

**DESARROLLO Y APLICACIONES DE TECNOLOGIAS  
INALAMBRICAS PARA REDES DE BANDA ANCHA**

**JUAN ROBERTO TORRES FUENTES  
ANGEL ALBERTO RECUERO DUARTE**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA  
COMUNICACIONES Y REDES  
CARTAGENA DE INDIAS  
2004**

**DESARROLLO Y APLICACIONES DE TECNOLOGIAS  
INALAMBRICAS PARA REDES DE BANDA ANCHA**

**JUAN ROBERTO TORRES FUENTES  
ANGEL ALBERTO RECUERO DUARTE**

**Monografía  
Minor Comunicaciones y Redes  
Para optar al título de  
Ingeniero Electrónico**

**Director  
Gonzalo López Vergara  
Magíster en Telemática**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA  
COMUNICACIONES Y REDES  
CARTAGENA DE INDIAS  
2004**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Cartagena de Indias 28 Junio de 2004**

## DEDICATORIA

*Este trabajo lo dedico a mi Señor Jesucristo, mi Dios que me ha dado la suficiente fortaleza y templanza para salir adelante en mi formación como persona y profesional, a mis padres y hermanos que me sustentaron y entregaron su confianza durante todos mis estudios, a Nina que con paciencia y amor me ayudo a creer en mis capacidades para de esta forma entregar a mi Universidad un completo trabajo que contribuirá a la investigación y desarrollo de esta institución.*

JUAN ROBERTO TORRES FUENTES

*El presente trabajo se lo dedico a Dios y a mis padres por ser quienes me dieron vida, apoyo incondicional y sobre todo me ayudaron a tener Fé en mi y mis capacidades. A Verónica por su comprensión y amor, y a mi hijo el cual me dio gran fortaleza y esperanza.*

ANGEL ALBERTO RECUERO DUARTE

## AGRADECIMIENTOS

*Entrego grandes agradecimientos a mis padres Miguel y Elvia que con su esfuerzo y dedicación han podido, con mis estudios, colocarme en una alto perfil profesional, a los profesores que durante toda mi carrera aportaron conocimiento técnico y personal que me ayudaron a madurar como profesional y a Nina una persona muy especial que durante mis estudios se convirtió en mis hombros para vencer todos los retos que se me presentaron.*

JUAN ROBERTO TORRES FUENTES

*Millones de agradecimientos a mis padres y hermanas por su cariño, a la madre Elvide por su gran apoyo, a los profesores que me ayudaron a desarrollarme como profesional y a todas las personas que aportaron para convertirme en la persona que soy.*

## CONTENIDO

	Pág.
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	8
<b>LISTA DE TABLAS</b>	10
<b>RESUMEN</b>	12
<b>INTRODUCCIÓN</b>	15
<b>1. TECNICAS DE MULTIPLE ACCESO AL MEDIO</b>	16
1.1 MULTIPLE ACCESO POR DIVISION DE TIEMPO <b>TDMA</b>	16
1.2 MULTIPLE ACCESO POR DIVISION DE FRECUENCIA <b>FDMA</b>	18
1.3 MULTIPLE ACCESO POR DIVISION DE CODIGO <b>CDMA</b>	18
1.4 CDMA DE BANDA ANCHA – <b>WCDMA</b>	20
<b>2. TECNOLOGÍAS INALAMBRICAS FIJAS PARA REDES DE BANDA ANCHA.</b>	22
2.1 SISTEMA DE DISTRIBUCION MULTIPUNTO LOCAL Y SISTEMA DE DISTRIBUCION MULTIPUNTO MULTICANAL – <b>LMDS Y MMDS</b>	22
2.2 INTERFAZ DE RADIO UNIVERSAL <b>BLUETOOTH</b>	27

<b>3. TECNOLOGÍAS CELULARES PARA REDES DE BANDA ANCHA</b>	34
3.1 PROTOCOLOS DE APLICACIONES INALAMBRICAS – <b>WAP</b>	34
3.2 SERVICIO GENERAL DE RADIO COMUNICACIONES POR PAQUETES – <b>GPRS</b>	47
3.3 SERVICIO GENERAL DE RADIO COMUNICACIONES POR PAQUETES MEJORADO – <b>EGPRS</b>	58
3.4 SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES MOVILES UNIVERSALES – <b>UMTS</b>	77
<b>4. SITUACION ACTUAL DE LAS TECNOLOGIAS INALAMBRICAS</b>	93
<b>5. ASPECTOS LEGALES EN COLOMBIA RESPECTO A BANDA ANCHA</b>	99
5.1 RESOLUCION NUMERO 001833 DE 1998.	99
5.2 DECRETO NUMERO 1418 DE 1998.	102
5.3 DECRETO NUMERO 868 DE 1999.	103
5.4 RESOLUCION NUMERO 000689 DE 2004	105
<b>6. ACRONIMOS Y DEFINICIONES</b>	107
<b>7. CONCLUSIONES</b>	111
<b>8. ANEXOS</b>	115
8.1 TABLAS COMPARATIVAS	115

**LISTA DE FIGURAS**

<b>FIGURA 1.</b> Grafica comparativa de las técnicas de acceso múltiple al medio.	16
<b>FIGURA 2.</b> Alternativas de acceso para banda ancha.	23
<b>FIGURA 3.</b> Diagrama esquemático de las tecnologías LMDS y MMDS.	24
<b>FIGURA 4.</b> Arquitectura de un sistema LMDS.	26
<b>FIGURA 5.</b> Ejemplo de Piconet.	28
<b>FIGURA 6.</b> Piconet - Operación Maestro/Esclavos.	31
<b>FIGURA 7.</b> Esquema de funcionamiento del WAP.	36
<b>FIGURA 8.</b> Arquitectura breve de la Web.	38
<b>FIGURA 9.</b> Acceso a Internet a través de un Wap Gateway.	39
<b>FIGURA 10.</b> Acceso a Internet a través de un servidor Wap.	40
<b>FIGURA 11.</b> Comparativa Wap e Internet referencia con la arquitectura OSI.	43
<b>FIGURA 12.</b> Interfaz grafica de un deck.	45
<b>FIGURA 13.</b> Aplicaciones de GPRS.	48
<b>FIGURA 14.</b> Arquitectura de la red GPRS.	51
<b>FIGURA 15.</b> Arquitectura del protocolo en GPRS.	56
<b>FIGURA 16.</b> EGPRS introduce cambios en GPRS.	60
<b>FIGURA 17.</b> GPRS y EDGE: Comparación de datos técnicos.	62
<b>FIGURA 18.</b> Esquemas de codificación para GPRS y EGPRS	65
<b>FIGURA 19.</b> Transferencia y retransmisión de paquetes en GPRS.	66
<b>FIGURA 20.</b> Detención del protocolo en EGPRS.	68

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 21.</b> Entrelazado en EGPRS.	71
<b>FIGURA 22.</b> Redundancia incremental en EGPRS.	73
<b>FIGURA 23.</b> Arquitectura del protocolo del plano de transmisión en EGPRS.	76
<b>FIGURA 24.</b> Velocidades mínimas para que la “oficina móvil” resulte atractiva.	78
<b>FIGURA 25.</b> Arquitectura UMTS.	81
<b>FIGURA 26.</b> Visión UMTS como escenario hacia la convergencia fijo – móvil.	82
<b>FIGURA 27.</b> Evolución de las tecnologías inalámbricas	93
<b>FIGURA 28.</b> Evolución de las generaciones y tecnologías celulares	93
<b>FIGURA 29.</b> Abonados mundiales a celulares digitales por tecnología.	94
<b>FIGURA 30.</b> Comparación entre las tecnologías más utilizadas.	94
<b>FIGURA 31.</b> Situación tecnológica en América del Norte.	95
<b>FIGURA 32.</b> Situación tecnológica en América Latina.	95
<b>FIGURA 33.</b> Participación mercado tecnologías móviles América Latina 02.	96
<b>FIGURA 34.</b> Participación mercado tecnologías móviles América Latina 08.	96
<b>FIGURA 35.</b> Lanzamientos comerciales de WCDMA.	97
<b>FIGURA 36.</b> UMTS comenzará a desplegar sus ventajas en cifras significativas.	98
<b>FIGURA 37.</b> GPRS en el mundo.	98

## LISTA DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b>	29
Tipos de enlaces y velocidades en Bluetooth	
<b>TABLA 2.</b>	54
Configuraciones posibles en base al punto de acceso del destinatario de los paquetes en GPRS.	
<b>TABLA 3.</b>	57
Comportamiento del móvil cuando se recibe una llamada GPRS.	
<b>TABLA 4.</b>	61
GPRS y EDGE: Comparación de datos técnicos.	
<b>TABLA 5.</b>	72
Esquemas de modulación y codificación en EGPRS.	
<b>TABLA 6.</b>	102
Formula para pagos para el uso del espectro radioeléctrico asignado	
<b>TABLA 7.</b>	104
Distribución para el establecimiento de redes radioeléctricas de distribución punto multipunto de banda ancha	
<b>TABLA 8.</b>	115
Tabla comparativa de las tecnologías inalámbricas para redes de banda ancha	
<b>TABLA 9.</b>	116
Bandas de onda de radio	
<b>TABLA 10.</b>	116
Bandas de microondas	
<b>TABLA 11.</b>	

Comparación de sistemas CDMA	117
<b>TABLA 12.</b>	117
Bandas ISM útiles para las comunicaciones inalámbricas	
<b>TABLA 13.</b>	117
Tecnologías inalámbricas multipunto de bucle local	
<b>TABLA 14.</b>	118
Tecnologías rivales de bucle local	
<b>TABLA 15.</b>	118
Láser vs. Microonda punto a punto	
<b>TABLA 16.</b>	118
Limites legales sobre emisiones de radiación de teléfonos móviles	

## RESUMEN

Los servicios inalámbricos están revolucionando tanto las relaciones personales como las profesionales en todo el mundo. El acceso inalámbrico está proporcionando el medio cada vez más elegido para el éxito empresarial, la movilidad social y la comodidad personal. La comercialización de extraordinarios desarrollos en miniaturización, capacidad de memoria y materiales están sumando movilidad al poder de la computadora, la Internet, y el ciudadano común. Una estimación sugiere que el valor de los servicios profesionales móviles e inalámbricos ascenderá de \$3 a \$30 mil millones a nivel mundial en el 2006.<sup>1</sup> Si bien se prevé que la demanda de tercera Generación (3G) esté liderada por las aplicaciones empresariales para el mercado de negocios, las aplicaciones comerciales como video telefonía y juegos inalámbricos los acompañarán poco tiempo después. El acceso inalámbrico a e-mail, las redes virtuales corporativas, la mensajería multimedia, la realización de compras, el esparcimiento y los servicios al público transformarán aún más la velocidad y la naturaleza de las actividades de comunicaciones del mundo, incluso mientras continúe creciendo la demanda de servicios de voz. Los Servicios de Mensajería Multimedia (MMS) acumularán ingresos mundiales de aproximadamente \$342.800 millones en 2008, y la cantidad de mensajes MMS se incrementará de 646 millones en 2002 a 3.100 millones en 2003, y luego a casi 700 mil millones en 2008, según varios analistas.<sup>2</sup> Informa

---

<sup>1</sup> Según un análisis de IDC citado en *"Report Global Mobile Services Market Jumps to \$3B"* 10 de julio de 2002; Wireless News Factor, [www.wirelessnewsfactor.com](http://www.wirelessnewsfactor.com)

<sup>2</sup> *"Mobile Messaging: Operator Revenue and Investment Analysis and Forecasts"* 17 de diciembre de

Media pronostica que en 2008, el mercado de los juegos a nivel mundial representará \$40 mil millones – los juegos online, los juegos móviles y los interactivos por televisión representarán un tercio de dicho total<sup>3</sup>.

En cuanto a tecnologías celulares la evolución comenzó con WAP en una búsqueda de crear páginas como las de Internet en un celular y transmitirla en su arquitectura, WAP esta diseñado para ser independiente del portador lo que significa que puede funcionar con cualquier tecnología sin cable, aunque este diseñado para sistemas digitales celulares, pero también funciona con radios de alcance mas corto. El trafico intermitente es ideal para que la conmutación de paquetes que no se requiere que se mantenga abierta la línea de teléfono. Aunque WAP utiliza sus propios protocolos, esta diseñado para ser compatible con Internet, las páginas escritas con WML pueden viajar por Internet utilizando HTTP normal sobre TCP/IP y luego convertirse a WAP en la pasarela entre Internet y la red sin cable. La conversión del protocolo conlleva a una debilidad en la seguridad porque los dos conjuntos de protocolo utilizan diferentes sistemas de encriptación; sin embargo debido a la evolución en tecnologías más veloces en bps GPRS y UMTS han abarcado la atención desplazando a esta primera, debido a que no requieren programación de páginas de navegación.

Las tecnologías fijas de banda ancha han abierto una nueva oportunidad para los operadores de ofrecer servicios inalámbricos para la transmisión de datos masivos. Algunas de estas tecnologías son de acceso radioeléctrico, que han aparecido durante

---

2002; Telecom Trends, [www.telecomtrends.net](http://www.telecomtrends.net) / *“Mobile Messaging: Who Is Driving It and What Should the Operators Do to Ensure Success”* 17 de diciembre de 2002; Telecom Trends, [www.telecomtrends.net](http://www.telecomtrends.net)

<sup>3</sup> *“The Dynamics of Games: A Global Boom Industry”* 3 de Julio de 2002; Informa Media, [www.bookshop.informamedia.com/games](http://www.bookshop.informamedia.com/games)

los últimos años y ofrecen una alternativa a las tecnologías tradicionales de acceso a las dependencias del cliente. Estas tecnologías se conocen con las siglas LMDS (Local Multipoint Distribution System) y MMDS (Multichannel Multipoint Distribution System). LMDS y MMDS corresponden a servicios de telecomunicaciones desarrollados sobre acceso radioeléctrico al bucle de abonado, acceso fijo sin hilos, y entraran en competencia con el tradicional par de hilos del bucle local, permitiendo a los nuevos operadores no depender de la infraestructura de otros. La principal diferencia entre los sistemas LMDS y MMDS, aparte de la banda de frecuencias utilizada, es que los primeros están especialmente diseñados para aplicaciones simétricas con la posibilidad de asignar a un cliente el mismo ancho de banda en ambos sentidos de la comunicación, mientras que los segundos (MMDS) se centran en aplicaciones asimétricas (servicios de difusión principalmente) con mayor asignación de ancho de banda en el sentido sistema usuario que el contrario.

Son estos avances, en cuanto a tecnologías celulares y fijas inalámbricas que han venido revolucionando las comunicaciones a través de la diversidad de transmisión desde voz hasta video, y es por medio de la banda ancha que proporciona el medio para establecer estos enlaces; el incremento de la velocidad de transmisión de datos se logra mediante el uso de mejores técnicas de codificación, modulación y acceso al medio de los de datos pero además con la introducción de nuevas arquitecturas de comunicación, y es allí donde las llamadas tecnologías inalámbricas para redes de banda ancha adquieren importancia en los sistemas celulares y fijos inalámbricos.

## INTRODUCCION

Esta investigación se ha desarrollado al ver los grandes impactos tecnológicos, sociales y económicos que ha producido el manejo masivo de información en las comunicaciones electrónicas personales y empresariales en el mundo. Durante el desarrollo de este trabajo se estudia primeramente las técnicas de acceso múltiple al medio, debido a que son punto importante en el desarrollo de cada una de las tecnologías evaluadas, tanto que comúnmente se confunde WCDMA con la tecnología UMTS, cuando esta ultima utiliza este acceso múltiple al medio dentro de sus características técnicas, esto quiere decir que estas técnicas indican a que tipo de tecnología nos estamos refiriendo.

La banda ancha es una gran avenida que es construida gracias a la implementación de arquitecturas que soportan la demanda de alta densidad, diversidad y calidad de tráfico. Dependiendo del terminal clasificamos las tecnologías en celulares y fijas, con la primera nos referimos a los terminales que nos permiten de forma móvil el intercambio de información multimedia, y a las fijas en aquellas tecnologías que nos permiten enlazar vía microondas dos punto y transmitir y recibir información multimedia. Con esta clasificación se estudian cada una de las tecnologías como lo son MMDS y LMDS en tecnologías fijas y EGPRS y UMTS en las tecnologías celulares. El desarrollo y sostenimiento en el mercado de estas tecnologías dependen de cómo esté la situación actual de las comunicaciones inalámbricas en cuanto a lo

económico como a los aspectos legales. Estos aspectos son estudiados en los capítulos finales de esta investigación de tecnologías emergentes.

## 1. TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE AL MEDIO

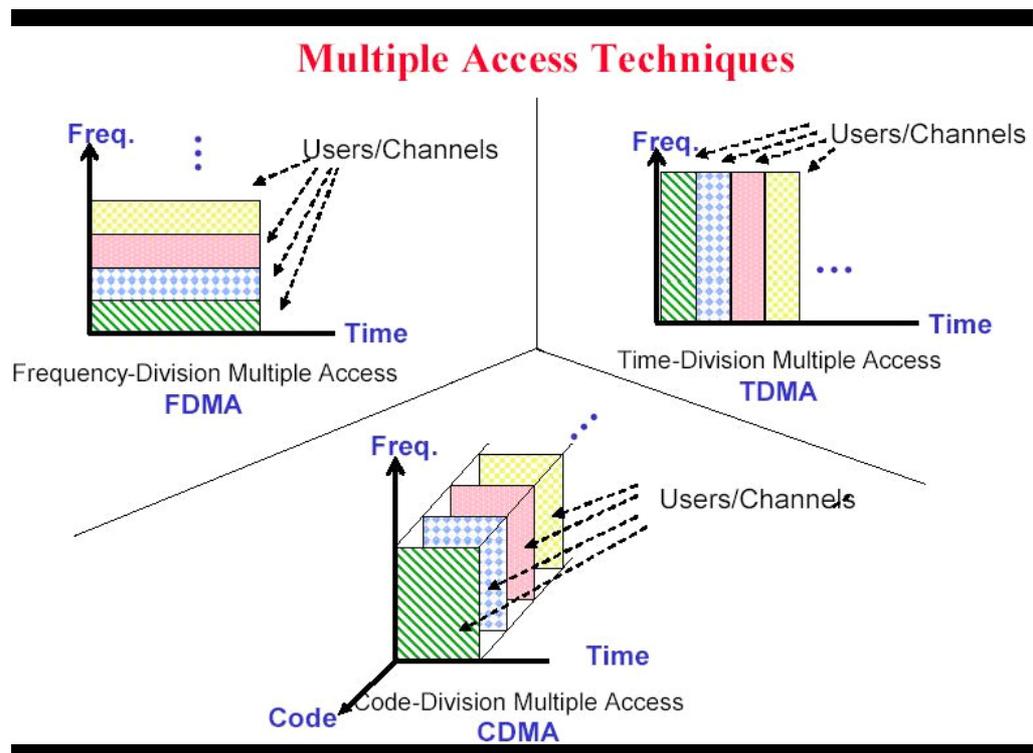


Figura 1. Grafica comparativa de las técnicas de acceso múltiple al medio<sup>4</sup>

### 1.1 TIME DIVISION MULTIPLE ACCESS – TDMA

El Acceso Múltiple por División del Tiempo es una tecnología inalámbrica de segunda generación (2G) que brinda servicios de alta calidad de voz y datos de circuito conmutado en las bandas más usadas del espectro, lo que incluye las de 850 y 1900

<sup>4</sup> Javan Erfanian – Bell Mobility, Noviembre de 2003, [www.ewh.ieee.org/r4/chicago/Summary\\_Javan\\_Wireless.pdf](http://www.ewh.ieee.org/r4/chicago/Summary_Javan_Wireless.pdf)

MHz. TDMA es una tecnología digital o "PCS" que también se conoce como ANSI-136 ó IS-136, por las normas que definen sus características. TDMA divide un único canal de frecuencia de radio en seis ranuras de tiempo como se puede apreciar en la grafica superior derecha de la figura 1. A cada persona que establece comunicación se le asigna una ranura de tiempo específica para la transmisión, lo que hace posible que varios usuarios utilicen un mismo canal simultáneamente sin interferir entre sí. Este diseño hace un uso eficiente del espectro y ofrece tres veces más capacidad que la tecnología analógica o "AMPS", que es de primera generación (1G).

TDMA ofrece una ruta probada hacia la 3G mediante el despliegue de GSM/GPRS, EDGE y/o UMTS (WCDMA). Los operadores de TDMA pueden ofrecer actualmente servicios de 3G desplegando una combinación de tecnologías GSM/GPRS, EDGE y/o UMTS (WCDMA), dependiendo de factores tales como sus modelos de negocios y las exigencias del mercado. La opción más elegida ha sido la de liberar capacidad en una red TDMA para una nueva red GSM/GPRS desplegando una red superpuesta en el espectro existente de un operador. Este enfoque significa que la red TDMA continúa atendiendo a los clientes, mientras que la nueva red superpuesta ofrece una amplia gama de innovadores servicios de datos, incluyendo Mensajería Multimedia (MMS), descarga de archivos, acceso al e-mail corporativo y navegación rápida por Internet.

El despliegue de la red GSM/GPRS incluye la incorporación de infraestructura basada en el Protocolo de Internet (IP) para dar soporte a datos en paquetes. Dicha infraestructura constituye la base para la migración de los operadores de TDMA hacia la 3G ya que es reutilizada en pasos de migración posteriores, como EDGE y UMTS/WCDMA. Cada paso en la migración de GSM hacia la 3G está coordinado por y recibe el soporte de grupos como el Proyecto Conjunto de Tercera Generación

(3GPP) y 3G Americas a fin de asegurar una migración fluida y costo-efectiva para los operadores de TDMA.

## **1.2 FREQUENCY DIVISION MULTIPLE ACCESS – FDMA**

FDMA ("Frequency Division Multiple Access") es la manera más común de acceso truncado. Con FDMA, se asigna a los usuarios un canal de un conjunto limitado de canales ordenados en el dominio de la frecuencia, como se puede apreciar en la grafica superior izquierda de la figura 1. Los canales de frecuencia son muy preciados, y son asignados a los sistemas por los cuerpos reguladores de los gobiernos de acuerdo con las necesidades comunes de la sociedad. Cuando hay más usuarios que el suministro de canales de frecuencia puede soportar, se bloquea el acceso de los usuarios al sistema. Cuantas más frecuencias se disponen, hay más usuarios, y esto significa que tiene que pasar más señalización a través del canal de control. Los sistemas muy grandes FDMA frecuentemente tienen más de un canal de control para manejar todas las tareas de control de acceso. Una característica importante de los sistemas FDMA es que una vez que se asigna una frecuencia a un usuario, ésta es usada exclusivamente por ese usuario hasta que éste no necesite el recurso.

## **1.3 CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS – CDMA**

CDMA (Code Division Multiple Access, acceso múltiple por división de código) Es una técnica de acceso al medio la cual ha ganado una aceptación general en los sistemas de comunicaciones como una actualización que incrementará notablemente la capacidad del sistema y la calidad del servicio. Al principio no estaba muy claro si

CDMA era una mejor opción que las otras dos técnicas tradicionales: TDMA y FDMA. Se comparó la capacidad de CDMA en aplicaciones para satélites con las otras dos técnicas y no quedó claro cual era mejor. Pero esto cambió al observar que CDMA era robusto ante las interferencias. Este factor provoca un aumento en la capacidad del sistema y que viene muy bien en aplicaciones de voz. El origen de esta tecnología está en las comunicaciones militares, al tratar de rechazar enérgicamente las interferencias provocadas, superponiéndose a ellas y asegurando las comunicaciones mediante códigos. El primer punto a considerar es que en CDMA todos los terminales, mientras duran sus comunicaciones, ocupan la totalidad del ancho de banda asignado a cada estación base, que puede ser de varios MHz. Tanto en FDMA como en TDMA hay una separación de las señales de cada usuario, bien en frecuencia o bien en tiempo, mientras que en CDMA todos los usuarios en comunicación se están interfiriendo mutuamente, como grupos de parejas hablando en una recepción, en la que mientras todo el mundo está hablando a un determinado nivel de volumen, cada persona se concentra en lo que dice su interlocutor, al menos que sobrevenga alguna información excepcional. Si cada pareja hablara y entendiera un único idioma, su capacidad de dialogar, con un alto nivel de interferencia, sería mucho mayor, debido a la exclusividad del lenguaje. Este es el principio de supresión de interferencias utilizado en CDMA, donde las comunicaciones de cada terminal con su estación base se producen con una particular codificación semejante al uso de un solo idioma, como se observa en la grafica inferior de la figura 1. Si además la codificación fuera ortogonal y las comunicaciones sobre un canal ideal, los usuarios ignorarían totalmente cualquier interferencia. Se ha indicado que cada terminal transporta su señal utilizando la totalidad del ancho de banda disponible en su emplazamiento y como este ancho de banda es mucho mayor que la señal del mensaje del terminal, se

produce un proceso de ensanchamiento del espectro, inevitable debido al uso de un código único asignado a cada terminal.

#### 1.4 **WIDEBAND CDMA – WCDMA.**

WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) es la tecnología de acceso de radio que soportara todos los servicios multimedia que están disponibles a través de los terminales de 3era Generación. WCDMA soporta eficientemente tasa de datos entre 144 a 512 Kbps para coberturas de áreas amplias y pueden llegar hasta 2Mbps para mayor cobertura local. Esto adicionalmente complementara la amplia cobertura y el roaming internacional de GSM para proveer la capacidad requerida para servicios personales multimedia. Entre los aspectos técnicos están: soporta protocolo IP, los terminales son menos difícil de fabricar, hace uso de la técnica de duplexación FDD. Utiliza muy eficientemente el espectro de radio disponible, mediante la reutilización de cada celda. Los enlaces desde la red de acceso WCDMA y en el núcleo de red GSM utilizan el más reciente protocolo de transmisión ATM de mini-celdas, conocido como Capa de Adaptación ATM 2 (AAL2). El rango de frecuencia para servicios de área amplia: WCDMA, haciendo uso del acceso FMA2 está entre 1920 a 1980 y de 2110 a 2170 MHz. WCDMA usa una tasa de chip de 4.096 Mcps. Entre los últimos estudios sobre WCDMA están: Cancelación de Interferencia, Cancelación de Interferencia Gradual, Gerencia de Recurso Dinámico en Sistemas Multimedia Inalámbricos, Técnicas de Codificación, entre otros. Es la tecnología de interfaz de aire en la que se basa la UMTS (Universal Mobile Telecommunication System), el cual es un estándar europeo de Tercera Generación (3G) para los sistemas inalámbricos. La tecnología WCDMA está altamente optimizada para comunicaciones de alta calidad de voz y

comunicaciones multimedia, como pueden ser las videoconferencias. También es posible acceder a diferentes servicios en un solo terminal, por ejemplo, podemos estar realizando una videoconferencia y al mismo tiempo estar haciendo una descarga de archivos muy grande, etc. Puede soportar completamente varias conexiones simultáneas como puede ser una conexión a Internet, una conversación telefónica, videoconferencia, etc. En esta plataforma se emplea estructuras de protocolos de red similares a la usada en GSM (Global System for Mobile Communications), por lo tanto está en la capacidad de utilizar redes existentes.

## 2. TECNOLOGÍAS INALAMBRICAS FIJAS PARA REDES DE BANDA ANCHA

### 2.1 SISTEMA DE DISTRIBUCION MULTIPUNTO LOCAL Y SISTEMA DE DISTRIBUCION MULTIPUNTO MULTICANAL – LMDS Y MMDS

2.1.1 **Conceptos básicos.** Hasta hace pocos años, se creía que las frecuencias tan altas utilizadas en LMDS no permitirían ofrecer de forma viable un servicio masivo. La razón principal que se alegaba al respecto era la atenuación debida a la lluvia, y las altas potencias de emisión necesarias en consecuencia para lograr un cierto alcance de la señal, lo que haría inviable económicamente utilizar estas frecuencias como soporte de un servicio a la población en general, dada la dificultad/costo de emitir y recibir con la calidad adecuada la potencia de señal necesaria.

Sin embargo, el LMDS ha conseguido superar estas dificultades, fundamentalmente en la banda de 28 GHz, como demuestran desde hace varios años los sistemas en operación comercial existentes, entre los que destacan los de CellularVision en la ciudad de Nueva York y en 40 GHz, Philips (en pilotos experimentales). Las principales claves técnicas del sistema son tres: el teorema de Shannon de equivalencia entre ancho de banda y potencia, la recepción de haces muy estrechos y con polarización estable, y la reutilización de frecuencias.

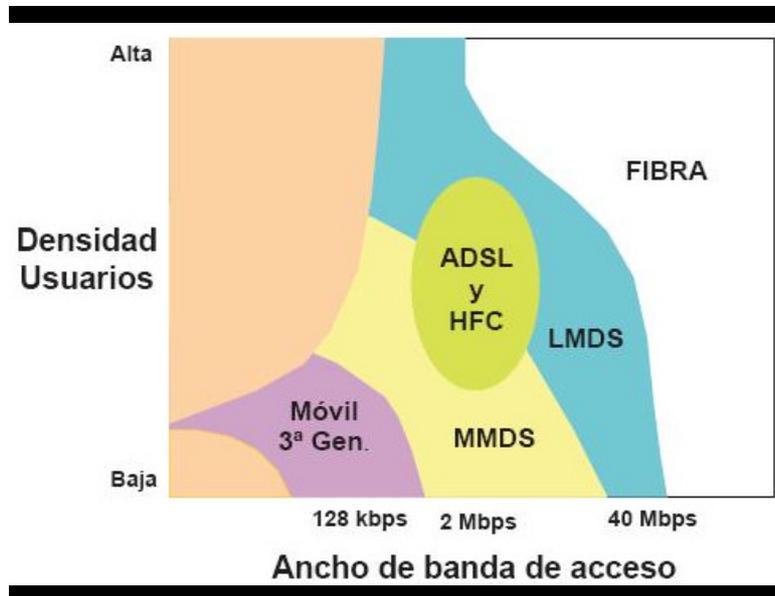


Figura 2. Alternativas de acceso para banda ancha<sup>5</sup>

En la figura 2 se representan diferentes tecnologías con las que un Operador puede acceder a las dependencias de un cliente, en función del ancho de banda proporcionado y de la densidad de usuario en el área a cubrir.

2.1.2 **Ventajas e inconvenientes.** Sus principales ventajas son las siguientes:

- Flexibilidad en el ancho de banda asignado al cliente.
- Integración de los servicios de voz y datos.
- Despliegue rápido del servicio.

<sup>5</sup> RED HORIZONTE [CD\_ROM] Edición 1ª, Telefónica de España, S.A.U, 2000.

Por el contrario, sus mayores inconvenientes son, la necesidad de disponer de visibilidad directa entre las antenas de la Estación Base y de la instalación del cliente final, y la necesidad de operar bajo licencia.

### 2.1.3 Sistema de distribución multipunto local – LMDS.

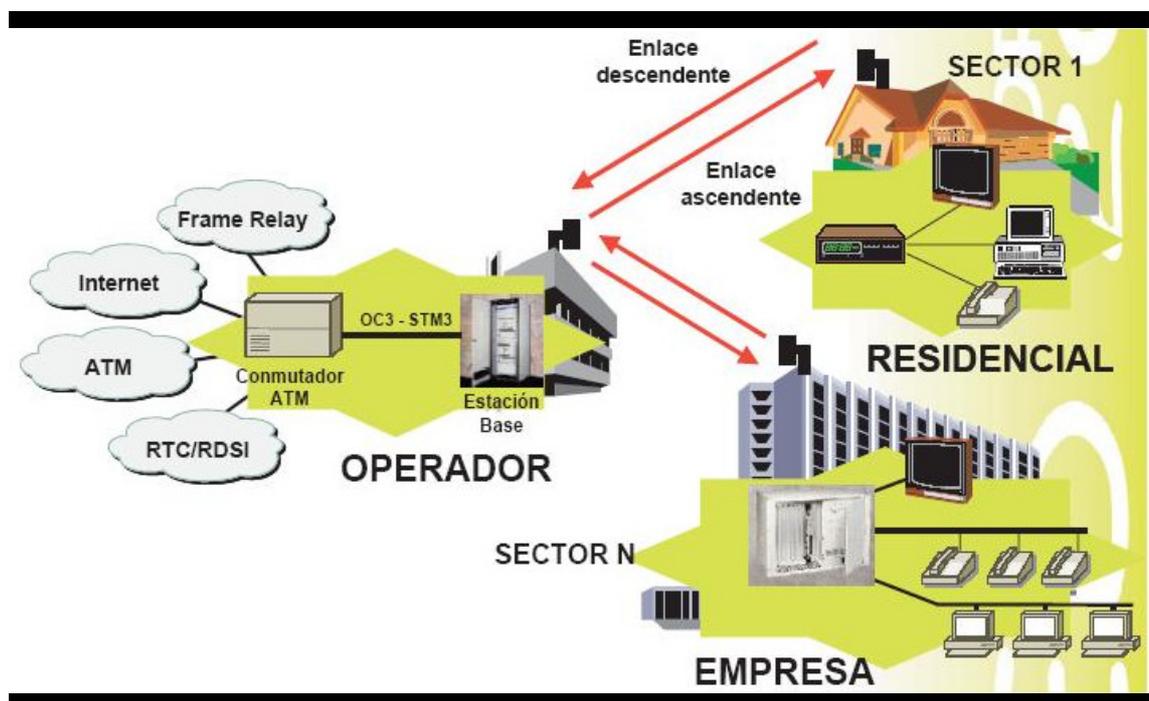


Figura 3. Diagrama esquemático de las tecnologías LMDS y MMDS<sup>6</sup>

El LMDS (Local Multipoint Distribution System) es un sistema de comunicación de punto a multipunto que utiliza ondas radioeléctricas a altas frecuencias, en torno a 28 ó 40 GHz, en las que existen bandas de frecuencia de unos 2 GHz con atenuación mínima (conocidas como "ventanas espectrales") ante los agentes atmosféricos. Dada la anchura de banda disponible, el LMDS puede ser el soporte de una gran variedad de servicios simultáneos: televisión multicanal (difusión, PPV, video on demand),

<sup>6</sup> RED HORIZONTE [CD\_ROM] Edición 1ª, Telefónica de España, S.A.U, 2000.

telefonía, datos, servicios interactivos multimedia (tele educación, telemedicina, acceso a Internet en banda ancha, etc.). El territorio a cubrir se divide en células de varios kilómetros de radio (3-9 Km en la banda de 28 GHz, 1-3 Km en la banda de 40 GHz). El abonado al sistema recibe la señal mediante una de tres vías: desde el emisor principal de la célula, si existe visibilidad directa entre éste y el receptor; desde un repetidor, en zonas de sombra; mediante un rayo reflejado en alguna superficie plana (paredes de edificios, reflectores / repetidores pasivos, etc.). La antena receptora puede ser de dimensiones muy reducidas -antenas planas de 16 x 16 cm- con capacidad de emisión en banda ancha -señal de TV o datos a alta velocidad- o estrecha -telefonía o datos de baja velocidad-.

El principal campo de aplicación de los sistemas LMDS es proporcionar el acceso tanto a redes públicas como privadas (PSTN, PDN, etc.) mediante las diferentes interfaces de usuario estandarizadas (2 hilos, RDSI, nx64 Kbits/s, nx E1, LAN, WAN...) para el caso de clientes dispersos, mediante el uso de una arquitectura multicelular cubriendo tanto áreas urbanas como suburbanas, ver figura 4. Estos sistemas proporcionan Interfaces Estándar de red (tanto UNI como SIN) y conexiones transparentes al nodo de red apropiado. Usan en principio dos métodos básicos de acceso en función del parámetro físico que tengan en cuenta (frecuencia o tiempo): FDMA o TDMA; además el acceso es múltiple con asignación bajo demanda (DAMA). Sus características esenciales son: uso eficiente del espectro, concentración y transparencia. Operan en la banda de 24.5 a 26.5 GHz, con una separación Tx/Rx de 1008 MHz, y con una canalización, dependiendo de la capacidad de transporte necesaria por el cliente, del número de usuarios conectados, del área de servicio y de la tecnología de acceso utilizada, de 3.5, 7, 14, 28 o 56 MHz.

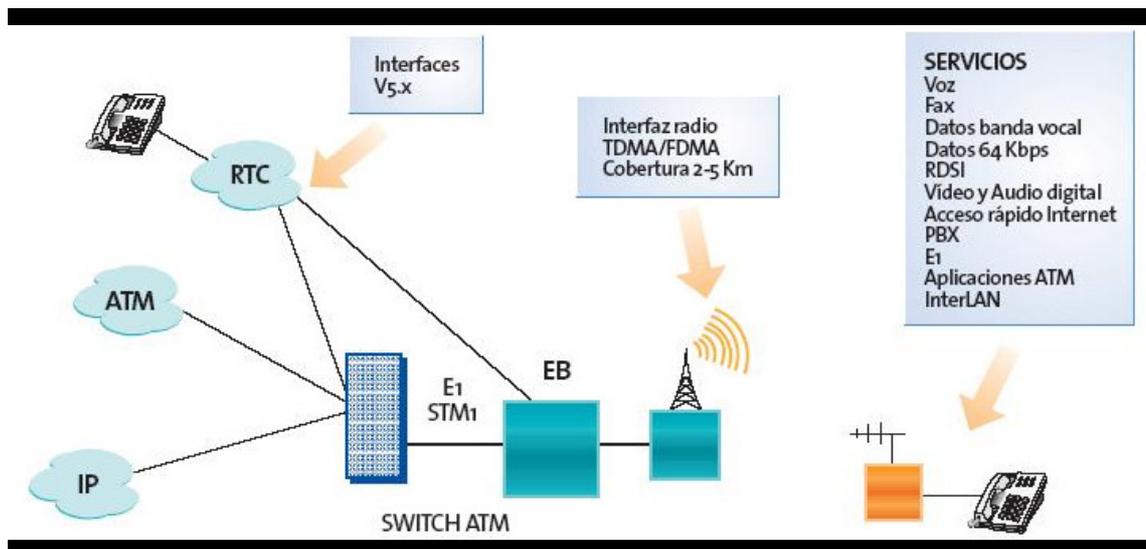


Figura 4. Arquitectura de un sistema LMDS<sup>7</sup>

2.1.4 **Sistema de distribución multipunto multicanal – MMDS.** En EEUU la mayor parte de las licencias MMDS están dedicadas a la transmisión de señales de televisión analógicas, con un enlace ascendente por la línea telefónica conmutada, si bien recientemente el organismo regulador ha autorizado la transmisión bidireccional por el mismo enlace radioeléctrico. Estos sistemas han tenido un éxito comercial principalmente en las zonas rurales o de baja densidad de usuarios, al ser una alternativa más rentable frente al despliegue de cable o fibra. Si bien se están barajando las bandas de 28 GHz para el enlace descendente, con una canalización que posibilite un gran ancho de banda, y de 32 GHz para el enlace ascendente de una capacidad menor, como se aprecia en la figura 3. La arquitectura de un sistema MMDS es la misma que la de un sistema LMDS, la diferencia principal con LMDS es el funcionamiento asimétrico del ancho de banda asignado a cada usuario y las bandas de frecuencia de operación.

<sup>7</sup> RED HORIZONTE [CD\_ROM] Edición 1ª, Telefónica de España, S.A.U, 2000.

## 2.2 INTERFAZ DE RADIO UNIVERSAL **BLUETOOTH**

2.2.1 **Conceptos básicos.** Bluetooth es una iniciativa que tiene como objetivo especificar y desarrollar nuevos sistemas de comunicación “sin hilos” de *corto alcance*, que permitirán interconectar aparatos entre si, como se aprecia en la figura 5. Es, por tanto, una alternativa a otras formas de interconexión basadas en infrarrojos o cable que se caracteriza por su bajo costo y facilidad de integración e incorporación. Inicialmente esta tecnología fue concebida para la conexión entre equipos portátiles como teléfonos móviles, cámaras digitales, computadores portátiles, o cualquier otro periférico transportable. Sin embargo, el campo de aplicación esta aumentando y ya se piensa en su incorporación en el sector residencial (redes del hogar), para el control de instalaciones, comunicaciones internas, seguridad, etc. En el sector empresarial también tiene un gran futuro en la interconexión de redes de área local con periféricos como impresoras, faxes, equipos de proyección, etc.

### 2.2.2 **Características, Técnicas y Arquitectura.**

- **Operación Global.** Uno de los requerimientos claves en el diseño de la interfaz de aire fue que ella debería estar disponible para el uso a nivel mundial. La única banda que satisface este requerimiento está en los 2.4 Ghz – La banda ISM (Industrial – Scientific – Medical). La banda ISM también es libre de licencia y está abierta para cualquier sistema de radio. Esto obviamente trae consigo características de ocupación por otras tecnologías tales como: WLAN (Wireless Local Area Network), monitores de bebe, hornos microondas, etc.

- Transmisión de Datos y Voz. Para prevenir la interferencia con otras señales que estén operando en la misma banda ISM, la tecnología de Bluetooth utiliza la técnica de Espectro Ensanchado de Salto en Frecuencia (FHSS, Frequency Hopping Spread Spectrum) para hacer que el enlace sea robusto – dado que el transceptor de radio cambia a una frecuencia diferente luego de cada transmisión y recepción. Bluetooth soporta la comunicación de datos y voz de manera simultánea entre dos dispositivos, donde también se soportan hasta tres enlaces de voz simultáneos punto a punto, o se soporta un enlace de datos punto a multipunto y dos enlaces de voz punto a punto simultáneos. Por ejemplo, un computador portátil se puede conectar a diferentes dispositivos: una PDA, una impresora, un teléfono móvil – formando una red inalámbrica pequeña conocida como piconet.

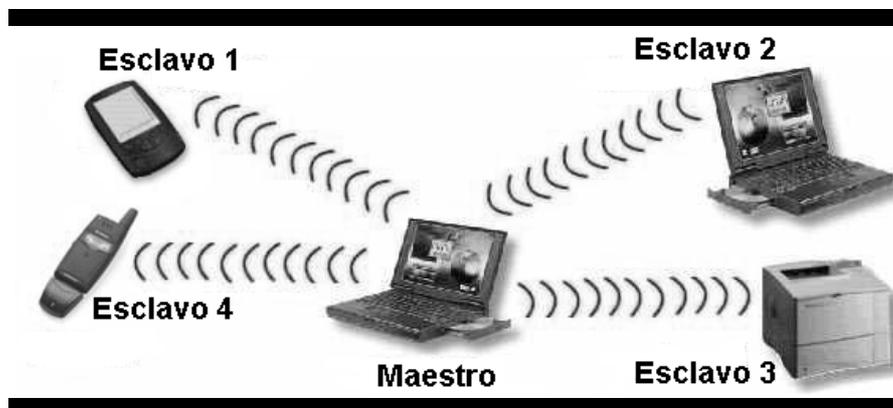


Figura 5. Ejemplo de Piconet<sup>8</sup>

Cada conexión de voz soporta enlaces sincrónicos de 64 kbits/s. La conexión asincrónica puede soportar un enlace asimétrico de 723 kbit/s en una dirección y 57.6 kbit/s en la otra, o un enlace simétrico de 432.6 kbit/s. Lo anterior se resume en la tabla.

<sup>8</sup> Modulo SISTEMAS INALÁMBRICOS EN COMUNICACIONES DE DATOS, U.Cauca 2000

Tipo de Enlace	Característica de Simetría	Velocidad (Kbps)
Sincrónico	Simétrico	64
Asincrónico	Simétrico	432.6
	Asimétrico	723 / 57.6

Tabla 1. Tipos de enlaces y velocidades<sup>9</sup>

El esquema de codificación para la voz utilizado es la modulación Delta de Pendiente Variable Continua (CVSD, Continuos Variable Slope Delta), la cual fue escogida por su confiabilidad en el manejo de caídas y daños a las muestras de voz. Es importante mencionar que para este caso la tasa simbólica del enlace bluetooth es de 1 Mbit/s. La tecnología inalámbrica Bluetooth soporta implementaciones de radio de baja potencia, y está diseñada para ser lo suficientemente pequeña que permita ubicarla dentro de cualquier dispositivo electrónico, por ejemplo: teléfonos móviles, auriculares, PDAs, cámaras digitales.

- Seguridad. La protección de las comunicaciones en los sistemas Bluetooth se realiza con un doble sistema de seguridad.
  - Autenticación, que evita la falsificación de mensajes en origen.
  - Encriptación, que previene de las escuchas en el canal y mantiene la privacidad del enlace.

Además de estas protecciones, el propio esquema de funcionamiento (búsqueda y selección dinámica de la frecuencia de operación) y la corta distancia de transmisión (máximo 10 metros) ayudan a mantener la privacidad de las comunicaciones. Bluetooth tiene definido tres modos de seguridad (sin seguridad, seguridad a nivel de

<sup>9</sup> Modulo SISTEMAS INALÁMBRICOS EN COMUNICACIONES DE DATOS, U. Cauca 2000

servicio y seguridad a nivel de enlace) que se selecciona en función de la aplicación y tipo de información transferida. Varios mecanismos se utilizan para proporcionar seguridad a Bluetooth dada su naturaleza de corto alcance y empleo en ambiente diversos. La Autenticación previene del “spoofing” o de accesos no deseados a datos críticos. Por ejemplo, la conexión de un PC portátil a un teléfono móvil requiere que se digite un PIN. El cifrado previene la decodificación y mantiene la confidencialidad del enlace, esto se tratará más adelante.

- Topología. Bluetooth utiliza un concepto de red de tamaño pequeño ó personal, llamada *piconet*<sup>10</sup>, la cual se forma para que haya transferencia de información entre dispositivos, como se aprecia en la figura 6. La tecnología Bluetooth fue diseñada en forma básica para reemplazar cables de datos entre dispositivos como teléfonos móviles, asistentes personales digitales (Personal Digital Assistant - PDA), computadores portátiles, vídeo beams y cualquier otra clase de dispositivo (electrodomésticos, por ejemplo). Esta capacidad puede hacer que ellos se conecten, compartan información y recursos, lo cual en principio es el trabajo de una red. Estas redes se forman automáticamente al encontrarse sus elementos cerca unos de otros; por tal razón, las redes que se forman se denominan redes *ad – hoc*. Se tiene entonces una red inalámbrica de poca extensión (aproximadamente 10m de radio) que existe siempre y cuando sus elementos permanezcan dentro del alcance de sus radios Bluetooth. El concepto de Piconet no se refiere solamente al espacio de alcance físico de los dispositivos, sino más bien a redes de tipo lógico, que comparten un canal común y cuyas áreas pueden traslaparse, inclusive por completo en un momento

---

<sup>10</sup> Piconet – Red de pocos elementos y en principio corto alcance

dado. Cuando varias piconets tienen elementos comunes, se forman redes compuestas llamadas dentro de la especificación como “*scatternets*”.

Los dispositivos Bluetooth que quedan entre sí dentro de su rango de alcance, pueden establecer conexiones. Dos o más dispositivos que establecen una conexión (y comparten un canal) forman una red inalámbrica pequeña conocida como Piconet. En una piconet un dispositivo Bluetooth actúa como un maestro y controla el tráfico en ella. Todos los demás actúan como esclavos. El maestro está definido como el dispositivo que inicia el procedimiento de conexión para establecer la piconet. Solamente puede haber un maestro por piconet.

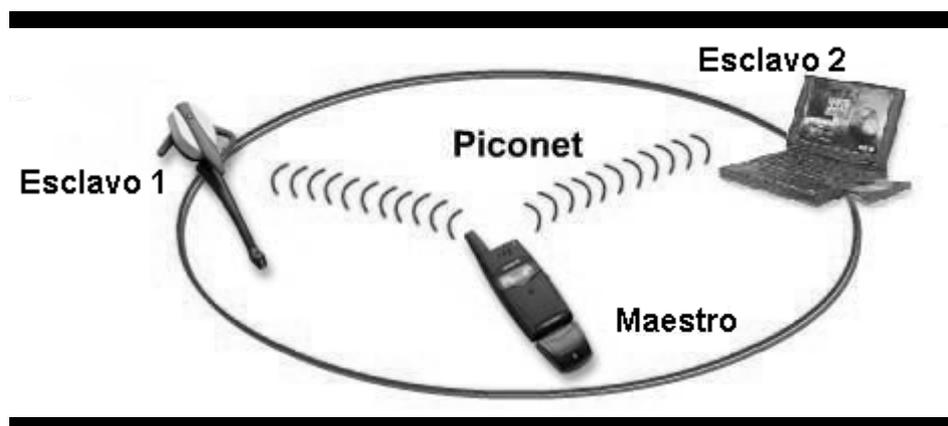


Figura 6. Piconet - Operación Maestro/Esclavos<sup>11</sup>

La piconet más pequeña está compuesta de solamente dos dispositivos (punto a punto) – 1 maestro y 1 esclavo. Se pueden activar hasta siete esclavos en una piconet (punto a multipunto).

---

<sup>11</sup> Modulo SISTEMAS INALÁMBRICOS EN COMUNICACIONES DE DATOS, U. Cauca 2000

- Temporización y Sincronización Maestro/Esclavo. El reloj del maestro determina la temporización en la secuencia de salto de frecuencias en un canal de una piconet. Todos los dispositivos que participan en la misma piconet adaptan su reloj interno a través de un corrimiento de tiempo para sincronizarse a tal secuencia de salto de frecuencias.

- Comunicación entre piconets. Un dispositivo Bluetooth puede participar en piconets diferentes teniendo en cuenta de que sólo puede estar activo en una piconet a la vez. Un dispositivo puede actuar como esclavo en piconets diferentes, pero como maestro solo en una piconet. Para la comunicación entre piconets, un dispositivo selecciona la identidad del maestro apropiado y ajusta su reloj para sincronizarse con el canal de la piconet deseada.

- Otras características de un sistema Bluetooth:

- No necesita visibilidad entre los equipos conectados, gran ventaja si se compara con otras tecnologías vía radio, como por ejemplo las basadas en infrarrojos.

- Frecuencia de operación: Banda de 2.4 GHz (3.402 GHz y 2.480 GHz).

- Alcance nominal entre 10 centímetros y 10 metros.

- Baja potencia de emisión (100mW) sobre todo cuando opera en distancia cortas (hasta 10 metros). Esta potencia es inferior a la de otras tecnologías sin hilos que operan en la misma frecuencia. Para distancias superiores (hasta 100 metros) la potencia se incrementara.

- Tecnología robusta a las interferencias de otras señales. El modulo radio evita las interferencias de otras señales, buscando y seleccionando una frecuencia adecuada

para la transmisión/recepción. La rapidez en la búsqueda es una de las principales características del sistema Bluetooth.

- Capacidad total de transmisión de 1Mbps.
  - Puede establecer conexiones punto a punto o punto a multipunto.
  - Esquema de funcionamiento:
    - a. Un canal asíncrono para datos y otro asíncrono para voz, simultáneamente.
    - b. Tres canales síncronos para voz (64 Kbps), simultáneamente.
  - El canal asíncrono de datos puede soportar una comunicación asimétrica (721 Kbps y 57.6 Kbps en cada sentido) o simétrica (432 Kbps en ambos sentidos).
- 
- Aplicaciones. Como ya se ha mencionado, es amplio el campo de utilización de la tecnología Bluetooth. A continuación se indican algunas de las aplicaciones que ya están desarrollando algunos fabricantes: Acceso a correo electrónico (e-mails), Intranet e Internet desde computador portátil a través de un teléfono celular. La comunicación entre PC y teléfono se establece mediante Bluetooth, eliminándose la necesidad de los molestos cables de conexión. Transmisión de voz entre teléfono móvil y cascos de audición (headset).

### 3. TECNOLOGÍAS CELULARES PARA REDES DE BANDA ANCHA

#### 3.1 WIRELESS APPLICATION PROTOCOL – WAP

3.1.1 **Historia.** El interés por la tecnología WAP (Wireless Application Protocol), es decir el protocolo de aplicaciones inalámbricas, tuvo un importante desarrollo en junio de 1997 cuando algunas de las mayores multinacionales mundiales de las telecomunicaciones como Nokia, Ericsson, Motorola y Phone.com (ya Unwired Planet, la primera en dar vida a un sistema completo para la navegación wireless) fundan el WAP FORUM que hoy cuenta entre sus filas con las 400 mayores empresas del mundo, interesadas en este tipo de tecnología y cuyos objetivos fueron:

- a) Utilizar los estándares ya presentes.
- b) Proveer el acceso a la red para los terminales móviles y otros dispositivos inalámbricos.
- c) Dar vida a un protocolo universal que pudiese funcionar utilizando diversas tecnologías de red móvil.
- d) Favorecer la creación de un nuevo servicio apto para diversos tipos de aparatos y sobre distintas tecnologías de red.

Cada una de las grandes compañías, entre las cuales se encuentran operadores de telefonía móvil, proveedores de servicios de Internet y sociedades de servicios de telecomunicaciones, tiene un rol bien preciso dentro del mencionado FORUM:

*Contribuir al desarrollo de la tecnología WAP, definir los estándares y, especialmente, garantizar la compatibilidad del protocolo para los operadores móviles de varios países de todo el mundo.* Antes de ese año algunas empresas comenzaron con el desarrollo de sistemas de navegación que fueran capaces de permitir a los móviles (dotados de poca memoria, de procesadores poco potentes, y cuyas pequeñas pantallas difícilmente podían visualizar imágenes), de acceder a Internet y todos sus servicios. Los primeros en desarrollar un sistema completo para permitir a los teléfonos la navegación a través de Internet, en el 1995, fue Unwired Planet (ahora Phone.com), que construyeron un nuevo lenguaje de markup, el HDML (HandHeld Markup Language) y un protocolo de transporte, el HDTP (HandHeld Device Transport Protocol). A continuación fueron creados otros protocolos adaptados para ser utilizados para la navegación por hipertexto de los terminales móviles; sin embargo, faltaba un lenguaje que fuera soportado universalmente como, por ejemplo, el HTML utilizado en el navegador estándar y faltaban asimismo protocolos de transporte que pudieran dialogar con ellos, pero también con el tradicional servidor de la Web. Por ello era necesario modificar adecuadamente los principales estándares de Internet para hacerlos compatibles con la red de transmisión GSM, limitada respecto a las redes tradicionales: menos ancho de banda, mayores tiempos de espera, menor estabilidad y disponibilidad. Las variadas soluciones propuestas requerían ser estandarizadas ya que eran diferentes, al haber sido creadas por distintas empresas e incompatibles entre ellas. De ahí el nacimiento del anteriormente mencionado WAP FORUM, cuyo núcleo está compuesto por Nokia, Ericsson y Motorola, que decidieron, conjuntamente, que era el momento justo de imponer un nuevo estándar único de navegación en Internet. Los trabajos del WAP FORUM han llevado a la planificación de la suite WAP versión 1.0, en mayo de 1998, 1.1 en junio de 1999 y la 1.2 en

octubre de 2000. La suite incluye el nuevo lenguaje WML (Wireless Markup Language) derivado del HTML (Hypertext Markup Language), solamente utilizado en la Web. El WML es un lenguaje relativamente simple, y compatible con el servidor Web actual, que requiere reducidas capacidades de memoria sobre el celular y es eficiente en lo que respecta al aprovechamiento de la reducida banda disponible. Con el nacimiento del WAP, por lo tanto, la intención era la de poder integrar los dos mayores recursos tecnológicos del momento: Internet y las comunicaciones móviles, con el fin de permitir la consulta de la gran red - o mejor de una parte, pero la más útil de la misma- no sólo de los habituales usuarios "estáticos" sino también por aquellos que se encuentren en movimiento, con sólo el terminal móvil a disposición, y que puedan necesitar información específica que sólo se pueda encontrar en Internet.

3.1.2 **Funcionamiento.** Básicamente, WAP permite a los dispositivos móviles (adaptados especialmente para poder utilizar esta tecnología) adecuar el acceso a paginas Web a las peculiaridades de los dispositivos móviles, reducidas capacidades de representación, generalmente con pantallas monocromas solo para texto, con poca capacidad de proceso de datos, inexistencia de ratón, teclado numérico y baja velocidad de transmisión de datos.

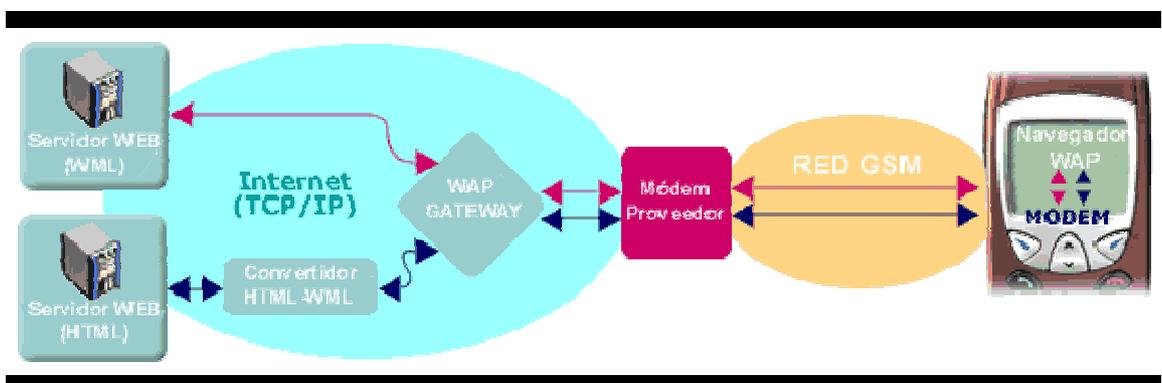


Figura 7. Esquema de funcionamiento del WAP<sup>12</sup>

<sup>12</sup> GSMBOX S.A., 2004, <http://es.gsmbox.com/wap>

El funcionamiento de la navegación con Wap es similar al del par HTTP (Hipertext Transfer Protocol) – HTML (Hipertext Markup Language) utilizado en las páginas Web de Internet: un usuario realiza una petición de información usando un URL (Uniform Resource Locator), representado a través de un hipere enlace. Entonces, la información es adquirida y presentada al usuario, siendo el dispositivo móvil compatible con Wap el que adapta la presentación de los contenidos a sus características específicas, como se aprecia en la figura anterior.

Las características básicas de la tecnología Wap son las siguientes:

- Presentación de contenido limitada: Dado que un cliente Wap tiene limitada la capacidad de visualización, se define la unidad básica de información como *card* que es una pantalla de información o una parte de unos formularios. Este puede contener texto, imágenes, hipere enlaces o campos de entrada. El dispositivo cliente es el que decide como se presenta esa información, como se navega a través de los campos o como se introducen los datos en ellos. Dado que múltiples *cards* pueden ser necesarias para una sola aplicación se define un grupo de *cards* como *deck*. Cada *card* puede ser etiquetada como las referencias dentro de una pagina HTML.
- Scripting: Se ha definido el WML (Wireless Markup Language) Script de un modo similar al Javascript. De este modo, un *card* puede ejecutar funciones que verifiquen los campos de entrada, ó comuniquen el estado entre *cards* en un *deck* ó entre *decks*.

o Control de funciones de telefonía: Wap tiene previsto controlar aspectos de la telefonía de los dispositivos clientes, como el acceso al directorio de páginas amarillas. Este tipo de usos están menos maduros que otros aspectos del protocolo Wap.

### 3.1.3 Especificaciones técnicas.

- Arquitectura. Para conocer la arquitectura del WAP es necesario acercarse brevemente a la de la Web (ver figura 8<sup>13</sup>), siendo las dos, muy similares entre ellas. La de la WEB esta basada en estándares que crean un entorno de aplicaciones completo porque definen: un modelo para la síntesis de los nombres (Uniform Resource Locator), los tipos de contenido, las formas de realizar esos contenidos y finalmente los protocolos para su transmisión.

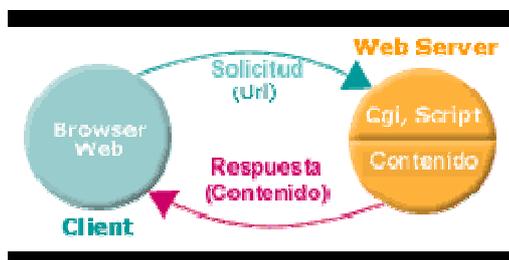


Figura 8. Arquitectura breve de la WEB.

Los protocolos tradicionales www definen tres clases de servidores- el servidor de origen, en el que reside un recurso determinado; los servidores Proxy, es decir, los que se interponen entre servidor de origen y cliente, funcionando por ello desde servidor y desde cliente; el Gateway es decir el servidor que hace de intermediario y que es considerado por el cliente como un servidor de origen, aún no siéndolo. En el caso del WAP, se consideran dos escenarios prácticos para su implementación. En el primer escenario (ver figura 9), el cliente utiliza un micro navegador que realiza

<sup>13</sup> GSMBOX S.A., 2004, <http://es.gsmbox.com/wap>

peticiones de información en Internet a través de un “Wap Gateway”. Este ultimo recoge la información, la decodifica, realizando una traducción entre los protocolos Wap y HTTP, y la envía al servidor Web, en el cual está presente el contenido requerido. Este último servidor envía las páginas pedidas al WAP Gateway. Éste las codifica y las envía al cliente del WAP.

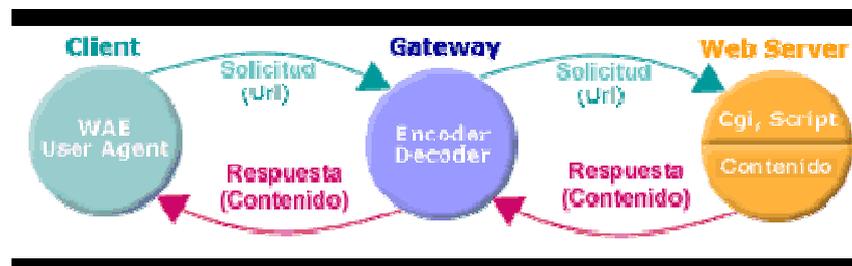
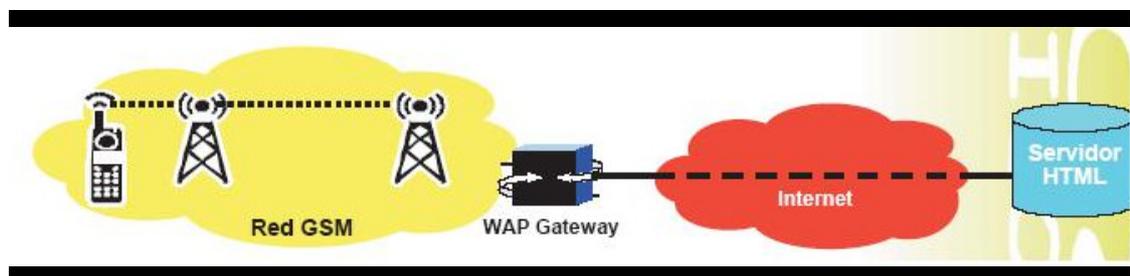


Figura 9. Acceso a Internet a través de un Wap Gateway.<sup>14</sup>

En el segundo escenario (Figura 10), el dispositivo cliente está en contacto con un Servidor Wap, el cual recoge la información (local o proveniente de Internet) y la devuelve al dispositivo cliente. En este caso, no existe traducción directa del protocolo HTTP al Wap.

<sup>14</sup> RED HORIZONTE [CD\_ROM] Edición 1ª, Telefónica de España, S.A.U, 2000. [CD\_ROM]Red horizonte, Telefónica España 2000, GSM S.A, 2004 <http://es.gsmbox.com/wap>

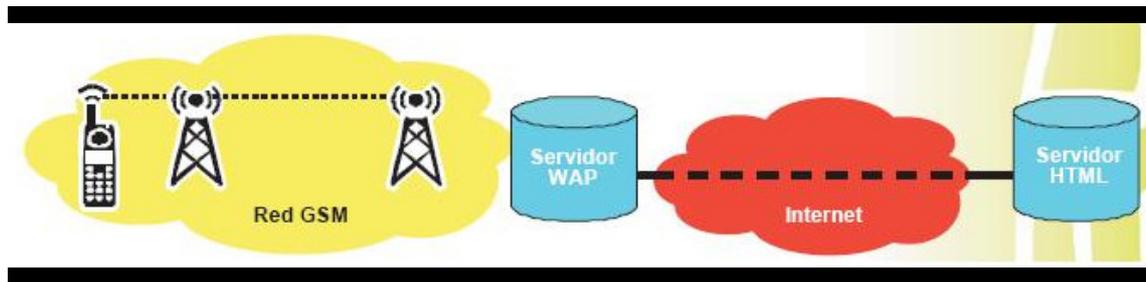


Figura 10. Acceso a Internet a través de un servidor Wap.<sup>15</sup>

De los dos escenarios comentados, el que se empieza a implantar es este último aunque se espera que acabar implantándose el primero, ya que permitirá disponer de acceso directo a páginas Web de Internet.

- Modelo OSI de WAP. Como ocurre con la Web, también el WAP define un modelo de síntesis para los nombres compatibles con la www, los tipos de contenido y los formatos y protocolos que se utilizan. El WAP Gateway tiene como única finalidad el convertir los paquetes de datos del protocolo WAP (WSP, WTP, WTSL, WDP), en paquetes del protocolo WWW (HTTP Y TCP/IP) y viceversa. Los datos enviados al cliente se comprimen y codifican en código binario con el fin de reducir su dimensión. La arquitectura del WAP (Stack WAP) permite tener un ambiente seguro y extensible gracias a un diseño realizado en capas en el que cada una es accesible por la capa superior o por otros servicios y aplicaciones. En este ámbito se prevén capas para el transporte (WDP - Wireless Datagram Protocol), para la seguridad (WTSL / Wireless Transport Security Layer), para las transacciones (WTP / Wireless Transaction Protocol), para las sesiones (WSP - Wireless Session Protocol). A éstos se deben añadir el WAE (Wireless Application Environment), y el WTA (Wireless Telephony Application). La capa para el transporte, WDP transmite y recibe los datos desde y

<sup>15</sup> RED HORIZONTE [CD\_ROM] Edición 1ª, Telefónica de España, S.A.U, 2000. [CD\_ROM] Red horizonte, Telefónica España 2000

hacia el usuario. Éste tiene la posibilidad de intercambiar informaciones con varios tipos diferentes de tecnología de transporte, servicios bearers, actuando como interfase entre estos últimos y los layer superiores del Stack WAP. La capa para la seguridad, WSTL, asegura la seguridad de los datos, protegiendo no sólo a los usuarios y a los operadores si no también las redes y la funcionalidad de las capas superiores. Por otro lado, estas capas prevén utilidades para: preservar la integridad de los datos enviados por el agente usuario y por el servidor, asegurar la confidencialidad de las comunicaciones y eliminar la posibilidad que éstos lleguen codificados, autenticar al usuario y al servidor, identificar y rechazar datos corrompidos o no conformes con lo específico del protocolo. La capa para las transacciones, WTS, agiliza las peticiones que provienen del usuario y son directas a la transmisión, actuando, en los diferentes casos, según el número de las fases de la transacción, según la necesidad de retransmisión, según los segmentos de la conexión. La capa para las sesiones, WSP, suministra la interfase para la capa de Aplicación, WAE, hacia los niveles inferiores, permitiéndoles prescindir de la fiabilidad de la conexión. De este modo, se resuelven algunos problemas de transmisión implementando funcionalidades que están ligadas a las negociaciones de las configuraciones particulares de los protocolos y a la posibilidad de suspender y retomar la sesión. El WAE tiene funcionalidades que se subdividen en tres componentes: usuarios, formatos y servicios. El usuario, a pesar de no estar especificado, es un micro navegador capaz de interpretar el lenguaje WML y la WML Script. Estos lenguajes son utilizados para transmitir los datos (textos o imágenes) mientras que la interacción con los servicios de telefonía está garantizada por el WTA. Los formatos y servicios son definidos del siguiente modo por el WAE: el WML (Wireless Markup Language), es decir, una aplicación nacida de la evolución del

HDML (Handled Device Markup Language) creado por Phone.com.- contiene texto e imágenes, enlaces y navegaciones, selecciones de listas, inputs del usuario, etc. WML Script es un lenguaje parecido al JavaScript; los formatos de contenido entre los cuales se encuentra la versión bytecode del WML y del WML Script no están ideados para las imágenes y el intercambio de datos. El WTA añade a la funcionalidad del WAE algunas funciones asociadas a las comunicaciones móviles, en particular las que están ligadas a los teléfonos móviles, por lo que permite suministrar servicios avanzados de telefonía. Por este motivo ésta es una parte del WAP más interesante para los operadores que para los desarrolladores de aplicaciones. Una característica interesante del WAP es la posibilidad de enviar, en modalidad push, una lista de funciones en una tabla de eventos interpretables por el usuario. Cada vez que se modifica un servicio, el gestor puede actualizar automáticamente la lista de eventos de los usuarios que se han suscrito a él. A nivel de arquitectura OSI, en la Figura se puede observar una comparativa entre los protocolos por capas utilizados en las páginas Web de Internet y Wap.

En la siguiente figura, se pueden distinguir los siguientes elementos de la tecnología Wap:

- WAE (Wireless Application Environment): Se trata del principal interfaz con el dispositivo cliente y especifica un lenguaje (WML), un scripting (WML Script) y un interfaz de telefonía (WTAP, Gíreles Telephony Application).
- WSP (Wireless Session Protocol): Es el equivalente al HTTP y habilita servicios orientados a conexión.

- WTLS (Wireless Gíreles Transport Layer Security): Permite la seguridad a través de la encriptación de los datos de la sesion.
- WTP (Wireless Gíreles Transport Protocol): Permite una transmisión fiable de los paquetes de datos de WSP entre el cliente y el servidor sobre el enlace.
- WDP (Wireless Gíreles Datagram Protocol): Permite una transmisión de datagramas entre cliente y servidor, de forma similar al protocolo UDP de las redes IP.

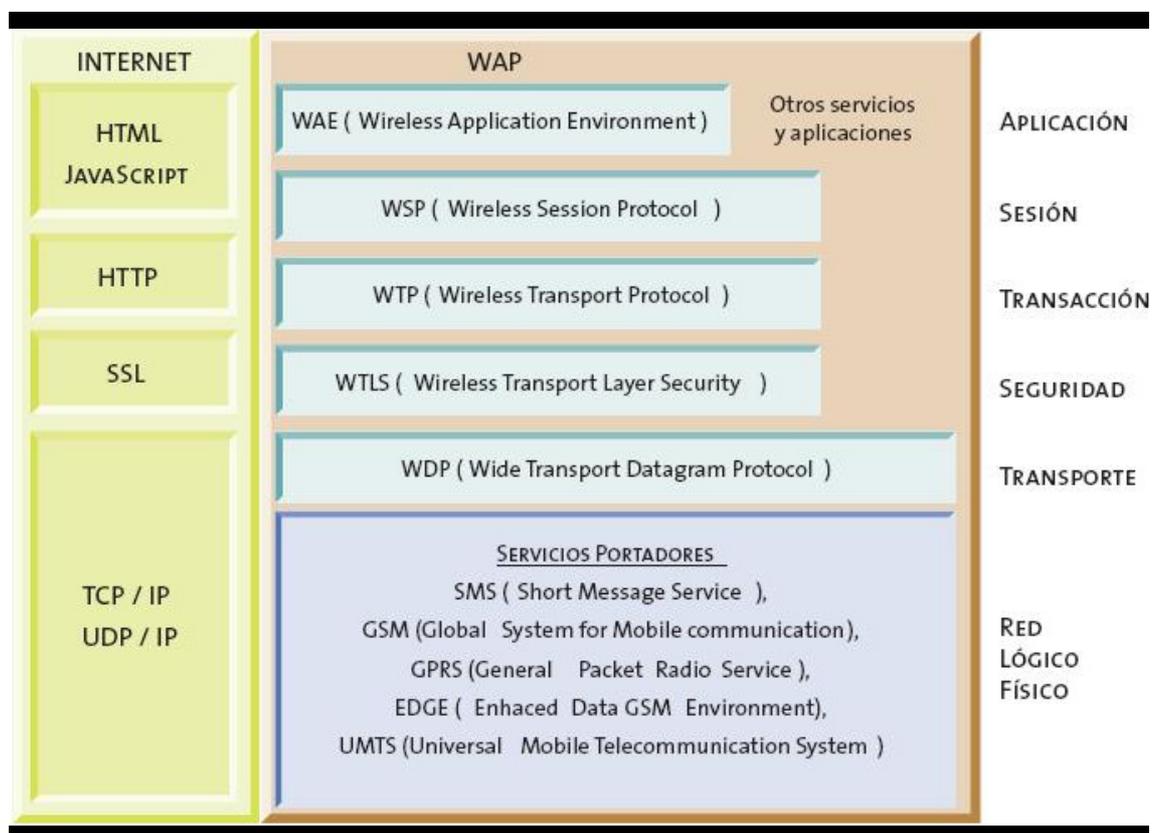


Figura 11. Comparativa entre Wap e Internet en referencia con la arquitectura OSI.<sup>16</sup>

<sup>16</sup> RED HORIZONTE [CD\_ROM] Edición 1ª, Telefónica de España, S.A.U, 2000. [CD\_ROM] Red horizonte, Telefónica España 2000

- WML. El WML (Wireless Markup Language) es una aplicación XML. Ha sido creado y desarrollado con el fin de distribuir contenidos y servicios con dispositivos inalámbricos que están caracterizados por:

- a. Pequeñas pantallas con baja resolución.
- b. Capacidades limitadas de input (normalmente un teclado con pocas teclas de función).
- c. CPU con escasa capacidad de elaboración, escasa memoria y poco consumo.
- d. Una tecnología de conexión vía radio que funciona con una banda estrecha y con largos tiempos de espera.

Las principales características del WML son:

- a. Ofrecer soporte para las imágenes y para el formateo del texto.
- b. Estar compuesto de cards a su vez reagrupadas en deck (esto es similar a una página HTML y es identificado por un URL).
- c. Ofrecer instrumentos para navegar entre card y deck, incluyendo comandos para operar en los eventos que pueden ser usados para navegar o ejecutar script.
- d. Una aplicación WML está compuesta de deck y card, estos últimos identifican un fragmento de interacción como puede ser elegir un menú o rellenar un campo, estos son recogidos en deck, es decir, un archivo de extensiones .wml que el servidor envía al cliente (como ocurre con una página HTML).

Este es un ejemplo de deck WML simple:

```
<?xml version="1.0"?>
<!DOCTYPE wml PUBLIC "-//WAPFORUM//DTD WML 1.1/EN"
"http://www.wapforum.org/DTD/wml_1.1.xml">

<wml>
```

```

<card id="Card_1">
  <do type="accept" label="OK">
    <go href="#Card_2"/>
  </do>
  <p>
    Selecciona "OK" para continuar...
  </p>
</card>

```

```

<card id="Card_2">
  <p>
    Esta es la segunda Card...
  </p>
</card>

```

```

</wml>

```

Este deck genera la interfaz<sup>17</sup>:

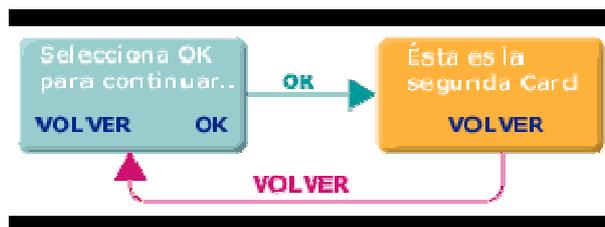


Figura 12. Interfaz grafica de un deck

Es importante ver que, dado que el WML es una aplicación XML: Todos los tag tienen que estar cerrados, incluidos los abiertos bajo la forma `<go>`; todos los tag deben ser encapsulados (una sintaxis del tipo `<b><i>palabra</i></b></i>` es inexacta, la correcta será `<b><i>palabra</i></b></i>`); es indispensable insertar un encabezamiento que identifique el tipo de documento. El deck descrito contiene dos card. La primera contiene un texto y un enlace a la segunda card. El texto es encapsulado en el tag `<p>`, mientras que el enlace se inserta dentro de una acción (accept) que define el comportamiento de una de las teclas funcionales del teléfono.

<sup>17</sup> GSMBOX S.A., 2004, <http://es.gsmbox.com/wap>

El WAP incluye también un lenguaje de scripting que se puede utilizar junto al WML para añadir una lógica de procedimiento client-side. Con el WMLscript, se pueden salvar algunas de las limitaciones del WML: se puede controlar la validez de los input del usuario antes de que se transmitan a la red, se pueden añadir funciones a la aplicación (en el teléfono permite efectuar llamadas de teléfono, añadir nombres a la SIM card; generar mensajes locales, etc.

El ejemplo siguiente ilustra un deck con dos card y un script. La primera card (card 1) llama al script random.wmls y solicita la ejecución de la función getRandom. La segunda card (card 2) muestra el resultado de la operación ejecutada por el script. El script random.wmls genera un número casual y restituye el resultado a la segunda card del deck.

El deck WML es:

```
<wml>

<card id="card_1" title="Ejemplo">
  <p align="center">
    Selecciona "Random"
  </p>
  <do type="accept" label="Random">
    <go href="random.wmls#getRandom()"/>
  </do>
</card>

<card id="card_2" title="Resultado">
  <p>
    Resultado: $(RESULT)
  </p>
</card>

</wml>
```

El siguiente es, sin embargo, el script que selecciona de forma casual un número entre 0 y 100 y lo conserva en la variable r. Por ello, adjudica a la variable RESULT el valor r y envía el resultado a la segunda card:

```
Extern function getRandom() {  
  Var r = Lang.random(100);  
  WMLBrowser.setVar ("RESULT", r);  
  WMLBrowser.go ("random.wml#card_2");  
}
```

## 3.2 SERVICIO GENERAL DE RADIO COMUNICACIONES POR PAQUETES – GPRS

3.2.1 **Conceptos y aplicaciones.** El sistema GPRS (General Packet Radio Service), fue introducido por el ETSI (European Telecommunication Standard Institute) para la fase 2+ del sistema GSM. El acceso a la red de paquetes se lleva al nivel del usuario del móvil a través de protocolos como TCP/IP (Transmission Control Protocol), X.25, y CLNP (Connectionless Network Protocol), sin ninguna otra necesidad de utilizar conexiones intermedias por conmutación de circuito. Al contrario que el servicio de transferencia de datos con modalidad de conmutación de circuito, en el que cada conexión establecida se dedica sólo al usuario que la ha solicitado, el servicio GPRS permite la transmisión de paquetes en modalidad link by link, es decir, los paquetes de información se encaminan en fases separadas a través de los diversos nodos de soporte del servicio, denominados GSN (Gateway Support Node). Por ejemplo, una vez que un paquete ha sido transmitido por el interfaz de radio (Um), se vuelven a liberar los recursos Um, que así pueden ser utilizados por algún otro usuario y el paquete se vuelve a enviar sucesivamente de nodo a nodo hacia su destino. En los servicios GSM los recursos son gestionados según la modalidad resource reservation, o sea, se emplean hasta el mismo momento en que la petición de servicio no se ha llevado a término. En el GPRS, sin embargo, se adopta la técnica del context

reservation, es decir, se tiende a preservar las informaciones necesarias para soportar ya sea las peticiones de servicio de forma activa o las que se encuentran momentáneamente en espera. Por tanto, los recursos de radio se ocupan, en efecto, sólo cuando hay necesidad de enviar o recibir datos. Los mismos recursos de radio de una celda se dividen así entre todas las estaciones móviles (MS), aumentando notablemente la eficacia del sistema. El servicio GPRS, por tanto, está dirigido a aplicaciones que tienen las siguientes características:

- a. Transmisión poco frecuente de pequeñas o grandes cantidades de datos (por ejemplo, aplicaciones interactivas).
- b. Transmisión intermitente de tráfico de datos bursty.

Como por ejemplo

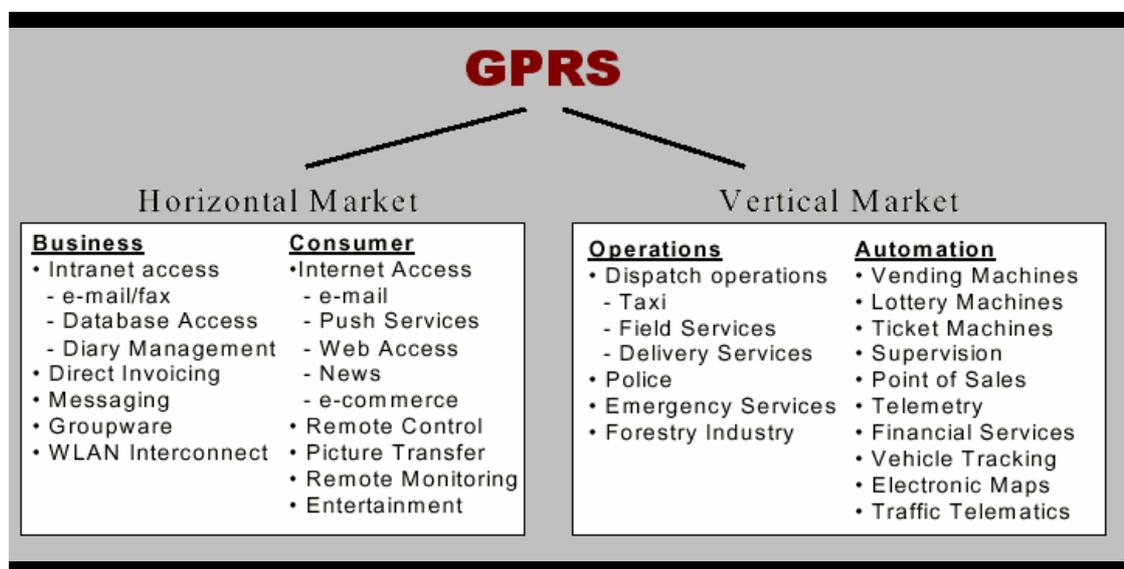


Figura 13. Aplicaciones de GPRS<sup>18</sup>

<sup>18</sup> Modulo SISTEMAS INALÁMBRICOS EN COMUNICACIONES DE DATOS, U. Cauca, 2000

Desde el punto de vista físico los recursos pueden ser reutilizados y existen algunos puntos comunes en la señalización, así en el mismo portador de radio pueden coexistir simultáneamente tanto los time slots reservados a la conmutación del circuito, como los time slots reservados al uso del GPRS. La optimización en el empleo de los recursos se obtiene a través de la repartición dinámica de los canales reservados a la conmutación del circuito y de aquellos reservados al GPRS. Cuando se presenta una llamada de voz hay tiempo suficiente para liberar los recursos usados por el GPRS, de tal forma que la llamada por conmutación de circuito a mayor prioridad, pueda ser efectuada sin problemas. El nodo de soporte GSN (Gateway Support Node) del GPRS es el elemento principal de la infraestructura. Este router puede proporcionar la conexión y el inter-trabajo con otras redes de datos, administrar la movilidad de los usuarios a través de los registros del GPRS y es capaz de entregar los paquetes de datos a las estaciones móviles, independientemente de su posición. Físicamente el GSN puede estar integrado en el MSC (Mobile Switching Center) o puede ser un elemento separado de la red, basando en la arquitectura de los routers de las redes de datos. Los paquetes de datos del usuario pasan directamente entre el GSN y el BSS (Base Station Subsystem), gracias a la señalización que acontece entre GSN y el MSC.

### 3.2.2 Características principales de GPRS.

- Utiliza modulación GMSK (Modulación por Desplazamiento Gaussiano Mínimo).
- GPRS utiliza el mismo canal de radio de 200 KHz de GSM.
- Introduce conmutación de paquetes a GSM y TDMA/IS-136, utilizando esquemas de codificación necesarios para aumentar la velocidad de transmisión de datos.
- No requiere una conexión física extremo a extremo y brinda alta eficiencia espectral porque los recursos de red y ancho de banda son asignados dinámicamente, es decir,

se utilizan solamente cuando hay flujo efectivo de datos a pesar de tener una conexión continua.

- La conexión se realiza en el momento de utilización del canal y no se establece un canal dedicado para cada usuario.
- "always on" – siempre en línea. GPRS proporciona una casi instantánea y continua conexión a redes de datos, sin necesidad de marcación.
- Se crean nuevos esquemas de tarificación basados en la cantidad de datos transmitidos y no en el tiempo de conexión, generando rentabilidad para los usuarios.
- Soporta comunicaciones simultáneas de voz y datos en las MS.
- No hay almacenamiento y reenvío.
- Velocidades de bit en el rango de 14,4 Kbit/s (1 TS) a 115 Kbit/s (8 TS), superadas a las posibilidades del terminal móvil y la interferencia de la portadora.
- Obtiene la misma cobertura de las redes celulares actuales.
- GPRS soporta diferentes clases de QoS, permitiendo que los terminales actuales GSM o TDMA funcionen correctamente, pero se necesita un nuevo terminal para tener acceso a las características de GPRS.
- Eficiencia. En GPRS, menos usuarios activos implican que cada usuario tiene acceso a más ancho de banda, a medida que crece el número de usuarios activos, disminuye el ancho de banda asignado a cada usuario.

### 3.2.3 [Funcionamiento.](#)

- Arquitectura de la red. Para la realización de un servicio de datos por paquetes en la red celular GSM se pueden seguir dos inicializaciones diferentes:
  - a. Inicialización de sistema separado
  - b. Inicialización de sistema integrado



Los nodos GSN pueden verse como entidades en las que está localizada gran parte de las funciones necesarias para soportar el GPRS. En el GPRS PLMN (*Public Land Mobile Network*), generalmente hay más nodos GSN y la infraestructura que los conecta, denominada backbone network (ruta de enlace), permite el routing de los paquetes transmitidos por los usuarios de la red o dirigidos a éstos. En relación con la localización de la estación móvil genérica GPRS, se usan los HSN (*Home Support Node*) y el VSN (*Visited Support Node*). El HSN es el nodo de la backbone network al que llegan los paquetes dirigidos al móvil en base al valor de su dirección de la red; además, cuando el móvil es localizado en el área gestionada por otro nodo de la ruta de enlace, el HSN vuelve a mandar hacia ese nodo los paquetes destinados al móvil (ver figura 14). EL VSN es el nodo de la backbone network en cuya área se encuentra normalmente el móvil. El backbone network puede ser una red pública de datos de paquetes, lo que permite limitar los costos de realización, o bien una red de datos de paquetes dedicada y adhoc, por lo tanto, optimizada para el soporte del servicio. La primera solución determina, con respecto a la segunda, mayores retrasos de transmisión cuando los paquetes se intercambian entre usuarios de la GPRS PLMN y usuarios de otra red, mientras que la segunda presenta unos costos de realización más elevados. Al backbone network también están conectadas las entidades de inter-trabajo, que garantizan la interconexión de la GPRS PLMN a otras redes de datos como, por ejemplo, la red Internet, las redes PSPDN (*Public Switched Packet Data Network*), las redes privadas de paquetes y otras. Las principales funciones desempeñadas por estas entidades son: la conversión de los protocolos y el mapeo de las direcciones de red de las entidades envueltas en la comunicación de datos. Otra nueva entidad necesaria para el soporte del servicio es el GPRS register, que no tiene que verse necesariamente como una nueva entidad física, en cuanto que se puede

pensar en ampliar el conjunto de las funciones de los VLR/HLR de la red GSM. Las funciones llevadas a cabo por un GPRS register son esencialmente las de memorizar informaciones relativas al servicio GPRS; en particular cada GPRS register contiene:

- a. Información necesaria para el routing de los paquetes dirigidos a un móvil GPRS; por ejemplo, la dirección de red del móvil para un determinado protocolo de red y el tipo de protocolo de red a cuya dirección se refiere.
  - b. Información relativa al perfil de suscripción del abonado; por ejemplo, informaciones características de la calidad del servicio (QoS) solicitada por el usuario.
- Topología del servicio. El servicio GPRS pone a disposición de sus usuarios dos topologías de servicio diferentes:

- *Punto a Punto* (Point To Point, PTP)
- *Punto Multipunto* (Point To Multipoint, PTM)

Un servicio Point To Point es un servicio en el que el usuario envía uno o más paquetes a un único destinatario; en relación a las modalidades con las que la conexión punto-punto es gestionada se pueden localizar dos clases de servicios punto-punto:

- *Connection Less Point To Point services* (CLNS)
- *Connection Oriented Point To Point services* (CONS)

Un servicio PTP CLNS es un servicio en el que dos paquetes sucesivos son independientes entre ellos; por tanto, es como si cada uno de los paquetes formase parte de una comunicación en sí misma. Un servicio con esta característica se define

como un servicio de datagrama y puede ser útil para soportar aplicaciones bursty de tipo no interactivo. Un servicio PTP CONS es, por el contrario, un servicio en el que se establece una relación lógica entre la fuente y el destinatario de los paquetes, relación que permanece activa durante el tiempo total de la conexión; el servicio es, por lo tanto, un circuito virtual, es decir, en la fase de set-up de la conexión se establece un recorrido para el routing de los paquetes, con la diferencia de que, respecto a una conexión por conmutación del circuito, los recursos físicos se liberan en cuanto el paquete genérico se ha transmitido, manteniendo la conexión lógica. Los servicios PTM, al contrario que los servicios PTP, implican a más de un usuario destinatario y, como se verá sucesivamente, el envío de los paquetes se ejecuta en base geográfica. Obviamente el servicio portador PTM no puede implicar como usuarios destinatarios de paquetes a los usuarios de las redes interconectadas a la GPRS PLMN, sino sólo a usuarios de móviles. La tabla siguiente<sup>20</sup> resume las configuraciones posibles en base al punto de acceso (fijo/móvil) del destinatario de los paquetes.

<b>Remitente Destinatario</b>	<b>Servicio PTP</b>	<b>Servicio PTM</b>
<b>Fijo/Móvil</b>	Soportado	Soportado
<b>Móvil/Móvil</b>	Soportado	Soportado
<b>Móvil/Fijo</b>	no aplicable	no aplicable

Tabla 2.  
Configuraciones  
posibles en base al  
punto de acceso del  
destinatario de los  
paquetes

- Punto a Punto (Point To Point)
- Punto Multipunto (Point To Multipoint)

<sup>20</sup> GSMBOX S.A., 2004, <http://es.gsmbox.com/gprs/>

- Protocolo. El protocolo GPRS es un protocolo de capa tres, transparente para todas las entidades de red comprendidas entre el terminal móvil MT y el nodo GSN al que el móvil está, lógicamente, conectado; las entidades entre las que se establece una conexión a este nivel están, de hecho, localizadas en el terminal móvil MT y en el nodo GSN. Este protocolo soporta tanto el intercambio de informaciones de control como de paquetes PDP- PDU (Packet Data Protocol - Protocol Data Unit) entre el móvil y el nodo al que éste está conectado (los PDP- PDU son, de hecho, encapsulados en las tramas GPRS). El formato de una trama GPRS prevé los siguientes campos: Identificador del protocolo GPRS, identificador del protocolo de los PDU (identificador de PDP) y mensaje GPRS. El identificador del protocolo GPRS es una información numérica cuyo objetivo es el de distinguir los burst que contienen paquetes GPRS, de los burst que contienen informaciones GSM. El identificador del protocolo de las PDU encapsuladas en las tramas GPRS es necesario para direccionar éstos, en cuanto son desencapsulados, hacia el correcto SAP (Service Access Point); también esta información es de tipo numérico. Se tendrá, por tanto, un valor que define los paquetes X25, uno que define los paquetes IP (Internet Protocol), uno que define los paquetes CLNP (Connectionless Network Protocol) y así sucesivamente. Además, dicha información permite la interpretación del GPRS contenido en la trama GPRS; de hecho, como ya se anticipaba, las tramas GPRS son utilizadas tanto para el transporte de mensaje de control como para el transporte de paquetes de datos, por lo tanto, se hace necesario el uso de un indicador que permita distinguir a cuál de las dos categorías posibles pertenece el mensaje GPRS. Los mensajes GPRS de control son definidos por un valor preestablecido del identificador de PDP. Algunos de los posibles mensajes de control se enumeran a continuación:

- Petición de log-on (LOG - ON REQUEST).

- Respuesta a una petición de Log - on (LOG-ON RESPONSE).
- Activación del modo de transmisión cifrado (SET GPRS CIPHERING MODE).
- Petición de actualización de las informaciones de routing (ROUTING UPDATE REQUEST).
- Respuesta a una petición de actualización de las informaciones de routing (ROUTING UPDATE RESPONSE).
- Petición de actualización del indicador de routing area (área de encaminamiento) (GPRS RA UPDATE REQUEST).
- Respuesta a una petición de actualización del indicador de routing area (GPRS RA UPDATE RESPONSE)

El nodo GSN, antes de encaminar en el backbone network, los PDU de capa tres desencapsulador de las tramas GPRS recibidos a través del interfaz Gb, los encapsula (como SDU - Service Data Unit) en PDU del protocolo de red utilizado en el backbone network para el transporte de paquetes del usuario. Obviamente, realiza la operación inversa para los paquetes dirigidos al usuario móvil, ver siguiente figura<sup>21</sup>.

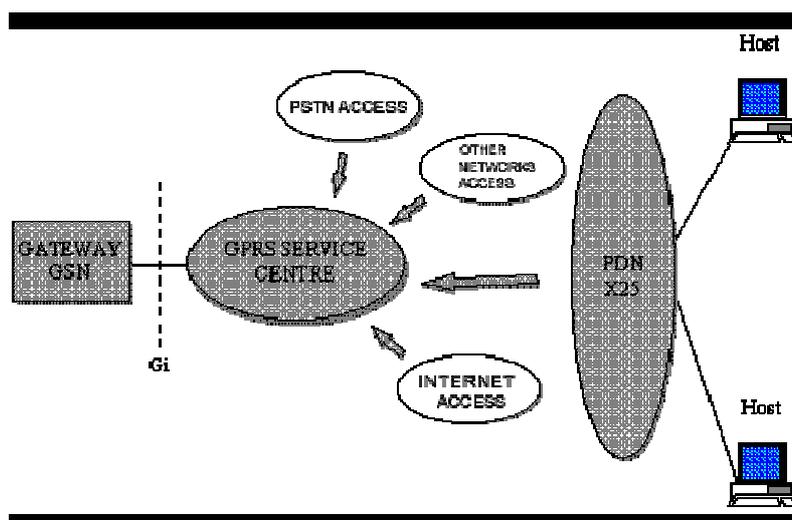


Figura 15. Arquitectura del protocolo para la transferencia de información entre terminal móvil TE y el nodo GSN

<sup>21</sup> GSMBOX S.A., 2004, <http://es.gsmbox.com/gprs/>

3.2.4 **Uso simultaneo de los servicios GSM y GPRS.** La introducción de un servicio de datos por conmutación de paquetes, como es el GPRS, no asegura a los usuarios GSM la posibilidad de disfrutar contemporáneamente de servicios por conmutación de circuito (voz, datos). Naturalmente el uso contemporáneo de dos servicios puede llevar a una degradación de las prestaciones, en términos de throughput, de la llamada GPRS. Con este propósito se definen tres clases de servicio:

- **Clase A:** las estaciones móviles de este tipo permiten al usuario utilizar tanto una conexión por conmutación de circuito como una por conmutación de paquetes con el máximo throughput posible.
- **Clase B:** las estaciones móviles de este tipo permiten un uso simultáneo de los servicios por conmutación de circuito y por conmutación de paquetes, con perjuicio de las prestaciones del servicio por conmutación de paquetes.
- **Clase C:** las estaciones móviles de este tipo no permiten el uso simultáneo de los servicios, por tanto, el usuario que está disfrutando de un servicio no puede utilizar también otro.

En la tabla siguiente<sup>22</sup> se indica lo que ocurre en la estación móvil cuando ésta recibe una llamada GPRS, mientras está ocupada con una llamada por conmutación de circuito en relación a la clase de servicio de la MS.

	<b>CLASE A</b>	<b>CLASE B</b>	<b>CLASE C</b>
<b>PTP-CONS</b>	aceptada	aceptada con perjuicio	Rechazada
<b>PTP-CLNS</b>	aceptada	aceptada con perjuicio	Rechazada
<b>PTM</b>	aceptada	aceptada con perjuicio	Rechazada

Tabla 3.  
Comportamiento del móvil cuando se recibe una llamada GPRS.

<sup>22</sup> GSMBOX S.A., 2004, <http://es.gsmbox.com/gprs/>

### **3.3 SERVICIO GENERAL DE RADIO COMUNICACIONES POR PAQUETES MEJORADO – EGPRS**

3.3.1 **Introducción.** Se puede introducir EDGE como una mejora del sistema de conmutación de paquetes para GPRS (General Packet Radio Service - Servicio general de radiocomunicaciones por paquetes), también conocido como GPRS mejorado o EGPRS.

EDGE es el próximo paso en la evolución de GSM. El objetivo de la nueva tecnología es aumentar las velocidades de transmisión de datos y la eficiencia del espectro y facilitar las nuevas aplicaciones y el aumento de capacidad para el uso móvil. Con la introducción de EDGE en GSM fase 2+, se mejorarán los servicios existentes tales como GPRS y HSCSD (High Speed Circuit Switched Data – Conmutación de Circuitos de Datos de Alta Velocidad), debido a la introducción de una nueva capa física.

Los servicios en sí mismos no serán modificados. EDGE será introducido dentro de las especificaciones y descripciones existentes, en lugar de crear otras nuevas. GPRS permite velocidades de datos de 115 kbps y teóricamente, hasta 160 kbps sobre la capa física. EGPRS es capaz de ofrecer velocidades de datos de 384 kbps y teóricamente, hasta 473,6 kbps. Lo que hace posible estas velocidades en EGPRS, son una nueva técnica de modulación, nuevos métodos de transmisión tolerante a errores combinados con mecanismos mejorados de adaptación de enlace. Esta es la clave para un aumento de la eficiencia espectral y mejoras en las aplicaciones, tales como acceso inalámbrico a Internet, e-mail y transferencias de archivos. GPRS/EGPRS será quien marcará el ritmo en la evolución global de la tecnología inalámbrica, en conjunción con WCDMA.

Las velocidades de transmisión más altas con los mismos recursos de radio mejoran las capacidades al permitir más tráfico para los servicios de conmutación de circuitos y de paquetes. El proceso de normalización hacia GERAN (GSM/EDGE Radio Access Network - Red de Acceso Radioeléctrico GSM/EDGE) está siendo llevado por 3GPP (Third Generation Partnership Project – Proyecto de Asociación para la Tercera Generación). GERAN ofrecerá los mismos servicios que WCDMA, mediante la conexión a la misma red central. Esto se realiza en paralelo con medios para aumentar la eficiencia espectral. El objetivo es impulsar la capacidad del sistema, tanto para los servicios en tiempo real como los de mejor esfuerzo y competir eficazmente con otras redes de acceso de radio de tercera generación tales como WCDMA y CDMA2000.

3.3.2 **Diferencias técnicas entre GPRS y EGPRS.** Pensado como un subsistema dentro de la norma GSM, GPRS ha introducido la conmutación de paquetes de datos dentro de las redes GSM. Para hacer esto posible, se han introducido nuevos protocolos y nodos. EDGE es un método para aumentar las velocidades de datos sobre el enlace de radio de GSM. Básicamente, EDGE sólo introduce una nueva técnica de modulación y una nueva codificación de canal que puede usarse indistintamente para transmitir servicios de voz y de datos por conmutación de paquetes y de circuitos. EDGE, por lo tanto, es un agregado a GPRS y no puede trabajar por separado. GPRS produce un mayor impacto sobre el sistema GSM que el que produce EDGE. Al agregar la nueva modulación y codificación a GPRS y al ajustar los protocolos del enlace de radio, EGPRS ofrece una mayor capacidad y velocidad, ver la siguiente figura<sup>23</sup>.

---

<sup>23</sup>ERICSSON, Documento de referencia, EDGE Introducción de altas velocidades de datos en redes GSM/GPRS, abril de 2002, [www.ericsson.com/products/white\\_papers\\_pdf/edge\\_wp\\_technical.pdf](http://www.ericsson.com/products/white_papers_pdf/edge_wp_technical.pdf)

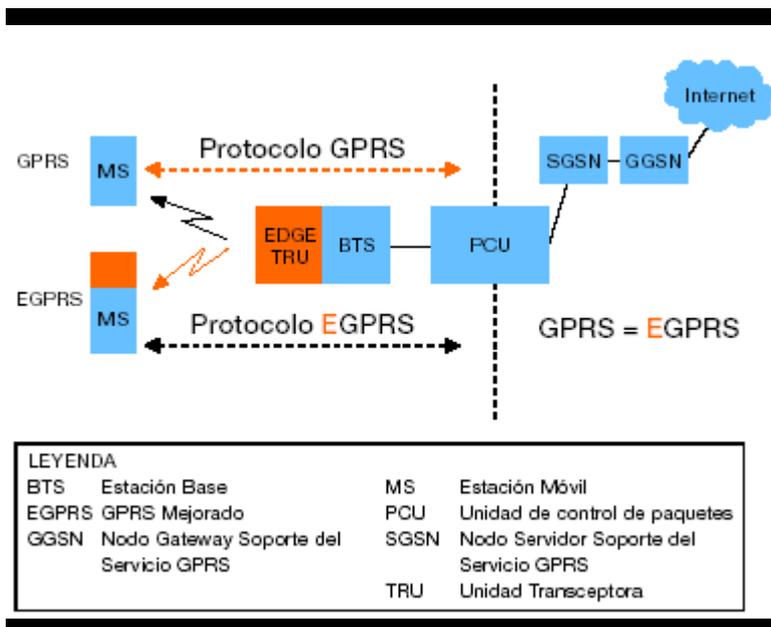


Figura 16. EGPRS introduce cambios en GPRS, solamente en la parte de la red correspondiente al sistema de estación base

GPRS y EGPRS tienen diferentes protocolos y diferentes funcionamientos en la parte correspondiente al sistema de estación base. Sin embargo, sobre la parte correspondiente a la red central, GPRS y EGPRS comparten los mismos protocolos de manejo de paquetes y por lo tanto, funcionan de la misma manera. La reutilización de la infraestructura del núcleo GPRS existente (Nodo Gateway Soporte del Servicio GPRS/ Nodo Servidor Soporte del Servicio GPRS) remarca el hecho que EGPRS es sólo un “agregado” a la estación base y por lo tanto es mucho más simple de introducir que el propio GPRS (Figura). Además de mejorar el rendimiento para cada usuario de datos, EDGE también aumenta la capacidad. Con EDGE, el mismo intervalo de tiempo puede soportar más usuarios. Esto disminuye el número de recursos de radio requeridos para soportar el mismo tráfico, liberando entonces la capacidad para más servicios de datos o de voz. EDGE facilita la coexistencia de tráfico de conmutación de circuitos y de paquetes y hace un uso más eficiente de los mismos recursos de radio. Por lo tanto, en redes con planificaciones muy ajustadas y con espectro limitado,

EDGE puede ser también visto como un elevador de la capacidad para el tráfico de datos.

- Tecnología EDGE. Al potenciar el conocimiento obtenido a través del uso de la norma GPRS existente, EDGE permite generar significativos avances técnicos.

	GPRS	EDGE
Modulación	GMSK	8-PSK/GMSK
Velocidad de símbolo	270 ksimb/s	270 ksimb/s
Velocidad de modulación de bit	270 kb/s	810 kb/s
Velocidad de datos de radio por intervalo de tiempo	22,8 kb/s	69,2 kb/s
Velocidad de datos de usuario por intervalo de tiempo	20 kb/s (CS4)	59,2 kb/s (MCS9)
Velocidad de datos de usuario (8 intervalos de tiempo)	160 kb/s	473,6 kb/s
	(182,4 kb/s)	(553,6 kb/s)

Tabla 4. GPRS y EDGE: Comparación de datos técnicos. (Leyenda: 8PSK, Modulación por Desplazamiento de 8 Fases; GMSK, Modulación por desplazamiento gaussiano mínimo; MCS, Esquema de Codificación de Modulación)

La Tabla<sup>24</sup> compara los datos técnicos básicos de GPRS y EDGE. A pesar que GPRS y EDGE comparten la misma velocidad de símbolo, tienen diferentes velocidades de modulación de bit. EDGE puede transmitir tres veces más bits que GPRS durante el mismo período de tiempo. Esta es la principal razón para las mayores velocidades de bits de EDGE. Las diferencias entre las velocidades de radio y de usuario son el resultado de considerar o no los encabezamientos de los paquetes. Esta forma diferente de calcular el rendimiento de bits de salida, a menudo causa malentendidos en la industria acerca de dichas cifras para GPRS y EGPRS. En EDGE, a menudo se menciona la velocidad de datos de 384 Kbps. La Unión Internacional de

<sup>24</sup>ERICSSON, Documento de referencia, EDGE Introducción de altas velocidades de datos en redes GSM/GPRS, abril de 2002, [www.ericsson.com/products/white\\_papers\\_pdf/edge\\_wp\\_technical.pdf](http://www.ericsson.com/products/white_papers_pdf/edge_wp_technical.pdf)

Telecomunicaciones (UIT) ha definido la velocidad de 384 Kbps como el límite de velocidad de datos requerido por un servicio que cumple con la norma IMT-2000 (International Mobile Telecommunications- 2000 – Telecomunicaciones Móviles Internacionales-2000) en un ambiente peatonal. Esta velocidad de datos de 384 kbps corresponde a 48 Kbps por intervalo de tiempo, asumiendo una terminal de 8 intervalos de tiempo.

- Técnica de modulación EDGE. El tipo de modulación usado en GSM es GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying – Modulación por Desplazamiento Gausiano Mínimo), que es un tipo de modulación de fase. Esto puede ser visualizado en un diagrama I/Q que muestra los componentes real (I) e imaginario (Q) de la señal transmitida (Figura 17<sup>25</sup>). La transmisión de un bit cero o uno se representa por el cambio de fase por incrementos de  $\pm \pi$ . Cada símbolo que se transmite representa un bit, es decir, cada cambio en la fase representa un bit.

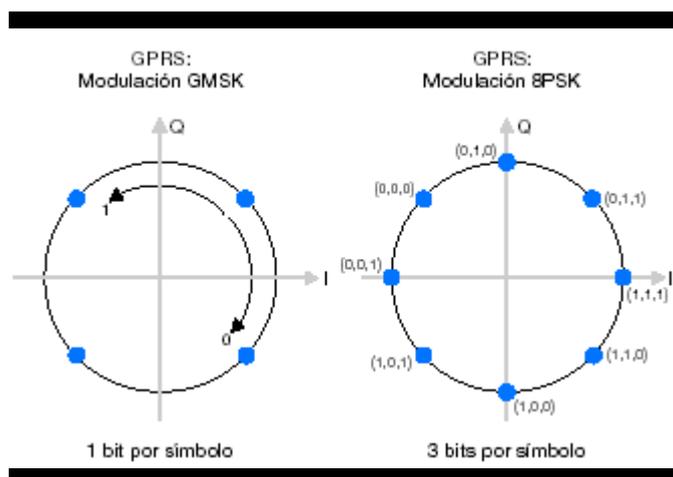


Figura 17. GPRS y EDGE: Comparación de datos técnicos. (Leyenda: 8PSK, Modulación por Desplazamiento de 8 Fases; GMSK, Modulación por desplazamiento gausiano mínimo; MCS, Esquema de Codificación de Modulación)

<sup>25</sup>ERICSSON, Documento de referencia, EDGE Introducción de altas velocidades de datos en redes GSM/GPRS, abril de 2002, [www.ericsson.com/products/white\\_papers\\_pdf/edge\\_wp\\_technical.pdf](http://www.ericsson.com/products/white_papers_pdf/edge_wp_technical.pdf)

Para alcanzar mayores velocidades de bit por intervalo de tiempo que las que están disponibles en GSM/GPRS, se requiere cambiar el método de modulación. Se ha especificado EDGE de manera de reutilizar la estructura, el ancho y la codificación del canal y los mecanismos y funcionalidades existentes en GPRS y HSCSD. La norma de modulación 8PSK, elegida por EDGE, cumple dichos requerimientos. La modulación 8PSK tiene las mismas características que GMSK, en términos de generación de interferencias sobre los canales adyacentes. Esto hace posible la integración de canales EDGE sobre un plan de frecuencias existente y asignar nuevos canales EDGE de la misma forma que si fueran canales GSM estándar. El método de modulación 8PSK es un método lineal en el cual tres bits consecutivos se relacionan con un símbolo en el plano I/Q. La velocidad de símbolo, o el número de símbolos enviados en un cierto período de tiempo, es la misma que para GMSK, pero cada símbolo representa tres bits en lugar de uno. Por lo tanto, la velocidad de datos total queda multiplicada por un factor de tres. Al usar la modulación 8PSK, la distancia entre los diferentes símbolos es menor que al usar GMSK. Estas menores distancias aumentan el riesgo de una interpretación errónea de los símbolos, porque para el receptor de radio es más difícil diferenciar entre los distintos símbolos recibidos. Bajo buenas condiciones de radio, esto no tiene mucha influencia. Bajo condiciones de radio pobres, sin embargo, adquiere más importancia. Por lo tanto, se usarán bits "extra" para agregar más codificación de corrección de errores y permitir la recuperación de la información correcta. GMSK es más eficiente sólo bajo ambientes de radio muy pobres. Por lo tanto, los esquemas de codificación EDGE son una mezcla de GMSK y 8PSK.

- Esquemas de codificación. Para GPRS, se han definido cuatro esquemas de codificación diferentes, designados CS1 hasta CS4. Cada uno de ellos tiene diferentes medidas de codificación de corrección de errores, que se han optimizado para distintos ambientes de radio.

Para EGPRS, se han introducido nueve esquemas de codificación de modulación, designados como MCS1 hasta MCS9. Estos esquemas cumplen las mismas funciones que los esquemas de codificación GPRS. Los cuatro esquemas de codificación EGPRS más bajos (MCS1 a MCS4) usan GMSK, mientras que los cinco esquemas superiores (MCS5 a MCS9) usan modulación 8PSK. La Figura muestra los esquemas de codificación GPRS y EGPRS, junto con sus caudales de salida máximos. Con CS4, el caudal de salida del usuario GPRS alcanza la saturación a un máximo de 20 Kbps, mientras que la velocidad de bit de EGPRS continua incrementándose a medida que mejora la calidad del enlace de radio, hasta que el caudal de salida alcanza la saturación a 59,2 Kbps.

Tanto los esquemas CS1 a CS4 en GPRS, como los MCS1 a MCS4 en EGPRS, usan modulación GMSK con rendimientos del caudal de salida ligeramente diferentes. Esto es debido a diferencias en el tamaño del encabezamiento (y de la carga útil) de los paquetes EGPRS. Esto permite re-segmentar los paquetes EGPRS. Un paquete enviado con un esquema de codificación más alto (menor corrección de errores) que no es recibido adecuadamente, puede ser retransmitido con un esquema de codificación más bajo (mayor corrección de errores), si las nuevas condiciones del ambiente de radio lo requieren. Esta re-segmentación (retransmisión con otro esquema de codificación), requiere cambios en los tamaños de la carga útil de los

bloques de radio, lo que explica porque EGPRS y GPRS no tienen el mismo rendimiento para los esquemas de codificación de la modulación GMSK. La resegmentación no es posible con GPRS, ver siguiente figura<sup>26</sup>.

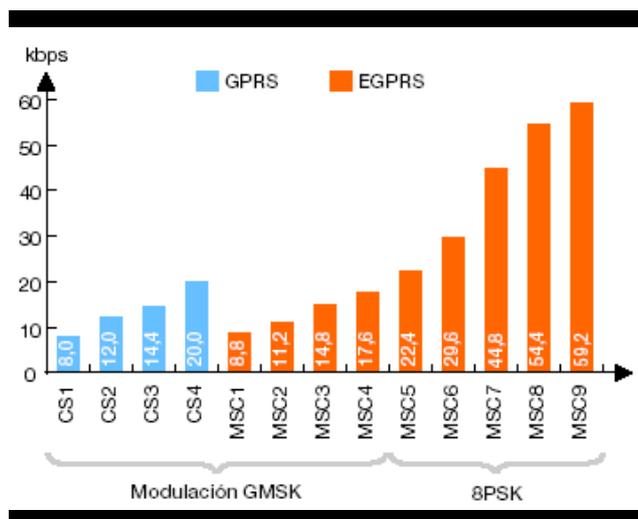


Figura 18. Esquemas de codificación para GPRS y EGPRS (velocidad de datos de usuario). (Leyenda: 8PSK, Modulación por Desplazamiento de 8 Fases; CS, Esquema de Codificación; EGPRS, GPRS Mejorado, GMSK, Modulación por Desplazamiento Gaussiano Mínimo; MCS, Esquema de Codificación de Modulación)

- Manejo de paquetes. Otra mejora es la habilidad para retransmitir con un esquema de codificación más robusto, un paquete que no ha sido decodificado correctamente. Para GPRS, la re-segmentación no es posible. Si los paquetes que han sido enviados, deben ser retransmitidos, esto se realizará usando el esquema de codificación original, aunque el ambiente de radio haya cambiado. Esto tendrá un impacto significativo en el caudal de salida, dado que el algoritmo decide el nivel de certidumbre con el que debe trabajar la Adaptación de Enlace.

<sup>26</sup>ERICSSON, Documento de referencia, EDGE Introducción de altas velocidades de datos en redes GSM/GPRS, abril de 2002, [www.ericsson.com/products/white\\_papers\\_pdf/edge\\_wp\\_technical.pdf](http://www.ericsson.com/products/white_papers_pdf/edge_wp_technical.pdf)

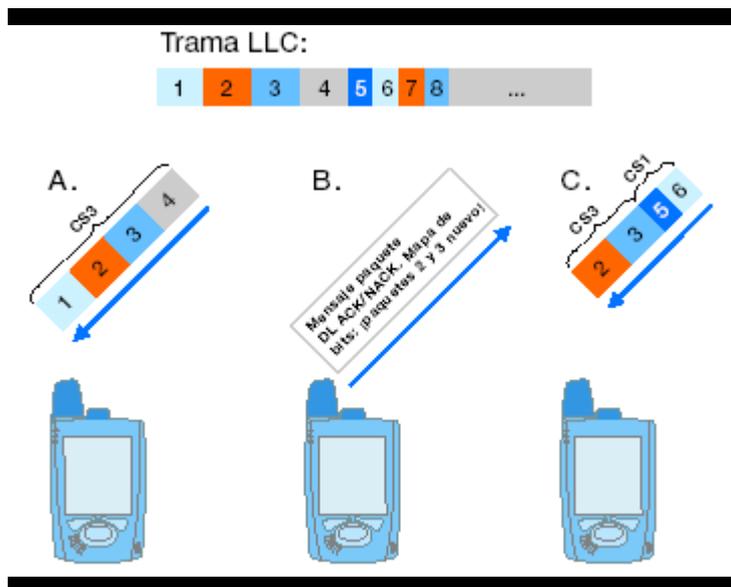


Figura 19. Transferencia y retransmisión de paquetes en GPRS. (Leyenda: ACK/NACK, Acuse de recibo/Acuse de recibo negativo; CS, Esquema de Codificación)

En la figura<sup>27</sup> anterior tenemos un ejemplo de transferencia y retransmisión de paquetes en GPRS.

**A.** La terminal GPRS recibe datos desde la red, sobre el enlace descendente. Debido a un informe de medición GPRS recibido anteriormente, el algoritmo de adaptación del enlace en el controlador de la estación base decide enviar los siguientes bloques de radio (por ejemplo, números 1 a 4) con CS3. Durante la transmisión de estos paquetes, la relación portadora a interferencia (C/I) decrece dramáticamente, cambiando el ambiente de radio. Luego que los paquetes han sido transmitidos, la red solicita un nuevo informe de medición, incluyendo el mapa de bits de Acuse de Recepción positivo y negativo, el cual informa a la red cuales bloques de radio fueron recibidos correctamente.

**B.** La terminal GPRS responde con un mensaje de Acuse de recepción positivo o negativo de los paquetes en el enlace descendente, conteniendo la información acerca

<sup>27</sup>ERICSSON, Documento de referencia, EDGE Introducción de altas velocidades de datos en redes GSM/GPRS, abril de 2002, [www.ericsson.com/products/white\\_papers\\_pdf/edge\\_wp\\_technical.pdf](http://www.ericsson.com/products/white_papers_pdf/edge_wp_technical.pdf)

de la calidad del enlace y el mapa de bits. En este escenario, se asume que los paquetes 2 y 3 fueron enviados erróneamente.

**C.** Basado en la nueva información de calidad del enlace, el algoritmo de adaptación del enlace GPRS adaptará el esquema de codificación al nuevo ambiente de radio usando CS1 para los nuevos paquetes 5 y 6. Sin embargo, dado que GPRS no puede re-segmentar los viejos paquetes, los paquetes 2 y 3 deben ser retransmitidos usando CS3, a pesar que hay un riesgo significativo que nuevamente esos paquetes no puedan ser decodificados correctamente. Como resultado, la adaptación del enlace para GPRS requiere una cuidadosa selección del esquema de codificación, para evitar todo lo posible las retransmisiones. Con EGPRS, es posible la re-segmentación. Los paquetes enviados con poca protección de errores, pueden ser retransmitidos con mayor protección de errores, si así lo requiere el nuevo ambiente de radio. Debido a que la resegmentación es posible, el ambiente de radio, que cambia muy rápidamente, tiene un efecto mucho menor sobre el aspecto de la elección incorrecta del esquema de codificación para la nueva secuencia de bloques de radio. Por lo tanto, cuando se eligen los esquemas de codificación de modulación, el algoritmo de control del enlace EGPRS puede ser muy agresivo.

- Ventana de direccionamiento. Antes de poder transmitir sobre la interface Um (radio) una secuencia de paquetes codificados de control del enlace de radio o de bloques de radio, el transmisor debe direccionar los paquetes con un número de identificación. Esta información se incluye en el encabezamiento de cada paquete. En GPRS, los paquetes son numerados desde 1 hasta 128. Después de la transmisión de una secuencia de paquetes (por ejemplo: 10 paquetes), el transmisor interroga al receptor para verificar la corrección de los paquetes recibidos, bajo la forma de un informe de

Acuse de Recepción positivo o negativo. Este informe indica al transmisor si algún paquete fue incorrectamente recibido y debe ser retransmitido. Dado que el número de paquetes está limitado a 128 y la ventana de direccionamiento es 64, el proceso de envío de paquetes puede quedarse sin direcciones luego de 64 paquetes. Si se debe retransmitir un paquete erróneamente decodificado, el nuevo paquete en la cola debería tener el mismo número anterior. Si esto sucede, el protocolo entre la terminal y la red se detiene y se deberán retransmitir todos los paquetes pertenecientes a la misma trama de la capa inferior. En EGPRS, los números de direccionamiento han sido incrementados hasta 2048 y la ventana ha sido incrementada hasta 1024, de manera de minimizar el riesgo de detención. Esto, a su vez, minimiza el riesgo de retransmisión de las tramas de capa inferior y previene la disminución del caudal de salida (Figura 20).

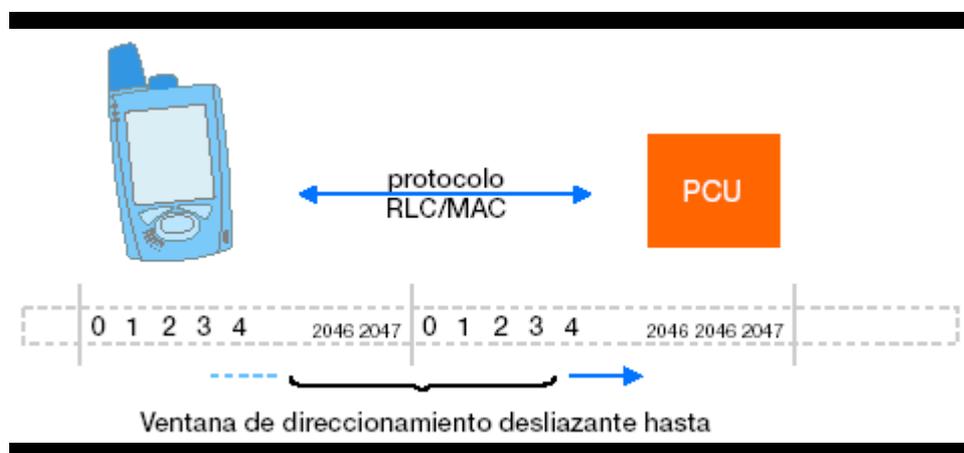


Figura 20. Detención del protocolo. Leyenda: MAC, Mobile allocation channel – Canal de Asignación Móvil; PCU, Packet control unit – Unidad de control de paquetes; RLC, Radio link control – Control del enlace radioeléctrico)<sup>28</sup>

<sup>28</sup>ERICSSON, Documento de referencia, EDGE Introducción de altas velocidades de datos en redes GSM/GPRS, abril de 2002, [www.ericsson.com/products/white\\_papers\\_pdf/edge\\_wp\\_technical.pdf](http://www.ericsson.com/products/white_papers_pdf/edge_wp_technical.pdf)

- Exactitud de la medición. Tal como en GSM, GPRS mide el ambiente de radio mediante el análisis del nivel de la portadora, la tasa de error de bit, etc. del canal radioeléctrico. La realización de estas mediciones requiere tiempo de la estación móvil, pero por otro lado, este aspecto no se considera en el mundo de la voz, dado que se usa siempre la misma codificación.

En un ambiente de conmutación de paquetes, el análisis rápido del enlace de radio es esencial, de manera de adaptar la codificación al nuevo ambiente. El procedimiento de análisis del canal que se usa en GPRS, hace difícil la selección del esquema de codificación correcto, dado que las mediciones de interferencia se realizan solamente durante las ráfagas libres. Debido a ello, las mediciones son realizadas solamente dos veces durante un período de 240 milisegundos.

En EGPRS, la norma no utiliza el mismo “lento” mecanismo de medición. Las mediciones se toman sobre cada ráfaga dentro del ecualizador de la terminal, obteniendo una estimación de la probabilidad de error de bit (BEP, bit error probability). Esta estimación del BEP en cada ráfaga, es un reflejo de los valores actualizados de la relación C/I, la dispersión de tiempo de la señal y la velocidad de la terminal.

La variación del valor del BEP sobre varias ráfagas proveerá información adicional en relación a la velocidad y al salto de frecuencia. Por lo tanto, se puede alcanzar una estimación muy exacta del BEP. Se calcula un valor medio de BEP para cada bloque de radio (cuatro ráfagas), así como la variación (desviación estándar de la estimación de BEP dividida por la BEP media) sobre las cuatro ráfagas. Estos resultados son

filtrados para todos los bloques de radio enviados dentro del período de medición. Esto produce mediciones muy exactas aún durante períodos de medición cortos. Sin embargo, estos cortos períodos de medición permiten una rápida reacción a los cambios en el ambiente radioeléctrico. En EGPRS, por lo tanto es posible alcanzar una mejor y más flexible adaptación del enlace.

- Entrelazado. Para aumentar el rendimiento de los esquemas de codificación más altos (MCS 7 hasta MCS9), aún en bajas relaciones C/I, se ha cambiado el procedimiento de entrelazado en la norma EGPRS.

Cuando se usa salto de frecuencia, el ambiente radioeléctrico está cambiando en cada ráfaga. Dado que el bloque de radio se entrelaza y transmite sobre cuatro ráfagas en GPRS, cada ráfaga puede experimentar un ambiente de interferencias completamente diferente. Si sólo una de las cuatro ráfagas no se recibe correctamente, el bloque entero de radio no será adecuadamente decodificado y deberá ser retransmitido. En el caso de CS4 en GPRS, prácticamente no se usa ninguna protección de errores.

Para combatir este problema con EGPRS, la norma maneja los esquemas de codificación superiores de forma diferente a GPRS. Los esquemas de codificación MCS7, MCS8 y MCS9 transmiten dos bloques de radio sobre las cuatro ráfagas y el entrelazado ocurre sobre dos ráfagas en lugar de cuatro. Esto reduce el número de ráfagas que deben ser retransmitidas en el caso que ocurran errores.

La probabilidad de recibir dos ráfagas consecutivas libres de errores es mayor que la de recibir cuatro ráfagas consecutivas libres de errores. Esto significa que en EDGE

los esquemas de codificación superiores tienen una mayor robustez respecto al salto de frecuencia, ver siguiente figura.

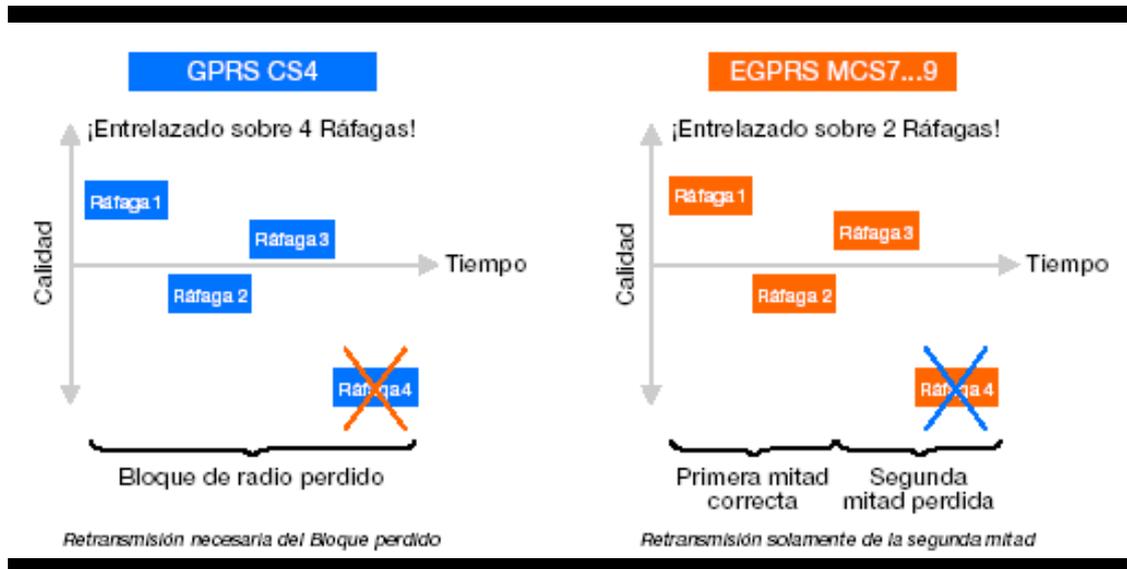


Figura 21. Entrelazado. (Leyenda: CS, esquema de código; EGPRS, GPRS mejorado; MCS, esquema de codificación de modulación<sup>29</sup>)

- Función de control de enlace EGPRS. Para alcanzar el caudal más elevado posible sobre el enlace de radio, EGPRS utiliza una combinación de dos funcionalidades: adaptación del enlace y redundancia incremental. Comparado con una solución pura de adaptación del enlace, esta combinación de mecanismos mejora significativamente el rendimiento.
- Adaptación del enlace. La adaptación del enlace utiliza la calidad del enlace radioeléctrico, medida sobre la estación móvil en el caso de una transferencia descendente o por la estación base en una transferencia ascendente, para seleccionar

<sup>29</sup>ERICSSON, Documento de referencia, EDGE Introducción de altas velocidades de datos en redes GSM/GPRS, abril de 2002, [www.ericsson.com/products/white\\_papers\\_pdf/edge\\_wp\\_technical.pdf](http://www.ericsson.com/products/white_papers_pdf/edge_wp_technical.pdf)

el esquema de codificación de modulación más apropiado para la transmisión de la siguiente secuencia de paquetes. Para una transferencia de paquetes ascendente, la red indica a la estación móvil que esquema de codificación utilizar para la transmisión de la siguiente secuencia de paquetes. El esquema de codificación de modulación puede ser cambiado en cada bloque de radio (cuatro ráfagas), pero se puede iniciar el cambio por nuevas estimaciones de calidad. Por lo tanto, la velocidad de adaptación práctica se decide por el intervalo de medición. Hay tres familias: A, B y C (Tabla 5). Dentro de cada familia, hay una relación entre los tamaños de la carga, lo que hace posible la re-segmentación para las retransmisiones.

Esquemas de codificación de canal	Caudal de salida por Intervalo de Tiempo	Familia	
MCS9	59,2	A	GMSK
MCS8	54,4	A	
MCS7	44,8	B	
MCS6	29,6	A	
MCS5	22,4	B	
MCS4	17,6	C	8PSK
MCS3	14,8	A	
MCS2	11,2	B	
MCS1	8,8	C	

Tabla 5. Esquemas de modulación y codificación. (Leyenda: 8PSK, Modulación por Desplazamiento de 8 Fases; GMSK, Modulación por Desplazamiento Gaussiano Mínimo; MCS, Esquema de Codificación de Modulación)<sup>30</sup>

<sup>30</sup>ERICSSON, Documento de referencia, EDGE Introducción de altas velocidades de datos en redes GSM/GPRS, abril de 2002, [www.ericsson.com/products/white\\_papers\\_pdf/edge\\_wp\\_technical.pdf](http://www.ericsson.com/products/white_papers_pdf/edge_wp_technical.pdf)

- Redundancia incremental. La redundancia incremental usa inicialmente un esquema de codificación, tal como MCS9, con muy baja protección de errores y sin considerar la calidad existente del enlace de radio, ver siguiente figura.

Utiliza el mismo MCS para la retransmisión

MCS9 se vuelve más robusto que MCS5 para velocidades de bit similares

Esquema	Modulación	Velocidad máxima (kbps)	P1	P1+P2	P1+P2+P3
MCS9	8PSK	59,2	1,0	0,5	0,33
MCS8	8PSK	54,4	0,92	0,46	0,31*
MCS7	8PSK	44,8	0,76	0,38	0,25*
MCS6	8PSK	29,6	0,49	0,24*	–
MCS5	8PSK	22,4	0,37	0,19*	–
MCS4	GMSK	17,6	1,0	0,5	0,33
MCS3	GMSK	14,8	0,85	0,42	0,28*
MCS2	GMSK	11,2	0,66	0,33	–
MCS1	GMSK	8,8	0,53	0,26*	–

Figura 22. Redundancia incremental. (Leyenda: 8PSK, Modulación por Desplazamiento de 8 Fases; GMSK, Modulación por Desplazamiento Gaussiano Mínimo; MCS, Esquema de Codificación de Modulación)<sup>31</sup>

Cuando se recibe incorrectamente la información, se transmite una codificación adicional que es combinada en software en el receptor con la información previamente recibida. Esta combinación en software aumenta la probabilidad de poder decodificar la información. Este procedimiento será repetido hasta que la información sea decodificada correctamente. Esto significa que la información acerca del enlace radioeléctrico no es necesaria para soportar la redundancia incremental. En la norma, resulta mandatorio para las estaciones móviles el soporte de la redundancia incremental.

<sup>31</sup>ERICSSON, Documento de referencia, EDGE Introducción de altas velocidades de datos en redes GSM/GPRS, abril de 2002, [www.ericsson.com/products/white\\_papers\\_pdf/edge\\_wp\\_technical.pdf](http://www.ericsson.com/products/white_papers_pdf/edge_wp_technical.pdf)

3.3.3 **Impacto de EGPRS sobre las redes existentes GSM/GPRS.** Debido a las diferencias menores entre GPRS y EGPRS, el impacto del EGPRS sobre las redes GSM/GPRS existentes se limita al sistema de la estación base. Dicha estación base está afectada por la nueva unidad transceptora que puede manejar la modulación EDGE así como el nuevo software que permite el nuevo protocolo de paquetes sobre la interface radioeléctrica en la estación base y en el controlador de la estación base.

La red central no requiere ninguna adaptación. Debido a esta simple actualización, se puede desplegar una red EDGE con inversiones limitadas y dentro de un corto período de tiempo.

#### 3.3.4 **Normalización.**

- Aspectos del servicio. La introducción de EGPRS permite velocidades de bit que son aproximadamente tres veces más altas que las velocidades de bit normales en GPRS. Dentro del ítem de trabajo EDGE, esto fue manejado simplemente reutilizando los perfiles de Calidad de Servicio (QoS) de GPRS y extendiendo el rango de parámetros para reflejar las velocidades de bit más altas, o en otras palabras, introduciendo mayores valores de caudal de salida.

- Arquitectura. EGPRS no ocasiona ningún impacto directo sobre la arquitectura (ver GSM 03.60). La unidad de control de paquetes puede ser instalada ya sea en la estación base, en el controlador de la estación base o en el nodo de soporte GPRS, mientras que la unidad de control central se instala siempre en la estación base. Sin embargo, debemos tener en cuenta que del lado de la red, la función de pedido de

repetición del control automático del enlace de radio está localizada en la unidad de control de paquetes. Por lo tanto, cualquier retardo introducido entre la PCU y la interface de radio afectará directamente los tiempos de ida y vuelta del Acuse de Recibo del control del enlace de radio. Esto, a su vez, resulta en un mayor riesgo de detención del protocolo de control del enlace de radio.

En EGPRS, para reducir este riesgo y permitir que el operador pueda optimizar el comportamiento de la red, se ha extendido el tamaño máximo de la ventana de pedido de repetición del control automático del enlace de radio.

- Protocolos del plano de usuario. En la Figura se muestra la estructura del protocolo del plano de transmisión para GPRS. Se muestra en sombreado los protocolos que son influidos por la introducción de EDGE.

Los más afectados por EDGE son los protocolos más cercanos a la capa física (control de enlace de radio y canal de asignación móvil) (ver GSM 04.60). Hay también algunas modificaciones menores en el protocolo GPRS del sistema de la estación base. Aparte de estos cambios, el resto de la pila de protocolo permanece intacto después de la introducción de EDGE, ver siguiente figura.

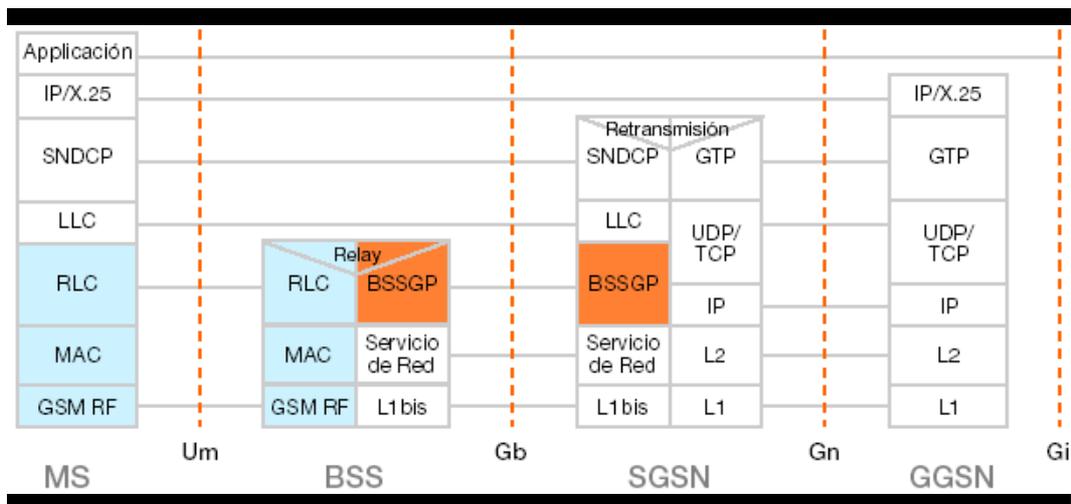


Figura 23. Arquitectura del protocolo del plano de transmisión. (Leyenda: BSS, Sistema de estación base; BSSGP, Protocolo GPRS BSS; GGSN Nodo Gateway Soporte del Servicio GPRS; GTP, Procesador general de telemetría; IP/X.25, Protocolo Internet o X.25; LLC, Capacidad de capa inferior; L1 y L2, memorias caches; MAC, Control de asignación móvil; MS, estación móvil; RF, Radiofrecuencia; RLC, Control del enlace de radio; SGSN, Nodo Servidor Soporte del Servicio GPRS; SNDCP, Protocolo de convergencia dependiente de subred; TCP, Protocolo de control de transmisión; UDP, Protocolo de datagrama de usuario)<sup>32</sup>

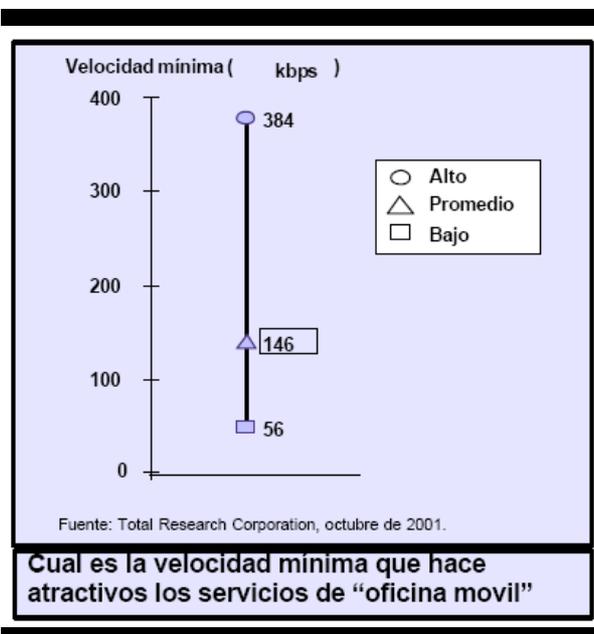
- Protocolos y canales del plano de control. La introducción de EGPRS tiene también impacto sobre estas capas del plano de control: gestión de la movilidad y gestión de los recursos de radio. No hay impacto sobre la gestión de la sesión. Las modificaciones de la gestión de la movilidad están relacionadas con la introducción de información sobre las capacidades de EGPRS en el elemento de información de las capacidades de acceso de radio de la estación móvil. Estas capacidades incluyen la clase de intervalo múltiple EGPRS, la capacidad de modulación EDGE y la clase de potencia 8PSK. En la capa de gestión de los recursos de radio, se introduce el soporte para establecer y mantener flujos de bloques temporarios EGPRS, en lugar de los flujos de bloques temporarios estándar en GPRS.

<sup>32</sup>ERICSSON, Documento de referencia, EDGE Introducción de altas velocidades de datos en redes GSM/GPRS, abril de 2002, [www.ericsson.com/products/white\\_papers\\_pdf/edge\\_wp\\_technical.pdf](http://www.ericsson.com/products/white_papers_pdf/edge_wp_technical.pdf)

### 3.4 SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES MOVILES UNIVERSALES – UMTS

3.4.1 **Introducción.** UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), es un sistema europeo de tercera generación UMTS basado en el Protocolo de Internet (IP) para comunicaciones móviles definido por ETSI en la banda de 2 GHz (existen otras iniciativas en Japón y en EEUU), estando en proceso de desarrollo dentro del marco definido por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) como IMT-2000 (internacional Mobile Telecommunication en 2 GHz). IMT-2000 definirá un grupo de estándares (cada uno aplicable en una región concreta del planeta), y permitirá la interoperabilidad indirecta entre ellos, mediante equipos de adaptación e interconexión de redes. El atractivo central de UMTS es el incremento en la capacidad tanto de voz como de datos, lo que permite servicios de datos mucho más veloces. Provee (en la versión Release '99) velocidades de datos 100% mayores que EDGE y una capacidad de voz 25% mayor que los sistemas GSM de ingeniería más agresiva, y la eficiencia espectral de UMTS para voz, probablemente se vea incrementada con futuras mejoras a sus prestaciones. *UMTS ofrece ventajas en la capacidad de voz principalmente a través de los beneficios que le confiere el poder promediar las interferencias, lo que es posible gracias a su tecnología de espectro expandido por división de código combinada con un control de potencia muy veloz y optimizado.* Otro beneficio fundamental es la capacidad de UMTS de dar soporte a velocidades de datos máximas teóricas tan elevadas como 2 Mbps, en la primera fase, en un entorno fijo. Esto supera ampliamente las velocidades de datos máximas teóricas que ofrecen tecnologías de datos alternativas como Servicio de Radio transmisión de Paquetes de Datos Generales (GPRS) con 115 Kbps, CDMA2000 1x con 153 Kbps, y Datos a

Mayor Velocidad para la Evolución GSM (EDGE) con 473 Kbps.<sup>33</sup> UMTS alcanza una mayor eficiencia espectral para el servicio de transmisión de datos a alta velocidad que EDGE o CDMA2000 1xRTT. El gran ancho de banda de UMTS, junto con sus singulares características técnicas, posibilita que UMTS provea un rendimiento extraordinariamente alto. La capacidad de dar soporte al servicio de datos a alta velocidad es importante para el usuario final. Un estudio realizado por Total Research Corporation indicó que los usuarios finales que están utilizando la red inalámbrica para crear una “oficina móvil” consideran que las velocidades de datos de la red inalámbrica deben ser aproximadamente tres veces mayor que las velocidades de *dial-up*. Si se parte de las velocidades de *dial-up* características (28.8–56 Kbps), esto significa que la red inalámbrica debe ser capaz de proveer velocidades que oscilen entre 100 Kbps y 170 Kbps. El cuadro de la figura<sup>34</sup> a continuación muestra los resultados de entrevistas con gerentes de Tecnología de la Información.



**Figura 24. Velocidades mínimas para que la “oficina móvil” resulte atractiva**

<sup>33</sup> “Capacidades de Datos para la Evolución de GSM a UMTS,” noviembre de 2002; Rysavy Research, [www.3gamericas.org/English/Technology\\_Center/WhitePapers/rysavresearch.cfm](http://www.3gamericas.org/English/Technology_Center/WhitePapers/rysavresearch.cfm)

<sup>34</sup> “UMTS movilizara el mundo de los datos”, Informe sobre el avance de UMTS, Pearson Chris Vicepresidente ejecutivo 3G Ameritas, [www.3gamericas.org/pdfs/umtspaper\\_march2003\\_span.pdf](http://www.3gamericas.org/pdfs/umtspaper_march2003_span.pdf)

Este cuadro indica que la velocidad mínima aceptable para servicios de datos inalámbricos a alta velocidad debe ser de 56 Kbps, mientras que la velocidad mínima promedio deseable debe oscilar entre 146-384 Kbps. Claramente, una tecnología como UMTS es capaz de alcanzar estas necesidades en cuanto a velocidad de datos. Por último, cabe señalar que ya se está trabajando en la normalización de evoluciones futuras. Acceso a Paquetes a Alta Velocidad en el Downlink (HSDPA) llevará a más del doble la eficiencia espectral de datos de UMTS e incrementará las velocidades máximas de datos a más de 14.2 Mbps.<sup>35</sup> Claramente, UMTS y su evolución ofrecen las capacidades técnicas adecuadas para las futuras exigencias de los servicios inalámbricos de voz y las nuevas aplicaciones de datos inalámbricos de alta velocidad. UMTS además comparte la misma red central IP (Internet Protocol) con otra tecnología 3G que está siendo adoptada por operadores GSM: la tecnología EDGE. Esto les permite a los operadores la flexibilidad de poder desplegar ambas tecnologías en un entorno complementario e interoperable y así satisfacer distintas exigencias del mercado dentro de sus áreas de licencia. Los dispositivos de modo dual EDGE-UMTS les brindarán a los consumidores acceso transparente a los servicios 3G, ya sea de EDGE o de UMTS, a lo largo de la red del operador. Por último, a juzgar por las licencias y/o compromisos de más de 100 operadores de todo el mundo, se prevé que UMTS se convertirá en la tecnología 3G más ampliamente adoptada en el mundo. El índice de adopción por parte de *carriers* inalámbricos se traduce en economías de escala y alcance suficiente para lograr eficiencia de costos, capacidad para roaming internacional, y una tecnología prioritaria para desarrolladores de software y aplicaciones, todo posibilitado por la apertura mundial y las plataformas normalizadas

---

<sup>35</sup> “Capacidades de datos para la evolución de GSM a UMTS,” noviembre de 2002; Rysavy Research, [www.3gamericas.org/English/Technology\\_Center/WhitePapers/rysavyresearch.cfm](http://www.3gamericas.org/English/Technology_Center/WhitePapers/rysavyresearch.cfm)

de esta tecnología. UMTS utiliza una combinación de tecnología CDMA (Acceso Múltiple por División de Código) y TDMA (Acceso Múltiple por División del Tiempo) para hacer un uso altamente eficiente del espectro.

El CDMA de Banda Ancha (WCDMA) es la tecnología de radio utilizada en UMTS. Es por eso que los términos "UMTS" y "WCDMA" suelen usarse en forma indistinta.

Existen dos tipos de sistemas UMTS: Acceso múltiple por división de código de banda amplia con dúplex de división de frecuencia (FDD/WCDMA) y Acceso múltiple por división de código de banda amplia con dúplex de división del tiempo (TDD/WCDMA). El FDD/WCDMA usa dos frecuencias, lo que permite la transmisión y recepción separadas en dos frecuencias diferentes. El TDD/WCDMA permite la transmisión en dúplex sobre la misma frecuencia asignando distintas ranuras de tiempo en una misma trama para transmisión y recepción. Los sistemas están diseñados para ser compatibles con otros sistemas celulares ya establecidos, lo que permite la transición gradual entre sistemas heredados como GSM y el sistema UMTS avanzado.

3.4.2 [Evolución de UMTS](#). Actualmente existen dos tendencias evolutivas sobre lo que debería ser el UMTS. Por un lado esta la defendida por operadores de servicios móviles y los fabricantes dominantes del mercado de los sistemas GSM (Ericsson, Nokia, Siemens) que se basa en la evolución hacia el UMTS como sistema móvil de banda ancha, desde las mejoras y adaptaciones necesarias del GSM, y por otro, la visión de operadores de la red fija que ven el UMTS como la primera oportunidad para alcanzar la convergencia total entre las redes fijas y móviles. En principio, se vislumbra que el GSM y sus evoluciones quedarán para usuarios de voz y de aplicaciones sencillas de datos, mientras que UMTS se orientará a usuarios de aplicaciones multimedia.

En la siguiente figura se presenta una visión de la arquitectura general del UMTS, basada en una red de transporte que integra la funcionalidad de IP "routing" con la conmutación ATM, donde las funciones de gestión de la movilidad de los terminales, personal y de los servicios entre diferentes redes y accesos reside en servidores especializados. Además, también se observa como la misma red de transporte proporciona servicios tanto a accesos móviles UMTS BSS (Base Station Subsystem) como accesos fijos.

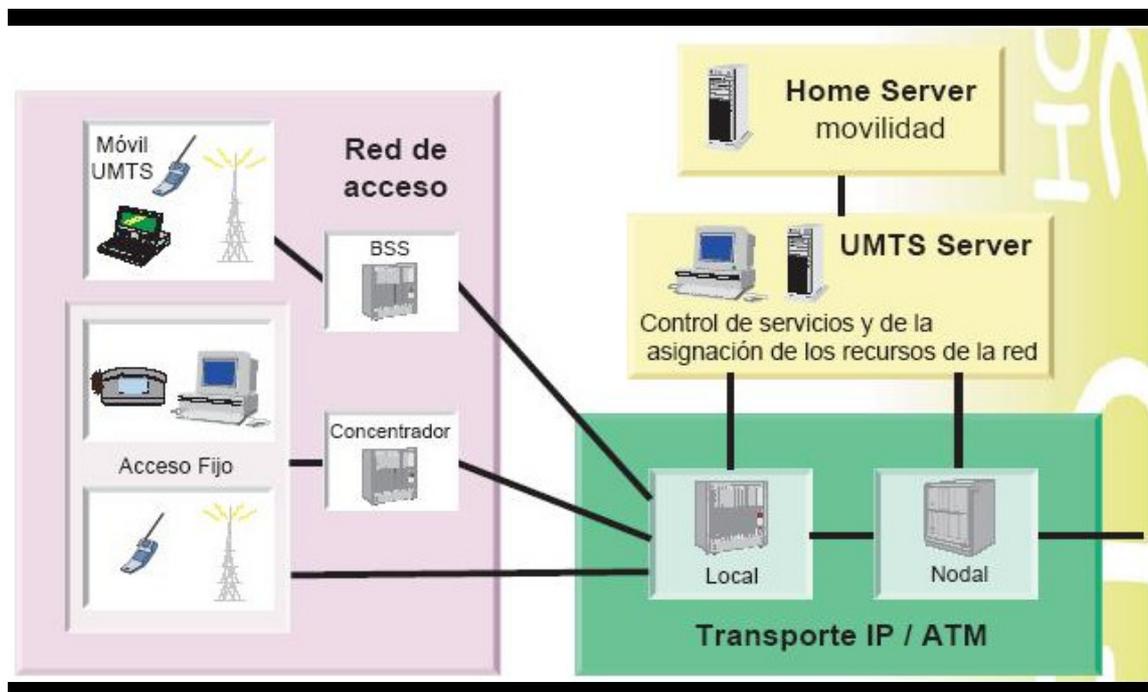


Figura 25. Arquitectura UMTS<sup>36</sup>

En la siguiente figura<sup>37</sup> se presenta de forma grafica sencilla la visión del UMTS como evolución tecnológica de la red fija e Internet. Es decir, que partiendo de las redes fijas de banda estrecha actuales se puede evolucionar hacia UMTS introduciendo las

<sup>36</sup> RED HORIZONTE [CD\_ROM] Edición 1ª, Telefónica de España, S.A.U, 2000.

<sup>37</sup> RED HORIZONTE [CD\_ROM] Edición 1ª, Telefónica de España, S.A.U, 2000.

tecnologías clave de la convergencia: inteligencia de red y entornos de proceso distribuido (DPE), protocolo Internet (IP), transporte y conmutación IP/ATM, accesos fijos y radioeléctricos de banda ancha.

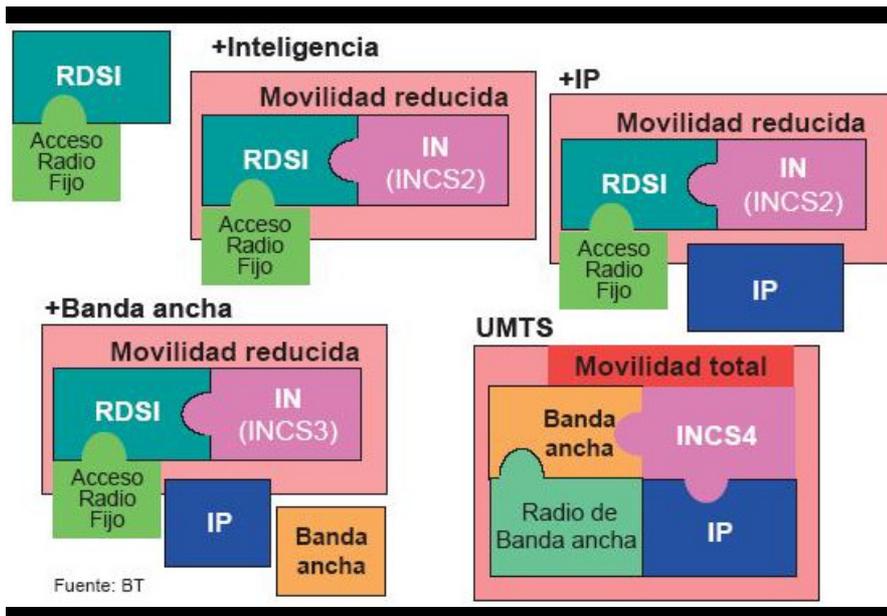


Figura 26. Visión del UMTS como escenario hacia la convergencia fijo – móvil y las tecnologías de la información

Esta visión contrasta con la de algunos operadores móviles basada en la conexión de los sistemas de acceso radio UMTS a las centrales de conmutación del GSM mejoradas, es decir que el UMTS sería un GSM evolucionado con accesos radio de banda ancha (Wideband CDMA y TDMA/CDMA híbrido). Esta opción tecnológica se denomina UMTS Fase 1 y se basará completamente en las especificaciones del ETSI SMG.

3.4.3 **Migración hacia UMTS.** Todas las redes inalámbricas de próxima generación, independientemente de la tecnología, tienen tres componentes principales:

- La infraestructura de radio, que incluye las celdas.
- La infraestructura central de paquetes, que maneja únicamente el tráfico de datos en paquetes. Este conjunto de componentes se agrega cuando el operador despliega GPRS.
- La infraestructura de circuito conmutado, que incluye los centros de conmutación móvil (MSC) y maneja el tráfico de voz por circuito conmutado.

UMTS hace uso de las inversiones previamente realizadas, en particular de la infraestructura de la red de datos en paquetes desplegada para GPRS. Según el fabricante de que se trate, la actualización puede ser tan sencilla como agregar software UMTS y tarjetas de canales a la infraestructura de radio GSM/GPRS/EDGE existente, que continúa atendiendo a los clientes utilizando esas tecnologías. Esta arquitectura modular reduce el costo de la actualización a UMTS, permitiendo de este modo que los operadores establezcan precios para sus servicios 3G mucho más competitivos de lo que serían si la actualización requiriera el reemplazo de importantes elementos de la infraestructura.

UMTS habilita la prestación de servicios que requieren de mucho ancho de banda, de modo que será necesario expandir la capacidad de la infraestructura central de paquetes a medida que los servicios ganen en popularidad y aumente la carga del tráfico. Con UMTS, la infraestructura de circuito conmutado continúa manejando sólo las llamadas de voz, lo que significa que no hacen falta cambios en esta área. Sin

embargo, la etapa final de la visión de UMTS es la Voz sobre Protocolo de Internet (VoIP), donde la voz y los datos viajan sobre la misma infraestructura de paquetes. Cuando un operador efectúa la transición hacia VoIP, deja de ser necesario contar con una infraestructura separada para la voz por circuito conmutado, con lo cual se reducen los costos fijos.

La migración hacia UMTS de un operador analógico o de TDMA comienza con el despliegue de una red GSM/GPRS en forma paralela a su red existente. Esto permite que el operador continúe obteniendo ingresos de los clientes con los que ya cuenta mientras incorpora nuevos clientes para GSM/GPRS.

En cada celda, se despliegan radios GSM/GPRS junto con las radios analógicas o TDMA ya existentes. Muchos proveedores venden infraestructura de radio GSM/GPRS que puede ser fácilmente reconfigurada para soportar múltiples combinaciones de GSM, GPRS, EDGE y/o WCDMA. En algunos casos, las radios nuevas y las anteriores pueden ser capaces de compartir las antenas, con lo cual se reduce el costo del despliegue. Al igual que en una red GSM que está siendo actualizada a GPRS, también se agrega una infraestructura central de paquetes.

El costo varía en forma significativa según factores tales como el tamaño, antigüedad y diseño de la red existente. Por ejemplo, si la infraestructura de radio con que cuenta el operador puede ser actualizada a UMTS, el costo es relativamente mínimo. En el caso de redes de una antigüedad de más de cinco años, es posible que la infraestructura de radio no sea actualizable, lo cual aumenta el costo de despliegue de UMTS. Si el operador necesita más espectro o una mayor densidad de celdas, el costo de desplegar UMTS será mayor.

UMTS permite que la infraestructura y el espectro manejen una mayor cantidad de llamadas de voz y sesiones de datos simultáneas. Es altamente eficiente porque el operador puede asignar cada tipo de tráfico al sistema más adecuado, incluyendo GSM, GPRS, EDGE y WCDMA.

Supongamos que hay varios usuarios en una red UMTS. Algunos la están usando para enviar y recibir mensajes de correo electrónico, otros para efectuar llamadas de video, otros están realizando llamadas de voz y otros están usando el FTP. Cada uno de estos distintos tipos de tráfico presenta diferentes necesidades. Una llamada de voz, por ejemplo, usa una cantidad de ancho de banda bastante constante, mientras que muchas aplicaciones de datos funcionan en ráfagas y necesitan mucho ancho de banda por un período breve.

UMTS le brinda al operador de GSM una forma elegante de permitir la convivencia de estos tipos de tráfico mediante una técnica denominada spreading (distribución), que consiste en que la red encoge y expande la capacidad de cada canal según el tipo de tráfico de que se trate. Por ejemplo, la red expandiría un canal para hacer lugar para una llamada de video derivando una llamada de voz a otro canal.

Este método hace un uso más eficiente de la infraestructura y del espectro disponible que otras tecnologías que dedican todo un canal sólo a los datos de alta velocidad. Así, no ocurre que UMTS tenga un canal de datos ocioso mientras que las llamadas de voz imploran por que se les asigne capacidad. Esto se traduce en que UMTS maneja casi tres veces más llamadas simultáneas que una red GSM básica.

Hay por lo menos tres razones por las cuales UMTS resulta un sistema ideal para los operadores del continente americano:

- Nuevos servicios. UMTS está diseñado para brindar servicios 3G que requieren de mucho ancho de banda y que no resultan prácticos o costo-efectivos en otras redes. Un análisis conjunto realizado por los miembros de 3G Americas, publicado por Rysavy Research en noviembre de 2002, demuestra que en comparación con otras tecnologías de próxima generación, UMTS es la más eficiente en el uso del espectro a velocidades de datos de más de 100 Kbps. La capacidad de ofrecer en forma costo-efectiva una variada gama de servicios innovadores que requieren de mucho ancho de banda les otorga a los operadores de GSM una ventaja competitiva. UMTS también les ofrece a los operadores la capacidad de competir con los sistemas de discado, DSL y cable por los usuarios de banda ancha.
- Flexibilidad. A diferencia de muchas autoridades regulatorias de Asia y Europa, las autoridades regulatorias de Canadá y Estados Unidos no exigen que los operadores obtengan licencias de espectro 3G antes de poder lanzar sus servicios 3G. UMTS funciona en las bandas existentes, incluida la de 1900 MHz. Su diseño también permite que los operadores realicen sus despliegues de 3G a su propio ritmo, pudiendo concentrarse primero en las grandes ciudades para luego expandirse hacia ciudades más pequeñas y zonas más alejadas, por ejemplo.
- Roaming Mundial. UMTS será especialmente atractivo para las empresas y empresarios norteamericanos que necesitan de un servicio 3G cuando viajan al extranjero. UMTS estará disponible en todos los continentes. En las áreas que no tengan cobertura UMTS, el teléfono o módem conmutará automáticamente a GPRS, que ya ha sido lanzado por más de 160 operadores en 70 países, o a EDGE, que está siendo desplegado por más de 50 operadores. De este modo, los clientes de UMTS tendrán siempre acceso a los datos en paquetes de alta velocidad.

3.4.4 **Ventajas y servicios.** Las ventajas de UMTS pueden dividirse en dos categorías principales: beneficios al usuario y beneficios al operador.

Los beneficios clave para el usuario incluyen:

- **Velocidad.** UMTS soporta velocidades pico de 2,4 Mbps cuando el usuario se encuentra en un lugar fijo y 384 Kbps cuando se encuentra en movimiento. La velocidad promedio es de 300 Kbps, que es lo suficientemente rápido como para soportar una amplia gama de servicios de datos avanzados, incluidos el streaming de audio y video de alta calidad, acceso rápido a Internet y descarga de grandes archivos. Por ejemplo, en GPRS un video clip MMS de 100 KB tarda 26,7 segundos en bajar, mientras que en una red UMTS con velocidad promedio de 128 Kbps tarda sólo 6,8 segundos (fuente: Nokia).
- **Una conexión "siempre activa".** Al igual que la banda ancha por cable y el DSL, UMTS ofrece una conexión permanente a Internet, de modo que los usuarios no tienen que conectarse cada vez que necesitan el acceso, y pueden recibir servicios de notificaciones, como alertas de los valores del mercado accionario.
- **Valor.** UMTS es un servicio basado en paquetes, lo que constituye una forma más eficiente de provisión de servicio por parte de los operadores. Esos ahorros pueden ser trasladados a los usuarios en forma de tarifas más bajas. El hecho de que se trate de tecnología en paquetes también significa que los usuarios sólo pagan por los datos que envían y reciben en lugar de pagar también por el tiempo de aire utilizado para establecer una conexión y esperar a que responda el servidor.
- **Compatibilidad.** UMTS es compatible con EDGE y GPRS, lo que permite que los usuarios salgan de un área con cobertura UMTS y sean conmutados automáticamente

a una red EDGE o GPRS, dependiendo de factores tales como disponibilidad de la red y cantidad de ancho de banda requerida para la aplicación de que se trate. De este modo, los usuarios de UMTS siempre tienen asegurado algún nivel de servicio de datos en paquetes ya sea que estén en su área original o de viaje. Decenas de los principales operadores de Europa, del continente americano y de otras regiones han construido, o se han comprometido a construir, redes UMTS, lo que asegura un rápido crecimiento de la cobertura UMTS en el continente americano y en otras regiones.

- Calidad de servicio. UMTS incluye sofisticados mecanismos de calidad de servicio, con lo cual se asegura que cada tipo de servicio de datos recibe exactamente la cantidad de espectro y recursos de infraestructura que necesita. Por ejemplo, a un servicio de streaming de video se le asignaría suficiente ancho de banda para que la imagen sea estable y de calidad.

Los beneficios clave para el operador incluyen:

- Facilidad de actualización. UMTS hace uso de las inversiones previamente realizadas, en particular de la infraestructura de la red de datos en paquetes desplegada para GPRS. Según el fabricante de que se trate, la actualización puede ser tan sencilla como agregar software UMTS y tarjetas de canales a la infraestructura de radio GSM/GPRS/EDGE existente, que continúa atendiendo a los clientes utilizando esas tecnologías. Esta arquitectura modular reduce el costo de la actualización a UMTS, permitiendo de este modo que los operadores establezcan precios para sus servicios 3G mucho más competitivos de lo que serían si la actualización requiriera el reemplazo de importantes elementos de la infraestructura.

- Eficiencia en el uso del espectro y flexibilidad. UMTS funciona en varias bandas del espectro nuevas y existentes, incluida la de 1900 MHz. Tal flexibilidad es especialmente importante para los operadores del continente americano, donde, a diferencia de Europa, las autoridades regulatorias de la mayoría de los países no requieren nuevas licencias para las bandas que son únicamente de 3G. UMTS también hace un uso altamente eficiente del espectro debido a la combinación de las tecnologías CDMA (Acceso Múltiple por División de Código) y TDMA (Acceso Múltiple por División del Tiempo). Por ejemplo, un único canal de radio de 5 MHz puede manejar más de 100 llamadas de voz WCDMA simultáneas y una cantidad aún mayor de sesiones simultáneas de datos. Un análisis conjunto realizado por los miembros de 3G Americas, publicado por Rysavy Research en noviembre de 2002, demuestra que en comparación con otras tecnologías de próxima generación, UMTS es la más eficiente en el uso del espectro a velocidades de datos de más de 100 Kbps.
- Compatibilidad. UMTS es compatible con EDGE y GPRS, lo que permite que los usuarios salgan de un área con cobertura UMTS y sean conmutados automáticamente a una red EDGE o GPRS, dependiendo de factores tales como disponibilidad de la red y cantidad de ancho de banda requerida para la aplicación de que se trate. Este diseño les otorga a los operadores la flexibilidad de lanzar UMTS en ciertas partes de su área de cobertura, como las grandes ciudades, antes de extenderse hacia otras áreas. Un operador también puede elegir tener desplegados GSM, GPRS, EDGE y UMTS en el mismo mercado. Este enfoque no constituye un derroche en redundancia, sino que le permite al operador rutear cada tipo de tráfico hacia la red que esté mejor equipada para manejarlo. Por ejemplo, un mensaje de texto que requiere poco ancho de banda podría enviarse por la red GPRS, con lo cual la red WCDMA quedaría

disponible para los servicios que requieren mucho ancho de banda, como el streaming de video.

- Volúmenes. Decenas de los principales operadores de los continentes más grandes han construido, o se han comprometido a construir, redes UMTS. El WCDMA se encuentra en servicio comercial en Japón desde 2001 y ahora se encuentra disponible en Europa. En el continente americano, AT&T Wireless se ha comprometido a lanzar el servicio comercial de UMTS en 2004. Tal tamaño de mercado se traduce en grandes volúmenes de infraestructura UMTS y dispositivos para el usuario. Si se tiene en cuenta que una regla de los negocios es que a mayores volúmenes, menores costos, esto da como resultado, en el caso de UMTS; una infraestructura de menor costo para los operadores y dispositivos para los usuarios con gran variedad de niveles de precio.

- Control de calidad. UMTS incluye avanzados mecanismos de calidad de servicio que les dan a los operadores un mayor control y que permiten asegurar que cada aplicación o usuario reciba la cantidad de ancho de banda que necesita. La calidad de servicio es un aspecto clave para un servicio que apunta a los usuarios de empresas; contribuye a la retención de clientes y reduce la necesidad de bajar las tarifas para atraer clientes que reemplacen a aquellos que cambiaron de operador. Los mecanismos de calidad de servicio de UMTS cubren todos los pasos del viaje de una aplicación de datos, desde el dispositivo, a la celda, a través de la red y en el gateway de entrada a Internet. Ninguna otra tecnología inalámbrica brinda semejante nivel de calidad de servicio.

- Diseño con miras al futuro. Los mecanismos de calidad de servicio de UMTS también pueden soportar Voz sobre Protocolo de Internet (VoIP), la etapa final de la

visión de UMTS, donde la voz y los datos viajan sobre la misma infraestructura de paquetes. Dicho diseño reduce la necesidad de contar con una infraestructura separada para la voz por circuito conmutado y los costos asociados. Mediante el uso del protocolo de inicio de sesión (SIP), que controla el flujo del tráfico, UMTS asegura que la voz no sufra demoras y brinda, de este modo, una experiencia de calidad telefónica.

La transmisión de imágenes con movimiento en tiempo real o en forma de video pre-grabado es inobjetablemente una de las funciones centrales de las infraestructuras 3G/UMTS. El streaming de video móvil será un componente indispensable de una amplia variedad de ofrecimientos de m-commerce (comercio móvil), entretenimiento e información. Las áreas de aplicación del streaming de video incluyen mensajería, presentaciones de productos en m-commerce, entretenimiento, horarios de cine con reproducción de fragmentos de las películas, monitoreo remoto, e informes meteorológicos, deportivos y de tránsito. Otras aplicaciones que se verán sumamente optimizadas por UMTS incluyen:

- Servicios de voz con distintas calidades seleccionables por el usuario.
- Mensajería multimedia (incluyendo servicios SMS y correo electrónico) y Groupware.
- Distribución de información multimedia.
- Telecontrol.
- Publicidad y comercio electrónico simple.
- Acceso masivo a bancos de datos.
- Datos multimedia y navegación por Internet.
- Fax y llamadas de emergencia
- Servicios basados en la ubicación
- Noticias y páginas de inicio personalizadas

- Mensajería multimedia
- Transmisión de imágenes de video con movimiento completo
- Compras multimedia
- Chat con animación
- Juegos
- Música
- Transmisión de gran cantidad de datos
- Video llamadas bidireccionales
- Multi-tasking (por ejemplo, navegar la Web durante una conversación de voz)

## 4 SITUACION ACTUAL DE LAS TECNOLOGIAS

### INALAMBRICAS

Entrando en la era 3G - ¡Evolución!

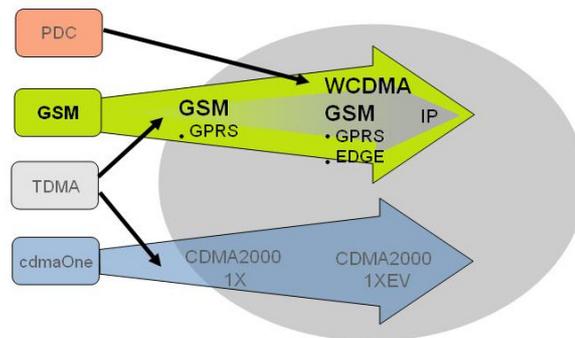


Figura 27. Evolución de las tecnologías inalámbricas<sup>38</sup>

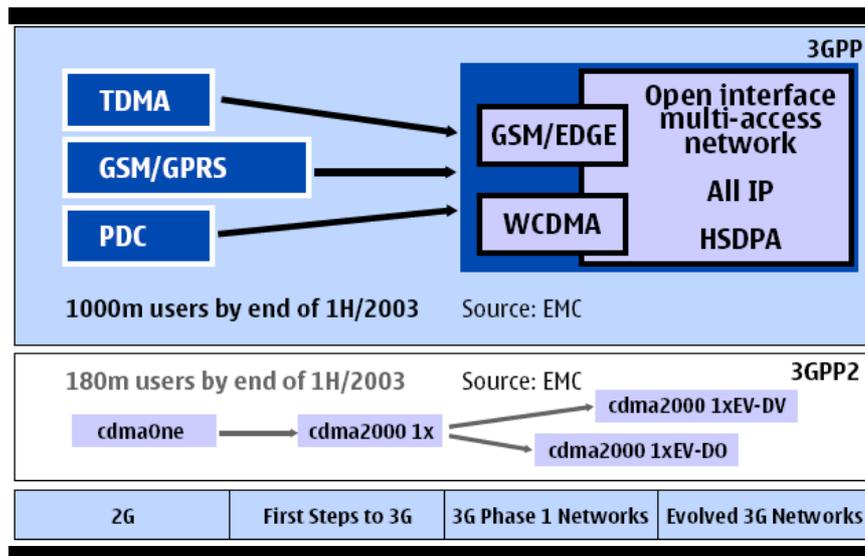


Figura 28. Evolución de las generaciones y tecnologías celulares<sup>39</sup>

El desarrollo de las técnicas de acceso múltiple al medio y de las arquitecturas de las tecnologías inalámbricas cada vez más nos conduce al camino de la tercera generación y a la evolución de las tecnologías celulares, como se muestra en las figuras 27 y 28.

<sup>38</sup> 3G Américas 2002, <http://www.3gamericas.org/English>

<sup>39</sup> 3G Américas 2002, <http://www.3gamericas.org/English>

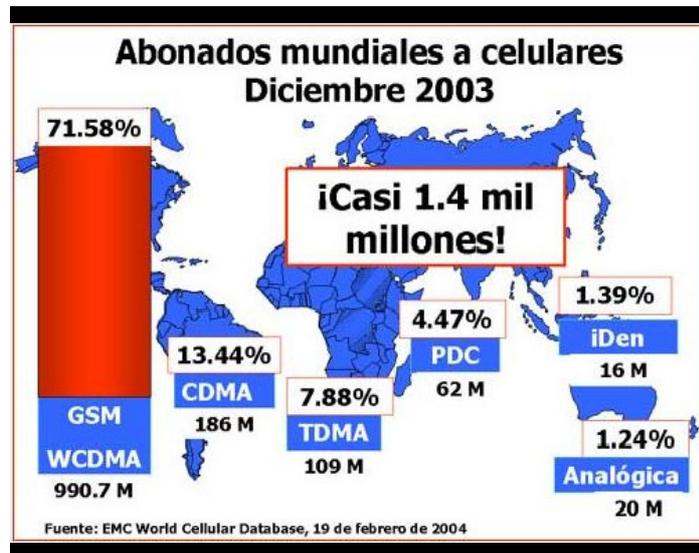


Figura 29. Abonados mundiales a celulares digitales por tecnología.<sup>40</sup>



Figura 30. Comparación entre las tecnologías más utilizadas.<sup>41</sup>

Entre los abonados mundiales a celulares digitales por tecnología, GSM Y WCDMA dominan (Diciembre 2003) sobre otras tecnologías y una comparación entre las dos más usadas GSM y CDMA nos permite visualizar que aun GSM permanece en primer lugar como se aprecia en las figuras 29 y 30.

<sup>40</sup> 3G Américas 2002, <http://www.3gamericas.org/English>

<sup>41</sup> 3G Américas 2002, <http://www.3gamericas.org/English>

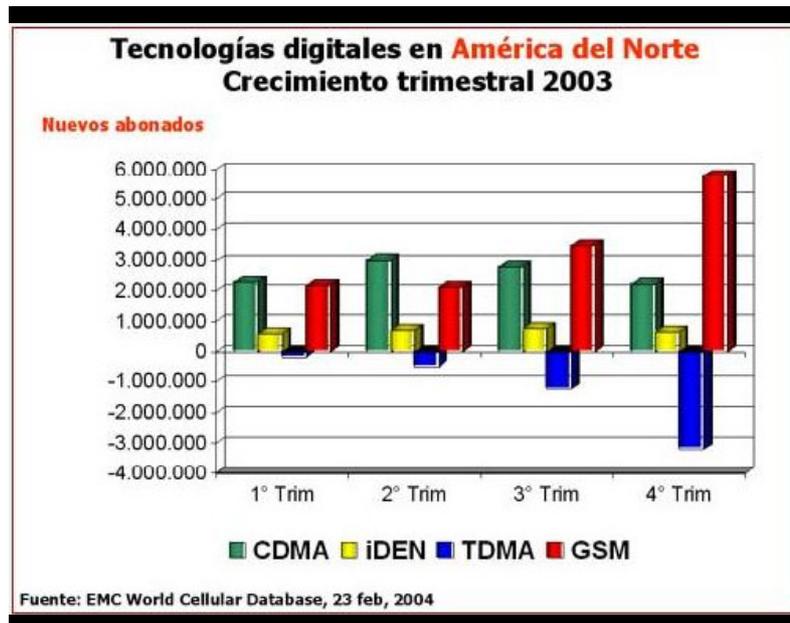


Figura 31. Situación tecnológica en América del Norte.<sup>42</sup>

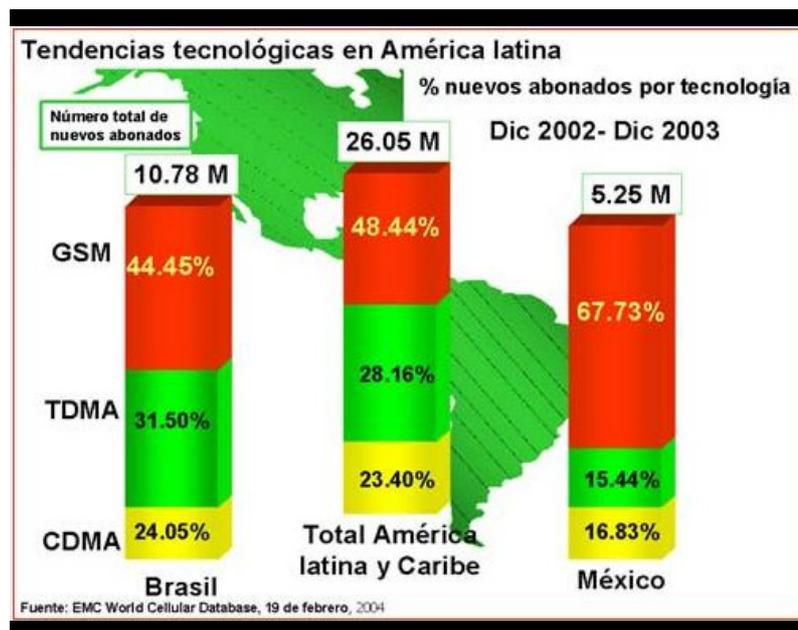


Figura 32. Situación tecnológica en América Latina<sup>43</sup>

En América del Norte y América Latina GSM domina, las figuras 31 y 32 muestran estadísticas que en el 2002 y 2003 TDMA le sigue los pasos a GSM.

<sup>42</sup> 3G Américas 2002, <http://www.3gamericas.org/English>

<sup>43</sup> 3G Américas 2002, <http://www.3gamericas.org/English>

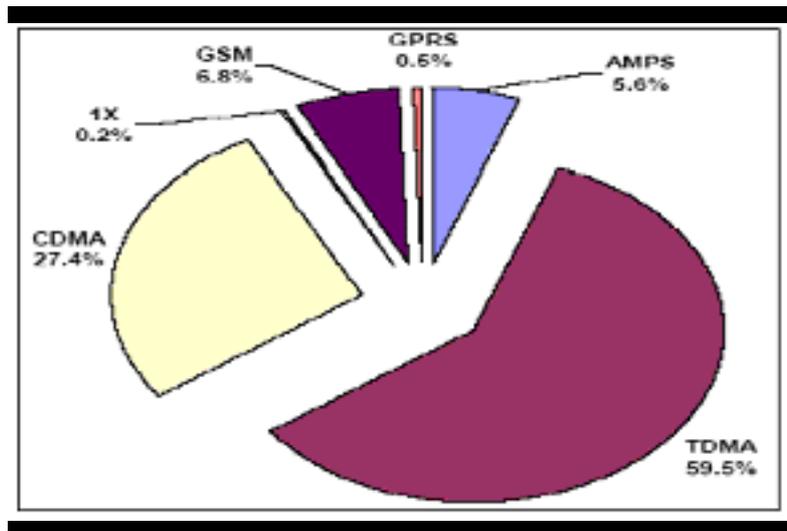


Figura 33. Participación de mercado de las tecnologías móviles en América Latina 2002<sup>44</sup>

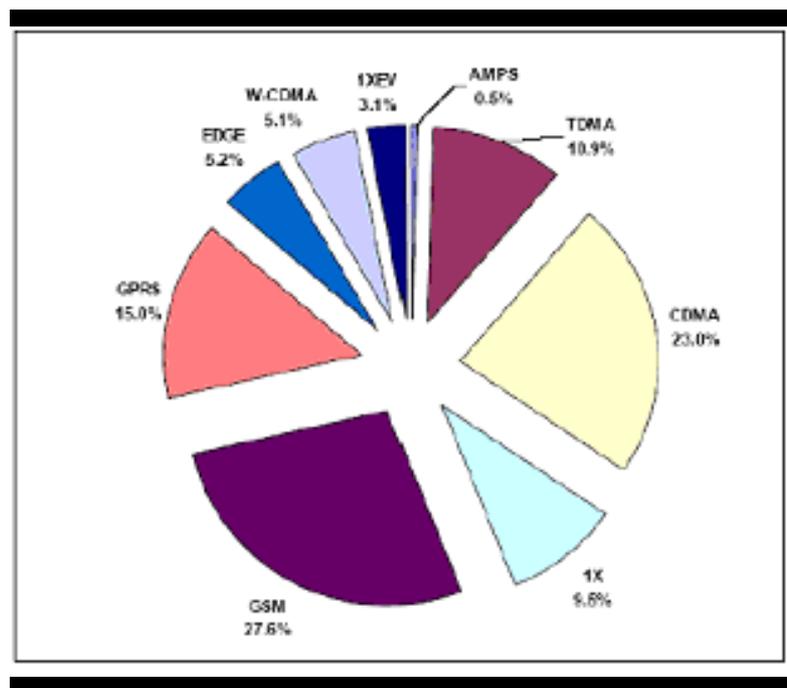


Figura 34. Participación de mercado de las tecnologías móviles en América Latina 2008<sup>45</sup>

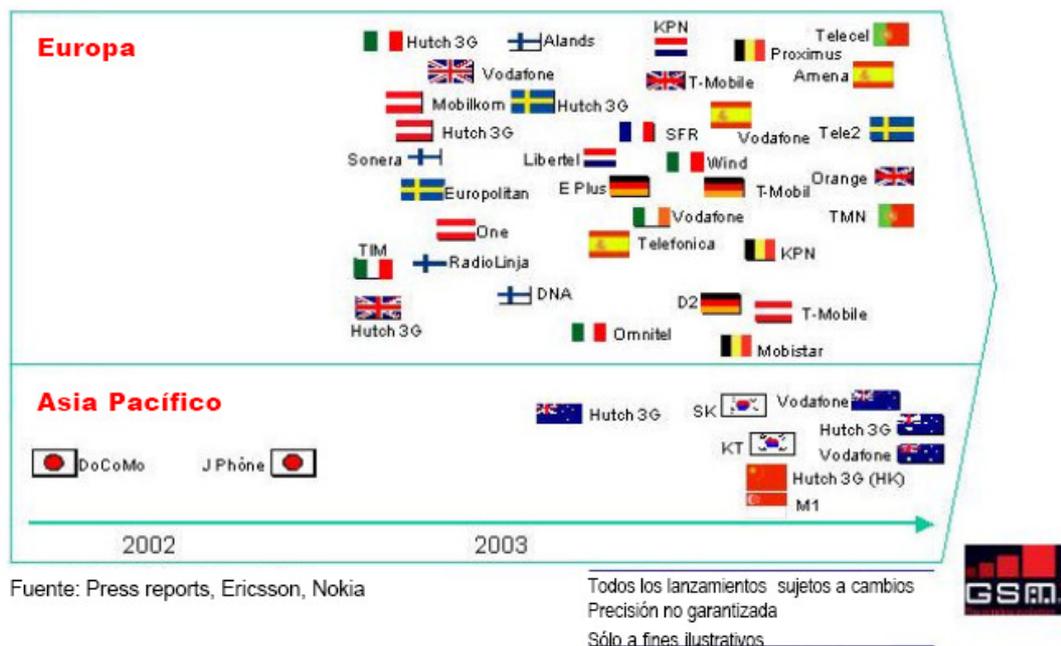
Otra fuente (figura 33) muestra que en 2002 y 2003 TDMA es la que domina, sin embargo a 2008 las tecnologías de banda ancha emergen (figura 34).

<sup>44</sup> Tendencias Inalámbricas en el continente Americano, La proliferación de GSM 850MHz y EDGE, Pearson Chris vicepresidente ejecutivo 3G Américas, Noviembre de 2003, [www.3gamericas.org/PDFs/EDGE-GSM850\\_Nov03\\_Spanish.pdf](http://www.3gamericas.org/PDFs/EDGE-GSM850_Nov03_Spanish.pdf)

<sup>45</sup> Descargado de la misma fuente, ubicada en la nota de pie de pagina 44.

Esperamos más de 30 despliegues comerciales de W-CDMA en los próximos 12 meses – Asociación GSM, febrero de 2003

### Lanzamientos comerciales Planificados



### Planes de lanzamientos comerciales – Listado de operadores

#### Operadores europeos:

- Alands
- Amena
- D2
- DNA
- E Plus
- Europolitan
- Hutch 3G
- KPN
- Libertel
- Mobilkom
- Mobistar
- Omnitel
- One
- Orange
- Proximus
- RadioLinja
- SFR
- Sonera
- T-Mobile
- Tele2
- Telecel
- Telefonica
- TIM
- TMN
- Vodafone
- Wind

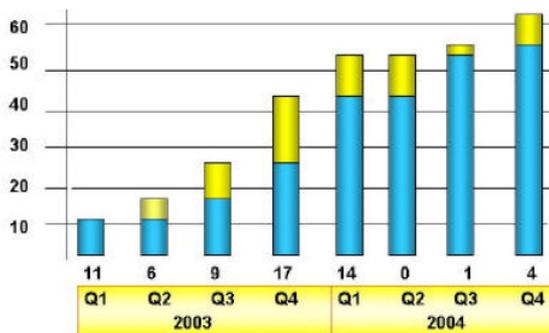
#### Operadores Pacífico asiático:

- DoCoMo
- Hutch 3G (HK)
- J-Phone
- KT
- M1
- SK
- Vodafone

Figura 35. Lanzamientos comerciales de WCDMA<sup>46</sup>

<sup>46</sup> “UMTS movilizará el mundo de los datos”, Informe sobre el avance de UMTS, Pearson Chris Vicepresidente ejecutivo 3G Ameritas, [www.3gamerica.org/pdfs/umtspaper\\_march2003\\_span.pdf](http://www.3gamerica.org/pdfs/umtspaper_march2003_span.pdf)

**Lanzamientos de UMTS proyectados – Europa Oriental**



Fuente: EMC World Cellular Database, septiembre de 2002

Figura 36. UMTS comenzará a desplegar sus ventajas en cifras significativas este año, puesto que 43 operadores lanzarán servicios UMTS comerciales en Europa.<sup>47</sup>

GSM se va desarrollando en búsqueda de WCDMA para heredar su puesto a UMTS que cada vez más domina y surgen lanzamientos en todo el mundo desplazando a CDMA como se aprecia en los cuadros 35 y 36.

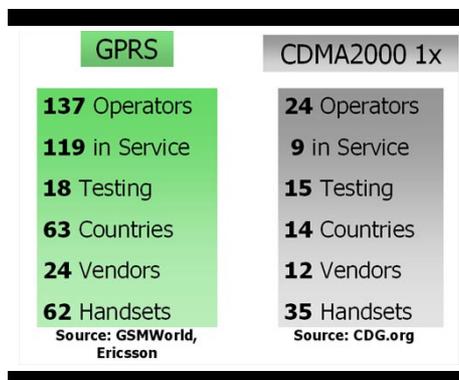


Figura 37. GPRS en el mundo<sup>48</sup>

CDMA a pesar de su evolución con CDMA2000, esta última también se encuentra alcanzada por GPRS y por supuesto por EGPRS como se ilustra en la figura 37.

<sup>47</sup> *Lanzamientos UMTS proyectados: Europa Occidental*; EMC. EMC llama “lanzamiento comercial” a la posibilidad del consumidor de adquirir un teléfono y servicios. Por ende, este pronóstico no considera a los ensayos experimentales “sencillos para el usuario” como lanzamientos.

<sup>48</sup> Especialización en sistemas de radiocomunicaciones, Modulo Sistemas Inalámbricos en comunicaciones de datos.

## 5. ASPECTOS LEGALES EN COLOMBIA RESPECTO A BANDA ANCHA

*Las siguientes leyes<sup>49</sup> son presentadas en forma resumida debido a su extensión, están disponibles en el medio óptico entregado con este trabajo.*

5.1 **RESOLUCION NUMERO 001833 1998.** Por la cual se atribuyen en el ámbito nacional unas bandas de frecuencias para redes inalámbricas privadas de banda ancha, baja potencia y corto alcance, se actualiza el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias y se dictan otras disposiciones.

**Artículo 1º.** Objeto. Actualizar el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias, atribuyendo a título primario en el ámbito nacional para el ejercicio de actividades de telecomunicación mediante redes inalámbricas privadas de banda ancha, baja potencia y corto alcance conocidas en el ámbito internacional como Hiperlan o U-NII, las siguientes bandas de frecuencias:

1. 5,15 - 5,25 GHz, compartida con los servicios de Radionavegación Aeronáutica y Fijo por Satélite (Tierra-espacio), atribuidos también a título primario.
2. 5,25 - 5,255 GHz, compartidas con el servicio de Radiolocalización atribuido también a título primario y con el servicio de Investigación espacial, atribuido a título secundario.
3. 5,255 - 5,3 GHz, compartida con el servicio de Radiolocalización atribuido también a título primario.
4. 5,725 - 5,825 GHz, compartida con el servicio de Radiolocalización atribuido también a título primario y con el servicio de Aficionados, atribuido a título secundario y

---

<sup>49</sup> Ministerio de comunicaciones de la republica de Colombia, [www.mincomunicaciones.gov.co](http://www.mincomunicaciones.gov.co)

los servicios que utilicen Sistemas de Espectro Ensanchado, atribuidos también a título secundario.

**Artículo 2o.** Condiciones de operación. Los rangos de frecuencias relacionados en el artículo 1º de esta resolución podrán ser utilizados para redes inalámbricas privadas de área local (LAN), con gran ancho de banda, baja potencia y corto alcance, dentro de los siguientes parámetros:

1. Banda de 5,15 a 5,25 GHz. Los equipos que operen dentro de esta banda de frecuencias no deberán superar una potencia máxima de salida del transmisor de 50 mW con una densidad espectral pico no superior a 2.5 mW/MHz. Si se utilizan antenas direccionales su ganancia no puede ser superior a 6 dBi, equivalente a una PIRE de 200 mW. Todas las emisiones comprendidas en el rango de 5,14 - 5,15 Ghz y 5,35 - 5,36 Ghz deberán ser atenuadas en un factor de por lo menos 27 dB, y por fuera de esas bandas en un factor de 37 db. Las antenas deberán estar incorporadas al equipo o utilizar un único sistema de acople. Estos sistemas sólo podrán operar en interiores o recintos cerrados.

2. Banda de 5,25 a 5,35 Ghz. Para esta banda, la potencia máxima de los equipos no podrá ser superior a 250 mW con una densidad espectral pico no superior a 12.5 mW/MHz. Si se utilizan antenas direccionales su ganancia no puede ser superior a 6 dBi, equivalente a una Pire de 1W. Todas las emisiones por fuera de este rango de frecuencias y hasta 10 Mhz por encima y por debajo del mismo deberán ser atenuadas en un factor de 34 dB y para frecuencias de 10 Mhz por encima o debajo del límite anterior deberán atenuarse en un factor de 44 dB. Las antenas deberán estar incorporadas al equipo o utilizar un único sistema de acople.

3. Banda de 5,725 a 5,825 Ghz. Para esta banda, la potencia máxima no podrá exceder de 1 W con una densidad espectral pico no superior a 50mW/MHz. Si se

utilizan antenas direccionales para la transmisión, su ganancia no deberá ser superior a 6 dBi, en cuyo caso se deberán reducir ambos factores en la cantidad de Db necesarios para que no se excedan los 6 dBi, equivalente a una PIRE de 4 W. Las emisiones por fuera del rango de frecuencias de la banda y hasta 10 Mhz por encima y por debajo de la misma, deberán ser atenuadas en un factor de 40 dB y para frecuencias de 10 Mhz por encima o debajo del límite anterior, deberán atenuarse en un factor de 50 dB.

**Artículo 4º.** Registro. Los interesados en instalar redes inalámbricas privadas de banda ancha, baja potencia y corto alcance dentro del territorio nacional, deberán cumplir con los requisitos del artículo 5º de la presente resolución, con el objeto de registrar los equipos que conformen el sistema a utilizar y para que el Ministerio de Comunicaciones autorice el uso de las frecuencias requeridas. El período de registro de este tipo de sistemas tendrá una validez de cinco (5) años. Cada cinco (5) años se deberá renovar el registro. El Ministerio de Comunicaciones dispondrá en forma permanente de una base de datos actualizada, para consulta pública de los registros de redes inalámbricas privadas de banda ancha.

**Artículo 5o.** Requisitos para el registro. Los interesados en instalar redes inalámbricas privadas de banda ancha, baja potencia y corto alcance dentro del territorio nacional, deberán presentar como mínimo los siguientes requisitos:

1. Nombre y domicilio del solicitante.
2. Normas con las cuales cumple el sistema.
3. Certificación expedida por la FCC, la ETSI o el equivalente del país de origen del respectivo sistema.
4. Catálogos que contengan las características técnicas de los equipos a utilizar.

5.2 **DECRETO NUMERO 1418 DE 1998.** Por el cual se atribuyen unas bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico, se reglamenta su uso para la prestación de servicios de telecomunicaciones que utilicen tecnologías de distribución multipunto de banda ancha y se dictan otras disposiciones.

**CAPITULO 1**

**Artículo 2º.** Definición. Las tecnologías de distribución multipunto de banda ancha, son tecnologías que permiten la telecomunicación entre puntos fijos determinados y que utilizan la radiocomunicación de banda ancha para la distribución, transmisión y recepción de señales con fines específicos de telecomunicación. Para su identificación y de manera general, las Tecnologías de Distribución Multipunto de Banda Ancha, son conocidas internacionalmente como: Local Multipoint Distribution Service LMDS y/o Local Multipoint Communications System LMCS.

**CAPITULO 6**

**Obligaciones económicas a cargo de los concesionarios**

**Artículo 30.** Canon por concepto de la concesión y los derechos derivados de ésta. Los concesionarios deberán pagar por los derechos por la concesión y los derechos derivados de ésta para el uso del espectro radioeléctrico asignado, el valor que resulte de aplicar la siguiente fórmula:

Valor a pagar por año =	$AB(\text{MHz}) \times 3\text{SMLMV}$
	(1MHz)

Tabla 6. Formula para pagos para el uso del espectro radioeléctrico asignado

AB (MHz) = ancho de banda asignado, expresado en MHz

SMLMV = Salarios mínimos legales mensuales vigentes, expresados en pesos colombianos.

5.3 **DECRETO NÚMERO 868 DE 1999.** Por el cual se atribuyen unas bandas de frecuencias para el establecimiento dentro del territorio nacional de redes radioeléctricas de distribución punto multipunto de banda ancha, se establecen los procedimientos para otorgar los títulos habilitantes y se dictan otras disposiciones.

**Artículo 1º.** Objeto. El presente decreto tiene por objeto:

1. Atribuir en el territorio nacional unas bandas de frecuencias para el establecimiento y operación de redes radioeléctricas de distribución punto multipunto de banda ancha con tecnología LMDS/LMCS para la prestación de servicios de telecomunicaciones.
2. Planificar el espectro radioeléctrico atribuido.
3. Aplicar los procedimientos y establecer los requisitos para el otorgamiento de permisos para el uso del espectro radioeléctrico atribuido.
4. Aplicar los procedimientos y establecer los requisitos para el otorgamiento de la autorización para la instalación, ampliación, renovación, ensanche o modificación de la red asociada al espectro radioeléctrico atribuido, y establecer las condiciones para el funcionamiento, la operación y la explotación de las mismas.
5. Establecer el otorgamiento de la concesión para la prestación del servicio portador en el ámbito territorial asociado al permiso para el uso del espectro radioeléctrico atribuido para el establecimiento y operación de redes radioeléctricas de distribución punto multipunto de banda ancha con tecnología LMDS/LMCS.
6. Establecer las condiciones económicas para la liquidación, cobro, recaudo y pago de las contraprestaciones a que haya lugar.

**Artículo 7º.** Atribución de bandas de frecuencias. Se atribuye en el territorio nacional y se ordena su inscripción en el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias, la banda de 25,350 GHz a 28,350 GHz, para el establecimiento de redes radioeléctricas de distribución punto multipunto de banda ancha con tecnología LDMS/LMCS.

**Artículo 8º.** Planificación del espectro radioeléctrico atribuido. El espectro radioeléctrico atribuido en el artículo anterior se planifica para su uso dentro del territorio nacional dividiéndolo en 24 canales de la siguiente manera:

Canal	Límite inferior (GHz)	Límite superior (GHz)	Ancho de banda (MHz)
1	25,350	25,475	125
2	25,475	25,600	125
3	25,600	25,725	125
4	25,725	25,850	125
5	25,850	25,975	125
6	25,975	26,100	125
7	26,100	26,225	125
8	26,225	26,350	125
9	26,350	26,475	125
10	26,475	26,600	125
11	26,600	26,725	125
12	26,725	26,850	125
13	26,850	26,975	125
14	26,975	27,100	125
15	27,100	27,225	125
16	27,225	27,350	125
17	27,350	27,475	125
18	27,475	27,600	125
19	27,600	27,725	125
20	27,725	27,850	125
21	27,850	27,975	125
22	27,975	28,100	125
23	28,100	28,225	125
24	28,225	28,350	

Tabla 7. Distribución para el establecimiento de redes radioeléctricas de distribución punto multipunto de banda ancha

**Artículo 18.** Características esenciales de la red. Se consideran características esenciales de la red de distribución punto multipunto LMDS/LMCS, las siguientes:

1. Canales radioeléctricos asignados.
2. Ámbito del permiso para usar los canales radioeléctricos asignados. En el caso del ámbito local, se debe especificar el (los) municipio(s) y/o distrito(s) para el(los) cual(es) se otorga(n) el(los) permiso(s). Estas características no podrán modificarse sin previa autorización del Ministerio de Comunicaciones.

5.4 [RESOLUCION NUMERO 000689 DE 2004](#). Por la cual se atribuyen unas bandas de frecuencias para su libre utilización dentro del territorio nacional, mediante sistemas de acceso inalámbrico y redes inalámbricas de área local, que utilicen tecnologías de espectro ensanchado y modulación digital, de banda ancha y baja potencia, y se dictan otras disposiciones.

Artículo 1º. Objeto. La presente resolución tiene por objeto atribuir unas bandas de frecuencias radioeléctricas para su libre utilización dentro del territorio nacional, mediante sistemas de acceso inalámbrico y redes inalámbricas de área local, que utilicen tecnologías de espectro ensanchado y modulación digital, de banda ancha y baja potencia, en las condiciones establecidas por esta resolución.

Artículo 2º. Definiciones. Para los efectos de la presente resolución, se adoptan las definiciones que en materia de telecomunicaciones ha expedido la Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT, a través de sus Organismos Reguladores, y las definiciones que se establecen a continuación: Aplicaciones Industriales, Científicas y Médicas (ICM). Utilización de equipos destinados a producir y utilizar en un espacio

reducido, energía radioeléctrica con fines industriales, científicos y médicos, domésticos o similares, con exclusión de todas las aplicaciones de telecomunicación.

Artículo 5º. Bandas de frecuencias. Se atribuyen dentro del territorio nacional, a título secundario, para operación sobre una base de no-interferencia y no protección de interferencia, los siguientes rangos de frecuencias radioeléctricas, para su libre utilización por sistemas de acceso inalámbrico y redes inalámbricas de área local, que empleen tecnologías de espectro ensanchado y modulación digital, de banda ancha y baja potencia, en las condiciones establecidas por esta resolución.

- |                                |                                  |
|--------------------------------|----------------------------------|
| a) Banda de 902 a 928 MHz;     | b) Banda de 2 400 a 2 483,5 MHz; |
| c) Banda de 5 150 a 5 250 MHz; | d) Banda de 5 250 a 5 350 MHz;   |
| e) Banda de 5 470 a 5 725 MHz; | f) Banda de 5 725 a 5 850 MHz.   |

## 6. ACRONIMOS Y DEFINICIONES

**3GPP:** Third-Generation Partnership Program – Proyecto de Asociación para la Tercera Generación.

**8PSK 8:** Phase Shift Keying – Modulación por Desplazamiento de 8 Fases.

**ATM:** Asynchronous Transfer Mode – Modo de Transferencia Asíncrono.

**BEP:** Bit Error Probability – Probabilidad de Error de Bit.

**BSS:** Base Station Subsystem – Subsistema de Estación Base.

**CDMA:** Code División Multiple Access – Acceso Multiple por División de Código.

**CLNP:** Connectionless Network Protocol – Protocolo de Red sin Conexión.

**CLNS:** Connection Less Point to Point Services – Servicio Punto a Punto sin Conexión.

**CONS:** Connection Oriented Point To Point Services – Servicio Punto a Punto Orientado a Conexión.

**C/I:** Carrier-to-Interference ratio – Relación Portadora a Interferencia.

**DPE:** Surroundings of Distributed Process - Entornos de proceso distribuido

**ECSD:** Enhanced Circuit-Switched Data – Conmutación de Circuitos de Datos mejorada.

**EDGE:** Enhanced Data for Global Evolution – Velocidades de Datos Mejoradas para la Evolución Global.

**EGPRS:** Enhanced GPRS – GPRS Mejorado.

**ETSI:** European Telecommunications Standards Institute (3GPP) – Instituto Europeo de Normalización de las Telecomunicaciones.

**FDMA:** Frequency Division Multiple Access – Multiple Acceso por División de Frecuencia.

**GERAN:** GSM/EDGE Radio Access Network – Red de Acceso Radioeléctrico GSM/EDGE.

**GMSK:** Gaussian Minimum Shift Keying – Modulación por Desplazamiento Gausiano Mínimo.

**GPRS:** General Packet Radio Services – Servicio General de Radiocomunicaciones por Paquetes.

**GSM:** Global System for Mobile communications – Sistema Global para comunicaciones Móviles.

**GSN:** Gateway Support Node – Nodo de Soporte de Puerta de Enlace.

**HDML:** Handheld Markup Language – Lenguaje de Programación Portátil.

**HDTP:** Handheld Device Transport Protocol – Protocolo de Transporte de Dispositivos Portátiles.

**HSCSD:** High Speed Circuit Switched Data – Conmutación de Circuitos de Datos de Alta Velocidad.

**HSDPA:** High Speed Data Packet Access - Acceso a Paquetes a Alta Velocidad.

**HSN:** Home Support Node – Nodo de Soporte de la Base.

**HTML:** Hypertext Markup Language – Lenguaje de Programación de Hipertexto.

**HTTP:** HyperText Transfer Protocol – Protocolo de Transferencia de Hipertexto.

**IMT-2000:** Standard for 3G – Telecomunicaciones Móviles Internacionales-2000Hz.

**ITU:** International Telecommunications Union – Unión Internacional de Telecomunicaciones.

**Iu:** WCDMA interface between UTRAN and CN – Interface WCDMA entre UTRAN y CN.

**LA:** Link Adaptation – Adaptación de Enlace.

**LAN:** Local Area Network – Red de Area Local.

**LMDS:** Local Multipoint Distribution System – Sistema de Distribución Multipunto Local

**MCS:** Modulation Coding Scheme – Esquema de Codificación de Modulación.

**MMDS:** Multichannel Multipoint Distribution System – Sistema de Distribución Multipunto Multicanal.

**MSC:** Mobile Switching Center – Centro de Conmutación Móvil.

**PCU:** Packet Control Unit – Unidad de control de paquetes.

**PDN:** Public Data Network – Red Publica de Datos

**PDU:** Protocol Data Unit – Unidad de Datos de Protocolo.

**PLMN:** Public Land Mobile Network – Red Publica Móvil en tierra

**PSPDN:** Public Switched Packet Data Network – Red Publica Conmutada por Paquetes de Datos.

**PSTN:** Public Switched Telephone Network – Red Telefónica Publica Conmutada.

**RDSI:** Red Digital De Servicios Integrados.

**SAP:** Service Access Point – Punto de Acceso de Servicio.

**QoS:** Quality of Service – Calidad de Servicio.

**TCP/IP:** Transmission Control Protocol/Internet Protocolo – Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo Internet.

**TDMA:** Time Division Multiple Access – Multiple Acceso por división de tiempo.

**UMTS:** Universal Mobile Telecommunications System – Sistema de Telecomunicaciones Móviles Universales.

**URL:** Uniform Resource Locator – Locutor de Recurso Uniforme

**UTRAN:** UMTS Terrestrial Radio Access Network – Red Terrestre de Acceso Radioeléctrico UMTS.

**VSN:** Visited Support Node – Nodo de Soporte Visitado.

**WAE:** Wireless Application Environment – Ambiente de Aplicaciones Inalámbricas.

**WAN:** Wide Area Network – Red de Area Amplia.

**WCDMA:** Wideband Code Division Multiple Access – Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha.

**WDP:** Wireless Datagram Protocol – Protocolo de Datagramas Inalámbrico.

**WLAN:** Wireless Local Area Network – Red de Area Local Inalámbrica.

**WML:** Wireless Markup Language – Lenguaje de Programación Inalámbrica.

**WSP:** Wireless Session Protocol – Protocolo de Sesión Inalámbrica.

**WTLS:** Wireless Transport Layer Security – Capa de Seguridad de Transporte Inalámbrico.

**WTP:** Wireless Transport Protocol – Protocolo de Transporte Inalámbrico.

## 7. CONCLUSIONES

En esta era de las comunicaciones de alta velocidad, donde es necesario tener información de buena calidad en muy poco tiempo, para tomar decisiones en momentos críticos; se requiere el empleo de una tecnología capaz de ofrecer portabilidad y versatilidad, ya que el nuevo ritmo de vida que impone nuestra sociedad globalizada, arrastran al hombre a ser dinámico, interactuando entre el mundo real y el virtual. Este contexto en el cual vivimos crea las necesidades para acelerar el desarrollo de tecnología de banda ancha donde no exista límite para el tipo de información que se requiera transmitir, creando de esta forma redes multimedia fijas y móviles.

En este punto donde no solo se necesita infraestructura física, sino también infraestructura lógica o simplemente tecnologías que trabajen arquitecturas capaces de soportar datos multimedia, es donde comienza una evolución en materia de tecnologías inalámbricas para redes de banda ancha.

Las soluciones para banda ancha en tecnologías inalámbricas fija, como LMDS y MMDS ofrecen una alternativa de soporte de una gran variedad de servicios simultáneos: televisión multicanal (difusión, PPV, video on demand), telefonía, datos, servicios interactivos multimedia (tele educación, telemedicina, acceso a Internet en banda ancha, etc.), esto dada la anchura de banda disponible. El principal campo de aplicación de los sistemas LMDS es proporcionar el acceso tanto a redes públicas como privadas (PSTN, PDN, etc.) mediante las diferentes interfaces de usuario estandarizadas (2 hilos, RDSI, nx64 Kbits/s, nx E1, LAN, WAN...). MMDS ha tenido un

éxito comercial principalmente en las zonas rurales o de baja densidad de usuarios, al ser una alternativa más rentable frente al despliegue de cable o fibra. La arquitectura de un sistema MMDS es la misma que la de un sistema LMDS, la diferencia principal con LMDS es el funcionamiento asimétrico del ancho de banda asignado a cada usuario y las bandas de frecuencia de operación.

Bluetooth desarrolla nuevos sistemas de comunicación inalámbricos de *corto alcance*, que permitirán interconectar aparatos entre si, es, por tanto, una alternativa a otras formas de interconexión basadas en infrarrojos o cable que se caracteriza por su bajo costo y facilidad de integración e incorporación. Inicialmente esta tecnología fue concebida para la conexión entre equipos portátiles como teléfonos móviles, cámaras digitales, computadores portátiles, o cualquier otro periférico transportable. Sin embargo, el campo de aplicación esta aumentando y ya se piensa en su incorporación en el sector residencial (redes del hogar), para el control de instalaciones, comunicaciones internas, seguridad, etc. En el sector empresarial también tiene un gran futuro en la interconexión de redes de área local con periféricos como impresoras, faxes, equipos de proyección, etc.

El protocolo de aplicaciones inalámbricas (WAP). Es una de las primeras tecnologías que integrada en un teléfono móvil permite acceder a Internet desde el mismo, una de las principales ventajas que presenta es que se puede utilizar con las redes de antenas GSM de telefonía móvil ya existentes, por lo tanto no representa una inversión adicional para las operadoras de telefonía. WAP es la base de las tecnologías inalámbricas de acceso a Internet sin embargo WAP fue creada pensando en la implementación de un ambiente de navegación desde los terminales móviles y no

precisamente como arquitectura de transmisión, por lo tanto se ha quedado rezagada debido a su velocidad.

El sistema GPRS nace en necesidad de llenar los vacíos de WAP y se diseñó como una tecnología de transición mientras se esperaba la llegada de las redes 3G UMTS, El acceso a la red de paquetes de GPRS se lleva al nivel del usuario del móvil a través de protocolos como TCP/IP, sin ninguna otra necesidad de utilizar conexiones intermedias por conmutación de circuito, el servicio GPRS permite la transmisión de paquetes en modalidad link by link. El servicio GPRS, por tanto, está dirigido a aplicaciones que tienen las siguientes características: Transmisión poco frecuente de pequeñas o grandes cantidades de datos (por ejemplo, aplicaciones interactivas) y transmisión intermitente de tráfico de datos bursty.

EDGE es una mejora del sistema de conmutación de paquetes para GPRS los servicios en sí mismos no serán modificados. EDGE es introducido dentro de las especificaciones y descripciones existentes, en lugar de crear otras nuevas. GPRS permite velocidades de datos de 115 kbps y teóricamente, hasta 160 kbps sobre la capa física. EGPRS es capaz de ofrecer velocidades de datos de 384 kbps y teóricamente, hasta 473,6 kbps. Lo que hace posible estas velocidades en EGPRS, son una nueva técnica de modulación, nuevos métodos de transmisión tolerante a errores combinados con mecanismos mejorados de adaptación de enlace. Esta es la clave para un aumento de la eficiencia espectral y mejoras en las aplicaciones, tales como acceso inalámbrico a Internet, e-mail y transferencias de archivos.

UMTS dista mucho de ser la tecnología del mañana. Ya está siendo instalada, ensayada y dispuesta *hoy* en varios continentes para entregar una suite de servicios que rápidamente diferenciarán a las redes UMTS de todas sus predecesoras y competidoras. Además, las tecnologías UMTS y EDGE actuarán en forma complementaria en muchas redes de operadores de todo el mundo. Con sus capacidades líderes en cuanto a rendimiento técnico de eficiencia y velocidad, UMTS proveerá el medio para alcanzar niveles sin precedentes de satisfacción del usuario y subsiguientes flujos de ingresos nuevos para los operadores. Recientemente, UMTS ha avanzado en forma significativa y va rumbo a convertirse en una de las tecnologías más ampliamente desplegadas en el mundo, con una multiplicidad de compromisos contractuales, pruebas experimentales, e incluso despliegues, actualmente en curso. Esto demuestra la madurez de la tecnología UMTS y el compromiso perdurable de la industria e inversores respecto de la difusión masiva de UMTS. UMTS está comenzando a dar servicio a sus primeros clientes ya, y pronto ellos apreciarán la comodidad, la pasión, la innovación y la eficiencia que aportará UMTS a la totalidad del panorama inalámbrico.

## 8. ANEXOS

### 8.1 TABLAS COMPARATIVAS

TECNOLOGIA	ACCESO AL MEDIO	MODULACION-CODIFICACION	ALCANCE	VELOCIDAD (BPS)	BANDA DE OPERACION
<b>LMDS</b>	FDMA TDMA DAMA		3-9 Km a 28GHz 1-3 Km a 40GHz	150Mbps	28GHz – 40GHz Simétrico
<b>MMDS</b>	FDMA TDMA DAMA		45 Km.	36 Mbps	28Ghz – 32Ghz Asimétrico UpLink – 32GHz DownLink – 28GHz
<b>BLUETOOTH</b>		Modulación: Delta de pendiente variable continua CVSD	10 m.	-Enlace sincrónico a 64Kbps -Enlace asincrónico: + Asimétrico de 723/57.6 Kbps + Simétrico 432Kbps - CVSD para voz 2Mbps	2.4GHz, 3.402 a 2.480Ghz (Banda ISM)
<b>GPRS</b>	TDMA	Modulación: GMSK Codificación: CS4		160Kbps (teórico) 14.4Kbps a 115Kbps	200KHz (GSM)
<b>EGPRS/EDGE</b>	TDMA	Modulación: 8PSK – GMSK Codificación: MCS9		384Kbps a 473Kbps	600Khz
<b>UMTS</b>	WCDMA (CDMA – TDMA)			2Mbps (terminal fijo) 384Kbps (Terminal móvil)	2GHz

Tabla 8. Tabla comparativa de las tecnologías inalámbricas para redes de banda ancha

<b>LONGITUD DE ONDA</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>NOMBRE COMUN</b>	<b>FIN PRINCIPAL</b>
<b>1 – 10 Km.</b>	20 – 300 Khz.	Frecuencia baja (LF)	Difusión AM
<b>100 m. – 1Km.</b>	300 – 3000 Khz.	Frecuencia media (MF)	Difusión AM
<b>10 – 100 m.</b>	3 – 30 Mhz.	Alta Frecuencia (HF)	Difusión AM y aficionado
<b>1 – 10 m.</b>	300 – 3000 Mhz.	Frecuencia muy alta (VHF)	Difusión FM y TV.
<b>0.1 – 1 m.</b>	3000 – 30000 Mhz.	Ultra alta frecuencia (UHF)	TV. Y teléfono móvil
<b>10 – 100 mm.</b>	3 – 30 Ghz.	Frecuencia súper alta (SHF)	Satélite
<b>1 – 10 mm.</b>	30 – 3000 Ghz.	Frecuencia extra alta (EHF)	Satélite y radar

Tabla 9. Bandas de ondas de radio

<b>LONGITUD DE ONDA</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>BANDA</b>	<b>FIN PRINCIPAL</b>
<b>193 – 769 mm.</b>	0.4 – 1.5 Ghz.	L	Radio Difusión y Celulares
<b>57.7 – 193 mm.</b>	1.5 – 5.2 Ghz.	S	Celulares
<b>48.4 – 76.9 mm.</b>	3.9 – 6.2 Ghz.	C	Satélites
<b>27.5 – 57.7 mm.</b>	5.2 – 10.9 Ghz.	X	Inalámbrica fija y satélites
<b>8.34 – 27.5 mm.</b>	10.9 – 36 Ghz.	K	Inalámbrica fija y satélites
<b>6.52 – 8.34 mm.</b>	36 – 46 Ghz.	Q	Inalámbrica fija
<b>5.36 – 6.52 mm.</b>	46 – 56 Ghz.	V	Satélites futuros
<b>3.00 – 5.36 mm.</b>	56 – 100 Ghz.	W	Celulares futuros

Tabla 10. Bandas de microondas

SISTEMA CDMA	ANCHO DE BANDA DEL CANAL	VELOCIDAD DEL CHIP	CAPACIDAD MÁXIMA	CAPACIDAD REAL
<b>CDMA ONE (IS-95b)</b>	1.25 Mhz.	1.2288 Mhz.	115.2 Kbps	64 Kbps
<b>CDMA 2000 1xMC</b>	1.25 Mhz.	1.2288 Mhz.	384 Kbps	144 Kbps
<b>CDMA 2000 1Xtreme</b>	1.25 Mhz.	1.2288 Mhz.	5.2 Mbps	1200 Kbps
<b>CDMA 2000 HDR</b>	1.25 Mhz.	1.2288 Mhz.	2.4 Mbps	621 Kbps
<b>CDMA 2000 3XMC</b>	3.75 Mhz.	3.6864 Mhz.	4 Mbps	1117 Kbps
<b>WCDMA (UMTS)</b>	5 Mhz.	4.096 Mhz.	4 Mbps	1126 Kbps

TABLA 11. Comparación de sistemas CDMA

NOMBRE DE BANDA	FRECUENCIAS FCC	FRECUENCIAS ETSI	FIN PRINCIPAL
<b>ISM 900</b>	902 – 928 Mhz.	890 – 906 Mhz.	Procesado alimentario
<b>ISM 2.4</b>	2.4 – 2.4835 Ghz.	2.4 – 2.5 Ghz.	Hornos Microondas
<b>ISM 5.8</b>	5.725 – 5.850 Ghz.	5.725 – 5.875 Ghz.	Escáner médicos

TABLA 12. Bandas ISM para comunicaciones inalámbricas

SISTEMA	FRECUENCIA	CAPACIDAD DE CELDA	LICENCIA	RADIO COMPARTIDA
<b>Espectro extendido</b>	2.4 Ghz.	11 Mbps	NO	8 Km.
<b>MMDS</b>	2.1 – 2.7 Ghz.	36 Mbps	SI	45 Km.
<b>LMDS</b>	28 – 31 Ghz.	155 Mbps	SI	8 Km.

TABLA 13. Tecnologías multipunto de bucle local inalámbrico

TECNOLOGIA	UP - LINK	DOWN - LINK	ALCANCE
<b>Fibra</b>	622 Mbps.	622 Mbps	100 Km.
<b>MODEM por cable</b>	384 Kbps	48 Mbps	Sin limite
<b>Powerline</b>	2 Mbps	2 Mbps	Sin limite
<b>LMDS</b>	8 Mbps	155 Mbps	8 Km.
<b>MMDS</b>	1 Mbps	36 Mbps	45 Km.

TABLA 14. Tecnologías rivales de bucle local

	LASER	MICROONDAS
<b>Velocidad de datos</b>	2.5 Gbps.	155 Mbps
<b>Alcance máximo</b>	4 Km.	45 Km.
<b>Licencia</b>	NO	SI
<b>Rango de frecuencia</b>	300 - 400 Thz.	2 – 50 Ghz
<b>Ancho de rayo</b>	0.5 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>
<b>Bloqueado por</b>	Niebla y nieve	Lluvia

Tabla 15. Láser vs. Microondas punto a punto

ENERGIA POR Kg.	INTRENACIONAL	EUROPA	EE.UU.
<b>Todo el cuerpo</b>	0.08 w/Kg.	0.08 w/Kg.	0.08 w/Kg.
<b>Cabeza</b>	2 w/Kg.	2 w/Kg.	1.6 w/Kg.
<b>Extremidades</b>	4 w/Kg.	4 w/Kg.	4 w/Kg.

TABLA 16. Limites legales sobre emisiones de radiación de teléfonos móviles<sup>50</sup>

*Se tomo de la fuente, solo los datos relacionados con la investigación.*

<sup>50</sup> Fuente de la tabla 8: Autores de la monografía, Fuentes de las tablas 9 a 16 : DORNAN, Andy, WAP the Essential Guide to Wireless Communications Applications, Anaya Multimedia, Madrid 2001.

## 9. BIBLIOGRAFIA

### LIBROS

[1] Especialización en sistemas de radiocomunicaciones, Modulo SISTEMAS INALÁMBRICOS EN COMUNICACIONES DE DATOS, Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones y Escuela Naval Almirante Padilla, Cartagena 2002.

[2] CD Red horizonte, Telefónica España 2000.

[3] DORNAN, Andy, WAP the Essential Guide to Wireless Communications Applications, Anaya Multimedia, Madrid 2001.

[4] ALARCON, Enrique, Diccionario de informática e Internet, Anaya Multimedia, Madrid 2002.

[5] Telecomunicaciones móviles, Edición 2a. ED., México D.F, Alfaomega Marcombo, 1999.

### WAP forum OMA Open Mobile Alliance Ltd. 2003

[6] [www.wapforum.org/](http://www.wapforum.org/)

[7] [www.wapforum.org/faqs/index.htm](http://www.wapforum.org/faqs/index.htm)

[8] [www.wapforum.org/what/benefits.htm](http://www.wapforum.org/what/benefits.htm)

### GSMBOX S.A., 2004

[9] <http://es.gsmbox.com/gprs/gprs.gsmbox?page=cosa&flag=no>

[10] <http://es.gsmbox.com/wap/come.gsmbox>

### 3G Américas 2002

[11] [www.3gamericas.org/Spanish/Technology\\_Center/QA/tdmaqa\\_sp.cfm](http://www.3gamericas.org/Spanish/Technology_Center/QA/tdmaqa_sp.cfm)

- [12] [www.3gamericas.org/pdfs/EDGE\\_Business\\_Spanish.pdf](http://www.3gamericas.org/pdfs/EDGE_Business_Spanish.pdf)
- [13] [www.3gamericas.org/spanish/technology\\_center/whitepapers/index.cfm](http://www.3gamericas.org/spanish/technology_center/whitepapers/index.cfm)
- [14] [www.3gamericas.org/pdfs/umtspaper\\_march2003\\_span.pdf](http://www.3gamericas.org/pdfs/umtspaper_march2003_span.pdf)
- [15] [www.3gamericas.org/English/Statistics/](http://www.3gamericas.org/English/Statistics/)
- [16] [www.3gamericas.org/English/Maps/](http://www.3gamericas.org/English/Maps/)
- [17] [www.3gamericas.org/PDFs/data\\_capabilities\\_whitepaper\\_span.pdf](http://www.3gamericas.org/PDFs/data_capabilities_whitepaper_span.pdf)
- [18] [www.3gamericas.org/PDFs/data\\_capabilities\\_presentation\\_span.pdf](http://www.3gamericas.org/PDFs/data_capabilities_presentation_span.pdf)
- [19] [www.3gamericas.org/PDFs/EDGE-GSM850\\_Nov03\\_Spanish.pdf](http://www.3gamericas.org/PDFs/EDGE-GSM850_Nov03_Spanish.pdf)

#### OTROS ENLACES EN INTERNET

- [20] GSM España 2002, [www.gsmSpain.com/info\\_tecnica/gsm/index8.php](http://www.gsmSpain.com/info_tecnica/gsm/index8.php)
- [21] Ministerio de Comunicaciones, Republica de Colombia, legislación 2004  
[www.mincomunicaciones.gov.co/search.php?query=banda+ancha&topic&author=&days=0](http://www.mincomunicaciones.gov.co/search.php?query=banda+ancha&topic&author=&days=0)
- [22] GARCIA, Joaquín, Web estilo España 2002, [www.webestilo.com/wml/](http://www.webestilo.com/wml/)
- [23] UMTSForum.net, 2000 – 2004, Noticias sobre UMTS/3G y GPRS  
[www.umtsforum.net/mostrar\\_noticias.asp?u\\_action=display&u\\_log=1130](http://www.umtsforum.net/mostrar_noticias.asp?u_action=display&u_log=1130)
- [24] WAP – WAP Movired, ¿Que es WAP?, 2004, [www.movired.com/wap-wap/wap.htm](http://www.movired.com/wap-wap/wap.htm)
- [25] Javan Erfanian – Bell Mobility, Noviembre de 2003,  
[www.ewh.ieee.org/r4/chicago/Summary\\_Javan\\_Wireless.pdf](http://www.ewh.ieee.org/r4/chicago/Summary_Javan_Wireless.pdf)
- [26] ERICSSON, Documento de referencia, EDGE Introducción de altas velocidades de datos en redes GSM/GPRS, abril de 2002,  
[www.ericsson.com/products/white\\_papers\\_pdf/edge\\_wp\\_technical.pdf](http://www.ericsson.com/products/white_papers_pdf/edge_wp_technical.pdf)