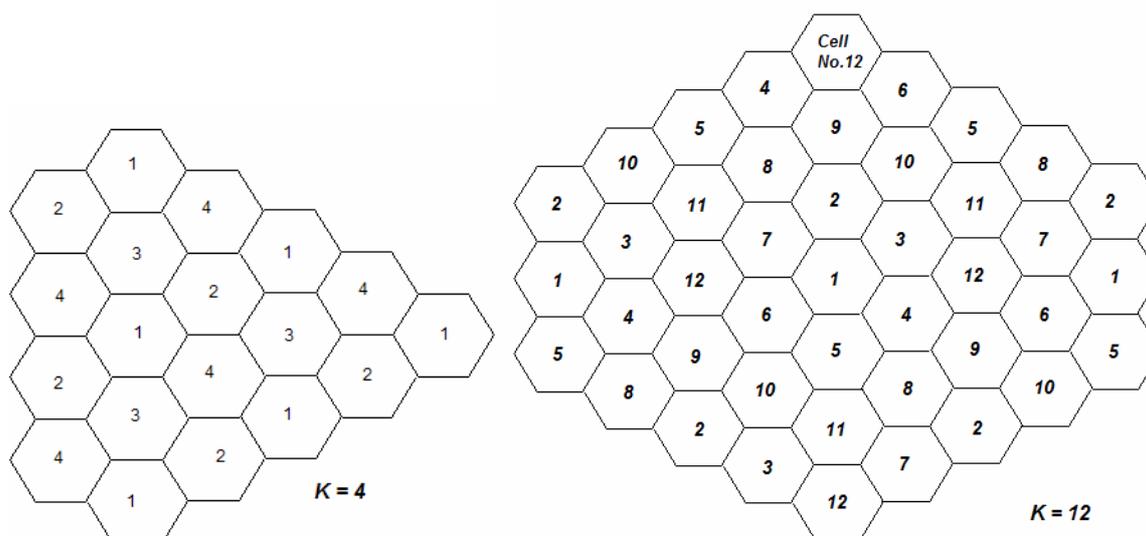


Figura. 2.12. Clusters con Diferentes Valores de K

Si todas las estaciones bases transmiten con la misma potencia, entonces un incremento de K , manteniendo el radio R de la celda produce un incremento de la distancia D (distancia entre celdas co-canales). Este incremento de D reduce la posibilidad de que se produzca interferencia cocanal

Teóricamente un valor elevado de K es deseado. No obstante el número de canales asignados es fijo. Cuando K es demasiado grande, el número de canales asignado a cada una de las K celdas se hace pequeño, esto provoca una ineficiencia de *trunking*. Esto se debe a que por celda es demasiado pequeño el número de usuarios que pueden comunicarse simultáneamente. El mismo principio se aplica a la ineficiencia de espectro: si el número total de canales es dividido entre dos o más redes de operadores en la misma área, se incrementa la ineficiencia de espectro ya que ahora se hace en el mejor de los casos reuso de frecuencias de la mitad del espectro.

Por todo esto es necesario encontrar el mínimo valor de K con el cual se pueden alcanzar los requerimientos de performance del sistema. Esto involucra estimar la interferencia co-canal y seleccionar la mínima distancia D de reuso de frecuencia para reducir la interferencia co-canal.

2.3.2.3.4.4. Ubicación de celdas con iguales canales

Para diagramar la asignación de canales en los distintos clusters, se utilizan dos números enteros: i, j con $i \geq j$ llamados parámetros de desplazamiento.

Método práctico: Tomando una celda como referencia, en este caso A, se cuentan i celdas a lo largo de la cadena de hexágono partiendo de uno de los lados de la celda referencia, luego se gira en contra de las agujas del reloj y se cuentan j celdas más.

La celda referencia y esta última son celdas co-canal. Las celdas co-canales también pueden encontrarse avanzando primero j celdas, luego girando y avanzando i celdas a favor de las agujas del reloj.

El número K de celdas por grupo (cluster) es un parámetro de gran interés, porque en un sistema práctico determina cuantos conjuntos de canales deben ser formados.

$$\text{Matemáticamente, se obtiene: } K = i^2 + i \cdot j + j^2$$

2.3.2.3.4.5. Transferencia de llamadas entre celdas - HANDOFF

Cuando se deteriora la calidad de transmisión durante una llamada en progreso, se realiza un cambio automático de estación base. La conmutación de una llamada en progreso de una estación base a otra se conoce como *handoff*. (Es de destacar que una vez que una llamada es establecida el canal de *set-up* no es usado nuevamente durante el período que dure la llamada, por lo tanto el *handoff* es implementado siempre en el canal de voz).

Básicamente el *handoff* es requerido en dos situaciones en las cuales la estación base recibe señales débiles desde la unidad móvil:

- a) Cuando el móvil llega al límite de la celda, en donde el nivel de señal cae por debajo de un límite aceptable, típicamente -100dBm en un ambiente con ruido limitado.

b) Cuando la unidad móvil entra dentro de alguno de los pozos de intensidad de señal que se encuentran dentro de la celda, como se muestra en la Figura 2.13

Este procedimiento es esencial, ya que de no existir en cualquiera de las situaciones mencionadas anteriormente la comunicación se perdería, por lo que el usuario debería restablecerla manualmente re-discando.

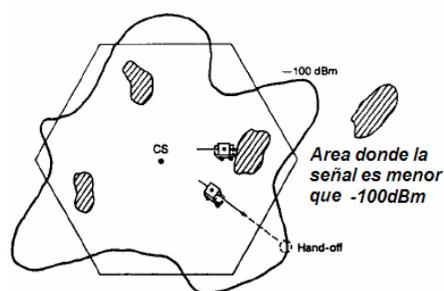


Figura. 2.13. Ocurrencia de *Handoff*

Para poder implementar este mecanismo, durante una llamada en progreso el equipo del canal de voz (RX y CU) en la estación base está supervisando continuamente la calidad de la radio transmisión. Se pueden efectuar los siguientes chequeos:

- Intensidad de la señal de radio frecuencia
- Relación portadora / interferencia en la señal de supervisión de audio (SAT) y su retardo.

En base a estas mediciones se pueden diferenciar dos tipos de *handoff*

2.3.2.3.4.5.1. Tipos de handoff

a) El basado en la intensidad de la señal.

En este caso el nivel del umbral de la intensidad de señal para que ocurra un *handoff* es de -100dBm en un sistema con ruido limitado y de -95dBm en un sistema con interferencia limitada.

Este tipo de *handoff* es fácil de implementar. El localizador del receptor mide todas las intensidades de señal de todos los receptores en la estación base. No obstante la intensidad de la señal recibida (*Received Signal Strength* RSS) incluye interferencia.

$$RSS = C + I$$

donde C es la potencia de la señal portadora e I la interferencia.

Supongamos que se establece un nivel de umbral para RSS, entonces puede suceder que RSS esté por encima del umbral debido a la componente I en la señal recibida, la cual en ciertas ocasiones puede ser muy potente, en esta situación el *handoff* teóricamente debería ocurrir pero no es así.

Si suponemos otra situación donde I es de poca intensidad pero también lo es RSS, en esta situación la calidad de voz es usualmente buena aun cuando el nivel de RSS sea bajo, pero debido a la baja intensidad de RSS ocurre un *handoff* innecesario.

Por lo tanto se puede deducir que es algo fácil de manejar pero no da un método muy certero para determinar cuando deben ocurrir los *handoffs*.

b) El basado en la relación portadora interferencia (C/I).

En este caso el valor de C/I para que ocurra un *handoff* debe ser de 18dB (usualmente en el límite de la celda) de modo tal de tener una buena calidad de voz. Algunas veces un valor menor de C/I puede ser usado por razones de capacidad.

La unidad de canal de voz genera un tono continuo, SAT, el cual es adicionado a la voz transmitida (El SAT no interferirá con la voz transmitida porque su frecuencia está por encima de las frecuencias de voz). En algunos sistemas se usa la información de SAT (*Supervisory Audio Tone*) junto con el nivel de la señal recibida para determinar cuando debe ocurrir el *handoff*.

El *handoff* puede ser controlado mediante el uso de la relación C/I , que se obtiene de:

$$\frac{C+I}{I} \approx \frac{C}{I}$$

Se puede establecer un nivel basado en C/I , dado que C decae en función de la distancia pero I es independiente de la ubicación. Si el *handoff* depende de C/I , y C/I disminuye, esto puede ser en respuesta al incremento en la distancia de propagación o en la interferencia. En ambos casos el *handoff* debe ocurrir

2.3.2.3.4.5.2. Número de handoff por llamada

Mientras menor sea el tamaño de la celda (si se mantiene K , esto implica más cantidad de canales por área de cobertura) mayor será la cantidad promedio de *handoffs*. El número de *handoff* por llamada es relativo al tamaño de la celda. De diversas simulaciones de señales se puede arribar a:

0 – 2 *handoff* por llamada en una celda de 16 a 24 Km.

1 – 2 *handoff* por llamada en una celda de 3,2 a 8 Km.

3 – 4 *handoff* por llamada en una celda de 1,6 a 3,2 Km.

2.3.2.3.4.5.3. Inicialización del handoff.

En la estación base la intensidad de señal es siempre monitoreada a través de un canal inverso de voz. Cuando la intensidad de la señal alcanza el nivel de *handoff* (mayor que el nivel de umbral para la mínima calidad de voz requerida), la estación base envía un pedido al MTSO para realizar un *handoff* en la llamada.

Una decisión inteligente puede ser también realizada en la estación base tal como si el *handoff* debiera ser realizado inmediatamente o posteriormente. Si un *handoff* innecesario es pedido, la decisión fue apresurada. Si un *handoff* fallido ocurre la decisión fue tomada muy tarde.

La siguiente aproximación es usada para realizar un *handoff* exitoso y para eliminar cualquier *handoff* innecesario. Supongamos que -100dBm es el nivel de umbral en límite de la celda para el cual debería ocurrir un *handoff*. Dado esto se debería establecer un nivel por encima de los -100dBm digamos $-100\text{dBm} + \Delta\text{dB}$ y cuando la señal recibida alcanza este nivel el pedido de *handoff* es iniciado. Si el valor de Δ es fijo y grande, el tiempo que se requiere para ir de $-100\text{dBm} + \Delta\text{dB}$ a -100dBm es mayor. Durante este tiempo muchas situaciones pueden ocurrir, tales como la unidad móvil de vuelta y regrese hacia la estación base o se detenga. Por lo tanto la señal nunca caerá por debajo de los -100dBm . Esto es, muchos *handoff* innecesarios pueden ocurrir simplemente porque se realiza una acción demasiado apresurada. Si Δ es pequeño no habrá tiempo suficiente para realizar el *handoff* en la estación base y muchas llamadas pueden perderse mientras están en proceso de *handoff*. Por lo tanto Δ debe ser variado acordeamente con la pendiente del *Path-Loss* (este tema se explica en el capítulo de propagación) de la intensidad de señal recibida y de la razón de cruce de nivel (*Level-Crossing Rate LCR*) de la intensidad de señal como muestra la Figura 2.14.

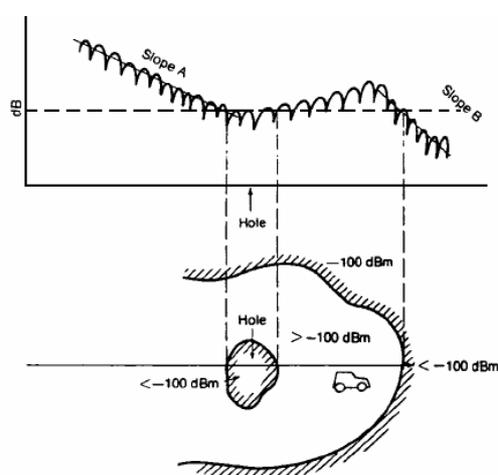


Figura. 2.14. Parámetros para el Manejo de *Handoff*

Hay dos circunstancias en las cuales el *handoff* es necesario pero no puede ser realizado:

- Cuando la unidad móvil está localizada en un hoyo de intensidad de señal dentro de la celda pero no en el límite. Ver Figura 2.14.

- Cuando la unidad móvil se aproxima al límite de la celda pero no hay canales disponibles en la nueva celda.

En el primer caso las llamadas deben ser mantenidas en la frecuencia del antiguo canal hasta que se caiga por un nivel de señal totalmente inaceptable. En el segundo caso la nueva celda debe reasignar una de las frecuencias de sus canales dentro de un periodo razonablemente corto o la llamada se caerá.

2.3.3. Comunicaciones móviles de tercera generación

La actual irrupción de los denominados sistemas de comunicaciones móviles de tercera generación, cuyas licencias de operación ya han sido adjudicadas en varios países a lo largo del año 2000, surge principalmente debido a las siguientes motivaciones:

a) En primer lugar, fruto del espectacular crecimiento del grado de penetración que han venido presentando los sistemas de comunicaciones celulares de segunda generación, superando ya en ciertos países al de los sistemas fijos. En relación a este aspecto, téngase en cuenta que si bien un teléfono fijo tiene un ámbito de uso familiar, el teléfono móvil presenta un uso unipersonal, lo que le permitirá un grado de penetración superior.

Este crecimiento tenderá a llevar a la saturación los sistemas de segunda generación, por lo que se hace patente la búsqueda de nuevas bandas de frecuencias y de nuevos sistemas que permitan hacer frente a la demanda con un uso de los recursos más eficiente.

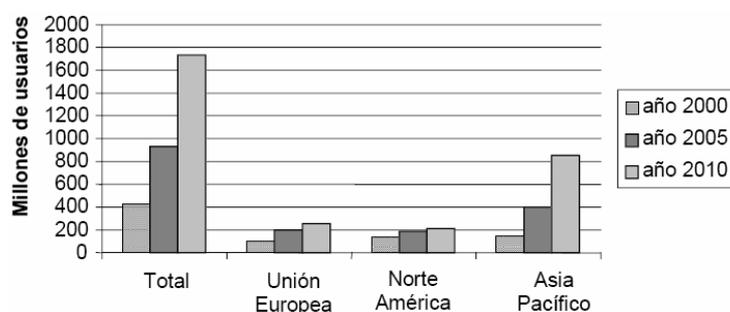


Figura. 2.15. Previsiones de Crecimiento de los Usuarios de Telefonía Móvil

En la Figura 2.15 se muestran, a modo de ilustración, las previsiones de crecimiento en los usuarios de telefonía móvil para esta década, donde se observa como prácticamente se prevé doblar el número de usuarios cada 5 años, especialmente en lo que a la región asiática del Pacífico se refiere, motivo por el que, de hecho, es Japón uno de los países que libera el camino hacia la implantación de los sistemas de tercera generación.

b) No hay que olvidar que, paralelamente a la evolución de las comunicaciones móviles, otro de los segmentos del sector de las telecomunicaciones que en la última década está experimentando un mayor grado de crecimiento es el del acceso a Internet.

A la vista del crecimiento del acceso a Internet y de la evolución del mercado de las comunicaciones móviles es de esperar que la combinación de ambos en un acceso a Internet desde redes móviles pueda suponer un enorme mercado potencial de cara al presente. Si bien los sistemas celulares de segunda generación como GSM son capaces de ofrecer acceso a Internet, lo hacen en modo circuito, lo que presenta enormes limitaciones no sólo en términos de la velocidad de transmisión empleada sino también de la eficiencia en el uso de los recursos, pues este tipo de aplicaciones se caracterizan por generar la información a ráfagas con lo que durante buena parte del tiempo el circuito no es utilizado. Estas limitaciones redundan por un lado en una reducida capacidad para ofrecer este tipo de servicios, y por el otro en un precio de conexión para los usuarios mucho más elevado del que se puede llegar a ofrecer en una red fija.

En consecuencia, es deseable el diseño de nuevos sistemas que sean capaces de hacer frente a estas limitaciones con un uso más efectivo de los recursos, capaces de adaptarse a las nuevas características del tráfico mediante técnicas de transmisión orientadas a paquetes, constituyendo éste uno de los retos al que los sistemas de tercera generación deben hacer frente.

c) También hay que tener presente la creciente demanda en servicios multimedia de alta velocidad, tales como video, audio, videoconferencia, juegos interactivos, acceso a bases de datos, transferencia de ficheros, etc., que se ha venido experimentando en los últimos años, en parte motivada por las mayores facilidades del acceso a Internet a través de las

redes fijas de banda ancha. La integración de todos estos servicios dentro del marco de una red móvil, a la vez que suponer un mercado de enorme atractivo para compañías operadoras y proveedores de servicio, plantea también una serie de retos en los sistemas de tercera generación, pues se deben gestionar los escasos recursos radioeléctricos adecuadamente para poder ofrecer dichos servicios bajo unos parámetros de calidad de servicio (retardo, velocidad de transmisión,...) similares a los de la red fija, pero haciendo frente a las peculiaridades de la transmisión por radio en entornos móviles.

d) Por último, reseñar también el interés en lograr un sistema de comunicaciones móviles verdaderamente global que permita una movilidad universal con operación entre redes pertenecientes a países diferentes, llegando incluso a reunir bajo un sistema común las tres zonas geográficas de mayor influencia que son Europa, Estados Unidos y Japón.

El ámbito de actuación de los sistemas de tercera generación se pretende mostrar gráficamente en la Figura 2.16, como una forma de englobar bajo un único sistema los diferentes entornos existentes, en función de la cobertura ofrecida, desde los sistemas vía satélite hasta los más reducidos entornos de interiores, con objeto de permitir una movilidad universal de terminales capaces de soportar aplicaciones personalizadas de muy variada naturaleza.

En el marco de la ITU las redes de comunicaciones móviles de tercera generación se engloban en el denominado IMT-2000 (*Internacional Mobile Telecommunications*), antiguamente FPLMTS (*Future Public Land Mobile Telecommunications System*), siendo UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) el planteamiento europeo desarrollado por ETSI dentro de IMT-2000.

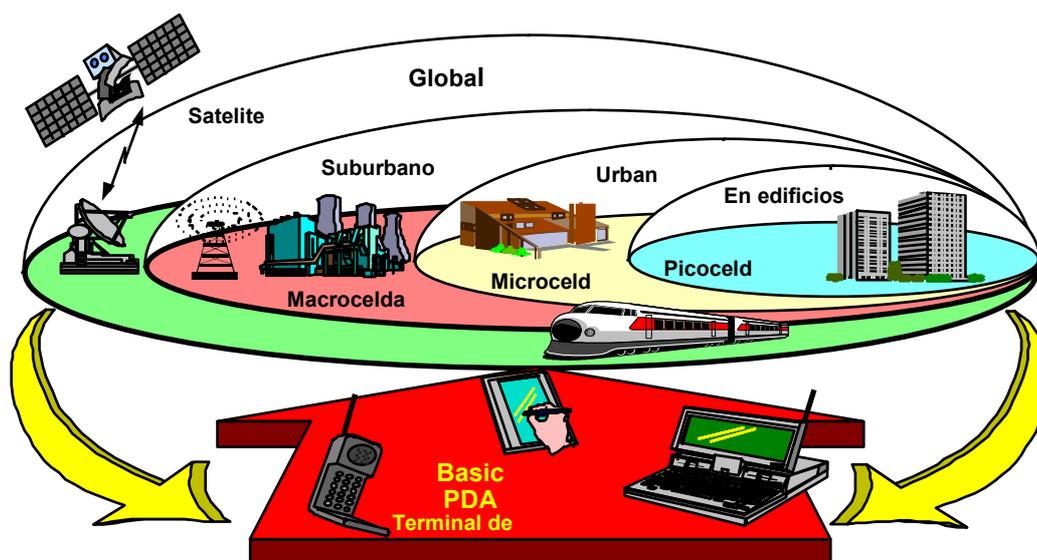


Figura. 2.16. Ámbito de Movilidad en los Sistemas de Tercera Generación

Como resultado del conjunto de demandas planteadas, el diseño de los sistemas de tercera generación se aborda desde la perspectiva de los siguientes requerimientos:

- Velocidades de transmisión de hasta 2 Mb/s y velocidades variables bajo demanda en función de las características de cada servicio.
- Capacidad de multiplexado de servicios con diferentes requerimientos de calidad dentro de una misma conexión, como por ejemplo voz, video o transferencia de datos en modo paquete (correo electrónico, transferencia de ficheros,...)
- Capacidad de soportar un amplio abanico de requerimientos de retardo, para acomodar desde servicios en tiempo real hasta servicios de datos de tipo *best effort* (sin calidad de servicio garantizada).
- Capacidad de soportar requerimientos de calidad desde un 10 % de tasa de error de trama hasta un 10^{-6} de tasa de error de bit.
- Coexistencia de sistemas de segunda y tercera generación y posibilidad de efectuar *handovers* entre sistemas diferentes.
- Soporte de tráfico asimétrico entre los enlaces ascendente y descendente, como sería el caso habitual de la navegación por Internet.
- Alta eficiencia espectral y coexistencia de los modos de operación FDD y TDD

El concepto de universalidad en los sistemas de tercera generación no puede ser entendido sin la existencia de una banda de frecuencias radio común a nivel mundial. Para ello la WARC (*World Administrative Radio Conference*) dispuso de 230 MHz en la banda de los 2 GHz (1885-2025 MHz y 2110-2200MHz) para uso mundial en el interfaz aire de IMT-2000, incluyendo tanto la componente terrestre como las comunicaciones móviles por satélite (MSS, *Mobile Satellite Services*), tal y como se presenta en la Figura 2.17. Si bien esta banda es común tanto para Europa como para los países asiáticos como China o Japón, no ocurre lo mismo en Estados Unidos, donde dicha banda ya había sido asignada a algunos operadores de sistemas de segunda generación PCS (*Personal Communications Systems*), y no se ha dispuesto de más espectro para los sistemas de tercera generación, por lo que la solución planteada por el momento ha sido la de reutilizar la banda de PCS para IMT-2000, de donde surge la cuestión de cómo armonizar los servicios IMT-2000 entre Estados Unidos y el resto de regiones. Análogamente, otro aspecto diferencial en la asignación ocurre en Europa y Japón donde la totalidad de la banda no será empleada por IMT-2000 sino que la parte de las frecuencias más bajas se mantiene ocupada por los sistemas DECT y PHS, respectivamente.

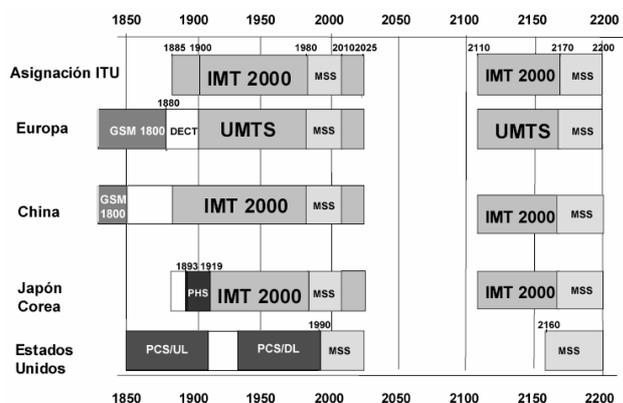


Figura. 2.17. Bandas Asignadas para IMT-2000

En relación a Europa, la banda total asignada a UMTS se subdivide en dos bandas paralelas, 1920 a 1980 MHz y 2110 a 2170 MHz, destinadas al modo de operación FDD para los enlaces ascendente y descendente, respectivamente, y dos bandas no pareadas, 1900 a 1920 MHz y 2020 a 2025 MHz, destinadas al modo de operación TDD.

Al margen de la banda de frecuencias, otro de los aspectos importantes a armonizar en el desarrollo de los sistemas de tercera generación fue la decisión sobre la tecnología de acceso radio más apropiada para ser utilizada. Bajo este prisma, el proceso de selección de dicha tecnología se realizó en una fase inicial por separado en las diferentes regiones durante los años 1997 y 1998.

Por estas fechas, en Europa ya había existido un largo período de investigación iniciado en 1988 con programas como RACE I (*Research of Advanced Communication Technologies in Europe*), seguido de RACE II, donde se desarrollaron los interfaces aire CODIT (*Code Division Testbed*) basado en TDMA. A finales de 1995, se inició el programa ACTS (*Advanced Communication Technologies*) dentro del cual el proyecto FRAMES (*Future Radio Wideband Multiple Access System*), con participación de las principales compañías del sector de las comunicaciones móviles, perseguía ya la definición de una propuesta de interfaz para UMTS. Como resultado, se plantearon a ETSI las propuestas *Wideband CDMA* (WCDMA) y *Wideband TDMA* (WTDMA).

Dentro de este escenario, el ETSI, bajo el marco de IMT-2000, definió en Junio de 1997 los siguientes cuatro grupos para el estudio y evaluación de las propuestas planteadas hasta la fecha:

a) Wideband CDMA: Basado en una técnica de acceso múltiple por división en código con espaciado de 5 MHz entre canales, e inicialmente con duplexado FDD y TDD. Entre sus ventajas presentaba un interfaz de gran flexibilidad para acomodar diferentes servicios con distintas velocidades, motivo por el que presentó una buena acogida. Su gran inconveniente era el modo de operación TDD.

b) Wideband TDMA: Planteaba un esquema puramente TDMA con portadoras espaciadas 1.6 MHz para poder ofrecer servicios de alta velocidad, con el empleo de salto en frecuencia, aceptando duplexado FDD y TDD y con dos longitudes diferentes de ráfaga destinadas a cubrir servicios de alta y baja velocidad. La principal problemática de esta propuesta era precisamente la menor longitud de la ráfaga en el caso de baja velocidad, pues se podía traducir en una muy elevada potencia de pico o de lo contrario en una muy

baja potencia media, lo que planteaba problemas de cobertura en servicios básicos como por ejemplo la voz.

c) Wideband TDMA/CDMA: Basada en una técnica híbrida TDMA/CDMA con espaciada entre portadoras de 1.6 MHz, haciendo uso de técnicas de reducción de la interferencia a través de la detección multiusuario entre ráfagas transmitidas simultáneamente en una misma ranura temporal (*time spot*) y aceptando duplexado FDD y TDD. El principal inconveniente radicaba en la complejidad asociada al receptor.

d) OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access): Basada en tecnología OFDM consiste en distribuir la información entre diferentes portadoras ortogonales. El principal problema de esta propuesta era la transmisión en el enlace ascendente, con variaciones muy grandes de envolvente que daban lugar a problemas en el diseño de los amplificadores de potencia.

Tras un proceso de evaluación de las diferentes propuestas, ETSI decidió en Enero de 1998 seleccionar WCDMA como estándar para el modo de operación FDD en la banda pareada y WTDMA/CDMA para operación TDD en la banda no pareada.

Con respecto al Japón, ARIB (*Association for Radio Industries and Business*) evaluó tres tecnologías diferentes basadas en WCDMA, WTDMA Y OFDMA, decidiendo en 1997 el uso de WCDMA tanto para los modos de operación FDD como TDD, lo que tuvo una cierta influencia en la elección posterior de ETSI.

El panorama se presentaba más complejo en Estados Unidos debido a la existencia de diferentes tecnologías de acceso entre los sistemas de segunda generación como TDMA en D-AMPS o CDMA en IS-95, de modo que se intentó definir para cada uno de los sistemas existentes, un camino para la evolución hacia la tercera generación, traduciéndose en las siguientes propuestas a la ITU:

a) W-CDMA N/A: Propuesta muy similar al WCDMA de ETSI y de ARIB.

b) UWC-136 (*Universal Wireless Communications – 136*): Correspondiente a la evolución de D-AMPS hacia la tercera generación con una combinación de TDMA de banda estrecha y de banda ancha, esta última destinada a los servicios de 2 Mbps.

c) cdma2000: Resultado de la evolución de IS-95, manteniendo sus principios básicos de funcionamiento aunque con un ancho de banda superior. Para el enlace descendente se añade la opción de trabajo en modo multiportadora (*multi-carrier*).

d) WIMS W-CDMA (*Wireless multimedia and Messaging Services W-CDMA*): Propuesta no derivada de ningún sistema de segunda generación previo, basada en un acceso CDMA con ganancia de procesamiento constante y empleando multicódigo para conseguir múltiples velocidades de transmisión.

e) WP-CDMA (*Wideband Packet CDMA*): Surge de la convergencia entre W-CDMA N/A y WIMS W-CDMS, añadiendo como característica fundamental la presencia de un canal común específico para la transmisión de paquetes en el enlace ascendente.

Dado que el panorama planteado estaba conduciendo hacia el desarrollo de diferentes tecnologías estandarizadas simultáneamente a nivel mundial, y con objeto de garantizar la compatibilidad de los equipos de unas regiones a otras, se decidió en 1998 la creación del denominado 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) a fin de unir esfuerzos a nivel global en la estandarización de los sistemas de tercera generación. Formaban parte de este consorcio, conjuntamente con fabricantes y operadores, los organismos encargados de la estandarización de las diferentes regiones, a saber, el ETSI de Europa, ARIB y TTC (*Telecommunication Technology Comité*) de Japón, TTA (*Telecommunications Technology Association*) de Corea y TIPI de Estados Unidos, añadiéndose en 1999 CWTS (*China Wireless Telecommunication Stándar Group*) de China. Dentro de 3GPP el trabajo quedó subdividido en cuatro grandes grupos (TSG: *Technical Specification Group*) responsables de la elaboración de las diferentes especificaciones técnicas:

-
- *Radio Access Network* TSG
 - *Service and System Aspects* TSG
 - *Core Network* TSG
 - *Terminals* TSG

Fruto del trabajo de armonización llevado a cabo en el 3GPP durante el año 2000 se ha desarrollado la *Release 99* de las especificaciones técnicas del interfaz radio UTRA (UMTS *Terrestrial Radio Access* y rebautizado como *Universal Terrestrial Radio Access*) en sus modalidades FDD y TDD a partir de las diferentes propuestas de WCDMA y de TDMA/CDMA. En este sentido, uno de los aspectos más significativos a los que 3GPP ha tenido que hacer frente ha sido por ejemplo el cambio de la tasa de chips de los 4.096 Mcps de la propuesta inicial para UTRA realizada por ETSI a una nueva tasa fijada en 3.84 Mcps.

En tanto que 3GPP se ha preocupado hasta el momento de la especificación de los interfaces basados en WCDMA, la evolución de IS-95 hacia cdma2000 se ha mantenido en el denominado 3GPP2, con especial interés en el modo multiportadora.

Por otra parte, no hay que olvidar tampoco la evolución del sistema GSM hacia la tercera generación a través de su extensión GPRS (*General Packet Radio System*) para tráfico orientado a paquetes o EDGE (*Enhanced Data rates for GSM Evolution*) para llegar a soportar velocidades mayores de transmisión de hasta 500 kbps empleando esquemas de modulación más sofisticados, aspectos que serán progresivamente añadidos a las líneas de trabajo del 3GPP.

Por último, también es necesario tener presente el proceso de desarrollo de la parte fija de la red (*core networ*). En este sentido, aparecen tres soluciones para la interconexión de los interfaces radio desarrollados. Las dos primeras, se basan en una evolución de las redes ya existentes de los sistemas de segunda generación, como sería el caso de GSM o de las redes IS-41 para Estados Unidos, lo que sin duda puede facilitar enormemente a los operadores la implantación de los sistemas de tercera generación. La tercera alternativa se plantea para los operadores como algo más a largo plazo y consistiría en una arquitectura de red nueva basada totalmente en el protocolo IP (*InternetProtocol*), orientada a tráfico de paquetes.

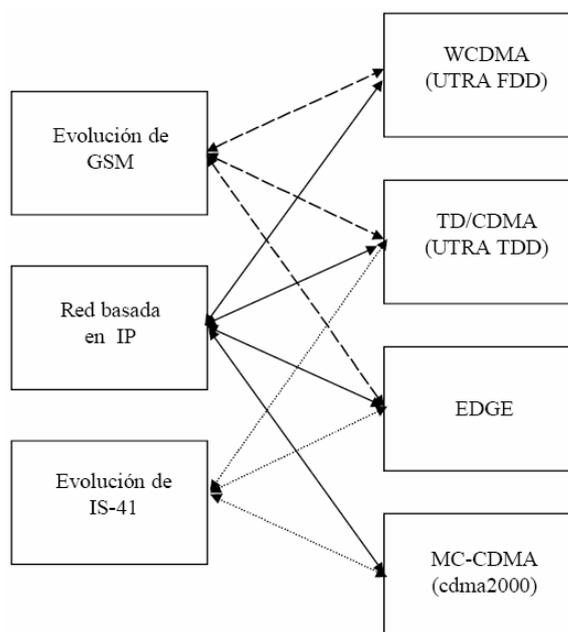


Figura. 2.18. Combinaciones de Redes de Tercera Generación

Así, teniendo en cuenta las alternativas citadas para el interfaz radio y para la red fija en los sistemas de tercera generación, la Figura 2.18 muestra las posibles combinaciones de redes que serán empleadas por los operadores. Con objeto de mantener la movilidad global entre redes con el uso de terminales multimodo capaces de trabajar con diferentes interfaces radio, se hace precisa la definición de funciones de interconexión (IWF, *Interworking Function*) entre las diferentes redes existentes.

2.3.3.2. WCDMA

Será posible el uso de tecnologías anteriores con las nuevas de 3G aprovechando los beneficios de la evolución de CDMA que incluyen acceso a Internet, incremento de la velocidad de datos y su capacidad, y una red basada en el despliegue del sistema CDMA a nivel comercial en todo el mundo.

Será posible el uso de tecnologías anteriores con las nuevas de 3G aprovechando los beneficios de la evolución de CDMA que incluyen acceso a Internet, incremento de la velocidad de datos y su capacidad, y una red basada en el despliegue del sistema CDMA a nivel comercial en todo el mundo.

Los tipos de sistemas que operan en todos estos países con la tecnología CDMA son: Telefonía celular, WLL y PCS. Algunas de las principales compañías que las operan son: Telecom, Movistar, 3Com, Movicom, Sprint, Qwest, Antel.

2.3.3.3 EDGE

Es un método para aumentar las velocidades de datos sobre el enlace de radio de GSM. Básicamente, EDGE sólo introduce una nueva técnica de modulación y una nueva codificación de canal que puede usarse indistintamente para transmitir servicios de voz y de datos por conmutación de paquetes y de circuitos.

Facilita la coexistencia de tráfico de conmutación de circuitos y de paquetes y hace un uso más eficiente de los mismos recursos de radio. Por lo tanto, en redes con planificaciones muy ajustadas y con espectro limitado, EDGE puede ser también visto como un elevador de la capacidad para el tráfico de datos.

A pesar que GPRS y EDGE comparten la misma velocidad de símbolo, tienen diferentes velocidades de modulación de bit. EDGE puede transmitir tres veces más bits que GPRS durante el mismo período de tiempo. Esta es la principal razón para las mayores velocidades de bits de EDGE.

Las diferencias entre las velocidades de radio y de usuario son el resultado de considerar o no los encabezamientos de los paquetes. Esta forma diferente de calcular el rendimiento de bits de salida, a menudo causa malentendidos en la industria acerca de dichas cifras para GPRS y EGPRS.

En EDGE, a menudo se menciona la velocidad de datos de 384 kbps. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) ha definido la velocidad de 384 kbps como el límite de velocidad de datos requerido por un servicio que cumple con la norma IMT-2000 (International Mobile Telecommunications 2000 – Telecomunicaciones Móviles Internacionales-2000) en un ambiente peatonal. Esta velocidad de datos de 384 kbps

corresponde a 48 kbps por intervalo de tiempo, asumiendo una terminal de 8 intervalos de tiempo.

EDGE mejora sustancialmente el ancho de banda existente a través de diversas tecnologías de radio, como GSM, TDMA y GPRS, mediante el uso de un sistema de modulación de nivel superior denominado 8PSK

Aunque EDGE reutiliza el ancho de banda de portadora GSM y la estructura de intervalos de tiempo, la técnica no queda limitada en modo alguno para utilizar los sistemas GSM. EDGE también ha sido evaluado y aceptado por el Universal Wireless Communications Consortium (UWCC) para la evolución del TDMA (IS-136).

En cuanto al GSM, EDGE permitirá a los operadores utilizar las bandas de radio GSM existentes para ofrecer aplicaciones IP multimedia inalámbricas a velocidades de 384 kbps con una cuota de bits de 48 kbps por intervalo de tiempo y, en óptimas condiciones de radio, de hasta 69,2 kbps por intervalo de tiempo

Una de las principales ventajas de EDGE es que se puede añadir a las actuales redes GSM, TDMA y GPRS llevando a cabo inversiones de bajo riesgo y cuantía debido a que utiliza la actual infraestructura 2G de un modo enormemente eficaz: la planificación de las redes de radio no se va a ver afectada en exceso, se podrán reutilizar muchos de los emplazamientos de estaciones base existentes y los nodos de conmutación por paquetes GPRS quedarán invariables, ya que funcionan con independencia de la cuota de bits del usuario. Cualquier modificación realizada en los nodos de conmutación se limitaría sólo a realizar actualizaciones del software.

Con el sistema EDGE operando sobre GPRS, se puede prestar servicio a este usuario con un solo intervalo de tiempo. Los otros dos que quedarían libres se pueden emplear para otros dos usuarios adicionales a la misma velocidad, o bien triplicar la velocidad de procesamiento de los datos para el primer usuario

También se puede introducir en el espectro existente sin necesidad de solicitar nuevas licencias ni de efectuar grandes reestructuraciones en la planificación de la red de radio. Emplea los mismos protocolos, estructura de canales y planificación de frecuencias que las redes actuales GSM/TDMA.

Los operadores de 2G que obtengan licencias de 3G pueden tener acceso a más de una banda de frecuencia de 2G, así como a la nueva banda de 2 GHz (3G). La combinación de GSM/TDMA, EDGE y WCDMA permitirá aprovechar al máximo el espectro combinado.

CAPÍTULO III

SERVICIO DE MENSAJERÍA ESCRITA

3.1. DESCRIPCIÓN DEL CAPÍTULO

Los mensajes cortos (SMS) a pesar de ser un servicio muy utilizado en la actualidad, no se lo conoce más allá de lo que representa para cada uno de los usuarios, es por eso que en este capítulo, veremos su historia, arquitectura, aplicaciones y los dos modos de envío que existen, que para el presente proyecto nos interesan mucho saber si enviamos en modo PDU o texto, estos términos serán aclarados más adelante.

3.2. DEFINICIÓN

El Servicio de Mensajes Cortos (SMS) es un servicio inalámbrico aceptado globalmente, el cual permite la transmisión de mensajes alfanuméricos entre clientes de teléfonos móviles y sistemas externos tales como: correo electrónico, paging (Servicio de radio unidireccional que permite el envío de mensajes escritos para los aparatos de paging numéricos o alfanuméricos) y sistemas de mensajes de voz.

3.3. HISTORIA Y CARACTERÍSTICAS

SMS apareció en escena en 1991 en Europa. El Standard Europeo para inalámbrica digital, es ahora conocida globalmente como el Standard para móviles (GSM), el cual incluye el servicio de mensajería corta desde el principio.

En Norte América, SMS estuvo disponible en las redes inalámbricas digitales construidas por los primeros pioneros tales como BellSouth Mobility y Nextel. En 1998, con el desarrollo de las redes basadas en GSM como el servicio de comunicación personal

(PCS), acceso múltiple por división de código (CDMA), y acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), estos métodos ayudaron a la completa implementación del SMS.

El SMS punto a punto provee un mecanismo para transmitir mensajes cortos desde y hacia equipos Móviles (Celulares). Tras el envío de un mensaje, este no sigue directamente para el destinatario sino para un centro de mensajes (SMSC), que lo almacena y envía posteriormente. Este centro hace también la cobranza posterior del servicio. El centro de mensajes reencamina después el mensaje para el destinatario, cuando el móvil esté conectado a la red. De esta manera y al contrario de los servicios de "pager" es posible tener la certeza que el mensaje llegó a su destino, porque el centro de mensajes puede notificar al remitente en caso de que la operación falle.

Una característica del servicio es que en un equipo Móvil activo es capaz de recibir o enviar un mensaje corto en cualquier momento, independiente si hay o no una llamada de voz o datos en progreso. SMS también garantiza la entrega de los mensajes cortos por la red. Errores temporales son identificados y el mensaje es guardado en la red hasta que el destino este disponible.

SMS está caracterizado por entrega de paquetes fuera de banda y un bajo uso del ancho de banda para la transferencia de mensajes. Las primeras aplicaciones de SMS estaban enfocadas en eliminar el sistema alfanumérico "pager" el cual es un sistema de búsqueda de personas tipo "Beeper" que permitía una comunicación unidireccional, en cambio SMS permite mensajería en las dos direcciones y servicios de notificación principalmente mensajes de voz.

Al madurar la tecnología y las redes, se fueron agregando una variedad de servicios como el correo electrónico y la integración del fax, servicios de búsqueda, bancos interactivos y servicios de información. Aplicaciones de inalámbricas tales como el modulo de identidad del suscriptor (SIM) con capacidades de realizar acciones de activación, debito y edición de perfil.

3.4. BENEFICIOS

a) Los beneficios del servicio SMS para el proveedor son los siguientes:

- El aumento de llamadas gracias a las capacidades de notificación del SMS en las redes inalámbricas.
- Una alternativa al servicio de búsqueda de personas alfanumérico “Paging”.
- Activa el acceso inalámbrico a datos para usuarios de empresas.
- Provisiones de servicios con valor agregado como el e-mail, buzón de voz, la integración de fax, etc.
- Proporciona una herramienta administrativa para servicios como avisos de precios, descargas en forma inalámbrica, etc.

b) Los beneficios del SMS a los clientes se centran en la conveniencia, flexibilidad y la integración de servicios de mensajes y acceso a datos. Desde esta perspectiva, el beneficio es ser capaz de usar un equipo móvil como una extensión del computador

3.5. APLICACIONES PARA SMS

Los SMS fueron inicialmente diseñados para soportar mensajes de tamaño limitado, en la mayoría de los casos notificaciones o paginas alfanuméricas, pero se están descubriendo nuevos usos, que han hecho que este mercado explote.

- **Servicios de notificación:** Los servicios de notificación son unos servicios SMS ampliamente utilizados. Ejemplos de servicios de voz, notificación de correo electrónico, recordatorio de citas, horarios de reuniones, etc.

- **Interconexión de redes de correo electrónico:** Los servicios de correo electrónico existentes pueden ser fácilmente integrados con SMS para proveer correo electrónico bidireccional a la mensajería corta.

- **Interconexión de redes de búsqueda:** Servicios de búsqueda integrados con SMS pueden permitir a los abonados inalámbricos digitales ser accesibles a través de interfaces de búsqueda existentes en otras redes.

- **Servicios de información:** Se puede proporcionar una amplia variedad de servicios de información, incluyendo partes meteorológicos, información del tráfico, información de entretenimiento (cines, teatros, conciertos), información financiera (cotizaciones de bolsa, servicios bancarios, servicios de corretaje, etc.), y directorios.

- **Servicios de datos móviles:** El SMSC también puede ser usado para enviar datos inalámbricos cortos. Los datos inalámbricos pueden ser servicios interactivos donde las llamadas de voz estén involucradas. Algunos ejemplos de servicios de esta naturaleza incluyen despachos rápidos, manejo de inventarios, confirmación de itinerarios, procesamiento de órdenes de ventas y manejo de contactos de clientes.

- **Atención de clientes y administración:** El SMSC también puede ser usado para transferir datos binarios que pueden ser interpretados por la estación móvil, sin ser presentados al cliente. Esta capacidad permite a los operadores administrar sus clientes al proveerlos de la capacidad de programar las estaciones móviles.

- **Servicios de localización:** La habilidad de rastrear la localización de un objeto móvil, o de un usuario, es muy valiosa tanto para los proveedores como para los clientes. Esta aplicación, de nuevo, solo necesita un intercambio de pequeñas cantidades de información, tales como la longitud y latitud en un momento preciso del día, y quizás otros parámetros como velocidad, temperatura o humedad.

3.6. ELEMENTOS DE LA RED Y SU ARQUITECTURA

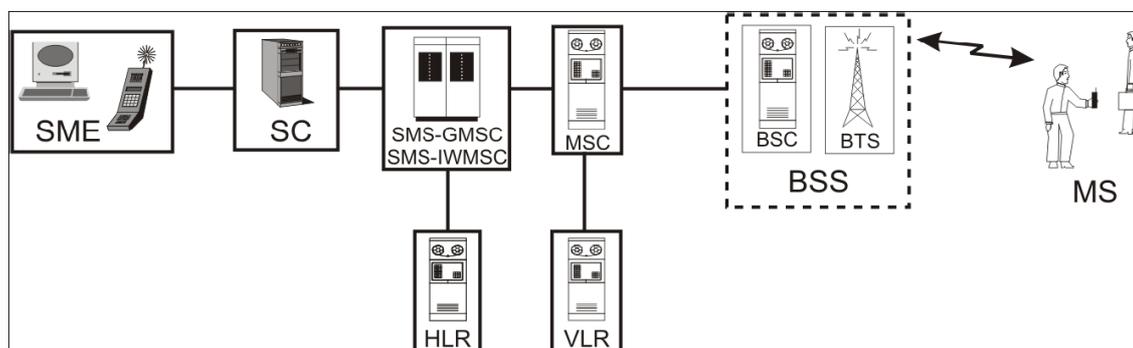


Figura. 3.1. Estructura Básica de la Red para Transferencia de Mensajes Cortos

Las entidades involucradas para proveer el servicio SMS son las siguientes:

Las Entidades de Mensajería Corta (Short Messaging Entities - SME): Es una entidad que puede enviar o recibir mensajes cortos. Puede ser localizada en la red fija, la estación móvil u otro centro de servicio.

El Centro de Servicio de Mensaje Corto (Short Message Service Center-SMSC): Es el responsable de la transmisión, almacenamiento y envío de mensajes cortos entre el SME y la estación móvil.

El Centro de Conmutación Móvil SMS (SMS Gateway/Interworking Mobile Switching Center - SMS GMSC): Es un centro de conmutación de mensajes encargado de recibir el mensaje del SMSC, interrogar al registro de localización local por la información de encaminamiento, y entregarlo al MSC que da servicio a la estación móvil.

Registro de Localización Local. (Home Location Register - HLR): Es la base de datos para el almacenamiento permanente y manejo de perfiles de servicio y suscripciones. El HLR provee la información de encaminamiento hacia el cliente indicado. El HLR también informa al SMSC del intento de entrega de un mensaje corto a una estación móvil que ha resultado fallido.

Registro de Localización del Visitante (Visitor Location Register - VLR): El VLR es la base de datos que contiene la información temporal acerca de los clientes. Esta información se necesita por el MSC (Mobile Switching Center - MSC) que ejecuta las funciones de conmutación del sistema y las llamadas de control hacia y desde otros teléfonos o sistemas de datos.

Estación Base del sistema. (Base Station System - BSS): Todas las funciones relacionadas con la radio se ejecutan en la BSS, la cual consiste en unos controladores de estación base (Base Station Controllers - BSCs) y estaciones base transceptoras (Base Transceiver Stations - BTSs) que se encargan de transmitir la voz y el tráfico de datos entre las estaciones móviles.

La Estación Móvil (Mobile Station - MS): Es el terminal inalámbrico capaz de recibir y originar mensajes cortos, así como llamadas de voz. La infraestructura de señalización de la red inalámbrica está basada en el Sistema de Señalización N° 7 (SS7).

Sistema de Señalización N° 7 (Signalig System 7 – SS7): SMS hace uso de la Parte de Aplicación Móvil (Mobile Application Part - MAP), la cual define los métodos y mecanismos de comunicación en redes inalámbricas y usa los servicios de la Parte de Aplicación de Capacidades de Transacción de SS7 (SS7 Transaction Capabilities Application Part - TCAP). La capa de servicio de SMS hace uso de las capacidades de señalización del MAP y habilita la transferencia de mensajes cortos entre entidades pares

En resumen el servicio SMS permite transferir un mensaje de texto entre una estación móvil (MS) y otra entidad (SME) a través de un centro de servicio (SC). El servicio final ofrecido es una comunicación extremo-extremo entre la estación móvil (MS) y la entidad (SME). La entidad puede ser otra estación móvil o puede estar situado en una red fija. En el caso de envío de un mensaje entre dos móviles, ambas partes son estaciones móviles. Cuando se envía un mensaje para solicitar algún tipo de servicio (o realizar alguna votación, sobre todo en los concursos de la TV, que ahora están tan de moda), un extremo es una estación móvil y la otra es un servidor que atiende las peticiones (o anota los votos).

Además al servicio SMS se lo puede dividir en dos servicios Básicos, los cuales son:

1. **SM MT** (Short **M**essage **M**obile **T**erminated Point-to-Point). Servicio de entrega de un mensaje desde el **SC** hasta una **MS**, obteniéndose un informe sobre lo ocurrido.

2. **SM MO** (Short **M**essage **M**obile **O**riginated Point-to-Point). Servicio de envío de un mensaje desde una **MS** hasta un **SC**, obteniéndose un informe sobre lo ocurrido.

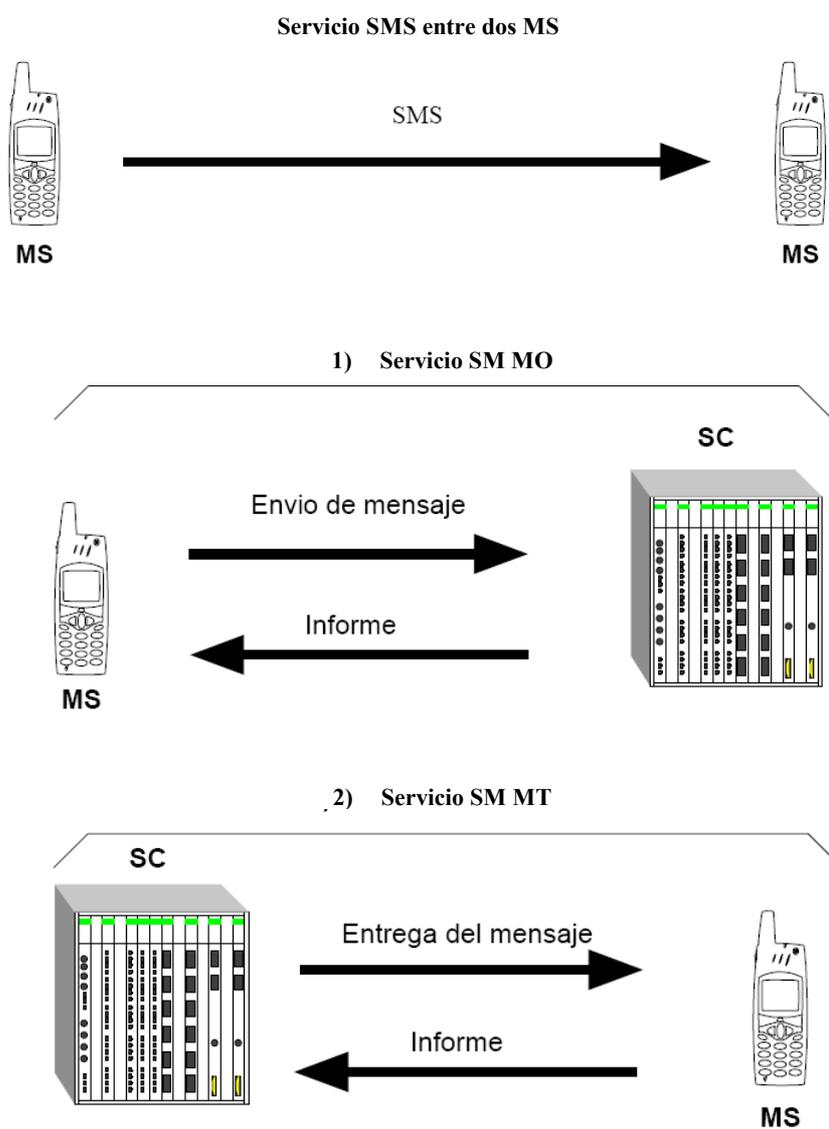


Figura. 3.2. Servicios Básicos SM MT y SM MO

Para la descripción detallada de la arquitectura, se utiliza un modelo de capas, en el que cada capa o nivel proporciona un servicio a la capa superior, y este servicio se implementa mediante el protocolo correspondiente.

3.6.1. Capas de la arquitectura

La arquitectura se divide en 4 capas, su gráfico se muestra en la Figura 3.3:

a) **SM-AL (Short Message Application Layer): Nivel de aplicación.**

b) **SM-TL (Short Message Transfer Layer): Nivel de transferencia.** Servicio de transferencia de un mensaje corto entre una MS y un SC (en ambos sentidos) y obtención de los correspondientes informes sobre el resultado de la transmisión. Este servicio hace abstracción de los detalles internos de la red, permitiendo que el nivel de aplicación pueda intercambiar mensajes.

c) **SM-RL (Short Message Relay Layer): Nivel de repetición.** Proporciona un servicio al nivel de transferencia que le permite enviar TPDU (Transfer Protocol Data Units) a su entidad gemela.

d) **SM-LL (Short Message Lower Layers): Niveles inferiores.**

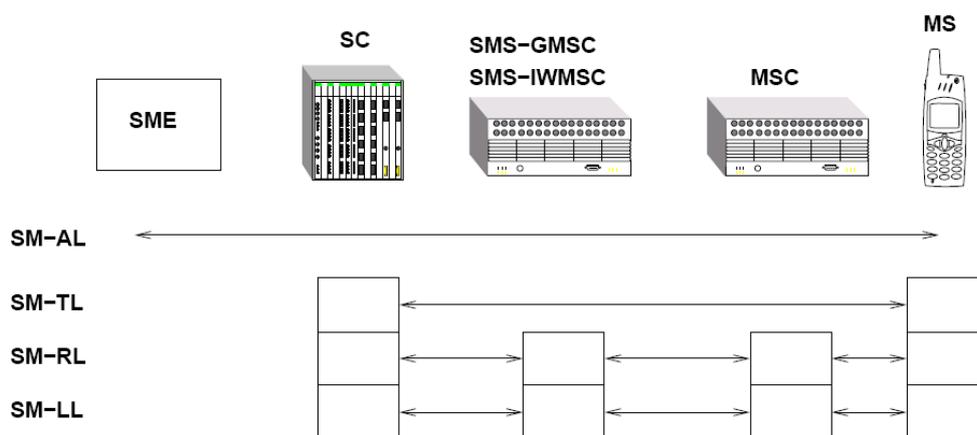


Figura. 3.3. Niveles y Servicios para el Envío de Mensajes Cortos

3.6.1.1. Nivel SM-TL y protocolo SM-TP

Cada capa proporciona los servicios a la capa superior utilizando un protocolo. Se definen los protocolos **SM-TP** y **SM-RP**, que se corresponden con las capas **SM-RL** y **SM-TL**. El nivel de interés de este trabajo es el **SM-TL**, que es el que se usará para enviar y recibir SMS.

El servicio proporcionado por la **capa SM-TL** permite al nivel de aplicación enviar mensajes a su entidad gemela, recibir mensajes de ella así como obtener informes sobre el estado de transmisiones anteriores.

3.7. PROTOCOLOS MÁS EMPLEADOS

- CIMD (Nokia).
- UCP/EMI.
- SMPP.
- Sema Group SMS2000.
- SM/ASI (CriticalPath).
- MQSeries (Movistar): No es realmente un protocolo de interfaz con un SMSC, sino un mecanismo genérico de comunicación basado en colas de mensajes.

3.8. MODO DE LECTURA DE MENSAJES DESCARGADOS

Existen dos modos para leer la información contenida en los mensajes SMS, cuando estos son descargados al computador: modo PDU y modo texto.

3.8.1. Modo PDU

Los mensajes se guardan en la memoria del móvil, o bien en la tarjeta SIM que lleva incluida. Estos mensajes usan una codificación que no es la misma que usa un PC, por lo que pueden contener códigos no mostrables en un ordenador, es decir, que para que puedan ser entendidos por un humano, necesitan ser decodificados.

Se utilizan las siguientes 6 PDUs (Figura 3.4):

SMS-DELIVER: Transmitir un mensaje desde el **SC** al **MS**

SMS-DELIVER-REPORT: Error en la entrega (si lo ha habido)

SMS-SUBMIT: Transmitir un mensaje corto desde el **MS** al **SC**

SMS-SUBMIT-REPORT: Error en la transmisión (Si lo ha habido)

SMS-STATUS-REPORT: Transmitir un informe de estado desde el **SC** al **MS**

SMS-COMMAND: Transmitir un comando desde el **MS** al **SC**

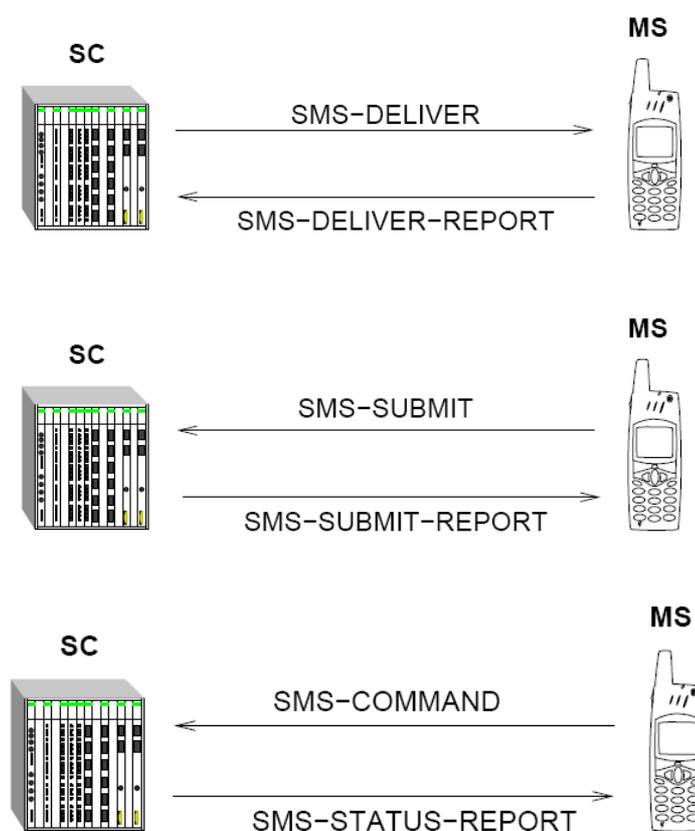


Figura. 3.4. Las 6 PDUS del SM-TP

Los tipos de mensajes PDU: SMS-SUBMIT (tiene el móvil como destino) y SMS-DELIVER (tiene el móvil como origen), constan de los siguientes datos:

Elem.	Campo	Referencia	Represent.	Descripción
SCA		Centro de servicio	1-12 oct.	Dirección del SC
SCA	length	Longitud de direcci	1 octeto	Longitud, en bytes
SCA	tosca	Tipo de SCA	1 octeto	Tipo de número de teléfono
SCA	address	Campo SCA	2-10 oct.	Dirección de origen-in
FO		Primer octeto	1 octeto	Primer octeto SMS-PDU
FO	MTI	Indica tipo mensaje	2 bits	Tipo de mensaje
FO	RD	Rechaza duplicados	1 bit	Rechaza SMS con dup. DA
FO	MMS	+ SMS por mandar	1 bit	Indica si quedan SMS
FO	VPF	Contiene validez	2 bits	Campo validez presente?
FO	RP	Contiene retorno	1 bit	Camino retorno presente?
FO	UDHI	Cabecera usuario?	1 bit	Cabecera presente?
FO	SRR	Petición status	1 bit	Solicita status envío-MS
FO	SRI	Petición status?	1 bit	Solicita status envío-SME
MR		Referencia mensaje	1 octeto	Número de referencia
OA		Dirección origen	2-12 oct.	Dirección origen SMS
OA	length	Longitud del OA	1 octeto	Número de dígitos en OA
OA	toda	Tipo de OA	1 octeto	Tipo de número
DA		Dirección destino	2-12 oct.	Dirección del SME
DA	length	Longitud del DA	1 octeto	Número de dígitos en DA
DA	toda	Tipo de DA	1 octeto	Dirección del SME destino
PID		Identificador protocolo	1 octeto	Identificación protocolo de la capa superior
DCS		Esquema de Codificación /datos	1 octeto	Esquema usado en UD
SCTS		Hora en SMSC	7 octetos	Cuando se recibe mensaje?
UDL		Longitud UD	1 octeto	Longitud del mensaje
UD	UDH	Cabecera (con UDHI)	0-140 oct.	Datos
UD		Datos de usuario	0-140 oct.	Datos (0-160 caract.)

Tabla. 3.1. Datos de SMS-SUBMIT y SMS-DELIVER

Un SMS-DELIVER (mensaje recibido) tiene SCA FO OA PID DCS SCTS UDL UD

Un SMS-SUBMIT-PDU (mensaje a enviar) tiene SCA FO MR DA PID DCS VP UDL UD

Para mensajes enviados hay una cabecera con el emisor, numero del centro de servicio, tipo de codificación, bits usados por cada dato, la validez, y algo mas que revisaremos luego.

Para mensajes recibidos la información consiste en centro de mensajes, tipo de mensaje, camino de vuelta, emisor, protocolo usado, clase de mensaje, alfabeto usado, fecha de envío, y cuerpo del mensaje.

3.8.1.1. SMS-SUBMIT

La estructura de la PDU SMS-SUBMIT se muestra en la Figura 3.5. Los campos que la componen son los siguientes:

- **SCA**: Número de teléfono del Centro de Servicio (SC). La estructura detallada se muestra en la Figura 3.6. Consta de los siguientes campos:
 - * **Longitud**: Número de dígitos del teléfono del SC.
 - * **Tipo de número**: Indica si se trata de un número nacional o internacional:
 - **81h**: Nacional
 - **91h**: Internacional
 - * **Dígitos BCD**: Número de teléfono del SC, en dígitos BCD

 - **PDU-TYPE**: Contiene información sobre el **tipo de PDU**
 - * **RP**: Existe camino de respuesta. RP=0 en tramas de tipo SMS-SUBMIT
 - * **UDHI**: Indica si el campo UD contiene sólo el mensaje corto (UDHI=0) o si existe una cabecera antes del mensaje corto (UDHI=1)
 - * **SRR**: Informe de estado no solicitado (SRR=0) o sí solicitado (SRR=1)
 - * **VPF**: Indica si el campo **VP** está o no presente
 - * **RD**: Rechazar o no duplicados
 - * **MTI**: Tipo de mensaje:
-

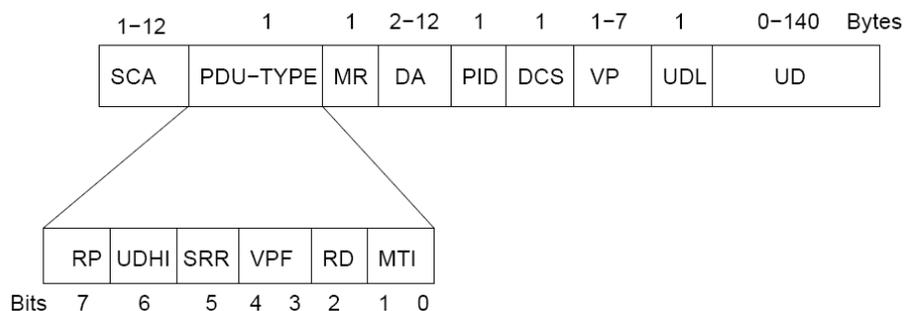


Figura. 3.5. Trama SMS-SUBMIT

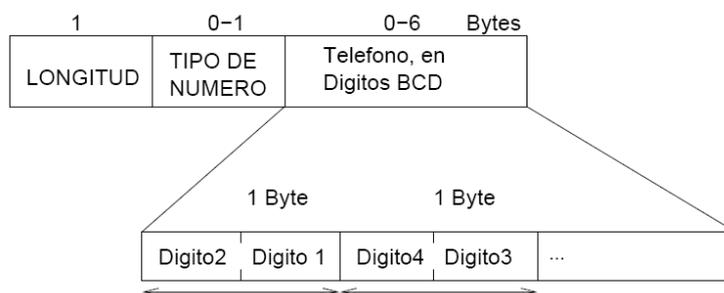


Figura 3.6: Detalle Del Campo SCA

3.8.1.2. SMS-DELIVER

Esta trama, transmitida desde el SC hasta el MS, tiene una estructura similar a SMS-SUBMIT y se muestra en la Figura 3.7.

Los nuevos campos que aparecen son los siguientes:

- **OA:** Dirección del SME que envía el mensaje
- **SCTS:** Marca de tiempo de cuando el centro de servicio recibió el mensaje

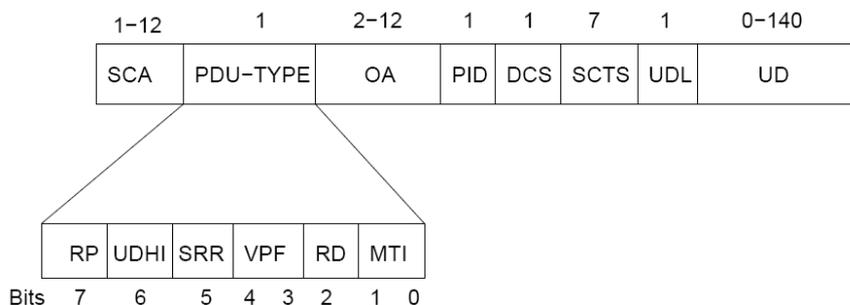


Figura. 3.7. Trama SMS-DELIVER

3.8.2. Modo texto

Se puede utilizar el modo texto, en que sólo hay que indicar el número de teléfono y el contenido del mensaje. Es el modem el que se encarga de generar la trama SMS-SUBMIT correspondiente y enviarla. Este es el modo por defecto y el que normalmente se emplea si sólo queremos transmitir un mensaje.

Es posible tener acceso directamente al protocolo SM-TP, enviando directamente una trama de tipo SMS-SUBMIT. En este caso se habla de modo PDU. Será el nivel de aplicación el que tendrá que generar correctamente la trama SMS-SUBMIT y el módem simplemente la transmitirá.

La configuración del módem para funcionar en uno u otro modo se realiza mediante el comando **AT+CMGF=<modo>**, donde *<modo>* puede tener los siguientes valores:

<modo>=1: **Modo texto**

<modo>=0: **Modo PDU** (Modo por defecto)

Para enviar un mensaje en modo texto, se utiliza el comando AT+CMGS. Primero se especifica el número de teléfono, seguido de un carácter retorno carro <CR>. El modem responde enviando el carácter ">" que indica que se puede escribir el mensaje que se quiere enviar. Para delimitar el mensaje hay que enviar el carácter *<control-z>* (Es el carácter ASCII 26).

Si el mensaje se ha enviado correctamente, devuelve la cadena "+CMGS:<nr>" seguida del OK. El campo *<nr>* es el número de referencia del mensaje, que se va incrementando, tomando los valores comprendidos entre 0 y 255, cada vez que se envía un SMS. Como ejemplo de cada uno de los modos de envío de mensajes tenemos los siguientes:

En modo Texto:

```
AT+CMGS="630672901"<CR>
>Mensaje de prueba <control-z>
+CMGS: 2
OK
```

Puesto que hemos enviado un auto-mensaje (un mensaje SMS con destino el mismo móvil que lo ha originado), al cabo de un cierto tiempo se recibe el mensaje, por lo que aparece en el terminal lo siguiente:

```
+CMTI: "SM", 14
```

que indica que se ha recibido un mensaje SMS y se ha almacenado con el número 14. Si ahora leemos el mensaje:

```
AT+CMGR=14
+CMGR: "REC UNREAD", "+34630672901", "02/06/23, 11:57:20+00"
Mensaje de prueba
OK
```

La información que se obtiene es la siguiente. Primero el estado del mensaje, "REC UNREAD", para indicar que es un mensaje nuevo que no se había leído. A continuación el teléfono del remitente, la fecha y la hora en la que se ha recibido y finalmente el mensaje recibido. Si ahora se vuelve a leer el mensaje, el estado será "REC READ".

En caso de no haber cobertura a la hora de enviar el mensaje, el comando AT+CMGS devuelve la cadena ERROR.

```
AT+CMGS="630672901"<CR>
>Mensaje de prueba <control-z>
ERROR
```

En modo PDU

También es posible enviar directamente una trama SMS-SUBMIT. Para ello configuramos el modem para funcionar en modo PDU, con el comando AT+CMGF=0 y después se utiliza el comando AT+CMGS, indicando la longitud de la trama (excluyendo el primer byte).

```
AT+CMGS=16 <CR>
> 000104098136602709F100F604686F6C61 <Control-z>
```

+CMGS : 8

OK

Si el primer byte es 00, no se envía información sobre el centro de mensajes, por lo que el modem toma el que tenga predefinido.

CAPÍTULO IV

COMANDOS AT

4.1. DESCRIPCIÓN DEL CAPÍTULO

Este capítulo contiene detalles del significado de los Comandos AT, modems, manera de comunicarse entre ellos, protocolos de comunicación, registros S, así como también describe como son usados los Comandos AT para intercambiar información entre la computadora y un modem, sabiendo de antemano que los teléfonos celulares tienen integrado un modem, se puede concluir que a través de este tipo de comandos se puede lograr una comunicación entre el computador y el teléfono celular, siempre y cuando el teléfono soporte los comandos enviados.

Se agrega una lista de comandos AT con su respectiva descripción, la operación de los Comandos AT soportados por los teléfonos modernos, considerando que estos no son relevantes para el uso diario del teléfono, ya que esa información es aportada a través del manual de usuario. Estos Comandos AT son de referencia suplementaria para usuarios avanzados que necesitan de información y control más detallado.

4.2. LAS COMUNICACIONES ENTRE ORDENADORES

El módem es un dispositivo que permite conectar dos ordenadores remotos utilizando la línea telefónica de forma que puedan intercambiar información entre sí. El módem es uno de los métodos mas extendidos para la interconexión de ordenadores por su sencillez y bajo costo.

La gran cobertura de la red telefónica convencional posibilita la casi inmediata conexión de dos ordenadores si se utiliza módems. El módem es por todas estas razones el

método más popular de acceso al Internet por parte de los usuarios privados y también de muchas empresas.



Figura. 4.1. Diagrama para la Comunicación entre Ordenadores

La secuencia de acontecimientos cuando un módem llama a otro empieza con el paso 1 y termina con el paso 12.

Paso	Software	Módem llama	Módem responde	
1	Selecciona "dial" en menú del programa o la teclea en la línea de comandos.	Pone a ON la señal DTR y envía al módem el comando de marcación ATDT 055	Módem conecta el altavoz, descuelga la línea, espera tono de llamada y marca el número de teléfono.	
2		Comienza observando códigos de resultados del módem.	Espera respuesta durante un tiempo según configuración del registro S7.	
3				Línea de telf. suena.
4				Módem detecta llamada, contesta situando tono de resp. en línea.

5			Módem detecta el modo de respuesta y sitúa la portadora de comienzo en línea.	
6			Módems se ponen de acuerdo en la modulación y velocidad a utilizar.	Módem se ponen de acuerdo en modulación y velocidad.
7			Los módems determinan la técnica de compresión y control de errores a utilizar	Módems determinan técnica de compresión y control de errores a utilizar
8			Envía el código de rtdo. "connet" al PC, apaga el altavoz, y pone a ON la señal CD.	
9		Detecta el código de rtdo. y/o la señal CD; Informa a usuario que la conexión está establecida.		
10	Comienza la comunicación con el host.	Gestiona sesión de comunicaciones; vigila pérdida de Portadora, monitorea la señal CD.	Envía y recibe datos.	Envía y recibe datos.

11	Completa la sesión de comunicaciones y selecciona el comando "disconnect".	Pone a OFF la señal DTR, o envía +++ seguidos por ATH.		
12			Cuelga el teléfono.	Detecta pérdida de portadora y cuelga.

Tabla. 4.1. Secuencia de Acontecimientos cuando un Módem llama a otro.

4.2.1. Naturaleza de La Información

La información que maneja el ordenador es digital, es decir esta compuesta por un conjunto discreto de dos valores el 1 y el 0. Sin embargo, por las limitaciones físicas de las líneas de transmisión no es posible enviar información digital a través de un circuito telefónico.

Para poder utilizar las líneas de teléfono (y en general cualquier línea de transmisión) para el envío de información entre ordenadores digitales, es necesario un proceso de transformación de la información. Durante este proceso la información se adecua para ser transportada por el canal de comunicación. Este proceso se conoce como modulación-demodulación y es precisamente este procedimiento el que se realiza en el módem.

4.2.2. Módem

Un módem es un dispositivo que convierte las señales digitales del ordenador en señales analógica que pueden transmitirse a través del canal telefónico. Con un módem, usted puede enviar datos a otra computadora equipada con un módem. Esto le permite bajar información desde la red mundial (World Wide Web), enviar y recibir correspondencia electrónica (E-mail) y reproducir un juego de computadora con un

oponente remoto. Algunos módems también pueden enviar y recibir faxes y llamadas telefónicas de voz.

Distintos módems se comunican a velocidades diferentes. La mayoría de los módems nuevos pueden enviar y recibir datos a 33,6 Kbps y faxes a 14,4 Kbps. Algunos módems pueden bajar información desde un Proveedor de Servicios Internet (ISP) a velocidades de hasta 56 Kbps.

Los módems de ISDN (Red de Servicios Digitales Integrados) utilizan líneas telefónicas digitales para lograr velocidades aun más veloces, de hasta 128 Kbps.

4.2.2.1. Funcionamiento del Módem

La computadora consiste en un dispositivo digital que funciona al encender y apagar interruptores electrónicos. Las líneas telefónicas, de lo contrario, son dispositivos análogos que envían señales como un corriente continuo. El módem tiene que unir el espacio entre estos dos tipos de dispositivos. Debe enviar los datos digitales de la computadora a través de líneas telefónicas análogas. Logra esto modulando los datos digitales para convertirlos en una señal análoga; es decir, el módem varía la frecuencia de la señal digital para formar una señal análoga continua. Y cuando el módem recibe señales análogas a través de la línea telefónica, hace el opuesto: demodula, o quita las frecuencias variadas de la onda análoga para convertirlas en impulsos digitales. De estas dos funciones, MODulación y DEModulación, surgió el nombre del módem.

Existen distintos sistemas de modular una señal analógica para que transporte información digital. En la Figura 4.2 se muestran los dos métodos más sencillos de modulación: Modulación de amplitud (a) y de frecuencia (b).

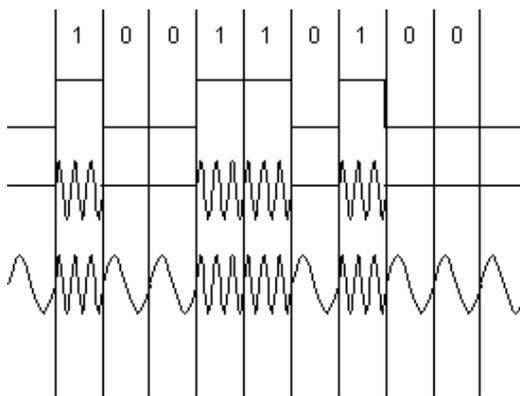


Figura. 4.2. Métodos Sesillos De Modulación

Otros mecanismos como la modulación de fase o los métodos combinados permiten transportar más información por el mismo canal.

Las computadoras y sus diversos dispositivos periféricos, incluyendo los módems, usan el mismo alfabeto. Este alfabeto está formado por solo dos dígitos, cero y uno; es por ello que se conoce como sistema de dígito binario. A cada cero o uno se le llama bit, término derivado de BInary digiT (dígito binario).

Cuando se comienza a establecer una comunicación por Módem, estos hacen una negociación entre ellos. Un módem empieza enviando información tan rápido como puede. Si el receptor no puede mantener la rapidez, interrumpe al módem que envía y ambos deben negociar una velocidad más baja antes de empezar nuevamente. La velocidad a la cual los dos módems se comunican por lo general se llama Velocidad en Baudios, aunque técnicamente es más adecuado decir bits por segundo o bps. Un módem de 600 baudios puede transmitir a 1200, 2400 o, incluso a 9600 bps.

Las leyes físicas establecen un límite para la velocidad de transmisión en un canal ruidoso, con un ancho de banda determinado. Por ejemplo, un canal de banda de 3000 Hz, y una señal de ruido de 30 dB (que son parámetros típicos del sistema telefónico), nunca podrá transmitir a más de 30.000 BPS.

Throughput: Define la cantidad de datos que pueden enviarse a través de un módem en un cierto período de tiempo. Un módem de 9600 baudios puede tener un throughput distinto de 9600 BPS debido al ruido de la línea (que puede disminuir la velocidad) o a la compresión de datos (que puede incrementar la velocidad hasta 4 veces el valor de los baudios). Para mejorar la tasa efectiva de transmisión o throughput se utilizan técnicas de compresión de datos y corrección de errores.

Compresión de datos: Describe el proceso de tomar un bloque de datos y reducir su tamaño. Se emplea para eliminar información redundante y para empaquetar caracteres empleados frecuentemente y representarlos con sólo uno o dos bits.

Control de errores: La ineludible presencia de ruido en las líneas de transmisión provoca errores en el intercambio de información que se debe detectar introduciendo información de control. Así mismo puede incluirse información redundante que permita además corregir los errores cuando se presenten.

4.2.2.2. Estándares de Modulación

Dos módems para comunicarse necesitan emplear la misma técnica de modulación. La mayoría de los módem son full-duplex, lo cual significa que pueden transferir datos en ambas direcciones. Hay otros módems que son half-duplex y pueden transmitir en una sola dirección al mismo tiempo. Algunos estándares permiten sólo operaciones asíncronas y otros síncronas o asíncronas con el mismo módem.

4.2.2.3. Tipos de modulación

Los tipos de modulación más frecuentes se muestran en la siguiente tabla:

TIPO	CARACTERISTICAS
Bell 103	Especificación del sistema Bell para un módem de 300 baudios, asíncrono y full-duplex

Bell 201	Especificación del sistema Bell para un módem de 2400 BPS, síncrono, y Full- duplex.
Bell 212	Especificación del sistema Bell para un módem de 2400 BPS, asíncrono, y Full-duplex.
V.22 bis	Módem de 2400 BPS, síncrono/asíncrono y full-duplex
V.29	Módem de 4800/7200/9600 BPS, síncrono y full-duplex
V.32	Módem de 4800/9600 BPS, síncrono/asíncrono y full-duplex
V.32 bis	Módem de 4800/7200/9600/7200/12000/14400 BPS, síncrono/asíncrono y full-duplex
Hayes Express	Módem de 4800/9600 BPS, síncrono/asíncrono y half-duplex. Sólo compatibles consigo mismo aunque los mas modernos soportan
V.32	
USR-HST	Módem de USRobotics de 9600/14400 BPS. Sólo compatibles consigo mismo aunque los mas modernos soportan V.32 y
V.32bis	
Vfast	Vfast es una recomendación de la industria de fabricantes de módem. La norma Vfast permite velocidades de transferencia de hasta 28.800 bps
V34	Estándar del CCITT para comunicaciones de módem en velocidades de hasta 28.800 bps

Tabla. 4.2. Modulaciones más Frecuentes

4.2.3. Codificación de la Información

La información del ordenador se codifica siempre en unos y ceros, que son los valores elementales que el ordenador es capaz de reconocer. La combinación de 1 y 0 permite componer números enteros y números reales. Los caracteres se representan utilizando una tabla de conversión. La más común de estas tablas es el código ASCII que utilizan los ordenadores personales. Sin embargo existen otras y por ejemplo los grandes ordenadores de IBM utilizan el código EBCDIC.

La información codificada en binario se transmite entre los ordenadores. En las conexiones por módem los bits se transmiten de uno en uno, siguiendo el proceso descrito en el apartado “modulación de la información”. Pero además de los códigos originales de la información, los equipos de comunicación de datos añaden bits de control que permiten detectar si ha habido algún error en la transmisión.

Los errores se deben principalmente a ruido en el canal de transmisión que provoca que algunos bits se mal interpreten. La forma más común de evitar estos errores es añadir a cada palabra (conjunto de bits) un bit que indica si el número de unos en la palabra es par o impar. Según sea lo primero o lo segundo se dice que el control de paridad es par o impar. Este simple mecanismo permite detectar la mayor parte de errores que aparecen durante la transmisión de la información.

La información sobre longitud de la palabra (7 0 8 bits) y tipo de paridad (par o impar) es básica en la configuración de los programas de comunicaciones. Otro de los parámetros necesarios son los bits de parada. Los bits de parada indican al equipo que recibe que la transmisión se ha completado (los bits de parada pueden ser uno o dos).

4.2.4. Estándares de Control de Errores

El problema del ruido es que puede causar pérdidas importantes de información en el módem a velocidades altas, existen para ello diversas técnicas para el control de errores. Cuando se detecta un ruido en un módem con control de errores, todo lo que se aprecia es una breve inactividad o pausa en el enlace de la comunicación, mientras que si el módem no tiene control de errores lo que ocurre ante un ruido es la posible aparición en la pantalla de caracteres "basura" o, si se está transfiriendo un fichero en ese momento, esa parte del fichero tendría que retransmitirse otra vez.

En algunos casos el método de control de errores está ligado a la técnica de modulación, por ejemplo el Módem Hayes V-Serie emplea modulación Hayes Express y un esquema de control de errores llamado Link Access Procedure-Modem (LAP-M). Módem US Robotics con protocolo HTS emplea una modulación y control de errores propios de US Robotics

Hay otras dos técnicas para control de errores bastante importantes:

Microcom Network Protocol (MNP-1, 2, 3, 4,).

- Norma V.42 (procedente del CCITT e incluye el protocolo MNP-4)
- Norma MNP 10. Corrección de errores recomendada para comunicaciones a través de enlaces móviles.

4.2.5. Protección contra Errores

En toda transmisión pueden aparecer errores. Se determina la tasa de error por la relación entre el número de bits erróneos y los bit totales. Lo mismo que con bits, se puede establecer una tasa para caracteres o bloques. Se denomina Error Residual al número de bits erróneos no corregidos en relación al total de bits enviados. Las señales emitidas suelen sufrir dos tipos de deformación; atenuación (reducción de su amplitud); y desfase, siendo esta última la que más afecta a la transmisión. Otros factores que afectan a la señal son: ruido blanco (por los componentes eléctricos de los transformadores), ruido impulsivo, ecos, diafonías, etc. Las distorsiones físicas de la señal las trata el Equipo Terminal de Tratamiento de Datos y los problemas a nivel de bit los trata el Equipo Terminal del Circuito de Datos.

Los sistemas de protección contra errores realizan una codificación del mensaje de datos y una posterior decodificación. En ambos casos se trabaja con datos binarios a nivel de enlace. Los errores se pueden detectar y/o corregir. La corrección la puede realizar el propio decodificador (corrección directa) o se realiza por retransmisión. A los datos enviados se les asocian bits de control (se añade redundancia al mensaje). Estos se pueden calcular para cada bloque de datos, o en función de bloques precedentes (recurrentes).

Como ejemplos de procedimientos de control de errores se pueden citar:

Control de paridad por carácter: Consiste en hacer el número de unos que aparecen en el dato (byte) par o impar. Puede fijarse también la paridad a un valor de 1 (Mark) ó 0 (Space).

Control de paridad por matriz de caracteres: Se determina la paridad de filas y columnas, y se envían los bits de control por filas. Permite tanto la detección como la corrección de los errores.

Códigos Lineales: El conjunto de todos los bloques de datos posibles y sus respectivos bits de control, forman las palabras del código corrector. Cada palabra de n bits se componen de k bits de datos y $n - k$ bits de control (se llaman códigos n,k). Cada palabra de un código lineal se determina multiplicando el vector de datos por una matriz generatriz. El decodificador determina si la palabra recibida pertenece al código o no (caso de un error).

Códigos Cíclicos: Son códigos lineales en los que cualquier permutación del vector pertenece al código. Los elementos del vector se consideran como coeficientes de un polinomio. La codificación/decodificación se realiza gracias a registros de desplazamiento (multiplicación o división del vector información con el generador). Un polinomio generador CRC – 16 ($X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$) puede detectar errores en grupos de 16 bits, disminuyendo la tasa de error.

Códigos Polinómicos: Es un código lineal donde cada palabra del código es múltiplo de un polinomio generador. Los bits de control pueden obtenerse del resto de dividir los bits de información por el polinomio generador.

Retransmisión con paro y espera (ARQ – ACK): Tras el envío de cada bloque de datos, se espera un acuse de recepción positivo (ACK) o negativo (NAK). Si es negativo, se retransmite el bloque; si es positivo, se envía el siguiente; y si pasa un tiempo limite sin respuesta, se retransmite el bloque.

Retransmisión Continua (ARQ – NAK): En sistemas Full–Dúplex, se envían continuamente bloques hasta que se reciba un acuse negativo. Entonces se detiene el envío, se reenvía el bloque fallido y se continúa la transmisión a partir de él. Cada bloque ha de estar numerado, y deben ser almacenados por el receptor.

Retransmisión con repetición selectiva: En sistemas Full-Dúplex, es similar al anterior pero en el caso de error, solo reenvía el bloque fallido. Después, continúa la transmisión donde se dejó.

Entrelazado: Se crea una matriz antes del envío con las palabras del código. Reconstituyendo dicha matriz en la recepción, permite detectar y corregir errores. *El rendimiento de un código de control viene dado por el número de bits de cada bloque, entre los bits del bloque más los bits de control.*

4.2.6. Estándares de Compresión de Datos

La compresión de datos observa bloques repetitivos de datos y los envía al módem remoto en forma de palabras codificadas. Cuando el otro módem recibe el paquete lo decodifica y forma el bloque de datos original.

Hay dos técnicas para la compresión de datos muy extendidas:

- ***Microcom Network Protocol (MNP-5,7):*** Este protocolo permite compresiones de dos a uno, es decir podemos enviar el doble de información utilizando la misma velocidad de modulación.
- ***Norma V.42 bis (procedente del CCITT):*** Con esta norma de compresión se consiguen ratios de 4:1.

Estas tasas son las máximas que se pueden conseguir. Las mejores tasas se consiguen con ficheros de tipo texto o gráficos generados por ordenador. Si la información esta ya comprimida con alguna utilidad tipo arj o zip, estos protocolos no pueden ya comprimir mas la información y en estos casos incluso se pierde capacidad. Si se envía información ya comprimida en el ordenador, el módem ya no podrá comprimirla más, y en estos casos los protocolos de compresión perjudican el rendimiento del módem.

4.2.7. Conectores para Módem

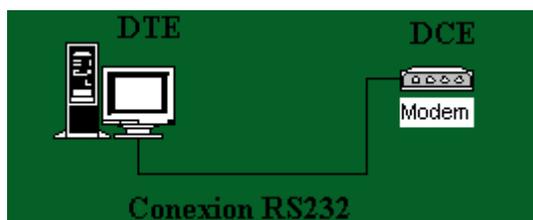


Figura. 4.3. Ejemplo De Conector Del Modem

Los módem se conectan con el ordenador a través de un puerto de comunicaciones del primero. Estos puertos siguen comúnmente la norma RS232, como se muestra en la figura 4.3. Para nuestro caso lo haremos a través del puerto USB, el cual lo veremos a más detalle en el siguiente capítulo. Hay varios circuitos independientes en el interfaz RS232. Dos de estos circuitos, el de transmitir datos (TD), y el de recibir datos (RD) forman la conexión de datos entre PC y Módem. Hay otros circuitos en el interfaz que permiten leer y controlar estos circuitos.

Vamos a ver como se utilizan estas señales para conectarse con el módem:

DTR (Data Terminal Ready): Esta señal indica al módem que el PC está conectado y listo para comunicar. Si la señal se pone a OFF mientras el módem esta en on-line, el módem termina la sesión y cuelga el teléfono.

CD (Carrier Detect): El módem indica al PC que esta on-line (conectado con otro módem)

RTS (Request to send): Normalmente en ON. Se pone OFF si el módem no puede aceptar más datos del PC, por estar en esos momentos realizando otra operación.

CTS (Clear to send): Normalmente en ON. Se pone OFF cuando el PC no puede aceptar datos del módem.

Los controles más utilizados y comunes en la comunicación con modems se detallan a continuación:

Control de Flujo

El control de flujo es un mecanismo por el cual módem y ordenador gestionan los intercambios de información. Estos mecanismos permiten detener el flujo cuando uno de los elementos no puede procesar más información y reanudar el proceso no mas vuelve a estar disponible. Los métodos más comunes de control de flujo son:

Control de flujo hardware

RTS y CTS permiten al PC y al módem parar el flujo de datos que se establece entre ellos de forma temporal. Este sistema es el más seguro y el que soporta una operación adecuada a altas velocidades.

Control de flujo software: XON/XOFF

Aquí se utilizan para el control dos caracteres especiales XON y XOFF (en vez de las líneas hardware RTS y CTS) que controlan el flujo. Cuando el PC quiere que el módem pare su envío de datos, envía XOFF. Cuando el PC quiere que el módem le envíe mas datos, envía XON. Los mismos caracteres utiliza el módem para controlar los envíos del PC. Este sistema no es adecuado para altas velocidades.

4.3. COMANDOS AT

Es el mecanismo o lenguaje estándar de comunicación entre un ordenador y un módem, (incluidos los de los teléfonos móviles), ya sea para control infrarrojo, inalámbrico o por cable. Sin embargo este lenguaje no es aceptado de igual forma por todos los celulares, es decir, ciertos comandos pueden ser aceptados por algunos teléfonos y por otros no, debido a que son específicos de cada fabricante, pero existe un conjunto común (Hayes) que suelen implementar la mayoría de los módems comerciales. Todos los comandos Hayes empiezan con la secuencia AT. La excepción es el comando A/. Tecleando A/ se repite el último comando introducido. El código AT consigue la atención del módem y determina la velocidad y formato de datos.

Los Comandos AT deben ser usados, a grandes rasgos, para el desarrollo de nuevos softwares de comunicaciones o ajustar propiedades avanzadas del teléfono.

Esto lo podemos desglosar de la siguiente forma:

- Configurar el teléfono para una conexión inalámbrica, a través de infrarrojos o por el sistema de bus o cable.
- Configurar el modem interno del teléfono para una conexión inalámbrica, a través de infrarrojos o por el sistema de bus o cable.
- Solicitar información sobre la configuración actual o estado operativo del teléfono o modem.
- Probar la disponibilidad del teléfono o modem.
- Solicitar el rango valido de parámetros aceptados y cuando estos son aplicables.

Entre las reglas aprendidas sobre todo en la práctica para el mejor y más rápido manejo de los comandos AT, está el hecho de que teóricamente la lista de comandos soportados por los teléfonos celulares, dependen de la tecnología por sobre todo, pero en la práctica depende más del modelo de teléfono y de sus características.

Los comandos comienzan con las letras AT y siguen con las letras del alfabeto (A..Z). A medida que los módem se hicieron más complicados, surgió la necesidad de incluir mas comandos, son los comandos extendidos y tienen la forma AT&X (por ejemplo), donde el "&" marca la "X" como carácter extendido.

Según las normas GSM, los comandos AT+Cxxx tienen varias formas:

COMANDOS	OPERACIÓN
AT+Cxxx=?	Devuelve los parámetros que acepta este comando
AT+Cxxx?	Muestra el resultado del comando
AT+Cxxx=...	Escribe los parámetros
AT+Cxxx	Ejecuta el comando, según los parámetros establecidos

Tabla. 4.3. Formas de los Comandos AT

4.3.1. Forma general de los Comandos AT

Para empezar la secuencia de envío y recepción de información, se recomienda enviar primeramente el comando *AT*, si se recibe un *OK*, la conexión esta bien, caso contrario, se recibirá un *ERROR*, y en caso de estar comunicándose desde el HyperTerminal, no se podrá ingresar ningún carácter si no está bien establecida la comunicación. Por tanto todos los comandos que no son soportados por el celular, recibirán una respuesta de *ERROR*

Los comandos AT en teoría se dividen según la tecnología del teléfono celular a la que se los vaya a aplicar, a más de que como ya se ha dicho cada modem tiene su propio listado de comandos que soporta, sin embargo hay que tener en cuenta otras consideraciones propias de cada teléfono, como por ejemplo muchas veces la sintaxis del comando no es la misma para todos los teléfonos aún cuando el comando si sea aceptado.

Existen dos tipos principales de comandos:

- 1.- Comandos que ejecutan acciones inmediatas (ATD marcación, ATA contestación o ATH desconexión)
- 2.- Comandos que cambian algún parámetro del módem (por ejemplo AT\$7=90)

En la siguiente tabla constan los comandos AT más generales así como la operación a realizarse.

COMANDO	OPERACIÓN
	Generales
AT*	Lista de todos los comandos que admita el módem
AT+CLAC	Lista de comandos disponibles para el usuario
	De control de las llamadas.
ATDT	Dice al módem que marque un número de teléfono determinado empleando la marcación por tonos
ATDP	Lo mismo que ATDT pero la marcación es por pulsos
ATH	Dice al módem que cuelgue el teléfono
ATA	Responder

AT+CCFC Gestiona el desvío de llamadas. Redirecciona llamadas entrantes a otro número de teléfono

ATH Colgar

De control del teléfono.

AT+CBC Nivel de la batería

AT+CGMI Identificación de fabricante

AT+CGMM Identificación de modelo

AT+CGSN Número de serie : IMEI

AT+CIMI IMSI de la tarjeta SIM

AT+CCLK? Indica la hora

AT+CGMR Identificación de la revisión

AT+CBC Devuelve el estado de carga de la batería

AT+CPBS=? Lista de guías telefónicas

AT+CPBF Buscar en la guía telefónica

AT+CPBR Leer un contacto de la guía telefónica

ATL? Volumen del altavoz

AT+CLAN= Idioma

AT+CSQ Devuelve el estado de la calidad de la señal

AT+CIND? Valores de los indicadores

AT+COPS=? Selección de operador

AT+CLIP= Configuración de CLIP

AT*EMLR Menús del terminal

AT+CMGF Informa de los formatos de mensaje soportados
Por el teléfono (modo PDU o TEXTO)

AT*ECMW? Menús personalizados

De manejo de mensajes SMS.

AT+CPMS? Comprobar el estado de las memorias

AT+CMGL= Lista de mensajes

AT+CMGR Leer mensaje

AT+CMGD Borrar mensaje

AT+CMGS Enviar mensaje

Tabla. 4.4. Comandos AT Generales

4.3.2. Principales Comandos AT

A continuación están los comandos AT más utilizados en la realización del presente proyecto, por tanto consta una explicación más detallada de cada uno.

Notación empleada en la lista de los principales comandos:

Comando AT: [Definición técnica]

- Funcionalidad del comando
- Sintaxis: Petición | Respuesta
- Respuesta obtenida al testear el comando

ATD: [Dial Command]

- Inicia una llamada telefónica
- Sintaxis: ATD64612345 para una llamada de Datos.
 ATD64612345; para una llamada de Voz. (Importante la notación ';')
 ATD>"Cesar"; para llamar al contacto almacenado en la agenda con el texto asociado Cesar

AT+CMGL=<estado>

- Lista todos los mensajes almacenados correspondientes al estado especificado.
- Sintaxis: AT+CMGL=<estado> | +CGML: <índice>, <estado>, <número>, [otros parámetros opcionales] , <timestamp><CR><LF><Cuerpo del mensaje>
 <índice> Posición que ocupa el mensaje SMS en la memoria.
 <estado> Estado del mensaje.
 <número> Cadena de texto con el número de teléfono origen del mensaje.
 <timestamp> Fecha y hora.
 <CR><LF> Retorno de carro y salto de línea.
- Resultado a AT+CMGL="STO UNSENT":
 +CMGL: 16,"STO UNSENT","679123456",,
 Hola! Esto es un sms almacenado en memoria. Luego puede ser enviado... Salu2

Si enviamos este mensaje a un motorola V3 que es el teléfono que en nuestro caso estamos ocupando, incluidos los dos puntos del final, nos saldrá un mensaje de *ERROR*, pero sin los dos puntos el mensaje de respuesta será el deseado. De la misma manera ocurre con muchos otros comandos, razón por la cual debemos tener presente que la sintaxis de los comandos es propia para cada teléfono.

AT+CCFC: [Call Forwarding Number]

- Gestiona el Desvío de Llamadas. Permite redireccionar llamadas entrantes a otro número de teléfono.

- Sintaxis:

```
AT+CCFC=<razón>,<modo>,<número>,<tipo>,<clase>,[<subaddr>,<satype>],[<time>]]
```

<razón> Razón por la cual entra en acción el desvío de llamada.

- 0 - incondicional
- 1 - si teléfono ocupado
- 2 - si no obtiene respuesta
- 3 - si inalcanzable
- 4 - todos los desvíos de llamadas
- 5 - todos los desvíos de llamadas condicionales

<modo> Estado del desvío de llamada.

- 0 - deshabilitado
- 1 - habilitado
- 2 - query status
- 3 - registro
- 4 - erasure (borrado)

<número> Cadena de texto con el número de teléfono destino del desvío de llamada.

Se especifica en el formato indicado en el campo <type>

<tipo> Tipo de código de dirección de teléfono:

- 145 - para código internacional +
- 129 - en otro caso

<clase> Código que representa la clase de información que contiene la llamada a desviar.

- 1 - voz
- 2 - datos

4 - fax

7 - cualquier clase (por defecto)

<time> Tiempo en segundos a esperar antes de desviar la llamada.

1..30 (por defecto, 20)

<status> Estado de la opción desvío de llamadas. (Sólo en respuesta AT)

0 - no activo

1 - activo

- Ejemplo: Implementación del comando en Blooover:

```
"AT+CCFC=0,3,\"+4913377001\",145,7\r"
```

Vemos que utiliza los siguientes parámetros:

<razón> = 0, incondicional

<modo> = 3, registro

<número> = +4913377001 (German Windows XP Activation Hotline)

<tipo> = 145, formato de código internacional

<clase> = 7, cualquier clase de información a desviar

AT+CPAS: [Phone Activity Status]

1) AT+CPAS=?

- Muestra la implementación del comando.

- Sintaxis: AT+CPAS=? | +CPAS: (lista de estados soportados)

0 - Ready (Encendido pero inactivo)

1 - Unavailable (No disponible)

2 - Unknown (Desconocido)

3 - Ringing (Llamada entrante en proceso)

4 - Call in progress (Llamada saliente en proceso)

5 - Asleep (Dormido)

- Respuesta: +CMGD: (0,2,3,4)

2) AT+CPAS

- Informa del estado de actividad del teléfono.

- Sintaxis: AT+CPAS | +CPAS: <estado>

- Respuesta: +CPAS: 0, en estado normal de inactividad.

+CPAS: 3, si el teléfono está sonando a causa de una llamada entrante.

AT+CGMI: [Request Manufacturer Identification]

- Petición de identificación del Fabricante (Marca del teléfono).
- Sintaxis: AT+CGMM | <fabricante>
- Respuesta: Nokia Mobile Phones

AT+CGMM: [Request Model Identification]

- Petición de identificación del modelo de teléfono.
- Sintaxis: AT+CGMM | <modelo>
- Respuesta: Nokia 6820

AT+CGSN: [Request Product Serial Number Identification]

- Petición de identificación del número de serie del producto.
- Sintaxis: AT+CGSN | <IMEI>
- Respuesta: 1234567890etc

AT+CPBS: [Select Phone Book Memory Storage]**1) AT+CS?**

- Informa de los dispositivos de memoria que soporta el teléfono para almacenar las distintas listas de contactos.
- Sintaxis: AT+CPBS? | +CPBS: "XX", donde "XX" se sustituye por el dispositivo de almacenamiento:
 - "SM" - SIM phonebook list [Lista de contactos de la agenda SIM]
 - "TA" - TA phonebook list [Lista de contactos del terminal]
 - "LD" - SIM last dialing list [Lista de números marcados]
 - "DC" - Dialed call list [Lista de llamadas realizadas]
 - "RC" - ME received calls list [Lista de llamadas recibidas]
 - "MC" - ME missed call list [Lista de llamadas perdidas]
 - "EN" - Emergency number list [Lista de números de emergencia]
 - "FD" - SIM fix dialing list
 - "MT" - ME + SIM combined list
 - "ON" - SIM o ME own number list
- Respuesta: +CPBS: "SM"

2) AT+CPBS="XX"

- Selecciona por defecto uno de los dispositivos de memoria que soporta el teléfono para almacenar las distintas listas de contactos.
- Sintaxis: AT+CPBS="XX", donde "XX" se sustituye por el dispositivo de almacenamiento:
 - "SM" - SIM phonebook list [Lista de contactos de la agenda SIM]
 - "TA" - TA phonebook list [Lista de contactos del terminal]
 - "LD" - SIM last dialing list [Lista de números marcados]
 - "DC" - Dialed call list [Lista de llamadas realizadas]
 - "RC" - ME received calls list [Lista de llamadas recibidas]
 - "MC" - ME missed call list [Lista de llamadas perdidas]
 - "EN" - Emergency number list [Lista de números de emergencia]
 - "FD" - SIM fix dialing list
 - "MT" - ME + SIM combined list
 - "ON" - SIM o ME own number list

AT+CMGF: [Message Format]

1) AT+CMGF=?

- Informa de los formatos de mensaje soportados por el teléfono
- Sintaxis: AT+CMGF=? | +CMGF: (0,1)
 - modo = 0 indica formato de mensajes en modo PDU
 - modo = 1 indica formato de mensajes en modo TEXTO

2) AT+CMGF?

- Informa del formato de mensajes que está siendo utilizado actualmente para los comandos enviar, listar, leer y escribir.
- Sintaxis: AT+CMGF? | +CMGF: <modo>
 - modo = 0 indica formato de mensajes en modo PDU
 - modo = 1 indica formato de mensajes en modo TEXTO

3) AT+CMGF=<modo>

- Establece el formato a utilizar para la entrada y salida de mensajes.
- Sintaxis: AT+CMGF=<modo>
 - modo = 0 indica formato de mensajes en modo PDU
 - modo = 1 indica formato de mensajes en modo TEXTO

AT+CMGL: [List Messages]**1) AT+CMGL=?**

- Informa de los posibles estados de un mensaje en la memoria que el teléfono puede soportar.

- Sintaxis: (+CMGF=0) AT+CMGL=? | +CMGL: (0-4)

(+CMGF=1) AT+CMGL=? | +CMGL: ("REC UNREAD", "REC READ", "STO UNSENT", "STO SENT", "ALL")

<estados>:

0 | "REC UNREAD": Almacenado en Bandeja de entrada y sin leer.

1 | "REC READ": Almacenado en Bandeja de entrada y leído.

2 | "STO UNSENT": Almacenado en Bandeja de salida y sin enviar.

3 | "STO SENT": Almacenado en Bandeja de salida y enviado.

4 | "ALL": Todos los mensajes almacenados.

2) AT+CMGL=<estado>

- Lista todos los mensajes almacenados correspondientes al estado especificado.

- Sintaxis: AT+CMGL=<estado> | +CGML: <índice>, <estado>, <número>, [otros parámetros opcionales] , <timestamp><CR><LF><Cuerpo del mensaje>

<índice> Posición que ocupa el mensaje SMS en la memoria.

<estado> Estado del mensaje.

<número> Cadena de texto con el número de teléfono origen del mensaje.

<timestamp> Fecha y hora.

<CR><LF> Retorno de carro y salto de línea.

- Resultado a AT+CMGL="STO UNSENT":

+CMGL: 16,"STO UNSENT","679123456",,

Hola! Esto es un sms almacenado en memoria. Luego puede ser enviado... Salu2

AT+CMGR: [Read Message]

- Permite leer mensajes SMS de la bandeja de entrada.

- Sintaxis: AT+CMGR=<índice> | +CMGR: <estado>, <número>, [otros parámetros] ,

<timestamp><CR><LF><Cuerpo del mensaje>

<índice> Posición que ocupa el mensaje SMS en la memoria.

<estado> Estado del mensaje.

<número> Cadena de texto con el número de teléfono origen del mensaje.

<timestamp> Fecha y hora.

<CR><LF> Retorno de carro y salto de línea

- Respuesta a AT+CMGR=1:

+CMGR: "REC READ","227",,"05/07/12,14:13:02+08"

Movistar info: Ahora, GRATIS, tus Llamadas Perdidas vienen con el NOMBRE de la persona que te llamo, si esta en tu agenda. Para volver al SMS del 200 llama 283

AT+CMGD: [Delete Message]

1) AT+CMGD=?

- Muestra la implementación del comando.

- Sintaxis: AT+CMGD=? | +CMGD: (lista de índices soportados)[,(lista de del flags soportadas)]

- Respuesta: +CMGD: (1-15),(0-4) //1-15 indica que la memoria SIM puede almacenar de 1 a 15 mensajes SMS

2) AT+CMGD=<índice>

- Elimina el mensaje de índice especificado.

- Sintaxis: AT+CMGD=1 elimina el mensaje con índice 1, es decir, el primer mensaje de la bandeja de entrada de mensajes SMS.

AT+CMGW: [Write Message]

- Permite escribir un mensaje SMS en memoria (Bandeja de salida).

- Sintaxis: AT+CMGW=<número> [Presionar CR]

> Escribimos el cuerpo del mensaje. [Presionar Ctrl-Z]

<número> Cadena de texto con el número de teléfono destino del mensaje.

- Ejemplo:

AT+CMGW="679123456" [Presionar CR]

> Hola! Como estás? Hace mucho q no te veo. Ciao. [Ctrl-Z]

Respuesta: +CMGW: <índice que ocupará en la memoria>

AT+CMGS: [Send Message]

- Permite enviar un mensaje SMS.

- Sintaxis: AT+CMGS=<número> [Presionar CR]

> Escribimos el cuerpo del mensaje. [Presionar Ctrl-Z]
<número> Cadena de texto con el número de teléfono destino del mensaje.
- Ejemplo:
AT+CMGS="679123456" [Presionar CR]
> Hola! Como estás? Hace mucho q no te veo. Chao. [Ctrl-Z]
Respuesta: +CMGS: 213

4.3.3. Uso de los Comandos AT

Los módem siempre funcionan en uno de estos modos: el modo de comando o el modo en línea.

Modo comando, se usa para la configuración del módem o para marcar, usted puede comunicarse con el módem a través del conjunto de comandos AT. Después de ejecutar un comando, el módem regresa un código de resultado de confirmación.

Modo en línea, el modem pasa a este modo después de que se establezca una conexión con un módem o máquina de fax remota, a menos que el modificador de marcado lo especifique de otra manera. En el modo en línea, el módem recibe caracteres desde la computadora, convierte los datos en señales analógicas y luego transmite estas señales a través de la línea telefónica.

Puede introducir comandos únicamente cuando el módem está en el modo comando. No puede entrar comandos cuando el módem está en el modo en línea, es decir, enviando o recibiendo datos mediante las líneas telefónicas. Si el módem se encuentra en el modo en línea, regresa al modo comando bajo estas circunstancias:

- Un punto y coma (;) ocurre al fin de la secuencia de marcado.
- El módem recibe una secuencia de escape definida o una señal de interrupción mientras está en el modo en línea.
- Se desconecta una llamada.
- No puede completar una llamada satisfactoriamente o el portador de datos del módem remoto se desconecta.

- Si ocurre un error durante la ejecución de una línea de comando, el procesamiento se detiene y todo aquello que sigue al comando incorrecto se ignora.

4.3.4. Presentación de los Comandos AT

El software de comunicaciones se comunica con el módem en un idioma de comando especial que a menudo se conoce como el juego de comandos AT. A pesar de que usted no puede ver este idioma, es el único que el módem comprende.

Por lo general, el software de comunicación le permite controlar el módem sin esfuerzo y de manera conveniente. Puede apenas seleccionar las opciones y operaciones requeridas desde menús en el programa de software de comunicaciones y el programa de comunicaciones transmite estas selecciones al módem en el formato de comando requerido. De inmediato, el módem procesa los comandos y realiza la tarea en particular.

No obstante, es posible que los usuarios más avanzados necesiten controlar sus módems de manera directa, usando el juego de comandos AT. El uso de un programa de comunicaciones tal como Windows HyperTerminal, puede emitir comandos directamente desde el modo terminal del programa de comunicaciones. Al usar el juego de comandos AT, extensiones de fax Clase 1 y el respaldo de registros S, puede instruir al módem para que realice una función particular o juego de funciones. Por ejemplo, puede dirigir al módem para marcar (ATDn), responder (ATA) y colgar (ATHO) con los comandos apropiados. Estos comandos son los mismos que usa el software de comunicaciones para control del módem.

4.3.5. Los Registros S.

Los comandos AT se usan para indicarle al módem que deben hacer una sola vez, los registros S le indican al módem cómo funcionar todo el tiempo. Los registros S se usan para establecer ciertos parámetros que describen cómo funciona el módem. En otras palabras, el módem se olvida de la mayoría de los comandos AT tan pronto como los ejecuta; no obstante, recuerda la última configuración de cada registro S y sigue obedeciendo esta configuración hasta que la cambia.

4.3.5.1. Lectura de un Registro S

Usted puede leer el contenido de un registro S dado al entrar el comando ATS_n ? Por ejemplo, para enseñar el contenido del registro S11, ingrese el comando:

- $ATS11?$

4.3.5.2. Valores Predeterminados del Registro S

Durante la fabricación, los registros S del módem fueron programados para contener ciertos valores. Estos valores predeterminados del registro S se establecen para que funcionen de manera confiable bajo la mayoría de circunstancias. No obstante, usted puede modificar los valores si fuera necesario. Por ejemplo, tal vez requiera bastante tiempo obtener tono para marcar en su oficina, así que usted puede volver a fijar S6 para un período más largo de espera.

4.3.5.3. Modificación de un Registro S

Usted puede cambiar el valor de un registro S al entrar el comando $ATS_n=r$. En este comando, "n" es el número del registro a modificar y "r" es el valor al que desea configurar el registro. Por ejemplo, para establecer el registro 37 en 7, ingrese:

- $ATS37=7<cr>$

El registro S37 está ahora establecido en el valor de 7.

4.3.5.4. Programación de los Registros S.

Los registros S contienen parámetros que controlan el funcionamiento del módem. Para programarlos se usa el comando

$$ATS (\text{Número_registro}) = (\text{valor_a_establecer}).$$

4.3.5.5. Referencia de Comandos del Registro S

La siguiente tabla enumera los registros S disponibles para el módem. El margen de valores válidos, valor predeterminado y unidades, donde se aplica, se dan.

NOTA: El margen y los valores predeterminados que se dan en esta tabla son únicamente para Norteamérica. Estos valores pueden variar según el país.

Referencia de Comandos del Registro S	
Registro	Descripción
S0	<p><i>Respuesta Automática.</i> El establecer S0 en un valor de 0 hasta 255 coloca el módem en el modo de respuesta. El módem contesta automáticamente después de transcurrir un número específico de timbres. Si establece S0 en 0 inhabilita la contestación automática de manera que el módem únicamente contesta cuando se da un comando <u>ATA</u>.</p> <p>Valor predeterminado: 0</p> <p>Unidades: Timbres</p>
S1	<p><i>Contador de Timbres.</i> S1 es de sólo lectura. El valor de S1 se incrementa con cada timbre. Si no hay timbres después de un intervalo de seis segundos, este registro se borra.</p>
S2	<p><i>Carácter AT de Escape.</i> S2 especifica el carácter de código de escape usado para dejar el modo de datos en línea y volver a entrar en el modo de comando.</p> <p>Los valores mayores de 127 inhabilitan la secuencia de código de escape. Para entrar al modo de comando cuando se ha inhabilitado el código de escape, una pérdida de portador debe ocurrir o la señal de terminal de datos listo (DTR) debe estar establecido en 0 (según el comando &D).</p> <p>Margen: 0 - 255</p> <p>Valor predeterminado: 43 (ASCII +)</p>

S3	<p><i>Carácter de Terminación de la Línea de Comando.</i> S3 especifica el valor usado para identificar el fin de la línea de comando.</p> <p>Margen: de 0 hasta 127, ASCII decimal</p> <p>Valor predeterminado: 13 (retroceso de carro)</p>
S4	<p><i>Carácter de Formateo de Respuesta.</i> S4 especifica la salida de carácter por el módem a la computadora como avance de línea.</p> <p>Margen: de 0 hasta 127, ASCII decimal</p> <p>Valor predeterminado: 10 (avance de línea)</p>
S5	<p><i>Carácter de Edición de Línea de Comando.</i> S5 especifica el valor ASCII del carácter usado para editar la línea de comando. El módem no reconoce el carácter de Retroceso si no está establecido en un valor superior a decimal 32. Este carácter puede usarse para editar una línea de comando. Cuando está habilitada la función de eco, el módem repite el carácter retroceso, el carácter de espacio de ASCII, y un segundo carácter retroceso a la computadora, por tanto tres caracteres se transmite cada vez que el módem procesa el carácter de retroceso.</p> <p>Margen: de 0 hasta 127, ASCII decimal</p> <p>Valor predeterminado: 8 (retroceso)</p>
S6	<p><i>Esperar Antes de Marca.</i> S6 establece la duración del período (en segundos) que espera el módem después de conectarse antes de marcar el primer dígito de un número telefónico. La característica de espera para el tono de marcado, establecido por el modificador de marcado W, suplanta esta configuración del registro S.</p> <p>Margen: 2 - 65</p> <p>Valor predeterminado: 2</p>
S7	<p><i>Intervalo de Espera de Terminación de Conexión.</i> S7 especifica el intervalo de tiempo (en segundos) que el módem espera para recibir una señal de portador antes de colgarse. El cronómetro empieza cuando el módem termina de marcar o se desconecta, también establece el intervalo de espera de silencio para el modificador de marcado</p> <p>Margen: 1 - 255</p> <p>Valor predeterminado: 50</p>

S8	<p><i>Modificador Coma de Marcado Intervalo.</i> S8 denota el intervalo de tiempo (en segundos) que el módem pausa cuando lee una coma en la cadena de comando de marcado.</p> <p>Margen: 0 - 65</p> <p>Valor predeterminado: 2</p>
S10	<p><i>Demora Automática de Desconexión.</i> Especifica el tiempo de demora (en décimas de segundos) desde la pérdida de portador hasta colgar.</p> <p>Margen: 1 - 254</p> <p>Valor predeterminado: 20</p> <p>Unidades: 0,1 segundo</p>
S11	<p><i>Velocidad de Marcado DTMF.</i> S11 determina el ancho de pulso de DTMF y el tiempo interdígito.</p> <p>Margen: 50 - 150</p> <p>Valor predeterminado: 95</p> <p>Unidades: 0,001 segundo</p>
S12	<p><i>Intervalos de Protección del Código de Escape.</i> El valor S12 determina el intervalo de inactividad (en unidades de 20 milisegundos) antes y después de la entrada de la secuencia de códigos de escape</p> <p>Margen: 0 - 255</p> <p>Valor predeterminado: 50</p>
S28	<p><i>Habilitar/Inhabilitar de Modulación V.34</i> S28 habilita o inhabilita técnicas de modulación V.34. Valores válidos son 0 - 255.</p> <p>0 Inhabilitado</p> <p>1 - 255 Habilitado (valor predeterminado = 1)</p>
S32	<p><i>Volumen de Timbre Sintético.</i> S32 proporciona un volumen de timbre sintético (en dB) con un signo de restar implícito (16 es valor predeterminado).</p>
S33	<p><i>Frecuencia de Timbre Sintetizado.</i> Valores válidos son 0 - 5.</p> <p>0 Inhabilitación de timbre sintetizado (predeterminado)</p> <p>1 - 5 Cinco frecuencias de timbre variables</p>
S35	<p><i>Tono de Llamada de Datos.</i> El Tono de Llamada de Datos es un tono de cierta frecuencia y cadencia según se especifica en V.25, lo cual permite</p>

	<p>el reconocimiento remoto de Datos/Fax/Voz. La frecuencia es 1300 Hz con una cadencia de 0,5 segundos de actividad y 2 segundos en descanso.</p> <p>0 Inhabilitar tono de llamada de datos (valor predeterminado)</p> <p>1 Habilitar tono de llamada de datos</p>
S37	<p><i>Velocidad de la Línea de Marcado.</i> El valor predeterminado es 0.</p> <p>0 Seleccionar velocidad máxima</p> <p>1 Reservado</p> <p>2 1200/75 bps</p> <p>3 300 bps</p> <p>4 Reservado</p> <p>5 1200 bps</p> <p>6 2400 bps</p> <p>7 4800 bps</p> <p>8 7200 bps</p> <p>9 9600 bps</p> <p>10 12000 bps</p> <p>11 14400 bps</p> <p>12 16800 bps</p> <p>13 19200 bps</p> <p>14 21600 bps</p> <p>15 24000 bps</p> <p>16 26400 bps</p> <p>17 28800 bps</p> <p>18 31200 bps</p> <p>19 33600 bps</p>
S38	<p><i>Velocidad de la Línea de Marcado de 56K.</i> S38 establece la velocidad máxima hacia abajo al cual el módem intenta conectarse. Para inhabilitar 56K, establezca S38 en 0.</p> <p>S37 establece la velocidad hacia arriba de V.34.</p> <p>NOTA: 56K no está disponible en algunos modelos.</p> <p>0 56K inhabilitado</p> <p>1 56K habilitado, selección de velocidad automática a velocidad</p>

	<p>máxima del módem (valor predeterminado)</p> <p>2 32000 bps</p> <p>3 34000 bps</p> <p>4 36000 bps</p> <p>5 38000 bps</p> <p>6 40000 bps</p> <p>7 42000 bps</p> <p>8 44000 bps</p> <p>9 46000 bps</p> <p>10 48000 bps</p> <p>11 50000 bps</p> <p>12 52000 bps</p> <p>13 54000 bps</p> <p>14 56000 bps</p> <p>15 58000 bps</p> <p>16 60000 bps</p>
S89	<p><i>Cronómetro de Modo Dormir.</i> S89 establece y muestra el número de segundos de inactividad (no se envían caracteres desde la computadora, ningún timbre entrante) en el estado de comando fuera de línea antes de que el módem pase al modo de espera (dormir). Un valor de 0 impide el modo En espera.</p> <p>Margen: 0, 5 - 255</p> <p>Valor predeterminado: 10</p> <p>Unidades: Segundos</p>

Tabla. 4.5. Lista de Registros “S” de un Modem

CAPÍTULO V

USB

5.1. DESCRIPCIÓN DEL CAPÍTULO

El Universal Serial Bus, mejor conocido como USB a llegado a ser una popular interfaz para el intercambio de datos entre PC's y periféricos. Cada día se incrementa el número de productos electrónicos como; PDA, celulares, cámaras digitales, dispositivos portátiles, etc., que utilizan una interfaz USB para intercambiar datos con un PC.

En pocos años desde su introducción, el USB ha tenido una rápida aceptación en las industrias, debido a las características como: barato, confiable, provee buen funcionamiento, entre otras. A continuación se muestra la Figura 5.1, en la cual se presenta el incremento en el número de dispositivos con USB aceptados por los usuarios conforme han ido pasando los años.

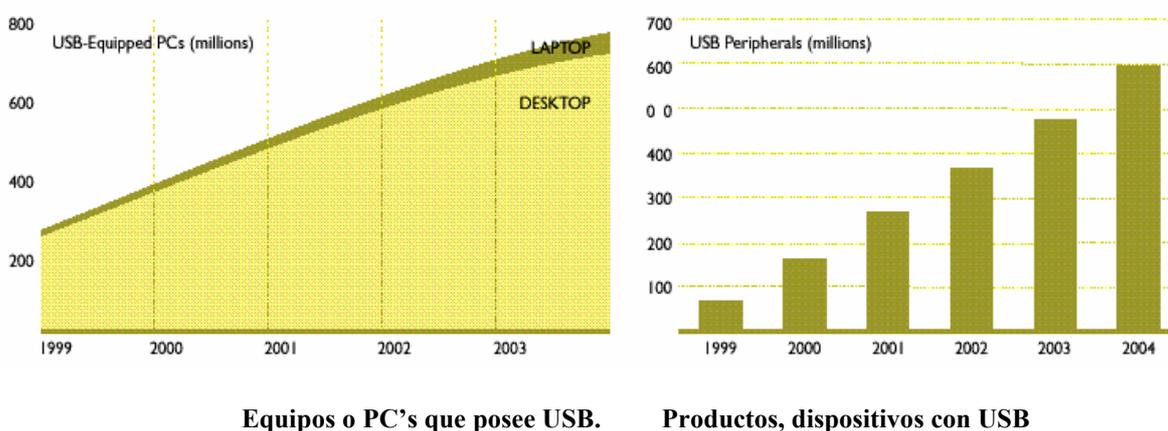


Figura 5.1. Incremento de los dispositivos USB a través de los Años

El USB continúa siendo la respuesta para la conectividad entre dispositivos externos y la PC, de ahí la importancia para el estudio y la comprensión de su funcionamiento.

Las aplicaciones de los usuarios como imágenes digitales demandan alto funcionamiento para la comunicación entre la PC y el dispositivo, por tal razón el USB se ha desarrollado incrementando el ancho de banda. Además existe una operación amigable con el usuario, Plug and Play, lo que proporciona gran facilidad para instalar un dispositivo ya que el sistema operativo reconoce al dispositivo automáticamente.

5.2 HISTORIA

En un principio se utilizaba la interfaz serie y paralelo, pero era necesario unificar todos los conectores creando uno más sencillo y de mayores prestaciones. Así nació el USB (Universal Serial Bus) con una velocidad de 12Mbps o USB 1.1 y su evolución, USB 2.0, conocido como USB de alta velocidad, con una velocidad de 480 Mbps. es decir, 40 veces más rápido que USB 1.1. El USB puede llegar a transmitir a velocidades entre 1,5 Mbps y 480 Mbps.

USB es una nueva arquitectura de bus o un nuevo tipo de bus desarrollado por un grupo de siete empresas (Compaq, Digital Equipment Corp, IBM PC Co., Intel, Microsoft, NEC y Northern Telecom) que forman parte de los avances plug-and-play que permiten instalar periféricos sin tener que abrir la máquina, es decir, basta con que se conecte dicho periférico en el computador.

5.3. USB

Rápidamente, el USB se puede definir como una interfaz entre la PC y ciertos dispositivos, tales como teclados, ratones, scanners, impresoras, módems, placas de sonido, cámaras, etc. El USB presenta una característica importante, permite a los dispositivos trabajar a altas velocidades, a un promedio de 12 Mbps, esto es más o menos de 3 a 5 veces más rápido que un dispositivo de puerto paralelo y de 20 a 40 veces más rápido que un dispositivo de puerto serial.

La versión USB 1.1 soporta dos velocidades, máxima velocidad de 12Mbps y baja velocidad de 1.5Mbps. La velocidad de 1.5Mbps es más lento y menos susceptible a interferencias electromagnéticas, así se reduce el costo y la calidad de los componentes.

El USB 2.0 puede trabajar hasta una velocidad de 480Mbps y se lo conoce como modo de alta velocidad y es la principal competencia del bus firewire.

5.3.1. Velocidades del USB

- Velocidad Alta - 480Mbps/s
- Velocidad Media - 12Mbps/s
- Velocidad Baja - 1.5Mbps/s

USB soporta periféricos de baja y media velocidad. Empleando dos velocidades para la transmisión de datos, 1.5 y 12 Mbps. Los periféricos de baja velocidad tales como teclados, ratones, joysticks, y otros periféricos para juegos utilizan una velocidad de transmisión de 1,5 Mbps. Se puede dedicar más recursos del sistema a periféricos tales como monitores, impresoras, módems, scanner, equipos de audio, que precisan de velocidades más altas para transmitir mayor volumen de datos.

Los ordenadores personales basados en los sistemas actuales tienen algunas limitaciones. Los buses que lo integran suelen ser lentos, y en ocasiones el número de slots de expansión son insuficientes. A menudo nos encontramos con distintos interfaces (ISA, EISA, PCI, etc.) que no son siempre compatibles. El número de puertos de extensión diferentes (serie, paralelo, etc.), hace necesario el uso de distintos tipos de cable para su conexión. Estas diferencias entre puertos y buses dificultan al usuario la configuración del hardware en su PC. De este modo, se hace necesario una buena comprensión y conocimiento del hardware del sistema, que no está al alcance de todos los usuarios.

En la Figura 5.2 se muestra la cantidad de interfaces diferentes existentes en los PC's actuales. Por otro lado, el intento de consolidación de toda esta variedad de interfaces se realiza dentro de los futuros estándar: IEEE 1394-1995 y USB.

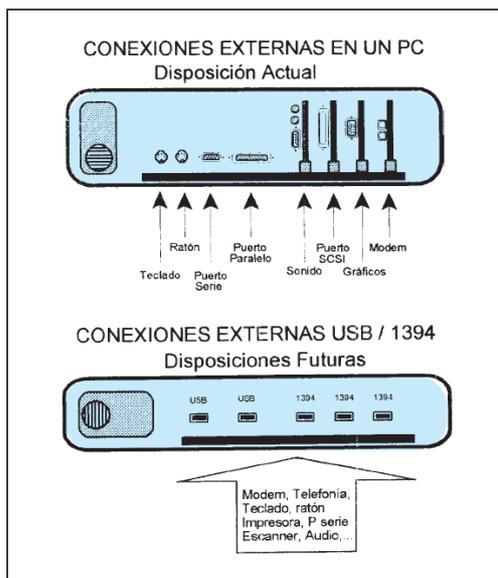


Figura. 5.2. Interfaces de las PC'S

5.3.2. Bus serie USB y estándar IEEE-1394

Las aplicaciones típicas para los interfaces IEEE-1394 y USB se ilustran en la Figura 5.3. Como se aprecia, el IEEE-1394 es idóneo en aplicaciones donde se requiera un gran ancho de banda, como la conexión de vídeo digital, reproducción de audio y vídeo en tiempo real, etc., mientras que el USB lo es para la conexión de dispositivos interactivos de baja y media velocidad como el teclado, joystick, ratón, impresoras, scanners, fax, módem, etc.

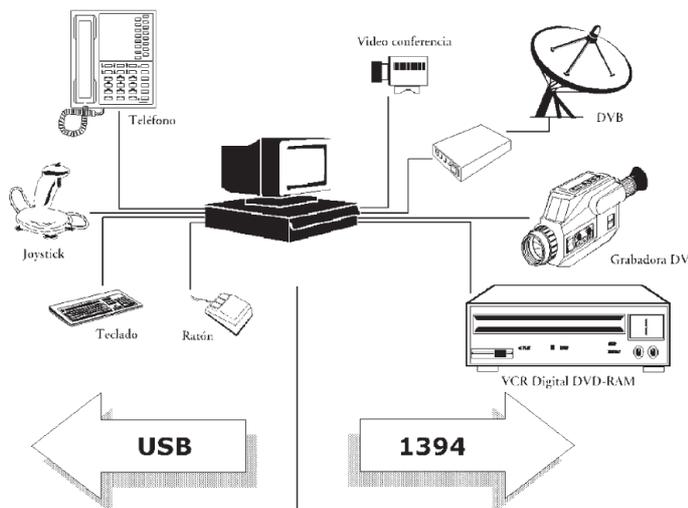


Figura. 5.3. Aplicaciones para Interfaz IEEE-1394 y USB

A modo de ejemplo, podríamos decir que el bus serie USB es a una carretera comarcal, como el IEEE-1394 lo es a una autopista, aunque en términos de rendimiento ambos tienen su campo de aplicación bien definido. Las características tecnológicas de ambos son similares: plug and play en caliente, modos de operación síncrono y asíncrono, cableado simple con alimentación incorporada, etc. La gran diferencia entre ambos, aparte de la velocidad, es que el IEEE-1394 puede operar paralelo de forma inteligente, y no necesita el control de un PC, mientras que el USB necesita un PC como procesador central.

5.3.3. El futuro del bus serie USB

El USB es un bus serie multiplexado a 12 Mbps muy adecuado para la conexión de periféricos de baja y media velocidad en un PC o estación de trabajo de sobremesa. Su multiplexación permite la conexión simultánea de dispositivos periféricos mediante un simple cable a cuatro hilos. Está diseñado para la conexión de un máximo de 127 dispositivos lógicos como impresora, altavoces, teclado, etc.

Sin embargo, lo realmente atractivo del USB es la capacidad para añadir dispositivos periféricos sin necesidad de insertar tarjeta alguna, ni usar conectores adicionales. Otras ventajas que el mercado del PC oferta con el bus USB son: telecomunicaciones, automatización industrial, instrumentación y medidas, etc. De acuerdo con Microsoft, el PC del futuro podría consistir en una caja hermética, con dos buses externos únicamente: el USB y el IEEE-1394.

5.3.4. Arquitectura del USB

El USB utiliza un protocolo de paso de testigo similar a Token Ring, esto quiere decir que un controlador distribuye el testigo por el bus de datos, donde exista un periférico o dispositivo que su dirección sea la misma que la del testigo, responderá aceptando o enviando el paquete de datos, caso contrario el dispositivo dejará pasar el testigo.

El bus USB soporta hasta 127 dispositivos conectados simultáneamente, comparten el ancho de banda, los dispositivos deben ser conectados por medio de un Hub. Los

dispositivos pueden ser conectados o desconectados sin ningún problema para el controlador.

5.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA USB

El sistema USB se encuentra descrito en tres áreas bien definidas:

- Interconexión USB
- Host USB
- Dispositivos USB

5.4.1 Interconexión USB

La interconexión USB es el modo por el cual los dispositivos USB son conectados para la comunicación con un host. Esto incluye lo siguiente:

- Topología del Bus: es la conexión modelo entre el dispositivo y el host.
- Relación entre capas: en términos de capacidad del USB, son tareas realizadas por cada capa del sistema.
- Modelo del flujo de datos: es la forma como se mueven los datos en el sistema USB.

5.4.1.1 Topología del Bus

La topología del bus se encamina a lo que se denomina redes USB, es la conexión de dispositivos USB al host USB, la conexión tiene una topología estrella. El hub es el centro de cada estrella o concentrador, cada segmento de cable USB une a un hub con un host o algún dispositivo USB que cumpla con una función específica.

El USB es un bus basado en el paso de testigo, semejante a otros buses como las redes locales en anillo con paso de testigo. El controlador USB distribuye testigos por el bus. El dispositivo cuya dirección coincide con la dirección del testigo, responde aceptando o enviando datos al controlador, el controlador también gestiona la distribución de energía a los periféricos que lo requieran. Emplea una topología de estrellas apiladas que permite el

funcionamiento simultáneo de 127 dispositivos a la vez. En la raíz o vértice de las capas se encuentra el host que controla todo el tráfico que circula por el bus. Esta topología permite a muchos dispositivos conectarse a un único bus lógico, sin que los dispositivos que se encuentran más abajo en la pirámide sufran retardo.

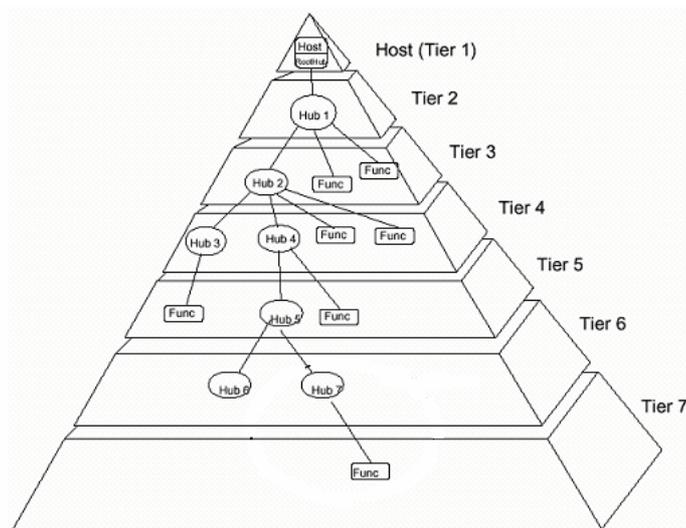


Figura. 5.4. Topología Estrella

5.4.1.1.1 Controlador

Reside dentro de la PC y es responsable de la comunicación entre los periféricos USB y la CPU del PC. Además de la admisión de los periféricos dentro del bus, si se detecta una conexión como una desconexión. Para cada periférico añadido, el controlador determina el tipo de dispositivo y le asigna una dirección lógica para utilizarla siempre en la comunicación. Si se producen errores durante la conexión, el controlador comunica a la CPU, que a su vez, lo transmite al usuario. Una vez que se ha producido la conexión correctamente, el controlador asigna al periférico los recursos del sistema que éste precise para su funcionamiento.

5.4.1.1.2 Concentradores o Hubs

Son distribuidores inteligentes de datos y de alimentación que hacen posible la conexión de 127 dispositivos a un único puerto USB. Reparte de una forma selectiva los datos y alimentación hacia sus puertos descendentes y permite la comunicación hacia su puerto de

retorno o ascendente. Un hub de 4 puertos, acepta datos de la PC para un periférico, por la puerta ascendente y los distribuye a las 4 puertas descendentes si fuera necesario.

Los concentradores también permiten la comunicación desde el periférico hacia la computadora, aceptando datos en las 4 puertas descendentes y enviándolos hacia la PC por la puerta de retorno o ascendente.



Figura. 5.5. Concentrador o Hub

La PC contiene el concentrador raíz, este es el primer concentrador de toda la cadena, el cual permite a los datos y a la energía pasar a uno o dos conectores USB de la PC y de allí a los 127 periféricos que como máximo puede soportar el sistema. Esto es posible añadiendo concentradores adicionales. Por ejemplo, si la PC tiene una salida USB y a ella conectamos un hub o concentrador de 4 puertos, la PC se queda sin más salidas disponibles. Sin embargo, el hub de 4 puertos permite realizar 4 conexiones descendentes. Conectando otro hub de 4 puertos a una de las puertas del primero, habremos creado un total de 7 puertos a partir de una salida USB de la PC., de esta forma, añadiendo concentradores, la PC puede soportar hasta 127 periféricos USB.

5.4.1.2 Modelo del flujo de datos.

El flujo de datos es presentado en el USB mediante capas, para una fácil compresión, que permite dar un particular enfoque de los productos USB.

Hay cuatro puntos que deben estar claros para la comprensión de este tema:

Dispositivo físico USB. Es una pieza de hardware en el extremo del cable USB, que tiene alguna utilidad o cumple alguna función para el usuario.

Cliente Software: es el software que se ejecuta en el host, que corresponde a un dispositivo USB, proporcionado generalmente por el sistema operativo o viene con el dispositivo USB.

USB System Software: es el software que soporta el USB en un sistema operativo, generalmente USB System Software es proporcionado por el sistema operativo independientemente de un dispositivo USB en particular o un cliente software.

Controlador USB o Host: es el hardware y el software que permite a los dispositivos USB se conectarse al host.

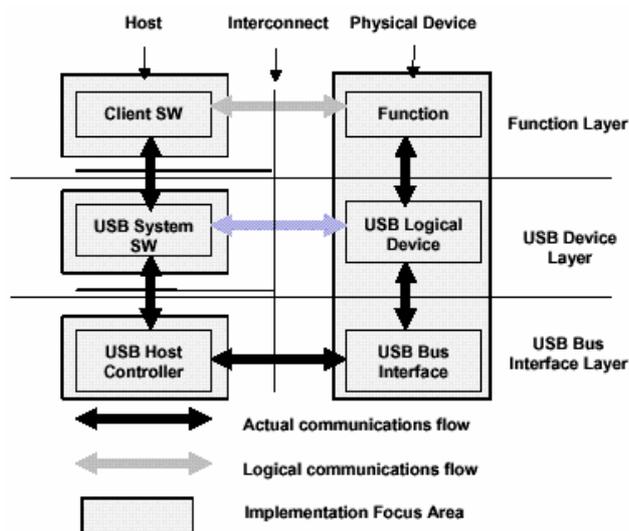


Figura. 5.6. Capas del Sistema de Comunicación USB

Para la conexión entre un host y un dispositivo USB se requiere una interacción entre las diferentes capas existentes, las cuales son:

La capa de interfaz Bus USB: es la parte física, la señal eléctrica, el paquete transmitido. Esta capa provee conectividad entre el host y el dispositivo.

La capa de dispositivos USB: esta capa comprende el USB system software que tiene un funcionamiento genérico para las operaciones USB con algún dispositivo.

La capa de Función: proporciona capacidades adicionales al host vía una adecuada capa de software cliente.

La capa de función y de dispositivos USB, poseen una visión de la comunicación lógica dentro de su nivel, la comunicación entre ellas se hace realmente por la capa de interfaz de bus USB.

5.4.2 Host USB

La composición lógica de un Host se muestra en la Figura 5.6 y son las siguientes:

a) **Cliente Software:** es el software que se ejecuta en el host, que corresponde a un dispositivo USB, proporcionado generalmente por el sistema operativo o viene con el dispositivo USB.

b) **USB System Software:** es el software que soporta el USB en un sistema operativo, generalmente USB System Software es proporcionado por el sistema operativo independientemente de un dispositivo USB en particular o un cliente software.

c) **Controlador USB o Host:** es el hardware y el software que permite que un dispositivo USB se conecte al host.

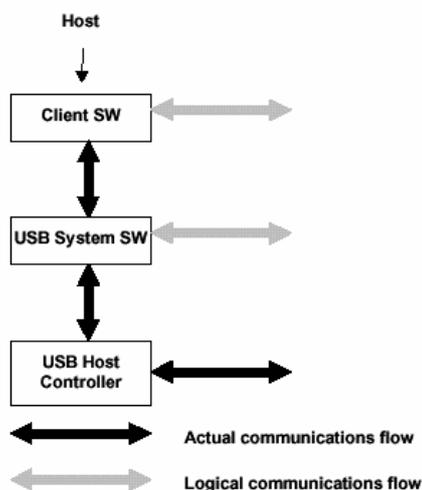


Figura. 5.6. Host USB

El host USB ocupa el único lugar que coordina las entidades para el USB. Además de su especial posición física, el host tiene responsabilidades específicas respecto al USB y a los dispositivos que se conectan. El host controla todo el acceso al bus USB. Un dispositivo USB tiene acceso solo si el host se lo permite, el host también es responsable del monitoreo de la topología estrella.

5.4.3 Dispositivos USB

Un dispositivo USB tiene una composición lógica que se presenta en la Figura 5.7 y son las siguientes:

- Interfaz del Bus USB
- Dispositivo Lógico USB
- Función

a) Interfaz del Bus USB: es el hardware que permite al dispositivo conectarse al host, son las señales eléctricas que son utilizadas para la comunicación.

b) Dispositivo Lógico USB: es el dispositivo en sí, esto comprende el software que hace posible la comunicación USB.

c) Función: Es el objetivo, la parte que proporciona una capacidad adicional al host.

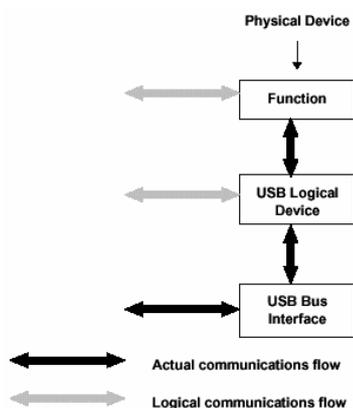


Figura. 5.7. Composición del Dispositivo USB

Las funciones de los dispositivos pueden variar extensamente, todos los dispositivos USB tiene la misma estructura y la misma interfaz, esto permite al host manejar varios aspectos importantes de los dispositivos de la misma manera.

Para ayudar al host a identificar la configuración de los dispositivos USB, cada dispositivo lleva reportes con dicha información.

5.5 INTERFAZ FÍSICA

Esta interfaz esta compuesta por especificaciones eléctricas y mecánicas para el bus de transmisión de datos.

5.5.1 Especificaciones Mecánicas

5.5.1.1 Conector USB.

Existen principalmente dos tipos de conectores el conocido tipo A y el tipo B que se muestra en la Figura 5.8.

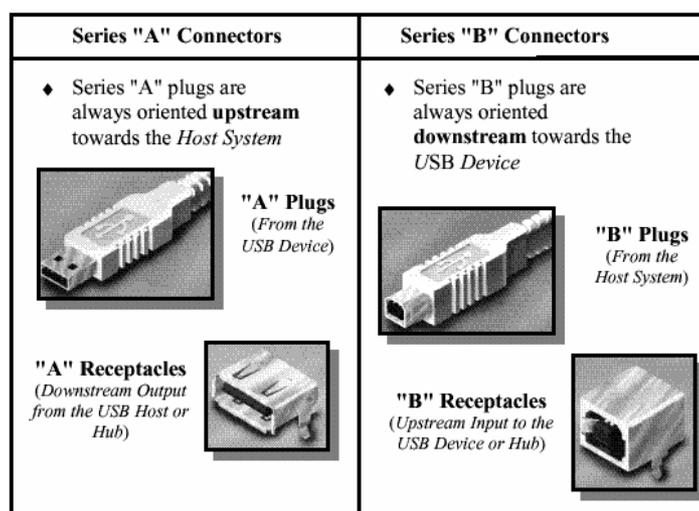


Figura. 5.8. Tipos de Conectores USB

Estos conectores se han creado con la finalidad de reducir los problemas de conexión, que puede tener el usuario en los terminales. La diferencia física que poseen estos

conectores es para garantizar la conectividad. El conector tipo A presenta las cuatro patillas correspondientes a los cuatro conductores alineadas en un plano, es principalmente usado en dispositivos como el Computador o el HUB, mientras que el conector tipo B presenta los contactos distribuidos en dos planos paralelos, dos en cada plano, es usado en los dispositivos, periféricos como scanner, impresoras, etc. El conector tipo B da mayor facilidad para ser reemplazado y es el que va hacia el dispositivo.

El USB transfiere datos y energía a los periféricos utilizando un cable de 4 hilos, apantallado para transmisiones a 12 Mbps y no apantallado para transmisiones a 1.5 Mbps. Dos hilos son utilizados para la alimentación y los dos restantes son utilizados para la transmisión de datos.

El calibre de los conductores destinados a alimentación de los periféricos varía desde 20 a 26 AWG, mientras los conductores de datos es el 28 AWG. La longitud máxima de los cables es de 5 metros.

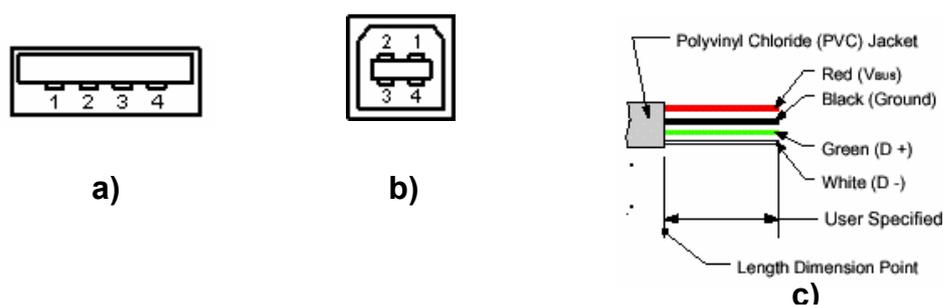
Los cables para altas y medias velocidades de transmisión deben estar compuesto de un conector tipo A y un conector tipo B en el extremo opuesto, para garantizar la correcta transmisión de datos. En los cables de bajas velocidades, un terminal debe tener un conector tipo A y el extremo opuesto es especificado por el fabricante del dispositivo.

5.5.1.2 Colores internos del cable USB

Los colores internos estándares de los hilos conductores que contienen los cables USB así como sus funciones se presentan en la Tabla 5.1 y Figura 5.9:

PIN	COLOR DE CABLE	FUNCION
1	ROJO	V _{BUS} (5 V)
2	BLANCO	D-
3	VERDE	D+
4	NEGRO	GND

Tabla. 5.1. Colores de Cables Internos del USB



a) Conector tipo A, b) Conector tipo B, c) Colores y función de los hilos conductores.

Figura. 5.9. Tipos de Conectores USB

5.5.1.3 Características del cable USB

Los cables USB deben cumplir algunas características para ser considerado confiable y de buena calidad.

- El cable debe estar compuesto de un conector serie A en un extremo y en el extremo opuesto de un conector serie B, para cables de alta y media velocidad.
- El cable debe ser fabricado y probado para altas velocidades.
- La longitud del cable es limitado por la atenuación del voltaje por lo que la máxima longitud del cable es de 5 m.
- La diferencia en el retardo de propagación de los dos conductores debe ser mínima.
- GND es la tierra común entre el host y el dispositivo.
- Vbus proporciona energía al dispositivo conectado.

5.5.2 Especificaciones Eléctricas

5.5.2.1 Transmisión USB

El USB utiliza un par de hilos para la transmisión de datos. Esta transmisión es denominada transmisión diferencial, dada por una diferencia de voltaje entre los hilos de transmisión. Los datos son codificados, usando el NRZI y un bit stuffing para asegurar la transición de flujo de datos.

Para obtener alta velocidad de transmisión se utiliza un transceiver, una fuente de corriente interna la cual es tomada de la fuente de voltaje, se dirige esta corriente dentro de una de las dos líneas de datos, la corriente es switchada, el transceiver genera en alta velocidad los estados J y K.

El dinámico switcheo de la corriente dentro de las líneas de transmisión D+ o D-, es parecido al usado en la codificación NRZI en baja y media velocidad de transmisión. Para una J la corriente es dirigida dentro de la línea D+, para una K la corriente es dirigida dentro de la línea D-.

Las corrientes y las resistencias en los extremos del cable generan una diferencia de voltaje con el propósito de detectar los diferentes datos de la señal, detección de señales no válidas y la desconexión de un dispositivo.

5.5.2.2 NRZI

El USB emplea NRZI para codificación de datos cuando se transmiten paquetes de información. En la codificación NRZI el “1” se representa manteniendo el nivel anterior, mientras que el “0” se representa por un cambio de nivel. En la Figura 5.10 se puede observar un flujo de datos y la codificación NRZI equivalente.

Un cordón de ceros causa en el NRZI un cambio constante de nivel, cada cambio se produce en un tiempo de bit, un cordón de unos causa un largo periodo sin transiciones en el NRZI.

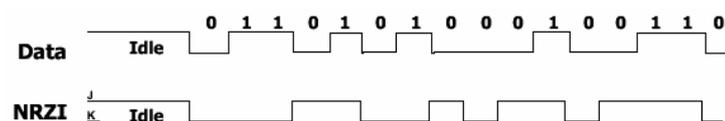


Figura. 5.10. Codificación de Datos NRZI

5.5.2.3 Bit Stuffing

Esta encargado de ordenar y asegurar una adecuada señal de transición. Este bit es usado en la transmisión de un paquete por USB, un cero es insertado después de cada seis consecutivos unos en el flujo de datos, antes de que el dato sea codificado con NRZI, esto es para forzar una transición en el flujo de datos NRZI. Esta característica garantiza la transmisión de los datos. El bit stuffing es comienza con un Sync Pattern.

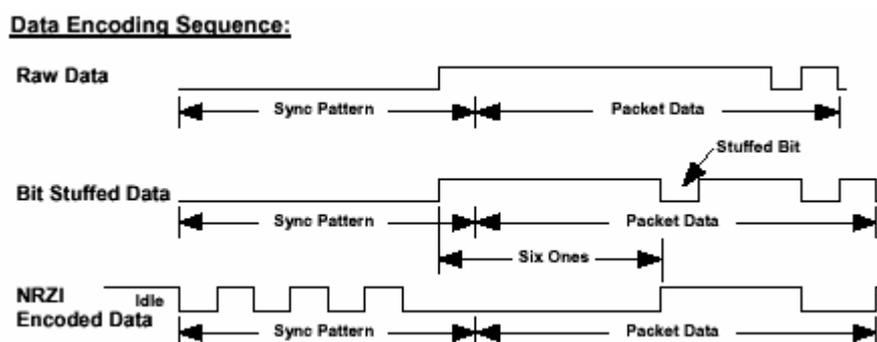


Figura. 5.11. Bit Stuffing

El receptor debe decodificar los datos con NRZI, reconocer el bit stuffing y eliminarlo.

5.5.2.4 Sync Pattern

El Sync Pattern o patrón de sincronismo, requerido para baja y media velocidad de transmisión, esta compuesto de 3 pares KJ, seguido de 2K lo que nos da un total de 8 símbolos, los cuales son antepuestos a cada paquete enviado.

Para alta velocidad de transmisión el patrón de sincronismo esta compuesto de 15 pares KJ seguido de 2 K, para un total de 30 símbolos.

5.5.2.5 Características del Driver USB

En la transmisión diferencial en dispositivos de baja y media velocidad, un estado alto o estado lógico "1" es transmitido cuando D+ esta sobre los 2.8 V con una resistencia de 15 K conectada a tierra, y D- bajo los 0.3 V con una resistencia 1.5 Kohm conectada a 3.6 V.

Un estado bajo o un estado lógico “0” es transmitido cuando D- esta sobre 2.8 V y D+ es menos de 0.3V con las resistencias pull up /down apropiadas.

El receptor define un “1” lógico cuando D+ es 200mV más que D- y se define un “0” lógico cuando D+ es 200mV menos que D-. El Bus de bajas y medias velocidades tiene una impedancia característica de 90 ohm +/- 15%

El puerto USB debe ser capaz de resistir a continua exposición de ondas como se muestra en la Figura 5.12 en cualquier estado del drive. Estas ondas son aplicadas directamente en cada pin de datos del USB desde una fuente de voltaje

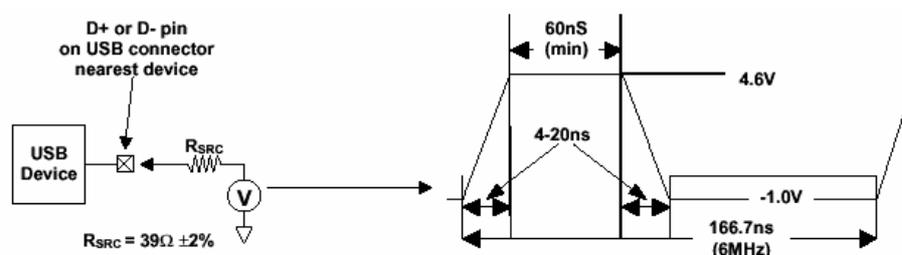


Figura. 5.12. Ondas no Deseadas en la Entrada USB

La señal producida por el generador de voltaje debe ser distorsionada o atenuada cuando se detecta en el dato, la atenuación se la realiza por un dispositivo de protección que es incorporado en el dispositivo USB.

El USB es diseñado para resistir continuos cortocircuitos de D+ o D- al Vbus o GND por un mínimo de 24 horas sin sufrir daños.

5.5.2.6 Identificación de la velocidad de un dispositivo

Un dispositivo debe indicar la velocidad a la cual trabaja, para esto los dispositivos de media velocidad tienen conectado una resistencia de 1.5 KOhm a D+ y a 3.6V. Los dispositivos de baja velocidad tienen conectado a D- la resistencia de 1.5 KOhm y a 3.6V,

con estas resistencias también se puede detectar si un dispositivo se encuentra conectado o no.

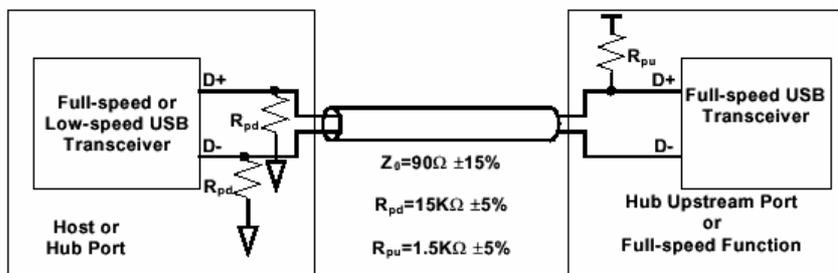


Figura. 5.13. Conexión del Dispositivo de Media Velocidad

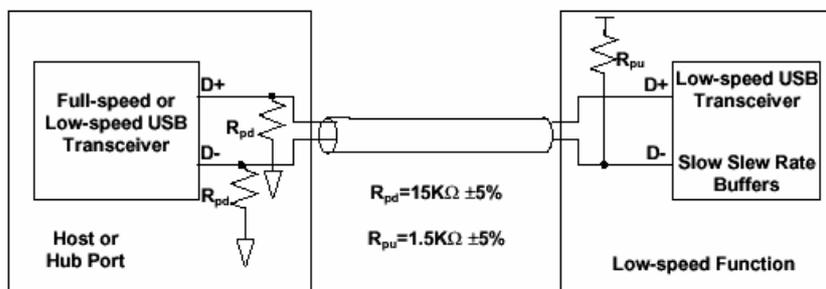


Figura. 5.14. Conexión del Dispositivo de Baja Velocidad

5.5.2.7 Power (Vbus)

Uno de los beneficios del bus USB es el power bus, que es la capacidad que tiene el bus de llevar la energía necesaria para los dispositivos o periféricos USB. Los dispositivos USB especifican su consumo de energía, la cual se expresa en mA, una unidad de carga se define como 100 mA.

Low-power bus powered functions. Vbus provee de energía a la carga máximo 100 mA, una unidad de carga. Estos dispositivos deben estar diseñados para trabajar con un voltaje mínimo de 4.40 V y un máximo de 5.25 V.

High-power bus powered functions. Vbus provee de energía a la carga máximo 500 mA, cinco unidades de carga. Estos dispositivos deben estar diseñados para trabajar con un voltaje mínimo de 4.40 V y un máximo de 5.25 V.

Self-powered functions. Provee de una unidad de carga de energía a su propia interfaz, el resto de energía que necesite el USB viene de una fuente externa.

5.6 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

Diferente al RS232 y similar a las interfaces seriales, donde el formato de los datos que son enviados no son definidos, la transferencia de datos ocurre cuando el host decide que un periférico o dispositivo necesita el bus, para ello el host envía un paquete con la dirección y datos necesarios para que el dispositivo pueda identificar su paquete correspondiente.

5.6.1 Transferencia del USB

La operación de transferencia del USB consiste de:

- Token Packet
- Optional Data Packet
- Status Packet

a) Token packets. El USB tiene un Host central o principal, este host inicia todas las operaciones, el primer paquete o también llamado token es generado por el host, el cual muestra el siguiente paquete, si los datos deben ser leídos o escritos y cual es la dirección del dispositivo o el destino final. Token Packets existen de tres tipos:

- **In.** Informa al dispositivo USB que el host desea leer la información.
 - **Out.** Informa al dispositivo USB que el host desea enviar la información.
 - **Setup.** Es usado para empezar el control en la transferencia, estos datos siempre van del host al dispositivo y contienen peticiones al dispositivo, las peticiones siempre
-

serán atendidas y se las realiza por el endpoint zero. El paquete Token tiene el siguiente formato.



Figura. 5.15. Formato del Paquete Token

b) Data packets. Estos paquetes son capaces de transmitir hasta 1024 bytes, están encargados de llevar todos los datos útiles o información. Los paquetes de datos tienen el siguiente formato.



Figura. 5.16. Formato del Paquete de Datos

c) Status packets. Estos paquetes también son conocidos como handshake packets. El paquete de estado es encargado de reportar si los datos del paquete inicial o token fueron recibidos satisfactoriamente o si el destino final ha colapsado y no se encuentra disponible para aceptar los datos. Existen tres tipos:

- **ACK.** Reporta que el paquete ha sido recibido con éxito.
- **NAK.** Informa que el dispositivo temporalmente no puede enviar o recibir datos.
- **Stall.** El dispositivo se encuentra en estado que requiere intervención del host.

Este paquete tiene el siguiente formato:



Figura. 5.17. Formato del Paquete de Estado

Además de lo visto anteriormente, existen otros conceptos importantes para la comprensión de la comunicación y de los protocolos del USB, los cuales son los endpoints y los pipes.

5.6.2 Endpoints del dispositivo

Los endpoints pueden ser vistos como las fuentes o sumidero de datos, los endpoints se encuentran en el final del canal de comunicaciones en el dispositivo o función USB, es la única parte identificable del dispositivo USB. Cada dispositivo tiene una colección de endpoints, cada endpoint tiene su respectiva y única dirección, un endpoint es una simple conexión que soporta el flujo de datos en una sola dirección, la dirección puede ser IN o OUT; los datos que van desde el dispositivo al host es IN, y del host al dispositivo es OUT.

La mayoría de dispositivos o funciones USB poseen buffers en serie, generalmente son de 8 bytes de largo, cada buffer pertenece a un endpoint por ejemplo, el host envía una respuesta a una petición del dispositivo. El hardware del dispositivo leerá el paquete setup y determinará según el campo de la dirección si el paquete le pertenece o no, si es así copia el payload del paquete de datos en un apropiado buffer endpoint, dado por el valor en el campo endpoint del setup token. (el número de endpoint al que corresponde está entre 00h y FFh). Entonces el buffer o endpoint envía un handshake packet para hacer saber al host de la correcta recepción del byte de datos, se genera una interrupción interna dentro del semiconductor o microcontrolador del respectivo endpoint, lo que significa que el paquete ha sido recibido. Esto es lo que generalmente hace el hardware. El software luego de la interrupción, debe leer el contenido del endpoint buffer.

Todos los dispositivos USB requieren ejecutar un método de control que use input y output a la vez, para esto se utiliza el endpoint zero, el único endpoint bi-direccional. El system software utiliza este método de control en la inicialización del dispositivo lógico para su configuración, como un control PIPE (control lógico de comunicación)

5.6.3 Pipes

Mientras el dispositivo envía y recibe datos en una serie de endpoints, el cliente software transfiere los datos por los pipes. Un USB pipe es una asociación entre un endpoint en el dispositivo y el software en el host. Los pipes es la habilidad de mover datos entre el software en el host vía una memoria buffer y un endpoint en el dispositivo.

Se definen dos tipos de pipes:

a) STREAM PIPES. No tienen una estructura USB definida, usted puede enviar algún tipo de dato en un stream pipes (flujo de pipes) y puede recuperar los datos en el otro extremo. Los datos fluyen secuencialmente y tienen una predefinida dirección en cada entrada o salida, stream pipes soporta los siguientes tipos de transferencia: Bulk transfer, isochronous transfer y interrupt transfer.

b) MESSAGE PIPES. El paso de los datos tiene una estructura definida, estos son controlados por el host, la cual inicia con la petición enviada del host. Los datos son transferidos en una dirección deseada dada por la petición. Message pipes permite un flujo de datos en ambas direcciones pero solo soporta transferencia de control (control transfer).

5.6.4 Campos comunes de los paquetes USB

Los datos o paquetes transmitidos están constituidos por los siguientes campos:

Sync. Todos los paquetes de datos inician con un campo de sincronismo, este campo es de 8 bits en baja y media velocidad, en alta velocidad es de 32 bits, es usado para sincronizar el reloj del receptor con el transmisor. Los dos últimos bits indican donde el campo PID comienza.

PID. Campo de identificación, es usado para identificar el tipo de paquete que esta siendo enviado, esta compuesto de cuatro bits que aseguran que los datos son correctamente recibidos, estos cuatro bits son repetidos para hacer un total de ocho que conforman el PID.

PID ₀	PID ₁	PID ₂	PID ₃	NPID	nPID ₁	nPID ₂	nPID ₃
				0			

Figura. 5.18. Formato del Campo PID

ADDR. Campo de dirección, es el campo que especifica para cual dispositivo es el paquete enviado. Tiene una longitud de 7 bits lo que permite que soporte solo 127 dispositivos. La

dirección cero no es válida, los dispositivos que no se les asigne dirección deben responder a esta dirección.

ENDP. Campo de punto final endpoint, esta constituido de 4 bits permitiendo 16 endpoints. Los dispositivos de baja velocidad pueden tener solo 4 endpoints máximo.

CRC. Cyclic Redundancy Checks este campo es considerado como campo de protección de todos los campos en los paquetes Token y de datos, con este campo se puede detectar si un error ha ocurrido al transmitir los datos. Los paquetes Token tienen 5 bits de CRC mientras que los paquetes de datos tienen 16 bits CRC.

EOP. Finalización del paquete, esta dada por un SE0 single ended zero de 2 tiempos de bit seguido por un nivel alto

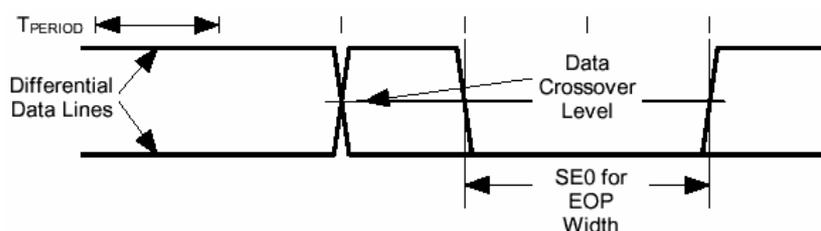


Figura. 5.19. SE0 para EOP

5.7 TIPO DE TRANSFERENCIAS EN EL USB

5.7.1 Transferencia de Control

Control transfer permite el acceso a diferentes partes del dispositivo. La transferencia de control generalmente es usada para operaciones de comando y estado para el flujo de comunicación entre cliente software y su dispositivo o función. La longitud de los paquetes de transferencia de control, para dispositivos de baja velocidad es de 8 bytes, media velocidad 64 bytes, para alta velocidad 8, 16, 32 y 64 bytes.

5.7.2 Transferencia Isócrona

El origen del término isócrono viene de ISO = mismo, CRONO = tiempo. La transmisión isócrona ha sido desarrollada especialmente para satisfacer las demandas de la transmisión multimedia por redes, esto es integrar dentro de una misma transmisión, información de voz, video, texto e imágenes.

La transferencia isócrona ocurre constantemente y periódicamente, es usada. El máximo tamaño de los paquetes es de 1023 bytes para media velocidad y 1024 para alta velocidad.

5.7.3 Transferencia de Interrupción

La transferencia de interrupción fue realizada para soportar dispositivos que necesiten enviar o recibir datos con poca frecuencia y poca información, el tamaño del paquete es de 8 bytes para baja velocidad, 64 para media velocidad y 1024 para alta velocidad. Los dispositivos que generalmente operan con esta transferencia son joystick digital, teclados, parlantes entre otros.

5.7.4 Transferencia Bulk

La transferencia bulk fue diseñada para soportar dispositivos que necesiten comunicar o transmitir grandes cantidades de datos, la transferencia puede usar todo el ancho de banda. En el USB con gran ancho de banda el bulk transfer puede ser muy rápido mientras que un USB con poco ancho de banda puede ser muy lento.

Esta transferencia es soportada por dispositivos de media velocidad y alta velocidad, el tamaño del paquete de datos de media velocidad puede ser 8, 16, 32 y 64 bytes de longitud, en alta velocidad es sobre 512 bytes.

CAPÍTULO VI

IMPLEMENTACIÓN

6.1. DESCRIPCIÓN DEL CAPÍTULO

En el presente capítulo se va a tratar todo lo referente con la implementación del sistema controlador del accionamiento de una puerta eléctrica vía SMS, esto incluye una explicación del software controlador, el cual fue diseñado en Visual Basic 6.0, con sus diferentes ventanas, forma de acceder a cada una de las mismas y utilización de los botones existentes en los formularios. Dentro de la etapa de potencia se explicará el diseño de esta etapa y sus respectivos componentes.

6.2. SOFTWARE CONTROLADOR

Para la realización del proyecto, se decidió por la realización del software en Visual Basic 6.0 por la facilidad que brinda el software en la utilización principalmente del puerto USB y también del modo gráfico.

Los requisitos primordiales que debe cumplir nuestro programa son:

- Envío y recepción de información a través del puerto USB
 - Validación, aumento y posibilidad de cambio de los números telefónicos desde los cuales se podría enviar el mensaje
 - Validación y posibilidad de cambio del texto del mensaje SMS, que para nuestro caso, hará posible abrir la chapa eléctrica.
 - Envío de información a través del puerto serial.
-

Para poder cumplir los mínimos requerimientos establecidos anteriormente que debe tener nuestro programa, se ha desarrollado nuestro programa con cuatro formularios, los cuales son:

6.2.1. Primer Formulario



Figura. 6.1. Primer Formulario

Como se puede ver en la Figura 6.1, este formulario consta únicamente de un mensaje de bienvenida y dos botones, con los cuales se puede: Acceder al segundo formulario con el botón “*Aceptar*” o en caso de haber ingresado por equivocación, el botón “*Salir*”; estas acciones se realizan a través del siguiente código:

'BOTON ACEPTAR

Private Sub Command1_Click()

frmSecundario.Show

'Aparece el segundo formulario

frmPrimario.Hide

'El primer formulario se oculta

frmSecundario.desconectar.Enabled = False

'Botón desconectar del segundo

'formulario se deshabilita

End Sub

'BOTON SALIR

Private Sub Command2_Click()

End

'Sale del programa

End Sub

6.2.2. Segundo Formulario



Figura. 6.2. Segundo Formulario

Al presionar el botón “*Aceptar*” del primer formulario, aparece el segundo formulario que se presenta en la Figura 6.2 y también el botón “*Desconectar*” del segundo formulario se deshabilita.

Este formulario consta de cuatro botones:

- Conectar
- Desconectar
- Configurar
- Salir

6.2.2.1. Conectar

Al hacer click en este botón, se realizan varias acciones, las cuales son: Configurar y abrir tanto el puerto serial como el USB, envío y recepción de información a través de dichos puertos, entre otras.

Para el envío y recepción de información a través de Visual Basic, hay que incluir en la barra de herramientas de nuestro proyecto el control Microsoft Comm Control 6.0, cuyo ícono es: 

Una vez activado este control, ya se puede intercambiar información por medio de los puertos, a pesar de que en teoría, no se puede utilizar el control (**MSComm**) ActiveX de Comunicaciones de Microsoft para tener acceso a un puerto USB, por las siguientes razones:

a) El control **MSComm** se implementa en el archivo MSComm32.ocx. El control **MSComm** le permite proporcionar comunicaciones de serie que transmiten datos y que reciben datos utilizando un puerto serie para una aplicación.

b) Puede utilizar el control **MSComm** para proporcionar puerto (COM) a comunicaciones de serie que utilizan una comunicación. Un puerto COM es un puerto serie. Sin embargo, no puede utilizar el control **MSComm** para proporcionar comunicaciones de serie que utilizan un puerto USB. Un puerto USB no es un puerto serie. Un puerto USB es un bus. Por tanto, de diseño, no puede utilizar el control **MSComm** para tener acceso a un puerto USB.

c) Un puerto USB es un bus que está diseñado para proporcionar funcionalidad Plug and Play para algunos dispositivos periféricos. Un puerto USB se comporta más que como un puerto serie normal, como un controlador de electrónica (IDE) de dispositivo integrado. Por lo tanto, no tiene acceso a un dispositivo USB si está en modo de usuario. Para tener acceso a un dispositivo USB, utilice un controlador correspondiente de dispositivo que puede tener acceso al dispositivo USB en modo de núcleo. Algunos dispositivos USB incluyen controladores de dispositivo que controlan este tipo de comunicación.

A pesar de estas razones, en la práctica se comprobó que en Visual Basic si se puede realizar el intercambio de información a través de cualquier puerto o bus, para este caso, el puerto en el que se ha conectado el teléfono celular base con el PC es el número 12, esto es fácil de verificar a través de una sencilla prueba en el HyperTerminal, ya que al intentar realizar una comunicación desde dicho programa, reconoce al celular en el Com 12, el cual será el mismo que lo utilizaremos en Visual Basic.

Las diferentes acciones realizadas por el botón “*Conectar*” se realizan y explican en las siguientes líneas de código:

Para configurar y abrir los puertos:

```

MSComm1.CommPort = 12      'Asignamos el Puerto 12 para transmisión USB
MSComm1.Settings = "2400,N,8,1" 'Configuramos velocidad, paridad, datos y 'parada
MSComm1.PortOpen = True    'Abrimos el puerto USB
Command1.Enabled = False   'Deshabilita el botón de Conectar
Command2.Enabled = False   'Deshabilita el botón de Configurar
desconectar.Enabled = True 'Habilita el botón de Desconectar
Timer1.Enabled = True      'Activamos el timer1
MSComm2.CommPort = 1      'Asignamos el Puerto 1 para transmisión serial
MSComm2.Settings = "2400,N,8,1" 'Configuramos velocidad, paridad, datos y 'parada
MSComm2.PortOpen = True    'Abrimos el Puerto Serial

```

Para extraer la información ingresada en los cuadros de texto del formulario de la Configuración, así como para asignarlos a ciertas variables para que estén disponibles y listas en su posterior validación, se presenta el siguiente código:

```

con1 = Len(frmConfiguracion.Text3.Text)
con2 = 16 + con1
con3 = 6 + con1
variable0 = frmConfiguracion.Text3
status2 = frmConfiguracion.Text2      'Ingreso de los datos fijos para validación
status3 = variable0 & vbCrLf
status4 = "OK" & vbCrLf
fijo = status3 & status4

```

En una variable0 se almacena la información almacenada en el TextBox del formulario de Configuración (Text3) que es en donde se ingresa la sentencia de accionamiento.

El timer1 que se habilitó al presionar el botón de “Conectar” es un control que nos permite realizar una acción determinada, cada cierto tiempo, este tiempo es asignado por el programador. Las acciones a realizarse dentro del timer1 así como su código, se presenta a continuación:

```

MSComm1.Output = "AT+CMGF=1" & Chr$(13)      'Escogemos: Modo texto del mensaje

```

```
var1 = "REC UNREAD"                                'Guardamos en var1 la instrucción para
                                                    "Mensaje 'guardado y sin leer"
```

Como se ha visto en el capítulo de comandos AT, el comando *“at+cmgl”* nos presenta una lista de comandos, y si añadimos el texto almacenado en la variable *var1*, enviará una lista de comandos guardados y sin leer, que es lo que tenemos en la siguiente línea de código:

```
MSComm1.Output = "at+cmgl=" & "" & var1 & "" & Chr$(13)
```

Además, una vez que se ha realizado la validación tanto del número como de la sentencia por separado, si las dos cumplen las condiciones, se debe enviar un pulso (un “1”) lo suficientemente largo como para que active la etapa de potencia, por tanto se debe ingresar el código expuesto a continuación:

```
If validar And b Then Then
    coun = 0                                'Con el código desde el IF enviamos un 1 por el
    Do While coun < 70                       'puerto serial hasta que contador menor a 70
        coun = coun + 1
        MSComm2.Output = "1"
    Loop
End If
```

6.2.2.2. Desconectar

El botón *“Desconectar”* sirve para detener las acciones del botón *“Conectar”* básicamente. Su código se presenta a continuación:

```
Timer1.Enabled = False                     'Desactiva el timer1
MSComm1.PortOpen = False                   'Cierra el puerto USB
desconectar.Enabled = False               'Deshabilita el botón "Desconectar"
Command1.Enabled = True                   'Habilita el botón "Conectar"
Command2.Enabled = True                   'Habilita el botón "Configuración"
MSComm2.PortOpen = False                  'Cierra el puerto Serial
```

6.2.2.3. Configurar

Este botón sirve para acceder a la realización del segundo y tercer requisito de nuestro programa, los cuales eran:

- Validación, aumento y posibilidad de cambio de los números telefónicos desde los cuales se podría enviar el mensaje
- Validación y posibilidad de cambio del texto del mensaje SMS, que para nuestro caso, hará posible abrir la chapa eléctrica.

Adicionalmente, como seguridad, se ha creado un formulario previo al acceso de los cambios, en el cual se pide una contraseña de acceso, dicha contraseña también puede ser cambiada en el mismo formulario que se cambia la sentencia y número de teléfono. El código de este botón se presenta a continuación:

<code>frmClave.Show</code>	'Aparece el formulario de la clave de acceso
<code>frmSecundario.Hide</code>	'Oculta el segundo formulario, que es el actual

6.2.2.4. Salir

Su nombre es claro, sirve para salir del programa y por ende del proyecto. El comando utilizado para realizar esta acción es:

End

Adicionalmente al código ingresado en cada uno de los botones, se debe ingresar un código en el control `MSComm`, el cual debe estar en un formulario del proyecto, aun cuando no se lo vea en el momento de correr la aplicación.

Básicamente lo que se realiza en este control, es el ingreso de datos desde el teléfono celular hasta el programa a través de la sentencia *MSComm1.Input*, cuya información se almacena en la variable *status* así:

```
status = status + MSComm1.Input           'Entrada de datos a la variable status
```

Para la validación, lo que se hace es tomar la información que nos sirve de los datos enviados desde el celular movil y guardada en una variable llamada “*variable*” así:

```
variable = Right(status, con2)           'Toma de datos de entrada para la validación
variable1 = Left(variable, 7)
variable2 = Right(status, con3)
validar = variable2 Like fijo
```

Como tenemos una base de datos con un máximo de 5 números de teléfonos celulares desde los cuales se va a poder enviar la sentencia y todos van a ser válidos para la realización de la acción deseada, para comparar el número que envía el mensaje con los almacenados en la base de datos, se necesita el siguiente código:

```
cou = 0
frmConfiguracion.Data2.Recordset.MoveFirst
Do While cou < 5
    cou = cou + 1
    cou1 = frmConfiguracion.Text2.Text
    b = cou1 Like variable1
    If b = True Then
        C = 1
        Exit Do
    Else
        frmConfiguracion.Data2.Recordset.MoveNext
    End If
Loop
If C = 1 Then
    b = True
Else
    b = False
End If
```

En donde, la variable “b” nos dirá si el número es o no correcto.

6.2.3. Tercer Formulario



Figura. 6.3. Tercer Formulario

Este formulario es una ventana previa de acceso al formulario de cambio de texto, mensaje y de la clave de acceso en sí misma, consiste únicamente de un TextBox y un botón. En el TextBox por default aparece un mensaje “Max. 7” lo que indica el número máximo de caracteres alfanuméricos que debe ingresar. Al presionar el botón de “Aceptar”, de ser correcta la clave podrá ingresar al siguiente formulario, caso contrario, aparecerá el mensaje de error que aparece en la Figura 6.4



Figura. 6.4. Mensaje de Error

Para la realización de estos procedimientos, se ha ingresado el siguiente código:

```
Private Sub Command1_Click()
    Command1.SetFocus           'Primera opción del tab al correr el programa
    clave1 = frmConfiguracion.Text1 'Clave de acceso tomada del cambio de clave
```

```
compar = clave Like clave1           'Compara clave ingresada con clave guardada
clave2 = "150181"                    'Clave fija en caso de olvido
compar1 = clave Like clave2          'Compara también clave ingresada con la fija
If compar Or compar1 Then
    frmConfiguracion.Show             'Si es correcta la clave, aparece el siguiente formulario
    frmClave.Hide                    'Oculta formulario actual
Else
    Caption = MsgBox("Verifique su Clave de Ingreso ", 0 + 0 + 48, "Clave Incorrecta")
End If
End Sub

Private Sub Text1_Change()
    clave = Text1.Text                'Guarda la clave ingresada en una variable
End Sub
```

6.2.4. Cuarto Formulario



Figura. 6.5. Cuarto Formulario

El presente formulario consta de cuatro botones, a través de los cuales se puede realizar el cambio de la clave de acceso a este formulario, agregar o cambiar el número de teléfono del cual se va a enviar el mensaje de accionamiento y, a través del tercer botón realizar el cambio de la sentencia a enviarse vía SMS.

Por ejemplo si se desea cambiar la clave de acceso a esta pantalla, se debe hacer click en el primer botón y lo que obtendremos será lo que se puede ver en la Figura 6.6.



Figura. 6.6. Formulario para el cambio de Clave

Si se desea realizar el cambio de los siguientes parámetros, basta con presionar los correspondientes botones y obtendremos el siguiente formulario:



Figura. 6.7. Formulario de Cambio de todos los Parámetros

Al tener la opción de que más de un número de teléfono pueda ser aceptado por el sistema, al hacer click sobre el botón de “*Buscar Números de Teléfono*”, aparecerá en pantalla un control data con flechas direccionales (ver Figura 6.7), las cuales nos sirven para ver los números que están ingresados, además para hacer cambios en dichos números de teléfono, basta con cambiarlos cuando estén presentes en el text box y quedará automáticamente guardados los cambios. Cabe recalcar que los números de teléfono deben ser ingresados únicamente con los últimos siete dígitos, es decir, sin anteponer el 09.

Debe considerarse que no es necesario cambiar todos los parámetros, únicamente basta con hacer click en el parámetro deseado y luego presionar el botón de “*Aceptar*” para que el resto de parámetros se quede con la información anterior, esto se debe a que esta información está guardada en una base de datos (Microsoft Access) con lo cual garantizamos un almacenamiento constante y seguro de los parámetros ingresados.

El código ingresado en el cuarto formulario es:

‘BOTÓN ACEPTAR

```
Private Sub Aceptar_Click()
```

```
    frmConfiguracion.Hide
```

```
‘Oculta el formulario presente
```

```
    Unload Me
```

```
‘Carga la información ingresada
```

```
    frmSecundario.Show
```

```
‘Aparece el Segundo formulario
```

```
End Sub
```

‘BOTÓN DE CAMBIO DE CLAVE

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
    Text1.Visible = True
```

```
‘Aparece cuadro de texto para ingreso de clave
```

```
    Command1.Visible = False
```

```
‘Oculta el botón de Cambio de Clave
```

```
    Label4.Visible = True
```

```
‘Aparece el mensaje para el cambio de la clave
```

```
End Sub
```

‘BOTÓN DE CAMBIO DE NÚMERO DE TELÉFONO

```
Private Sub Command2_Click()
```

```
    Text2.Visible = True
```

```
‘Aparece cuadro de texto para el cambio de  
‘número de teléfono
```

```
    Command2.Visible = False
```

```
‘Oculta botón para cambio de número de ‘teléfono
```

```
    Data2.Visible = True
```

```
‘Aparece el mensaje para el cambio del número  
‘de teléfono.
```

```
End Sub
```

BOTÓN DE CAMBIO DE LA SENTENCIA

```
Private Sub Command3_Click()
```

```
    Command3.Visible = False
```

```
‘Oculta el botón de Cambio de la sentencia
```

```
    Label2.Visible = True
```

```
‘Aparece el mensaje para cambio de sentencia
```

```
    Text3.Visible = True
```

```
‘Aparece el cuadro de texto para ingreso de la  
‘sentencia
```

```
End Sub
```

6.3. ETAPA DE POTENCIA

La etapa de potencia consiste básicamente en la forma en la cual el dispositivo que se desee que realice una acción, se va a conectar con el puerto del computador, de una manera segura y adecuada. Un diagrama de bloques de la etapa de potencia, se puede ver en la Figura 6.8.

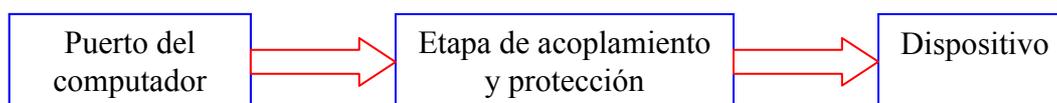


Figura. 6.8. Diagrama de Bloques de la Etapa de Potencia

En el presente proyecto, se ha utilizado como puerto del computador, el serial. La etapa de acoplamiento y protección, está constituida por una resistencia, un opto-acoplador (MOC3010) y un SSR (State Solid Relay) de ac/ac. La etapa del dispositivo se conforma del transformador (110 VAC – 12VAC) y la chapa eléctrica, que es el dispositivo que se quiere accionar. El diagrama de la etapa de potencia se puede ver en la Figura 6.9.

Datos y cálculo de la resistencia de protección del MOC3010:

$$V_{PSerial} = 5V_{DC}$$

$$V_{LED} = 1.9V_{DC}$$

Según datos obtenidos del data sheet,

$$I_{LED} = 15mA$$

Con estos datos, realizamos el cálculo de la resistencia así:

$$R1 = \frac{V_{PSeial} - V_{LED}}{I_{LED}} = \frac{5 - 1.9}{15 \times 10^{-3}}$$

$$R1 = 233.33$$

$$\therefore R1 = 220\Omega$$

En lugar de ocupar un opto-acoplador y un SSR ac/ac, se puede ocupar únicamente un SSR y dc/ac, sin embargo, el problema es que no se protege del todo al puerto del computador, debido a que en caso de un corto circuito, en el SSR pueden ocurrir dos cosas: la primera es que se aislen las etapas de entrada y salida o en el peor de los casos, se van a unir, en cuyo caso el puerto sufrirá graves daños e incluso otras partes del computador podrían dañarse. No así con un opto-acoplador, debido a que su activación tiene características ópticas, razón por la que siempre va a estar aislado el puerto y la etapa de potencia.

Se puede conseguir una etapa de potencia mucho más económica si reemplazáramos el SSR por otro circuito, sin embargo lo que se buscó es un sistema que no necesite mantenimiento, a través del circuito tal cual se encuentra diseñado, no será necesario en muchos años su mantenimiento, garantizando por supuesto su correcto funcionamiento.

CAPÍTULO VII

ANÁLISIS ECONÓMICO

7.1. DESCRIPCIÓN DEL CAPÍTULO

A continuación, en este capítulo lo que se va a hacer es un listado de los componentes utilizados para la realización del presente proyecto, con sus respectivos precios, para llegar a saber el costo total del mismo. Adicionalmente se realizará un análisis económico por separado de lo que sería nuestro proyecto, excluyendo los costos de la chapa eléctrica y transformador.

7.2. COMPONENTES Y PRECIOS

En la tabla 7.1 se presenta un listado de los componentes utilizados en la realización del proyecto “Implementación del Sistema controlador del accionamiento de una puerta eléctrica vía celular”, los precios de los mismos y el costo de prueba del proyecto.

<i>COMPONENTES</i>	<i>PRECIO (USD)</i>
Teléfono celular base Motorola V3	230.00
Chapa eléctrica Viro	47.26
Transformador	13.25
SSR ac/ac COEL	47.08
Opto-acoplador MOC 3010	1.19
Cable serial	1.10
Cubierta para proyectos	26.00
Resistencia 220 Ohm	0.45
Vaquela	1.10
TOTAL	367.43

Tabla. 7.1. Lista de componentes y precios

De aquí podemos ver que el costo de prueba del proyecto es de 367.43 dólares, el cual es un precio relativamente bajo, si se toma en cuenta las ventajas que se pueden llegar a obtener si se lo logra comercializar, ampliando su campo de acción, es decir, utilizarlo no solo a lo que es la chapa eléctrica sino todo lo referente al control domiciliario.

El precio total del proyecto se puede disminuir considerablemente, si se decide usar un modelo de celular más económico para que cumpla la función de base, se utilizó el Motorola V3 debido a su disponibilidad, por lo que no se lo tubo que adquirir. Si consideramos también que en la venta de ningún modem comercial, se incluye la chapa eléctrica ni el transformador, sino que eso corre por cuenta del comprador, el precio del proyecto para una venta comercial, sería de 250 dólares, incluyendo el concepto de ingeniería.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES

- El proyecto es un ejemplo de lo que se puede hacer a través de un celular, cuyas aplicaciones tienen como límite las necesidades del usuario.
 - Los objetivos planteados para la realización del proyecto se han cumplido, satisfaciendo las expectativas y requerimientos previstos.
 - Aumentando, en el programa, las sentencias a validar, dependiendo del número de acciones que se desee controlar desde el celular, se puede utilizar el puerto paralelo en lugar del puerto serial y se conseguiría un máximo de 16 dispositivos, adicionando únicamente un multiplexor a la salida del puerto, con etapa de potencia independiente para cada dispositivo o con un PLC para todos los dispositivos, pudiendo ser estos dispositivos, de carácter domiciliario o industrial.
 - Se ha mejorado el ingreso del número telefónico de acceso puesto que a más de únicamente cambiar el número, se pueden agregar hasta cinco números de teléfono desde los cuales se realizará la apertura de la chapa eléctrica.
 - El sistema posee seguridades tanto en modo activo como en modo de descanso. En modo activo; necesita la sentencia preasignada y su número telefónico debe estar ingresado como válido en la configuración del programa. En modo de descanso; para ingresar a la configuración, se han creado dos claves de acceso: una que será la que el usuario ingresa en la pantalla de configuración y otra que esta por default en el programa, la cual se utilizará en el caso de olvido de la clave de ingreso.
-

-
- El costo del proyecto puede disminuir hasta en un 30%, si se utiliza un teléfono celular base más económico o en producción masiva.
 - El programa fue creado en un ambiente amigable y fácil de operar por cualquier usuario, debido a que tanto sus ventanas como botones presentan la información suficiente como para realizar cualquier operación que este en capacidad de realizar el proyecto.
 - El USB a pesar de ser un bus, Visual Basic, lo reconoce como un puerto y puede ser tratado como tal para la comunicación a través del USB, facilitando y ampliando el número de dispositivos a controlarse desde el computador, para aplicaciones relacionadas con el intercambio de información.
 - Los comandos AT son aplicables para todos los modems, los parámetros a tomar en cuenta son: lista de comandos soportados por el modem y posibles variaciones en lo referente a la sintaxis que pueda tener el modem.

8.2. RECOMENDACIONES

- El presente proyecto es de actualidad e importancia para futuros trabajos de automatización, motivo por el cual se recomienda que se lo utilice como base de otros proyectos orientados al campo industrial.
 - El puerto que se vaya a utilizar para el accionamiento de la etapa de potencia debe tener todas las protecciones necesarias, sin escatimar gastos, debido a que un mal funcionamiento en la etapa de potencia, puede alterar de manera irreversible cualquier componente del computador.
 - La sintaxis de la sentencia guardada en la configuración del programa, debe ser exactamente igual a la del mensaje que debe enviarse vía SMS celular, incluyendo mayúsculas, espacios en blanco y signos de puntuación.
-

- Antes de la utilización de cualquier celular como base, se debe realizar la investigación de la lista de comandos AT soportados por el celular y la sintaxis propia de cada celular que soporta, caso contrario, no funcionará el proyecto. Para evitar estos contratiempos, las pruebas deben ser realizadas previamente a través del Hyper-Terminal.
 - Se debe tener especial atención con las corrientes enviadas por el puerto serial al opto-acoplador, puesto que esto disminuye el tiempo de vida del semiconductor, cayendo en un mantenimiento más continuo, lo cual no es el objetivo del proyecto. Para evitar esto, se debe realizar el cálculo de la resistencia limitadora de corriente del opto-acoplador.
-

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- <http://www.nmscommunications.com/Solutions/3GTutorial.html>, Telefonía Celular
 - <http://www.eveliux.com/articulos/telefoniamovil.html>, Telefonía Celular
 - http://www.3gnewsroom.com/html/about_3g/index.shtml, Telefonía Celular
 - http://es.gsmbox.com/news/mobile_news/all/34.gsmbox, Telefonía Celular
 - http://www.cdg.org/news/events/CDMASeminar/2003_CDMA_Seminar/Presentacion%20Seminario%20CDMA%20Spanish.pdf, Telefonía Celular
 - <http://www.isis.de/members/~s.frings/smstools/>, Servicio de Mensajería Escrita
 - <http://www.set-ezine.org>, Servicio de Mensajería Escrita
 - <http://www.zine-store.com.ar/>, Servicio de Mensajería Escrita
 - <http://www.vanhackez.com/portal/E-zines/SET/>, Servicio de Mensajería Escrita
 - <http://www.wapforum.org/>, Servicio de Mensajería Escrita
 - <http://www.ipipi.com>, Servicio de Mensajería Escrita
 - <http://support.microsoft.com/default.aspx?scid=kb%3Bes%3B816489>, Comandos AT
 - <http://gospel.endorasoft.es/seguridad/comandosAT.html>, Comandos AT
 - http://gospel.endorasoft.es/seguridad/Files/AT_Command_Set_For_Nokia_GSM_Products.pdf, Comandos AT
 - <http://www.monografias.com/trabajos/todomodem/todomodem.shtml>, Comandos AT
 - <http://www.cibertele.com/nuevo/publicaciones/UMTS.pdf>, Comandos AT
 - <http://www.lawebdelprogramador.com/preguntas/vercontestada.php?id=39&texto=Hardware&pagina=11>, USB
 - <http://miarroba.com/foros/ver.php?foroid=59905&temaid=1988692&pag=2>, USB
 - <http://www.monografias.com/trabajos11/usbmem/usbmem.shtml>, USB
 - <http://www-eu3.semiconductors.com/usb/products/interface/pdiusbd11/faq/#2.1>, USB
 - <http://www.micro-bit.com>, USB
 - <http://www.forosdeelectronica.com/about2.html>, Implementación.
-

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA	
2.1	FDMA	12
2.2	TDMA	16
2.3	CDMA	16
2.4	Principio Soft-Handover	17
2.5	Efecto Near-Far	18
2.6	Evolución de CDMA	19
2.7	Técnicas de Multi-Acceso	20
2.8	Relación D/R	24
2.9	Celdas Amorfas	25
2.10	Celdas Formadas con Antenas Isotrópicas	26
2.11	Ejemplo de Cluster con $K = 7$	26
2.12	Clusters con Diferentes Valores de K	28
2.13	Ocurrencia de <i>Handoff</i>	30
2.14	Parámetros para el Manejo de <i>Handoff</i>	33
2.15	Previsiones de Crecimiento de los Usuarios de Telefonía Móvil	34
2.16	Ámbito de Movilidad en los Sistemas de Tercera Generación	37
2.17	Bandas Asignadas para IMT-2000	38
2.18	Combinaciones de Redes de Tercera Generación	43
3.1	Estructura Básica de la Red para Transferencia de Mensajes Cortos	51
3.2	Servicios Básicos SM MT y SM MO	53
3.3	Niveles y Servicios para el Envío de Mensajes Cortos	54
3.4	Las 6 PDUS del SM-TP	56
3.5	Trama SMS-SUBMIT	59
3.6	Detalle Del Campo SCA	59
3.7	Trama SMS-DELIVER	59
4.1	Diagrama para la Comunicación entre Ordenadores	64
4.2	Métodos Sesillos De Modulación	68
4.3	Ejemplo De Conector Del Modem	75
5.1	Incremento de los dispositivos USB a través de los Años	95
5.2	Interfaces de las PC'S	98
5.3	Aplicaciones para Interfaz IEEE-1394 y USB	98
5.4	Topología Estrella	101
5.5	Concentrador o Hub	102
5.6	Capas del Sistema de Comunicación USB	103
5.6	Host USB	104
5.7	Composición del Dispositivo USB	105
5.8	Tipos de Conectores USB	106

5.9	Tipos de Conectores USB	108
5.10	Codificación de Datos NRZI	109
5.11	Bit Stuffing	110
5.12	Ondas no Deseadas en la Entrada USB	111
5.13	Conexión del Dispositivo de Media Velocidad	112
5.14	Conexión del Dispositivo de Baja Velocidad	113
5.15	Formato del Paquete Token	114
5.16	Formato del Paquete de Datos	114
5.17	Formato del Paquete de Estado	114
5.18	Formato del Campo PID	116
5.19	SE0 para EOP	117
6.1	Primer Formulario	120
6.2	Segundo Formulario	121
6.3	Tercer Formulario	127
6.4	Mensaje de Error	127
6.5	Cuarto Formulario	128
6.6	Formulario para el cambio de Clave	129
6.7	Formulario de Cambio de todos los Parámetros	129
6.8	Diagrama de Bloques de la Etapa de Potencia	131
6.9	Diagrama de la Etapa de Potencia	132

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	PÁGINA
2.1 Tipos de Sistemas GSM	22
3.1 Datos de SMS-SUBMIT y SMS-DELIVER	57
4.1 Secuencia de Acontecimientos cuando un Módem llama a otro.	66
4.2 Modulaciones más Frecuentes	70
4.3 Formas de los Comandos AT	77
4.4 Comandos AT Generales	79
4.5 Lista de Registros "S" de un Modem	94
5.1 Colores de Cables Internos del USB	107
7.1 Lista de componentes y precios	133

ÍNDICE DE DATASHEETS

DATASHEET	PÁGINA
SSR-A Coel	141
Opto-Acoplador MOC 3010	142

FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO

El presente proyecto de grado fue entregado al Departamento de Eléctrica y Electrónica y reposa en la Escuela Politécnica del Ejército desde:

Sangolquí, a _____

ING. GONZALO OLMEDO MSC.
COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

DR. JORGE CARVAJAL
SECRETARIO ACADÉMICO

CÉSAR RODRÍGUEZ VACA
AUTOR