



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE INGENIERIA

INGENIERIA DE DESARROLLO DE APLICACIONES DE  
TELEFONIA CELULAR DE NUEVA GENERACION

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

**P R E S E N T A :**

**ALEJANDRO OCHOA LOPEZ**



DIRECTOR DE TESIS: ING. IVONNE ESTRADA GARDUÑO

CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D. F.,

2004



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## *Agradecimientos*

*A mi padre, por su amor incondicional, por darme su apoyo total en todo momento, por su tiempo, esfuerzo y ser pilar en lo que hago.*

*A mi madre, por inculcarme el hábito del estudio, por tu tiempo, esfuerzo, dedicación y entrega, por brindarme su amor y comprensión.*

*A Ricardo y Verónica, por todo su apoyo cariño y apoyo incondicional, por ser los hermanos que son, por aconsejarme, alentarme y ayudarme.*

*A mi asesora, Ivonne, por sus consejos y orientación, pero sobre todo, por su amistad, que han hecho posible el término de este trabajo y de mi carrera. Gracias por estimular en mí el deseo de ser cada día mejor profesionalista.*

*A Gustavo, por darme la oportunidad de entrar al programa, por su comprensión y esas palabras de aliento cuando las cosas no van bien, por su amistad y dedicación.*

*A mis amigos, Andrea, Alfredo, Antonio, Jesús, Héctor, Oscar, Omar, Rogelio, quienes estuvieron conmigo a lo largo de la carrera apoyándome. Porque juntos compartimos una de las mejores etapas de mi vida.*

*A mis amigos, Axel, Ángel, Amaury, Enrique, Roberto, Hugo, Ivonne, Gustavo, Pastrana, Ulises, por todos los buenos momentos que hemos pasado juntos en este año, por su amistad y comprensión en lo que a veces hago.*

*A mis amigos Alfonso, Alejandra, Rosaura, Juan Carlos, Jorge, José Juan, Priscila, por su amistad, comprensión y consejos que me han dado, por todos los buenos momentos que vivimos juntos, a pesar del tiempo y la distancia*

*A la coordinación de Telecomunicaciones, por darme la oportunidad de ser mejor profesionalista y las facilidades que me han dado para la elaboración de la presente tesis.*

*Al Laboratorio por todas esas experiencias aportadas para lograr la realización de la presente tesis.*

*A la UNAM, porque le debo todo lo que soy.*

# Índice

<b>Objetivos</b> .....	1
<b>Introducción</b> .....	2
<b>Capítulo I. Historia y Fundamentos de Telefonía Celular</b> .....	5
1.1 Arquitectura general del sistema de Telefonía Celular .....	5
1.2 El Espectro Radioeléctrico .....	8
1.2.1 Banda Celular y PCS .....	9
1.3 Evolución de la Telefonía Celular en el préstamo de servicios de datos .....	12
1.3.1 Primera Generación (1G) .....	12
1.3.2 Segunda Generación (2G) .....	13
1.3.3 Segunda Generación avanzada 2.5G .....	14
1.3.4 Tercera Generación 3G: La evolución de las comunicaciones inalámbricas .....	16
1.4 Tecnología de acceso para Tercera Generación: Caso de Estudio CDMA .....	19
1.4.1 Ventajas de CDMA hacia su camino a 3G .....	19
1.4.2 CDMA2000 .....	22
1.4.2.1 CDMA2000 1x .....	23
1.4.2.1 CDMA2000 1xEV .....	23
1.4.3 WCDMA (Wide CDMA) .....	24
<b>Capítulo II. Manejo de Datos</b> .....	26
2.1 Importancia de los datos en redes móviles de 3G .....	26
2.2 Llamada de voz y llamada de datos .....	28
2.2.1 Llamada de voz .....	29
2.2.2 Llamada de petición y/o envío de datos .....	31
2.2.3 Diferencias entre la llamada de voz y la llamada de datos .....	33
2.3 Arquitectura de una Red de Paquetes para Telefonía Celular: CDMA2000 1x .....	34
2.3.1 Componentes de la Red de Paquetes de CDMA2000 1x .....	36
2.3.1.1 Mobile Station (MS) .....	37
2.3.1.2 Radio Access Network (RAN) .....	39
2.3.1.2.1 Base Station Transceiver (BTS) .....	39
2.3.1.2.2 Base Station Controller (BSC) .....	40
2.3.1.2.3 Packet Control Function (PCF) .....	41
2.3.1.3 Packet Core Network (PCN) .....	41
2.3.1.3.1 Packet Data Serving Node (PDSN) .....	42
2.3.1.3.2 Authentication, Authorization and Accounting (AAA) .....	43
2.3.1.3.3 Home Agent (HA) .....	44
2.3.1.3.4 Foreign Agent (FA) .....	44

---

2.3.2 Puntos de referencias en la Red de Paquetes de CDMA2000	45
2.3.3 Descripción de las Interfaces definidas para CDMA2000 1x	46
2.4 Canales utilizados en la transmisión de datos	47
2.4.1 Descripción de las operaciones en los canales de voz y de datos	47
2.4.1.1 Canal Fundamental	51
2.4.1.2 Canal Suplementario	53
2.4.2 Asignación de los Canales de Tráfico dentro de CDMA200 1x	56
2.5 Seguridad y Encapsulamiento de los datos	59
2.5.1 Seguridad y Encapsulamiento en la interfaz CDMA2000	60
<b>Capítulo III. Interfaces para la transmisión de datos: Mobile IP y SMS</b>	<b>63</b>
3.1 El uso del Internet en las Comunicaciones Inalámbricas	63
3.2 La Necesidad de IP Móvil	65
3.3 Conceptos básicos para IP Móvil	67
3.4 Funcionamiento de Mobile IP	70
3.4.1 Funcionamiento de Mobile IP dentro de la red de CDMA2000 1x	72
3.4.1.1 Descripción de los agentes	72
3.4.1.2 Procesos dentro de Mobile IP en CDMA2000	73
3.4.1.2.1 Descubrimiento del Agente	73
3.4.1.2.2 Proceso de registro de la dirección Care-of-Address	74
3.4.1.2.3 Encaminamiento de paquetes y Tunneling	75
3.4.1.2.3.1 Encaminamiento de paquetes	75
3.4.1.2.3.2 Tunneling	76
3.4.1.2.3.2.1 Encapsulado IP-in-IP	78
3.4.1.2.3.2.2 Encapsulado GRE para CDMA2000 1x	78
3.5 Simple IP y Mobile IP	79
3.6 Proceso de handoff en Mobile IP	80
3.6.1 Handoff Intra PDSN o PCF-PCF	80
3.6.2 Handoff Inter PDSN o PDSN-PDSN	82
3.7 Aspectos de seguridad en Internet Móvil	83
3.7.1 Firewall	84
3.7.2 Virtual Private Network (VPN)	85
3.8 Servicios de envío de datos: Servicio de Mensajes Cortos	86
3.8.1 Elementos en la red y arquitectura del SMS	87
3.8.1.1 Short Messaging Entity (SME)	87
3.8.1.2 Mobile Switching Center (MSC)	88
3.8.1.3 Short Message Service Center (SMSC)	88
3.8.1.4 Gateway Mobile Switching Center (GMSC)	88
3.8.1.5 Base Station (BS)	89
3.8.2 Aplicaciones del SMS	90

---

<b>Capítulo IV. Interfaces para la transmisión de datos: Mobile IP y SMS</b> .....	91
4.1 Requerimientos de los dispositivos móviles .....	91
4.2 Requerimientos de hardware .....	92
4.2.1 El procesador .....	93
4.2.2 La memoria .....	96
4.2.2.1 La memoria FLASH .....	97
4.2.2.2 La memoria RAM .....	98
4.2.2.3 Memorias en el mercado .....	100
4.2.3 El display .....	101
4.2.3.1 Tecnología TFT en las pantallas de cristal liquido LCD .....	101
4.3 Requerimientos de software .....	103
4.3.1 El Sistema Operativo .....	103
4.3.2 Necesidades específicas de los OS's móviles .....	105
4.3.2.2.1 Terminales pequeñas y móviles, pero siempre disponibles .....	106
4.3.2.2.2 Enfoque al mercado masivo .....	106
4.3.2.2.3 Conectividad ocasional .....	107
4.3.2.2.4 Diversidad de productos .....	108
4.3.2.2.5 Plataforma abierta .....	108
4.4 Ejemplo de un dispositivo de Tercera Generación .....	109
<b>Capítulo V. Ejemplo de aplicación de Nueva Generación</b> .....	111
5.1 Descripción general .....	111
5.2 Desarrollo de la interfaz móvil .....	113
5.2.1 BREW™: Binary Runtime Environment for Wireless .....	113
5.2.1.1 BREW frente a J2Me .....	116
5.2.2 Interfaz para el móvil .....	118
5.3 Desarrollo Web .....	121
5.4 Arquitectura de la Aplicación .....	125
5.4.1 Configuración del sistema y configuración de red .....	125
5.4.1.1 Componentes del sistema .....	125
5.4.1.2 Funcionamiento .....	127
5.4.2 Notificaciones vía texto SMS .....	129
5.4.2.1 Interacción a nivel usuario .....	130
5.4.3 Estructura de la información .....	133
5.4.3.2 Formato de las imágenes .....	133
5.4.4 Dimensionamiento de la red .....	134
5.4.5 Tarificación o billing .....	136
5.4.5.1 Solución BREW .....	136
<b>Conclusiones</b> .....	139
<b>Apéndice</b> ... .....	142
<b>Referencias</b> .....	144

## Objetivos

La presente tesis tiene como objetivo explicar los requerimientos tecnológicos, procesos y protocolos utilizados en la implementación e ingeniería de desarrollo de aplicaciones enfocadas al servicio de datos en el campo de la telefonía celular de Nueva Generación. Asimismo, se hace un estudio sobre las entidades e interfaces involucradas en una llamada de datos dentro del estándar CDMA2000 1x, para que a partir de estructura, pueda explicarse la introducción de la solución BREW como plataforma de desarrollo.

Además con la elaboración del trabajo se pretende dar a conocer uno de los proyectos elaborados por el Departamento de Telecomunicaciones de la Facultad de Ingeniería cuya finalidad es la de desarrollo de aplicaciones para la industria de telecomunicaciones inalámbricas y que no solamente es solución a un problema específico en México, sino que también abarca mercados como el latinoamericano.

Con el entendimiento de la infraestructura, procesos, administración y mantenimiento que llevan a las nuevas aplicaciones de Tercera Generación se introducen nuevos desarrollos enfocados hacia campos que en nuestro país son importantes, como representan los procesos de localización, vigilancia, seguridad y control, de tal forma se sienten las bases para cubrir estas expectativas.

Así, las mejoras introducidas en las tecnologías de Telecomunicaciones para 3G obligan a tener una calidad de servicio superior a sus antecesores, mismas que serán explicadas a lo largo de la tesis.

Finalmente, la relevancia del presente escrito es brindar un conocimiento general de lo que representa la tecnología CDMA, con su plataforma BREW y la manera en como se han involucrado desarrolladores en nuestro país en aspectos de programación, diseño y administración de sitios, de sistemas y de personal. Debido a que representa uno de los primeros trabajos enfocados hacia tecnología de desarrollo, es importante mencionar que el grupo de desarrollo es pionero en enfrentar esta tipo de tecnología.

## Introducción

Hoy en día las comunicaciones móviles han tenido un desarrollo acelerado, en donde se han presentado diversas generaciones que se han caracterizado por el uso de diferentes tecnologías en hardware como de software y que han permitido tener un mejor servicio en el campo de la telefonía celular.

Cada vez vemos más personas que cuentan con un teléfono celular; sin embargo, se cuenta con mayores servicios en los cuales la petición de datos resulta ser un aspecto a considerar.

Por tal motivo, las tecnologías evolucionan siempre tratando de mejorar día a día, pereciendo aquellas que no iban a la par de los nuevos requerimientos. Asimismo, los equipos que conforman la red de telefonía celular tuvieron que dar un giro y ver que aquella red de circuitos se volvía obsoleta frente aquella cuya base era la conmutación de paquetes con transmisión digital. Los mecanismos de seguridad se hacen más visibles y los códigos de cifrado se presentan como una herramienta en posibles ataques.

*El presente trabajo de tesis explica los requerimientos necesarios para el desarrollo, administración, ingeniería y manejo de aplicaciones de Nueva Generación, específicamente Tercera Generación de Telefonía Celular. Dicha solución va desde la elaboración de la interfaz gráfica en el dispositivo móvil, su contraparte en la Red IP (sitio Web) y el diseño de la arquitectura para manejo dentro de la Red de Paquetes.*

*Además se describirá la interrelación entre la Red de Paquetes bajo el estándar CDMA2000 1x, el protocolo utilizado para las comunicaciones de datos, Mobile IP y los avances tecnológicos que se han llevado a cabo en el rubro de los dispositivos móviles, ya que juegan una parte importante para que hoy se pueda decir que en México exista un Laboratorio UNAM-QUALCOMM encargado de la elaboración y puesta en marcha de aplicaciones móviles.*

Es por ello que en nuestro primer capítulo abarca la evolución de los sistemas de telefonía celular y su arquitectura para el establecimiento de las llamadas de voz. Sin embargo, en esa historia, la demanda de nuevos servicios aumenta y los sistemas y tecnologías evolucionan, es necesario el estudio del funcionamiento de técnicas que puedan definir ventajas y desventajas que una tiene con respecto a la otra. Por tal razón se plantea CDMA como el estándar y la técnica de acceso en los sistemas de Tercera Generación ya que ofrece mayores ventajas que otras tecnologías como son GSM, GRPS y EDGE, entre otras.

Dentro de ese apartado se explica CDMA desde dos concepciones, la primera radica como una técnica de acceso al medio en donde la información se esparce a lo largo del ancho de banda asignado y que se transmite a niveles de potencia comparables a una señal de ruido. Mientras tanto, el segundo, se refiere a un conjunto de tecnologías que engloban variantes y que se diferencian por las tasas de transmisión y las capacidades que se pueden alcanzar con ellas. Entre estas destacan: CDMA2000 1x, CDMA 1xEV-DO y CDMA2000 1xEV-DV.

En el segundo capítulo, se establecen los requerimientos de las Entidades de Red necesarios para ofrecer el servicio de datos. Al inicio del capítulo se observa la

importancia del envío de datos a través de las redes móviles. Esto se explica con la demanda que el día de hoy juegan los datos para el usuario y el porqué los proveedores de servicio la han visto como una opción de tráfico.

Así, se hace una descripción detallada de lo que representa una llamada de voz y una llamada de datos, realizando una comparación en los protocolos, entidades, canales y velocidades utilizados. En donde cada ente necesita sus propias reglas y procedimientos para la transmisión de la información.

Aquí se describirá la Arquitectura de la Red de Paquetes que conforma CDMA2000. En ella se hace referencia a cada una de las nuevas entidades para el servicio de paquetes de datos, a través de una conmutación de paquetes y el flujo de mensajes para darle seguimiento de su desempeño. La definición de los puntos de referencia y de las interfaces también se vuelven un factor primordial cuando se describe el Modelo de Referencia CDMA2000, ya que permite la interconexión de equipos de diferentes proveedores.

Si no existe interfaces definidas, ni una estandarización que regule la comunicación entre las entidades, entonces la instalación de nuevos protocolos en el ámbito móvil no podrá ser utilizada y por tanto impidiendo la interoperatividad entre la red y el usuario e incluso con otras redes.

Asimismo dentro del estudio en la operatividad de la red en CDMA2000 es el hecho de las velocidades con las cuales se puede manejar una petición de datos, de manera que existen ciertas características en los canales de tráfico que hacen que un determinado canal sea empleado para la transmisión de voz o datos con poco tráfico; sin embargo, existen otros utilizados exclusivamente para el envío de datos y a velocidades que alcanzan los 144 kbps. Con ello, se hace un pequeño estudio de los canales de tráfico, su asignación y la tasa con la cual son enviados al usuario.

En el tercer capítulo describiremos el uso de Internet como proveedor de información en el ámbito inalámbrico utilizando Mobile IP, el cual representa el estándar con el cual se sustentan las comunicaciones de paquetes en CDMA2000.

Mobile IP, viene a solucionar todos los problemas que ofrecen el estándar fijo IP; la movilidad, el área de cobertura y la disponibilidad del servicio son puntos que son cubiertos y conceptos como dirección IP, dirección móvil, dirección de auxilio son estudiados entre el proceso de comunicación entre un usuario con el Core Network de la Red de Paquetes.

Junto con esto, se da información de los mecanismos que actualmente son usados en aspectos de seguridad. Debido a que IP se caracteriza por tener mecanismos muy vulnerables a posibles ataques de agentes ajenos a la red, la preocupación de los "carriers" se refleja y han elaborado mecanismos tanto de hardware como de software para proteger sus sistemas. Entre los más importantes destacan el firewall y las MVPN, analizadas en este capítulo.

Dentro del cuarto capítulo se plantean los avances tecnológicos que han alcanzado los dispositivos móviles para la implementación de servicios de datos. Aspectos como el procesador, la memoria y la pantalla juegan un papel para el despliegue de ciertos

formatos (MPEG, JPEG y MP3), permitiendo mayor calidad en el almacenamiento de imágenes y sonidos que cada vez se hacen más y más pequeños.

Ahora bien, se habla de los requerimientos de hardware necesarios en los teléfonos celulares; sin embargo, no olvidemos que un dispositivo no está hecho de circuitos, sino que también debe de contar con una plataforma capaz de administrar todos los procesos que pueda llevar a cabo en él. De tal forma, se hablará de los requerimientos de software necesarios en 3G.

Finalmente, en el quinto capítulo se engloban todos aquellos conceptos dados en capítulos anteriores mediante el desarrollo de una aplicación para los dispositivos móviles. El objetivo no es sólo presentar la elaboración de una interfaz para cubrir una tarea específica, sino que también se abarque aspectos como diseño e ingeniería en el desarrollo de aplicaciones móviles bajo una plataforma específica.

Se describe el proceso que se llevó a cabo un proyecto de ingeniería dividido en tres etapas. La primera se enfoca en el dispositivo móvil, proporcionando el diseño de la interfaz para el usuario y su elaboración bajo el lenguaje de programación.

En segundo proceso, se toma es el desarrollo del sitio Web, encargado de proporcionarle el contenido a la interfaz móvil. Este sitio juega un papel importante en el vínculo que tiene la interfaz con la información, ya que a través de él se tendrá comunicación entre información-usuario para las peticiones que se hagan desde él.

Finalmente como tercera etapa constituye el diseño de la arquitectura de red, que al igual que los dos anteriores, tiene su grado de complejidad. En esta parte se ven aspectos como capacidad del servidor, tipo de enlace usado, tamaño de la bases de datos, procesos de tarificación y compra, administración y mantenimiento que componen el sistema Móvil- Server, entre otras cosas y que se analizan en este apartado.

De esta manera la elaboración de un proyecto abre las puertas para el desarrollo de otros, más importantes y con un mayor enfoque hacia la sociedad, representando un vínculo con el avance tecnológico y las necesidades de la sociedad.

# **Capítulo I**

## **Historia y Fundamentos de Telefonía Celular**

### 1.1 Arquitectura general del sistema de telefonía celular

Las comunicaciones inalámbricas representan un elemento importante en los diversos servicios que se manejan en la actualidad. Para ello se debe contar con una infraestructura capaz de ofrecer mayor calidad en el servicio, así como atender las necesidades de los usuarios, debido a que ahora no sólo se requiere de movilidad, sino de acceder a la información en cualquier momento. Estas funciones forman **la Red de Telefonía Celular**.

Los sistemas de comunicación celular son redes conmutadas que permiten la transmisión de voz y datos en forma confiable a través del espacio aéreo. De manera general en una Red de Telefonía Celular el objetivo es permitir al usuario o suscriptor **establecer, recibir y mantener** una llamada telefónica mientras se desplaza de manera libre a través de un área específica.

En el modelo de red, un área geográfica se divide en células, en donde las variaciones de los niveles de potencia hacen que las dimensiones de la célula varíen de acuerdo a la densidad de suscriptores y a la demanda en una determinada región. Cada móvil usa un par de canales para la comunicación ("*forward link*", para transmitir de la radiobase hacia el móvil, y el "*reverse link*", para la comunicación del usuario hacia la radio base), de manera que la voz es transmitida a través de la red.

Por su parte cada célula tiene una *Estación Base (BS)* que realiza la comunicación inalámbrica con los teléfonos móviles (*MS*). Varias BS están conectadas a la *Central Móvil Celular (MSC)*, en donde un computador es el responsable de controlar la red. Además de realizar tareas de conexión convencionales, este computador toma decisiones acerca del canal de radio y la BS que cada teléfono celular usará; lo cual permite a los usuarios moverse.

Ahora bien, la red se encuentra diseñada para que los tamaños de las células sean relativos al número esperado de usuarios; por lo tanto, en un área urbana, las células son pequeñas y en un área rural son mucho más grandes.

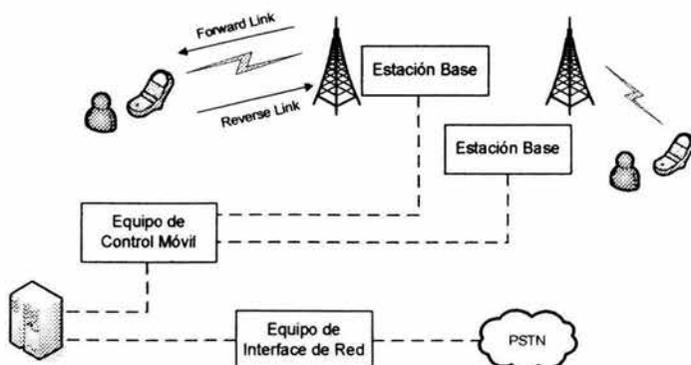


Figura 1.1 Elementos de una Red Telefónica Celular

De esta forma, un sistema de telefonía celular está conformado por cuatro elementos básicos, los cuales, integran una entidad trabajando en conjunto para brindar un servicio de calidad y lograr que miles de usuarios puedan comunicarse a cualquier parte del mundo con otras personas que pueden o no ser parte de la red celular.

La arquitectura del sistema está conformada por los siguientes componentes:

- Estación Móvil (MS).
- Estación Base (BS)
- Centro de Telefonía Móvil Conmutada (MTSO).
- Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN).

La **Estación Móvil** es la interfaz entre el usuario y el sistema. Además de la transmisión de voz, la unidad móvil está sujeta al control del sistema, tiene la capacidad de sintonizar cualquier canal de radiofrecuencia y transmitir en un nivel de potencia determinado. Consiste de una unidad de control y un transmisor para el envío de las señales de radiofrecuencia dentro y fuera de una célula. Existen tres tipos de estaciones móviles:

- a) Teléfonos móviles (con una potencia de transmisión de 4 W).
- b) Teléfono portátiles (cuenta con una potencia de transmisión de 0.6 W).
- c) Teléfonos transportables (con una potencia de 1.6 W).

El teléfono móvil es instalado dentro de un automóvil y el equipo es instalado en una posición conveniente al conductor. Las unidades tanto portátiles como transportables pueden llevarse consigo y utilizarlas en cualquier lugar. El uso de estos teléfonos está en función al tiempo de vida que tenga la batería del teléfono.

La **Estación Base** se le denomina a todo el equipo de radio utilizado para el tráfico hacia y desde una estación móvil dentro de una o más células. Representa la interfaz entre la unidad móvil y el sistema celular. Es el responsable de atender las llamadas originadas o destinadas en su área de cobertura, realiza las funciones locales de control, monitoreo y supervisión de las llamadas, además de la recomendación de transferir una llamada al sistema (proceso de handoff).

Los componentes básicos de una estación base son:

- a) Canales, transreceptores o unidades de radio.
- b) Interfaz para interconexión con el MCS.
- c) Equipo asociado para transmisión/recepción (antenas, combinadores, acopladores, guía de onda, etc.).

Además las radiobases pueden ser clasificadas de varias formas en función de sus características:

Cobertura	Tecnología
<i>Omnidireccional</i>	<i>Analógicas</i>
<i>Sectorial</i>	<i>Digitales</i>
<i>Omni / sectorial</i>	

Tabla 1.1 Clasificación de las radiobases de acuerdo a su tecnología o cobertura

Ahora bien, dentro de las estaciones bases se cuenta con dos sistemas importantes para tener la funcionalidad que se desea y poder comunicar a la central celular con todas y cada una de los móviles dentro de la cobertura del sistema. Estos son la BSC (Base Station Controller) y la BST (Base Station Transceiver).

La *Central Telefónica Móvil Conmutada* (MTSO o MSC) es la red lógica cuyo servicio lo proporciona un operador de la red y se compone de un número de áreas de servicio. El MSC es un sistema automático el cual constituye la interface para el tráfico del usuario entre la red celular y otras redes públicas o con otras MSCs.

La MSC cumple con las siguientes funciones:

- Identifica la posición de cada uno de los usuarios.
- Asignación de las radiobases, de acuerdo a la última base donde se encontraba y así reasigna la radiobase en función del nivel de señal que tenga.
- Reasignación de la radiobase con base al nivel de señal que tenga el teléfono móvil.
- Control del flujo o enrutamiento de la llamada, ya sea para con los suscriptores o entre el suscriptor y el servicio de telefonía fija.
- Identificación y registro de usuarios visitantes.

Dentro de la MTSO se encuentran los siguientes elementos:

- **Bases de datos:** Para almacenar datos como localización actual de los abonados. Estos datos se actualizan conforme los abonados viajan a través de la red.

En la MTSO hay típicamente dos bases de datos, el *Registro de Localización Local* (HLR, Home Location Register) y el *Registro de Localización Visitante* (VLR, Visitor Location Register). El VLR se integra generalmente con el MSC y nos indica la información relacionada a los usuarios visitantes dentro de la red, mientras que el HLR puede estar implementando como un elemento de la red autónomo, dándonos información sobre los usuarios dados de alta en la red.

- **Centro de Operación y Mantenimiento** (OMC Operation and Maintenance Center): Éste proporciona al operador los medios para monitorear y controlar la red. Cuenta con dos bases de datos adicionales: el *Registro de Identificación del Equipo* (EIR Equipment Identify Register), encargado de guardar la lista completa de los números de serie de los teléfonos y equipos pertenecientes a la red y el *Centro de Autenticación* (AC Authentication Center) que es la entidad que maneja la información de seguridad y de verificación relacionada con la MS.

Entonces la MSC es el elemento central de coordinación en la Red Celular Móvil, ya que realiza funciones similares a aquellas que son ejecutadas por una central en una red fija que incluyen conmutación, señalización, procesamiento de llamadas y conexiones con otras redes (móviles o fijas).

Por último tenemos la *Red Telefónica Pública Conmutada* (PSTN) que es la entidad comúnmente referida a la telefonía fija, aunque no es considerada dentro del esquema de la arquitectura de la telefonía celular. Es el medio para enlazar los componentes de la red con los abonados fijos.

Dentro del PSTN la Red Celular es vista como una terminal donde el tráfico se origina y termina. La interconexión que se realiza entre la red pública y la red móvil es mediante la señalización número 7 (SS7), que es el protocolo encargado de llevar la información de señalización.

## 1.2 El Espectro Radioeléctrico

Las telecomunicaciones definen cualquier servicio de conexión en donde se emplean señales electromagnéticas, ópticas u otras, entre puntos remotos, para la transmisión y la recepción de la información y dependiendo del uso se le asocia una frecuencia en la cual los dispositivos serán capaces de comunicarse y enlazar un sistema de comunicaciones.

Toda esa gama de frecuencias que conforman el espectro electromagnético pero que corresponden a la radiación electromagnética cuya frecuencia es inferior a los 3000 GHz; dentro de la cual se encuentra la radiación emitida al espacio mediante antenas por los sistemas de radiocomunicaciones actuales se le denomina *espectro radioeléctrico*.

El espectro radioeléctrico es un recurso natural limitado de capacidades tecnológicas y de gestión. Si bien los constantes avances tecnológicos aumentan a menudo la eficacia de utilización del espectro, abren paso continuamente a diversas aplicaciones y, por consiguiente, crean interés en la asignación de las frecuencias a utilizarse. Así el espectro tiene una gran capacidad si es organizado, desarrollado y regulado eficaz y económicamente. Por consiguiente, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) ha elaborado, al ritmo de la evolución de las tecnologías de radiocomunicaciones, una estructura que permite que todos los países puedan tener un acceso equitativo del espectro evitando las interferencias.

Es así que el espectro radioeléctrico se subdivide en nueve bandas de frecuencias, que se designan por números enteros, en orden creciente y que se muestra a continuación:

Número de la banda	Abreviaturas	Frecuencias	Subdivisión métrica	Abreviaturas métricas
4	VLF	$3 < f \leq 30$ kHz	Ondas miriamétricas	B. Mam
5	LF	$30 < f \leq 300$ kHz	Ondas kilométricas	B. km
6	MF	$300 < f \leq 3000$ kHz	Ondas hectométricas	B. hm
7	HF	$3 < f \leq 30$ MHz	Ondas decamétricas	B. dam
8	VHF	$30 < f \leq 300$ MHz	Ondas métricas	B. m

9	UHF	$300 < f \leq 3000$ MHz	Ondas decimétricas	B. dm
10	SHF	$3 < f \leq 30$ GHz	Ondas centimétricas	B. cm
11	EHF	$30 < f \leq 300$ GHz	Ondas milimétricas	B. mm
12		$300 < f \leq 3000$ GHz	Ondas decimilimétricas	

Tabla 1.2 División del Espectro Radioeléctrico

Ahora bien, debido a que el espectro es un elemento importante para las telecomunicaciones y en virtud de que es un recurso limitado, cada país diseña su propio Cuadro Nacional de Frecuencias en donde establece las bandas y las frecuencias en las cuales cada servicio de radiocomunicaciones trabajen; sin embargo, debido a su comportamiento omnidireccional el espectro requiere ser regulado no sólo a nivel nacional sino también a nivel internacional y es el Reglamento de Radiocomunicaciones de la ITU-R, el instrumento encargado verificar aproximadamente cada 2 o 3 años el espectro.

En nuestro país el encargado de este tipo de normalizaciones sobre el espectro radioeléctrico es la COFETEL (Comisión Federal de Telecomunicaciones).

### 1.2.1 Banda Celular y Banda PCS

La telefonía celular es un moderno sistema de telecomunicaciones que satisface las necesidades de comunicación telefónica, permitiendo estar en contacto a toda hora y desde cualquier lugar del área de servicio celular. A lo largo de la evolución que ha tenido y a su rápido crecimiento en todo el mundo, propició que el servicio tuviera una expansión en cuanto al rango de frecuencias con el cual las compañías brindaban el servicio.

En una primera instancia, los teléfonos celulares trabajaron en la banda denominada **banda celular**, que comprende el rango de frecuencias de los 800-900 MHz, con dos rangos de frecuencias de 25 MHz, uno para la transmisión (*uplink*) y otro para la recepción (*downlink*) de la información, estructurando así dicha banda.

Ahora bien, cada banda de 25 MHz se encuentra dividida en sub-bandas denominadas **banda A** y **banda B**. La banda A comprende a las compañías que empezaban a brindar el servicio de telefonía celular pero sin estar ofreciendo el servicio de telefonía fija, por su parte, la banda B permitió que aquellas compañías que daban el servicio de telefonía fija lo pudieran brindar para la telefonía celular.

Tanto la banda A como la banda B tienen reservada un ancho de banda de 12.5 MHz, dividiéndose en 416 canales teniendo un total de 832 con separación de 30 kHz. Estas características se pueden apreciar en la siguiente tabla:

Banda de frecuencia	Servicios/Bandas	Canales	Ancho de los canales	Separación del canal de subida y bajada
800 – 900 [MHz]	A = 12.5 [MHz] B = 12.5 [MHz]	A = 416 B = 416	30 [kHz]	45 [MHz]

Tabla 1.3 Banda Celular

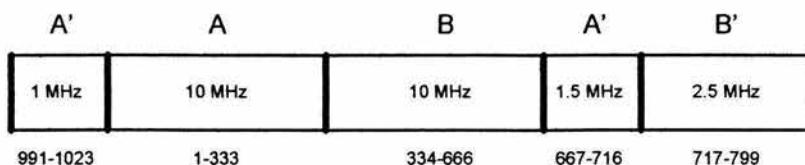


Figura 1.2 División de los canales en la banda A y banda B

En México, la banda de 806-890 MHz se encuentra destinada exclusivamente de acuerdo al Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias publicado por la COFETEL<sup>1</sup> para los servicios móviles, contándose asimismo con un acuerdo bilateral entre nuestro país y los Estados Unidos para regular su uso en zonas fronterizas.

Sin embargo, debido al demandante crecimiento, se asignó otro conjunto de frecuencias que ayudarían a brindar un mejor servicio. Esta banda se encontraba en los 1800-1950 MHz. Al nuevo intervalo de frecuencias se le denominó **banda PCS** (*Personal Communications Services*) o Servicios Personales de Comunicación, que es un servicio telefónico inalámbrico similar al de la banda celular con un énfasis en el servicio personal y la movilidad.

La principal ventaja de un teléfono celular en la banda PCS es que hay una mayor cantidad de espectro disponible. La introducción de esta banda ayudó a liberar algo de congestión en la banda de los 800 MHz, teniendo así compañías que tenían frecuencias tanto en la banda celular como en la banda PCS, es decir, los operadores tenían un suplemento para brindar un mejor servicio.

Consta de una banda de 120 MHz localizada en los 1800 y 1950 MHz. A diferencia de la banda celular, la banda PCS se subdivide en 6 servicios o sub-bandas. Las tres primeras: **banda A**, **banda B** y **banda C** tienen asignadas un espectro de 15 MHz, mientras que las **bandas D**, **E** y **F** tienen asignadas 5 MHz. Los 1200 canales en los que son divididos los canales de subida como de bajada son distribuidos en los 60 MHz para cada enlace y un ancho de 50 kHz.

Banda de frecuencia	Servicios/Bandas	Canales	Ancho de los canales	Separación del canal de subida y bajada
1800- 1950 [MHz]	A, B y C = 15 [MHz] cada una	A, B y C = 300	50 [kHz]	80 [MHz]
	D, E y F = 5 [MHz] cada una	D, E y F = 100		

Tabla 1.4 Banda PCS

<sup>1</sup> Cabe señalar que las especificaciones técnicas de los sistemas de radiotelefonía celular que operan en la banda de 800 MHz se encuentran contenidas en la norma NOM-081-SCT1-1993, publicada el 19 de agosto de 1994.

A continuación se muestra la distribución de los canales que se tienen en la banda PCS:

A	D	B	E	F	C
15 MHz	5 MHz	15 MHz	5 MHz	5 MHz	15 MHz
<u>0-299</u>	<u>300-399</u>	<u>400-699</u>	<u>700-799</u>	<u>800-899</u>	<u>900-1199</u>

Figura 1.3 División de los canales en la banda A - banda F

En México existen nueve regiones en las cuales se organiza el servicio de telefonía celular, con el objetivo de tener un mejor control sobre el uso del servicio. En el siguiente mapa se pueden observar como se organiza nuestro país en cuestión al servicio móvil de telefonía celular.

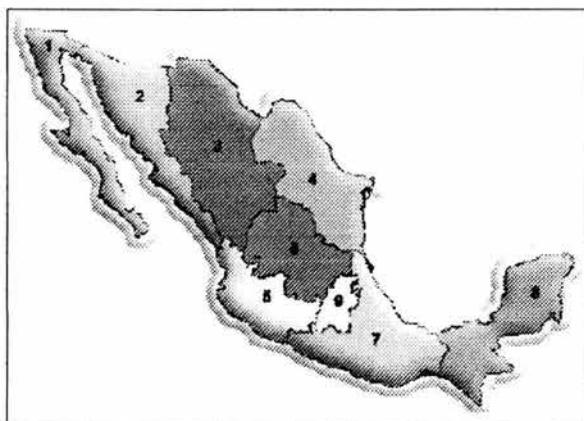


Figura 1.4 Regiones para los servicios de Telefonía Celular en México

- Región 1: Baja California y Baja California Sur y el municipio de San Luis Río Colorado, Sonora.
- Región 2: Sinaloa y Sonora excluyendo el municipio de San Luis Río Colorado, Sonora.
- Región 3: Chihuahua y Durango y los siguientes municipios de Coahuila: Torreón, Francisco I. Madero, Matamoros, San Pedro y Viesca.
- Región 4: Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila, excluyendo los municipios de Torreón, Francisco I. Madero, Matamoros, San Pedro y Viesca.
- Región 5: Colima, Michoacán, Nayarit y Jalisco excluyendo los siguientes municipios de Jalisco: Huejucar, Santa María de los Ángeles, Colotlán, Teocaltiche,

Huejuquilla El Alto, Mezquitic, Villa Guerrero, Bolaños, Lagos de Moreno, Villa Hidalgo, Ojuelos de Jalisco y Encarnación de Díaz.

- Región 6: Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas y algunos municipios de Jalisco: Huejucar, Santa María de los Ángeles, Colotlán, Teocaltiche, Huejuquilla El Alto, Mezquitic, Villa Hidalgo, Ojuelos de Jalisco y Encarnación de Díaz.
- Región 7: Guerrero, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala y Veracruz.
- Región 8: Campeche, Chiapas, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán.
- Región 9: Distrito Federal, Estado de México, Hidalgo y Morelos.

De esta forma la banda celular y la banda PCS brindan servicios que son similares en calidad, precio y servicios de valor agregado, así como cobertura. La diferencia que radica entre estas dos bandas es que mientras en la banda PCS todo es digital, en la banda celular se continúa manteniendo los servicios analógicos como AMPS (Advanced Mobile Phone Service) junto con algunos servicios digitales, pero predomina lo analógico en un 95 por ciento.

### ***1.3 Evolución de la Telefonía Celular en el préstamo de servicios de datos***

Las tecnologías inalámbricas están teniendo auge en estos últimos años, una de las que ha tenido un gran desarrollo ha sido la telefonía celular, desde sus inicios a finales de los 70's ha revolucionado enormemente las actividades que realizamos diariamente. Los teléfonos celulares se han convertido en una herramienta primordial para la gente común y de negocios.

A pesar de que la telefonía celular fue concebida para la voz únicamente, sin embargo, hoy en día la tecnología es capaz de brindar otro tipo de servicios como datos, audio y video con algunas limitaciones, pero la telefonía inalámbrica del mañana hará posible aplicaciones que requieran un mayor consumo de ancho banda.

Es así que su evolución puede estudiarse en 4 etapas históricas, en donde cada una presenta servicios y subsistemas bien definidos que las caracterizan, dando paso a un estudio comparativo de los servicios de datos que brindan a los usuarios y por lo tanto abre la brecha para lo que constituirá la *Tercera Generación de Telefonía Celular* (3G).

#### ***1.3.1 Primera Generación (1G)***

En 1971 se propuso el concepto de celular como un avanzado sistema de comunicación móvil. Esta intrigante idea proponía el reemplazo de las estaciones bases ubicadas en el centro de la ciudad por múltiples copias de tales estaciones de menor potencia distribuidas a lo largo del área de cobertura.

El concepto celular añade una dimensión espacial al modelo “trunking”<sup>2</sup> usado anteriormente en la telefonía móvil. Estas células son ligadas a través de un centro de conmutación central y una función de control. Y es así como la vieja red se emplea a gran escala, ofreciendo un servicio que tiene, desde el punto de vista de usuario, las características del servicio actual:

- a) Posibilidad de realizar y recibir llamadas en cualquier punto del área de cobertura del sistema.
- b) Continuidad de la comunicación al pasar del radio de acción de una estación de base al de la estación contigua.

1G surgió en 1979 y se caracterizó por ser *analógica y estrictamente para voz*. La calidad de los enlaces de voz era de muy baja velocidad (2.4 kbps), la transferencia entre celdas era muy imprecisa, tenían baja capacidad (basadas en FDMA, Frequency Division Multiple Access) y la seguridad no existía. La tecnología predominante de esta generación es AMPS, aunque en Europa los primeros sistemas analógicos de Primera Generación fueron NMT (Nordic Mobile Telephone) y TACS (Total Access Communication System).

<i>Servicios</i>	<i>Característica</i>
Servicio de voz	La transmisión de la voz era completamente analógica con velocidades que no rebasaban los 2.4kbps. Se utilizaba para entablar una comunicación 1 canal por conexión. Debido a que la transmisión de la voz era de forma analógica, se presentaba problemas de <u>distorsión, ruido e interferencia</u> .

Tabla 1.5 Servicios que ofrece la Primera Generación 1G

### 1.3.2 Segunda Generación (2G)

El desarrollo de los sistemas de Segunda Generación fue de la necesidad de mejorar la calidad en la transmisión, la capacidad del sistema, y la cobertura. Además, gracias a los avances en la tecnología de semiconductores y dispositivos de microondas trajo que la transmisión de las señales fuera de manera digital, innovando así las comunicaciones móviles.

Con ello la segunda generación arribó hasta 1990 y a diferencia de la primera se caracterizó por ser digital, utilizando protocolos de codificación más sofisticados y llegando a ser los sistemas base en la actualidad.

Los protocolos empleados en los sistemas 2G soportan velocidades de información más altas para voz pero limitados en comunicaciones de datos. Se pueden ofrecer servicios auxiliares como datos, fax y SMS (Short Message Service). La mayoría de los protocolos de Segunda Generación ofrecen diferentes niveles de encriptación.

<sup>2</sup> Debido al modelo de trunking, en esta Primera Generación los móviles analógicos era muy pesados y voluminosos, ya que tenían que realizar una emisión de gran potencia para poder realizar una comunicación sin cortes ni interferencias.

Un servicio adicional que verdaderamente hizo muy eficiente y atractivo el uso de la telefonía celular de Segunda Generación, sea con tecnología CDMA o con TDMA, fue la ampliación de la cobertura del *roaming*.

Mientras que en 1G los usuarios que se trasladaban a otra ciudad tenían que tramitar otro número telefónico asignándoles temporalmente otro aparato para poder hacer sus llamadas, con la 2G se logró la interoperabilidad de las empresas telefónicas, en donde las empresas hablaban un lenguaje común para que los celulares independientemente del lugar de origen y contrato, pudieran interconectarse y establecer el intercambio de señal.

Los sistemas de 2G incluyen GSM, DAMPS (Digital AMPS), CDMA (IS-95A), PDC (Personal Digital Communications), éste último utilizado en Japón. De esta forma, en la Segunda Generación al ser una transmisión digital, se logra ofrecer el servicio a un mayor número de usuarios y al requerirse menos energía y potencia, los teléfonos móviles se vuelven más pequeños y cómodos.

En la siguiente tabla se muestran los servicios que brinda esta generación con todas las innovaciones tecnológicas y mediante la transmisión digital, se pueden dividir los servicios en tres ramas: servicios de voz, servicios de mensajería, servicios de datos:

<i>Categoría de servicio</i>	<i>Servicios</i>
Servicios de voz y de datos	Ofrece velocidades más altas para la transmisión de voz, teniendo velocidades menores de 10kbps, el tamaño de las células son cada vez más reducidos (2 km). Cuenta con una mayor calidad en la transmisión de voz, gracias a la incorporación de la tecnología digital permitió tener menores errores en la recepción.
Servicios de mensajería	El Servicio de Mensajes Cortos (SMS) es un servicio inalámbrico que habilita la transmisión de mensajes alfanuméricos entre abonados móviles y sistemas externos, tales como e-mail y correo de voz.  Se brindan algunos otros servicios dentro de esta categoría como mensajes cortos via Web, paging, SMS a e-mail, servicios de información (noticias, clima, horóscopos, etc), buzón de voz.

Tabla 1.6 Servicios de la segunda generación 2G

### 1.3.3 Segunda Generación avanzada 2.5G

La generación 2.5G es el nombre con el cual se designa a la evolución de los sistemas 2G y representan a la mayoría de los sistemas establecidos en el mundo, pero en este caso la evolución no fue tan radical como el paso de 1G a 2G. La frontera entre 2G y 2.5G es algo no definido por completo, pero se basa en los servicios ofrecidos por los sistemas para el usuario y para intentar incrementar la capacidad de transmisión. Estos nuevos servicios se vienen a adicionar a los ya proveídos en 2G.

2.5G se caracteriza por el aumento de la velocidad en la transmisión de datos utilizando redes de conmutación de paquetes. Se adoptó principalmente en aquellos operadores que optaron por TDMA/GSM como tecnología base. El brinco directo a la Tercera Generación (3G), se complicó y optaron por crear una intermedia entre la 2G y 3G. EDGE (Enhanced Data Rate for Global Evolution) y GPRS (General Packet Radio Service) son los ejemplos más característicos de esta generación. Las velocidades de transmisión máximas son 384 kbps para EDGE y 115 kbps para GPRS. El sistema característico de los operadores cuya tecnología base es CDMA se llama "IS-95B" y trabaja a una velocidad máxima de 144 kbps.

GPRS eleva las tasas de transmisión hasta 115 kbps o incluso más alto si nos olvidamos de la corrección de errores. Pero lo más importante es que este sistema es el switcheo y por tanto, los recursos del sistema no son utilizados continuamente solamente cuando se transmite algo. Este salto fue necesario, ya que sin él, GSM no hubiera sobrevivido tanto como lo ha hecho, incluso este sistema es ya una primera exploración dentro de lo que serían los estándares para 3G.

De la misma forma, *EDGE*, originalmente pensado para GSM, fue utilizado por varios estándares. La idea que se propone en EDGE es la de un nuevo esquema de modulación llamado 8PSK (eight-phase shift keying) en donde solo se necesita de una actualización del software de la Radiobase. Pero aún así el inconveniente viene en que solo puede ser utilizado dentro de cortas distancias, ya que en grandes áreas de cobertura es necesario otro tipo de modulación denominado GMSK.

Actualmente, el mercado mundial de telefonía celular está repartido de la siguiente manera:

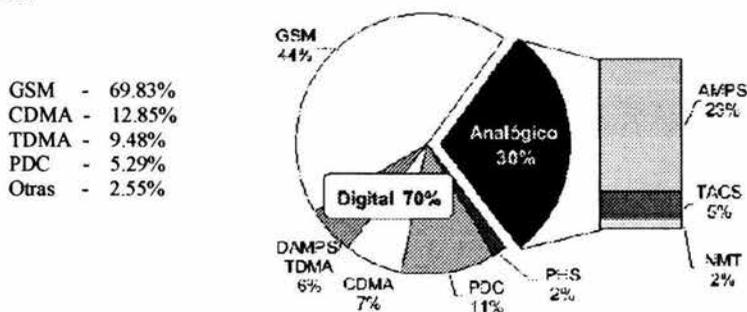


Figura 1.5 Uso de los sistemas de telefonía celular en el mundo

En la siguiente tabla se muestran los servicios que brinda 2.5G con las innovaciones tecnológicas que aunque no son muy grandes con respecto al salto entre 2G y 2.5G, se puede ver un cambio en cuanto a las funciones que proporciona un teléfono celular, en donde ahora no es sólo un dispositivo para realizar llamadas, sino que representa una herramienta que forma parte de un conjunto de tecnologías entrelazadas como son Internet y algunos servicios de mensajería (SMS, e-mail).

<i>Servicio</i>	<i>Tecnología</i>	<i>Características</i>
Voz enriquecida	VoIP, Redes de datos	Servicios en tiempo real y de dos vías. Proporciona capacidades avanzadas de voz como voz sobre IP (VoIP), acceso a redes activado por voz y llamadas a Web inicializadas por voz, además de continuar ofreciendo el servicio tradicional de voz.
Acceso a Internet Móvil	Redes de datos	Acceso completo a Web, transferencia de archivos, e-mail.
Información y Entretenimiento Personalizado	Redes de datos, WAP, Servicios de Mensajería (SMS)	Contenido personalizado independiente de la terminal móvil que acceda al servicio. Basado principalmente en portátiles móviles.

Tabla 1.7 Servicios de datos en 2.5G

#### 1.3.4 Tercera Generación 3G: La evolución de las comunicaciones inalámbricas

El propósito de la Tercera Generación consiste en superar las limitaciones técnicas de los sistemas precedentes. La tecnología de 3G representa la convergencia de varios sistemas de Segunda Generación hacia un sistema global que incluyen componentes tanto terrestres como satelitales.

El concepto de 3G representa un cambio de los servicios, ya que busca la convergencia de la voz y datos con acceso inalámbrico a Internet, aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos. Además, permitirá la interoperatividad entre las terminales móviles (teléfonos, PDA's, etc.) y otros dispositivos, como laptop's, desktop's y algunos periféricos.

Estos servicios no solamente serán para transferencia de información entre usuarios sino entre dispositivos portátiles que funcionarán a nombre de los usuarios. Con acceso a cualquier servicio desde un dispositivo móvil, en cualquier lugar y en cualquier momento, desaparecerán los límites entre comunicación, información, medios y entretenimiento. Se producirá una verdadera convergencia de servicios.

Debido a esta necesidad existían razones que explicaban el porqué introducir 3G: por una parte está la capacidad de las redes móviles actuales que permiten albergar un número limitado de usuarios, con un patrón de consumo similar al actual, y en cuanto se sobrepase la congestión de la red se manifiesta de manera insoportable para los usuarios; por otra, tenemos el incremento de tráfico motivado por la sustitución del tráfico fijo por el móvil; y, por último, por la aparición de nuevos servicios, muchos de ellos personalizados, donde la convergencia con Internet y el aumento de aplicaciones multimedia significa un aumento de tráfico.

Los protocolos empleados en los sistemas 3G soportan altas velocidades de información (desde 144 kbps a 2 Mbps) enfocados para aplicaciones mas allá de la voz tales como audio (MP3), video en movimiento, videoconferencia y acceso rápido a Internet, sólo por nombrar algunos.

Entre las tecnologías contendientes de la Tercera Generación se encuentran:

- **WCDMA (Japón).**
- **CDMA2000 (Estados Unidos).**
- **TD-CDMA/ TD-SCDMA (Europa y China).**
- **UWC-136 (Europa).**
- **UMTS (ITU Unión Internacional de Telecomunicaciones)<sup>3</sup>.**

Por tanto, los principales requerimientos que se podrán manejar incluyen:

- a) Calidad de voz comparable a la que ofrece una red telefónica pública.
- b) Velocidades de transmisión de datos: 144kbps en alta movilidad, 384 kbps en espacios abiertos y 2 Mbps en baja movilidad.
- d) Servicios de datos por conmutación de paquetes y conmutación de circuitos.
- e) Uso de ancho de banda dinámico, en función de la aplicación.
- f) Una interfaz adaptada para las telecomunicaciones móviles de Internet (IP).
- g) Diferentes servicios simultáneos en una sola conexión.
- h) Mayor eficiencia del espectro disponible.
- i) Incorporación gradual en coexistencia con los sistemas actuales de 2G y 2.5G.
- j) Roaming global, entre los diferentes operadores y tipos de redes.

Con la introducción de estos sistemas se revolucionará la forma de usar las redes móviles, los dispositivos usados en esta tecnología serán considerados como una “caja de seguridad”, ya que en un teléfono se podrá guardar dinero electrónico, e-mails, información personal, consultar algún estado de cuenta, realizar pagos de servicios (agua, luz, teléfono), etc. Además, contar con servicios de localización (GPS) e interoperatividad con otros dispositivos (Bluetooth), redes de tipo LAN y redes inalámbricas.

A continuación se muestran los servicios en cuestión de datos que se tienen contemplados para esta generación, con un concepto de teléfono más amplio ya no sólo como un dispositivo *exclusivo* de voz, sino como un concepto más global y con características (tamaño, capacidad, estética y uso).

---

<sup>3</sup> Es un estándar propuesto por la Unión Internacional de Telecomunicaciones que trata de conjuntar las tecnologías de Tercera Generación en el mercado bajo el concepto de IMT-2000 (International Mobile Telecommunications), en donde se incluyan servicios complementarios como audio, datos, video y multimedia, búsqueda, seguridad, en configuraciones punto a punto, punto multipunto con terminales fijas o móviles.

<i>Servicio</i>	<i>Tecnología</i>	<i>Características</i>
Voz enriquecida	VoIP, Redes de datos	Servicios en tiempo real y de dos vías. Proporciona capacidades avanzadas de voz como voz sobre IP (VoIP), acceso a redes activado por voz y llamadas a Web inicializadas por voz, además de continuar ofreciendo el servicio tradicional de voz.
Acceso a Internet Móvil	Redes de datos	Incluye acceso completo a Web, transferencia de archivos, e-mail. Significará que podremos estar en línea de manera constante; "siempre conectados".
Acceso a Extranet/Internet Móvil	Redes de datos	Proporciona acceso seguro a LAN's (Redes de Área Local) y VPN's (Redes Privadas Virtuales)
Información y Entretenimiento personalizado	Redes de datos, WAP	Proporciona contenido personalizado independiente de la terminal móvil que acceda al servicio. Basado principalmente en portátiles móviles
Servicios de mensajería	Servicio de mensajería MMS	Ofrece en tiempo real servicios de mensajería multimedia instantánea, que incluyen video y fotografías. Dirigido a grupos de usuarios cerrados definidos por el proveedor del servicio o definidos por el usuario final.
Servicios de audio	Redes de datos	Incluye "streaming" y la descarga de música y tonos, los cuales tendrán formatos de compresión especiales de acuerdo a las capacidades de memoria con los que cuentan los teléfonos (MP3, MIDI).
Servicios de localización (LSB)	Redes satelitales / Redes de datos	Permite a usuarios o a máquinas encontrar a personas, vehículos, recursos, servicios o máquinas. También permite a usuarios encontrar otros usuarios, además de identificar la localización del usuario con base a la terminal.  El servicio se basa en el llamado GPS (Global Positioning Service) que utiliza la red satelital para una mejor localización de la posición.
Otros servicios	Redes de datos	Entre algunos otros servicios que contará la red de 3G estarán destinados a la Telemedicina, Educación y Videoconferencia; sin embargo, no se han implementado sólo se tienen con aplicaciones que desarrollará 3G.

Tabla 1.8 Servicios de Tercera Generación 3G

### ***1.4 Tecnología de acceso para Tercera Generación: Caso de Estudio CDMA***

Después de dar un panorama general de cómo ha cambiado la telefonía celular, vemos que en esta Tercera Generación las características de acceso, velocidad, dispositivos y los servicios con los que cuenta un usuario han cambiado. Por ejemplo, cuando hablamos de los primeros comienzos de la Telefonía, la tecnología que se usó fue analógica. Hoy en día, se manejan tecnologías como EDGE, CDMA2000 o WCDMA en las que las velocidades de transmisión varían entre 144 kbps a 3.1 Mbps, teniendo canales diferentes para la transmisión de datos y voz, permitiendo una mayor posibilidad de movilidad al usuario y la oportunidad de contar con nuevos servicios.

Viendo este paso evolutivo, todo hace suponer que la tecnología hacia la cual tendrán que migrar todos los operadores es una red basada en CDMA. Pero aquí resulta un punto importante de discutir, ya que en la actualidad el sistema preferido es GSM (Global System for Communications), que constituye el 62% del mercado mundial, en cambio, CDMA representa sólo el 20%. Es aquí donde se busca una respuesta del porqué los sistemas de Tercera Generación migren hacia esta tecnología, que ventajas tiene CDMA o que limitaciones presentan las demás tecnologías.

A partir de estos puntos se describirán porqué CDMA es y será la tecnología para la implementación de nuevos sistemas inalámbricos.

#### ***1.4.1 Ventajas de CDMA hacia su camino a 3G***

CDMA (Code Division Multiple Access) es un término genérico que define una interfaz de aire inalámbrica en la cual los usuarios ocupan al mismo tiempo la misma banda de frecuencia basada en la técnica de espectro extendido (spread spectrum<sup>4</sup>).

Recordemos que CDMA es definido de dos formas, la primera como una interfaz del medio, esto es, la forma en la cual se distribuye la información durante la transmisión y recepción. Mientras, el segundo puede entenderse como el protocolo de transmisión que emplea CDMA como técnica de interfaz al medio. Por lo tanto, hablamos de CDMA como un conjunto de tecnologías que trabajan bajo el mismo concepto y que cada una se diferenciará con respecto a 3 parámetros: tasa de transmisión, ancho de banda y arquitectura de red.

El primer estándar que se utilizó para CDMA fue especificado por la TIA como IS-95. En este estándar, la señal es continuamente distribuida a lo largo del plano tiempo-frecuencia. Bajo este esquema dicho plano no es dividido de acuerdo al número de usuarios que se tengan (como en el caso de FDMA y TDMA), sino que cada usuario emplea una señal codificada de banda ancha, la cual es única.

---

<sup>4</sup> La técnica del espectro extendido se basa en que una señal es transmitida en un ancho de banda considerablemente mayor que la frecuencia con la cual se envía la información.

Los sistemas IS-95 dividen el espectro en portadoras de 1.25 MHz. Cada dispositivo que utiliza CDMA está programado con un pseudocódigo, el cual se usa para extender una señal de baja potencia sobre un espectro de frecuencias amplio. La Estación Base utiliza el mismo código en forma invertida con el fin de decodificar y reconstruir la señal original. Los códigos provenientes de los otros usuarios permanecen extendidos, distinguibles del ruido de fondo.

Dado lo anterior, en el uso de códigos es una parte vital para identificar a un usuario en todo el espectro de frecuencias y para ejemplificarlo veámoslo con una pequeña analogía.

Imaginemos un cuarto con personas, todas tratando de llevar una conversación uno a uno. Si cada persona usa el mismo idioma y se disponen a hablar, el problema es que la conversación no se pueda entender, ya que habría interferencia por parte de las otras conversaciones que se están llevando. En cambio, si cada pareja habla al mismo tiempo pero utilizando un idioma diferente, ninguna de las otras parejas entenderá lo que los otros dicen, evitando la interferencia y por tanto seguridad en cada una de las conversaciones.

Ahora bien, CDMA nos permite tener una mayor calidad en los siguientes rubros:

- Calidad de la voz
- Privacidad
- Capacidad del sistema
- Flexibilidad

Al mismo tiempo provee una mejoría en los servicios como:

- Mensajes cortos (SMS)
- E-mail
- Acceso a Internet

Entre algunas otras características que le proporcionan ventajas sobre las anteriores y sobre las basadas en TDMA, como es el caso de GSM se encuentran las siguientes:

*a) Información paquetizada*

Las redes basadas en CDMA están construidas bajo protocolos basados en IP.

*b) Seguridad y privacidad*

Se diseñaron alrededor de 4.4 trillones de códigos, lo cual hace difícil capturar y descifrar la señal.

*c) Control del nivel de potencia*

Empleando técnicas de procesamiento de señales, corrección de error, etc. Lo anterior se conjunta para tener un control automático de la ganancia en las terminales y una supervisión constante del nivel de señal a ruido y tasas de error en la radiobase. Mientras tanto, los picos en el nivel de potencia son regulados con un complejo de circuitos electrónicos que ajustan la potencia a una razón de 800 veces en un segundo. Esto repercute en el ajuste dinámico del tamaño de las celdas.

d) *Bajo consumo de potencia y baterías más duraderas en las terminales*

Debido al sistema de retroalimentación de CDMA que mantiene la potencia al más bajo nivel permisible, las terminales consumen menos potencia y son más pequeñas, además de que las baterías de CDMA duran más tiempo que las de TDMA.

e) *Pocas llamadas caídas*

La transferencia de celdas (handoff) de CDMA, reduce inteligentemente el riesgo de interrumpirlas durante una transferencia. El proceso conocido como transferencia suave o transparente (soft-handoff) entre celdas conduce a pocas llamadas caídas ya que dos o tres celdas siempre monitorean la llamada.

f) *Ancho de banda en demanda*

El canal es de 1.25 MHz en CDMA. En un tiempo dado, la porción de este ancho de banda que no utilice una terminal estará disponible para otro usuario. Debido a que CDMA utiliza una porción grande de espectro repartida entre varios usuarios, provee flexibilidad en el ancho de banda para permitir servicios en demanda.

g) *Mejora las características de cobertura en donde se reduce el número de células.*

h) *Disminuye los efectos de ruido así como la interferencia debida al multipath.*

Ahora bien, GSM presenta algunas limitantes que imposibilitan su transición hacia redes de Tercera Generación, por ejemplo, el ancho de banda con el que cuenta es de 200 kHz, el cual no puede servir para aplicaciones robustas. Otros problemas son la cantidad de canales en los cuales se divide el ancho de banda (siendo un total de 8), los nuevos elementos en la red y la interfaz del aire, que marcarán un cambio importante en la evolución de los sistemas actuales GSM hacia sistemas 3G.

Es así que a partir de este panorama, CDMA cubre las expectativas de los nuevos modelos de acceso. El siguiente esquema ejemplifica la convergencia de los sistemas existentes hacia sistemas cuyo funcionamiento radica en dicha tecnología:

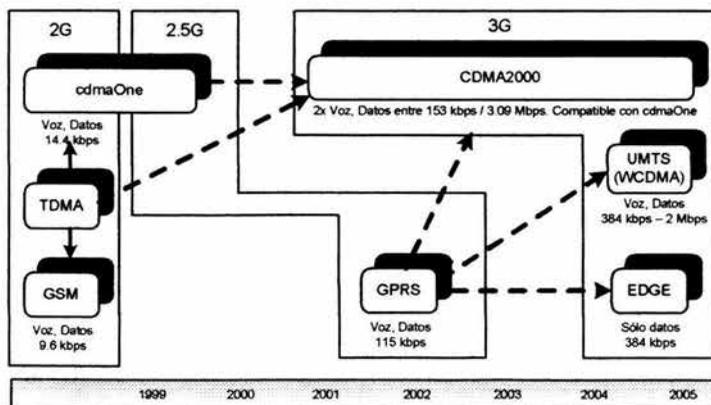


Figura 1.6 Convergencia hacia los sistemas basados en CDMA

### 1.4.2 CDMA2000

CDMA2000, también llamado IS-2000 comprende una serie de tecnologías que se basan en el estándar IS-95. Es la primera tecnología reconocida de Tercera Generación, que en comparación a otras tecnologías, es una evolución de un estándar existente.

Como se dijo, IS-2000 representa una familia de tecnologías que incluyen CDMA2000 1x y CDMA2000 1xEV que serán capaces de soportar aplicaciones como e-mail, juegos, servicios de localización GPS y descarga de música e imágenes. El punto es acceder a cualquier servicio, en cualquier lugar, a cualquier hora sobre una terminal.

Ahora bien, CDMA2000 se beneficia de la experiencia adquirida de los sistemas de cdmaOne. Como resultado, se tiene una tecnología eficiente y robusta, soportando voz y datos sobre la misma portadora lo que hace una disminución en los costos para los operadores. Por tales motivos CDMA2000 presenta las siguientes ventajas:

a) *Flexibilidad en la banda de frecuencias*

CDMA2000 está diseñado para operar en todas las bandas del espectro atribuidas para los servicios de telecomunicaciones inalámbricos, incluyendo las bandas analógicas, celular, PCS y las de IMT-2000. Más aún, CDMA2000 posibilita la prestación de servicios 3G haciendo uso de una cantidad muy pequeña de espectro (1.25MHz por portadora).

Estas bandas incluyen:

- |           |            |
|-----------|------------|
| ▪ 450 MHz | ▪ 1700 MHz |
| ▪ 700 MHz | ▪ 1800 MHz |
| ▪ 800 MHz | ▪ 1900 MHz |
| ▪ 900 MHz | ▪ 2100 MHz |

b) *Mayor transferencia de datos*

Las redes comerciales de CDMA2000 1x soportan una tasa de 153.6kbps. Mientras tanto CDMA2000 1xEV-DO, tiene tasas arriba de 2.4 Mbps y en CDMA2000 1xEV-DV será capaz de alcanzar tasas de 3.09Mbps

c) *Posee una sincronización entre las radiobases*

CDMA2000 está sincronizado con la Hora Universal (Universal Coordinated Time, UCT). Para ello la sincronización de las radiobases puede hacerse mediante la autosincronización o mediante sistemas satelitales (GPS). Con este proceso se tienen algunas ventajas:

- Mejora la adquisición de canales y algunos procedimientos de hand-off
- Con un tiempo referencial en la red, permite tener una buena aproximación de la posición del usuario.

d) *Canales de voz y datos.*

e) *Canales suplementarios.*

- f) *Conectividad con las tecnologías ANSI-41, GSM-MAP y cdmaOne.*
- g) *Mejoras en los servicios de multiplexaje y calidad de servicio QoS.*

Por otra parte, CDMA2000 se encuentra comercialmente disponible desde hace más de dos años. El primer sistema 3G a nivel mundial fue lanzado en Corea del Sur a fines del 2000. Hoy, más de 54 millones de suscriptores acceden a servicios avanzados sobre 71 redes en Asia, Europa y América.

#### 1.4.2.1 CDMA 2000 1x

El estándar IS-2000 1x, ofrece el doble de la capacidad de voz que su antecesor. El término 1x se refiere a la implementación de CDMA2000 dentro del espectro asignado por cdmaOne, es decir, utiliza el mismo ancho de banda, donde  $N=1$  y significa una vez 1.25 MHz.

Las ventajas que ofrece CDMA2000 1x son:

- a) Proporciona la doble capacidad en el sistema para voz que en cdmaOne, gracias a las mejoras en el control de la potencia, técnicas de modulación y codificación.
- b) Provee tasas de transmisión de 144 kbps.

Sin embargo, existe otra pequeña variante de CDMA2000 1x, denominada *CDMA2000 3x (CDMA2000 MC Multi-Carrier)* en la cual se maneja una portadora igual a 1x para el forward link de 1.25 MHz. La diferencia radica en el reverse link, donde se emplea una portadora de 5 MHz ( $3 \times 1.25$  MHz), permitiendo alcanzar velocidades entre 2 y 4Mbps.

Así el operador deberá de considerar la migración hacia la tecnología de CDMA 2000 1x en aquellas zonas donde se requieran transmitir datos a tasas elevadas (por ejemplo en zonas urbanas).

#### 1.4.2.2 CDMA 2000 1xEV

CDMA2000 1xEV es conocido como HDR ó IS-856 y es la evolución de CDMA2000 1x. 1xEV se divide en dos pasos: 1xEV-DO (Data Only) y 1xEV-DV (Data and Voice), ambas proveen mejores servicios usando una portadora de 1.25MHz.

- CDMA2000 1xEV-DO alcanza velocidades de 2.4Mbps y soporta aplicaciones como transferencias de archivos MP3 y videoconferencias.
- CDMA2000 1xEV-DV adiciona el servicio de voz y simultáneamente ofrece servicios de multimedia a altas velocidades, arriba de 3.09Mbps.
- Tanto 1xEV-DO y 1xEV-DV son compatibles con CDMA2000 y cdmaOne.

CDMA2000 1xEV-DO fue reconocido como una tecnología de la IMT-2000 en el 2001. Optimizado para servicios de paquetes de datos, CDMA2000 1xEV-DO ofrece tasas de transmisión de 2.4Mbps bajo la misma portadora que en CDMA2000 1x.

La mejora que implementa en comparación con CDMA2000 1x es en optimizar la tasa de transmisión de paquetes (DO), operando en el modo 1x o en diferentes portadoras con funcionalidad de interoperación entre ambas redes. Por lo tanto, el modo DO es optimizado para una mejor capacidad en los servicios de datos.

Por otra parte, CDMA2000 1xEV-DV es construido bajo la arquitectura de CDMA2000 1x. La migración requerirá solo pequeñas de actualizaciones en algunos elementos de red.

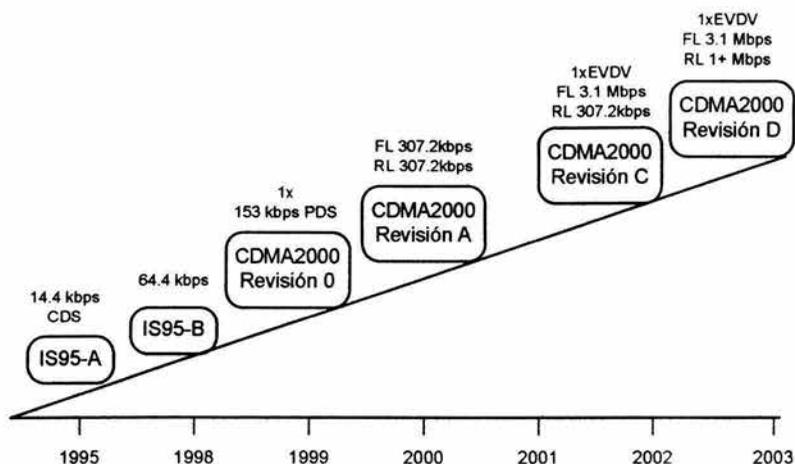


Figura 1.7 Cuadro Evolutivo de CDMA2000

### 1.4.3 WCDMA (Wideband CDMA)

WCDMA (Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha), es el estándar que adoptó la ITU bajo el nombre de IMT-2000, de tal forma que ha ganado campo entre los operadores de telefonía celular y que día a día sea adoptado por otras compañías como se ha hecho en Asia. Además debemos hablar de W-CDMA como el competidor de CDMA2000.

El estándar W-CDMA utiliza canales de radio con un ancho de banda de 5 MHz y hace una utilización muy eficiente del espectro radioeléctrico consiguiendo alcanzar un flujo de datos de hasta 2 Mbit/s en áreas locales, que queda reducido a 384 kbit/s en áreas de gran extensión, un valor aún muy superior a los 9,6 kbps actuales que se alcanzan en GSM.

Además, soporta conectividad IP, permitiendo accesos más rápidos a Internet y al igual que otras tecnologías de 3G, será capaz de albergar servicios como localización, envío de imágenes y música, transacciones bancarias, videoconferencia, etcétera.

Establece el uso de técnicas de multiplexación, distribuidas según las bandas de frecuencia de la siguiente manera:

- WCDMA: FDD (Multiplexaje por División en Frecuencia).
- WCDMA: TDD (Multiplexaje por División de Tiempo).

Para los ambientes urbanos TDD/WCDMA, podría ser la opción preferida en ambientes de microceldas, mientras que FDD/WCDMA, podría proveer cobertura de macroceldas.

Por lo tanto W-CDMA presenta las siguientes ventajas:

- a) Soporta alta velocidad de datos (mayor a 384 kbps en cobertura de área amplia y hasta 2Mbps para cobertura local o interna. Tendrá tecnologías de soporte de transporte como IP y ATM, permitiendo una alcanzar las velocidades antes citadas.
- b) Ofrece una gran capacidad con 50-80 canales de voz en una portadora de 5MHz.
- c) Flexibilidad, podrá realizar diferentes conexiones a diferentes tasas de transmisión para cada una de las conexiones.
- d) Permite la conmutación de circuitos para la compatibilidad con sistemas fijos de tasas de transferencias bajas y la conmutación de paquetes para transferencias de datos mayor.
- g) Fácil implementación con otras tecnologías como puede ser GSM, CDMA y IS-136.

Sin embargo, en la actualidad existen discrepancias hacia la conformación de un sistema global de Tercera Generación debido a que existen varios puntos de incompatibilidad entre los sistemas. Por ejemplo, en CDMA2000 se utiliza la sincronización de las radiobases, mientras en W-CDMA no. Otros puntos son la velocidad de los chips y la duración del frame, CDMA2000 maneja tasas de 3.68Mcps con un frame de 20ms y W-CDMA 4.096 Mcps con un frame de 10ms.

Sólo el tiempo definirá qué tecnología será utilizada en los posteriores desarrollos en las comunicaciones inalámbricas.

# **Capítulo II**

## **Manejo de la Información en Datos**

### 2.1 Importancia de los datos en redes móviles de 3G

En la actualidad, con el crecimiento de las comunicaciones inalámbricas y el Internet ha emergido la demanda de nuevos servicios y aplicaciones en donde los usuarios ven la posibilidad de transferir vocablos, imágenes, video, textos y datos a altas velocidades. Los servicios de voz que habían sido un elemento crítico en la operación de muchas compañías, ahora han sido desplazados por los servicios de datos como un significado para mejorar la eficiencia de operación, reducir costos e incrementar la seguridad.

Estadísticas han revelado que en muchos mercados, la proporción en la penetración de los servicios de voz ha comenzado a disminuir, alcanzando un 80%. “Las encuestas confirman un emergente interés en los servicios de datos inalámbricos: casi el 15% tiene interés en poseer su propio teléfono con servicios y aplicaciones de datos, mientras un 37% de los usuarios que fueron encuestados revela estar interesados en las comunicaciones móviles de datos”<sup>1</sup>.

“Actualmente los datos inalámbricos representan un 10% de todo el tiempo aire”<sup>2</sup>, por la simple razón que el Internet se está convirtiendo en una herramienta diaria, donde el usuario pide “*movilidad de datos*”.

En la siguiente figura podemos apreciar la evolución que ha tenido la telefonía celular en los últimos años en cuestión a la demanda de datos, dando pie a que los operadores estén optando a cambiar su red a una capaz de soportar dichos servicios. Además, los ingresos que en años anteriores representaba el servicio de voz, hoy ya no son los mismos, trayendo como consecuencia que el precio de una llamada de voz se abarate y por tanto ya no represente una ganancia para el operador.

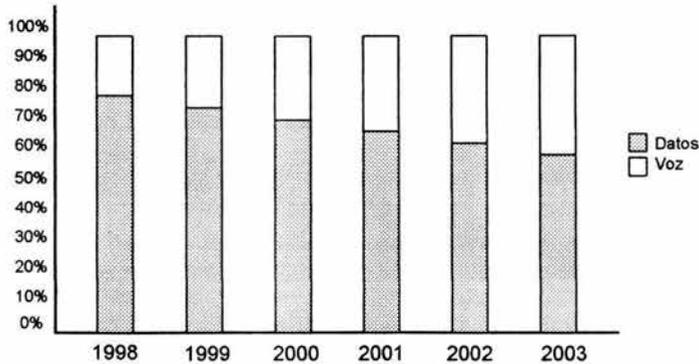


Figura 2.1 Gráfica comparativa en la demanda de voz y datos

Debido a estas razones, los servicios de datos se convertirán en una prioridad de las comunicaciones inalámbricas, representando para muchos de los operadores la plataforma que decidirá continuar o perecer.

Ahora bien, analizado un poco lo anterior, si observamos la naturaleza intrínseca del

<sup>1</sup> Loew, Jonathan, *3G Wireless in the US: cdmaOne to CDMA2000 Whitepaper*, pág. 4.

<sup>2</sup> Garg, Vigla K., *Wireless Network Evolution 2G to 3G*, pág. 521.

tráfico de voz y de datos dentro de una red de telecomunicaciones, ésta nos revela que son totalmente diferentes. Los requerimientos que puedan tener una red orientada a voz y una orientada a datos difieren considerablemente, debido a que el tráfico de datos no necesita una tasa de transmisión fija, pero la voz sí. Además, una red orientada a datos debe tener una arquitectura basada en paquetes con alta eficiencia, una tasa de bits de error y la existencia de servicios de Internet. Estas características se observan en la tabla:

Característica	Voz	Datos
<b>Calidad de servicio</b>	Uniforme dentro de una determinada cobertura en la célula	Idealmente uniforme
<b>Diseño en la capacidad de tráfico</b>	Sobrepasaría el tráfico en horas pico	Excedería la capacidad del sistema
<b>Retardo</b>	Significante	Insignificante
<b>Tasa de bit de error</b>	Insignificante ( $10^{-3}$ es permisible)	Significante (menor a $10^{-6}$ )

Tabla 2.1 Comparación entre una red orientada a voz y una orientada a datos

Estos requerimientos hacen ver que las arquitecturas utilizadas en las redes actuales por los operadores móviles, sólo están pensadas para la prestación de servicios y datos a bajas tasas. Debido a estas carencias, la Tercera Generación plantea la separación entre las red de voz y datos, cada una con sus propios protocolos, entidades y procedimientos, para tener una mayor calidad en el servicio.

Otro punto que vale la pena señalar es que las redes de 3G basan su funcionamiento en el envío y la recepción de paquetes. El tráfico de datos ya existía en los sistemas de Segunda Generación (2G), pero su medio de transmisión era todavía mediante la conmutación de un circuito, en donde el usuario establecía una conexión física a través de la red, lo que proporcionaba un canal de tasa de datos, teniendo un volumen de tráfico comparado al tráfico de voz. Sin embargo, en 3G ha cambiado y la conmutación por paquetes será usada como el estándar para datos.

La comunidad está moviéndose hacia un futuro concéntrico y orientado a datos, es claro que la siguiente generación de redes inalámbricas será basada bajo IP móvil. El método, de cierta manera, es migrar de una red de circuitos a una red de paquetes, soportando mayores velocidades de transmisión (entre 1.2 kbps y 2 Mbps), permitiendo una mayor capacidad de la red teniendo mayores anchos de banda, cobertura global y lo que indudablemente será necesario es replantear un nuevo tipo de llamada para el tráfico de paquetes de datos.

Finalmente, las redes han tenido que evolucionar y migrar hacia redes capaces de soportar un mayor tráfico, dando paso a las **Redes de Datos Móviles** definiéndolas de la manera siguiente:

*Un sistema de computadoras, periféricos (servidores, hubs) y software (sistemas operativos, bases de datos) interconectados sobre la cual todos los usuarios pueden intercambiar información y comunicarse.*

Bajo este contexto, 3G se orienta hacia el uso de datos en 5 escenarios:

- a) Servicios de voz, incluyendo aplicaciones como buzón de voz.

- b) Información inalámbrica como e-mail, noticias, clima, deportes y acceso a Internet.
- c) Servicios que incluyan imágenes y video; como transferencias de imágenes y fax.
- d) Multimedia, que será un servicio sobre demanda.
- e) Agentes de red, servicios que podrían incluir servicios de demanda de datos o su petición para realizar una tarea o algún movimiento tales como localización, telemetría o algún proceso de una maquinaria.

La transmisión de datos via celular representará grandes beneficios en múltiples áreas debido a que permitirá monitorear inmediatamente datos en equipos o personas donde la conexión mediante cables se dificulta (teléfonos convencionales, redes, etc.) teniendo:

- Conexión inmediata en cualquier lugar.
- Monitoreo en tiempo real de cualquier parámetro.
- Confiabilidad y seguridad en la transmisión exacta en la lectura de datos.

Proporcionará al usuario total movilidad y eficiencia en procesos de monitoreo o control, teniendo como resultado reducir drásticamente los recursos requeridos en traslados para revisar datos, apagar o encender equipos, abrir o cerrar válvulas, etc., con nuevos campos para las redes de Tercera Generación: Telemetría y Telecontrol.

Dentro del área de Telemetría existen innumerables aplicaciones que requieren un monitoreo de parámetros preciso y periódico con el fin de llevar a cabo acciones preventivas o correctivas; previniendo situaciones de emergencia, pérdidas en cosechas u afectaciones en procesos.

Por otro lado, en el área de Telecontrol se proporcionará la habilidad de actuar sobre válvulas, máquinas, sistemas de iluminación, calefacción, aire acondicionado, seguridad, etc., a la hora que se requiera, incluso existe la posibilidad de restablecerlos en el instante; evitando con ello el desplazamiento hacia los lugares a controlar.

## ***2.2 Llamada de voz y llamada de datos***

La petición de datos representa un proceso muy importante en las nuevas redes, ya que a partir de ellos se plantean nuevas aplicaciones en las comunicaciones inalámbricas, sin embargo, dentro de esta evolución se presentan diferencias significativas en el proceso mediante el cual se establece, mantiene y termina una comunicación, es decir, hablamos del manejo de llamada.

Vemos que en las redes de Tercera Generación, el usuario tiene la opción de realizar dos tipos de llamadas, la primera resulta del concepto de la telefonía celular, es decir, hablamos de una *llamada de voz*, en donde dos usuarios establecen la comunicación mediante un circuito. Ahora bien, el otro tipo de enlace es la *llamada de datos*, con la cual un móvil tendrá acceso a la red de paquetes para el envío o recepción de información y cuya transmisión será mediante la segmentación de ésta en paquetes, alcanzando tasas mencionadas en el capítulo I.

A partir de estas dos divergencias que se tienen en el manejo de llamada, a continuación se describirán tales procesos, diferenciando los protocolos, entidades, así como el procedimiento que le toma a la Estación Móvil (handset o Estación Terminal) para entablar la comunicación a su destino (Red de IP u otro usuario de la red móvil o fija).

El análisis que se desarrollará, será bajo los estándares de la red de CDMA2000<sup>®</sup> 1x, que es el nombre comercial cuya evolución engloba a los sistemas basados en las tecnologías IS-95A e IS-95B y que representa el sistema inalámbrico y sus especificaciones (interfaces de aire, interfaces de red, etcétera).

### 2.2.1 Llamada de voz

El seguimiento de una llamada de voz es el proceso mediante el cual el usuario mediante su handset llama a otro teléfono que pertenece ya sea a la red o sobre la Red de Telefonía Fija (PSTN). Este es un proceso importante entre la MS, MSC y la BS.

En la siguiente figura observamos las entidades que participan en el manejo de una llamada de voz, que como veremos después serán distintas a las que se tienen en una llamada de datos.

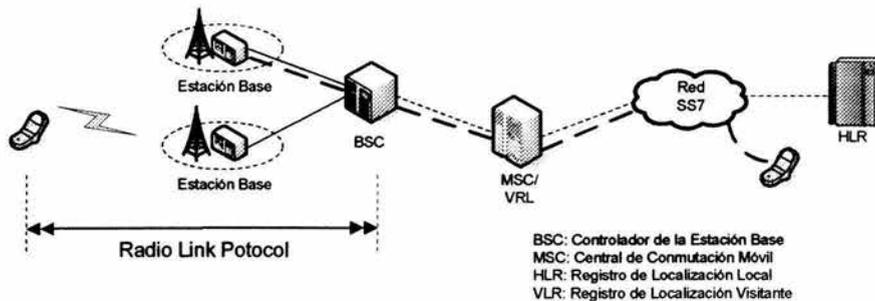


Figura 2.2 Trayectoria de una llamada de voz sobre la Red CDMA2000<sup>®</sup> 1x

A continuación se presentará la serie de pasos que se llevan a cabo en la realización de una llamada de voz, en donde se describirán las interfaces, entidades de red y protocolos que intervienen para su manejo.

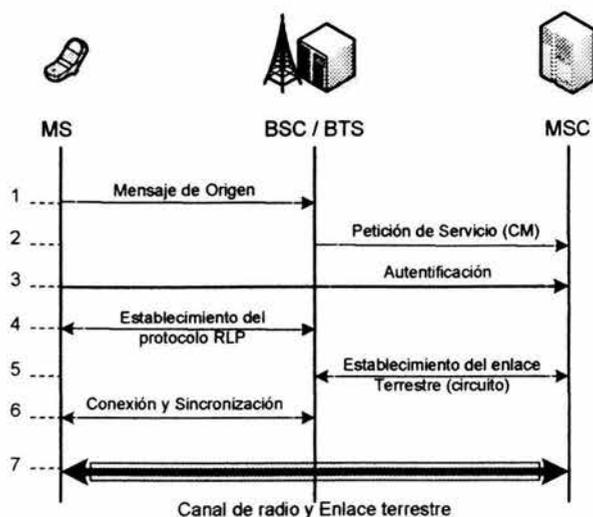


Figura 2.3 Proceso en una llamada de voz

1. El Mobile Station transmite un mensaje de origen a la Estación Base (BS: BTS/BSC) sobre el canal de acceso (ACH) con el fin de pedir los recursos necesarios para una llamada de voz. De la misma forma, el BSC valida la solicitud del Handset, regresándole un mensaje en donde le indica estar enterado de su petición.
2. La BS envía un mensaje de Petición de Servicio (CM) y lo envía a la MSC.
3. Aquí después de la autenticación, la MSC retransmite un mensaje para la petición de asignación de un canal sobre el Canal de Paging (PCH). Enviado el mensaje, si no existe algún canal disponible la Base Station espera la petición e informa a la MSC para liberar el circuito.
4. La BS y la Estación Móvil llevan a cabo los procedimientos para el establecimiento de los recursos de la interfaz aérea, para ello se basan en el protocolo RLP<sup>3</sup>, es usado para la detección y corrección de posibles errores durante la transmisión o recepción de la información.
5. La MSC y la BS realizan los procedimientos correspondientes para el enlace terrestre (circuito) entre estas dos entidades de red.
6. La BSC envía un mensaje de Conexión de Servicio especificando la configuración de éste. Asimismo, se sincronizan la MS y BS para empezar el flujo de información.
7. Tanto la Estación Terminal como la Estación Base acordaron su comunicación, que en este momento se asignó el canal de radio, el cual está listo para el flujo de voz.

<sup>3</sup> RLP: Radio Link Protocol. Es un protocolo usado por los Canales de Tráfico dentro de CDMA2000® para el soporte de los servicios de datos dentro de la interfaz U<sub>m</sub>, proporcionando un camino seguro hasta su destino (BS- Base Station)

8. La BSC envía un mensaje de Asignación Completa a la MSC indicándole que los canales para la comunicación ya fueron dados a la MS. En ese momento se establece e interconecta el Circuito Terrestre por parte de estas dos entidades.
9. En este momento el otro nodo móvil recibe un tono. El usuario contesta estableciéndose el circuito completo (móvil – móvil) para la transmisión de voz.

### 2.2.2 Llamada de petición y/o envío de datos

La llamada de datos permite a los usuarios intercambiar información entre el Handset y una Red de Paquetes basada en el protocolo IP. En este tipo de comunicaciones, las entidades AAA, FA, HA, PCF y PDSN, representan las intermediadoras entre la transmisión de la red fija y la interfaz de aire dentro del estándar de IS-2000.

Ahora bien, la Estación Móvil inicia la sesión enviando un mensaje en donde se establece que dicha petición será para una llamada de paquetes. Al mismo tiempo la RAN (Radio Access Network) informa a la MSC, en donde se lleva a cabo el proceso de autenticación que es similar al que se hacía en una conmutación de circuitos. Finalmente, la BSC y la BTS asignan los recursos necesarios (RF) y establecen un canal dedicado a datos a una tasa baja.

El siguiente paso es asignar recursos sobre la interfaz R-P<sup>4</sup>. Una vez que los recursos han sido establecidos, el móvil se comunica con la PDSN mediante los canales que fueron previamente asignados para realizar la conexión PPP. Durante este proceso, es asignada una dirección IP a la estación móvil.

Antes de completar el enlace PPP (Point-to-Point), existe otro nivel de autenticación basado sobre el servicio de Internet. El PDSN se comunica con el AAA Server para autenticar al usuario. Si la autorización es exitosa, el móvil tiene acceso a la red IP.

En la figura se observa un escenario de una llamada de datos establecida. En el ejemplo se puede observar que el sistema realiza una petición de datos hacia un sitio Web.

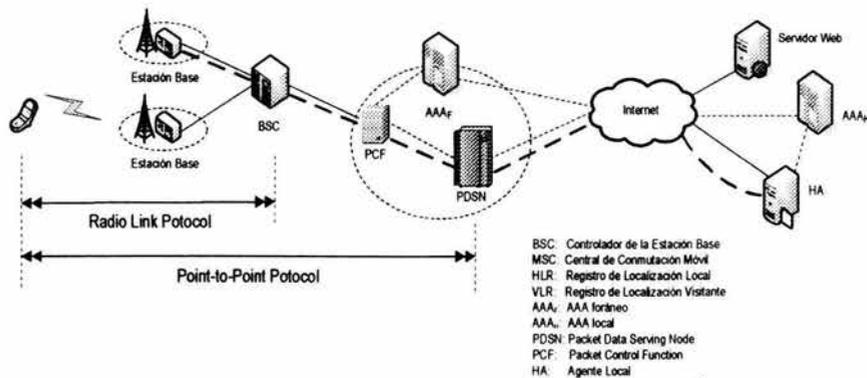


Figura 2.4 Trayectoria de una llamada de datos en CDMA2000<sup>®</sup> 1x

<sup>4</sup> R-P: Radio-Packet. Interfaz física que se establece entre la RAN, específicamente entre el PCF y PDSN dentro de la red de CDMA2000<sup>®</sup> 1x. Otro nombre que se recibe es la interfaz A10/A11.

A continuación se presentará la serie de pasos que se llevan a cabo en la realización de una llamada de datos, donde se describirán las interfaces, entidades de red y protocolos que intervienen. Dicha explicación tendrá como resultado, la petición de datos entre la Estación Móvil y un sitio Web.

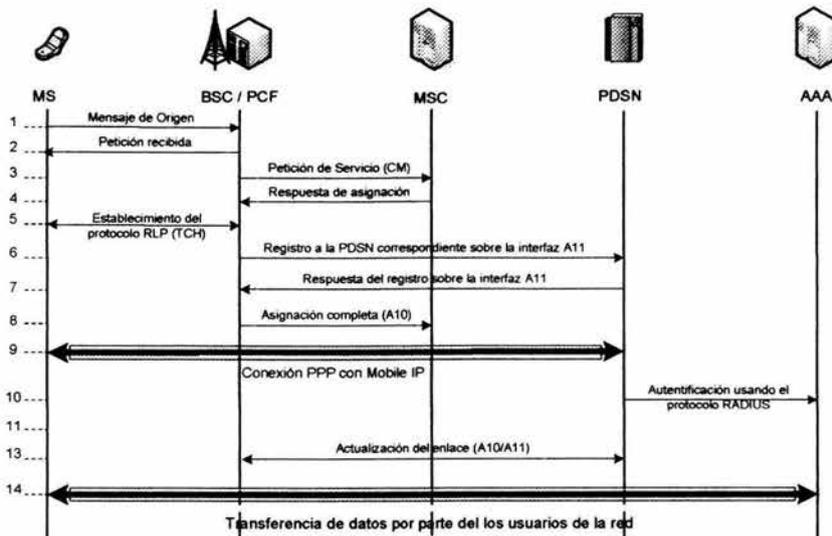


Figura 2.5 Proceso en una llamada de petición de datos

Para obtener los servicios basados en paquetes de datos, el teléfono lleva a cabo el proceso de registro con el servicio de la red inalámbrica sobre la interfaz A1 y después con la Red de Paquetes a través de las interfaces A10 y A11.

1. Para registrar el servicio de paquetes de datos, el móvil manda un mensaje de origen sobre el canal de acceso de la BSS.
2. De la misma forma, la Base Station reconoce la petición del handset, regresándole una orden en donde le indica estar enterado de su petición.
3. La BS construye un mensaje de Petición de Servicio (CM) y lo envía a la MSC.
4. Aquí la MSC retransmite este mensaje a la BSS para la asignación de los recursos. Aún no se crea un circuito entre las entidades MCS y BS dentro del proceso de la llamada.
5. La BS y la Estación Móvil llevan a cabo los procedimientos para el establecimiento de los recursos de la interfaz aérea, para ello se basan en el protocolo RLP, que es usado para la detección y corrección de posibles errores durante la transmisión o recepción de la información.

El PCF reconoce que no existe conexión asociada entre la interfaz A10 con el móvil y selecciona una PDSN para esta llamada de datos.

6. El PCF envía un mensaje de Petición de Registro sobre la interfase A11 a la PDSN seleccionada.
7. La Petición de Registro sobre la interfaz A11 es validada y la PDSN acepta la conexión mediante el regreso de un mensaje registro.

Tanto la PDSN como el PCF crean un enlace para la conexión mediante la interfaz A10 que será el medio de transmisión para el flujo de los datos provenientes de la Internet.

8. Después del enlace de radio y la conexión sobre la interfaz A10 son establecidos, la Base Station envía un mensaje de asignación completa a la MSC.
9. El móvil y la PDSN establecen la conexión de la capa de enlace (PPP) y entonces se lleva a cabo el registro del IP Móvil sobre la conexión PPP, proporcionándole una dirección IP.
10. Antes de completar la conexión para que el usuario pueda enviar o recibir datos, es necesario realizar otro proceso de autenticación en donde la PDSN se comunica con el AAA Server para reconocer al usuario como un agente pidiendo autorización para entrar a la red de datos. En esta etapa, la comunicación se realiza mediante el protocolo RADIUS<sup>5</sup>.
11. El móvil puede acceder a los servicios de la red IP mediante la conexión a la interfaz A10.
12. La PCF periódicamente envía actualizar sobre la interfaz A11 el registro de la conexión con la interfaz A10.
13. Tanto la PDSN y el PCF se actualizan sobre la conexión existente con la interfaz A10 antes de que la conexión expire.
14. El enlace se ha completado y el tráfico de los datos del usuario puede realizarse en este ejemplo, entre la Estación Terminal y la red de paquetes que constituyó un sitio Web, a través del encapsulado de la información dentro de frames GRE<sup>6</sup> (Generic Routing Encapsulation).

### ***2.2.3 Diferencias entre una llamada de voz y llamada de datos***

Como pudimos apreciar, en una llamada de voz y una de datos existen discrepancias significativas en cuanto a las entidades de red, interfaces, formas de encriptación de la información e incluso la manera en la cual se realiza la comunicación (conmutación de circuitos o por paquetes).

Por este motivo se verán todas estas diferencias en una tabla en la cual podremos apreciar el porqué los sistemas actuales tienen que adoptar su red a las nuevas innovaciones tecnológicas para el envío y transmisión de la información.

---

<sup>5</sup> RADIUS: Remote Access Dial-In User Service. Protocolo de seguridad utilizado para proveer funcionalidades al AAA dentro de la Red de Paquetes por medio de un servidor establecido. Es un sistema de seguridad que asegura el acceso remoto a la red y sus servicios pero impide el paso a usuarios no autorizados.

<sup>6</sup> GRE: Generic Routing Encapsulation. Término utilizado en la encapsulación de los datagramas o paquetes IP de manera segura a través de la Internet. Usado entre las entidades PCF y PDSN.

<i>Característica</i>	<i>Llamada de voz</i>	<i>Llamada de datos</i>
Entidades involucradas	MS, BS, MSC, HLR, VLR.	MS, BS, MSC, AAA, PCF, PDSN/FA, HA.
Protocolos utilizados	RLP y SS7 para telefonía fija.	RLP, PPP, IP, ATM, RADIUS
Canales utilizados	Sólo el Canal Fundamental a una tasa e 9.6 kbps o 14.4 kps	Para la transmisión de información a una baja tasa se utiliza el Canal Fundamental, pero también para velocidades de 144 kbps cuenta con Canales Suplementarios
Seguridad	Una llamada de voz es transmitida a magnitudes comparables al ruido, de manera que su clonación resulta imposible. Además, cuenta con la técnica de espectro extendido, haciendo esparcir la voz por todo el ancho de banda.	Además de contar con la técnica de espectro extendido, utiliza cierto códigos de encriptación como lo son el AES, RSA, entre otros, los cuales hacen muy difícil su intercepción e interpretación.
Acceso a Intranet/Internet Móvil	No es aplicable	Se realiza mediante la conexión del protocolo PPP, mediante IP Móvil.

Tabla 2.2 Diferencias entre llamada de voz y llamada de datos

### 2.3 Arquitectura de una Red de Paquetes para Telefonía Celular: CDMA2000® 1x

Un sistema inalámbrico debe ser capaz de mantener comunicación con las entidades que conforman la red, independientemente del tipo de servicio que brinden (voz y datos). Además debe mantener la comunicación frente a diversas circunstancias entre las que destacan el cambio de la localización del usuario, saturación en la red, handover, etcétera.

Para esto los operadores inalámbricos estructurarán sus redes en capas para servicios de conmutación de paquetes y en modo circuito, o migrar a sistemas todo IP. De esta forma la red estará compuesta por tres capas:

- a) Capa de aplicación del usuario.
- b) Capa de control.
- c) Capa de conectividad.

La capa de aplicación del usuario contendrá los servicios por los que los usuarios finales están dispuestos a pagar. Éstos incluyen correo electrónico, servicios de posicionamiento y servicios diferenciadores que residen en servidores fuera de la red. La propagación de aplicación abierta será usada entre los servicios fuera de la red y el plano de control de ésta, para definir las interfaces y fomentar la compatibilidad de desarrollo con CDMA.

Por su parte, la capa de control, que es el *cerebro* de la red en conjunto, incorpora todos los servidores de red que se necesitan para dar servicio a cualquier abonado, sin tener en cuenta si el usuario obtiene acceso desde un mundo alámbrico, inalámbrico o IP.

Dentro de este sistema existen componentes lógicos que realizan tareas específicas y pueden funcionar de manera independiente o incluso pueden trabajar con otra entidad. Estos componentes reciben el nombre de *entidades físicas* y para que tengan un buen desempeño y brinden una operación coordinada, es necesario de interfaces que tengan como tarea principal la comunicación éstas. Para ello dentro de cada enlace deben existir protocolos de señalización que permitan a cada uno de los componentes saber cuando entrar o no hacia la red.

Finalmente, la capa de conectividad maneja el transporte de toda la información, sin tener en cuenta de si son datos o voz. Esta capa puede usar IP, ATM o una combinación de los dos. La infraestructura de conectividad puede llevar tráfico de una línea fija, móvil y de una red privada.

La figura aclara la arquitectura de red de 3G, que permitirá la entrega eficaz de servicios de voz y de datos. Una arquitectura de red estratificada acoplada con interfaces abiertas normalizadas para redes inalámbricas, permitirá a los operadores introducir y sacar al mercado nuevas aplicaciones y servicios con mayor rapidez que lo que se podrían haber imaginado antes.

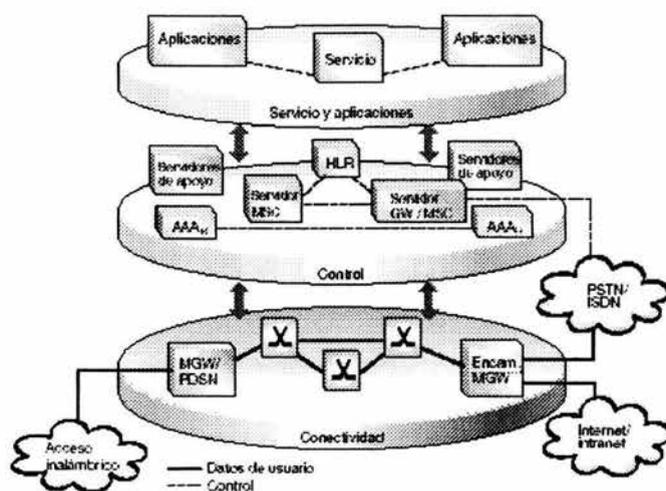


Figura 2.6 Arquitectura estratificada de la Red de Tercera Generación

De esta forma, dentro del modelo de CDMA2000<sup>®</sup> 1, la Red de Datos está constituida bajo los estándares que marca el órgano 3GPP2 (Third Generation Partnership Project 2), el cual provee los estándares de la interfaz aérea, las entidades así como de las interfaces que intervienen en la red. A partir de esto, hablaremos exclusivamente de la red de paquetes, entidades e interfaces que participan para el establecimiento, mantenimiento y terminación de una llamada de datos, la cual constituye nuestro punto de comparación dentro de los servicios y aplicaciones que ofrece la Tercera Generación de telefonía celular.

### 2.3.1 Componentes de la Red de Paquetes de CDMA2000® 1x

La arquitectura de CDMA2000® dentro del estándar de los sistemas de Tercera Generación se define como una red dirigida a los servicios de multimedia, Internet, localización y servicios de voz, para lo cual dentro de su infraestructura cuenta con una serie de entidades físicas y lógicas capaces de llevar a cabo sus tareas.

En la siguiente figura podemos apreciar los componentes de una red CDMA2000®. En donde se encuentra dividida en 2 partes importantes: La primera la constituye lo que es la interfaz de aérea RAN (Radio Access Network), que está conformada por el Mobile Station (handset o Estación Terminal), la Base Transceiver Station (BTS) y que guarda relación con la Base Station Controller (BSC).

La segunda parte constituye el Core Network de la red. Aquí podemos hablar de dos entidades diferentes; por una parte las entidades que intervienen en el establecimiento de los servicios de voz dentro de la red inalámbrica, como son el Visited Location Register (VLR), el Home Location Register (HLR) y el Mobile Switching Center (MSC); éste último es parte trascendental en la red, ya que representa el switch que decidirá si es una llamada de datos o una llamada de voz.

Ahora bien, la otra entidad que forma el Core Network es el Packet Core Network (PCN), que es el encargado de la distribución de la información desde y/o hacia el móvil de los paquetes de datos provenientes de Internet. Las Entidades de Red que conforman el PCN son el Packet Control Function (PCF), el AAA Server (Authentication, Authorization y Accounting), el Packet Data Serving Node (PDSN), el FA (Foreign Agent) y el HA (Home Agent). Dichos componentes representan el paso hacia la estandarización de los sistemas 3G hacia la migración de redes basadas en IP.

A continuación se mencionarán las principales entidades que estructuran la Red de Paquetes de CDMA2000®, ya que el presente trabajo se encuentra sustentado bajo el análisis y estudio de las redes de paquetes orientadas hacia los servicios de datos sobre IP.

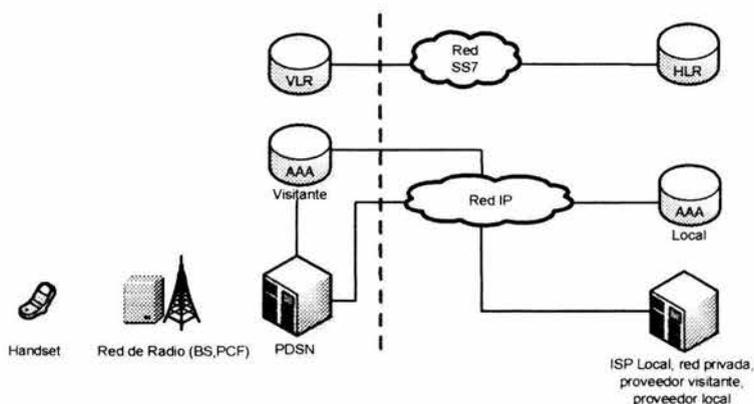


Figura 2.7 Topología de la Red de Paquetes CDMA2000® 1x

### 2.3.1.1 Mobile Station (MS)

En una red de Telefonía Celular como es la red de CDMA2000<sup>8</sup>, la Estación Móvil realiza la función de un cliente móvil IP, es decir, representa el punto de acceso mediante el cual un usuario puede acceder a la Red de Paquetes como es el caso de la Internet.

Al pertenecer a una red en donde la función radica en el intercambio de paquetes, el handset representa una entidad que ahora debe de llevar a cabo ciertas tareas como:

- a) La función principal es establecer, mantener y terminar las conexiones de voz y datos con la PDSN.
- b) Soportar protocolos como PPP<sup>7</sup>, Mobile IP y códigos de encriptación.
- c) Interactuar con la red de acceso para obtener los recursos de radio apropiados para el intercambio de paquetes, en caso contrario, debe almacenar dichos paquetes hasta de dichos recursos sean suficientes para su transmisión.
- d) Interactuar con el HLR para:
  - Autenticar al móvil para el acceso a la red.
  - Proporcionar la localización actual del móvil al HRL.

Después de haberse registrado con la HLR, el móvil puede realizar llamadas tanto de voz como de datos. Esto puede llevarse de 2 maneras, por CSD (Circuit-Switched Data) o mediante PSD (Packet-Switched Data), dependiendo de la conformidad del propio móvil con el estándar IS-2000, es decir, las terminales pueden seleccionar PSD o CSD<sup>8</sup>.

Por otra parte, las terminales 3G disponen de una nueva arquitectura, sin embargo, preservan la misma funcionalidad que los teléfonos de 2G y 2.5G. Dentro de las partes más importantes que se incluyó dentro de esta arquitectura de Tercera Generación representa el SOC (System-On-Chip), el cual realiza las funciones sobre la señal en banda base como codificación de voz, detección y corrección de errores, modulación y demodulación.

Además, el DSP forma parte de la estructura del chip, el cual permitirá realizar un mejor procesamiento de la señal debido a que no sólo voz y texto son transmitidos o recibidos en el teléfono, sino que también audio, video, imágenes, en donde se necesita una buena calidad en la señal.

Actualmente, los chipsets, son desarrollados por varios proveedores, entre ellos QUALCOMM<sup>TM</sup>, que es el creador de la técnica de acceso CDMA. Algunos de ellos soportan múltiples estándares como WCDMA, GPRS, CDMA2000<sup>8</sup>, etc.; ofreciendo características adicionales como: servicios de radiolocalización y servicios de multimedia.

<sup>7</sup> Point-to-Point Protocol, protocolo más utilizado que provee encapsulamiento para el establecimiento de sesiones bajo IP.

<sup>8</sup> En la transmisión de circuitos, la transmisión de los datos tiene una tasa máxima de 19.2 kbps. Mientras tanto la conmutación por paquetes tiene un máximo de 144 kbps para el estándar CDMA2000<sup>8</sup> 1x, pero puede alcanzar tasas de hasta 3.2 Mbps para el estándar CDMA2000<sup>8</sup> 1x EV-DV.

Con ello, la Estación Terminal requiere manejar múltiples protocolos y tecnologías para soportar varios tipos de servicios y datos. Algunas de las tecnologías que 3G tomará ventaja para multimedia serán: MPEG-4 (Motion Pictures Experts Group audio layer 4) en el caso de video, MP3 para audio, y JPEG (Joint Photographic Experts Group) para imágenes. Otras funcionalidades implementadas serán: VoIP (Voz por IP), Bluetooth<sup>9</sup> y GPS<sup>10</sup>.



Figura 2.8 Servicios que soportará los handsets de Tercera Generación

El diseño de la arquitectura 3G dependerá por lo tanto del desempeño de la interfaz, el nivel de consumo de la potencia, costos del hardware, la complejidad del sistema y tiempo de mercado. Así por ejemplo, una Unidad Terminal podrá constar de diversos procesadores diseñados para operar bajo los lineamientos que fueron diseñados. En la siguiente figura se muestra el diagrama de bloques en el cual se constituye la arquitectura de un handset para 3G.

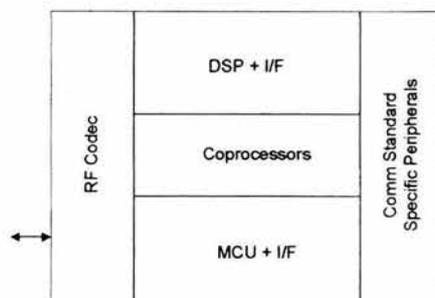


Figura 2.9 Arquitectura de un MS de Tercera Generación

<sup>9</sup> Tecnología de corto alcance entre dispositivos inalámbricos portátiles (PDA's, Laptop's, Handset) que trabaja en las frecuencias de 2.4 - 2.5 GHz, permitiendo la transmisión de un dispositivo a otro.

<sup>10</sup> Global Positioning System, sistema para la determinación de la posición sobre la superficie de la Tierra, utilizando la comparación de varias señales provenientes de satélites. El sistema rastrea la posición mediante el uso de las radiobases, las cuales dentro del estándar IS-2000 se encuentran sincronizadas bajo este sistema, lo cual permite el acceso fácil a dicho servicio.

### 2.3.1.2 Radio Access Network (RAN)

La Radio Access Network representa el punto de acceso entre el suscriptor y la Red de Paquetes (Core Network), proporcionándole el contenido de voz y datos al usuario. Es la encargada de proporcionarle la interfaz aérea a la Mobile Station para poder establecer, comunicar y terminar una sesión con los demás componentes y entidades que la forman.

Dentro de la arquitectura que se maneja en 1x es bajo el esquema ATM<sup>11</sup>, utilizado para técnicas de conmutación y switcheo que permiten que la información viaje a través de la RAN sea de buena calidad, evitando posibles problemas que puedan presentarse.

Por otro lado, el esquema de ATM proporciona el acceso a Intranet, permitiendo adecuadas prioridades de tráfico, ofreciendo a todos los móviles acceder desde cualquier lugar donde se encuentra o donde exista alguna conexión con la Internet.

Los elementos que la constituyen se enumeran a continuación:

- a) El enlace de aire RF.
- b) El sitio celular (torre/antena), así como la conexión de la BTS (interfaz  $U_m$ ).
- c) La BS (Base Station), formada por la BTS (Base Station Transceiver) y la BSC (Base Station Controller).
- d) El enlace de comunicación entre la BTS y la BSC ( $A_{bis}$ ).
- e) Packet Control Function (PCF).

De esta manera el punto de acceso hacia la Red de Paquetes se presenta bajo un número de responsabilidades que impactan en la entrega de los servicios y aplicaciones de datos. Asimismo, cumple con el mapeo del identificador del cliente móvil con el fin de establecer comunicación, validar su acceso al servicio de la MS, mantener los enlaces de la transmisión que fueron previamente establecidos, almacenar la información enviada por el handset cuando los recursos no son suficientes para soportar el flujo a través de la PDSN y la encriptación de la información en su viaje por la interfaz aérea.

#### 2.3.1.2.1 Base Station Transceiver (BTS)

Esta entidad tiene entre sus tareas es controlar las actividades en el enlace de aire, además de actuar como la interfaz física entre la red y el móvil. Los recursos de radiofrecuencia (RF) como la asignación de frecuencia y el control de potencia son manejados a través de la BTS. Además maneja el transporte de los datos desde sitio celular a la BSC mediante un enlace dedicado (T1).

Con la introducción del sistema 3G, se requerirán que las BTS's se encuentren operando en células pequeñas pero tan eficaces y potentes que sean capaces de soportar el flujo de grandes demandas de información. Debido a ello la sensibilidad del receptor

<sup>11</sup> ATM Asynchronous Transfer Mode. Estándar definido por la ITU-T para la transmisión de grandes anchos de banda soportando la transferencia de voz, video y datos. Esta es una forma de transmisión de paquetes en donde se usa un tamaño fijo de éstos, denominado celdas. ATM transfiere una celda a la red solamente cuando los datos a ser transmitidos existen en ese instante.

de la BTS tiene que ser aumentada con respecto a las de Segunda Generación, de manera que se reduzca la potencia transmitida desde la Estación Móvil hasta la BTS. Por lo tanto, este incremento de la sensibilidad permitirá reducir los errores que pudiesen producirse durante el viaje en el aire junto al incremento de la capacidad de transmisión de paquetes en la red.

Resumiendo, las responsabilidades de la BTS dentro de la Red de Paquetes son:

- Asignar el canal fundamental (F-CH) para el manejo de una llamada de voz o para tráfico pequeño en una llamada de datos.
- La potencia en canal fundamental en el forward link.
- Los códigos Walsh requeridos y disponibles que permitirán seguridad y encriptación de los datos que viajan sobre la interfaz aérea dentro de la red.

#### 2.3.1.2.2 Base Station Controller (BSC)

El BSC constituye el componente que controla una o varias RBS (Radio Base Station). Entre sus funciones son el intercambio de mensajes tanto para la BTS como para el MSC, controlar y direccionar el handover<sup>12</sup> de un sitio a otro, además del tráfico y la señalización relacionados al control. Para lograr esto usa un enlace dedicado T1 para señalización y mensajes de control con la PDSN.

Además, la BSC dentro de las especificaciones dadas para la Red de CDMA2000<sup>®</sup> 1x debe ser capaz de soportar la arquitectura ATM, así como las tasas de transmisión que van desde los 9.6 kbps hasta los 144 kbps y el aumento de la capacidad de los canales que RF utilizados entre el handset y la BTS (airlink).

Así los sistemas de Tercera Generación se encuentran basados en una plataforma de ATM / IP, en donde se combinan las ventajas de IP con las capacidades QoS de ATM. En la siguiente figura tenemos la arquitectura en la cual se basa una BSC dentro de CDMA2000<sup>®</sup>.

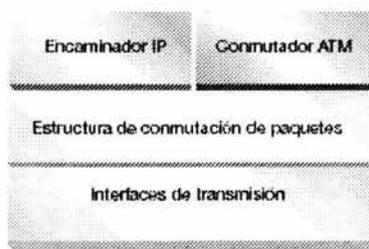


Figura 2.10 Arquitectura de la BSC dentro de CDMA2000<sup>®</sup>

<sup>12</sup> Recordemos que los sistemas de CDMA usan la escala de tiempo GPS para sincronizar el sistema con el fin de producir una referencia de frecuencia estable en las Bandas PCS y Celular. De la misma forma tanto el MSC como el BSC también tienen señales de tiempo precisas para asegurar la comunicación ininterrumpida en el Handover durante su tránsito.

Sin embargo, no debemos olvidar que esta entidad adicionalmente se utiliza para el establecimiento de una llamada de voz, como para la transmisión de datos a baja velocidad. Para eso cuenta con un dispositivo de switcheo que es el encargado de reconocer cuando la red debe dirigirse a la Red de Paquetes o cuando debe dirigirse a la Red de Circuitos (voz).

#### **2.3.1.2.3 Packet Control Function (PCF)**

El Packet Control Function es otro elemento que forman parte de la RAN enrutando los paquetes de datos entre la BS (BTS y BSC) y el PDSN. Podríamos definirla como la entidad en donde empieza el Packet Core Network y representa el nodo de conexión para el envío de paquetes hacia la Red Celular.

En la mayoría de los casos el PCF forma parte del BSC, pero en caso de existir paquetes provenientes de una cierta MS y no existen los recursos de radio necesarios, entonces los paquetes se mantendrán almacenados en el PCF hasta que el usuario se le asigne un canal<sup>13</sup>.

Otro ejemplo del funcionamiento del PCF lo podemos observar en un hard handover. Como veremos más adelante el PCF Fuente envía información hacia el PCF Destino para reestablecer la sesión de paquetes hacia el PDSN.

Así, el Packet Control Function representa una entidad importante dentro de la sesión de paquetes y por lo tanto, el PCF lleva a cabo las siguientes funciones:

- a) Establece, mantiene y termina la conexión con la PDSN
- b) Maneja los estados (activo e inactivo) en la petición de paquetes de datos en la Mobile Station, pidiendo los recursos necesario para dicha comunicación
- c) Es responsable de coleccionar información de contabilidad y llevarla hacia la PDSN.

#### **2.3.1.3 Packet Core Network (PCN)**

El PCN representa el punto de entrada a través del cual un móvil accede hacia la red de paquetes como resulta la Internet o algunos servicios de carácter privado como la Intranet, asignándole una dirección IP. Esta arquitectura de red es promovida por la TIA (Telecommunications Industry Association) como un estándar en la transmisión de paquetes de datos para las redes de CDMA2000<sup>®</sup> de Tercera Generación.

Constituye una colección de entidades lógicas y físicas que proveen un registro de los paquetes a través de IP, roaming y nuevos servicios para los nodos móviles. Dentro de los requerimientos que se tienen en las entidades de una red de datos dentro del PCN destacan las siguientes consideraciones:

---

<sup>13</sup> Durante una sesión de paquetes, la PCF asignará un canal suplementario disponible tantos como se necesiten para completar el servicio o aplicación pedida por el móvil.

- a) Soportar PPP y los servicios IP móviles (asignación de una dirección IP).
- b) Roaming Global, proporcionar el servicio durante la visita del suscriptor en otros sistemas de red inalámbricos mientras pertenece a un proveedor de servicio.
- c) Proveer servicios robustos de autenticación, autorización y *billing*.
- d) Proporcionar un grado de servicio ( $QoS^{14}$ ) adecuado en los diferentes servicios durante la transmisión y recepción de la información.

#### 2.3.1.3.1 Packet Data Serving Node (PDSN)

La tarea principal del PDSN es de funcionar como punto de conexión entre la Red Inalámbrica y la Red de Paquetes. Dicha conexión se lleva a cabo mediante el uso del protocolo PPP. El PDSN ejecuta funciones de enrutamiento, conteo de paquetes, asignación dinámica IP así como el auxilio del proceso de tarificación o *billing*.

Guarda registro de las terminales y después envía la información hacia el respectivo MS sobre la RAN a la cual se encuentra conectado. Aquí es necesario que el HA (Home Agent) sirva como vínculo entre la interfaz inalámbrica y la red dentro de IP Móvil. Por tanto, el Mobile Station confirma su acceso a través de la red por medio del HA, proporcionándole un camino seguro.

Además, el PDSN tiene un rol limitado en los servicios de conteo y tarificación para el auxilio del AAA (Authentication, Authorization and Accounting Server). Recibe y guarda esa información mediante el UDR (Usage Data Record) con base en el contenido y el contexto de los mensajes de solicitud de este registro, se envía esa información (conteo y tarificación) vía RADIUS al AAA.

De esta forma, el PDSN constituye el primer elemento en donde el móvil entra hacia la Red Paquetes de manera que se enumeran las funciones que realiza esta entidad dentro de la red:

- a) Establece, mantiene y termina con la sesión PPP con la MS.
- b) Establece, mantiene y termina el enlace lógico de la red celular a través de la interfaz de radio de paquetes R-P.
- c) Iniciar la Autenticación, Autorización y Conteo (AAA) del Mobile Station hacia la Red de Paquetes de datos (Internet e Intranet) vía servidor AAA.
- d) Recibe parámetros de servicio para la Estación Terminal del AAA.
- e) Enruta los paquetes entre la RAN y la Internet.
- f) Recoge los registros o datos relacionados al servidor AAA.

---

<sup>14</sup> El grado de servicio ( $QoS$ ) es una medida del comportamiento de la red en cuanto a la calidad de transmisión y disponibilidad del servicio. En otras palabras el grado de servicio es un parámetro que se utiliza para medir el desempeño real de una red o sistema telefónico permitiendo así conocer el número de llamadas perdidas o abandonadas.

### 2.3.1.3.2 *Authentication, Authorization and Accounting (AAA)*

El servidor AAA también conocido como servidor RADIUS se puede considerar como el punto más importante dentro de la Red de Paquetes, específicamente dentro del Packet Core Network ya que su tarea radica en *autenticar* sólo al usuario el acceso a la Red IP desde el PDSN y viceversa y no a un usuario que pide acceso a la red inalámbrica para realizar un circuito para voz.

Entre sus funciones destaca la de almacenar la información de contabilidad del Mobile Station, la cual es llevada hacia el PDSN. Recordemos que en una red de telefonía celular el MSC era la entidad encargada de almacenar y realizar el proceso de tarificación de las llamadas que realiza un móvil, sin embargo, en los sistemas 3G se plantea otra entidad encargada de la tarificación del envío o recepción de los paquetes.

El AAA lleva la contabilidad de todos los controladores de los servicios y aplicaciones, misma que se guarda en una base de datos. Dicha información puede ser también utilizada para propósitos de monitoreo, pagos y vigilancia para la prevención de algunos actividades ilícitas.

Dentro de las funciones que ocupa esta entidad destacan:

- a) Autorizar, autenticar e identificar a los usuarios para el acceso de la red a cualquier servicio de datos. Donde:
  - Autenticación: Es reconocer al usuario.
  - Autorización: Es respetar los controles o procedimientos de acceso así como la entrega de los servicios.
  - Contabilidad: Es el tráfico del usuario durante el uso de los recursos de la red.
- b) Almacenar las estadísticas de uso del suscriptor por tarificación y facturación.
- c) Manejar la asignación de direcciones IP tanto estáticas como dinámicas sobre una sesión base. Permitiendo tener mayor movilidad.
- d) Proporciona mecanismos de seguridad entre el PDSN/FA-HA y entre el MS-PDSN/FA.

Además, el AAA tiene diferentes apariencias dependiendo del tipo de red a la cual el servidor es conectado:

- Cuando un servidor AAA es conectado a la red proveedora del servicio, su rol principal es pasar las peticiones de autenticación de la PDSN a la red local IP y autorizar la respuesta de la red local IP a la PDSN. También almacena la información de contabilidad de la MS junto a los perfiles del usuario.
- Un servidor AAA conectado a una Red Local IP autentifica y autoriza a la Estación Terminal basándose en peticiones desde el AAA local.

El AAA ofrece distintas vías para efectuar el proceso de tarificación, para ello almacena dentro de una serie de registros las llamadas hechas, (CDR Call Detail Record), que indica el tipo de llamada, la hora, su origen y su destino. Esta información es enviada hacia los diferentes sistemas de tarificación. De esta forma, debido a su

flexibilidad, a cada usuario se le puede tarifar de manera distinta de acuerdo al tipo de servicio o aplicación utilizada.

Finalmente, observamos que el AAA actúa como el *punto de decisión del sistema* en una implementación de datos ya que funciona como un dispositivo de refuerzo, servicio y políticas del usuario para su acceso a Internet o relacionados a la petición y transmisión de datos. En la siguiente figura observamos la configuración del AAA server dentro de la Red de Paquetes:



Figura 2.11 AAA como Punto de Decisión del Sistema dentro del PCN

#### 2.3.1.3.3 Home Agent (HA)

Dentro del Packet Core Network dentro del estándar de IS-2000 encontramos el Home Agent, que se encarga de rastrear la localización actual del suscriptor que trabaja bajo IP Móvil, de manera que se pudiese mover de una red a otra. Dentro de dicho rastreo, el HA se asegura que los paquetes sean transmitidos hacia el móvil cuando se encuentra fuera de su área local y pueda registrarse, ya sea por un agente externo (como el PDSN) o mediante a su respectivo HA.

El HA puede funcionar como un enrutador del nodo dentro de la red local. Éste utiliza un mecanismo de encapsulamiento que permite enviar el tráfico de Internet de manera que la dirección IP de la Estación Móvil no se necesite cambiar cada vez que éste se conecte a un lugar diferente. Aquí el Home Agent trabaja en conjunto con el Foreign Agent (FA) en donde este último es también un enrutador pero que ahora se desempeña sobre la red visitante.

#### 2.3.1.3.4 Foreign Agent (FA)

El Foreign Agent trabaja junto con el HA en la transmisión del tráfico de Internet a un dispositivo móvil que se encuentra conectado desde un lugar distinto de su red local.

En ocasiones del FA forma parte de la PDSN (PDSN/FA), en este caso el Home Agent permite a los clientes móviles servicios de Internet e Intranet aumentando el área de cobertura

### 2.3.2 Puntos de referencia en la Red de Paquetes de CDMA2000®

Dentro de la Red de Paquetes de CDMA2000® existen conexiones físicas para el manejo de una llamada de paquetes de datos. Dichas conexiones reciben el nombre de *interfaces* en donde una interfaz existe cuando dos entidades de red son interconectadas a través de un enlace físico.

En el siguiente diagrama se observa las interfaces involucradas en el manejo de una llamada de paquetes.

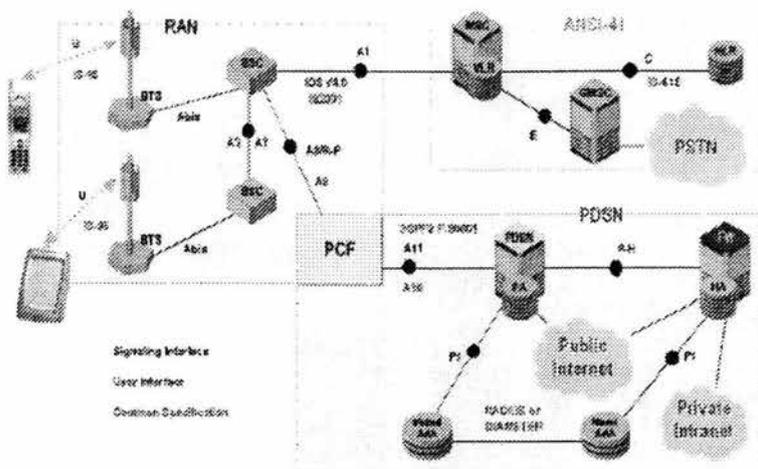


Figura 2.12 Interfaces involucradas en una llamada de datos dentro de CDMA2000®

En CDMA2000® 1x marca los siguientes puntos como interfaces para una sesión de datos:

- Punto de Referencia  $U_m$ : Es el único punto que por definición es una interfaz física, ya que se habla del canal físico por el cual viaja la señal de voz o los paquetes de datos. En otras palabras, es el enlace físico que se establece entre el Handset y la Radio-base (RBS).
- Punto de Referencia  $A$ : Se establece entre el BSC y el MSC. Implementado por las interfaces A1, A2 y A5. Para el manejo de una llamada de voz, ya sea con otro móvil que pertenece a la red o con un usuario fijo.
- Punto de Referencia  $A_{bis}$ : Interfaz establecida entre el BSC y BTS.
- Punto de Referencia  $A_{ter}$ : Entre BS y BS. Implementado por las interfaces A3 y A7. Interfaces utilizadas en el proceso de un soft-handover.
- Punto de Referencia  $A_{quinter}$ : Se establece entre el PCF y BSC. Implementado por las interfaces A8 y A9.

- Punto de Referencia  $A_{quater}$ : Entre el PDSN y el PCF. Implementado por las interfaces A10 y A11.
- Punto de Referencia  $P_i$ : Punto de referencia entre la PDSN y el AAA.

### 2.3.3 Descripción de las Interfaces definidas para CDMA2000® 1x

Las funciones que cubre cada interface dentro de la red para proveer el servicio de datos, así como los enlaces físicos que utiliza CDMA2000® 1x para el paso de los datos a través de las diferentes entidades que forman la Red de Paquetes o Red IP se mencionan a continuación:

- A1: Transporta información de señalización entre las funciones de Control de Llamadas (CC) y Manejo de Movilidad (MM) del MSC y del controlador de llamada del BS (BSC).
- A2: Transporta información modulada en PCM (64/56 kbps) entre el switch del MSC y la Unidad de Selección y Distribución (SDU) de la BS.
- A3: Transporta información codificada del usuario (voz/datos) e información de señalización entre el SDU de la BS y la entidad del canal del BTS de la BS destino. Está compuesta de dos partes: señalización y tráfico del usuario. La información de señalización es transportada a través de un canal lógico separado del canal de tráfico y controla la asignación y uso de los canales de transporte del tráfico.
- A5: Transporta una cadena de bytes de manera full-duplex entre el MSC y el SDU de la BSC.
- A7: Transporta información de señalización entre una BS fuente y un BS destino.
- A8: Transporta el tránsito de datos del usuario entre la BS y el PCF.
- A9: Transporta la información de señalización entre el BS y el PCF.
- A10: Transporta el tráfico del usuario entre el PCF y el PDSN.
- A11: Transporta información de señalización entre el PCF y el PDSN.

Ahora bien, las interfaces A1, A2, A3, A5 y A7 están basadas en el uso de:

1. Enlaces T1 (estándar americano) con una tasa de 1.544 Mbps proporcionando 24 canales de 56 kbps ó 24 canales de 64 kbps, los cuales pueden ser usados para información de tráfico o señalización de acuerdo a los requerimientos del operador.
2. Enlaces digitales E1 (estándar europeo) que consisten de 30 canales de 64 kbps cada uno y utilizados para el envío de información de tráfico o señalización de acuerdo a los requerimientos del operados.
3. Enlaces T3 soportando tasas de transmisión de 43,232 Mbps.

4. Enlaces OC3 (enlaces ópticos) soportando tasas de transmisión de 155.52 Mbps.

Las interfaces de *A8 a A11* están basadas en el uso de IP (Internet Protocol).

#### **2.4 Canales utilizados en la transmisión de datos**

Las comunicaciones inalámbricas están tomando un rol importante dentro de la demanda de nuevas aplicaciones y servicios. El Internet está creciendo explosivamente y los usuarios de los servicios como datos (mensajes cortos, correo electrónico, buscadores) y multimedia demandan mayor capacidad.

Con la introducción de los sistemas de Tercera Generación, las capacidades o características de transmisión que nos proporcionaba 2G y 2.5G (voz y tasas bajas/medias para datos) ya no son suficientes para satisfacer los requerimientos de 3G. Las capacidades como multimedia e Internet móvil se encuentran extendiéndose de manera global y es por ello que la tecnología anterior (2G y 2.5G) ha dado paso a estas nuevas características que presenta 3G.

Ahora bien, en los sistemas 2G el uso del tráfico de datos de los usuarios es mucho menor que el tráfico de voz, sin embargo, en 3G el porcentaje en el tráfico de datos es considerablemente mayor, convirtiéndose en un tema que no se puede pasar por alto en la construcción de la red y ello es debido a 2 aspectos: uno es cómo establecer un modelo de una llamada de paquetes de datos incluyendo la determinación de los parámetros en el modelo de llamada del usuario. Otro es cómo configurar los correspondientes números de canales para acomodar en caso de dar el servicio el tráfico de los datos.

Es así que en nuestro análisis dentro la manipulación de los datos, un aspecto importante representa la estructura con la cual un sistema puede ofrecer una gama de servicios simultáneamente. Para darlos, es necesario contar con tasas de transmisión capaces de soportarlos y canales físicos dedicados a proporcionar el espacio adecuado para el envío de las peticiones del usuario.

Por ello, a continuación se describirán los canales de tráfico que CDMA2000<sup>®</sup> 1x brinda para el envío y recepción de datos, recordando que dentro de una red de telefonía celular existen dos enlaces en los cuales el móvil establece comunicación con las demás entidades de red; el *forward link* y *reverse link*<sup>15</sup>.

##### **2.4.1 Descripción de las operaciones en los canales de voz y de datos**

En el esquema del estándar de CDMA2000<sup>®</sup> los diferentes canales del forward y reverse Link son nombrados de acuerdo a las funciones que cumplen dentro de la transmisión de la información. En donde ciertos canales son utilizados para llevar información de control, señalización sincronización, paging o control de potencia a los usuarios que están en la red; sin embargo, existen otros cuya función es realizar un enlace punto a punto, llevando información a un usuario. Con base en ello, se ha realizado una clasificación en donde un canal funciona de la siguiente manera:

<sup>15</sup> Como se explicó en el primer capítulo el Forward Link representa en enlace de comunicación entre Estación Base (BS) - Móvil (MS), mientras tanto, el Reverse Link es el canal de comunicación que establece el MS - BS.

- **Canales comunes:** Es la colección de todos los canales físicos que llevan información en un acceso compartido, de una manera punto-multipunto entre la Estación Base y los múltiples móviles.
- **Canales dedicados:** Se le denomina a la colección de canales físicos que tienen la función de llevar información punto-punto entre una Estación Base y un sólo móvil. Como veremos, los canales que se encargan del tráfico del usuario funcionan de esta manera, en donde son asignados de manera exclusiva y dedicada a la demanda de datos.

A partir de esta clasificación, los canales de tráfico son enlaces dedicados a un solo usuario; sin embargo, estos canales son utilizados de acuerdo al servicio sobre demanda.

De acuerdo a lo anterior, la estructura de los canales de tráfico en CDMA2000<sup>®</sup> en el forward link es:

- a) *Canal Fundamental (F-FCH)* es equivalente en funcionalidad al canal de tráfico (T-CH) en el estándar de IS-95. Puede soportar datos, voz o señalización multiplexada con una tasa que puede ir desde los 750 bps hasta los 14.4 kbps.
- b) *Canal Suplementario (F-SCH)* soporta servicios a altas velocidades. La red puede programar la tasa de transmisión con la cual puede funcionar un F-SCH.
- c) *Canal de Control Dedicado (F-DCCH)* es usado para funciones de señalización con respecto a los canales previamente descritos. Este canal permite enviar información de señalización a un usuario sin tener algún impacto en la transmisión paralela de las cadenas de datos.

En donde a cada usuario se le puede asignar un canal de tráfico de acuerdo a la demanda de información. Tal distribución consiste en:

- De 0 a 1 canal fundamental (F-FCH).
- Cero a siete canales de código suplementarios (F-SCCH).
- De 0 a 2 canales suplementarios (F-SCH)<sup>16</sup>.
- Cero a un canal de control dedicado (F-DCCH).

El canal fundamental es usado para la transmisión de voz e incluso de paquetes a bajas tasas; mientras tanto los Canales Suplementarios son usados para el envío de datos a velocidades mayores. La BTS puede también asignar un canal de control dedicado, el cual es asociado con los canales de tráfico que utiliza el usuario (FCH ó SCH) y que puede llevar datos de señalización como control de potencia.

<sup>16</sup> El nombre con el cual se le denomina de manera general a los Canales Suplementarios están en función a la Configuración de Radio (RC) con la cual está trabajando. Observamos que un F-SCCH trabaja dentro de las configuraciones RC1 y RC2 con una tasa de 14.4kbps, mientras tanto, un F-SCH trabaja dentro de las configuraciones RC3 a RC9, sin embargo, como veremos más adelante que esta configuración opera en función al enlace (forward o reverse) y con la tasa con la cual un Canal Suplementario trabajará para el usuario.

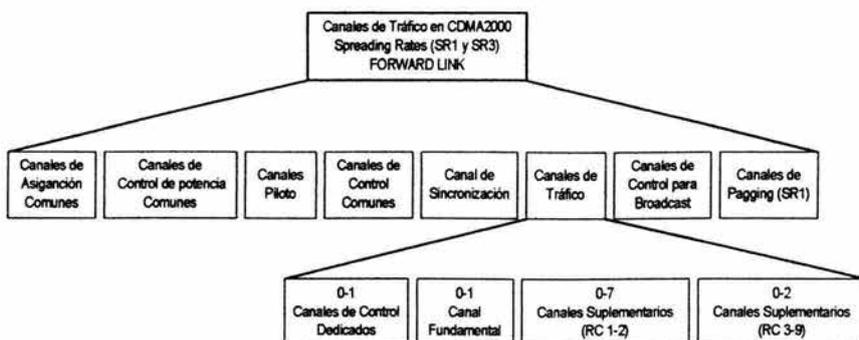


Figura 2.13 Configuración de los Canales de Tráfico dentro del Forward Link de CDMA2000® 1x

Por su parte, el Canal de Tráfico para el reverse link es similar al canal de tráfico del forward link. Incluye un canal fundamental (R-FCH), un canal de control de dedicado (R-DCCH) y uno o varios canales suplementarios en sus modalidades R-SCCH o R-SCH, dependiendo de la configuración de radio con la cual se encuentran trabajando.

Su funcionalidad y su estructura de codificación es la misma que se usa en el enlace BS-MS, con velocidades entre 1 kbps a 2.4 Mbps.

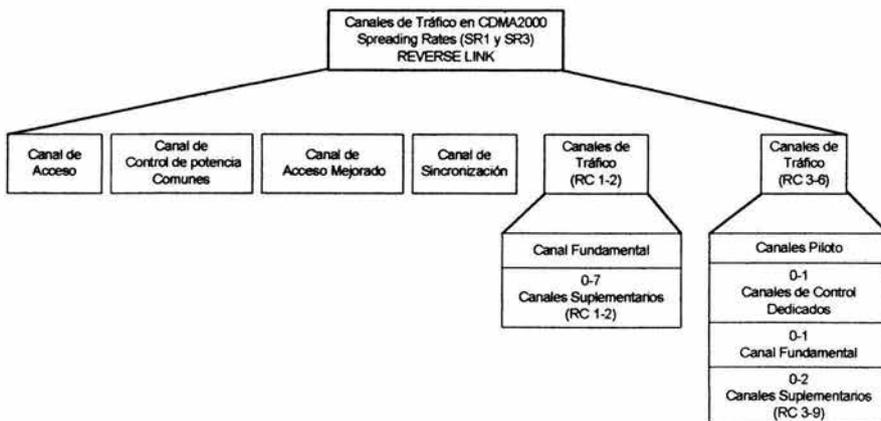


Figura 2.14 Configuración de los Canales de Tráfico dentro del Reverse Link de CDMA2000® 1x

En conclusión, el sistema CDMA2000® provee dos tipos de canales de tráfico (canales fundamentales y suplementarios) en el reverse link de tal forma que pueden ser adoptados a un tipo de servicio en particular. El uso de un FCH ó SCH habilita al sistema de estar optimizado para múltiples servicios simultáneos. El R-FCH transporta datos de alto nivel e información de control. Por otro lado el R-SCH opera conjuntamente con el R-FCH o el R-DCCH para proveer servicios a altas tasas de transmisión.

Ahora bien, los canales de tráfico son los encargados de satisfacer las peticiones de datos hacia los usuarios, sin embargo, para la descripción de las operaciones que se llevan a cabo dentro de la asignación y generación de los canales dentro de nuestro estándar de Tercera Generación es necesaria la definición y funcionamiento de algunos

conceptos. Así que se hablará de dos conceptos como el spreading rate y variación de las tasas de transmisión.

#### a) *Spreading Rate*

El Spreading Rate (SR) se define como la tasa chip<sup>17</sup> en términos de 1.2288 Mcps. Las dos tasas que maneja CDMA2000<sup>®</sup> son SR1 y SR3.

SR1 se maneja como aquella señal dentro de IS-2000 que posee una tasa chip de 1.2288 Mcps, ocupando el mismo ancho de banda que una señal dentro de IS-95. El sistema SR1 duplica la capacidad del sistema y por tanto puede ser considerado como una mejora del sistema anterior (cdmaOne<sup>®</sup>).

Por otra parte, SR3 se define como una señal empleando una tasa de 3.6864 Mcps, ocupando 3 veces el ancho de banda que una señal dentro de CDMA2000<sup>®</sup> 1x. Sin embargo, no recibe mucha difusión comercial en la actualidad.

#### b) *Radio Configurations para SR1 y SR3*

El siguiente término es el de Radio Configuration (RC), que se define como la configuración de los canales físicos basados sobre una tasa específica del Canal Fundamental en donde cada RC especifica un conjunto de tasas basadas en 9.6 kbps o 14.4 kbps. Este conjunto de formatos están definidos por las tasas de transmisión, características de modulación y tasa de espaciamiento (spreading rate).

En CDMA2000<sup>®</sup> se definen nueve opciones de RC para el forward link y seis para el everse link en la cual un usuario puede hacer la petición de los datos y distribuidos de la siguiente manera:

- RC1 y RC2 definen las conexiones de compatibilidad para el estándar cdmaOne<sup>®</sup>, además de ser utilizado para las tasas SR1 y SR3.
- De RC3 a RC5 sobre el forward link (RC3 y R4 para en el reverse link) define las conexiones dentro de CDMA2000<sup>®</sup> para la tasa de espaciamiento SR1.
- R6 a RC9 para el forward link, mientras que RC5 y RC6 en el reverse link son reservados para las conexiones pertinentes con el estándar CDMA2000<sup>®</sup> 3x (SR3).

En conclusión, las configuraciones expuestas permiten compatibilidad con los sistemas IS-95 A/B así como poder soportar las altas tasas de datos empleando Códigos Walsh de longitud variable y tasas variables de codificación que serán muy importantes para la longitud de un frame de datos y los diferentes servicios que puede acceder un usuario de acuerdo a las diferentes configuraciones que un canal fundamental o un canal suplementario pueda tener.

---

<sup>17</sup> Utilizando como técnica de acceso CDMA en una modulación de secuencia directa con *espectro extendido* es la tasa en la cual los bits de una señal son transmitidos después de haberse codificado mediante una secuencia aleatoria de códigos (PN Codes). Cada chip es un dígito binario.

### 2.4.1.1 Canal Fundamental

Uno de los canales utilizados en el envío de voz y datos a través del medio es el Fundamental. Este canal tiene una tasa entre los 9.6kbps o 14.4 kbps y forma parte de los canales dedicados que usaban los anteriores estándares (IS-95A/B) para entablar el flujo de los datos hacia y/o desde el usuario.

En los pasados estándares el FCH fue simplemente llamado canal de tráfico por el hecho que era el único capaz de entregar un tráfico dedicado. Recordemos que la voz siempre viaja a lo largo de este canal y no por un suplementario, pero de la misma manera los datos pueden viajar aunque a velocidades bajas. Su tasa es variable al igual que el SCH, de manera que usa códigos Walsh con una longitud de 16 bits. Esto tiene como fin de que la información viaje de forma segura y ser decodificarla por un solo destino.

Realiza transmisiones de voz a diferentes tasas pero no sobrepasando los 9.6 o 14.4 kbps; utilizando un codec (codificador/decodificador), el cual rige la tasa de bits que viaja por el aire. Así, un FCH es un canal dedicado a la transmisión de la voz formando un circuito entre dos usuarios que pertenecen a la red celular o a la red fija (PSTN).

A partir de estas características, el Canal Fundamental puede ser utilizado a través de diferentes velocidades de transmisión y de acuerdo a la RC manejada podrá asignar diferentes tasas. A continuación se mostrarán las siguientes configuraciones en cuanto a las tasas de transmisión que puede ocupar un FCH para diferentes RC en el forward y reverse link.

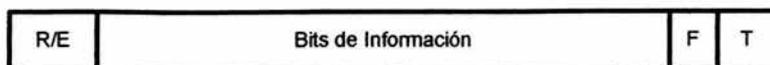
SRI	SR3
9.6, 4.8, 2.4 o 1.2 (RC1)	9.6, 4.8 2.7 o 1.5 (frame de 20 ms) o 9.6 (frame 5 ms) (RC6 y RC7)
14.4, 7.2, 3.6 o 1.8 (RC2)	
9.6, 4.8, 2.7 o 1.5 con un frame de 20 ms ó 9.6 con un frame de 5 ms (RC3 o RC4)	14.4, 7.2, 3.6 o 1.8 (frame de 20 ms) o 9.6 (frame de 5 ms) (RC8 o RC9)
14.4, 7.2, 3.6 o 1.8 con un frame de 20 ms ó 9.6 con frame de 5 ms (RC5)	
Uso de Códigos Convolucionales	Uso de los Códigos Convolucionales
$r = \frac{1}{2}$ (RC1, RC2 o RC4)	$r = \frac{1}{6}$ (RC6)
$r = \frac{1}{4}$ (RC3 o RC5)	$r = \frac{1}{3}$ (RC7)
	$r = \frac{1}{4}$ (RC8, 20 ms) $r = \frac{1}{3}$ (RC8, 5 ms)
	$r = \frac{1}{4}$ (RC8, 20 ms) $r = \frac{1}{3}$ (RC8, 5 ms)

Tabla 2.3 Tasas de transmisión en kbps en el Canal Fundamental del forward link

RC	SRI	SR3
RC1	9.6, 4.8, 2.4 o 1.2	N/A
RC2	14.4, 7.2, 3.6 o 1.8	N/A
RC3	9.6, 4.8, 2.7 o 1.5 (frame 20 ms) o 9.6 (frame 5 ms)	N/A
RC4	14.4, 7.2, 3.6 o 1.8 (frame 20 ms) o 9.6 (frame 5 ms)	N/A
RC5	N/A	9.6, 4.8, 2.7 o 1.5 (frame 20 ms) o 9.6 (frame 5 ms)
RC6	N/A	14.4, 7.2, 3.6 o 1.8 (frame 20 ms) o 9.6 (frame 5 ms)

Tabla 2.4 Tasas de transmisión en kbps en el Canal Fundamental del reverse link

Por último, hablaremos de la estructura del frame, en donde su formato es muy flexible. IS-2000 maneja diferentes formatos de frame, esto se hizo con el fin de guardar compatibilidad con los sistemas anteriores (cdmaOne<sup>®</sup>) y que los usuarios que tenían su teléfono bajo esa plataforma, no tuvieran incompatibilidad dentro del estándar. De esta forma, las configuraciones de radio RC1 y RC2 en los canales de tráfico son reservadas para manejar las tasas de 9.6 y 14.4kbps. La estructura del frame de un FCH se muestra a continuación.



R/E Indicador de Bit Reservado/Modificado

F Indicador de Calidad del frame

T Bit de terminación de la trama

Figura 2.15 Estructura del frame de un Canal Fundamental

en donde R/E, F, T representan bits reservados utilizados dentro de un código lineal de corrección de errores y reiniciar el codificador convolucional, cuya función radica en revisar posibles errores dentro de un paquete que es enviado hacia el móvil.

En la siguiente tabla se puede apreciar la distribución de los bits de información dentro del frame, observando que en su totalidad es reservado para datos y una pequeña parte para seguridad y corrección de posibles errores a lo largo de su viaje por el aire.

Radio Config. (Forward)	Radio Config. (Reverse)	Data Rate (bps)	Número de bits por frame				
			Total	Reservado	Información	FQR	R/Encoger Tail Bits
1	1	9600	192	0	172	12	8
		4800	96	0	80	8	8
		2400	48	0	40	0	8
		1200	24	0	16	0	8
2	2	14400	288	1	267	12	8
		7200	144	1	125	10	8
		3600	72	1	55	8	8
		1800	36	1	21	6	8
3, 4, 6 y 7	3 y 5	9600 (5 ms)	48	0	24	16	8
		9600 (20 ms)	192	0	172	12	8
		4800	96	0	80	8	8
		2700	57	0	40	6	8
		1500	30	0	16	6	8
5, 8 y 9	4 y 6	9600		0	24	16	8
		14400		1	267	12	8
		7200		1	125	10	8
		3600		1	55	8	8
		1800		1	21	6	8
Nota:							
<b>Reverse Link</b>							
La tasa de 614400 bps se aplica a la Configuración RC5. La tasa de 1036800 y 460800							

bps solo se aplica a la Configuración RC6.

**Forward Link**

La tasa de 614400 bps se aplica a la Configuración RC7. La tasa de 307200 se aplica a las RC's 4, 6 y 7. La tasa de 103680

0 se aplica a RC9 y la tasa de 460800 es usada en RC8 y RC9.

*Tabla 2.5 Número de bits de información en el SCH con una duración de frame de 20 ms*

#### 2.4.1.2 Canal Suplementario

Una de las características dentro de CDMA2000<sup>®</sup> 1x es la capacidad para soportar servicios de voz y de datos sobre la misma portadora. Los canales suplementarios se utilizan con el fin de permitir una mayor flexibilidad y eficiencia en el soporte de servicios de altas tasas de datos. Puede operar a diferentes velocidades por arriba de 16 o 32 veces la tasa del canal fundamental.

En contraste a una llamada de voz, el tráfico generado por una llamada de datos es por ráfagas, con pequeñas duraciones de tráfico y separado con otro espacio considerable de no tráfico, para ello estos canales toman ventaja de los turbo códigos y el entrelazado por multiframe.

Los canales suplementarios pueden ser asignados o liberados en cualquier momento por la Estación Base. El SCH se beneficia de la modulación, codificación y esquemas de control de potencia, esto permite ofrecer una tasa arriba de 16x (CDMA2000<sup>®</sup> 1x a 153.6 kbps) o 32x (CDMA2000<sup>®</sup> 1x a 307.2 kbps).

El número límite de canales suplementarios que pueden ser asignados a un usuario son 2, sin embargo, para alcanzar velocidades superiores a los 307.2 kbps existen otros SCH los cuales permiten la transmisión de mayor cantidad de datos, para ello a un usuario se le pueden asignar un número total de 7, éstos sumandos a los previamente explicados, permiten que CDMA2000<sup>®</sup> alcance velocidades de 2 Mbps. De esta forma un SCH opera conjuntamente con el canal fundamental y el canal de control dedicado para proveer servicio a altas velocidades.

Ahora bien, se mencionó que un SCH puede manejar diferentes tasas de datos para los diferentes servicios que brinda, dicha tasa dependerá de las capacidades tanto de móvil como de los recursos disponibles dentro de la Radiobase. Para ofrecer una tasa específica se dispone de ciertos códigos que permiten que la demanda de datos para cada móvil no sea fija y que sólo el receptor con el mismo código pueda recobrarlo. Dichos códigos reciben el nombre de Códigos Walsh.

Usando un Código Walsh cada canal es asignado con una longitud que va entre los 64 y 128 chips. CDMA2000<sup>®</sup> 1x maneja 64 chips de longitud debido a la compatibilidad que guarda con su antecesor. Por lo tanto, los códigos tienen una función importante en la asignación de las tasas de transmisión ya que usando una apropiada longitud del Código se presenta la tasa con la cual se asignará el canal.

En la siguiente tabla tendremos una longitud del Código Walsh con la tasa de transmisión para el canal suplementario.

F-SCH Rates para RS1

Walsh Length	Data Rate (kbps)
128	9.6
64	19.2
32	38.4
16	76.8
8	153.6
4	307.2

F-SCH Rates para RS3

Walsh Length	Data Rate (kbps)
64	14.4
32	28.8
16	57.6
8	115.2
4	230.4

Tabla 2.6 Tasas de Transmisión de acuerdo a la Longitud del Código Walsh en CDMA2000®

Dependiendo del RC se pueden obtener diferentes tasas de datos.

Recordemos que los Walsh Codes son usados en el reverse link para separar y distinguir a los usuarios móviles. El SCH en este enlace es más grande a causa de las descargas que realiza el usuario.

Además, dentro de su construcción se le agrega códigos correctores de errores (códigos convolucionales para baja velocidad y turbo códigos para altas tasas) los cuales proporcionan seguridad en el manejo de los datos y su completa llegada al su destino final (Usuario y/o Server).

A partir de estas características, los canales suplementarios para estos dos enlaces se encuentran distribuidos asignando para cada configuración un rango velocidades que se muestran en las tablas:

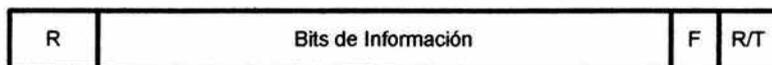
SR1	SR3
9.6 (RC1)	N/A (RC1, RC2)
14.4 (RC2)	307.2, 153.6, 76.8, 38.4, 19.2, 9.6, 4.8, 2.7 o 1.5 (RC6)
153.6, 76.8, 38.4, 19.2, 9.6, 4.8, 2.7, o 1.5 (RC3)	614.4, 307.2, 153.6, 76.8, 38.4, 19.2, 9.6, 4.8, 2.7 o 1.5 (RC7)
307.2, 153.6, 76.8, 38.4, 19.2, 9.6, 4.8, 2.7 o 1.5 (RC4)	460.8, 230.4, 115.2, 57.6, 28.8, 14.4, 7.2, 3.6 o 1.8 (RC8)
230.4, 115.2, 57.6, 28.8, 14.4, 7.2, 3.6 o 1.8 (RC5)	1036.8, 460.8, 230.4, 115.2, 57.6, 28.8, 14.4, 7.2, 3.6 o 1.8 (RC9)
Uso de Códigos Convolucionales o Turbo Códigos (>14.4)	Uso de Códigos Convolucionales o Turbo Códigos (>14.4)
$r = \frac{1}{2}$ (RC1, RC2)	$r = \frac{1}{3}$ (RC7)
$r = \frac{1}{2}$ (RC4)	$r = \frac{1}{4}$ (RC8)
$r = \frac{1}{4}$ (RC3 o RC5)	$r = \frac{1}{2}$ (RC9)

Tabla 2.7 Tasas de transmisión en kbps en el Canal Suplementario del forward link

RC	SRI	SR3
RC1	9.6	N/A
RC2	14.4	N/A
RC3	307.2, 153.6, 76.8, 38.4, 19.2, 9.6, 4.8, 2.7 o 1.5 (frame de 20 ms)	
	153.6, 76.8, 38.4, 19.2, 9.6, 4.8, 2.4 o 1.35 (frame de 40 ms)	N/A
	76.8, 38.4, 19.2, 9.6, 4.8, 2.4 o 1.2 (frame 80 ms)	
RC4	230.4, 115.2, 57.6, 28.8, 14.4, 7.2, 3.6 o 1.8	N/A
RC5	N/A	614.4, 307.2, 153.6, 76.8, 38.4, 19.2, 9.6, 4.8, 2.7 o 1.5 (frame de 20 ms)
		307.2, 153.6, 76.8, 38.4, 19.2, 9.6, 4.8, 2.4 o 1.35 (frame de 40 ms)
		153.6, 76.8, 38.4, 19.2, 9.6, 4.8, 2.4 o 1.2 (frame 80 ms)
RC6	N/A	1036.8, 518.4, 460.8, 259.2, 230.4, 115.2, 57.6, 28.8, 14.4, 7.2, 3.6 o 1.8

Tabla 2.8 Tasas de transmisión en kbps en el Canal Suplementario del reverse link

Por último, hablaremos de la estructura del frame, en donde su formato es muy flexible. IS-2000 maneja diferentes formatos que dependen de las configuraciones de canal, es decir, por medio del spreading rate (SR) y RC con que se manejen. De manera general cada canal suplementario se constituye por la siguiente trama:



R Bit Reservado  
 F Indicador de la Calidad del frame  
 R/T Bit de terminación de la trama codificado

Figura 2.16 Estructura del frame de un Canal Suplementario

en donde R/E, F, T representan bits reservados utilizados dentro de un código lineal de corrección de errores y reiniciar el codificador convolucional, cuya función radica en revisar posibles errores dentro de un paquete que es enviado hacia el móvil.

A continuación se verán algunas configuraciones de frame teniendo en cuenta que dentro de un canal suplementario la duración del frame va entre los 20, 40 y 80 ms, así que dependiendo de la duración se tendrá una configuración diferente, por tanto, varía la cantidad total de información que es enviada en cada paquete.

Radio Config. (Forward)	Radio Config. (Reverse)	Data Rate (bps)	Número de bits por frame				
			Total	Reservado	Información	FQR	R/Encoger Tail Bits
1	1	9600	192	0	172	12	8
2	2	14400	288	1	267	12	8
3, 4, 6 y 7	3 y 5	614400	12288	0	12264	16	8
		307200	6144	0	6120	16	8
		153600	3072	0	3048	16	8
		76800	1536	0	1512	16	8
		38400	768	0	744	16	8
		19200	384	0	360	16	8
		96000	192	0	172	12	8
		4800	96	0	80	8	8
5, 8 y 9	4 y 6	2700	54	0	40	6	8
		1500	30	0	16	6	8
		1036800	20736	0	20712	16	8
		460800	9216	0	9192	16	8
		230400	4608	0	4584	16	8
		115200	2304	0	2280	16	8
		57600	1152	0	1128	16	8
		28800	576	0	552	16	8
		14400	288	1	267	12	8
		7200	144	1	125	10	8
		3600	72	1	55	8	8
		1800	36	1	21	6	8

Nota:

**Reverse Link**  
La tasa de 614400 bps se aplica a la Configuración RC5. La tasa de 1036800 y 460800 bps sólo se aplica a la Configuración RC6.

**Forward Link**  
La tasa de 614400 bps se aplica a la Configuración RC7. La tasa de 307200 se aplica a las RC's 4, 6 y 7. La tasa de 1036800 se aplica a RC9 y la tasa de 460800 es usada en RC8 y RC9.

Tabla 2.9 Número de bits de información en el SCH con una duración de frame de 20 ms

#### 2.4.2 Asignación de los canales de tráfico dentro de CDMA2000® 1x

Después de entablar una sesión PPP entre el Mobile Station y la PDSN, si existe dentro una llamada alguna petición de envío o recepción de datos, CDMA2000® establece los recursos de radio necesarios para la llamada de paquetes junto con la tasa para el canal fundamental y suplementario..

Para entender mejor como se puede asignar hasta 163 kbps en nuestros enlaces, describiremos los eventos que ponen el funcionamiento de estos canales dando los factores que determinan la máxima tasa de datos que se puede asociar a cada canal.

Cuando existen una petición de datos, el handset o la red inician una sesión de paquetes de datos en donde un Canal Fundamental es establecido.

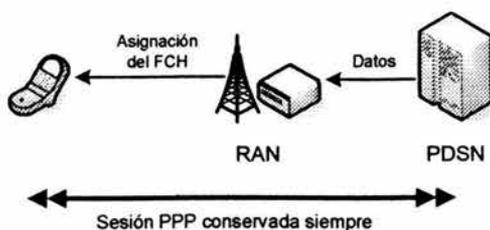


Figura 2.17 Asignación de un Canal Fundamental

La RAN chequea el tamaño del paquete y el tamaño del buffer que se tiene para datos provenientes de la Estación Móvil, con el objetivo de determinar si es necesario agregar un canal suplementario a la petición. En otras palabras, será asignado sólo si el tamaño del paquete o el tamaño del buffer excede un umbral durante la transmisión.

Ahora bien, si la cantidad de datos provenientes del PDSN o del móvil hacia la RAN justifican el uso de un canal suplementario, la BSC establece del canal con la tasa más alta permitida o la tasa de transmisión máxima para la cual los recursos están disponibles. Esto quiere decir que el operador de la red puede asignar un SCH de 16x con un pico de 153.6 kbps. En este proceso un algoritmo de control es utilizado para el acceso al medio y es el responsable de la asignación de los recursos de radio y de los códigos Walsh que son necesarios para una llamada de datos.



Figura 2.18 Asignación de un Canal Suplementario

La tasa máxima de transmisión de un Canal Suplementario es determinada por las condiciones de canal del usuario. Un umbral para una condición de canal satisfactoria es definido para cada tasa de datos (2x, 4x, 8x, y 16x). La medición de la condición del canal es comparada con la condición de canal requerida para cada tasa. Si la tasa de transmisión máxima para la cual la condición de canal reportada excede el valor requerido, se establece un SCH. Para asignar un canal suplementario, la petición de la tasa deber ser mayor a 2x, de otra forma se elimina la petición.

De acuerdo al análisis anterior, se han realizado propuestas sobre como es asignado a un usuario un SCH, planteando varios esquemas en los cuales la Estación Base pueda trabajar de la mejor manera. Así que existen dos aproximaciones para la asignación individual de los SCH's, el primero de ellos es la *asignación individual*.

### *Asignación individual*

En CDMA2000® la forma más común para asignar un enlace de alta velocidad a un usuario es proporcionarle un canal suplementario. Durante su asignación, los datos son transmitidos y dirigidos a un solo móvil. Este tipo de aproximación requiere señalización, la cual introduce un tiempo de retardo durante su envío. Con base a esta idea, se han propuesto varias opciones de asignación sobre el SCH con el fin observar las ventajas y desventajas de dicho proceso.

La *Opción A, duración infinita*, consiste en establecer un canal suplementario a un usuario indefinidamente. Esto asegurará que el móvil no necesite ir a través del proceso de señalización cada vez que requiera transmitir datos usando el canal. Adicionalmente, no se generará alguna interferencia por parte de otros usuarios cuando no se transmitan datos ya que el SCH tendrá discontinuas transmisiones en cualquier tiempo, para cualquier duración. Sin embargo, esta opción es muy ineficiente porque el espacio de los códigos Walsh es reservado a un usuario quien podría no estar transmitiendo durante ese tiempo que le fue asignado el canal.

Ahora bien, otra propuesta que se ha tenido es la *Opción B: Asignación pseudo-infinita* la cual consiste en destinar un nuevo SCH con una duración considerable, pero quitarlo en el momento que “no se transmite”. Esta aproximación es más eficiente que la opción *A* debido a que los usuarios que no transmiten no ocupan un código Walsh durante el tiempo que dura la llamada de paquetes. Sin embargo, la desventaja radica en que para cada descarga se genera un retardo adicional debido a la señalización que se tiene que mandar para la transmisión confiable de los datos.

Otra ventaja radica en que la Base Station no necesita adivinar cuantos datos el usuario tiene que descargar o enviar, éste solo se liberará cuando el móvil no transmite o sea un agente ocioso dentro de la red. Pero la desventaja asociada es que la BS no sabe cuando el préstamo del canal terminará, dando como resultado que sea un proceso difícil en cuanto a la capacidad disponible del sistema.

La tercera sugerencia es la *Opción C: Asignación pseudo-finita*, las asignaciones son detenidas antes que el usuario esté haciendo una descarga, ésta puede seguir después cuando la Base Station de al usuario una nueva asignación. Esta aproximación permite que la BS realice algunas rutinas o programe como con la opción *B*, con la ventaja que la duración no está predeterminada. Existe señalización adicional envuelta en la liberación del canal en el momento que el móvil no transmita.

Finalmente, la opción que utiliza CDMA2000® cuando hablamos de un canal suplementario dedicado a un usuario es la *Opción D: Asignación por duración fija*. Aquí se asigna un nuevo SCH con una duración predeterminada a los usuarios que demanden el servicio de paquetes de datos. Como podemos apreciar esta opción es similar a la propuesta *C* con la diferencia que desde la asignación del canal, se tiene una duración de tiempo predeterminada, por tanto la señalización no se necesita para finalizar la sesión, sin embargo, la limitación es que la programación por parte de la BS es menos flexible (a causa a que el tiempo es fijo).

### Liberación del Canal Suplementario

El Canal Suplementario es liberado cuando el volumen de datos enviados a la Mobile Station puede ser solventado utilizando el canal fundamental o si las condiciones de canal se convierten insatisfactorias para la tasa actual. Una métrica relacionada con el throughput<sup>18</sup> es usada para medir uso y calidad de canal y el Canal Suplementario es removido si éste cae debajo de un umbral dado.



Figura 2.19 Liberación de los Canales Suplementarios

### 2.5 Seguridad y encapsulamiento de los datos

A lo largo del capítulo hemos hablado de las partes que intervienen durante una llamada de paquetes, su diferencia con respecto a una llamada convencional de voz y la estructura en la cual la información que recibe o envía el usuario. Sin embargo, hemos olvidado un aspecto importante dentro de este rubro, el cual radica en la seguridad.

Hoy en día, las comunicaciones se están moviendo hacia el uso de los dispositivos inalámbricos con el uso de Internet Móvil y las redes LAN/WAN inalámbricas. Mayores medidas de seguridad se necesitarán para asegurarse que la información esté protegida contra los riesgos que involucran “*estar siempre en línea*” como la clonación, interceptación e incluso cambio de la información. Esto implica que dentro de una red de telefonía celular deben existir ciertas condiciones que hagan que la información viaje a través del canal de una manera segura y confiable.

Como resultado, las aplicaciones deben proporcionar los mecanismos necesarios para que los usuarios dentro de la red sean confidenciales, haciendo que alguna transacción en ella no pueda ser modificada o alterada.

Es así que hablaremos de las precauciones que toma la red de CDMA2000<sup>®</sup> para tales problemas, dividiéndolo en 2 rubros. El primero consiste en analizar los aspectos de seguridad que toma la red durante su trayectoria, es decir, los métodos de encriptación de la información para su transmisión sobre el aire. Además, veremos la importancia de escoger CDMA como técnica de acceso, dando al móvil ventajas con respecto a privacidad y poca posibilidad a sufrir algún fraude, copia o alteración de su información.

<sup>18</sup> El throughput es la cantidad de datos que puede ser transferida sobre un canal enlace de comunicaciones sobre un periodo de tiempo. Para redes digitales, es medido en bps (bits por segundo).

El segundo rubro básicamente cubrirá la premisa en que si un usuario estará siempre conectado a la Red de Paquetes, accediendo al Internet, habrá ciertos problemas sobre este enlace; para ello hablaremos un poco de algunos dispositivos o configuraciones que realiza CDMA2000® para poder corregir este problema, evitando agentes externos que puedan ocasionar desperfectos en el funcionamiento de la llamada de paquetes.

### 2.5.1 Seguridad y encapsulamiento en la interfaz CDMA2000®

La seguridad inalámbrica no es muy diferente de la seguridad alámbrica. Las compañías quieren diferentes opciones para una red segura. La primera es identificar, autenticar y autorizar a los usuarios. La segunda es asegurar los datos sobre el dispositivo del usuario y la tercera consiste en asegurarse que la integridad de los datos está intacta.

De manera que CDMA2000® ha evolucionado teniendo mecanismo de seguridad, que deben de cumplirse de acuerdo a las siguientes especificaciones dados en la tabla.

Requerimientos para Redes 3G	Requerimientos que da CDMA2000 1x
<b>Confidensiabilidad</b> La protección al usuario de los datos, señalización, identificación y localización.	Protege la información de la sesión y previene accesos no autorizados para el tráfico del usuario.
<b>Integridad</b> La protección de la inserción, borrado, modificación y de datos	Protege la sesión de agentes externos, lo cual provee una protección íntegra.
<b>Autenticación</b> La identificación asegurada del usuario, terminal o carrier.	Protege los recursos de los sistemas a través de la autenticación de los usuarios.
<b>Disponibilidad</b> Obtención de acceso al servicio y previene ataques.	Autenticación mutua entre el móvil y la red para la prevención de ataques a la red.

Tabla 2.10 Requerimientos de Seguridad dentro de la Red de CDMA2000® 1x

A partir de estos requerimientos de seguridad en CDMA2000® cuenta con las siguientes entidades dentro de la arquitectura de seguridad estas son:

- La *Home Network*, que constituye en el HLR/AC.
- El *Serving Network*, que se forma entre VLR- MSC/PDSN.
- La *Mobile Station*.

En ellas se presentan algoritmos de autenticación o validación y encriptación de la información, proporcionando las tres más importantes características que debe contar una red segura: privacidad, integridad y seguridad para el usuario. De esta manera mencionaremos algunos aspectos sobre encriptación de la información dentro de la red para su viaje.

#### a) Utilización de los Códigos Walsh

Durante el proceso que tienen los datos a través del aire, el usuario debe tener privacidad dentro de la red, para ello los Códigos Walsh realizan una parte de esta tarea, ya que permiten que mediante una cadena de bits, la información que es dirigida a un

solo usuario, sólo la pueda recibir y no otros usuarios de la red. Esto, sin embargo, no asegura que la información pueda tener modificaciones durante su trayectoria, así que se pueden aplicar algoritmos de encriptación que permitirán tener al suscriptor privacidad.

### b) Códigos de encriptación de los datos

La encriptación es la transformación de los datos hacia una forma inteligible denominado texto cifrado mediante un proceso matemático llamado algoritmo de cifrado. Este texto puede ser entendido por otra persona sólo si cuenta con la “clave” o llave que se utiliza para descifrar el texto.

Uno de los algoritmos que se utilizan en estas redes es el denominado AES (Advance Encryption Estándar) o Rijndael. AES es un sistema de cifrado por bloques, diseñado para manejar longitudes de clave y de bloque variables, comprendidas entre los 128 bits.

Es un algoritmo que se basa en aplicar un número determinado de rondas a un valor intermedio que se denomina estado. Dicho estado puede representarse mediante una matriz rectangular de bytes, que posee cuatro filas, y  $N_b$  columnas. Así, por ejemplo, si nuestro bloque tiene 160 bits como se ve en la siguiente tabla,  $N_b$  será igual a 5.

$a_{0,0}$	$a_{0,1}$	$a_{0,2}$	$a_{0,3}$	$a_{0,4}$
$a_{1,0}$	$a_{1,1}$	$a_{1,2}$	$a_{1,3}$	$a_{1,4}$
$a_{2,0}$	$a_{2,1}$	$a_{2,2}$	$a_{2,3}$	$a_{2,4}$
$a_{3,0}$	$a_{3,1}$	$a_{3,2}$	$a_{3,3}$	$a_{3,4}$

La llave tiene una estructura análoga a la del estado, y se representará mediante una tabla con cuatro filas y  $N_k$  columnas. Si nuestra clave tiene, por ejemplo, 128 bits,  $N_k$  será igual a 4, en la siguiente tabla.

$k_{0,0}$	$k_{0,1}$	$k_{0,2}$	$k_{0,3}$
$k_{1,0}$	$k_{1,1}$	$k_{1,2}$	$k_{1,3}$
$k_{2,0}$	$k_{2,1}$	$k_{2,2}$	$k_{2,3}$
$k_{3,0}$	$k_{3,1}$	$k_{3,2}$	$k_{3,3}$

El bloque que se pretende cifrar se traslada directamente byte a byte sobre la matriz de estado, siguiendo la secuencia  $a_{0,0}$ ,  $a_{1,0}$ ,  $a_{2,0}$ ,  $a_{3,0}$ ,  $a_{0,1}$ ,... , y análogamente, los bytes de la clave se copian sobre la matriz de clave en el mismo orden, a saber,  $k_{0,0}$ ,  $k_{1,0}$ ,  $k_{2,0}$ ,  $k_{3,0}$ ,  $k_{0,1}$ ,...

Siendo  $B$  el bloque que queremos cifrar, y  $S$  la matriz de estado, el algoritmo AES con  $n$  rondas queda como sigue:

1. Calcular  $K_0, K_1, \dots, K_n$  subclaves a partir de la clave  $K$ .
2.  $S \leftarrow B \oplus K_0$
3. Para  $i = 1$  hasta  $n$  hacer
4. Aplicar ronda  $i$ -ésima del algoritmo con la subclave  $K_i$ .

De esta manera, podemos tener bloques de datos encriptados bajo una llave de 128 bits, lo cual hace muy difícil la dicha información pueda ser copiada o modificada.

Además del AES, existen otros algoritmos de encriptación que utiliza CDMA2000 como son el SHA-1 (Secure Hash Algorithm), que se utiliza para encriptación de datos de información y señalización y para el proceso de autenticación; el RSA (Rivest, Shamir, Adleman) que cumple la misma función del AES, cifrar datos del usuario. Este algoritmo es una opción de los nuevos dispositivos móviles 3G que manejan la plataforma de QUALCOMM™ llamada BREW™.

En la figura se observan diferentes niveles de seguridad con los que cuenta la Red de Paquetes IS-2000, reconociendo niveles de encriptación, validación, encapsulamiento punto a punto y configuraciones de red (VPN).

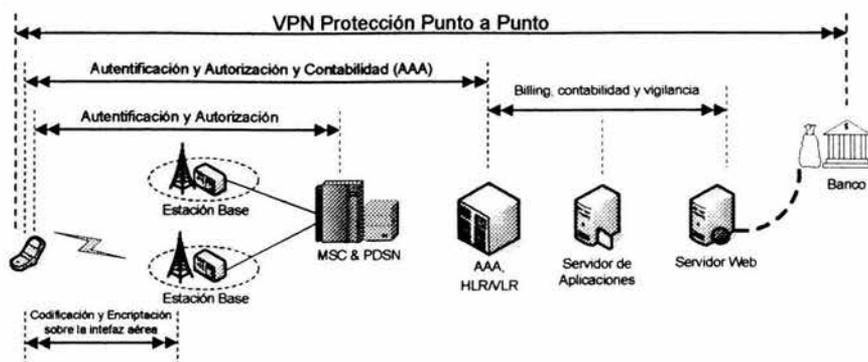


Figura 2.20 Niveles de seguridad dentro de los servicios y aplicaciones en 3G

# **Capítulo III**

**Interfaces para la transmisión de datos:  
Mobile IP y SMS**

### 3.1 *El uso de la Internet en las Comunicaciones Inalámbricas*

La telefonía celular e Internet son dos de las historias de crecimiento más importantes de los años 90's. El Internet ha unido estas dos tecnologías, creando toda una nueva área de servicio. En gran parte del mundo, la historia del Internet conserva aún su alto potencial pero el mensaje claro es que su aceptación será extensa y muy rápida.

Los servicios de Internet están siendo cada vez más populares en todo el mundo. El éxito de los servicios de mensajería de texto entre los usuarios es bien conocido y un conjunto cada vez mayor de servicios de noticias, información y comercio están extensamente disponibles en muchos países.

Internet no sólo es una red para consultar información, es mucho más. Aunque agrega indudablemente una nueva dimensión de movilidad a los servicios fijos de hoy, trata fundamentalmente de ofrecer conveniencia y comodidad al usuario. Es un canal de comunicaciones inmediato que conectará una amplia gama de aplicaciones y de dispositivos en nuestros hogares, oficinas de trabajo, escuelas, etcétera.

Ahora bien, la habilidad de Internet para escalar desde sus comienzos hace 20 años hasta ahora con un estimado de más de 30 millones de nodos conectados es debido a su robustez, escalabilidad e interoperatividad con la versión que se utiliza (Internet Protocol IPv4). La capacidad que tiene para expandirse sin comprometer su habilidad de enrutar los paquetes correctamente es uno de sus más grandes aciertos y puede ser directamente atribuido al funcionamiento de dicho protocolo. Así que describiremos de manera general la forma en la cual trabaja.

La plataforma proporciona a los usuarios separados geográficamente intercambiar mensajes en forma de voz, datos y video. Ocasionalmente, los dispositivos o nodos empleados por los usuarios para comunicarse a través de Internet están físicamente unidos y los mensajes pueden ser intercambiados directamente.

En la mayoría de los casos no existen vínculos directos y los paquetes tienen que atravesar varios nodos intermedios antes de alcanzar su destino final. Estos paquetes son capaces de alcanzar su destino debido a que los intermediarios cooperan con ellos y con otros enrutándolos y llevarlos hacia el nodo final. A estos intermediarios se les conoce como *routers*<sup>1</sup>.

De esta manera, la forma de enrutar la información sobre el Internet se basa en la dirección del nodo destino, lo cual, está íntimamente relacionado por como las direcciones son asignadas a los diferentes dispositivos de la dicha red. Cada nodo sobre Internet tiene una dirección IP única de 4 bytes. Dentro de estos 4 bytes, 3 pueden ser utilizados para identificar al nodo dentro de la subred. Dicha dirección es asignada dentro de un banco de direcciones conocidas para el administrador.

Por otra parte, el significado de a cualquier hora, en cualquier lugar y cualquier tipo de comunicación es abastecido por los avances en la tecnología de radiofrecuencia, la ven-

---

<sup>1</sup> Un router es una dispositivo de propósito general con la cual se transmiten los paquetes, no destinados por ellos, pero si a través de la red.

taja exponencial de dispositivos móviles y por los nuevos modelos de negocios que esperan y dependen de la disponibilidad de la información en instantes. La visión típica de un usuario siendo capaz de tener un acceso ininterrumpido a su mail, archivos personales y videoconferencias mientras se mueve entre localizaciones geográficamente diferentes, es una realidad.

“Los operadores móviles que agregan las capacidades de datos a sus redes pueden entregar nuevos servicios y aplicaciones a los suscriptores (mensajes cortos (SMS), comercio electrónico, correo electrónico, video, audio, etc.) generando nuevas fuentes de ingresos. Lo que hace esto posible es la migración hacia una red basada en IP. Durante esta transición, los operadores móviles utilizan simultáneamente su red para voz basada en la formación de un circuito y la red basada en una conmutación de paquetes y en IP para los servicios de datos”<sup>2</sup>

En general, los requerimientos de una red con Internet Móvil son los mismos que una red IP fija. Los actuales y emergentes requerimientos para un servicio flexible para las aplicaciones IP en un ambiente móvil son una consecuencia de las demandas tanto de los usuarios así como de la necesidad de los operadores por brindar mayores servicios a sus consumidores.

De esta forma, los usuarios demandan:

- Servicios que puedan ser adquiridos en serie.
- Aplicaciones que son fácil de usar y hechas a la medida de múltiples dispositivos.
- Seguridad en la identidad del usuario como en los datos
- Precio que no se basa en la cantidad de minutos que se encuentra el usuario en la Red IP.

Asimismo, los operadores necesitan:

- Una infraestructura de red y de servicios que sea modular y flexible.
- Una arquitectura que pueda utilizar tanto los clientes como los usuarios de empresas.
- Una infraestructura que pueda fiablemente y eficazmente manejar y tarificar el acceso debido a la gran variedad de fuentes de contenido y capacidades de servicio sin la necesidad de reinvertir en aquella.

Viendo hacia el futuro, IP será el protocolo de comunicaciones más utilizado a través de diversos dispositivos, no sólo limitado para las PC's.

---

<sup>2</sup> Cisco Systems, *Mobile Networks in Transition: The Mobile IP Solution White Paper*, pág. 1



Figura 3.1 IP sobretodo, sobretodo IP

### 3.2 La Necesidad de IP Móvil

“El potencial para el Internet Móvil está creciendo exponencialmente. Ahora, existen más de 200 millones que actualmente usan el Internet. Estadísticas indican que para el año 2004, cerca de 1 billón de personas estarán “online”. Con el crecimiento que ha dado Internet, permite que nuevas tecnologías como Internet Móvil emerja para alcanzar más de 300 millones de usuarios en el año 2004.”<sup>3</sup>

Esto ha permitido que el crecimiento de la actual transición (la adición de datos móviles y la capacidad de Internet Móvil a los servicios de voz), haga que se piense en una verdadera revolución en el mercado móvil.

A partir de la descripción anterior sería claro poner los puntos por los cuales es aparente la necesidad de Mobile IP cuando un nodo se encuentre conectado y éste cambia su punto de acceso conforme se mueve. Lo anterior, típicamente se debe a un cambio de su dirección IP. Si durante el curso de una sesión de datos, un nodo móvil se traslada a una diferente subred, por ejemplo, si se mueve entre una red alámbrica (Red Telefónica PSTN) y una red inalámbrica, aquellos nodos que quisieran comunicarse con ese nodo, ya no podrán realizarlo debido a que los paquetes serán enviados al antiguo punto de conexión a la red, y por tanto no se recibirán a consecuencia de que ahora se encuentra conectado a una diferente subred.

El problema reside en el propio direccionamiento. Veamos mejor este problema con un ejemplo en donde se pueden observar las limitaciones del actual estándar IP.

Cada dirección IP contiene tres tipos de información: la clase, el número de red y el número de host. Si consideramos la dirección IP 160.80.40.20. El 160.80 da la clase B, el número de red es 8272 y el número de host 10260 (40.20). Los enrutadores tienen información en sus tablas que indican la línea que corresponde a la red 160.80. Cuando llega un paquete con su dirección IP de destino de la forma 160.80.xxx.yyy, sale por esa línea.

Ahora bien, si cambiamos dicho dispositivo a un lugar lejano, los paquetes continuarán enviándose a su Red Local. Sin embargo, el propietario ya no podrá utilizar

<sup>3</sup> Al-Quliti, Khalid, *Mobile IP Overview with an implementation over CDMA2000 Packet Core Network*, pág. 3.

ciertas aplicaciones como simplemente revisar su correo electrónico. Dar otra dirección IP para asociarla a su nueva ubicación no parece muy interesante, ya que se tendría que informar a mucha gente, programas y base de datos sobre el cambio. IP no fue diseñado para dispositivos móviles.

Por otro lado, aunque es posible comunicarse con un nodo móvil el cual cambia su dirección IP mientras se mueve, es caro y viene con gran dificultad. Cada vez que un nodo adquiere una nueva dirección, todas las conexiones que fueron previamente abiertas con la antigua IP, tienen que ser cerradas y reiniciadas con una nueva dirección. De esta manera si el móvil cambia constantemente de célula, dicho proceso se tendría que realizar muy rápido, lo cual no es posible y por ello se analiza como un proceso poco factible para solucionar el problema de la movilidad en IP.

El objetivo fundamental para adoptar IP como protocolo y ofrecer la movilidad al usuario es *para permitir a un dispositivo mantener comunicación con su Red Local y otros nodos sobre Internet a pesar de su punto de acceso o mientras se mueve*. Sin embargo, existen otras razones para escoger IP y no otra nueva tecnología.

La primera razón es que a causa de la expansión, IP tiene la base instalada de las aplicaciones diseñadas para ello. Dicha base va desde bases de datos y conectividad de archivos hasta correo electrónico.

Las aplicaciones IP han transformado el estándar para redes de datos. Los usuarios esperan el mismo poder computacional, disponibilidad en las aplicaciones y capacidades en las comunicaciones de un móvil como si se refiriese a un sistema personal (PC). Entonces, para mantener la utilidad de las bases de aplicaciones instaladas se debe de conservar IP como protocolo de red.

En segundo lugar, las comunicaciones móviles no sólo incluyen comunicaciones entre host móviles, sino también con otros hosts. Para mantener la conectividad entre los nodos, se tiene la necesidad de preservar intacta la estructura del protocolo con el fin de que los nodos fijos puedan intercambiar información con los dispositivos móviles sin requerir algún cambio en la aplicación.

Ante las posibles opciones propuestas para lograr la movilidad de los nodos, el IETF (Internet Engineering Task Force) estableció un grupo de trabajo para llegar a la solución, concretando varias metas consideradas deseables. Las principales metas fueron las siguientes:

1. Todo host móvil debe ser capaz de usar su dirección IP base en cualquier lugar.
2. No se permiten cambios software en los hosts fijos.
3. No se permiten cambios software del enrutador ni a sus tablas.
4. La mayoría de los paquetes para los hosts móviles no deben desviarse en el camino.
5. No se debe incidir en carga extra cuando un host móvil este en su base.

En síntesis, la solución escogida consiste en que cada instalación que quiera permitir movilidad a sus usuarios debe crear un agente base. Cada instalación que permita visitantes debe crear un agente externo. Al llegar un host móvil a una instalación

externa, se pone en contacto con el host externo y se registra. Entonces el host externo se comunica con el host base del usuario y se le da la *dirección de auxilio* (care-off address).

A cualquier hora, en cualquier momento, para cualquier comunicación será transparente y robusto con Mobile IP. “El acceso a la red es asegurado todas las veces y de cualquier localización. Los recursos tanto locales serán accesibles, e-mail estará al alcance y ya no habrá alguna excusa para la carencia de productividad debido a la falta de conectividad”<sup>4</sup>.

### 3.3 Conceptos básicos para IP Móvil

En cualquier sistema que tenga acceso a la Internet, a los dispositivos se les asigna una dirección IP. El Internet Protocol fue introducido en los años 70's y ahora se ha convertido en un mecanismo estándar para las redes tanto móviles como fijas. Así, dentro de una configuración IP debemos conocer algunos conceptos que se utiliza el protocolo. Entre dichos conceptos se encuentran:

- **Dirección IP**

Una dirección IP es la dirección de un dispositivo o adaptador de red sobre ésta. Esta dirección únicamente identifica el dispositivo que es adjuntada a esa red y permite a otros dispositivos comunicarse con éste.

La dirección IP consiste de cuatro bytes, conocidos como octetos. En la versión de IP (IPv4), cada octeto puede tener un valor entre 0 y 255, en donde existen varias reglas para que la dirección sea válida. Una dirección típica IP será de la forma 123.123.123.123.

Ahora bien, se puede realizar una analogía como por ejemplo cuando se envía una carta a una dirección específica, la cual podría ser escrita como: país.estado.ciudad.domicilio.

- **Encabezados IP (IP headers)**

Los datos enviados sobre una red IP viajan en forma de paquetes y cada uno lleva información extra agregada a los datos de información. El encabezado IP tiene información acerca del paquete, incluyendo la dirección IP del dispositivo fuente, la del dispositivo destino y el tamaño del paquete.

La información contenida en el encabezado es importante cuando proviene del enrutamiento de los paquetes a través de una red IP al dispositivo correcto.

Continuando con la analogía postal, el encabezado IP es similar al sobre en la cual la carta es enviada. La carta son los datos pero se encuentra dentro de un sobre que posee la información acerca de la dirección del remitente y destino, la fecha, entre otras cosas.

<sup>4</sup> Chen, Yi-an, *A Survey Paper on Mobile IP, White Paper*, pág. 2

▪ **Clasificación de las direcciones IP**

Para proveer la flexibilidad requerida para soportar diferentes tamaños de redes, los diseñadores decidieron que IP sería dividido en 3 clases de direcciones: Clase A, Clase B y Clase C. Cada clase fija la frontera entre el *prefijo de red* y el *número de host*<sup>5</sup> en un diferente punto dentro un conjunto 32 bits.

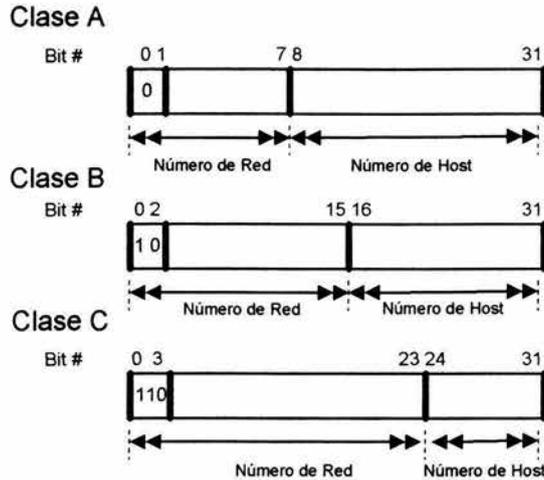


Figura 3.2 Configuración de las Clases de Dirección IP

En la *clase A*, las direcciones tienen un prefijo de red de 8 bits y 24 para el número de host. Define un máximo de 126 redes ( $2^7-2$ ) y soporta un máximo de 16,777,214 hosts ( $2^{24}-2$ ) por red. De esta forma cada bloque de la clase posee un total de  $2^{31}$  (2,147,483, 648) direcciones.

Por otro lado, en la *clase B* se cuenta con un prefijo de 16 bits, con 16 bits para el número de host. Ocupa un máximo de 16,384 ( $2^{14}$ ) para el direccionamiento de las redes y en donde se puede definir un cantidad de 65534 ( $2^{16}-2$ ) nodos por red. Así que el bloque de direcciones contiene un número de  $2^{30}$  (1,073,741,824).

La última clase, la *clase C* asigna 24 bits para el prefijo de red, seguido de 8 bits para el número de host. Aloja un máximo de 2,097,152 ( $2^{21}$ ) redes que pueden ser definidas con 254 ( $2^8-2$ ) nodos. El bloque tiene total de  $2^{29}$  (536,870,912) direcciones.

De manera que el rango dentro de cada clase se tiene de la siguiente forma:

Clase de Dirección	Rango en la Notación y Asignación de la IP
A (/8)	1.xxx.xxx.xxx hasta 126.xxx.xxx.xxx
B (/16)	128.0.xxx.xxx hasta 191.255.xxx.xxx
C (/24)	192.0.0.xxx hasta 223.255.255.xxx

Tabla 3.1 Rangos de acuerdo a la Clasificación de la Dirección IP

<sup>5</sup> El prefijo de red es la parte de la dirección IP que identifica a la red en la cual el nodo o host pertenece, mientras que el Número de Host identifica a un determinado nodo en la red.

#### ▪ *Dirección IP Estática*

Una dirección IP estática es aquella dirección que nunca cambia y es programada dentro del dispositivo o adaptador de red. Un administrador de red editará las propiedades IP de sus dispositivos y manualmente colocará la dirección correspondiente para éste.

La IP estática es como ser dueño de tu casa. La dirección es tuya y nunca cambiará siempre y cuando vivas ahí.

#### ▪ *Dirección IP Dinámica*

Cuando un usuario se conecta a la red, se le asigna una dirección IP temporal al dispositivo dentro de un banco de direcciones. Esta dirección temporal recibe el nombre de dirección IP dinámica.

El dispositivo recibe sólo una dirección dinámica y la mantiene mientras se encuentra conectado a la red o por un cierto periodo de tiempo especificado. Una vez que el usuario se desconecta o expira su tiempo, la dirección IP que le fue dada regresa a la pila de direcciones IP disponibles donde se le puede dar a otro usuario.

En contraste a una dirección estática en donde eres propietario de tu casa, una dirección dinámica IP es similar a rentar una casa o permanecer en un hotel. Nunca eres propietario de la dirección, pero siempre y cuando pagas el alquiler, tu correo puede ser entregado a dicha dirección.

#### ▪ *Dirección IP Móvil*

La proliferación de dispositivos inalámbricos como los teléfonos celulares permite a los usuarios tener una red móvil. Donde un usuario permanece conectado a una red aunque su punto de acceso a Internet puede cambiar.

Por ejemplo, si una computadora fue conectada a Internet mediante un modem inalámbrico a una radiobase, es importante que su dirección IP no cambie aún cuando la computadora se desplace hacia un área que tiene cobertura de una torre diferente. Ahora bien, si fue conectada a una nueva radiobase, pero su IP cambió en el proceso, ya no sería capaz de recibir más datos que fueron enviados a su antigua dirección.

Mobile IP es un sistema diseñado para resolver este problema dando al usuario 2 direcciones, la *dirección local* (Home Address) y la *dirección de auxilio* (Care-of-Address). La dirección local es una única (que puede ser estáticamente o dinámicamente asignada), localizada sobre la red local del usuario, mientras que la dirección de auxilio es una dirección IP nueva que cambia cada vez que el usuario se conecta a la red y marca la localización de su conexión.

En una analogía con el correo, una dirección IP móvil es como tener una caja en la oficina postal y un servicio de envío. Todo el correo es entregado a una dirección conocida aún cuando te encuentres de un lugar a otro. La oficina postal puede enviarte

el correo a tu dirección de residencia actual. Para esto, se debe informar a la oficina postal cada vez que exista un cambio de residencia.

En la figura podemos observar el uso de Mobile IP sobre una red permitiendo a los usuarios tener una sola dirección IP (en la figura se puede observar que es 10.10.10.10) que hace que el usuario se encuentre permanentemente conectado a su Red Local, aunque pueda estar atravesando por diferentes puntos de conexión y cambie su dirección IP (en la figura se observa que cambia de 11.11.11.11 a 12.12.12.12).

Para el usuario final y la aplicación, parece que el móvil tenga una dirección no cambiante durante la sesión.

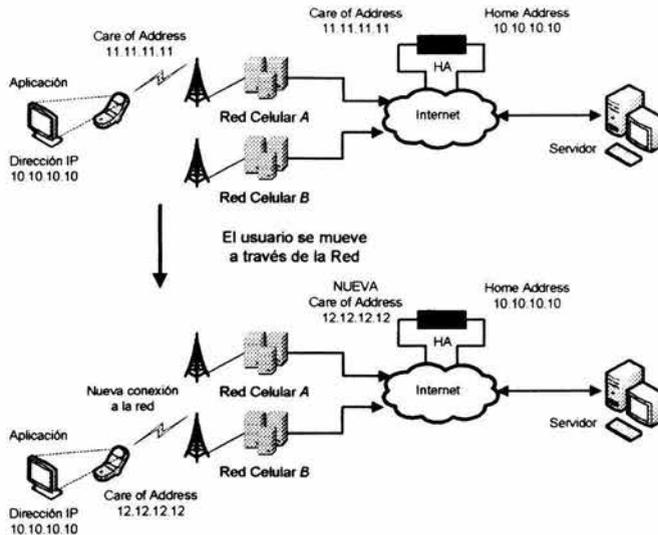


Figura 3.3 Manejo de las direcciones dadas a un móvil: Home Address y Care-of-Address

### 3.4 Funcionamiento de Mobile IP

Mobile IP es un protocolo que busca mantener la conexión aunque el usuario cambie su punto de acceso en la red. El problema es que cuando el usuario tiene la posibilidad de cambiar su punto de acceso, éste debe cambiar su IP, obtener una nueva y validarla dentro de la nueva subred. Este cambio de dirección provoca la finalización de todas las conexiones existentes, debiendo reiniciar cada una con la nueva dirección.

Para solucionar este inconveniente, Mobile IP permite utilizar dos direcciones. De esta manera, el móvil será capaz de mantener activas las conexiones establecidas a pesar que cambie su punto de acceso.

En primer lugar, se define una dirección llamada *home address* (HA-IP) que es la dirección original asignada al móvil para tener acceso a Internet. Esta dirección es fija y está asociada únicamente al móvil. Su asignación es de la misma forma que un ISP (Proveedor de Servicios de Internet) dándole una dirección de clase C.

En segundo lugar, existe una dirección IP que será asignada dinámicamente al móvil a medida que éste cambie de punto de acceso. A dirección se le denomina *care-of-address* (CoA).

Una ventaja primordial de IP Móvil es que no contribuye a la proliferación de nuevas direcciones IP (frena el problema de escasez de direcciones de IPv4), ya que asigna a cada MS una única dirección IP en todo momento.

Ahora bien, dentro de la arquitectura que maneja Mobile IP existen dos entidades encargadas de asignar y manejar estas dos direcciones IP. La primera es el Home Agent (HA), que se encuentra supervisando la subred del usuario o Home Network (HN). Será el encargado de manejar los mensajes que tengan por destino al móvil y su encapsulamiento con la CoA asociada.

En segundo lugar, se define un Foreign Agent (FA), que es el encargado de la subred ajena a la del móvil en estudio, Foreign Network (FN). Este agente es el responsable de manejar los mensajes que tengan por destino al móvil visitante, al igual de realizar los servicios de movilidad cuando se encuentra en roaming.

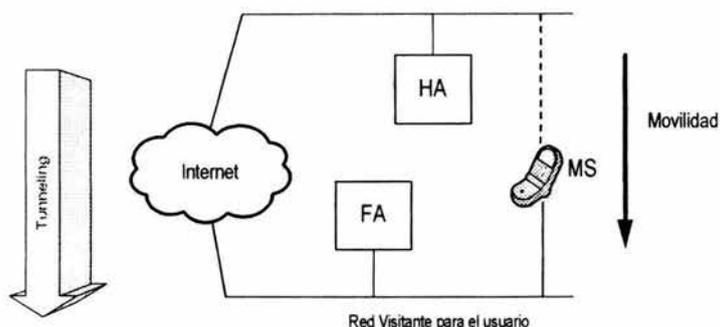


Figura 3.4 Agentes que participan dentro de Mobile IP

Como descripción general, Mobile IP opera de la siguiente manera:

Si un móvil se encuentra en su red local, el HA se encargará de recibir los paquetes IP y entregarlos finalmente al móvil. Si el móvil cambia de subred a una externa (FN), el FA se encargará de entregar los paquetes que tienen por destino al móvil. Estos paquetes serán enmascarados por el HA con la dirección CoA que tendrá temporalmente, viajarán a través de la red como paquetes IP normales y llegarán a la FN correspondiente, el cual los desenmascarará y entregará al móvil.

Una vez obtenido una nueva CoA, se registra esa dirección con su Home Agent. Este registro es llevado por las siguientes razones: Un nodo que se ha movido a una nueva Red Visitante y por lo tanto necesita registrar una nueva care-of-address; un nodo necesita desregistrarse de su antigua CoA con su HA cuando regresa a su Red Local; o cuando un móvil necesita volver a registrarse con el HA porque su registro previo expiró.

La descripción anterior opera gracias a que la dirección HA-IP del móvil está asociada a su correspondiente HN, por lo que cualquier paquete que tenga por destino esta

dirección, será enrutado hacia la Red Local. En esta red, el HA estará siempre verificando los paquetes que tengan por destino alguno de los móviles..

Cuando el HA recibe uno de estos paquetes verifica en sus tablas de ruteo si la dirección destino HA-IP se encuentra presente o no en la HN. Si es así, el HA entregará el paquete al móvil correspondiente, en otro caso, es decir cuando la HA-IP está asociada con una CoA, el HA lo enmascarará simplemente generando un nuevo paquete el cual contendrá en la parte de datos el paquete original y como dirección destino la correspondiente CoA. El FA estará realizando la misma operación que el HA, por lo que cuando recibe este paquete verifica en sus tablas a quien corresponde ese mensaje, desenmascarándolo y entregándolo directamente al móvil.

El proceso inverso, es decir cuando el móvil envía información hacia la red es más simple, ya que el móvil generará los paquetes con la dirección IP destino deseada, remitiéndolos con su HA-IP.

Dado lo anterior veremos el comportamiento del protocolo dentro de CDMA2000<sup>®</sup> 1x, analizando los procesos que lleva un handset para poder comunicarse dentro de Internet y poder proveer los servicios ya ampliamente explicados.

### **3.4.1 Funcionamiento de Mobile IP dentro de la red de CDMA2000 1x**

Las redes de Tercera Generación están evolucionando rápidamente hacia todo-IP. El objetivo de implementar *Mobile IP* sobre una red celular *CDMA* es el de poder brindar el servicio de datos además del servicio de voz utilizando la misma infraestructura de la Red Celular.

Para integrar ambos servicios se busca modificar de forma mínima los equipos instalados, esto para reducir costos y permitir un grado de escalabilidad de la propuesta (se asume una red celular ampliamente difundida y en operación).

#### **3.4.1.1 Descripción de los agentes**

Si se considera la descripción general realizada del Sistema Celular que se explicó en el Capítulo II, se aprecia que existe un grado de jerarquía en los equipos instalados para tal fin, de esta manera, se describirán las entidades necesarias para soportar *Mobile IP*.

El estándar, es entendido como un documento que claramente especifica diferentes nodos y sus relativas áreas de responsabilidad para encargarse de la entrega del servicio de paquetes de datos y el manejo de la movilidad. El estándar define:

- La interfaz RP<sup>6</sup>, la cual consisten en el controlador BSC y el PCF, éste representa el punto de conexión con el Packet Core Network de CDMA2000<sup>®</sup>.
- El Packet Data Service Node (PDSN).

<sup>6</sup> La interfaz R-P (Radio-Packet) define 2 canales lógicos: A11 para señalización y el A10 para datos. Los datos de MS son encapsulados y transmitidos de un medio seguro al PCF dentro del BSC al PDSN, donde es desencapsulado y más tarde procesado.

De esta forma para implementar el servicio de *Mobile IP* en la estructura de la red celular *CDMA*, es necesario mencionar componentes de ésta, así, el *PCF* (*Packet Control Function*), es la unidad responsable de recibir datos desde el móvil de forma inalámbrica y dirigirlos a una unidad superior, que será el *FA*.

El *PDSN* (*Packet Data Serving Node*), es la encargada de interconectar la información proveniente del *PCF* y dirigirla finalmente a Internet en forma de paquetes.

Además de estas dos entidades dentro *CDMA2000*<sup>®</sup>, el *HA* (*Home Agent*) y *AAA* (*Authorization, Authentication and Accounting*) finalizan la trayectoria entre el móvil e Internet.

Por su parte, el *HA* es la unidad que recibe toda la información proveniente del *MS* o del Internet, además, lleva el proceso de encapsulación de los paquetes y es el inicio del transporte seguro o tunneling. Mientras tanto, el *AAA* se implementa por la necesidad de tener un sistema de autenticación y tarificación, con el cual se trata tener mayor seguridad en validar al usuario el acceso a la red y en el proceso de contabilidad del tráfico generado dentro de la red.

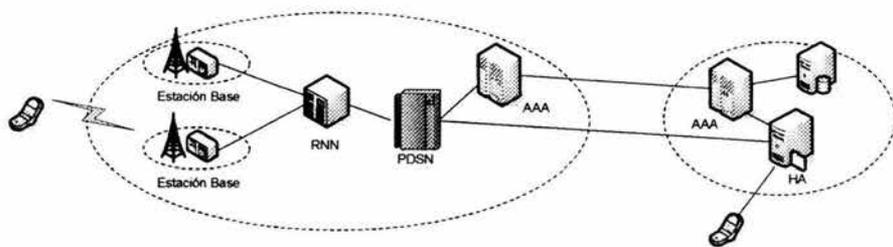


Figura 3.5 Red Mobile IP en CDMA2000<sup>®</sup>

### 3.4.1.2 Procesos de Mobile IP en CDMA2000<sup>®</sup>

Dentro del protocolo existen 3 procesos con los cuales un handset accede a los paquetes de información provenientes de Internet y de manera inversa. Estos son:

- Descubrimiento del Agente.
- Proceso de Registro de la dirección CoA.
- Tunneling y Encaminamiento.

#### 3.4.1.2.1 Descubrimiento del Agente

Procedimiento utilizado en IP Móvil mediante el cual un MS determina si se encuentra conectado a su Red Local o a una Red ajena, si se ha desplazado de un enlace a otro, y también para obtener una dirección de auxilio cuando se encuentra a una Red externa.

Antes de proceder a analizar el proceso de registro de una CoA, veremos la asignación de una dirección fija que se le asigna al MS dada por el Home Agent (Home Address HA-IP).

En el estándar, un MS puede pedir la asignación de una dirección dinámica o de su Home Address. En la siguiente tabla se observa la manera en que un MS recibe una dirección por parte del HA. Los escenarios planteados se mencionan a continuación.

Escenarios	Tipo de petición	Home Address	Home Agent Address
Escenario 1	Dinámica	0.0.0.0	255.255.255.255 o 0.0.0.0
Escenario 2	Semiestática	x.x.x.x	255.255.255.255 o 0.0.0.0
Escenario 3	Semiestática	0.0.0.0	y.y.y.y
Escenario 4	Estática	x.x.x.x	y.y.y.y

Tabla 3.2 Asignación de la Dirección Local por parte del HA en Mobile IP

Escenarios	Descripción
Escenario 1	Es para una asignación de una Home Address dinámica y una asignación dinámica del HA.
Escenario 2	En este escenario, el servidor local asignará una apropiada HA al MS.
Escenario 3	Corresponde a una asignación de una Home Address dinámica y una asignación estática del HA.
Escenario 4	Es para un registro de una Home Address y HA estáticos.

Tabla 3.3 Descripción de los Escenarios en la asignación de la Home Address en Mobile IP

#### 3.4.1.2.2 Proceso de registro de la dirección Care-of-Address

Ya definidas las unidades que se encargarán de administrar y manejar el traspaso de información entre la zona inalámbrica y cableada del enlace, se describirá la forma de operar cuando se debe registrar un móvil con su respectiva CoA.

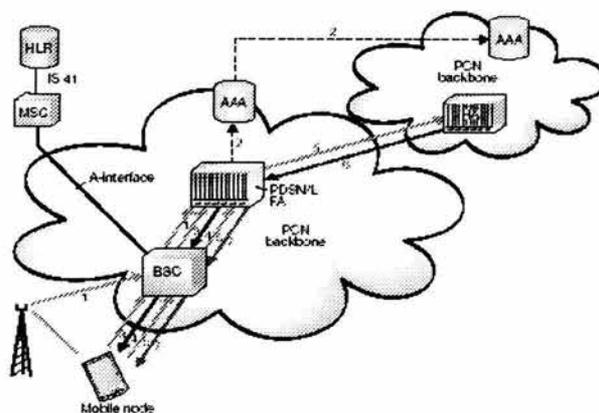


Figura 3.6 Petición y registro del MS y su CoA

Para el proceso de registro para una sesión de datos utilizando Mobile IP se realiza lo siguiente:

- a) El Mobile Station se dirige hacia una nueva ubicación y envía una petición de registro a la Base Station para especificar una sesión de datos.
- b) El Packet Control Function determina si no existe alguna conexión en la interfaz A10 asociada con el MS e inicia una conexión A11 para señalización al PDSN para establecer la A10.
- c) El Mobile Station negocia el protocolo de control del enlace, es decir, la sesión PPP con el PDSN para establecer la sesión de datos.
- d) El Home AAA envía un mensaje de aceptación a través del AAA visitante al PDSN.
- e) El enlace PPP es establecido.
- f) El MS envía una solicitud al PDSN/FA buscando un Foreign Agent disponible.
- g) El FA responde con un aviso, diciendo que se encuentra disponible.
- h) El móvil crea una petición de registro Mobile IP, especificando un Foreign Agent que puede ocuparse con su Care-of-Address y transmitiendo la petición a través del FA al HA.
- i) El Foreign Agent procesa la petición y lo regresa al Home Agent.
- j) El Home Agent procesa la petición y responde con una respuesta positiva al registro. Este también actualiza sus tablas con la nueva Care-of-Address del MS.
- k) El FA procesa la respuesta, actualiza su lista de visitantes con una nueva entrada para el Mobile Station y transmite la respuesta a éste.

De esta forma termina el proceso de registro y lleguemos así al último proceso dentro de Mobile IP, que es el proceso de tunneling y encapsulamiento.

### ***3.4.1.2.3 Encaminamiento de paquetes y Tunneling***

#### ***3.4.1.2.3.1 Encaminamiento paquetes***

El Encaminamiento de Paquetes se refiere al proceso de traslado de los paquetes desde su dirección IP de origen hasta la dirección IP de destino en función de la situación del MS. Dicha situación dependerá de la conexión del MS y para ello se puede distinguir dos opciones: El handset se encuentra conectado a su Red Local y la segunda se refiere a que éste se encuentre en una Red Externa.

Si el MS se encuentra en su Red Local, entonces se desempeña como un nodo fijo, entonces el enrutamiento o encaminamiento de los paquetes es similar que si se tratase de un nodo convencional conectado a una Red IP. Por otro lado, si el MS se encuentra en una Red Externa y además los paquetes se dirigen hacia él, en este caso se necesita que los paquetes sean encapsulados desde la Red Local, lo que se modifica es la incursión de un nodo intermedio antes de llegar al destino. Este nodo intermedio será el encargado de desencapsular el paquete y enviarlos al destinatario final.

Para el envío de un paquete, las siguientes operaciones son efectuadas en el enrutamiento de la información:

- Un router de la Red Local, que es el Home Agent, es el encargado de avisar que existe una conexión hasta el prefijo de red equivalente al de la dirección local del

Mobile Station. En otras palabras, todo paquete que se destina al móvil es encaminado hacia su Red Local y es recibido por el HA.

- El HA recibe el paquete destinado al MS y consulta en su entrada la lista que mantiene de movilidad para obtener las direcciones de auxilio (Care-of-Addresses CoA) que tiene registradas.
- El Home Agent envía una copia del paquete, encapsulándolo, hacia cada Care-of-Address a través de túneles (proceso de tunneling). Antes de enviar el paquete por el túnel se procede al encapsulamiento cuya dirección de destino es la CoA.
- Finalmente, para cada Dirección de Auxilio se extrae el paquete original y es entregado al MS.

Ahora bien, existe otra posibilidad en la cual el Mobile Station se encuentra alojado en una Red Externa, pero ahora el origen de los paquetes es un móvil, debe encontrar una ruta o un sistema (router).

Si el MS se encuentra en una Red ajena y los paquetes parten desde el MS entonces debe de encontrar un router que le de salida a estos paquetes, en donde generalmente es el mismo FA y será el encargado de darle un camino seguro a todos los paquetes que el Móvil envíe hacia la Red IP.

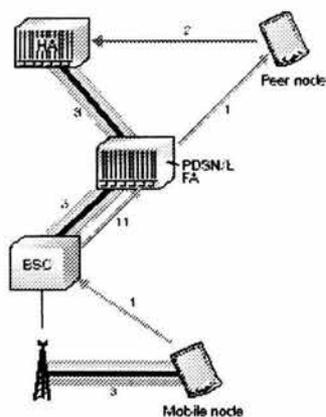


Figura 3.7 Proceso encaminamiento de los paquetes en Mobile IP

### 3.4.1.2.3.2 Tunneling

Cuando se van a enviar los paquetes desde el Home Agent al Foreign Agent es necesario su encapsulamiento o tunneling de manera que se modifica el enrutamiento habitual, siendo entregado a destinatarios intermedios distintos de los que vienen indicados en el campo de la Care-of-Address de la cabecera IP.

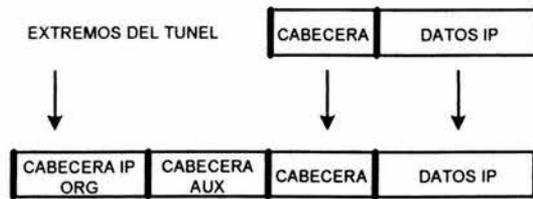


Figura 3.8 Proceso de Encapsulamiento en Mobile IP

Una vez que el paquete encapsulado llega a estos nodos intermedios se desencapsula, lo que da lugar al paquete original IP. Este paquete es el que será entregado al destino y que viene indicado en el campo de la cabecera mencionada anteriormente.

De esta forma, el proceso de Tunneling consiste en el proceso de inserción de un paquete IP dentro de otro paquete IP o de otro tipo. En donde el encapsulado viaja a través del túnel el cual se encuentra definido dentro de la Red de Tránsito (Internet). Con ello Tunneling se define al proceso de encapsular y desencapsular los paquetes.

El esquema siguiente nos da una idea de la manera en la cual trabaja dicho proceso:

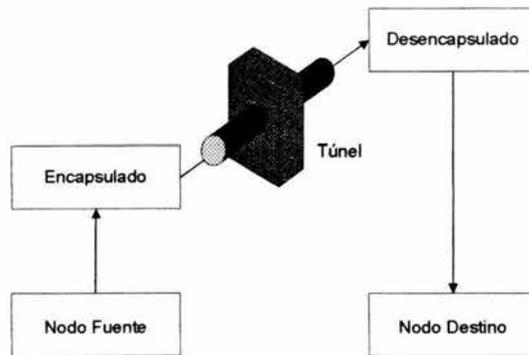


Figura 3.9 Proceso de Tunneling

Como se puede observar el punto de entrada al túnel es el Nodo Encapsulador y el punto de salida el Nodo Desencapsulador. El mismo túnel puede ser utilizado por muchos pares fuente-destino.

En otras palabras, el paquete, resultado de ese proceso, es enviado a un nodo intermedio entre el nodo original y el nodo destino final via VPN. La VPN es una red en donde se asegura la privacidad de que los paquetes que viajen a través de una Red Pública, sólo sean conocidos por los agentes asociados con dicha red, evitando de esta manera a que tercero. Dicho proceso será descrito más adelante.

Actualmente, existen técnicas de encapsulado dentro de una Red IP, las cuales son útiles para realizar las diferentes transmisiones e incluso llevar a cabo operaciones de seguridad y privacidad en Internet. A continuación se presentan los tipos de encapsulado que el Home Agente HA emplea para enviar los paquetes a través de los túneles y que lleguen a su destino final.

### 3.4.1.2.3.2.1 Encapsulado IP-in-IP

Consiste en la inserción de una cabecera IP adicional antes de la cabecera propia del paquete inicial. Como se ilustra, se insertan otro tipo de cabeceras (auxiliares) que permiten proteger el paquete original durante el túnel para medidas de seguridad.

La cabecera exterior contiene información sobre los extremos del túnel. La cabecera interior contiene información sobre los nodos origen y destino del paquete inicial, siendo imposible su modificación.

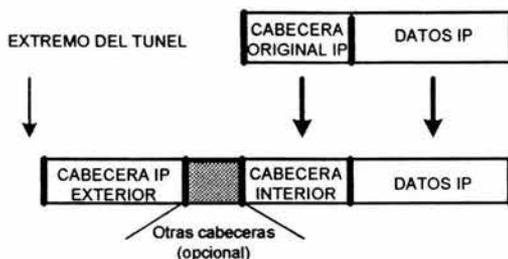


Figura 3.10 Encapsulamiento IP-in-IP

Los campos del encabezado de encapsulación son:

- La versión del protocolo usado (IP versión 4 IPv4 ó versión 6 IPv6).
- La dirección fuente y la dirección destino.

### 3.4.1.2.3.2.2 Encapsulado GRE para CDMA2000<sup>®</sup> 1x

Es el protocolo de Encapsulación de Enrutamiento Genérico. Al igual que los protocolos de túnel antes mencionados, se utiliza para definir una VPN.

GRE se encarga del encapsulamiento de datos para enviarlos al túnel mas no crea dichos túneles, de eso se encarga el protocolo PPTP (Point-to-Point Protocol Tunneling).

Es el tipo de encapsulación más flexible ya que permite su operación en cualquier tipo de paquete, incluidos los paquetes IP. También puede ser usada para direccionar paquetes de múltiples aplicaciones (multicast) sobre redes que no son siempre compatibles.

El formato del paquete GRE aparece el siguiente esquema

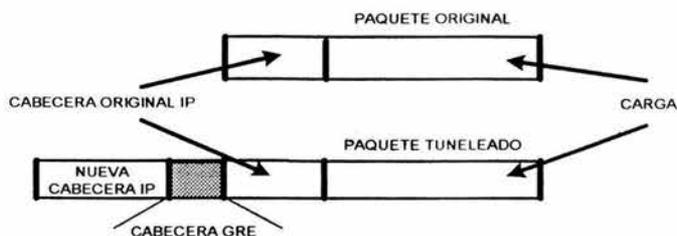


Figura 3.11 Encapsulamiento mediante GRE para CDMA2000

### 3.5 Simple IP y Mobile IP

Dentro del estándar realizado por la 3GPP2, estipula dos maneras con las cuales un usuario puede acceder a la red de Internet y que de acuerdo a sus especificaciones, dependerá mucho de la movilidad que pueda tener el usuario en la Red de Paquetes.

En el caso de las redes de CDMA2000<sup>®</sup>, Mobile IP permite a un dispositivo cambiarse entre varias redes IP diferentes mientras mantiene una “dirección IP virtual” (Home Address), de ahí la movilidad de IP, ya que cuenta con dos tipos de direcciones: una fija home address y la otra que es dinámica care-of-address.

A partir ello, existen dos servicios que proveen la transmisión paquetes a los que tienen diferente acceso un usuario: Simple IP y Mobile IP.

Simple IP se refiere al método de acceso en el cual el usuario le es asignado una dirección IP dinámica desde un proveedor del servicio. El usuario puede mantener su IP dentro de la misma área geográfica de la red. Cuando se mueve fuera de esa área, no será capaz de sostener dicha dirección.

La arquitectura de esta configuración se muestra en la figura, en donde vemos las entidades que están dentro del estándar y su respectiva configuración. Se muestra que en la arquitectura de Simple IP, Home Agent no es necesario, pero la interacción con el AAA Server no se pierde.

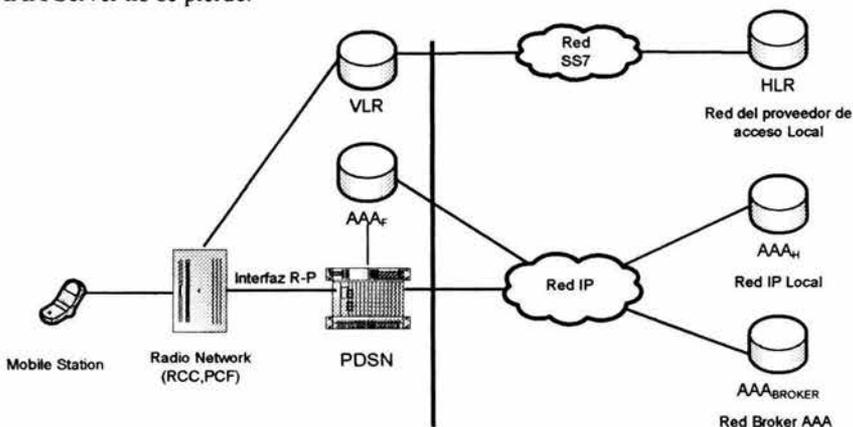


Figura 3.12 Arquitectura para Simple IP

Mientras tanto Mobile IP (MIP) es el método de acceso basado en el RFC 2002 (Mobile IP). El usuario puede tener o una dirección estática o una dirección IP dinámica (Home Address) perteneciente a su Red IP Local. La cual será capaz de mantener aún cuando se mueva a largo de la red e incluso de otra. Para ello se basará en otra dirección que asignada por el FA, care-of address, con la cual la Red Local envíe los paquetes.

En la figura se muestra la arquitectura de Mobile IP dentro de CDMA2000<sup>®</sup>

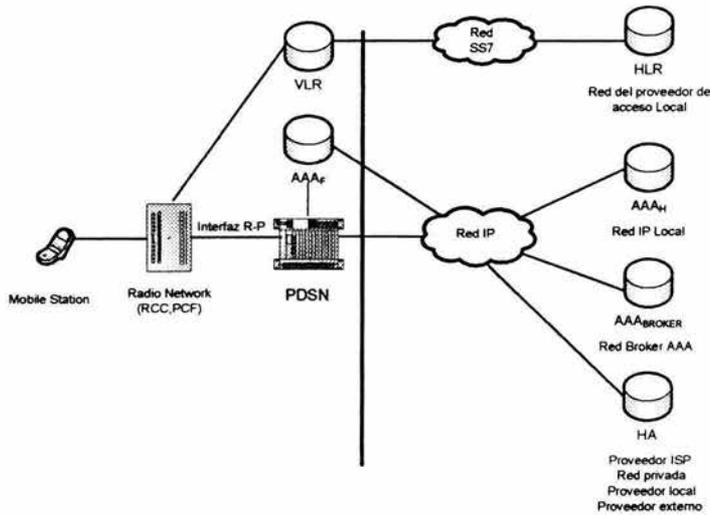


Figura 3.13 Arquitectura para Mobile IP (MIP)

En CDMA2000<sup>®</sup> constantemente se usa Mobile IP para movilidad, pero en ocasiones, se utiliza otro método de acceso como Simple IP. Este método es usado sólo si la MS permanece o hace roaming dentro de una PDSN, sin embargo, Mobile IP es empleado para roaming entre PDSN's. (proporcionando una mayor movilidad).

	Simple IP	Mobile IP
Movilidad	Dentro de una PDSN	Entre múltiples PDSN's
Estándar	3GPP2	IETF
Complejidad	Simple	Complejo

Tabla 3.4 Requerimientos para el acceso al Internet en CDMA2000<sup>®</sup>

### 3.6 Proceso de Handoff en Mobile IP

En el manejo de la movilidad se definen 2 tipos de escenarios para el roaming. El primero de es el proceso de handoff PCF-PCF o intra PDSN, en el cual el Mobile Station se traslada de una BSC a otra y ambas BCS's son conectadas al mismo PDSN. Este tipo de handoff no podría llevarse a cabo con la negociación de una nueva sesión PPP.

Ahora bien, en el otro tipo de handoff, PDSN-PDSN o inter-PDSN, el MS puede ir hacia una nueva red mediante una diferente PDSN. En este caso, el handset requiere establecer un nuevo enlace PPP con la nueva PDSN y entonces realizar el registro MIP nuevamente.

#### 3.6.1 Handoff Intra-PDSN o PCF-PFC

La movilidad en la arquitectura de la red de Mobile IP es llevada a cabo mediante handoff. Cuando se realiza entre PCF's con conectividad a la misma PDSN, éste último se está utilizan antes, durante y después del proceso.

La función de mantenimiento de movilidad de la capa de enlace es usada para manejar el cambio del punto de acceso de la sesión R-P (interfaces A10 y A11) mientras se mantiene la sesión PPP y la dirección IP. El punto de acceso de la sesión R-P es el PDSN. Cuando un MS se mueve de una PCF a otra, una nueva conexión R-P entre PCF destino y la actual PDSN es establecida para cada instancia de servicio de paquetes de datos.

En este tipo de handoff se encuentran involucrados:

- La selección de la PDSN.
- Establecer una nueva sesión R-P.
- Cancelar la previa sesión R-P.

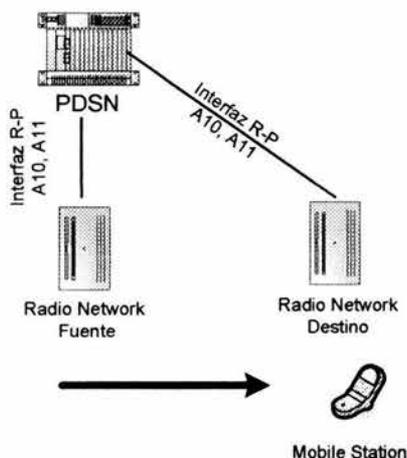


Figura 3.14 Intra PDSN Handoff

El PCF Destino hace una petición para una nueva sesión R-P. Si el PDSN seleccionado es la misma PDSN que se utiliza para el MS, entonces el PDSN manda una actualización de la sesión previa.

Durante un handoff PCF-PCF, la selección del mismo PDSN es dando prioridad para mantener la existente sesión PPP entre el PDSN y el MS. El PDSN soporta una baja latencia en el handoff PCF-PCF por el envío bidireccional de datos al PCF destino y al PCF previo mientras el Mobile Station lleva a cabo un handoff activo.

Cada PCF es únicamente reconocido por un identificador de acceso. En el handoff, el nuevo PCF lleva a cabo una selección del PDSN y transmite los identificadores para la disponibilidad del RN y del PDSN seleccionado. De esta forma, el PDSN lleva a cabo la renegociación de la sesión PPP con el MS y nuevamente el registro de Mobile IP.

### 3.6.2 Handoff Inter-PDSN o PDSN-PDSN

Para Simple IP, no hay movilidad detrás de un área de cobertura del PDSN, por lo tanto no existe un handoff durante dicho acceso. Por otro lado, en Mobile IP provee una función de mantenimiento de movilidad en la capa IP que mantiene la dirección IP a través de los PDSN's, de esta forma el MS se registra con su respectivo HA.

El enlace PDSN-PDSN para soportar el proceso de handoff es llamado interface P-P<sup>7</sup>. Esta interfaz es usada para mantener la sesión PPP. Esto permite que la sesión continúe, por tanto, reduciendo el tiempo de la interrupción del servicio.

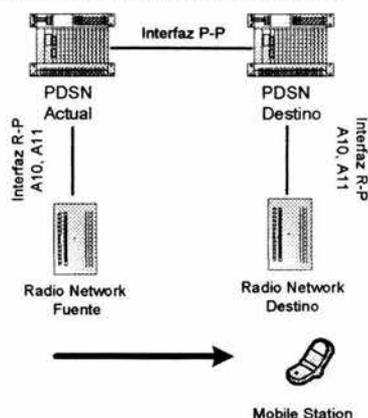


Figura 3.15 Proceso de Handoff Inter PDSN

El tráfico recibido en la PDSN en servicio es encapsulado a través de la conexión P-P a la PDSN destino. Entonces éste mismo transmite el tráfico al handset sobre la conexión R-P correspondiente. El tráfico que recibe por parte de la MS es encapsulado a través de la interface P-P desde el PDSN destino a la PDSN en servicio. Así el PDSN entonces transmite el tráfico a la red externa.

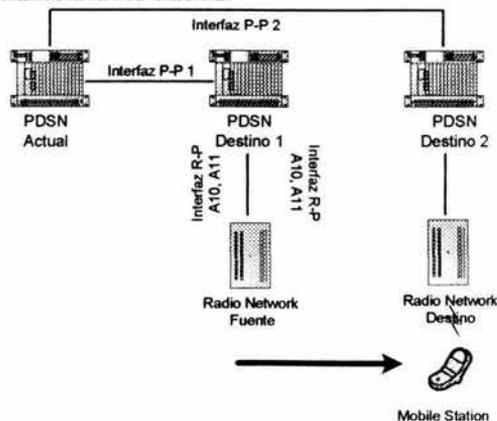


Figura 3.16 Proceso de Handoff Inter PDSN

<sup>7</sup> Es la interface que se realiza entre la PDSN Destino con la PDSN Actual o en Servicio para llevar a cabo el proceso de handoff.

Si el handoff es soportado, el inter-PDSN para Mobile IP involucra:

- El establecimiento de la conexión P-P para cada conexión R-P asociada a la PDSN destino y la continuación de la actual sesión PPP sobre el PDSN en servicio.
- El establecimiento de una nueva sesión PPP para el PDSN destino cuando el MS se transforma en durmiente o la MS renegocia la sesión PPP.
- Eliminar la conexión asociada interface P-P mientras la nueva sesión PPP está siendo establecida en el PDSN destino.
- Detección de un nuevo FA mediante un mensaje de aviso.
- Autenticación mediante el AAA.
- Registro con el HA.

### **3.7 Aspectos de seguridad en Internet Móvil**

Dentro de los aspectos de seguridad que se han planteado dentro de la arquitectura de esta nueva generación, existen otro nivel de seguridad el cual será proporcionado mediante el protocolo de Mobile IP, en el cual debido a los grandes problemas que sufre la red de Internet con respecto a modificación y eliminación de la información y otros aspectos, se plantean medidas como la implementación de firewalls, autenticación y autorización del usuario en la red. Sin embargo, también manejan métodos como MVPN's (Mobile Virtual Private Networks) y protocolos de seguridad para el encriptamiento y cifrado de la información, tal es el caso de IPSec.

Ahora bien, como se planteó, la seguridad es un tema muy importante para Mobile IP con relación a que un MS conectado al Internet puede ser muy vulnerable a los ataques. Generalmente, la seguridad en Wireless gira a 4 tópicos:

- a) *Confidencialidad*: Ninguna otro móvil excepto al receptor al que le fue dirigido puede ver la información.
- b) *Autenticación*: El mensaje es garantizado a ser reclamado desde el remitente.
- c) *Integridad*: Los mensajes no han sido modificados durante su trayectoria.
- d) *Veracidad*: El móvil no puede negar algún mensaje que él mismo originó.

Se han desarrollado dispositivos capaces de evitar posibles ataques contra la red, de manera específica, a ciertos "servidores" que tienen a su cargo la administración del contenido de las aplicaciones e incluso información confidencial dentro de una empresa.

Esto ha permitido que el acceso al Internet mediante un dispositivo móvil tenga un mejor desempeño con respecto a un mejor control dentro de su acceso y navegación en cualquier momento. Es así que se describirán algunos dispositivos y configuraciones de red que permitirán tener un mayor control sobre los posibles ataques que pudiese tener la Red de Paquetes.

### 3.7.1 Firewall

Un firewall es un mecanismo de seguridad usado para proteger una red de ataques perjudiciales o de la intrusión de agentes externos a la red. Son sistemas de defensa capaces de monitorear toda la información que circula entre el móvil y la Red de Paquetes, denegando o autorizando información, al hacerlo, está suministrando protección a la red.

Los firewalls cumplen una doble funcionalidad, ya que no sólo protegen de agentes externos (usuarios que no pertenezcan a la red), sino son “filtros” evitando que el móvil pueda recibir mensajes no deseados o pierda la información que se envió o transmitió.

Pueden constar de hardware y/o software y se pueden dividir de la siguiente manera:

- **Packet Filtering Firewall**  
Este tipo de firewall resguarda todo los paquetes que pasan a través de él. Puede revisar varios aspectos como la dirección IP fuente, la IP destino e información básica contenida en el paquete. En un nivel simple, un router de red puede funcionar como un Firewall de Vigilancia.
- **Application Proxy Firewall**  
Actúa como un agente entre los clientes y los proveedores de servicio, mucho más sofisticado que el anterior. El firewall opera en el nivel de aplicación y puede realizar decisiones acerca del flujo del tráfico. Adicionalmente, pueden cambiar la dirección IP de un cliente para esconder un servicio externo.

De esta forma un firewall proporciona diferentes niveles de protección:

- a) Registra el tráfico que sale o llega a la Red de Paquetes.
- b) Bloquea el tráfico no deseado.
- c) Dirige el tráfico entrante a sistemas internos preparados para tal fin, más confiables.
- d) Oculta identificadores (topología y dispositivos de red, sistemas y usuarios internos de Internet).
- e) Oculta sistemas vulnerables que pueden hacerse fácilmente seguro en la Internet.

Pero conviene también aclarar otras protecciones que no proporciona los firewall:

- a) No protegen contra amenazas derivadas de conexiones con el exterior que no pasan por él.
- b) No protegen contra amenazas intencionales internas (en el dominio de la Intranet).

En conclusión, la tarea principal del firewall es la de controlar el acceso cuya efectividad excluye poder acceder de/a las redes internas por usuarios internos, externos o remotos.

### 3.7.2 *Virtual Private Network (VPN)*

Una Red Privada Virtual (VPN) se define como un túnel encriptado y privado de comunicaciones que conecta a un usuario remoto u oficina sobre la Internet. Los servicios VPN basados sobre IP y el uso de Internet están ganando aceptación e interés en el público. De la misma forma que una VPN tradicional, las VPN's basadas en IP utilizan las facilidades compartidas para emular redes privadas y servicios de seguridad a los usuarios finales.

Dentro de estos parámetros, las Redes Privadas Virtuales se caracterizan por las siguientes propiedades:

- a) *Presencia Remota*  
La capacidad de establecer conexiones de red remotas y sin embargo, aparecer como si se estuviese conectado a la red.
- b) *Independencia de Red*  
La capacidad de migrar entre redes (como las redes CDPD, WLAN, Red Celular). Tradicionalmente la independencia de la Red IP se hace sobre los mismos medios de acceso (PPP).
- c) *Seguridad*  
La capacidad de ayudar a crear canales seguros para autenticación, integridad y privacidad de datos.

Las VPN's permiten un acceso seguro y privado sobre las redes públicas. Es llamada virtual porque depende en el uso de conexiones temporales que no tienen presencia física. Las ventajas que presenta una Red Virtual dentro de nuestros esquemas de CDMA2000<sup>®</sup> son:

- a) Una VPN provee un camino encriptado y encapsulado para el acceso a una red corporativa a través de Redes Públicas.
- b) La información de señalización dentro de los paquetes es menor
- c) Se manejan dentro del tunneling algoritmos de encriptación como DES (Digital Encryption Standard), 3DES que maneja llaves de 56 y 168 bits de longitud.
- d) Integración de la voz y datos a través de la red. CDMA2000 3x plantea el manejo de voz sobre IP.

Para ello las Redes VPN sobre IP usan una combinación de los protocolos R-P y Mobile IP, en donde IP Tunneling es central para la implementación de las VPN's. Los túneles son caminos que los paquetes IP siguen mientras son encapsulados dentro de la porción de carga de otro paquete. Estos paquetes son enviados a sus destinos finales a través de un canal público (no seguro).

MVPN provee las funcionalidades dentro de CDMA2000<sup>®</sup> basándose en las configuraciones que describe Mobile IP para CDMA, que son Simple IP y Mobile IP.

De esta forma, una VPN trabaja de la siguiente manera:

*El usuario móvil se conecta al punto de presencia de Internet (POP, wireless u otro) y la conexión es entonces encriptada y formando un tunel seguro con el servidor destino.*

Con ello los firewalls y VPN's son elementos importantes dentro de la Red de CDMA2000<sup>®</sup> 1x que permitirán al usuario tener la confianza que su información viaja de una manera segura y confiable a través de la interfaz aérea (canales SHC y FCH) y en la Red de Paquetes (PCN), asegurando procesos de seguridad, autenticación y encriptación.

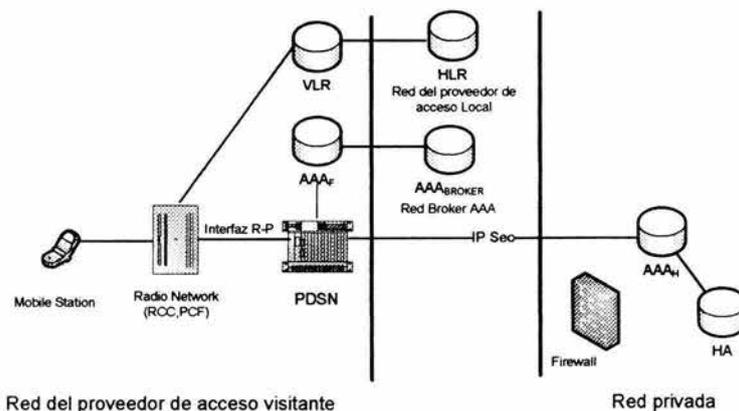


Figura 3.17 Arquitectura de una MVPN dentro de CDMA2000<sup>®</sup> 1x

### 3.8 Servicios de envío de datos: Servicio de Mensajes Cortos

Short Message Service (SMS) o Servicio de Mensajes Cortos es un servicio globalmente aceptado que habilita la transmisión de mensajes alfanuméricos entre los suscriptores móviles y sistemas externos como puede ser un servidor para el envío de mensajes, el propio carrier y algunos sistemas de paging.

El SMS apareció sobre la escena inalámbrica en el año de 1991 en Europa bajo la plataforma estándar GSM. Sin embargo, para el año de 1998 fue introducido en América bajo compañías como BellSouth y Nextel que ya para ese entonces manejaban las tecnologías digitales como GSM, TDMA, CDMA y PCS.

El servicio de SMS punto a punto es un mecanismo que permite la transmisión de mensajes cortos a los teléfonos móviles. Hace uso del Centro de Servicio de Mensajes Cortos (SMSC), el cual actúa como un sistema de almacenamiento y transmisión de los mensajes alfanuméricos. Por otro lado, la Red Inalámbrica provee el medio para el transporte de los mensajes entre los Mobile Stations con el sistema SMSC.

Una característica distintiva del servicio es que un handset activo es capaz de recibir o cancelar un mensaje corto a cualquier hora, en cualquier lugar independientemente de si se encuentra una llamada de voz o de datos en progreso. El SMS también garantiza la entrega de los mensajes por la red. Si existen algunas fallas temporales, se identifican y mientras tanto el mensaje es almacenado en la red hasta que el destino esté disponible.

Ahora bien, en nuestros días, ha venido desarrollándose con mayor empuje como servicio adicional en la telefonía celular. Con ello, el servicio presenta los siguientes beneficios para el carrier.

- a) Se presenta como una alternativa para los servicios de paging alfanuméricos.
- b) Aumenta el acceso de datos a usuarios corporativos.
- c) Proveer servicios de valor agregado como e-mail, correo de voz, algunos mensajes de información para el usuario.

Ahora bien, los beneficios para los suscriptores rondan en la conveniencia, flexibilidad e integración de los servicios de mensaje y acceso de datos. De esta perspectiva, el beneficio es capaz de usar el handset como una extensión de la computadora. Además, elimina la necesidad de dispositivos separados para la mensajería, permitiendo que los servicios puedan ser integrados hacia un dispositivo inalámbrico sencillo: La Estación Terminal.

### 3.8.1 Elementos de la red y arquitectura del SMS

Dentro de la configuración del SMS, resulta muy importante reconocer que las aplicaciones que se tienen con respecto a este servicio, resultarán muy eficientes. En este protocolo, existen 6 entidades que resultan ser cruciales para el viaje seguro y confiable de los mensajes atraviesan la interfaz aérea.

Las seis entidades que forman la trayectoria SMS dentro de la red de Tercera Generación como es el estándar de IS-2000 son:

1. La Estación Base (BS).
2. La Estación Móvil o handset (MS).
3. El Mobile Switching Center (MSC).
4. El Short Message Service Center (SMSC).
5. Gateway Mobile Switching Center (GMSC).
6. El Short Messaging Entity (SME) o Mobile Device (MD).

En la siguiente figura podemos apreciar la trayectoria para el envío y recepción de los mensajes de texto.

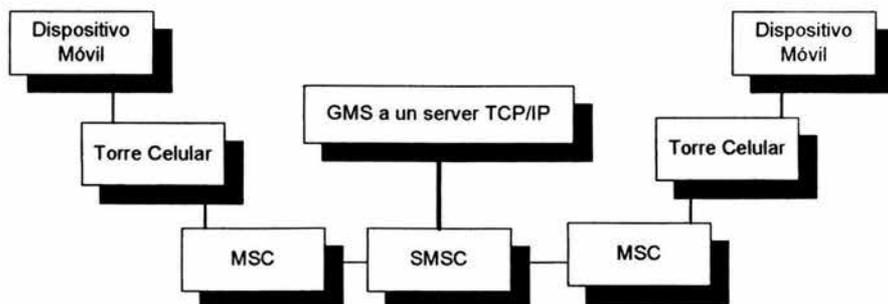


Figura 3.18 Arquitectura del SMS

### 3.8.1.1 Short Messaging Entity (SME)

Dentro de la arquitectura del SMS una entidad de mensajería corta es aquella en la cual se puede recibir o enviar los mensajes de texto. El SME puede estar localizado en diferentes posiciones que pueden ir desde una red fija, un centro de servicio e incluso puede ser una Estación Terminal.

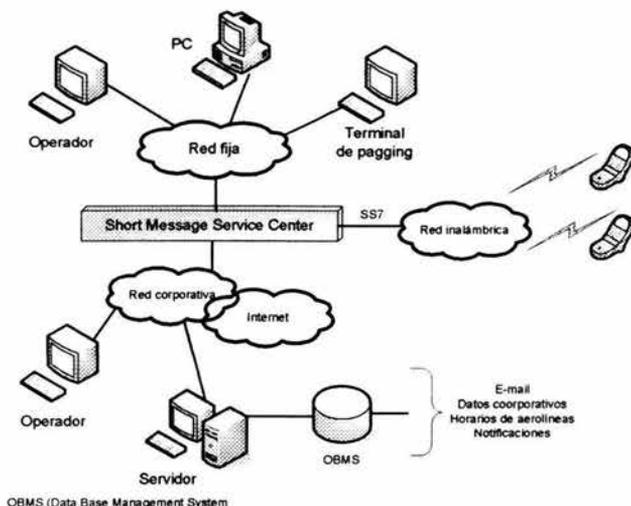


Figura 3.19 Entidades que pueden mandar un SMS

### 3.8.1.2 Mobile Switching Center (MSC)

El MSC lleva la función de switch del sistema en donde se manejan las operaciones de la red. Un MSC automáticamente coordina y controla el establecimiento de la llamada ya sea de voz o de datos y el enrutamiento correspondiente hacia otra móvil, un nodo fijo o hacia el Core Network para una llamada de datos.

### 3.8.1.3 Short Message Service Center (SMSC)

Esta entidad es la responsable de la transmisión, el almacenamiento y la retransmisión de un mensaje de texto entre un SME y la Estación Móvil. Similar al MSC, garantiza la entrega de los mensajes por la red. De forma, esta entidad almacena los mensajes en caso de alguna falla hasta que el destino esté disponible.

### 3.8.1.4 Gateway Mobile Switching Center (GMSC)

El GMSC es un MSC capaz de recibir un mensaje corto de un SMSC, interrogando al HLR para enrutar la información y entregar éste a la MSC local o MSC en roaming de la unidad móvil destino.

### 3.8.1.5 Base Station (BS)

Esta entidad es el puente de comunicación entre la red SMS y el handset. Además, es el punto en donde se transmiten las llamadas de voz o llamadas de datos que un Mobile Station pueda realizar o recibir.

Debemos de ver que un mensaje corto no sólo se tiene como un enlace punto a punto, sino que también el protocolo puede ser usado para un enlace punto-multipunto en donde un mensaje de texto puede ser dirigido a varios móviles dependiendo de la configuración y el proveedor de servicios que así lo disponga.

Dado lo anterior, los servicios del suscriptor el proceso del envío SMS se divide en dos etapas:

- a) Mobile-terminated short messages (MT-SM).
- b) Mobile-originated short messages (MO-SM).

La primera se refiere al proceso de envío de la información del handset al SMSC que puede ser destinado ya sea a otro móvil o a redes fijas como redes de paging y redes de correo electrónico. Mientras el otro proceso, MO-SM, se refiere al paso de la información del SMSC hasta su destino que puede ser un nodo fijo o móvil.

Para fines de la tesis sólo describiremos el segundo proceso, ya que a partir de éste nos ayudará en la definición de nuestra aplicación. De esta forma, el proceso que se lleva a cabo en MT-SM, mismo que se describe a continuación:

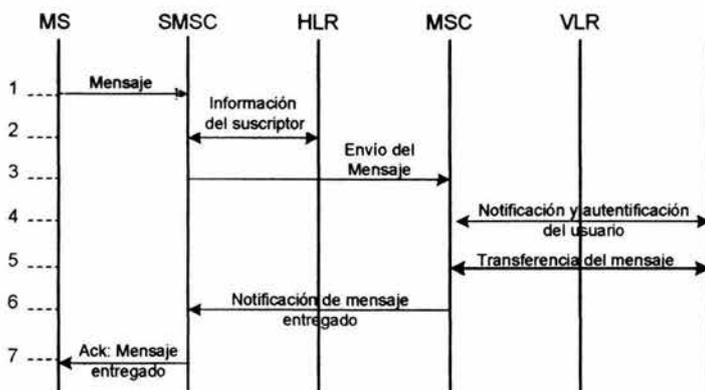


Figura 3.20 Proceso del envío de un Mensaje de Texto desde un SME hasta el MS

- 1) El mensaje de texto es realizado y conducido desde el SME al SMC.
- 2) Después de completar su proceso interno, el SMSC interroga al HLR y recibe la información de enrutamiento para el suscriptor móvil.
- 3) El SMSC envía el mensaje al MSC.
- 4) El MSC recupera la información del suscriptor del VLR. Esta operación puede incluir un proceso de autenticación.

- 5) El MSC transfiere el mensaje de texto al MS.
- 6) El MSC regresa al SMSC la respuesta de la operación de la transmisión de la información al móvil.
- 7) Si la petición por parte del SME se diera, el SMSC regresa un reporte del status indicando la entrega del Mensaje Corto.

### 3.8.2 Aplicaciones del SMS

Los posibles usos que se pueden dar a una pasarela SMS entre las redes CDMA e IP son demasiadas. La siguiente lista se pone como ejemplo de actividades que se realizan en la actualidad con este tipo de protocolos de mensajería:

- *Correo electrónico.* La pasarela convierte un mensaje de correo en SMS y un mensaje SMS en mensaje de correo, con las consiguientes generaciones/eliminaciones de cabeceras de mensaje.
- *Distribución de mensajes SMS.* Al igual que funcionan las listas de correo electrónico, en las que un mensaje es reenviado a los suscriptores de la lista, en la lista de distribución de mensajes SMS permite el mantenimiento (alta/baja/consulta) de suscriptores y envía al resto de suscriptores de la lista los mensajes que no son comandos de actuación sobre la propia pasarela.
- *Recepción de alarmas de los sistemas de monitorización de servicios.* Algunas aplicaciones generan avisos cuando se alcanzan ciertos eventos. Estos avisos pueden ser encaminados mediante mensaje SMS dependiendo de su importancia, para que ciertas personas sean avisadas inmediatamente.
- *Transporte de contenidos Web.* El SMS es utilizado como paquete de transporte para hacer llegar desde el móvil al servidor la petición de una página Web y desde el servidor al móvil el contenido de dicha página una vez "filtrada" para eliminar imágenes, tags html, cabeceras de página, etcétera.
- *Sistemas de seguimiento de flotas de vehículos.* Un teléfono celular unido a un módulo GPS permite enviar información acerca de la posición exacta del portador del teléfono, de manera que para flotas de vehículos se reciben sus notificaciones de posición en la pasarela y ésta actualiza una base de datos consultable por otras aplicaciones que pueden mostrar la situación de cada elemento de la flota.

Además, de inmediato, surgen nuevas aplicaciones, orientadas a su área de conocimiento:

- *Mantenimiento de sistemas.* Consultas de estado de servicios, reinicio de los mismos, reinicio de equipos.
- *Avisos de intervención* para equipos médicos, mantenimiento, rescate, etcétera.

Dadas las características de la red CDMA que permiten la movilidad de los terminales en su zona de cobertura, se pueden imaginar aplicaciones que aprovechen la posibilidad de localización de un teléfono de cualquier manera, la pasarela de mensajería sólo trata de servir de intermediario y de facilitar la labor de desarrollo de las extensiones móviles para una aplicación dada.

# **Capítulo IV**

**Requerimientos para los servicios de 3G**

#### 4.1 Requerimientos de los dispositivos móviles

Las aplicaciones que ofrece la Tercera Generación requieren que los dispositivos tengan una gama de recursos tanto de hardware como de software en el procesamiento de voz, datos, localización, audio, video e interoperatividad con otras redes como LAN's, PDA's mediante protocolos como Bluetooth™. Los dispositivos que sean destinados a tales propósitos, deberán cubrir cuestiones técnicas y satisfacer las expectativas tanto del usuario como del proveedor de los equipos (OEM Original-Equipment-Manufacturer).

Debido esto, los fabricantes se enfrentan a grandes retos, en donde la capacidad de los procesadores, el soporte de algunos formatos, el tipo de memoria que es necesaria, su eficiencia en cuanto al uso de energía y algunas otras características, permitirán observar con mayor nitidez imágenes y videos.

Esto es importante ya que no sólo se tendrá un avance tecnológico, sino que traerá ganancias que según algunos analistas, en este 2004 alcanzarán los 994 millones de dólares. Recordemos que en esa cantidad no se contemplan todos los ingresos provenientes de las aplicaciones destinadas a este servicio como: mensajes de texto (SMS), Internet Móvil e incluso las ganancias que se crean por el tiempo aire de las llamadas de voz.

Los dispositivos deberán de adaptarse a las nuevas necesidades técnicas que se están ofreciendo al usuario final, por ejemplo, en áreas de pequeñas células las velocidades de transmisión rondan los 2 Mbps. Por el contrario, en áreas donde se requiere movilidad, la tasa se encuentra en 144 kbps.

Todo lo anterior, es a la necesidad del handset de acomodar y manipular esquemas en donde se utilicen múltiples protocolos y tecnologías para manejar diferentes tipos de datos enfocados a multimedia, imágenes, video y audio, como son los formatos de video MPEG-4, MPEG-1 (MP3) para audio, voz sobre IP (VoIP) que no se planea en CDMA2000® 1x y algunos formatos de imágenes como JPEG, GIF, JPEG2000 entre algunos otros.



Figura 4.1 Teléfonos de Tercera Generación

Además, como hemos hablado, los teléfonos en primera instancia fueron creados para la comunicación entre dos usuarios, de manera que esto se reflejará en el incremento en la capacidad de voz. Para ello, se deben emplear esquemas de modulación como 8-PSK y QPKS que en el hardware deberán adaptarse.

Asimismo, un teléfono 3G soportará tecnologías de encriptación de la información (como son los códigos RSA y DES) que serán de gran importancia en algunos aspectos de seguridad en imágenes, transacciones bancarias, localización (GPS) y tecnologías relacionadas con interoperatividad con otros dispositivos y hardware a distancias cortas (Bluetooth™).

De esta forma, se espera que los terminales del futuro:

- Dispongan de un **sistema operativo** propio.
- Tengan gran **capacidad para conectarse** con otros equipos externos, como pueda ser un PC. Así, a los medios actuales (RS232, USB e IRDA) se les unirá el sistema Bluetooth™, que es un estándar de comunicaciones inalámbricas en la banda de 2.4 GHz, que permite enlaces de hasta 1 Mbps y conexión de hasta 7 equipos.
- Se les pueda incorporar **tarjetas externas de memoria** que permitan ampliar la capacidad de almacenamiento del terminal. En esas tarjetas podrán almacenarse ficheros de usuario, como juegos, canciones en MP3 o archivos de vídeo. Actualmente llegan hasta 64 MB, aunque se espera que lleguen a varios GB.

A continuación se presentará una breve descripción de los elementos más importantes en los cuales los fabricantes de handsets han puesto atención para que se realicen procesamientos mucho más rápido y más eficientes para la gama de tareas que se tienen planeadas.

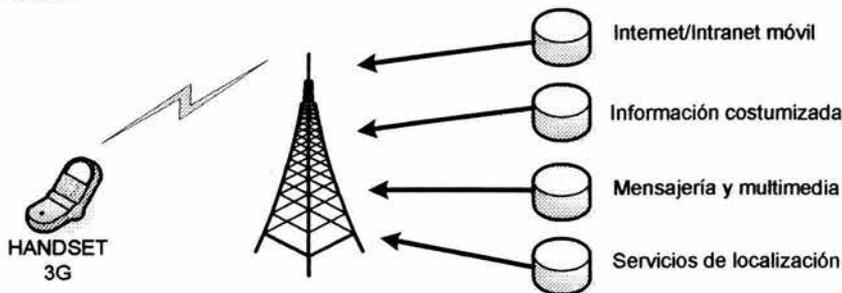


Figura 4.2 Servicios que ofrecen los Teléfonos de Tercera Generación

#### 4.2 Requerimientos de hardware

Algunos parámetros que analizaremos dentro de los requerimientos para un handset 3G destacan tres. El primero se encarga de los procesos de una llamada, despliegue de imágenes, procesos de localización, etcétera; nos referimos al procesador. Como segundo requerimiento es el espacio con que cuentan los teléfonos celulares, hablamos

de la memoria, la cual será indispensable para considerar que aplicaciones pudieran correr en los dispositivos. Y como último requerimiento, hablaremos de las características que debe tener un handset para el despliegue de ciertos objetos como imágenes, video, animaciones, etc.

Por tal motivo, en este primer rubro hablaremos de estas características, ya que tendrán consecuencias en los diferentes procesos con los cuales ahora se puede tener con un handset como parte adicional a las herramientas del hombre en sus actividades cotidianas y de trabajo.

#### 4.2.1 El Procesador

El procesador representa la parte más importante dentro de los componentes de un handset. Todos los servicios y aplicaciones que se plantean en 3G se enfocan al buen desempeño de este circuito, que es un dispositivo muy pequeño, eficaz en el consumo de energía y que en él se desarrollan todos procesos de conversión, modulación, encriptación, codificación y procesamiento de la señal.

Por lo general, la construcción de un teléfono está basada en el componente denominado SOC (System-On-a-Chip), que es un chip capaz de manejar funciones digitales de banda base como codificación de la voz, modulación con corrección de errores, demodulación, etcétera.

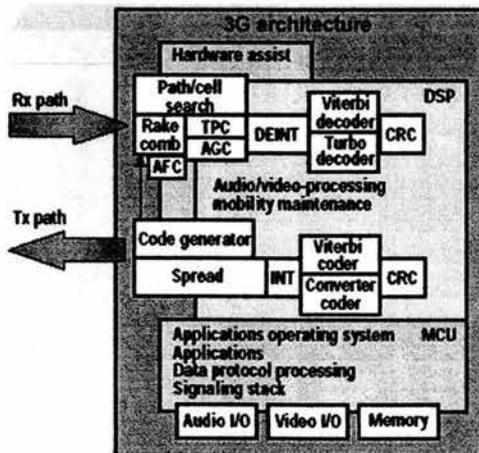


Figura 4.3 Arquitectura de un MS de Tercera Generación

Sin embargo, en el corazón de este chip (SOC) se encuentra el Procesador Digital de Señales, DSP (Digital Signal Processing), que permitirá realizar un mejor procesamiento de la señal debido a que no solo voz y texto son transmitidos o recibidos en el teléfono, sino que también audio, video, imágenes, sitios Web, en donde se necesita una buena calidad en la señal.

Un DSP, debe contar con cuatro características: compatibilidad con el uso del código C para un funcionamiento eficiente, bajo consumo de energía, alto desempeño y densidad de compactación de código.

Cuando hablamos de compatibilidad para compilar *código C*, significa que más del 90% de la producción debe ser capaz de trabajar bajo la plataforma C y con el compilador asociado para el DSP específico. El beneficio se obtiene al minimizar la necesidad de manejar código en lenguaje ensamblador, lo que trae como resultado la reducción del tiempo que necesita un fabricante para satisfacer la demanda de nuevas aplicaciones y características de valor agregado para los usuarios finales.

Con respecto al alto desempeño que deben de tener, es importante señalar que el complejo arreglo de características que ofrece 3G, requiere que su procesamiento sea tan eficiente que debe ser capaz de trabajar a velocidades que soporte lecturas de hasta 3000 millones de instrucciones por segundo (MIPS), que representan un gran avance en el desarrollo de la tecnología en hardware<sup>1</sup>, ya que si hacemos una comparación con los teléfonos de 2G, éstos requerían un procesamiento alrededor de las 100 millones de instrucciones por segundo, lo cual es una cantidad muy baja que iba acorde a las aplicaciones y servicios de esa época.

De la misma forma, para mantener el tamaño del chip o SOC mínimo y que su costo sea bajo, el DSP debe caracterizarse por el uso eficiente de memoria. Esto se puede llevar a cabo a través de la compactación de código, es decir, al tener menor cantidad de líneas de código posibles, mayor rendimiento tendrá una aplicación determinada.

Para cuantificar lo anterior, se puede decir que se espera que el número de líneas de código C en un dispositivo de Tercera Generación sea alrededor de 10 veces mayor que en uno de Segunda Generación. Vale la pena mencionar que esto es especialmente crucial debido a la memoria con la que se cuenta, ya que es la parte que ocupa mayor espacio en un SOC (debido a la funcionalidad digital de banda base).

Ahora bien, la arquitectura de un handset 3G no sólo se compone del DSP, sino también de otros subsistemas como el microcontrolador (MCU Microcontroller Unit), en donde las tareas del sistema serán distribuidas a través de los elementos que constituyen el SOC, incluyendo el núcleo del DSP. Las funciones serían principalmente el mantenimiento de la movilidad y al procesamiento de audio y video.

Dependiendo de la aplicación, el núcleo del DSP deberá ser capaz de manejar las entradas (señales) provenientes de una mezcla de sistemas, independientemente si provienen tanto de hardware como de software. Permitirá habilitar otras funciones como codificación y decodificación, reconocimiento de voz y el manejo del formato MPEG-4.

Complementando lo anterior, el núcleo del DSP de acuerdo a las necesidades de 3G soportará funciones provenientes de la capa 1 del modelo OSI (Capa Física). Dichas funciones son vocoders, decodificadores de canal (como el código de Viterbi o Turbo

---

<sup>1</sup> Es necesario que el núcleo de un DSP de Tercera Generación consuma menos energía que lo que hacían todos sus predecesores. Se piensa que un incremento de 10 veces el desempeño de un procesador debe tener cierta influencia en cuanto a la potencia consumida en un número de 10 veces.

Códigos), junto con la codificación y decodificación de JPEG2000, procesamiento de audio MP3, entre otros.

Por otra parte, en cuanto al consumo de energía, respuesta, algunos de los últimos procesadores que han sido diseñados, se han realizado con respecto a tener un bajo consumo de energía, por ejemplo, en el SC140, un núcleo de un DPS elaborado por Lucent Technologies y Motorola, consume un promedio de 198 mW mientras opera a una velocidad de 300 MHz (3000 MIPS) con un voltaje de DC de +1.5 V. Por tanto, el consumo de energía conlleva a que la vida de la batería sea mayor.

De esta forma, todas estas innovaciones dentro del procesador se han diseñado bajo la premisa a que se maneje multimedia. Una de las características que distingue 3G sobre sus predecesores, es el soporte que tiene para aplicaciones de video, considerada como el reto en los teléfonos en donde se requiere que los procesamientos que realice un DSP, sean en tiempo real.

Como se había mencionado, un handset de 3G se encuentra constituido por lo menos de 2 procesadores, un microcontrolador (controlador embebido) y un DSP. Por su parte, el microcontrolador tendrá a su cargo la pantalla, el teclado y funciones para el manejo de datos y alguna pila de protocolos. Conforme la cantidad de funciones de datos aumente, se espera que el controlador tenga mayores tareas en el procesamiento.

Actualmente los chipsets, son desarrollados por varios proveedores, entre ellos QUALCOMM™, que es el creador de la técnica de acceso CDMA. Algunos de ellos soportan múltiples estándares como WCDMA, GPRS, CDMA2000®, etc.; ofreciendo características adicionales como: servicios de radiolocalización y servicios de multimedia. Así que QUALCOMM, líder de la tecnología CDMA, ofrece soluciones de CPU's duales en un solo chip: la serie MSM7xxx (Mobile Station Modem™).

Cada chip posee una arquitectura de CPU dual, en donde un procesador es optimizado para tareas de módem multimodo y aquellas que son críticamente dependientes del tiempo. Los chipsets soportan las tecnologías mencionadas, pero además guardan compatibilidad con estándares de 2G y 2.5G como: IS-95, GSM, GPRS y con nuevas tecnologías para altas velocidades como GPS y 802.11.

Las características que presentan estos chipsets de la serie MSM7xxx se presentan a continuación:

- Un procesador de aplicaciones integrado caracterizando un ARM11, entregando velocidades de procesamiento de las aplicaciones entre los 300 MHz a 1 GHz, junto con un DSP de nueva generación de alta velocidad (QDSP5000).
- Un módem multimodo de bajo consumo de potencia, como a un procesador ARM9.
- Alto desempeño de gráficos 2D y 3D, con codificación y decodificación de video.
- Soportan altos niveles de seguridad para e-commerce y aplicaciones empresariales.
- Soportan un subsistema de memoria rápido y de menor costo.
- Tienen soporte para pantallas QVGA y VGA de alta resolución.

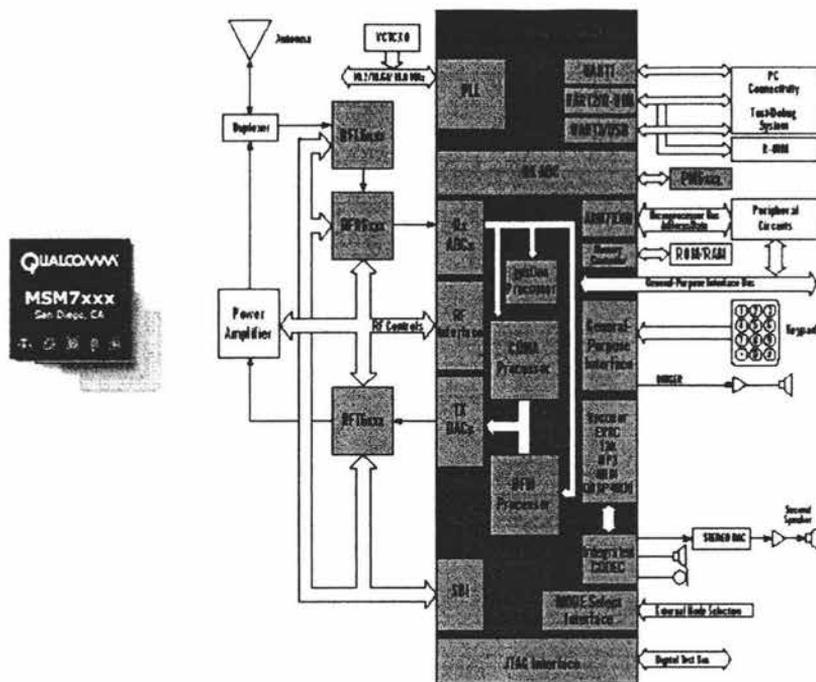


Figura 4.4 Arquitectura de los componentes de un chipset de la serie MSM7xxx desarrollado por QUALCOMM™

#### 4.2.2 La memoria

La memoria en un teléfono es tan importante como el desempeño de un procesador. Los diseñadores actuales tienen bajo su uso dos tecnologías dentro de la clasificación de las memorias. La primera es la memoria no volátil, conocida como memoria ROM (Read Only Memory) o flash, en donde se cargan todos las aplicaciones de inicio, es decir, el software para que pueda funcionar (sistema operativo, protocolos, aplicaciones, etcétera). El segundo tipo de memoria es la RAM (Random Access Memory) o memoria volátil, esta maneja la información perteneciente a las aplicaciones que almacena el usuario, archivos de textos, correos electrónicos, mensajes de texto, entre otros; pero una vez apagado el dispositivo, toda la información contenida se pierde.

La memoria RAM<sup>2</sup> se puede dividir en dos, la memoria estática (SRAM) y la dinámica (DRAM). Algunos ejemplos son memorias de baja potencia SRAM (LPSRAM), PSRAM y memorias de baja potencia síncronas DRAM (LPDRAM).

<sup>2</sup> El tamaño de la memoria RAM varía entre 1 a 4 MB, dependiendo del tipo de teléfono. Mientras tanto la memoria ROM o flash varía entre los 8 a 64 MB. Pero no hay que olvidar que entre mayor memoria, aumenta el costo del handset.

En ocasiones los dispositivos poseen otro tipo de memoria denominada flash-EEPROM (Electrically Erasable Programmable ROM) que ofrece una mayor seguridad en cuanto a la posible pérdida de datos.

	TERMINALES BÁSICAS		TERMINALES 3G	
Memorias Flash	4 MB	Baja potencia	16 MB	
		8 MB		64 MB
LPSRAM	2 MB		16 MB	
PSRAM, LPSRAM			16 MB PSRAM y LPSRAM	32 MB
EEPROMs seriales	Flash de propósito general 16MB a 32 MB + SRAM 2MB a 8 MB			
			Flash con avanzadas características arriba de 64 MB a 128 MB	
	2 kB	EEPROMs seriales		1 MB

Tabla 4.1 Mapa de memoria para los teléfonos móvil de Tercera Generación

De esta forma, el manejo de la memoria tiene un alto impacto sobre el funcionamiento del sistema y también es crucial sobre la propia descarga y eliminación de nuevo software. Así que veremos brevemente algunas de las características de este componente, el cual resulta un factor importante en los teléfonos celulares de Tercera Generación.

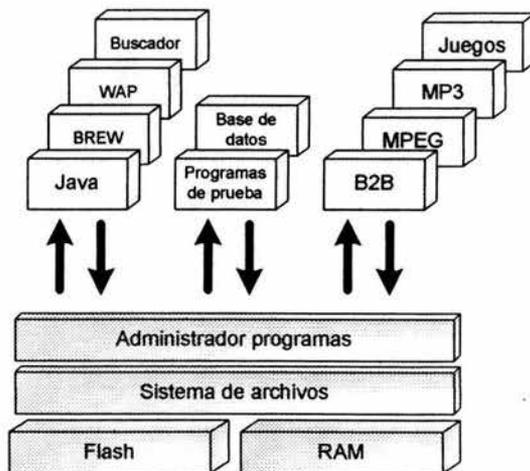


Figura 4.5 Diagrama de distribución de cómo los requerimientos del desempeño de la memoria son dados para la gama de protocolos y aplicaciones que maneja un teléfono 3G

#### 4.2.2.1 La memoria Flash

La memoria flash es ampliamente usada en los teléfonos en parte porque tiene una ventaja en el costo sobre los otros tipos de memoria, ya que son memorias no volátiles y son las encargadas de tener un mayor rol en cuanto al almacenamiento de la información dentro del teléfono.

La tecnología de estas memorias ha llegado tanto que por ejemplo se tiene que un circuito para un handset con dimensiones que pueden alcanzar los 0.13  $\mu\text{m}$ . Además, se

han fabricado memorias flash con una capacidad de 64 MB que trabajan con un voltaje de 3V, lo cual hace ver que el suministro de energía y la potencia de consumo es muy baja. Su elaboración se basa en memorias tipo NOR y de tipo NAND con lo cual se puede alcanzar tamaños de hasta 512 MB.

Bajo estas dos tecnologías se han desarrollado chips como es el caso de M-Systems, la cual realizó una memoria NAND-Flash de 64 MBytes que provee un almacenamiento de información dentro de un cuadro de 7 x 10 mm; sin embargo, si se trabaja bajo esta tecnología se tienen algunos problemas en las tasas de error (altas) con las cuales la información es almacenada.

Por otro lado, tenemos las memorias tipo NOR-Flash, que tienen mucho mejor funcionamiento pero también surgen problemas en el momento de su acceso.

Este tipo de memorias tienen un acceso rápido en cuanto a la lectura, pero si se escribe y se lee durante el mismo transcurso de tiempo, se tiene un bajo desempeño, provocando que muchas aplicaciones no hagan uso de esta memoria. La ventaja de esta tecnología es que se tiene un bajo consumo de energía y algunos aspectos de protección de los datos.

Algunos fabricantes de memorias flash podemos citar a Toshiba, MSystems, Micron, Intel, entre otras.

#### 4.2.2.2 La memoria RAM

Dentro del campo de las memorias de tipo volátil, es decir, memorias que permanecen sólo cuando el dispositivo está en uso, existen de varios tipos. Como hablamos previamente, las memorias RAM pueden clasificarse en dos tipos: la SRAM y la DRAM, sin importar de cual se trate, vemos que en esta transición hacia esta nueva generación, se presentan significativas mejoras y requerimientos tanto en su desempeño como en las aplicaciones y servicios que se esperan.

Por esta razón, se presentan algunos requerimientos para dichas memorias dentro de la arquitectura de 3G, realizando una comparación con su respectiva predecesora.

Característica	2G	3G
Capacidad	2 MB	Entre 8 a 32 MB
Energía de consumo	$\leq 50$ mA	$\leq 25$ mA
Costo	8 dólares	Entre 5 a 10 dólares
Tiempo de acceso o respuesta	$\leq 85$ ns	$\leq 25$ ns
Consumo de energía en standby	50 $\mu$ A	50 $\mu$ A

Tabla 4.2 Requerimiento de las memorias RAM's de acuerdo a los servicios y aplicaciones en 3G

Ahora bien, dentro de esta clasificación, tenemos que la SRAM se presenta como una memoria utilizada en la mayoría de los teléfonos anteriores y algunos modelos actuales; sin embargo, presenta algunos inconvenientes que veremos a continuación.

El primer problema de esta memoria es el tamaño. En la actualidad los dispositivos se han vuelto cada vez más pequeños y por tal razón los circuitos tienen que hacer lo

propio. Las memorias SRAM se han vuelto ineficientes a consecuencia de la tecnología que utilizan (6T CMOS<sup>3</sup>) y debido este arreglo podemos ver que el tamaño de sus pistas puede alcanzar los 12 mm de ancho.

Para tratar de evitarlo, los diseñadores han propuesto otras configuraciones en donde se observa la misma tecnología pero mejorándola (4T CMOS) e incluso se ha mejorado tanto que ciertos fabricantes como CellularRAM han fabricado memorias usando un solo transistor y un capacitor (1T CMOS) en sus memorias PSRAM.

Sin embargo, aunque se corrija el tamaño de la memoria, se puede tener otros inconvenientes en cuanto al consumo de energía, capacidad y densidad, que serían algunos problemas para un buen desempeño en los nuevos requerimientos propuestos.

Analizado este tipo de memorias, se observa que la capacidad de una SRAM en un teléfono de 2G es de apenas de 0.5MB, lo cual es ineficiente para el despliegue de imágenes, video y audio, y sólo sería utilizada para el funcionamiento de algunos programas que conforman el sistema operativo del teléfono.

En contraste, 3G ofrece un tamaño en las memorias que va desde 1.5 MB hasta 4 MB. Aunque se planea que se puedan adoptar tarjetas de memoria con capacidades<sup>4</sup> de 16 MB, 32 MB, 64 MB e incluso alcanzar los 128 MB de RAM, lo cual es significativamente mejor a 0.5 MB que se tenían en dispositivos pasados.

El segundo tipo de memoria que se puede utilizar y ha sido una opción frente a la SRAM, representa la DRAM, cuya tecnología se basa las SRAM's, pero en este caso usa la tecnología 1T CMOS con un capacitor, el cual funciona mediante carga y descarga, es decir, escritura y lectura<sup>5</sup> respectivamente.

Debemos ver que este tipo de memorias ha sobrevivido como una tecnología bastante fuerte gracias a su bajo costo y a sus capacidades de almacenamiento. Por tal motivo, su uso se ha extendido a otros dispositivos como computadoras, PDA's, estaciones de trabajo y algunos otros sistemas que requieren mayores capacidades dentro de su funcionamiento, proyectándose como la opción más viable para el desarrollo de la telefonía celular.

Ahora bien, ¿porqué decimos que la DRAM será la memoria que ofrecerá mayores ventajas a los proveedores?, la respuesta se basa en dos características de diseño que nos ofrecen. La primera es el tamaño.

---

<sup>3</sup> Esta tecnología indica que se utilizan una configuración de 6 transistores tipo CMOS para realizar el circuito de la celda que compone la memoria.

<sup>4</sup> Esto, pudiera tener algunas repercusiones en el aspecto económico debido a que entre mayor capacidad y el tamaño sea menor, mayor será el precio por el cual el fabricante pueda pagar por ella, lo cual se vería reflejado en el precio final del handset.

<sup>5</sup> La lectura en una DRAM es de tipo destructivo, en donde los datos leídos tienen que ser nuevamente reescritos para tener acceso otra vez. Por eso se dice que la celda de la memoria tiene que ser actualizada periódicamente. En la actualidad, aquellos teléfonos que se basan en dichas memorias, requieren dentro de su programación un ciclo de reescritura de tal forma no existan pérdidas de datos.

La estructura de una memoria DRAM's ocupa solo  $\frac{1}{10}$  de lo que ocupa una celda SRAM (su superficie va entre los 0.3 a 0.55  $\mu\text{m}^2$ ). Utilizando el mismo nodo litográfico, se hace que disminuir los costos en comparación a otro tipo de memoria con la misma capacidad y como resultado aumenta su tamaño en los sistemas inalámbricos.

La segunda característica es el desempeño que tienen. Se ha encontrado que algunas memorias pueden trabajar bajo voltaje de 1.8V, lo que permite un menor consumo de corriente y potencia, que beneficia en la energía del handset.

Sin embargo, pese a esas características, las DRAM's presentan puntos débiles dentro de su uso. En una DRAM, como se había mencionado, es necesario rescribir constantemente la información para evitar alguna pérdida; generándose un retardo, que aunque puede ser muy rápido (cuestiones de milisegundos), se necesita de un refresco de las celdas dentro un periodo de microsegundos, provocando pérdidas en el ancho de banda.

Para solucionarlo, se realizan otros procesos, que hacen que características como su tamaño y el consumo de energía se incrementen; sin embargo, se puede tener mayor eficacia que si se trabaja con una SRAM.

En conclusión, una memoria DRAM puede tener capacidades de almacenamiento que cubren las necesidades presentadas en la tabla; sin embargo, presenta algunos problemas que hacen su poca difusión en el mercado.

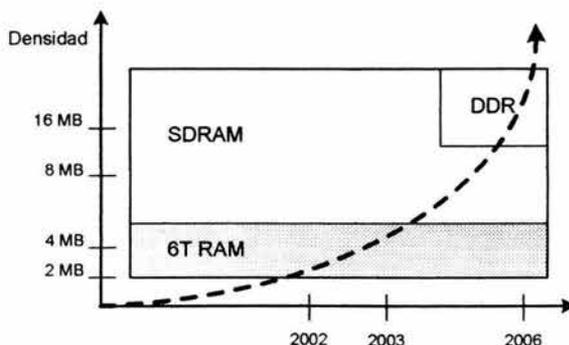


Figura 4.6 Evolución de la memoria y su adopción a la infraestructura de 3G

#### 4.2.2.3 Memorias en el mercado

Actualmente existen varios OEM's que dan soluciones específicas a las necesidades que se tienen en 3G. Entre los cuales podemos mencionar a CellularRAM, Intel, Samsung y algunas otras como memorias externas fabricadas por ST SmartCard o Qualcomm<sup>®</sup>.

A partir de allí se muestran a continuación algunas imágenes en donde veremos las diferentes memorias usadas en los teléfonos 3G y veremos como han disminuido su tamaño de acuerdo a los avances tecnológicos.

En la primera imagen, vemos una memoria desarrollada por SAMSUNG denominada MCP (multi-chip package), la cual es una memoria del tipo NAND/DRAM, mientras que la segunda fue fabricada bajo la tecnología Cellular RAM y cuyo fabricante es Micron Technology.

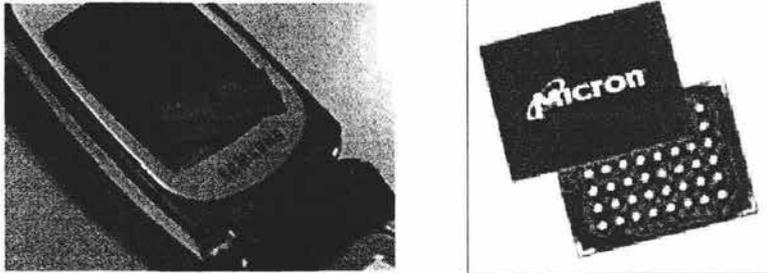


Figura 4.7 Memorias RAM ofrecidas por los diferentes fabricantes del mercado (OEM's)

#### 4.2.3 El Display

Una última consideración con respecto a los requerimientos de hardware, constituye el display. Esta parte, será la interfaz encargada de ser la intermediaria entre el software, el hardware y el usuario.

El display permitirá observar imágenes y videos con una mayor calidad, es decir, tendrán una mayor resolución, lo que permitirá tener una gama de colores (profundidad de bits). A partir de esta necesidad, los OEM's han adoptado una tecnología de fabricación de sus dispositivos decidiendo utilizar displays con la tecnología LCD o de Cristal Líquido (Liquid Crystal Display).

A continuación se dará una breve explicación de lo que significa fabricar las pantallas de los handset's 3G bajo esta tecnología.

##### 4.2.3.1 Tecnología TFT en las pantallas de cristal líquido (LCD)

La tecnología LCD es, hoy en día, una de las más usadas. El nombre *cristal líquido* es en sí mismo, extraño y contradictorio. Normalmente entendemos a los cristales como algo sólido, y todo lo contrario para un líquido, aunque ambos puedan ser transparentes a la luz. Existen sustancias que tienen ambas características.

Otra característica especial de los cristales líquidos es su interacción con la luz, la electricidad y la temperatura. Las moléculas de un cristal líquido tienen una forma alargada y cilíndrica y la posición entre ellas puede depender de diferentes factores, como la temperatura o los campos eléctricos a los que estén sometidos.

La aplicación de un campo eléctrico a estas sustancias provoca que la posición de sus moléculas cambie de una posición indeterminada a otra perfectamente uniforme.

Esta característica será fundamental en su interacción con la luz. Si intentamos hacer pasar un haz de luz polarizada a través del cristal líquido, éste será opaco o transparente en función de cómo estén organizadas las moléculas del cristal.

En realidad el material del cristal líquido está organizado en capas sucesivas; la posición de las moléculas de cada capa está ligeramente desfasada unas de otras, de tal manera que entre la primera y la última capa hay un desfase total de  $90^\circ$  cuando no hay influencia de ningún campo eléctrico. La luz polarizada se obtiene de hacer pasar la luz incidente en el display por unos filtros ópticos o polarizadores situados en ambas caras del dispositivo: uno colocado verticalmente y otro horizontal, esto es desfasados  $90^\circ$  uno del otro. El filtro polarizador hace que la fase de las ondas de luz tenga una posición determinada (la del primer filtro) que prácticamente coincide con la fase de la primera posición de las moléculas de la primera capa del cristal por lo que la luz es conducida por ésta y entregada a la siguiente capa y así sucesivamente.

Cuando la luz pasa a través de la última capa, su fase a cambiado  $90^\circ$  respecto de la fase con la que incidió y está perfectamente en fase con el filtro posterior que en estas circunstancias es transparente. La luz lo atraviesa y se refleja en un espejo.

Aplicando un campo eléctrico por medio de un electrodo a una determinada zona del cristal, las moléculas de cristal de esta zona (y en todas las capas) toman una posición igual y en fase con el primer filtro pero no con el segundo, no dejando pasar éste la luz y por lo tanto, nada que reflejar por el espejo. Sin embargo, las zonas del cristal sin influencia del campo eléctrico siguen siendo transparentes.

La siguiente figura ilustra un ejemplo de la estructura de un display muy básico; al activarse se visualizaría un rectángulo horizontal.



Figura 4.8 Estructura básica de un display LCD

Donde las capas se enumeran de la siguiente forma:

- A: Espejo
- B: Capa de vidrio con filtro polarizador vertical
- C: Electrodo transparente (común)
- D: Cristal líquido
- E: Capa de vidrio con electrodo transparente (en forma de rectángulo)
- F: Filtro polarizador horizontal

Como se ha comentado uno de los factores que afectan a las propiedades del cristal líquido es la temperatura. Con demasiado frío el cristal líquido es opaco y al contrario, si está demasiado caliente, la temperatura ambiente y sus cambios pueden afectar de forma apreciable el contraste.

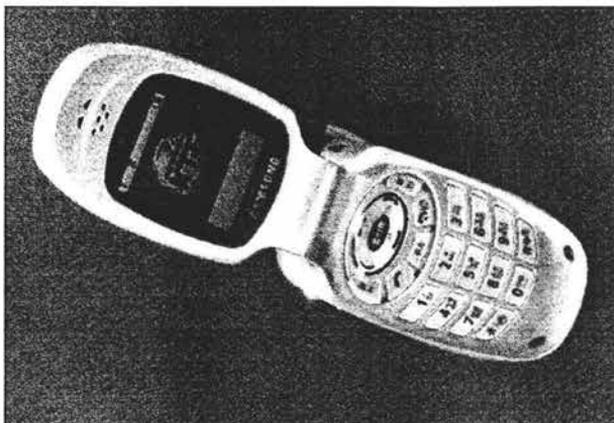


Figura 4.9 Teléfono 3G con pantalla TFT-LCD

Como se ha mencionado, en el mercado la mayoría de los teléfonos de Tercera Generación poseen una pantalla TFT-LCD. Un ejemplo de esto, es el modelo SPH-X4200 de Samsung arriba presentado, el cual fue diseñado para redes 3G CDMA2000 soportando la especificación inicial 1xRTT con una velocidad máxima de 144 kbps y que cuenta con una pantalla a color TFT-LCD de 45mm.

Aunque se han unido a la competencia de la fabricación de pantallas de cristal líquido compañías como Sharp, NEC, Matsushita Electronics y Epson.

### **4.3 Requerimientos de software**

#### **4.3.1 El Sistema Operativo**

La evolución de los nuevos sistemas operativos para los equipos inalámbricos jugará un papel muy importante dentro del futuro de los servicios móviles. Los dispositivos inalámbricos se encuentran muy lejos de las computadoras de escritorio en muchos aspectos y los avanzados sistemas operativos móviles deben ayudar a reducir dicha brecha.

Symbian (sistema operativo) está siendo desafiado por Microsoft y PalmSource, quienes buscan expandir su base de usuarios dentro del espacio móvil. El sistema operativo se encuentra disponible en dos interfaces de usuario diferentes: la UIQ (User Interface Quartz) propia del vendedor y la interfaz Nokia Series 60. Por su parte, Microsoft tiene dos versiones de su Windows CE adaptadas para diferentes categorías: la Pocket PC Phone Edition para teléfonos PDA, PDAs con conectividad inalámbrica, y la versión Smartphone, dirigida a los teléfonos móviles de bolsillo de tamaño regular. Finalmente, PalmSource (nombrado así para separarlo de su compañía matriz Palm) cuenta con su Palm OS adaptado principalmente para teléfonos PDA.

Debido a que el mercado de sistemas operativos móviles tiende a expandirse, esto ha atraído a nuevos contendientes a la batalla. Uno de ellos es MontaVista, ofreciendo la primera distribución Linux hecha para dispositivos móviles, en tanto que la compañía

de reciente creación SavaJe Technologies se encuentra distribuyendo un sistema operativo basado completamente en Java.

Ahora bien, los dispositivos móviles pueden ser divididos en teléfonos PDA y Smartphones. Vale la pena destacar que el Symbian OS dominó el segmento de los Smartphones completamente, mientras que el Pocket PC y el Palm OS fueron las plataformas que prevalecieron en los teléfonos PDA.

En cuanto a los dispositivos Smartphone de Microsoft, éstos se han vendido muy poco desde su introducción en 2002, aparentemente debido a que el sistema operativo no ha logrado atraer en gran manera a los fabricantes líderes en el mundo, que cuestionan la estabilidad del software.

Así pues, la mayoría de los operadores no están atando sus servicios de próxima generación a un sistema operativo específico, sino que están abiertos a emplear más de uno.

La principal tendencia de los sistemas operativos móviles se espera tenga que ver con un cambio gradual de las soluciones propietarias a las avanzadas plataformas abiertas de software. En el futuro se prevé que Symbian y Microsoft van a ser los dos competidores con más posibilidades de ocupar la posición número uno dentro del mercado, pero en el presente, las probabilidades se encuentran a favor de Symbian, debido a que cuenta con un amplio apoyo de la industria móvil, algo de lo que Microsoft carece. Asimismo, la opción de Linux podría encontrar un buen nicho de mercado, y posiblemente uno grande si comienza a reemplazar los sistemas operativos propietarios a gran escala. Palm OS tiene un buen potencial de crecimiento y seguramente mantendrá una buena parte del mercado gracias a su fuerte posición dentro de los PDAs.

El desarrollo de aplicaciones para los nuevos sistemas operativos es similar al desarrollo de éstas para otras plataformas. Se espera que solamente se requiera de una inversión mínima en entrenamiento y herramientas de desarrollo para comenzar a crear aplicaciones. Los lenguajes de programación más ampliamente utilizados como C/C++, Java y Visual Basic serán las herramientas principales para la creación de las nuevas aplicaciones móviles. En específico, se considera que J2ME (la edición móvil de Java) es una tecnología clave para el desarrollo de aplicaciones, toda vez que es soportado por todas las plataformas previamente mencionadas. Sin embargo, las diversas especificaciones de hardware y las diferentes versiones del ambiente operativo que son usadas por los fabricantes, hacen de la creación de aplicaciones móviles en Java que sean verdaderamente independientes del dispositivo en el que se instalen, algo en extremo difícil de lograr.

La gran diversidad de características opcionales y restricciones de seguridad amenazan con fragmentar los mercados de las aplicaciones Java a unos cuantos fabricantes y modelos. Una alternativa, que también es independiente de la plataforma que se maneje, es el ambiente de aplicaciones móviles BREW de Qualcomm, del cual se hablará más adelante en el capítulo V.

	Windows CE	Palm OS	Linux OS	Symbian
<b>Microprocesador soportado</b>	ARM, SSH ¼ , MIPS Formato binario 32 bits 206 MHz	motorota Dragonball 16 bits 20 MHz	Agenda VR3 32 bits 66 MHz	ARM, MMS7
<b>Dispositivos</b>	PDA's	Teléfonos y PDA's	PDA's y computadoras	PDA, teléfonos celulares
<b>Presencia en el mercado</b>	En crecimiento, pero pobre	Tiene una base mayor	Ninguna	Sistema operativo actual
<b>Formatos</b>	MME, HTML, WAP	HTML y WAP	HTML y WAP	HTML y WAP, MMS, J2Me
<b>Licencias</b>	Excelente con palms	Buena con PDA's	Plataforma abierta	Excelente con la mayoría de los OEM en telefonía celular

Tabla 4.3 Comparación de los sistemas operativos para dispositivos 3G

#### 4.3.2 Necesidades específicas de los OS's móviles

Al ver la necesidad que en mercado de teléfonos móviles es diferente a lo de las computadoras, es importante considerar a dicho mercado de forma aislada.

Un sistema operativo de PC con sus capacidades de comunicación a un sistema operativo pequeño para los handsets conlleva una gran cantidad de compromisos fundamentales. Dentro de estos compromisos, se considera que un sistema operativo especialmente diseñado para el ambiente móvil debe tomar en cuenta 5 aspectos clave que lo hacen único:

- Los handsets deben ser tanto pequeños como móviles.
- Los teléfonos móviles van dirigidos a un mercado masivo de consumidores, empresas y usuarios profesionales.
- Los teléfonos móviles se conectan ocasionalmente (pueden ser utilizados cuando se conectan a la red telefónica inalámbrica, localmente a otros dispositivos o sin la necesidad de establecer alguna conexión).
- Los fabricantes deben diferenciar sus productos de manera que presenten innovaciones en un mercado de cambios vertiginosos.
- La plataforma debe de estar abierta para permitir tecnología independiente, de manera que sea posible para terceros desarrollar aplicaciones, tecnologías y servicios.

A continuación se presenta una descripción más amplia de los puntos arriba mencionados:

#### ***4.3.2.1 Terminales pequeñas, pero siempre disponibles***

Por definición los dispositivos móviles deben ser pequeños y por supuesto móviles. Esta característica crea grandes expectativas en los usuarios en el sentido de que ellos esperan que, por ejemplo, si tienen una agenda en un teléfono que les sirva para realizar llamadas e intercambiar información, sean capaces de llevar toda esta funcionalidad con ellos a cualquier lado en todo momento para así emplearla cuando lo crean necesario.

Llenar todas esas expectativas tiene como consecuencia una considerable demanda en cuanto a la administración de energía se refiere. El dispositivo debe responder en toda situación y no se puede permitir una larga secuencia de inicio cuando es encendido. De hecho, el handset nunca debe de ser apagado del todo ya que generalmente necesita activar alarmas de tiempo o manejar llamadas entrantes. Cumplir con estos requerimientos contradictorios sólo puede ser logrado si el sistema operativo con el que cuenta se diseña en su totalidad bajo el concepto de eficiencia.

#### ***4.3.2.2 Enfoque al mercado masivo***

La confiabilidad es uno de los puntos más importantes a tomar en cuenta en el mercado masivo. Si un usuario experimentara en una unidad móvil alguna pérdida de información causada por el propio equipo, eso tendría como consecuencia una desconfianza futura de éste hacia a su teléfono, y lo que es peor, hacia la compañía fabricante del mismo. El hecho de pedirle a un consumidor que realice una actualización de software debe pensarse como un último recurso tanto práctico como comercial (se debe evitar a toda costa que un handset sea empacado o puesto a la venta con un defecto crítico en el software). Así pues, empleando terminología de PCs, un teléfono nunca debería necesitar resetearse o reiniciarse, algo que resulta muy común en computadoras de escritorio, donde los “bugs” o errores de programación y los reinicios son situaciones previstas y esperadas.

Aunque en un inicio parezca difícil de concebir para muchos usuarios de computadoras personales, la posibilidad de contar con un sistema operativo robusto y confiable es completamente viable. Incluso cuando nadie puede garantizar un software totalmente libre de errores, un buen sistema operativo puede facilitar en gran manera la escritura de aplicaciones sólidas y confiables. Para lograr estos propósitos es necesario contar con una buena ingeniería de software (incluyendo orientación de objetos) y una buena estructura para manejar errores, haciendo que se lleve a cabo una recuperación aceptable al enfrentarlos dentro de la ejecución del programa como puede ser cuando se acaba la memoria, la batería se encuentra baja o se pierde el enlace de comunicación.

Asimismo, un sistema efectivo de administración de memoria se vuelve esencial, por lo que la liberación de recursos una vez que éstos no se requieran más resulta imperativo junto con una estructura para manejar los errores que sea fácil de usar. Las aplicaciones y los módulos del sistema que alojen bloques de memoria tienen que lidiar con la posibilidad de que ninguno esté disponible en algún momento, creando así la necesidad de emplear una programación defensiva desde el nivel del sistema operativo hasta el de la aplicación.

Complementariamente a la confiabilidad, es deseable ponerles atención a los siguientes puntos:

- Las aplicaciones deben sacar provecho a las características únicas de los teléfonos móviles y su ambiente.
- Los productos deben de ser diseñados para satisfacer los desarrollos de la tecnología actual y de la futura.
- La consistencia de estilo es crítica (si una característica es muy compleja de implementar, entonces no justifica ni el tiempo que se invirtió para desarrollarla ni el espacio que ocupa en la memoria del handset).

Un sistema operativo que se enfoque al mercado de los teléfonos móviles debe considerar estos lineamientos de diseño al ofrecer un alto nivel de integración con funcionalidades de comunicación y de administración de información personal (PIM Personal Information Management).

#### *4.3.2.3 Conectividad Ocasional*

Servicios como acceder a datos de manera remota, mandar correo electrónico o sincronizar calendarios, por mencionar unos cuantos, demandan el uso de algún tipo de conexión. Las restricciones de movilidad generalmente hacen que una conexión inalámbrica sea la elección más adecuada, sin importar si se trata de un área grande (usando telefonía inalámbrica) o un área personal (por medio de infrarrojo o Bluetooth).

Como se sabe, la conectividad inalámbrica no es completamente uniforme debido a los diferentes protocolos usados alrededor del mundo, los desvanecimientos de la señal cuando se está en movimiento y a una cobertura incompleta (especialmente en áreas remotas, en algunos edificios o mientras se viaja en avión). Sería poco inteligente asumir que una conexión móvil se mantiene en todo momento, de modo tal que, si se hace un desarrollo confiando en que así sucede, la experiencia que vaya a tener el usuario final podría resultar muy frustrante. Un sistema operativo debe tomar todo esto en consideración al proporcionar aplicaciones que estén diseñadas para manipular los datos del usuario que se encuentren en el teléfono, aún si no se tiene conexión alguna. En pocas palabras, la transición que hay entre ser un punto más de la red y ser un equipo autosuficiente debe darse de una manera suave y sin complicaciones.

Toda esta conectividad demanda un desempeño multitareas del sistema operativo con capacidades de comunicaciones en tiempo real, manejando un conjunto considerable de protocolos de comunicaciones. Aunado a los requerimientos en tiempo real para mantener las conexiones, el sistema operativo debe proporcionar mecanismos que le permitan manipular las conexiones perdidas al mismo tiempo que le informa al usuario de una manera apropiada (sin que el handset realice una operación no esperada). Para lograr lo anterior y ser capaz de soportar los estándares más avanzados como W-CDMA, la interfaz al nivel de la aplicación debe permanecer consistente sin importar qué tipo de pila de protocolos se emplee.

Para que las aplicaciones se puedan beneficiar completamente de las posibilidades de conectividad actuales y sean fácilmente adaptables a los nuevos protocolos que se

vayan implementando, se considera que es importante contar también con un amplio conjunto de APIs.

#### **4.3.2.4 Diversidad de productos**

Existe una aparente contradicción entre los desarrolladores de software que buscan desarrollar para una sola plataforma popular y los fabricantes que desean tener una gran diversidad de productos novedosos y distintivos. La solución podría ser manejar por separado la interfaz del usuario del núcleo del sistema operativo.

Los teléfonos móviles avanzados o “smartphones” están apareciendo en todo tipo de formas y tamaños (desde los que se parecen a los handsets actuales con su teclado numérico, hasta los que se operan con una pluma o los que tienen grandes pantallas con pequeños teclados alfanuméricos). Los diferentes mecanismos de entrada junto con la forma de los dispositivos definen en gran manera el principal modo de operación de los teléfonos. Con una pantalla muy pequeña y un teclado numérico, el uso principal tiende a ser las llamadas de voz. Con una pluma como dispositivo de entrada, la navegación resulta muy conveniente pero la captura de datos no. Un teclado alfanumérico se presenta obviamente como la mejor opción para capturar una gran cantidad de información. Todos estos distintivos implican que las interfaces de usuario son, en última instancia, dependientes tanto del dispositivo como del mercado.

Vale la pena destacar que la diferenciación de un producto no es solamente un problema del sistema operativo, pero de cualquier forma, el proveedor de éste debe permitir casi de manera obligatoria una cierta libertad en las licencias para que sea posible innovar y desarrollar nuevas líneas de productos. Lo ideal sería que los fabricantes de teléfonos pudieran crear productos altamente diferenciados al mismo tiempo que comparten una misma plataforma tecnológica, para así mantener siempre la curva de aprendizaje al mínimo (por ejemplo al maximizar la reutilización de código).

#### **4.3.2.5 Plataforma Abierta**

En este punto se enfatiza la característica que debe permitir el desarrollo de terceros (como los proveedores de software independientes o los mismos operadores de las redes celulares) en los sistemas operativos dirigidos a mercados masivos. Por consiguiente, es deseable que el sistema operativo móvil tenga soporte para manejar lenguajes como C++ y Java, además de proporcionar SDKs (Software Developer Kit), herramientas, documentaciones, libros, cursos y soporte técnico especializado.

Con el propósito de reducir los tiempos que le toma a un producto estar listo para su introducción al mercado, los desarrolladores requieren de volverse hábiles para manejar las herramientas lo más rápido posible, por lo que el soporte de estándares que les sean familiares o que se puedan aprender a través de una considerable cantidad de fuentes es imprescindible. Los estándares también hacen que la plataforma sea más abierta y que como consecuencia atraiga a una mayor cantidad de desarrolladores.

Por mencionar un ejemplo, estándares tradicionales como el Unicode para la internacionalización, el POSIX API y Java deben estar presentes en cualquier sistema

operativo que pretenda incursionar en un mundo comunicado. Además de esto, se considera que otros como el TCP/IP, POP3, IMAP4, SMTP, SMS, MMS, Bluetooth, OBEX, WAP, i-mode y SyncML deben contar con soporte también.

#### *4.4 Ejemplo de un Dispositivo de Tercera Generación*

Se ha hablado de los nuevos componentes y el software desarrollado para la Tercera Generación, de su importancia dentro de las nuevas aplicaciones, servicios y configuraciones que se ofrecen, pero para poder aterrizar todo lo expuesto, se presenta a continuación un ejemplo de un dispositivo usado por los usuarios basado en CDMA2000<sup>®</sup> 1x.

El dispositivo es fabricado por la compañía de Kyocera Wireless Corporation (OEM) con ciertas características en cuanto a los circuitos y software que debe manejar.

Como primera característica, hablaremos del procesador. Este dispositivo emplea un procesador de la serie MSM (MSM5100) fabricado por QUALCOMM<sup>™</sup> y el cual tiene el soporte de tecnologías como CDMA2000, IS-95A e IS-95B; puede trabajar en las frecuencias de la banda PCS o en la Banda Celular, proporcionando soporte a los servicios de localización a través de la tecnología GPSONe.

Su segunda característica es la memoria con la que este teléfono cuenta para el funcionamiento de las posibles aplicaciones que se pudieran cargar. Estamos hablando de una capacidad en memoria RAM de aproximadamente de 400kB y con una memoria de tipo Flash de 2 MB.

A través de este espacio de memoria el usuario puede tener acceso a ciertos servicios como imágenes en formatos de BMP con una profundidad de 16 bits, BCI (formato desarrollado por QUALCOMM<sup>™</sup>) y PNG. Junto con algunos formatos de audio y video como MP3 a una tasa de 16 kHz mono, MIDI polifónico y un formato de video denominado PMD, el cual es un formato de sincronización de audio, animación e incluso texto.

Además, cuenta con una pantalla del tipo LCD de 128 x 116 pixeles que permite, con una profundidad de 16 bits o 65 536 colores. Esto permitirá tener imágenes bien definidas observando texturas y detalles.

Ahora bien, hablando en cuestiones de software, este teléfono usa un sistema operativo propietario; sin embargo la navegación a través de este sistema permite el fácil acceso a las diferentes funciones y aplicaciones con las que cuenta.

El tiempo de vida de su batería es aproximadamente de 2.5 a 3 días permaneciendo en estado durmiente, pero si se encuentra en uso, ya sea para datos o voz puede durar aproximadamente 1.5 días.

Por último, de acuerdo a sus características el teléfono, es capaz de utilizar software especial para poder acceder a otro tipo de aplicaciones que no son contempladas dentro de su fabricación, es decir, software con el que un usuario puede acceder a consultas de correo, browser's, video, audio, wallpapers, ringers, entre otros. Estamos hablando de

software de bajo nivel, el cual ha tenido en estos últimos años un mayor crecimiento y es lo que se denomina como “middleware” y que hablaremos en el siguiente capítulo.

Cabe mencionar que no sólo el sistema operativo es una parte esencial para los servicios de valor agregado, sino que se utilizan otras herramientas con las cuales se pretende dar acceso. Como veremos, existen dos plataformas denominadas lenguajes de bajo nivel y se apoyan de programas de desarrollo como C++ o Java. Esas plataformas son BREW y J2Me.

Es importante observar que este teléfono de acuerdo al chipset que utiliza maneja la plataforma BREW, la cual utiliza su versión 2.0 y que puede soportar video y audio mediante una IP dada. Así, es importante la incursión de este sistema como un recurso adicional a lo que normalmente manejan los handsets.



- **OEM:** Kyocera Wireless Corp.  
Kyocera SE47
- **Versión de BREW soportada:** 2.0
- **Memoria Flash:** 2 MB
- **Soporte de Imágenes:**  
BMP (profundidad 16 bits)  
BCI  
PNG
- **Soporte de Audio:**  
MIDI  
MP3 (Tasa de muestreo a 16 kHz mono)  
QCP
- **CMX (sincronización de audio, animación y texto)**
- **Manejo de Ringers**

Figura 4.10 Características del teléfono 3G fabricado por la compañía Kyocera Wireless Corporation

# **Capítulo V**

## **Ejemplo de Aplicación de Nueva Generación**

### *5.1 Descripción general*

A lo largo de estos primeros capítulos hemos sentado las bases en lo que representa las herramientas para la implementación de aplicaciones en donde se tenga involucrado un proceso de datos, de tal forma que en una red CDMA de Tercera Generación, dispositivos como el AAA, el PDSN, la red IP con su configuración en el móvil y el envío de mensajes cortos, conforman los puntos medulares con los cuales se fundamentará el presente capítulo.

Ahora bien, como sabemos la ingeniería evoca la solución de problemas al que se puede enfrentar el ser humano con respecto a su entorno, sin embargo, se vale de herramientas como los conocimientos físicos y matemáticos como pilares para fundamentar su explicación a dicho proceso físicos. A partir de ello se planteará la descripción general de uno de los proyectos realizados en el Laboratorio de Aplicaciones Avanzadas de Telefonía Celular UNAM-QUALCOMM en donde se tiene la tarea de ofrecer una solución a los problemas de configuración, administración y mantenimiento del software desarrollado para su buen desempeño en el mercado de las Comunicaciones Móviles.

El Laboratorio de Aplicaciones Avanzadas de Telefonía Celular tiene como origen de una convocatoria elaborada en diciembre del 2002 para la formación de desarrolladores de aplicaciones móviles con tecnologías brindadas por la compañía de líder mundial QUALCOMM™. Gracias a dicha convocatoria se realizó la selección de nueve estudiantes de la facultad de Ingeniería, formando así el grupo de trabajo que está a cargo de este proyecto.

Entre sus tareas el Laboratorio desarrolla aplicaciones para la industria de Telecomunicaciones inalámbricas y va desde la elaboración de la aplicación en el dispositivo móvil, hasta su puesta en marcha en dicho proveedor (OEM) y corporativos proveedores de información. Sin embargo, debemos de apuntar que también se tratan de involucrarse otras tareas igual de importantes como la primera entre los que destacan son los mencionadas a continuación:

- a) Promover el uso de CDMA como tecnología para las Comunicaciones Inalámbricas.
- b) Proveer desarrollos, investigaciones y soluciones para la implementación en la industria de Telecomunicaciones.
- c) Proporcionar capacitación a futuros desarrolladores de software en 3G.

Como se puede apreciar, la tareas que lleva el Grupo de Desarrollo van encaminadas en esta primera fase a los problemas que atañen a los “carriers” para su implementación en nuestro país.

Es así que de acuerdo a estos puntos, el presente trabajo de tesis evoca a una de los proyectos más importantes y más elaborados que se llevaron dentro del Laboratorio, ene. cual se dará una descripción general, que como veremos hace una remembranza al tema de la transmisión y envío de datos hacia los usuarios.

Nuestro problema es el desarrollo de una aplicación capaz de soportar el envío de datos, los cuales serán interpretados en una secuencia de imágenes conformando un video cuya duración se espera entre los 8 y 10 segundos. Dicha secuencia debe ser procesada de tal manera que el formato que se utilice, sea acorde a las especificaciones de los diferentes handsets utilizados.

Por otro lado, una vez que el video se elabore con las especificaciones necesarias (número de frames e intervalo de tiempo), es requerido un espacio en donde se va a alojar la información, es decir, el handset lleva una estrecha relación con la Red de Paquetes, en donde a través del servicio de la Internet se le proporciona la información que se necesita para su funcionamiento.

Así que la capacidad con la cual el server<sup>1</sup> sea configurado, depende de ciertos factores entre los que destacan el número de usuarios que se estiman que consulten el servidor para la descarga de información (videos, archivos de texto, imágenes) y que utilizarán dicha interfaz; el enlace físico con el cual se accederá y se dispondrá de la información (E1, T1, fibra óptica por medio de OC-1, OC-3, etc.). En base a estas dos variables en nuestros cálculos se podrá ver la disponibilidad y los problemas que puedan tenerse en el dimensionamiento de la red dentro de la arquitectura general de la aplicación.

Por otra parte para el envío de la información al usuario se considera que la petición de la información se hará mediante el uso de notificaciones, las cuales son mensajes de texto que van dirigidas exclusivamente hacia la interfaz. En ese momento se le indica al usuario que existe información que él puede consultar. Este proceso será importante ya que permitirá conocer cuando el dispositivo móvil (específicamente la interfaz) debe tener comunicación con la Red de Datos para la descarga de la información.

Ahora bien, esta comunicación entre dispositivo-Red de IP-Server es importante para el funcionamiento de la aplicación, pero también la planeación, mantenimiento y administración de dicho sistema. En este caso, llamaremos a estas tareas como Arquitectura del Sistema, en donde se cubrirán aspectos como capacidad de la red, números de usuarios, medios físicos utilizados, localización del servidor y el centro de monitoreo o de control, configuración de las notificaciones de texto, métodos de tarificación, etc.

Con estas premisas veremos que a partir de la elaboración de este capítulo nos permitirá conocer el funcionamiento de otros posibles desarrollos como pueden ser aspectos de seguridad, localización y posicionamiento y vigilancia.

---

<sup>1</sup> Hablaremos como Server como aquel dispositivo encargado de almacenar la información o el contenido requerida para que el sistema trabaje adecuadamente.

De esta manera, con base a la descripción del problema que se tuvo para su estudio hemos realizado una división en donde se basó tres grandes rubros que se enumerarán a continuación:

1. Desarrollo de la aplicación bajo la plataforma manejada en el proyecto UNAM-QUALCOMM para su ejecución en el dispositivo móvil (handset).
2. Desarrollo del proveedor del contenido (desarrollo Web y manejo de bases de datos).
3. Diseño de la arquitectura de la red para la sincronización entre la Red de Paquetes (Web) con el software para el móvil.

A partir de esta distribución se observarán los requerimientos necesarios para el desarrollo y la puesta en marcha de Aplicaciones Inalámbricas de Nueva Generación, en donde se le da una solución transparente y eficaz al usuario en procesos como procesamiento y captura de video, velocidad de transmisión y rapidez en el envío de notificaciones a los usuarios.

## ***5.2 Desarrollo de la interfaz móvil***

La interfaz móvil involucra uno de los tres puntos en la Ingeniería de aplicaciones móviles resaltando un aspecto esencial para la operatividad del sistema y por tanto se debe de poner atención en el diseño de las interfaces y la bajo que tipo de software se desarrollan.

Con ello, hablaremos de la plataforma que con la cual fue desarrollada la aplicación. Aunque existen varias en el mercado destacando una interfaz adoptada por Java para dispositivos móviles denominada J2Me (Java 2 Micro Edition), y otra adoptada y desarrollada por QUALCOMM™, ambas presentan ciertas características que veremos a continuación y que vale la pena destacar.

Cabe señalar que muchos especialistas consideran a las dos plataformas como competencia una de la otra, BREW™ es una solución con mayores ventajas debido a soporta una gama de lenguajes de programación, dentro de los cuales incluye XML, HTML, Java, C/C++.

### ***5.2.1 BREW: Binary Runtime Environment for Wireless***

BREW™ es una de las partes fundamentales empleadas en las terminales CDMA ya que permite el acceso al manejo de distintas aplicaciones y/o funciones en las terminales móviles.

Emerge de los retos que se les presentaron a los equipos de desarrollo de los teléfonos en QUALCOMM™ y a los desarrolladores de los chips para la tecnología CDMA. Como otros en la industria, los ingenieros de software debido a las circunstancias fueron

obligados a trabajar en secreto código del sistema perteneciente al chip (lenguaje de bajo nivel) con el objetivo de integrar aplicaciones sobre diferentes dispositivos.

QUALCOMM™ reconoció la necesidad de un ambiente de ejecución de una aplicación para habilitar a los desarrolladores a trabajar con herramientas que sean familiares y proveer una plataforma común a través de cada dispositivo en el mercado. Esta plataforma necesitó que ser diseñada específicamente por los requerimientos (memoria, batería, display, etc.) y las capacidades (posicionamiento, telefonía, etc.) de dispositivos inalámbricos.

Con ello se desarrolló BREW™ basado en tres fases, en donde cada una refleja los retos, precursores y etapas para esta plataforma, mencionadas a continuación:

#### *Fase I Prototipo de Ambiente de Aplicación*

- Desarrollo de la aplicación internamente (lenguaje de bajo nivel)
- Aplicaciones estáticas (no descarga).
- Integración de buscadores y aplicaciones simples.
- Construcción en forma de bloques.

#### *Fase II Plataforma de Aplicación*

- Ambiente modularizado (integración por capas).
- Descarga de la aplicación over-the-air.
- Soporte de extensiones para mejores desarrollos.
- Servidor de alojamiento de las aplicaciones ADS (Application Download Server).
- Herramientas (tools) y software de desarrollo (BREW™ SDK).

#### *Fase III Servicios de Internet por Qualcomm (QIS)*

- Handset, wireless y Internet.

Como se dijo BREW™ es la unión de varios conceptos y que hacen alusión a Binary Runtime Environment for Wireless en donde cada una representa alguna característica o parte de dicha plataforma. Así podemos ver que cada concepto de BREW™ representa lo siguiente:

**Binary:** Las aplicaciones BREW™ y las APIs<sup>2</sup> de BREW™ se ejecutan eficiente, con código nativo, ambos en el Emulador proporcionado por BREW™ y sobre dispositivos que se encuentran en la actualidad en el mercado.

**Runtime:** Las aplicaciones y extensiones son realizadas en tiempo de ejecución.

---

<sup>2</sup> API Application Programming Interface: Interface de Programación de la Aplicación, conjunto de función que constituyen la base de la programación en un ambiente de desarrollo. BREW provee un set de funciones que son capaces de realizar tareas para la creación de menús, páginas Web, cajas de texto, formatos HTML, lectura, escritura y creación de archivos, etc.

**Enviroment:** Más que una colección de API's, BREW™ es un ambiente de ejecución completo para aplicaciones sobre dispositivos inalámbricos.

**Wireless:** BREW™ es apropiado y eficiente para los ambientes donde se tiene baja memoria RAM/FLASH, los cuales son típicos en muchos dispositivos inalámbricos. Las API's son diseñadas para permitir que las aplicaciones tomen ventaja de los servicios inalámbricos, en donde éstas son descargadas "over-the-air".

De esta forma podemos colocar a BREW™ como:

- Una tecnología de software con un conjunto de APIs desarrolladas para trabajar en conjunción con lenguajes de programación como C/C++, Java, etc.
- Una tecnología de distribución: Las aplicaciones BREW™ son puestas como disponibles a los fabricantes de los teléfonos celulares y proveedores de telefonía celular desde un "sitio central".

Básicamente BREW™ es una solución que conjunta elementos tanto técnicos como de negocios con el propósito de satisfacer las necesidades que los desarrolladores de aplicaciones inalámbricas pudieran tener. Con BREW™ los desarrolladores pueden elaborar aplicaciones rápidamente, ganar acceso a un mercado masivo y asegurarse del pago por ellas. Los fabricantes de handsets (OEMs) pueden introducir nuevos dispositivos mucho más rápido, los carriers pueden generar nuevos ingresos y ofrecer mayores ventajas por ofrecer una amplia gama de aplicaciones que pueden ser útiles; y los clientes pueden escoger y descargar el software para establecer sus preferencias. De esta forma los clientes manejarán el mercado para los nuevos servicios y aplicaciones de datos inalámbricos.

Con BREW™, los operadores o carriers no solamente obtienen un lenguaje de programación, sino una opción a una plataforma abierta y flexible para la selección, desplie-gue y tarificación<sup>3</sup> de múltiples servicios inalámbricos.

Concluyendo, el sistema BREW™ consiste de cuatro elementos transcendentales para la elaboración de aplicaciones y servicios bajo la plataforma de CDMA:

- a) El kit de desarrollo (BREW™ SDK).
- b) Las aplicaciones para los usuarios finales para la descarga "over the air" a los móviles.
- c) Una plataforma abierta sobre los chips de CDMA por los OEMs.
- d) El Sistema de Distribución BREW™ (BSD) para los carriers que incluye el servicio de descarga y el sistema de tarificación, los cuales serán explicados en el proceso de tarificación dentro de nuestro proyecto.

---

<sup>3</sup> BREW cuenta con un sistema para los procesos de descarga, tarificación y pago de servicios que el proveedor de telefonía celular no tendrá que implementar independientemente.

### 5.2.1.1 BREW frente a J2Me

BREW™ presenta un sin fin de ventajas frente a otras plataformas de desarrollo para aplicaciones móviles, sin embargo, no obstante se han visto que la mayoría de los desarrolladores en el mundo prefieren la plataforma desarrollada por Java dirigida hacia el mercado móvil J2ME.

Lo anterior es consecuencia de que BREW™ es una plataforma de reciente creación y aunque QUALCOMM™ no la desarrolló con la intención de competir con J2Me, veremos que se presenta como una mejor opción para el operador y darle la oportunidad de ofrecerle al usuario un mayor variedad en el uso y desarrollos en el mercado.

A continuación se presenta un resumen de las ventajas y desventajas que cada uno de las plataformas presentan en su implementación.

#### *Ventajas de BREW*

- a) Es un ambiente que es capaz de ejecutar tanto aplicaciones pequeñas y ligeras como desarrollos complejos.
- b) Utiliza eficientemente tanto la memoria RAM como la memoria persistente. Los objetos usados por BREW™ son cargados y descargados de acuerdo a las necesidades.
- c) Permite al desarrollador realizar su aplicación una sola vez. La aplicación correrá en todos los teléfonos compatibles sin ningún cambio esencial en el código.
- d) Los desarrolladores no necesitan estar preocupados por las estructuras de datos de nivel bajo ya que todas las interacciones entre la aplicación misma y la plataforma del dispositivo ocurre a través de clases bien definidas.
- e) BREW™ se interpreta como una plataforma para la ejecución de aplicaciones orientados a objetos, que permite la creación de aplicaciones hechas en C, C++ e incluso Java.
- f) A diferencia de Java, BREW™ cuenta con un sistema de distribución y tarificación. Los usuarios pueden descargar las aplicaciones a sus teléfonos de una manera amigable al usar una “tienda virtual” en donde se tiene el acceso a todas aquellas aplicaciones que el carrier cuenta dentro de su catálogo. Además otra opción de BREW™ es que en el momento en que no se desee la aplicación, el usuario tiene la opción de borrarla y así liberar espacio de memoria.
- g) La plataforma BREW™ cuenta con una extensión de software que le permite correr aplicaciones hechas en J2Me sin problemas.
- h) La tecnología de excelencia es CDMA, sin embargo, BREW™ no es exclusivo e incluso puede manejarse en sistemas con otras técnicas de acceso, tal es el caso de W-CDMA y GSM.
- i) Con BREW™ un desarrollador puede hacer una aplicación y entrar al catálogo de un proveedor sin tener que establecer pláticas con QUALCOMM™.

- j) El modelo de reparto de las ganancias o de billing hace ver el esfuerzo del desarrollador y lo hace atractivo. El sistema de repartición es 80% para el desarrollador, 10% para el carrier o proveedor de servicio y finalmente un 10% para Qualcomm por concepto de uso de tecnología desarrollada por éste. Es importante recalcar que todo el tiempo aire ganado a través de las aplicaciones, se le asigna al carrier ya que es aquel que presta su tecnología para que la interfaz pueda trabajar.
- k) QUALCOMM realiza la certificación de cada una de las aplicaciones, de manera que no existan problemas de funcionalidad en la interfaz.
- l) Posee herramientas de desarrollo que permite realizar aplicaciones mucho mejores y que ocupen poco espacio de memoria.

#### *Ventajas de J2Me*

- a) J2Me es una tecnología desarrollada por Java customizada para pequeños consumidores y dispositivos embebidos con procesador, memoria, y capacidades de entrada limitados.
- b) Actualmente existen dos configuraciones para J2ME, la CLDC (Connected Limited Device Configuration), orientada a dispositivos con limitaciones tanto a nivel de procesamiento como de interfaz gráfica y la CDC (Connected Device Configuration), orientada a dispositivos con menos limitaciones.
- c) La mayoría de los carriers prefieren utilizarla debido a que lleva más años en el mercado que BREW™.
- d) Algunos opinan que es más fácil la programación.
- e) Mayor cantidad de teléfonos compatibles con Java (compañías como Nokia, Motorola, Symbian, Ericsson, J-Phone, NEC, Siemens, RIM y Sony soportan Java ampliamente).
- f) La certificación que realiza Java es a través del código mediante la autenticación línea por línea.
- g) Acceso fácil y gratuito a las herramientas de desarrollo.
- h) No es necesario la reserva de memoria, en el caso de BREW™ al tener como lenguaje nativo C++ es necesario reservar localidades de memorias a determinadas variables durante la programación de las aplicaciones.

A partir de sus desventajas y ventajas que tiene cada plataforma, la siguiente tabla hace la comparación entre tecnologías, sacando a relucir que desventajas puede tener una de la otra:

<i>BREW</i>		<i>Características</i>
Ambiente Operativo	Chip MSM elaborado por QUALCOMM™	Multiplataforma
CPU (requerido para sus operación)	CPU con 133 MHz capaz de uso de comunicación y BREW	Requiere un CPU especial de 133 MHz, habilitado para Java, separado de las comunicaciones del CPU.
Consumo de potencia	Pequeña	Comparativamente grande debido a la máquina virtual que usa cuando su estado es de inactividad.
Lenguaje de programación	Compilador C++ (la ejecución es rápida debido a que se tiene en un lenguaje nativo después de su compilación)	Un intérprete de Java (su operación es lenta porque tiene una traslación secuencial por la máquina virtual.
Protocolos de comunicación	TCP/IP (compatible con mail, directorios, SMS, gps, etc.)	Sólo http
Modelos de handsets	Desde los modelos económicos hasta los de lujo	Modelos de lujo

Tabla 5.1 Comparación entre plataformas de 3G BREW vs J2Me

### 5.2.2 Interfaz para el móvil

Previamente discutido las ventajas que ofrece BREW frente a su rival, pasaremos a la descripción de la interfaz móvil.

Como es de esperarse, dos de los aspectos importantes para el éxito de una aplicación tiene que ver con su funcionalidad y operatividad, teniendo un especial cuidado en el diseño para que éstas resulten fáciles de usar.

Al momento de las decisiones que definirán la interfaz de una solución BREW™, es aconsejable tomar en cuenta que existen ciertos métodos, técnicas y recomendaciones que facilitan todos los aspectos de diseño que se requieran manejar.

El proceso que involucra el diseño de la interfaz de usuario comienza después o en paralelo con la definición de las características de funcionalidad de la aplicación. Cualquiera que sea el caso, una planeación cuidadosa en las etapas iniciales del diseño de la interfaz facilita la creación de buenos productos con un alto nivel de operabilidad. De igual manera, esto puede ayudar a reducir el tiempo y el costo invertidos en el diseño de aplicaciones.

Normalmente, la interfaz se inicia con el entendimiento y la identificación de las siguientes particularidades:

- Hacia quien va dirigida la aplicación, es decir, quienes serán los consumidores próximos.
- Necesidades de los usuarios que se requieran cubrir.
- Tipo de información que será usada en la aplicación.

- Limitaciones técnicas (resolución y el tamaño de las pantallas de los teléfonos que estén contemplados en el mercado).
- Tarifas que podrían afectar el diseño.

Las técnicas comunes para llevar a cabo los puntos anteriores incluyen la realización de entrevistas, creación de documentaciones, revisión de literatura sobre el tema, grupos de estudio enfocados y generación de “lluvias de ideas”. No obstante que el tiempo de desarrollo es en general limitado, cabe señalar que el emplear parte de éste en la etapa de diseño normalmente ahorra tiempo en las fases subsecuentes.

A diferencia de las aplicaciones de escritorio, las aplicaciones BREW™ no tienen mucho espacio de pantalla para trabajar. Por consiguiente, se debe asegurar todo el contenido que se desplegará en el dispositivo debe ser dentro de los límites establecidos por la pantalla, en caso contrario, debe ajustarse a dichas medidas.

QUALCOMM™ recomienda que las pruebas se realicen en los dispositivos y que no se confíe plenamente en los emuladores ya que éstos podrían no resultar del todo precisos (como en el caso de tamaños de pantallas y fuentes utilizadas). Hay que recordar también que el hecho de seleccionar un nombre que sea atractivo o que les sea significativo a los usuarios es algo que resulta bastante importante.

Ahora bien una primera fase consiste en la programación de una aplicación que utilice Internet Móvil la cual es descargada por los desarrolladores hacia al MS, para fines de prueba y correcta ejecución de la misma aplicación.

Debido a las características que encierra el MS (tal como el de disponer DSP programables), se permite la manipulación de las aplicaciones dentro de un sistema de navegación propio del MS, en donde éste puede alojar un determinado número de las mismas, en donde este número estará limitado por la cantidad de memoria utilizable definido por la Unidad Terminal. De esta manera el usuario tiene bajo la interfaz BREW™, un mosaico de aplicaciones las cuales podrá eliminar o si así lo desea, descargar otras con el fin de agregarse al catálogo residente en el MS.

Ahora bien, la interfaz desarrollada en el Laboratorio UNAM-QUALCOMM™ tiene como objetivo la implementación de un servicio de datos, específicamente, multimedia. El fin de la interfaz es proporcionarle una herramienta al usuario que se capaz de proporcionarle un medio adecuada para la descarga de una secuencia de imágenes que conforman un video.

El funcionamiento general de la aplicación es muy sencillo. La interfaz está enfocada al mercado del entretenimiento en donde el usuario tendrá la oportunidad de escoger dentro de la aplicación las preferencias que mas le convenga.

Como podemos apreciar en las siguientes figuras, la aplicación es utilizada para la descarga de videos que pertenezcan a la liga mexicana de fútbol. De esta forma, la de-

manda de posibles servicios de datos es siempre y cuando el usuario esté de acuerdo a su petición y con ello recibir la información que viaja por la red IP.

Una vez escogida las preferencias dentro de la aplicación, una vez que suceda el evento esperado, la Red Celular enviará una notificación vía SMS con el propósito de “despertar” la interfaz y avisarle al usuario que la información que él requirió está lista para ser descargada.

En las siguientes figuras podemos observar la interfaz realizada en el Laboratorio. Esta aplicación es muy amigable ya que cuenta con íconos que hacen resaltar el propósito de cada opción y su funcionalidad para el usuario, en cuanto a la navegación.

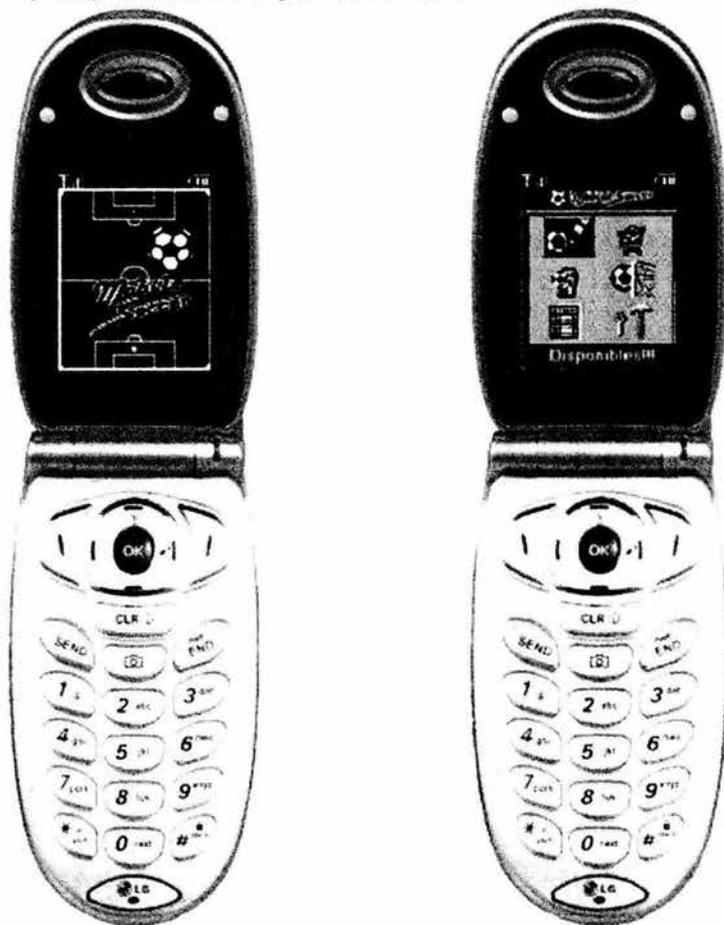


Figura 5.1 Ejemplo de interfaz móvil realizar en el Laboratorio UNAM-QUALCOMM

### 5.3 Desarrollo Web

Esta segunda etapa del proyecto consiste en el desarrollo del sitio Web ya que a través de éste la interfaz podrá interactuar con la Red Celular, especialmente con la Red de Paquetes y enviar la información a los usuarios finales.

Para poder realizar el sitio mediante el cual el proveedor de servicios decide sobre que tipo de información se debe o no presentar en la interfaz móvil a los usuarios, se debe de contar con un registro de los movimientos que realiza el proveedor, es decir, se cuenta con una bases de datos que será la encargada de organizar la información y almacenarla en un archivo lógico compuesto de uno o más archivos físicos.

Con la creación de la base de datos, se debe de contar con un sitio en donde se realicen varias tareas, como el almacenamiento de imágenes, videos, dar de alta información y por supuesto notificar que de cambios al usuario. De esta manera el sitio fue desarrollado a través de un lenguaje de programación dirigido hacia sitios Web denominado PHP.

PHP es un lenguaje especial, utilizado mayormente en la generación de páginas dinámicas en Internet. Cuenta con las siguientes características.

- *PHP es interpretado*

Esto ayuda a que el desarrollo con PHP sea rápido y dinámico, puesto que no hay que compilar el código cada vez que se haga algún cambio.

Cuando normalmente hablamos de PHP, nos estamos refiriendo al conjunto de reglas de sintaxis del lenguaje, los diferentes módulos que incluye, y, por supuesto, al intérprete o motor, es decir, a la distribución completa.

- *PHP está enfocado a Internet*

Esta es una de las características más relevantes de PHP. PHP no nació como un lenguaje de propósito general para programar cualquier cosa, sino con un claro objetivo: Internet. Provee una sintaxis sencilla, intercalable entre las etiquetas de HTML, y ofrece una gran facilidad para generar aplicaciones Web con contenidos dinámicos.

Las aplicaciones Web escritas en PHP constan de un conjunto de scripts que interactúan con las fuentes que les proveen el contenido (bases de datos, archivos en disco, archivos XML, etc.), procesan estos contenidos y generan una salida HTML que es la que se envía al navegador. Asimismo, los datos que el usuario envía al sitio web, pueden ser procesados y almacenados en estas fuentes de datos, proporcionando dinamismo en ambos sentidos: usuario <-> aplicación web. Ejemplos de este dinamismo de la aplicación en ambos sentidos son foros, contadores, carritos de compras, etc.

- *PHP puede generar otros formatos de datos*

Aunque es cierto que la principal utilidad de PHP es generar HTML dinámico, el lenguaje es también útil para generar otros tipos de salida, entre los que destacan principalmente archivos de texto a disco (generalmente usados como caché), archivos XML y también imágenes PNG y JPG.

Habiendo de explicar lo que constituyen la realización del sitio y bajo que herramientas se elaboró, a continuación se explicará de manera breve lo que constituye el sitio.

El sitio Web tiene como finalidad tener una administración general de los eventos que son llevados a través de la interfaz móvil. En dicho sitio se contará con una pantalla principal en la cual tendremos varias opciones como se puede apreciar en la figura.

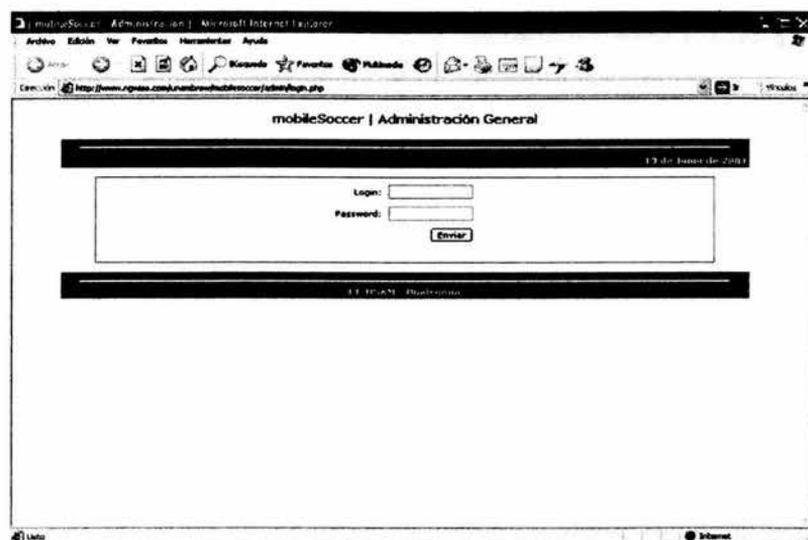


Figura 5.2 Administración del Sitio Web

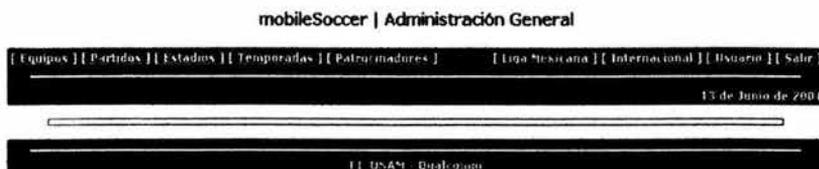


Figura 5.3 Opciones en la Administración del sitio Web

Como se puede apreciar en la administración se tienen varias opciones con las cuales el proveedor puede manejar el contenido que se desplegará en la interfaz móvil. Por ejemplo en la opción de *Equipos* se desplegarán todos los equipos que fueron previamente colocados en dicho apartado. Para mayor comprensión se han puestos los 20 equipos que forman parte de la liga de fútbol de nuestro país.

A continuación se encuentra la opción de *Partidos, Liga Mexicana e Internacional* en donde el carrier podrá programar los partidos que pudiesen existir en la semana. Ahí es importante resaltar que cuanto exista un gol en algún partido programado, se debe de enterar de inmediato el usuario con el fin de ser notificado vía SMS (después se pondrá la arquitectura de ello). En las siguientes figuras podremos darnos cuenta en la forma en la cual se trabaja nuestro sitio con la aplicación.

En la figura podemos ver la manera en como el carrier podrá disponer en el sitio correspondiente, observamos la manera en la cual se da de caso un partido de futbol, en donde se coloca la fecha del partido, los equipos participantes, el estadio e información adicional que será de utilidad para ciertas instrucciones que deba realizar la aplicación móvil de manera interna.

mobileSoccer | Administración General

[ Casos ] [ Estadios ] [ Estadios ] [ Emisoras ] [ Estadísticas ] [ Liga Mexicana ] [ Internacional ] [ Usuario ] [ Salir ]

Partidos | Todos | Nuevo 13 de Junio de 2004

Equipo Local	Equipo Visitante
América	Atlante
Fecha: Día: 1 Mes: Enero Año: 1995	
Hora: 00 : 00	
Temporada: Apertura - 2003	
Jornada: 1	
Estadio: 3 De Marzo	
Disponibilidad: Futuro	
Fecha de contratación: Día: 1 Mes: Enero Año: 1995	
Tipo de transmisión: Texto	
Patrocinador: Ninguno	
<input type="button" value="Enviar"/>	

11 INAN - Quilicura

Figura 5.4 Pantalla relacionada a la alta de información, en este caso es un partido

Una vez dado de alta los partidos correspondientes a una jornada en el torneo, se observarán los partidos disponibles en los cuales los usuarios podrían tener acceso a la información. Sin embargo, un aspecto a remarcar es el hecho que existen dos modalidades en donde el usuario pueda recibir información: texto y video. Si algún partido no puede contar con las escenas del gol, la notificación será directamente un archivo de texto que le indique el marcador y los equipos participantes, en caso contrario, el usuario podrá disponer de alguna escena importante durante el transcurso del partido.

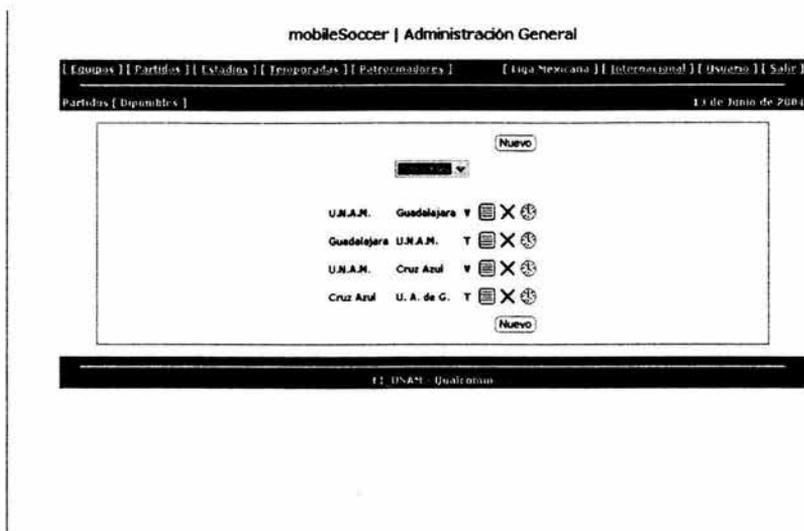


Figura 5.5 Partidos disponibles que el usuario pudiera optar a escoger en el transcurso de la jornada

Finalmente, ya realizada la compra de que partidos pudiera escoger, lo que sigue a continuación es cuando se llegue el día del partido, éste podrá disponer la información que necesite, como la tabla de posiciones, el video del gol, el marcador. Pero para que eso llegue, necesita que una notificación de texto abra la interfaz y pueda desplegar los datos.

Así que en las figuras podemos apreciar la pantalla de notificación mediante un SMS, para lo cual dentro de ese sitio se tuvo que tener acceso hacia la Red Celular, pero específicamente hacia el sitio encargado de enviar el texto a los usuarios.

Además el tipo de mensaje difiere un poco con relación a lo que es la estructura de un mensaje de texto, normal. BREW marca una serie de parámetros en los cuales puede descartar un mensaje si éste es enviado directamente hacia la aplicación, reconocerlo como un simple mensaje e incluso que dicho SMS no se para ésta.

Estado: 2o Tiempo Extra		Estado: 1er Tiempo	
Local	Visitante	Local	Visitante
Guadalajara	U.N.A.M.	U.N.A.M.	Guadalajara
45	48	2	0
2004-06-09 - 20:45:00		2004-06-13 - 12:00:00	
[ Terminar 2o Tiempo Extra ] [ Suspender Partido ]		[ Terminar 1er Tiempo ] [ Suspender Partido ]	
Nueva Gol: Guadalajara ▾ Alberto Medina Briseno ▾ 0 ▾		Nueva Gol: U.N.A.M. ▾ Darío Verón Maldonado ▾ 0 ▾	
Patrocinador: Ninguno ▾		Patrocinador: Ninguno ▾	
<input type="button" value="Enviar Gol"/>		<input type="button" value="Enviar Gol"/>	

```

Sending PDU, len == 45 Sending PDU, header-len == 16 Sending PDU,
command_id == 2 Read PDU : 20 bytes, Stream len : 26 Command
id : 2, Command status : 0, sequence_number : 1, Got
CM_BIND_TRANSMITTER_RESP: 055502187 -
//BREW:0x01016512://BREW:0x01016512:id_gol=341,Guadalajara-vs-U.N.A.M.
PDU spec: a1cc0ca011cc0ca11cc0ca053 Sending PDU, len == 99
Sending PDU, header-len == 16 Sending PDU, command_id == 4 Read
PDU : 25 bytes, Stream len : 21 Command id : 4, Command status : 0,
sequence_number : 2, Got CM_SURMET_SM_RESP: 123456 -
//BREW:0x01016512://BREW:0x01016512:id_gol=341,Guadalajara-vs-
U.N.A.M.
PDU spec: a1cc0c0e7cc0ca11cc0ca071 Sending PDU, len == 113
Sending PDU, header-len == 16 Sending PDU, command_id == 4 Read
PDU : 25 bytes, Stream len : 21 Command id : 4, Command status : 0.

```

Cerrar

Figura 5.6 Notificación SMS

## 5.4 Arquitectura de la Aplicación

Finalmente llegamos al apartado que consideramos más importante, no solo por el ámbito en el que sin éste nuestro desarrollo tendría problemas en las consideraciones como que número de usuarios tendrá para su acceso, el formato del video con el cual se presentará la información, los componentes que formarán parte de nuestro sistema e incluso el enlace escogido de acuerdo a las tasas de transmisión y al ancho de banda disponible para su uso.

En base a los requerimientos que necesita la aplicación y tomando en cuenta que esta solución basada en los aspectos de red con los que cuenta la empresa mexicana de Iusacell, proveedora de la tecnología de CDMA2000 y BREW. Se describirán a continuación todos estos aspectos, remarcando cada uno de ellos, ya que cada uno serán parte importante dentro del esquema del funcionamiento en como el proveedor de servicio las requiera.

### 5.4.1 Componentes del sistema y configuración de red

Dentro del esquema para la interfaz móvil y el sitio Web se elaboró un diseño en el cual interviene los siguientes componentes en e funcionamiento de la aplicación.

#### 5.4.1.1 Componentes del sistema

- *Servidores Web*

Se encargarán del almacenamiento de la información necesaria para la aplicación así como proveer la interfaz Web para el manejo de dicha información.

Se manejarán dos servidores Web. Uno de éstos estará como respaldo del otro para casos de mantenimiento u otro tipo de contingencias.

- *Centro de Control*

En el centro del control se encontrarán los capturistas encargados de actualizar la información que se encuentre en el servidor mediante una interfaz Web. Este proceso se realizará para la programación de los partidos y durante el transcurso de éstos.

- *Televisora*

Encargada de proveer al Centro de Control, los videos de los goles que serán procesados y enviados al servidor Web y de ahí a los usuarios.

- *Red Celular*

Permitirá el intercambio de información entre los usuarios y la aplicación Web.

- *Internet*

Servirá como medio de intercambio de información entre televisora, capturistas, red celular y servidores Web de la aplicación.

- *Usuarios*

Solicitarán datos requeridos por la aplicación en sus celulares.

El siguiente diagrama muestra como interactúan los diferentes elementos que compondrán la arquitectura necesaria para el buen funcionamiento de la aplicación.

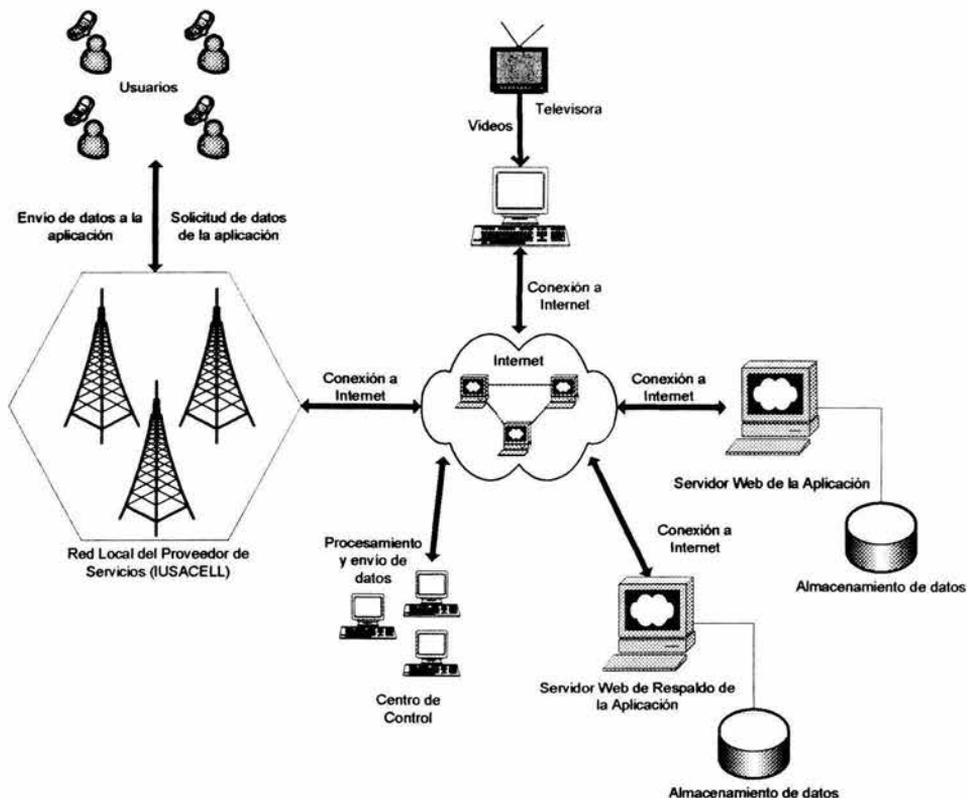


Figura 5.7 Arquitectura de la Aplicación

#### 5.4.1.2 Funcionamiento

El funcionamiento de la arquitectura se puede analizar de acuerdo a dos situaciones: la parte móvil, es decir, los elementos que intervienen directamente cuando el usuario navega por las opciones de la aplicación (activación y desactivación de partidos, consulta de estadísticas, etc.) y la parte relacionada al contenido para las notificaciones en tiempo real (transcurso de un partido o evento).

- *Navegación de la aplicación*

En el caso de la parte móvil, cuando la aplicación en el teléfono haga peticiones de información, la red celular deberá encargarse de realizar la conexión necesaria al servidor Web de la aplicación para así descargar los datos requeridos por el usuario. Además el servidor Web deberá poderse comunicar con la red celular para el envío de mensajes

SMS que activarán la aplicación para la recepción de avisos de goles ocurridos de acuerdo a las preferencias del usuario.

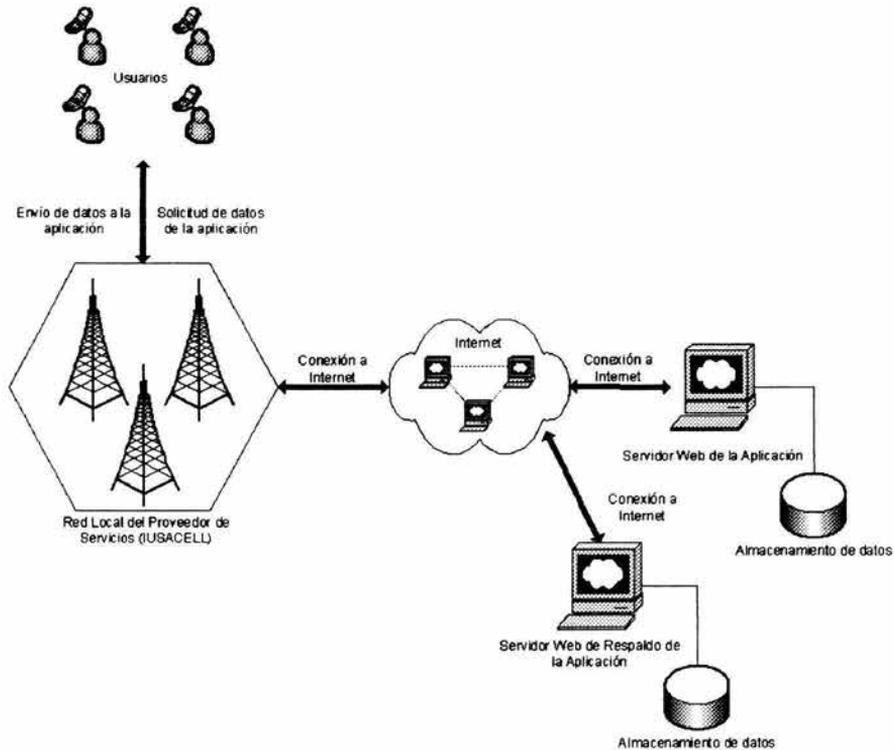


Figura 5.8 Componentes de la arquitectura que intervienen directamente en la etapa móvil

- *Manejo del contenido en el transcurso de un evento*

Con respecto al contenido generado al momento de llevarse a cabo un partido, la televisora deberá encargarse de enviar los videos en formatos digitales al centro de control, el cuál se hará cargo de realizar la conversión al formato adecuado, acceder a la aplicación Web y actualizar la información.

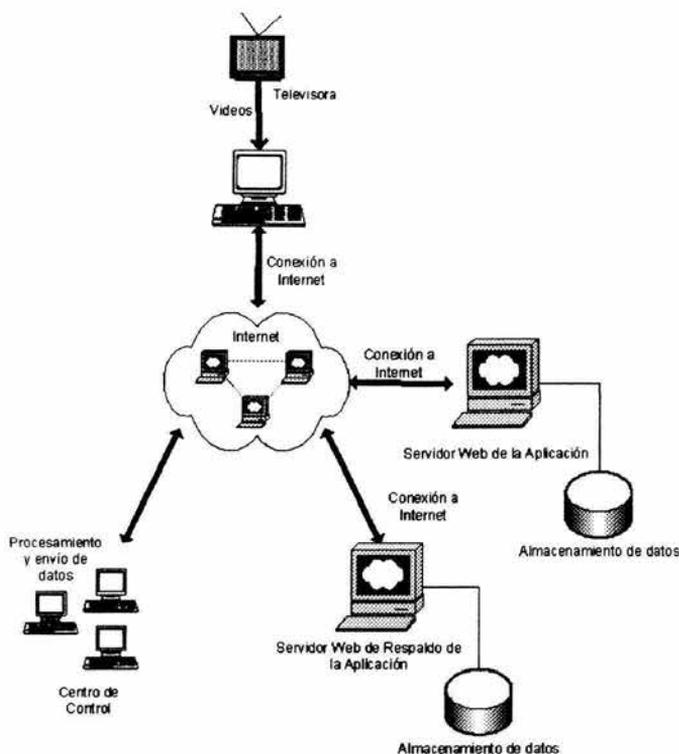


Figura 5.9 Componentes de la arquitectura concernientes al manejo del contenido

#### 5.4.2 Notificaciones vía texto SMS

Una vez explicado las entidades que formarán parte dentro de la arquitectura de red, es importante remarcar que cuando exista una petición de datos es debido a que previamente el centro de control o la Red de Telefonía Inalámbrica fue el que hizo saber al usuario que existía alguna notificación.

De tal forma que a continuación se especificará la arquitectura y el proceso en el cual se interactuará a nivel red y a nivel usuario con el mensaje de texto proveniente de la Estación Celular.

En el siguiente diagrama se muestra el proceso que debe seguirse para hacer llegar a los usuarios una notificación a través de un SMS desde el servidor Web de la aplicación:

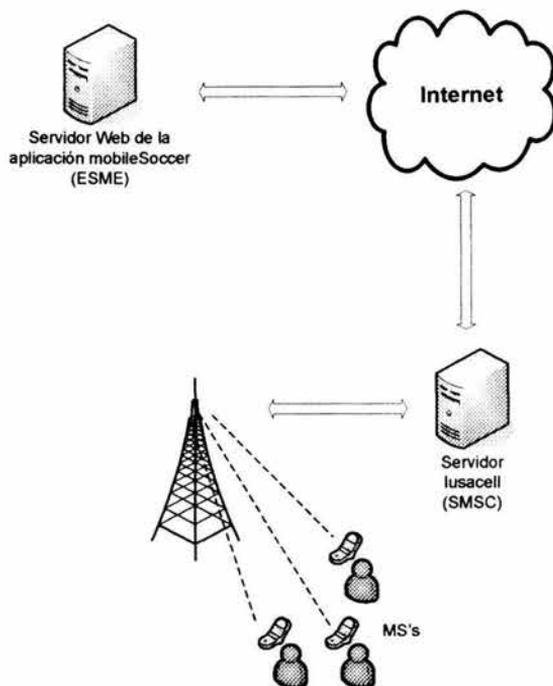


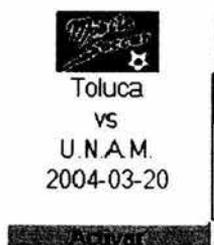
Figura 5.10 Interacción SMS con los usuarios

Una vez que exista un evento desde el servidor Web, se realiza la notificación mediante el servicio de Internet a través del protocolo que maneja CDMA, el cual es Mobile IP. Una vez que fue transmitido por la Red de Paquetes, éste es enviado a las RadioBases con el objetivo de despertar a la interfaz y que el usuario tenga la opción de observar la información que se le fue enviada. El uso de la interfaz SMS fue explicada previamente en el capítulo cuatro, incluyendo arquitectura y mensaje y secuencia de un SMS a usuario desde un sitio Web.

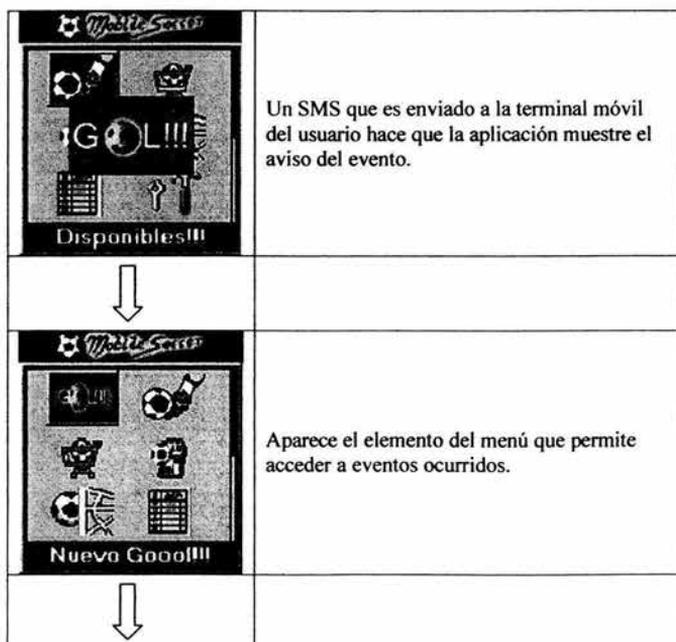
#### 5.4.2.1 Interacción a nivel usuario

La interacción que tiene el usuario con la aplicación, la describimos en los siguientes puntos.

1. El usuario contrata un partido.



2. Durante el transcurso del partido, cuando ocurre alguno de los eventos programados, se envía SMS's a los usuarios que lo hayan contratado.
3. Al llegar el SMS al teléfono:
  - Si la aplicación está activa
    - a) Se muestra el aviso del evento, y se permite en el menú principal acceder a todos los eventos que hayan llegado mientras la aplicación haya estado activa y así al seleccionar alguno de éstos recibirá la información correspondiente a éste.



	<p>Al entrar al menú anterior, se muestra el listado de los eventos que han ocurrido mientras se ha estado dentro de la aplicación.</p>
	
	<p>Al seleccionar alguno de los eventos, se muestra el tipo de evento (para éste caso gol) y la información que le corresponde es descargada y desplegada.</p>

- Si la aplicación no está activa
  - b) Se activa automáticamente la aplicación, se muestra el aviso del evento y si el usuario acepta es enviada la información correspondiente a éste.

	<p>Un SMS que es enviado a la terminal del usuario hace que la aplicación se inicie y muestre aviso del evento.</p>
	
	<p>Al aceptar el aviso se muestra el tipo de evento y la información referente a ésta es descargada y desplegada.</p>

Los SMS's solo son utilizados al momento en que se requiere notificar al usuario que ha ocurrido un nuevo evento, al estar habilitado el uso de BREW en la terminal, cuando el SMS llega, en caso de que este vaya dirigido a una aplicación de BREW de acuerdo a un formato predeterminado, la plataforma hace que la aplicación se abra y muestre la información correspondiente.

#### *5.4.3 Estructura de la información*

Dentro de la estructura que se plantea un punto a considerar. Como vimos en el capítulo cuatro, los dispositivos aún cuentan con ciertas restricciones que en los próximos años se irán modificando, sin embargo, de acuerdo a los avances que se tienen en tecnología en relación al tipo de handsets que se utilizan en nuestro país, existen cierto inconvenientes.

El espacio de memoria es muy reducido. Los teléfonos que se tienen en el Laboratorio como es el caso del Motorola T720, T820, Kyocera Slider, Kyocera Blade y el Audiobox 9500, poseen un promedio de memoria FLASH de 1.4 MB. Asimismo ciertos formatos no pueden ser soportados como es el MPEG, el cual es el estándar utilizado para las emisiones televisivas.

De esta manera que en el proceso del despliegue de dicho video, se tiene que realizar un cambio de formato. Actualmente las versiones de BREW™ 2.0 y 3.0 pueden manejar el formato MPEG-4, pero de acuerdo a situaciones mencionadas en los teléfonos, QUALCOMM™ ofrece la posibilidad de mostrar escenas de videos por medio del formato BCI, lo que hace que la reproducción de video se reduzca a una presentación de imágenes sucesivas manejando el tiempo de aparición de cada una ellas (las que componen al archivo BCI).

A la reproducción del archivo BCI se le puede agregar una reproducción simultánea de audio, dando así la sensación de reproducción de un video. Sin embargo, lo anterior complica la cuestión referente a la sincronización del audio con la reproducción del archivo BCI, ya que este proceso puede resultar en un efecto no deseado para los usuarios.

De acuerdo a los problemas que se presentaron, se manejó dentro del Centro de Control una plataforma que capaz de traducir el formato que llega de la televisora a través del formato permitido para los celulares. A partir de eso el Centro de Control es el encargado de manejar esa conversión entre MPEG-4 y el formato BCI.

##### *5.4.3.1 Especificaciones de los videos*

Los videos que provea la televisora deberán contar con las siguientes características.

- Acercamiento: deberán ser enviadas las tomas más cercanas al gol, para que éste pueda ser apreciado lo mejor posible en la pantalla del teléfono.
- Formato: MPEG (1 ó 2)
- Dimensiones: 104 x 78 pixeles

- Duración: 7 a 8 segundos
- Cuadros por segundo: 15

#### 5.4.4 *Dimensionamiento de la red*

El dimensionamiento de la red, representa un aspecto importante a considerar, ya que ello representa la cantidad de información que será capaz el Server de transmitir a los usuarios. Además mediante este cálculo podremos dar una solución a las cuestiones de dicha índole.

Los parámetros a considerar dentro del cálculo es el número de usuarios que van a acceder a la red de datos. Esto dependerá mucho de cuantas notificaciones por segundo se realicen, de la cantidad de datos; la velocidad de transmisión con la cual se transmitirán los datos, en este caso se basa en la tecnología de CMDA2000 1x proporcionada por el carrier Iusacell, el tiempo en que se tarda para bajar la información. Pruebas elaboradas mediante dos tipos de dispositivos como son el Kyocera Slider y Blade muestran que el tiempo promedio en el cual se conecta y termina de bajar la información es de aproximadamente 80 y 100 segundos, lo cual hace que la velocidad real en la cual usuario podrá ver el video es de aproximadamente de 40 y 50 kbps.

Además otro aspecto para considerar es el número de notificaciones SMS que se pueden realizar en éste. Estadísticas dadas por el carrier, indican que se pueden hacer un total de 30 notificaciones por segundo, de manera que en un minuto se tiene 1800.

Finalmente, a partir de este cálculo y tomando en cuenta un porcentaje de 20% sobre el total de usuarios, se definirá el tipo de enlace con el cual se tratará de solventar las necesidades de la aplicación. La siguiente tabla se nota las consideraciones hechas para el cálculo del enlace.

### Justificación y presentación de los requerimientos para el Servidor Web

VARIABLES	VALOR	NOTAS
Porcentaje de usuarios que contratan un partido (%)	20	
SMS's por segundo	30	Estimado en base las capacidades del servidor SMS de Iusacell (40 por segundo)
Tamaño del archivo de descarga (KB)	220	
Tiempo Estimado de descarga (segundos)	120	Tiempo promedio en la descarga, en base a pruebas en el laboratorio de desarrollo con teléfonos activados con la aplicación
Usuarios Máximos Descargando un Video	3600	Valor calculado en base a los SMS's por segundo y lo que se tarda cada usuario en la descarga
Ancho de Banda requerido (Mbps)	51.5625	Velocidad requerida por cada usuario para descargar el archivo en el tiempo estimado, por el número de usuarios que estarán descargando el archivo

#### Notas

Los datos presentados son considerados cuando ocurre un gol y son enviadas las notificaciones a los usuarios para la descarga del archivo del gol. Cuando se presenten goles dentro de un intervalo de 13 minutos (811.18 seg), se presentaría un retraso mayor para las notificaciones a los usuarios ya que sería requerido poner en espera hasta terminar las notificaciones del primero.

Para los requerimientos en hardware se considerará un máximo de 200 usuarios concurrentes en la base de datos, esto en base a los usuarios que se conectarán por segundo.

*Conclusión en el enlace: Se recomienda un enlace del tipo óptico bajo la tecnología de SONET, cuyo enlace es un STS-1 proporcionando un ancho de banda de aproximadamente de 51.84 Mbps.*

### 5.4.5 Tarificación o Billing

#### 5.4.5.1 Solución BREW (BSD)

El sistema BDS se ofrece como un medio independiente en la infraestructura de un Sistema de Tercera Generación el cual habilita la participación de agentes externos. BDS es un sistema que se vuelve desarrollable sobre cualquier dispositivo terminal (incluyendo PDA o Personal Digital Assistants) y que no se compromete a un tipo de red en particular. En sí, la solución BREW® consiste en la ejecución de un ambiente de una aplicación (Cliente BREW®).

A continuación se muestran las fases que prosiguen al desarrollo de la aplicación para que finalmente el usuario pueda descargar la misma en el MS y así se puedan establecer los métodos de pago destinados a cada uno de los agentes externos (comercializadores, desarrolladores, entre otros).

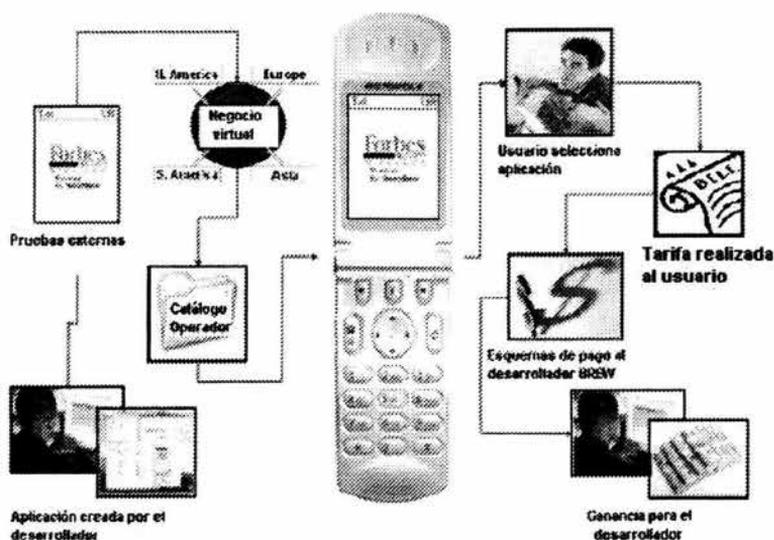


Figura 5.11 Diagrama para el alojamiento de una aplicación y retribución en el esquema de negocio de BREW

Como se puede observar el BDS habilita la negociación virtual, la cual permite el ingreso de las aplicaciones de los desarrolladores y con ello facilita la prueba de éstas en agencias terceras. En este tipo de negociación virtual participan tanto el Proveedor de Servicios de Telefonía Móvil como el desarrollador, en donde se establece el “precio” en sí de la aplicación que va a ser ofrecido al usuario final (establecimiento de planes de negocio). Esta fijación de precio se le conoce como “Retail Price” el cual es desplegado hacia los suscriptores en sus MS vía catálogo.

Una vez que la aplicación se encuentre en el catálogo del operador, el usuario podrá descargarla mediante el “BREW® Application Manager”, el cual permite adquirir o tener el manejo sobre las aplicaciones BREW® en el MS. Una vez adquirida la aplicación, se realiza la correspondiente tarificación al usuario final y al mismo tiempo se crean los récords relativos a las ganancias destinadas al desarrollador.

Un esquema que muestre más a detalle acerca de los elementos o entidades que participan en el alojamiento de las aplicaciones en los servidores y que ponga en evidencia la interrelación operador-desarrollador en el Sistema BREW® se puede ver en la figura.

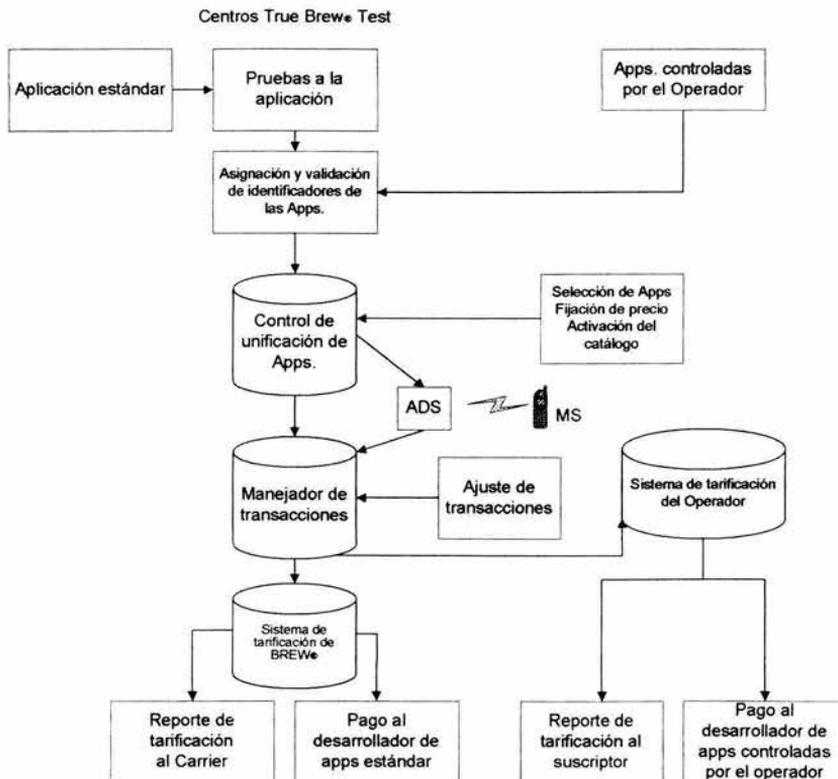


Fig. 5.12 Funcionamiento del BDS

Tras haber sido alojadas las aplicaciones el desarrollador se interrelaciona con el operador para establecer los planes de negociación y la fijación del precio para la aplicación.

En un principio los desarrolladores fijan un precio a los operadores para sus aplicaciones, conocido como DAP. Los métodos de tarificación se basan en los siguientes esquemas: suscripción mensual, número de usos (definidos por el desarrollador), número de días en las que la aplicación estará disponible para su uso, minutos disponibles para el uso de la aplicación, especificación de una fecha de vencimiento en la vigencia de la aplicación, uso de la aplicación como “demo” o uso de la aplicación preinstalada en la Unidad Terminal. Posteriormente a la negociación con el Proveedor de Servicios de Telefonía Móvil, la aplicación se vuelve “visible” en el catálogo del operador. El catálogo es una estructura jerárquica de categorías en donde cada una de ellas contiene un conjunto de aplicaciones. Finalmente, el operador tiene el control del precio final que se destinarán a los usuarios pero no debe en ningún momento alterar el DAP.

Una vez que se haya hecho la actualización del catálogo llamado ADS (Application Download Server). El ADS es una granja de servidores que son usados para la entrega de aplicaciones vía interfaz de aire, asimismo se encarga de almacenar y enviar las transacciones causadas por los eventos del MS hacia el TXN.

Cuando se hayan descargado las aplicaciones, un mensaje de confirmación se realiza, en ese momento se donde actúa el TNX (Transaction Manager), el cual será el encargado de los aspectos de transacciones.

El TXN procesa los eventos realizados por el MS (que son recolectados por el ADS) y convierte cada récord en un “Mediated Usage Record” el cual contiene un conjunto de datos tales como el ID del suscriptor, perfil del desarrollador, tipo de evento, DAP, precio final, etc. Estos récords son exportados al operador y a los Sistemas de Tarificación de BREW® para definir el pago realizado a los desarrolladores, al operador y a QUALCOMM®.

El TXN incluye eventos adicionales que son procesados a través del “billing” del operador y del “billing” de BREW®. Estos eventos adicionales son los ajustes de transacciones y eventos de extensiones públicas. Los eventos de extensiones públicas existen cuando el Cliente BREW® se compone de extensiones como Java, en donde los usuarios las utilizan para adquirir las aplicaciones deseadas.

En el caso de las aplicaciones estándares, la negociación entre estos tres elementos: BREW®, desarrollador y “Carrier”, se define en porcentajes de 10%, 10% y 80% respectivamente. Con los récords que se generan a partir del TXN y que después son procesados por el “Billing de BREW®” o Sistema de Tarificación de BREW®, tal acuerdo se vuelve muy conveniente para las partes. Para el caso de las aplicaciones controladas por el operador, éste es el encargado de procesar los “pagos” hacia cada una de las partes, en donde generalmente, el desarrollador obtiene el 20% de las ganancias.

## Conclusiones

Como el lector recordará el objetivo general de esta investigación fue la de explicar los requerimientos tecnológicos, procesos y protocolos utilizados en la implementación e ingeniería de desarrollo en aplicaciones enfocadas al servicio de datos en el campo de la telefonía celular.

La interrelación que existe en las entidades que forman parte de CDMA2000 y el protocolo IP fue importante para la comprensión dentro del proceso de adquisición de datos de un dispositivo móvil. Además, vemos que dentro de esta evolución por parte de los servicios de datos, da como resultado que la presente investigación se encuentre enfocada a éstos.

Así por ejemplo, dentro del proceso entre la Red de Paquetes y la transmisión de datos es importante destacar como un protocolo enfocado hacia las comunicaciones fijas, como lo representa IP, éste ha sido modificado de tal forma que el día de hoy se convierta como el estándar dentro de las comunicaciones inalámbricas.

Ahora bien, como vimos en el segundo capítulo, la relación entre una llamada de voz y una llamada de datos difiere considerablemente en los protocolos, interfaces y canales utilizados y velocidades de transmisión. Han hecho que el proceso de transmisión de datos es completamente diferente. Entidades como el AAA, PDSN, PCF, el MS y la red IP sean el puente de enlace con respecto a los servicios que se contemplan actualmente.

De esta forma resulta importante que todo lo analizado con respecto a la Red Celular y Red IP se fusionen para tratar de explicar los procesos que se implican en la transmisión de datos y por tanto pueda explicarse dentro del desarrollo de las aplicaciones móviles.

En este desarrollo de aplicaciones resultan varios aspectos importantes que deben de tratarse. El ámbito de realizar un desarrollo para un dispositivo móvil no sólo conlleva a la programación, sino también se lleva un proceso de diseño y arquitectura que son puntos base para el éxito del desarrollador.

Aspectos como el propósito de la interfaz, hacia quienes va dirigida y que se pretende realizar con ella, son clave para su elaboración. Sin embargo, puntos como su presentación, acceso, fácil navegación, representan las características que un usuario necesita en una aplicación.

Sin embargo, todo desarrollo de Tercera Generación que involucre una interrelación usuario-Red IP debe de contar con una infraestructura adecuada para su implementación en algún mercado. Debe de contar con elementos propios, los cuales les ayudarán para el manejo del contenido dentro de los dispositivos móviles. Tal es el caso de software adicional para el cambio de formato y el servidor donde estará alojada la información.

Además, como vimos en el desarrollo de nuestra interfaz móvil, existen ciertos elementos adicionales a la red que son de utilidad: el sitio Web, la programación de la interfaz para la cual dichas notificaciones llegarán a los usuarios, ciertos componentes como el Centro de Control que será el encargado de ser el intermediario del cambio del formato de video requerido para el móvil y de las notificaciones que le lleguen.

Ahora bien, la arquitectura para un sistema 3G resulta importante ya que a partir de allí se decidirá los enlaces y sus capacidades correspondientes. Dentro de este diseño que se plantea, se tuvieron que decidir entre otros dos modelos que resultaron ineficientes debido a que se aumentaron los costos y el número de enlaces requeridos para realizarlo. Sin embargo, el modelo más apropiado resultó en el que el proveedor de servicios cuente con toda la información y los dispositivos necesarios para realizar la conversión y el almacenamiento.

Así, en el dimensionamiento del servicio resulta otro punto a discutir. De acuerdo a las pruebas realizadas en las velocidades de transmisión y al número de usuarios recurrentes para el envío de las notificaciones, los cálculos indican que para su realización es necesario el empleo de un enlace óptico, capaz de soportar como un caso máximo un ancho de banda de 51.4 Mbps, lo cual es posible, pero esta es sólo una propuesta, falta realizar pruebas y que el proveedor de servicios cuenten con tal capacidad.

Por último con la introducción de aplicaciones que forman parte de los “Servicios de Valor Agregado”, se han consolidado esquemas de tarificación diferentes a los establecidos por las Redes de Telefonía Celulares de las Generaciones anteriores. El esquema planteado como “Flat Rate” se queda limitado para los Sistemas que utilizaban Conmutación de Circuitos. En las Redes, donde ya se integran funcionalidades tanto de Conmutación de Circuitos como de Conmutación de Paquetes que son el resultado de la evolución progresiva de los sistemas 2G a los sistemas 3G, se debe configurar un esquema de Billing que vaya más acorde con la aplicación y con el nivel de QoS que se tenga.

Independientemente en la elección de las dos variantes que se ofrecen, CDMA es la elección casi unánime de los operadores para servicios de Tercera Generación debido a las ventajas que presenta sobre las demás técnicas y los procesos que para un desarrollador pueden beneficiarse bajo la plataforma BREW.

# Apéndice

## Capítulo I

**IP:** Internet Protocol. Protocolo que opera en la Capa 3 del Modelo OSI encargado de proveer el direccionamiento lógico y la segmentación de la información (datagramas) que es enviada a través de la red.

**Paging:** Servicio unidireccional o bidireccional de radiolocalización móvil de personas. El usuario recibe y también envía mensajes por esta vía.

**Spread spectrum:** La técnica del espectro extendido se basa en que una señal es transmitida en un ancho de banda considerablemente mayor que la frecuencia con la cual se envía la información.

**UIT:** Unión Internacional de Telecomunicaciones. Es una agencia especializada de las Naciones Unidas en la cual los gobiernos y el sector privado coordinan los servicios y redes mundiales de telecomunicaciones.

**UMTS:** Es un estándar propuesto por la Unión Internacional de Telecomunicaciones que trata de conjuntar las tecnologías de Tercera Generación en el mercado bajo el concepto de IMT-2000 (International Mobile Telecommunications), en donde se incluyan servicios complementarios como audio, datos, video y multimedia, búsqueda, seguridad, en configuraciones punto a punto, punto multipunto con terminales fijas o móviles.

## Capítulo II

**ATM:** Asynchronous Transfer Mode. Estándar definido por la ITU-T para la transmisión de grandes anchos de banda soportando la transferencia de voz, video y datos. Esta es una forma de transmisión de paquetes en donde se usa un tamaño fijo de éstos, denominado celdas. ATM transfiere una celda a la red solamente cuando los datos a ser transmitidos existen en ese instante.

**Bluetooth:** Tecnología de corto alcance entre dispositivos inalámbricos portátiles (PDA's, Laptop's, Handset) que trabaja en las frecuencias de 2.4 - 2.5 GHz, permitiendo la transmisión de un dispositivo a otro.

**E1:** Estándar europeo para la transmisión de 31 canales de tráfico de 64 kbps a una tasa de 2.048 Mbps.

**Grado de servicio (QoS):** Es una medida del comportamiento de la red en cuanto a la calidad de transmisión y disponibilidad del servicio. En otras palabras el grado de servicio es un parámetro que se utiliza para medir el desempeño real de una red o sistema telefónico permitiendo así conocer el número de llamadas perdidas o abandonadas.

**GPS:** Global Positioning System, sistema para la determinación de la posición sobre la superficie de la Tierra, utilizando la comparación de varias señales provenientes de satélites. El sistema rastrea la posición mediante el uso de las radiobases, las cuales dentro del estándar IS-2000 se encuentran sincronizadas bajo este sistema, lo cual permite el acceso fácil a dicho servicio.

**GRE:** Generic Routing Encapsulation. Término utilizado en la encapsulación de los datagramas o paquetes IP de manera segura a través de la Internet. Usado entre las entidades PCF y PDSN.

**OC3:** Portadora óptica que transporta información a una tasa de 155 Mbps.

**PPP:** Protocolo más utilizado que provee encapsulamiento para el establecimiento de sesiones bajo IP.

**RADIUS:** Remote Access Dial-In User Service. Protocolo de seguridad utilizado para proveer funcionalidades al AAA dentro de la Red de Paquetes por medio de un servidor establecido. Es un sistema de seguridad que asegura el acceso remoto a la red y sus servicios pero impide el paso a usuarios no autorizados.

**R-P:** Radio-Packet. Interfaz física que se establece entre la RAN, específicamente entre el PCF y PDSN dentro de la red de CDMA2000\* 1x. Otro nombre que se recibe es la interfaz A10/A11.

**T1:** Estándar americano equivalente a 24 canales de voz multiplexados a una tasa de 1.5 Mbps.

**T3:** Estándar americano equivalente a 28 líneas T1 a una tasa de 45 Mbps.

### Capítulo III

**DHCP:** Dynamic Host Configuration Protocol. Es un protocolo de comunicaciones que le permite a los administradores de la red de controlar a nivel central y automatizar la asignación de direcciones IP.

**DNS:** Domain Name System or Service. Servicio proporcionado por la Red IP en donde se realiza un mapeo de los nombres de los dominios a sus correspondientes direcciones IP.

**ISP:** Internet Service Provider. Organización que le provee a sus suscriptores acceso a los servicios de Internet.

**Interfaz P-P:** Es la interfaz que se realiza entre la PDSN Destino con la PDSN Actual o en Servicio para llevar a cabo el proceso de handoff.

**Router:** Dispositivo de propósito general con la cual se transmiten los paquetes, no destinados por ellos, pero sí a través de la red.

**Streaming:** Es una técnica de transferencia de datos mandados desde un servidor que le permite al usuario móvil de visualizar alguna aplicación multimedia sin recurrir a la espera de largos tiempos de descarga. Esto se refleja en el acceso inmediato de los paquetes de datos en el tiempo en los cuales estos hayan arribado al destino.

### Capítulo IV

**DRAM:** La lectura en una DRAM es de tipo destructivo, en donde los datos leídos tienen que ser nuevamente reescritos para tener acceso otra vez. Por eso se dice que la celda de la memoria tiene que ser actualizada periódicamente. En la actualidad, aquellos teléfonos que se basan en dichas memorias, requieren dentro de su programación un ciclo de reescritura de tal forma no existan pérdidas de datos.

**RAM:** Random Access Memory. El tamaño de la memoria RAM varía entre 1 a 4 MB, dependiendo del tipo de teléfono. Mientras tanto la memoria ROM o flash varía entre los 8 a 64 MB. Pero no hay que olvidar que entre mayor memoria, aumenta el costo del handset.

**6T-CMOS:** Tecnología que se utilizan una configuración de 6 transistores tipo CMOS para realizar el circuito de la celda que compone la memoria.

### Capítulo V

**BREW:** Binary Runtime for Environment Wireless. Ambiente destinado a la programación de aplicaciones destinadas a dar servicios de Tercera Generación residentes en el MS.

## Referencias Bibliográficas

1. Miller E., Lee J., *CDMA Systems Engineering Handbook*, 1a. Ed, EE.UU., Artech House Mobile Communications Library, 1998, p.1-21, 302-327, 340-388.
2. Ericsson Wireless Communications Inc, *CDMA2000 Radio Access Network (RAN) Overview PI*, Rev. PA3, 5 de marzo del 2001.
3. Ericsson Wireless Communications Inc, *cdmaOne<sup>®</sup> to CDMA2000 1x Transition White Paper*, Rev. PA8, 12 de marzo del 2001.
4. Ericsson Wireless Communications Inc, *1xEV for CDMA2000 Radio Access Network White Paper*, Rev B, 28 de febrero del 2001.
5. Garg, V., *Wireless Network Evolution (2G to 3G)*, 1a. Ed, EE.UU., Prentice Hall PTR, 2002., p. 3-18, 373-446, 617-658.
6. Steel R., Hanzo L., *Mobile Radio Communications (Second and Third Generation Cellular and WATM Systems)*, 2a. Ed, UK., John Wiley & Sons., p. 939-948 952-954 p.
7. Rhee M., *CDMA Cellular Mobile Communications & Network Security.*, 1a. Ed, EE.UU., Prentice Hall PTR, 1998, p. 23-56.
8. Lettieri, P., et al., "Advances in Wireless Terminals," IEEE Personal Communications Magazine, February 1999.
9. Universidad Técnica Federico Santa María, *Mobile IP sobre una red celular CDMA*, whitepaper, noviembre del 2002, Madrid, España.
10. C. Perkins, *Mobile IP: Design Principles and Practice*, Addison-Wesley Longman. USA, 1998.
11. <http://www.cdg.org>
12. <http://www.3gpp.com>
13. <http://www.3gpp2.com>
14. <http://www.itu.int/home/imt.html>
15. <http://www.qualcomm.com/brew>
16. <http://www.qualcomm.com/cdma/1xEV>
17. <http://www.3gamericas.org>
18. <http://www.siemens-mobile.com>
19. <http://www.radcom.com>
20. <http://www.ieee.org>
21. <http://www.iec.org>
22. <http://www.intel.com/update/departments/wireless/wi10011.pdf>
23. <http://www.wsdmag.com/Articles/>
24. <http://www.3gamericas.org/>
25. <http://developers.sun.com/techtoc/mobility/midp/articles/sms/>
26. <http://cellphones.about.com/cs/technologies/>
27. <http://www.3com.com/>
28. <http://www.ericsson.com/>