



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN**

**EL DESARROLLO DE LA TELEFONÍA CELULAR  
EN MÉXICO**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**  
PRESENTA:  
**RODRIGO IVÁN SANDOVAL VALDIVIESO**

ASESOR: M. EN I. JUAN CONTRERAS ESPINOSA

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2008



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

C. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES - CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DRA. SUEMI RODRIGUEZ ROMO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
P R E S E N T E

ATN: L. A. ARACELI HERRERA HERNANDEZ  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos  
comunicar a usted que revisamos la Tesis :

"El desarrollo de la telefonía celular en México"

que presenta el pasante: Rodrigo Iván Sandoval Valdivieso  
con número de cuenta: 09636643-5 para obtener el título de :  
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en  
el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 14 de Noviembre de 2007.

PRESIDENTE	<u>M.I. José Juan Contreras Espinosa</u>	
VOCAL	<u>Ing. Guillermo Santos Olmos</u>	
SECRETARIO	<u>Dr. Víctor Hugo Hernández Gómez</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Fernando Patlán Cardoso</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>M.E. Carlos Oropeza Legorreta</u>	

## **DEDICATORIA**

### *A DIOS:*

*Por demostrarme tantas veces su existencia y con ello darme fuerzas para seguir adelante en cada tropiezo.*

### *A MIS PADRES:*

*Rodrigo Sandoval Peña y Leticia Valdivieso Ordaz.*

*Porque me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo papá y mamá, por ser los pilares más importantes de mi vida que día a día me demuestran su amor y cariño para seguir adelante, por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí.*

*Aunque hemos pasado momentos difíciles, siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, les agradezco de todo corazón el que estén a mi lado, los quiero y este trabajo es para ustedes. Aquí está lo que ustedes me brindaron, solamente les estoy devolviendo un poco de lo que me dieron en un principio, al dejarme la mejor de las herencias, que es una educación.*

### *A MI HERMANO:*

*Christopher Jonathan Sandoval Valdivieso, por estar conmigo y apoyarme siempre. No olvides mantener una visión de éxito en tu vida mediante el estudio continuo. Espero que este trabajo sirva de estímulo para ti.*

### *A MI ASESOR:*

*Maestro José Juan Contreras Espinosa, por su gran apoyo y motivación para la culminación de mis estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis.*

### *A MIS PROFESORES:*

*Ing. Fernando Patlán Cardoso, por compartir sus conocimientos y brindarme su amistad, apoyándome a lo largo de toda la carrera.*

*Dr. Víctor Hugo Hernández Gómez, por su amistad, su confianza y su ayuda en mi formación como profesionista*

## **AGRADECIMIENTOS**

### *A MIS SINODALES:*

*Ing. Guillermo Santos Olmos, Maestro Carlos Oropeza Legorreta, por sus valiosas aportaciones y comentarios*

### *A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO*

*Y en especial a la **Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán**, por haberme formado profesional y humanamente, al permitirme ser parte de una generación de triunfadores y gente productiva para el país.*

*Porto con orgullo y respeto el sentido de pertenecer a la Máxima Casa de Estudios del país y asumo el compromiso y la responsabilidad de retribuir a la sociedad mexicana los conocimientos y el ejercicio profesional.*

### *A MIS AMIGOS:*

*Los que han pasado y los que se han quedado, porque todos ustedes han sido tantas veces parteaguas de mi vida y me han abierto los ojos al mundo.*

*A TODOS LOS INGENIEROS QUE ME HAN APOYADO PARA*

*LOGRAR ESTA FORMACIÓN PROFESIONAL.*

	<b>INDICE</b>	Pág.
<b>OBJETIVO</b>		1
<b>INTRODUCCIÓN</b>		3
<b>1. PRINCIPIOS DE LA TELEFONÍA Y LA CONMUTACIÓN</b>		
1.1 Comunicaciones Telefónicas.		5
1.2 Señales de Marcado.		7
1.3 Conmutación Telefónica.		11
1.4 Tipos de Aparatos Telefónicos.		12
1.5 Funcionamiento del Teléfono de Disco.		12
1.6 Teléfono con Teclado.		14
1.7 Teléfono Multifrecuente.		15
1.8 Número de Identificación del Teléfono.		17
1.9 Red Telefónica.		17
1.10 Tipos de Centrales Telefónicas.		20
1.11 Conmutación MFC.		23
1.12 Señalización Telefónica.		25
1.13 Larga Distancia Nacional.		26
1.14 Larga Distancia Internacional.		27
1.15 Acerca del Teléfono.		28
1.16 Historia de la Telefonía en México.		28
<b>2. SISTEMA DE MULTIPLEXIÓN TDM Y FDM</b>		
2.1 Introducción.		41
2.2 PCM.		42

2.3 Muestreo.	43
2.4 Cuantización.	44
2.5 Curva de Cuantización Lineal.	46
2.6 Cuantización no Lineal.	47
2.7 Codificación.	51
2.8 Codificación de Pulsos PAM en una Palabra de 8 Bits.	53
2.9 Período y Velocidad de Muestreo.	56
2.10 Multiplexión TDM de los Canales Telefónicos.	57
2.11 Recuperación de la Señal Analógica.	60
2.12 Formación de Sistemas PCM de Jerarquía Superior.	61
2.13 FDM: Multiplexión por División de Frecuencia.	62
2.14 FDM a Cuatro Hilos.	64

### **3. LA TELEFONÍA CELULAR EN MÉXICO**

3.1 Origen de la Telefonía Celular en México.	66
3.2 El Origen de TELCEL	74
3.3 De Generación en Generación.	80
3.4 Tarifas de Planes de Pospago (Renta Fija) y Prepago.	83
3.5 Tarifas Tarjetas de Prepago de 100 pesos (Precio por Minuto).	83
3.6 Nuevas Reglas Para Larga Distancia con Celular.	84
3.7 El Que Llama Paga Nacional e Internacional.	84
3.8 Designación y Espaciamento de Canales.	84
3.9 Mapa de las Regiones y Tipo de Concesiones	86
3.10 Lo que nos Depara el Futuro.	89

## **4. FUNCIONAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS**

4.1 Telefonía Celular.	94
4.2 Trunking.	99
4.3 Sistema Móvil Celular.	99
4.4 Estación Base de Radiofrecuencia.	100
4.5 Central de Conmutación y Control.	102
4.6 Estación Móvil.	104
4.7 Celdas.	105
4.8 Cluster.	108
4.9 Hand Off.	108
4.10 Roaming.	109
4.11 Roaming no Automático.	110
4.12 Establecimiento de una Comunicación.	110
4.13 Red de Telefonía Celular.	111
4.14 Cómo Sabe la Red la Ubicación de un Móvil.	112
4.15 Establecimiento de una Llamada.	113
4.16 Funcionamiento del Teléfono Celular.	116
4.17 Módulo de Radio Frecuencia.	116
4.18 Módulo de Audio Frecuencia.	118
4.19 Módulo Lógico de Control.	118
4.20 Problemas en los Teléfonos Celulares.	120

## **5. SISTEMAS DE TELEFONÍA CELULAR**

5.1 Breve Historia Del Teléfono Celular	121
---	-----

5.2 Primera Generación de Telefonía Celular.	125
5.3 Segunda Generación de Telefonía Celular.	132
5.4 ¿Qué Precisa un Teléfono Celular para Funcionar?	134
5.5 El IMEI.	135
5.6 Servicios GSM: (Global System for Mobile Communication).	136
5.7 Historia Del GSM.	138
5.8 Funcionamiento de la Red GSM.	140
5.9 Estructura del Sistema GSM.	141
5.10 Arquitectura Funcional del Sistema GSM.	143
5.11 Elementos de un Sistema GSM.	143
5.12 Generación 2.5.	145
5.13 GPRS: Servicio General de Radio por Paquetes.	146
5.14 Tercera Generación 3G.	148
5.15 UMTS.	149
5.16 Evolución del Sistema UMTS.	150
5.17 Ventajas del Sistema UMTS.	151
5.18 WCDMA.	151
5.19 Servicios que Ofrece WCDMA.	152
5.20 Ventajas de la Tecnología WCDMA.	152
5.21 Aspectos Técnicos de WCDMA.	153

## **6. COMUNICACIONES MÓVILES POR SATÉLITE**

6.1 Introducción	154
6.2 Sistemas no Geoestacionarios	155

6.3 Sistemas Geoestacionarios	156
6.4 Posicionamiento por Satélite	156
6.5 Historia y Desarrollo.	157
6.6 Cómo Funciona.	158
6.7 ¿Cómo Hacer que el GPS Sea Más Preciso?	160
6.8 Localización del Dispositivo.	161
6.9 Tecnologías de Acceso Celular.	162
6.10 SMS, El Sistema de Mensaje de Texto.	163
6.11 Funcionamiento	164
6.12 Cómo Enviar un Mensaje SMS a Partir de su Móvil	164
6.13 Aplicaciones y Futuro del GPS.	165
<b>7. PERSPECTIVAS DE LAS COMUNICACIONES MÓVILES (4G)</b>	
7.1 Limitaciones en la 3G.	169
7.2 Tercera Generation Partnership Project (3GPP).	169
7.3 HSDPA.	171
7.4 Implementación.	172
7.5 HSUPA.	175
7.6 La Cuarta Generación.	175
7.7 Características de la 4G.	178
7.8 Sistemas de la 4G.	179
7.9 Retos Tecnológicos de la 4G.	180
<b>CONCLUSIONES</b>	182
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	188

## OBJETIVO

Los avances tecnológicos en la época moderna nos llevan a paso acelerado y nos permiten contar día a día con mejores herramientas para hacer más fácil nuestra vida diaria, a la vez que nos impulsan a descubrir y utilizar nuevos canales para comunicarnos dentro de un mundo globalizado en donde las distancias han quedado borradas gracias a las telecomunicaciones y los satélites, pero más aún con el uso popular que ha alcanzado el teléfono celular o móvil, que no solamente nos permite estar en contacto directo con la oficina, el trabajo, la familia y los amigos, sino que nos brinda una serie de servicios adicionales para tener en ese pequeño aparato, que en ocasiones cabe en la palma de la mano y que con el paso del tiempo tiende a hacerse todavía más pequeño, un verdadero centro de entretenimiento y diversión, aparte de una útil herramienta con funciones para grabar, escuchar música, tomar fotografías de muy buena calidad (ahora existen con cámaras de varios megapíxeles de resolución) y videos con audio, aparte de que ya en algunas ciudades del mundo cuentan con servicios extras como el pago de servicios con solamente marcar una clave, estar protegido contra secuestros y hasta localizar calles y direcciones mediante el sistema de posicionamiento global.

Hasta hace algunos años nos resultaba imposible pensar que con un dispositivo que además de vistoso compite ahora por su apariencia y portabilidad, se pudiera tener casi en cualquier parte del mundo la posibilidad de comunicarse e incluso conectarse a Internet para checar correos, chatear y ver sus programas de televisión favoritos.

Debido a los plus que los fabricantes han agregado a los aparatos con el propósito de apoderarse del mercado, hoy resulta difícil escoger un modelo pues los hay para quienes solamente utilizan el celular para recibir llamadas (incluso un alto número de suscriptores en el sistema de prepago casi nunca tienen saldo en sus aparatos), y los hay para quienes desean estar en contacto constante con amigos y familiares o con la oficina, pero también los jóvenes prefieren aquellos modelos que pueden cargar varias horas de música grabada en el formato MP3, con radio FM y con la posibilidad de enviar y recibir mensajes SMS y Multimedia.

Concientes de este amplio mercado, las compañías telefónicas han lanzado al mercado una gran variedad de planes tarifarios para tratar de cubrir las expectativas de cada sector de la población, ofreciendo atractivas promociones como son mensajes ilimitados, descuentos en días y horas establecidos y hasta han llegado más lejos, llamadas gratis a 10 números prefijados a la hora de contratar o el poder hablar gratis durante un año con sus familiares y amigos más frecuentes.

El objetivo de este trabajo es ver cómo surgió la telefonía celular en el mundo y su llegada a México, cómo se transmiten la voz y los paquetes de datos a través de una serie de antenas y cómo funciona el móvil.

Al mismo tiempo, se pretende ofrecer a las personas interesadas en el tema, una visión clara sobre los diferentes tipos de tecnologías que se utilizan para enlazar dos aparatos sin importar la distancia que hay entre ellos.

## INTRODUCCIÓN

La imperiosa necesidad del hombre actual de estar en constante comunicación con sus semejantes, es lo que ha permitido el desarrollo de los sistemas electrónicos de comunicaciones. La telefonía celular brinda la posibilidad de contestar en el instante la llamada, aunque en sus inicios presentaba muchos problemas técnicos, como una mala calidad de recepción, cortes frecuentes y escasas áreas de cobertura.

Con esta tecnología que se transmite a través de microondas y radiofrecuencias se abrió un nuevo campo en las telecomunicaciones a través de los teléfonos celulares, que no son otra cosa que pequeños aparatos transmisores y receptores que utilizan una red de celdas para enlazarse, sin importar la distancia entre uno y otro, aunque en la actualidad ya existen aparatos que incluso utilizan los satélites para permitir no solamente una llamada de voz, sino la transmisión de imágenes y paquetes de datos en tiempo real, aunque en ocasiones con ciertos retrasos que hacen que todavía las videoconferencias, por ejemplo, no sean de la calidad de un programa de televisión.

Dentro del mundo globalizado en que vivimos, el uso del celular se ha popularizado tanto que ahora quien no tiene un teléfono móvil está pasado de moda, marginado de un universo en donde los mensajes escritos, los intercambios de sonidos o ringtones y de imagen y fotografías forman parte de una nueva manera de comunicación entre los jóvenes, que han hecho que el mercado de las compañías celulares crezca por millones en los últimos años.

Considerado como un lujo o signo de posición económica acomodada en sus inicios, el teléfono celular se ha convertido en un instrumento tan indispensable que hasta nuestros padres y abuelos, que en un principio se rehusaban a utilizarlos, ahora se sienten solos si no tienen cerca de ellos uno de estos cada vez más pequeños aparatos que acortan la distancia y el tiempo en el mundo.

Pero quienes lo usan, pocas veces se preguntan ¿cómo funciona?, ¿que es un celular?, ¿cuáles son los procesos que se desarrollan al realizar una llamada? y las ventajas y peligros que su uso representa.

Esas interrogantes se pretenden resolver en este trabajo que es, sin embargo, solamente una pequeña ventana a lo que nos depara el futuro.

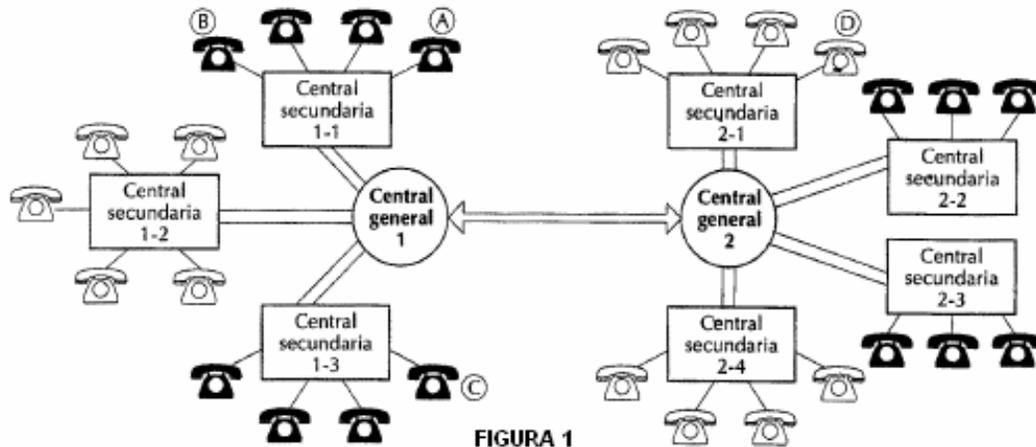
# CAPÍTULO 1

## PRINCIPIOS DE LA TELEFONÍA Y LA CONMUTACIÓN

### 1.1 COMUNICACIONES TELEFÓNICAS

Aunque en la actualidad casi toda la tecnología es digital, es necesario conocer los procesos de transmisión y recepción del teléfono alámbrico, que se basan en principios electromecánicos, para comprender el modo de operación del teléfono electrónico.

Los siguientes son los elementos que conforman una línea telefónica.



En la figura 1 se observa que todos los teléfonos están conectados a unidades independientes llamadas “centrales secundarias”, que se encargan de manejar los aparatos de una determinada zona y ésta se identifica con los tres primeros dígitos de la numeración telefónica (ahora son cuatro en la ciudad de México). Todo esto, suponiendo una estructura para comunicaciones locales y a distancia.

Las centrales secundarias además están conectadas a una “central general”, que va a manejar las comunicaciones de una ciudad o zona geográfica y

se va a encargar del flujo de llamadas entre las centrales secundarias y el exterior de la zona, el resto del país y el extranjero. Para ciudades grandes pueden existir varias centrales generales.

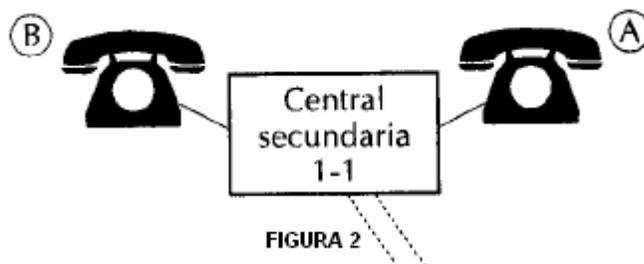
Existen dos posibilidades para las llamadas de larga distancia.

1. Cuando hay intenso tráfico de llamadas y las ciudades están relativamente cerca, se utiliza la interconexión mediante uno o varios cables, estableciéndose una comunicación alámbrica directa.
2. Cuando no hay tráfico intenso o las ciudades están alejadas, se utilizan microondas, a través de antenas retransmisoras o satélites.

En el instante en que el usuario descuelga el auricular, la central secundaria lo detecta y envía una señal conocida como “tono de marcar” y se encuentra lista para establecer el enlace con el número deseado.

Al ser marcado el número, pueden presentarse las siguientes posibilidades:

1. Si el teléfono solicitado es de la misma zona de la central secundaria, en ella se establece la conmutación y el enlace (figura 2).



2. Si el número marcado está en la misma ciudad, pero no corresponde a la central secundaria, primero se hace contacto con la central principal, la cual identifica a la central secundaria en la que se encuentra el teléfono receptor para trasladarle la llamada (figura 3).

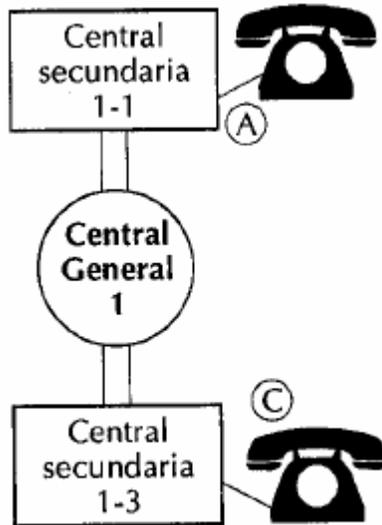


FIGURA 3

3. Si el teléfono receptor no está en la misma ciudad, la central principal se comunica por cable o microondas con la ciudad destino, que a su vez identifica a la central secundaria y traslada la llamada (figura 4).

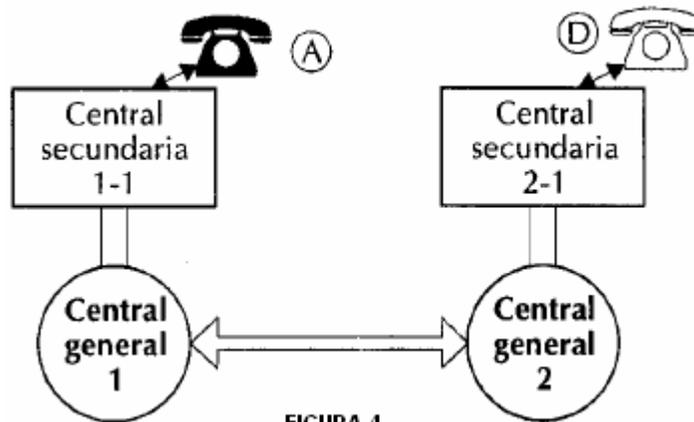
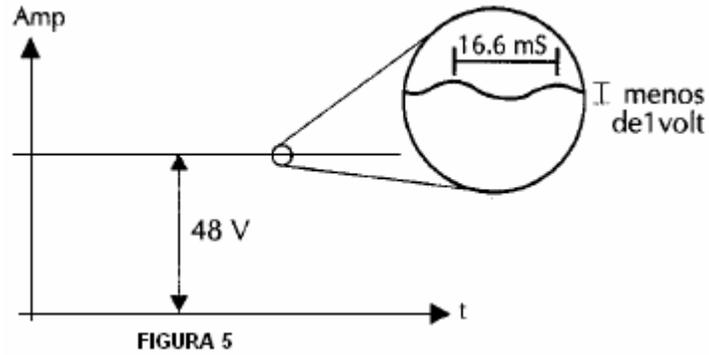


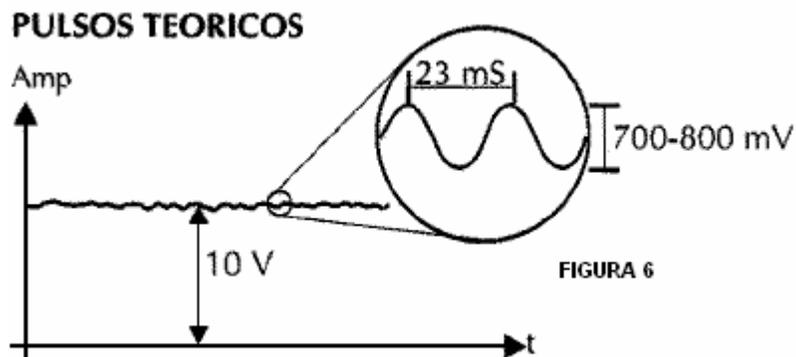
FIGURA 4

## 1.2 SEÑALES DE MARCADO

Si se analiza con un osciloscopio la señal de la línea telefónica, la cual consta de dos cables, se notará que al estar “colgado” el teléfono (inactivo), el voltaje es de 50V (figura 5), con un pequeño ripple de menos de 1V y frecuencia de 50Hz (seguramente por la interferencia de la línea).



Al “descolgar” el auricular, el nivel baja hasta 10V y el tono de marcado se empalma sobre este montaje (figura 6).



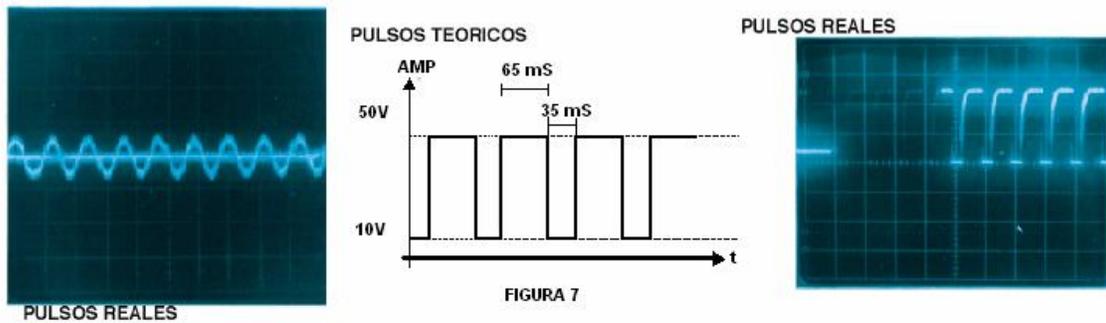
Hay que considerar que estos voltajes y las frecuencias de los tonos pueden variar en diferentes centrales, pero casi siempre se mantienen dentro de los valores normalizados.

Cuando el usuario marca para establecer una llamada, se tienen dos situaciones que dependen del estándar utilizado por la telefónica: analógico o digital.

El primer caso es el sistema tradicional por pulsos, en que el voltaje de 10V presenta variaciones que llegan hasta 50V de DC originales y forman una señal, como muestra la figura 7, con frecuencia de 10Hz, lo que significa que se pueden enviar hasta 10 pulsos por segundo, pero por cada dígito marcado se

va a producir una cantidad de impulsos equivalentes (por ejemplo, si se marca el número cinco, se envían cinco pulsos).

A cada grupo de impulsos se le conoce como “tren de impulsos”.



En los teléfonos tradicionales, este proceso se realiza por medios mecánicos (un interruptor en la parte trasera del disco se activa por una serie de protuberancias en el segmento giratorio (figura 8); pero en los teléfonos electrónicos se lleva a cabo mediante solenoides o interruptores sólidos (figura 9).



Figura 8

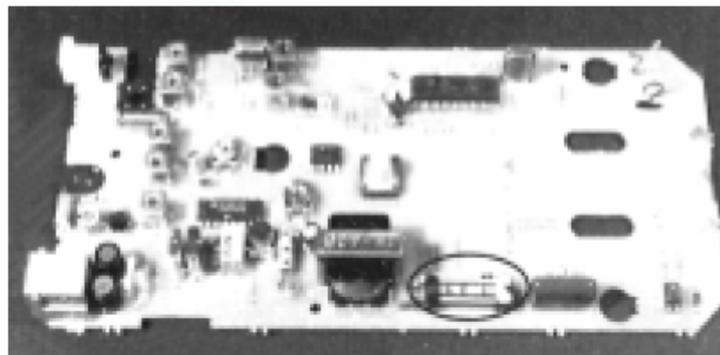


Figura 9

Es importante la forma de estos pulsos, ya que deben mantener un ciclo de trabajo de 66%; esto significa que el pulso en voltaje alto debe ser dos veces más ancho que el intervalo en nivel bajo y si esta relación no se cumple, la central no va a reconocer los niveles eléctricos asociados al número marcado.

En las líneas digitales, el marcado se realiza por tonos, desde un decodificador que divide el teclado en renglones y columnas y asigna a cada número una frecuencia determinada (figura 10), de tal forma que en el cruce renglón-columna se adquiere un tono específico para cada tecla como resultado de la mezcla de las dos frecuencias.

A esta decodificación se le conoce como DTMF (Dual Tone Modulated Frequency o Modulación en Frecuencia de Dos Tonos). Cada tono resultante también se empalma sobre los 10V de polarización de la línea telefónica y se detecta en la central mediante un filtro digital.

		Hight Group Tones		
		1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz
Low Group Tones	697 Hz	1	ABC 2	DEF 3
	770 Hz	GHI 4	JKL 5	MNO 6
	852 Hz	PRS 7	TUV 8	WXY 9
	941 Hz	.	OPER 0	#

Figura 10

Al recibirse una llamada, la señal del timbre es una onda senoidal de unos 160Vpp empalmada sobre la polarización original de 50V (figura 11).

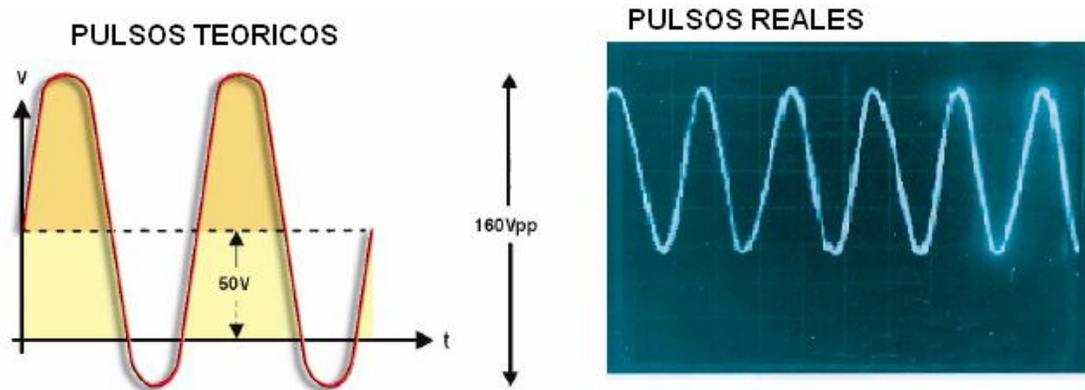


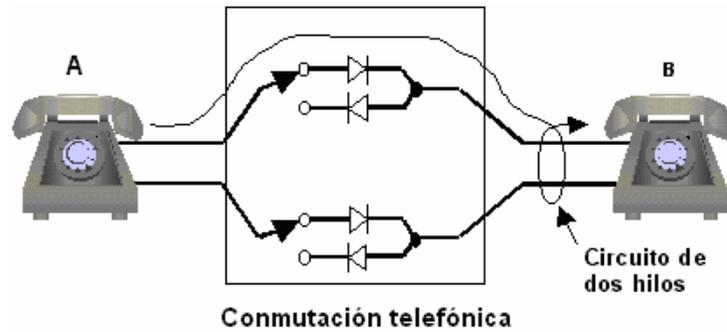
Figura 11

Este nivel de voltaje es necesario para hacer sonar el timbre en los aparatos convencionales y en los aparatos modernos activar el zumbador.

Al establecerse la comunicación, el sonido de entrada llega empalmado sobre los 10V de polarización, con una amplitud de 200mV (puede crecer hasta 500mV en sonidos fuertes); al mismo tiempo, esta señal es enviada hacia la bocina del receptor y los sonidos captados por el micrófono del receptor se envían hacia la línea empalmados en 10V, pero con una amplitud más grande (normalmente entre uno y dos volts pico a pico).

### 1.3 CONMUTACIÓN TELEFÓNICA

En telefonía se conoce como conmutación a la acción de poner en comunicación a dos abonados de forma manual o automática.



**Figura 12**

El proceso inicia cuando el abonado A descuelga y finaliza cuando el abonado B, que está al otro extremo de la línea, atiende la llamada.

### **1.4 TIPOS DE APARATOS TELEFÓNICOS**

El teléfono es la pieza clave del proceso, ya que es el medio de comunicación entre el abonado y la central. En cuanto a su forma de operación, se divide en dos grupos: de disco y con teclado.



**Figura 13**

**Teléfono con teclado y teléfono de disco**

Los teléfonos con teclado se subdividen en decádico y multifrecuente.

### **1.5 FUNCIONAMIENTO DEL TELÉFONO DE DISCO**

La función del disco es formar un lenguaje codificado que pueda ser reconocido por la central. La comunicación entre el aparato y la central se lleva a cabo mediante la interrupción de la corriente que circula a través del circuito durante cierto intervalo de tiempo, resultando en una circulación en forma de pulsos y pausas (figura 14).

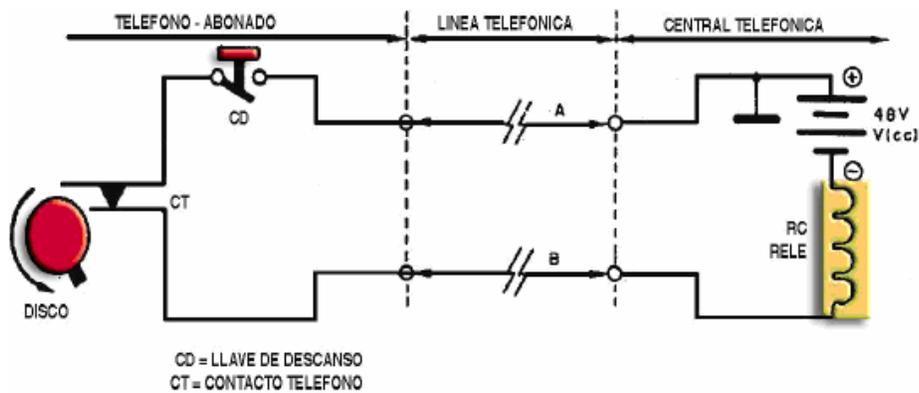


Figura 14

Diagrama básico de la interconexión del aparato telefónico a la central.

La corriente (proporcionada por la fuente de 48V (cc) de la central) hace el siguiente trayecto: bobina del relé de la central, RC, resistencia de loop de los cables A y B de la línea del abonado A de la resistencia interna del aparato telefónico y contactos CT y CD, y vuelve a la fuente de la central.

Cuando el teléfono está colgado, presiona el switch de ancla, que mantiene el contacto del descanso CD abierto. En esta condición no circulará corriente y el relé de la central RC queda inactivo.

Al descolgar, el contacto CD cierra y la circulación de corriente es activada por una biela acoplada al eje del disco, que cuando es girado en el sentido de las agujas del reloj, vuelve a su posición inicial. La velocidad con que regresa el disco depende de la elasticidad del resorte de retroceso. Durante el retorno del disco (y solamente durante el retorno), la saliente hace abrir y cerrar el contacto CT, que interrumpe la corriente igual número de veces como sea el número marcado.

Si se marca el número cuatro, por ejemplo, el contacto CT abre y cierra cuatro veces.

Cuando el contacto CT está cerrado, circula una corriente de 20mA a 30mA. Cuando el contacto CT está abierto, la corriente es nula (figura 12).

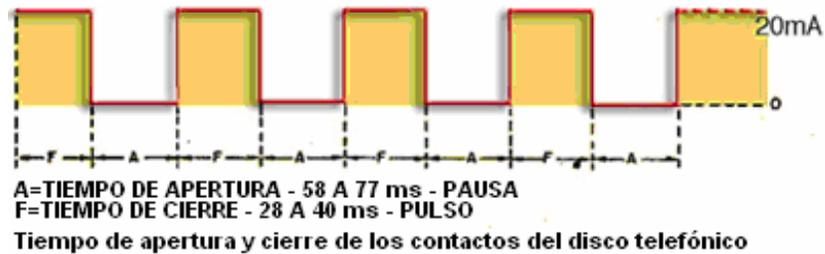


Figura 15

La información generada por el disco (abierto o cerrado) es transferida hacia la central, a través de los contactos del relé RC.

### 1.6 TELÉFONO CON TECLADO

El funcionamiento del teléfono decádico (de 10 teclas) es semejante al de disco, pues el funcionamiento y los recursos ofrecidos son los mismo, con excepción de las teclas \* y #.

En los aparatos con teclado, en lugar de que la comunicación se realice a través de la apertura y cierre de un contacto mecánico, es a través de un switch o conmutador electrónico, accionado por teclas (figura 16).

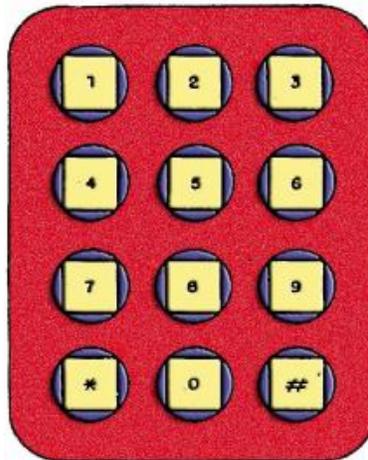


Figura 16

Cuando se presiona la tecla correspondiente al número marcado, éste dispara un oscilador de onda cuadrada tipo flip-flop que genera un tren de pulsos semejante al generado por el disco.

El oscilador flip-flop, a través de los estados de corte y saturación (ON-OFF) conmuta los 48V (CC) de la fuente de la central, por un número de veces igual al número tecleado.

El tiempo que circula la corriente por la línea y el tiempo que está interrumpida, tiene la misma duración del teléfono a disco.

La ventaja del teléfono con teclado es que el primero envía los pulsos hacia la línea en secuencia uniforme (aunque el usuario teclee rápido), ya que los pulsos son almacenados en la memoria y liberados en forma de paquetes en intervalos regulares.

Otra ventaja es que el tiempo de apertura y cierre es fijo, lo mismo ocurre con la pausa interdígital (intervalo entre presionar una tecla y otra), ya que son controlados electrónicamente, lo que ofrece mayor precisión.

En el teléfono con teclado, además de los 10 números existen dos auxiliares conocidas por asterisco (\*) y numeral (#). La tecla \* almacena en la memoria hasta 10 números, los llamados con mayor frecuencia. Esa facilidad es independiente del tipo de central a la que está conectado.

## **1.7 TELÉFONO MULTIFRECUENTE**

El funcionamiento del teléfono MF está basado en la emisión de un par de frecuencias por la línea de valores diferentes, con forma de onda senoidal, para cada número tecleado.

Por ejemplo, cuando se teclea el número cuatro, son disparados simultáneamente dos osciladores con frecuencias respectivas de 1209 y 770Hz y con el número nueve, son disparadas las frecuencias de 1477 y 825Hz (figura 17).

		1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	1633 Hz
Low Group Tones	697 Hz	1	ABC 2	DEF 3	A
	770 Hz	GHI 4	JKL 5	MNO 6	B
	852 Hz	PRS 7	TUV 8	WXYZ 9	C
	941 Hz	.	OPER 0	#	D

**Figura 17**

La ventaja del teléfono MF en relación con el de disco y el decádico, es que los dos últimos envían una corriente pulsada (figura 7).

Dependiendo de la calidad de la línea y la longitud de ésta, los pulsos pueden llegar deformados y no ser reconocidos por el relé de la central.

En el MF se envían frecuencias senoidales que pueden ser atenuadas, pero aún así podrán ser reconocidas por los receptores de tono de la central.

La tecla # en el teléfono decádico tiene diversas funciones, como almacenar números en las memorias, sólo que en el caso del teléfono MF los números son almacenados en la memoria de la central (central CPA).

Además de esa opción, se pueden programar otras facilidades como atención simultánea de dos llamadas, bloquear llamadas, consulta y conferencia y discado abreviado.

Las teclas A, B, C y D que aparecen al lado de los números (figura 14), no son usadas en México.

En otros países sirven para funciones auxiliares como acceder a las opciones ofrecidas por redes RDSI (Red Digital de Servicios Integrados).

### **1.8 NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DEL TELÉFONO**

En la telefonía pública, cada teléfono o abonado es identificado por un número fijo, independientemente de la región en donde se encuentre.

En México normalmente están constituidos por ocho dígitos.

En los lugares donde todavía operan centrales antiguas, tienen sólo seis o siete.

Los primeros cuatro números identifican la central, o sea, corresponden al prefijo. Cada central sólo identificará y recibirá las llamadas que le sean dirigidas con el número de su prefijo.

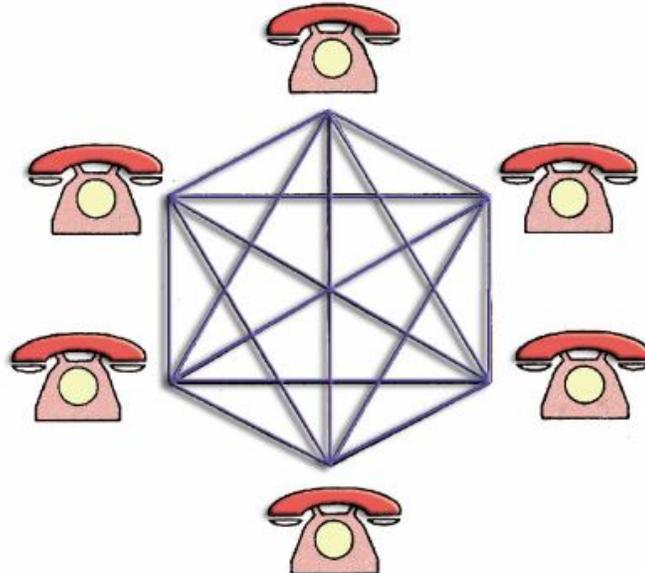
Los cuatro dígitos siguientes determinan la posición que el teléfono ocupa en el junctor de la central, que tienen capacidad máxima de 10 mil abonados.

### **1.9 RED TELEFÓNICA**

Es el conjunto de centrales y troncales, o circuitos interconectados para dar servicio a los abonados conectados a ella.

Un punto importante es entender cómo los aparatos están interconectados. Si se quisiera interconectar seis teléfonos a través de pares de cables, de

manera que todos los usuarios puedan hablar al mismo tiempo, aunque la idea parezca sencilla, no es la solución ideal (figura 18).



***Interconexión de 6 aparatos telefónicos entre sí.***

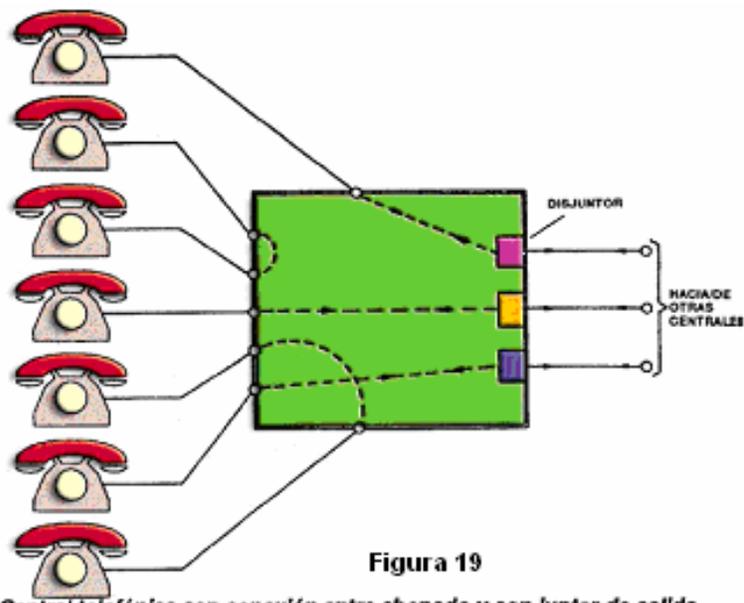
**Figura 18**

Esto resultaría en una red muy compleja, con problemas técnicos, como:

- a) La red resultaría muy cara, con kilómetros de cables cruzados.
- b) No sería posible seleccionar el abonado con el que se desea hablar.
- c) Prácticamente todos hablarían y oirían al mismo tiempo.
- d) Imposibilitaría una expansión futura.

Pensando en estos problemas, los ingenieros de telecomunicaciones desarrollaron las centrales de conmutación o centrales telefónicas.

Las centrales son definidas como un conjunto de equipos de conmutación destinado al direccionamiento y/o establecimiento de llamadas de la misma zona y de otras zonas, vía juntores de entroncamiento (figura 19).



Central telefónica con conexión entre abonado y con junctor de salida.

En los inicios de la telefonía, las centrales eran manuales, pero con el aumento de abonado y por la rapidez exigida en las comunicaciones, surgieron las centrales automáticas, inicialmente del tipo electromecánico.

Actualmente existen centrales electrónicas, con programas almacenados (CPAs) y conmutación ultrarrápida.

En las CPAs, cuando se acaba de marcar, es señalizado de inmediato, sin tiempo de espera entre el último número y el instante en que el teléfono comienza a llamar.

En una central telefónica, la conmutación puede ser dividida en Circuito de Conmutación y Circuito de Control.

El Circuito de Conmutación es responsable por el establecimiento de la conversación.

Es una unidad pasiva formada por contactos de relés y sirve para transportar señales de voz de una entrada hacia una salida (figura 20).

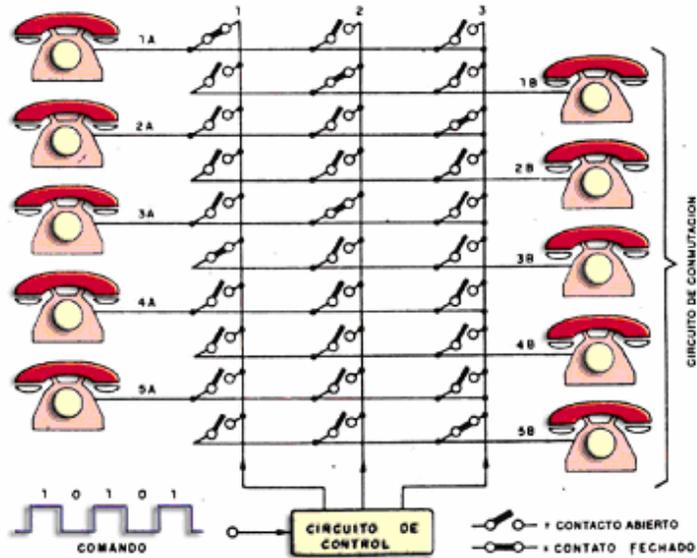


Figura 20

El circuito de control es la parte inteligente. Es el que recibe las informaciones del abonado de donde se originan las llamadas, toma decisiones e informa al circuito para que interconecte a los abonados A y B.

En la figura 20 se detalla el principio básico del funcionamiento de una central de conmutación en la forma de matriz de 10 x 3 para 10 abonados. Con esta configuración es posible que todos los abonados A hablen con los abonados B, siempre a pares, pero no simultáneamente. Por cuestión de simplificación, la central posee una cantidad de circuito de conversación menor de lo que sería necesario para interconectar todos los abonados dos a dos.

Esto se comprende fácilmente, pues no todos los abonados querrán hablar al mismo tiempo. Las centrales de gran tamaño son dimensionadas para un máximo de llamadas de 10%.

### 1.10 TIPOS DE CENTRALES TELEFÓNICAS

Dependiendo de la función que la central ejecuta, puede ser clasificada en tres categorías: local, tándem y tránsito.

## Central local

Es definida como una central en la que todos los teléfonos de una zona están conectados directamente y está ubicada de preferencia en el centro de la red, de manera que la conexión sea lo más corta posible (figura 21).

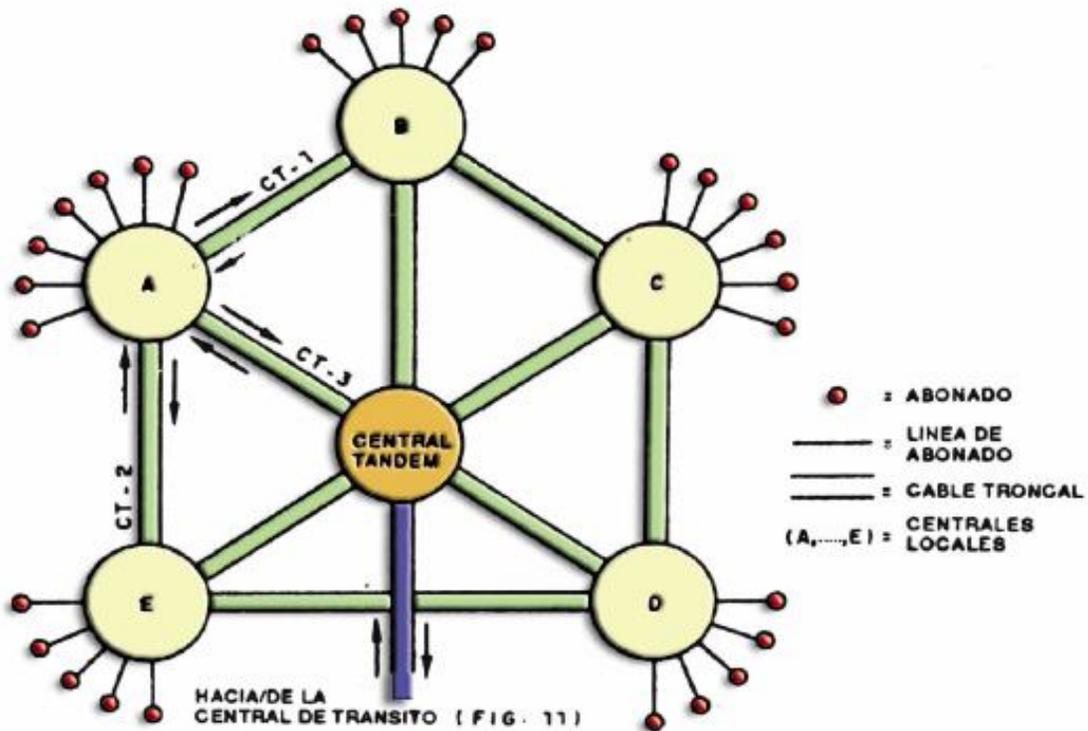


Figura 21

## Central tándem

Las centrales tándem (figura 22), sólo sirven para dirigir las llamadas a través de rutas alternativas y no tienen usuarios conectados. Las conexiones se hacen a través de pares de cables (línea de abonados) y entre las centrales a través de cables troncales (CT) con capacidad de hasta 10 mil 800 pares.

Cuando una conexión entre una central y otra cae en una ruta congestionada, el tándem dirige la llamada a una ruta alternativa.

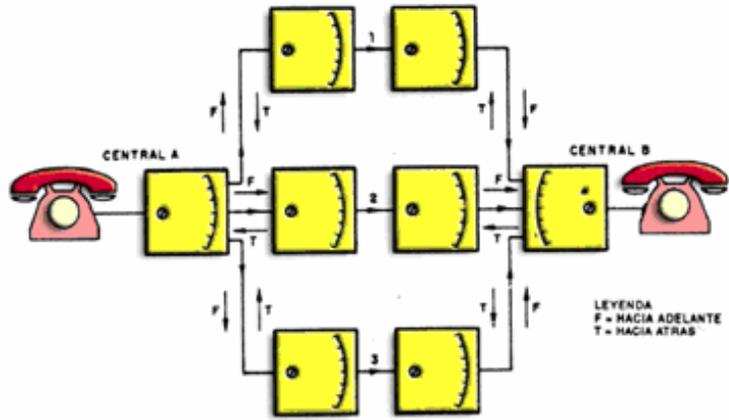


Figura 22

En la figura 22, la comunicación se puede hacer a través de tres rutas.

### Central de tránsito

Es definida como una central para interconectar diversas centrales tándem de una zona específica con centrales tándem de otra zona. Las conexiones de Larga Distancia Nacional (Lada) y Larga Distancia Internacional (Lada Internacional) son canalizadas a través de la central de tránsito hacia el medio de transmisión apropiado (figura 23). El mismo camino es recorrido en dirección opuesta por llamadas originadas en otras localidades.

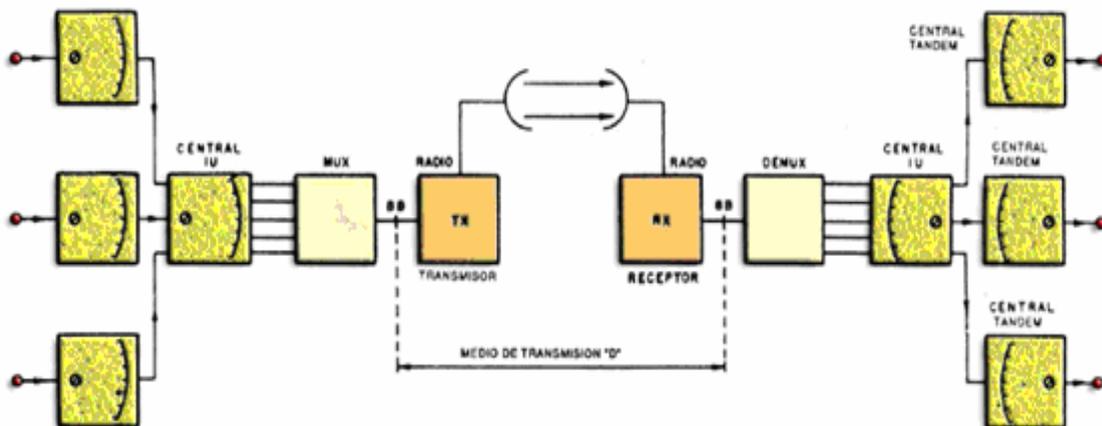


Figura 23

## 1.11 LA CONMUTACIÓN MFC

Cuando se hace una llamada telefónica, existen dos posibilidades: se nos conecta con un abonado de la misma central (figura 21), o con un abonado de otra central ubicado en la misma zona o en otra ciudad vía Lada Nacional o Lada Internacional (figura 23).

En caso de que el abonado solicitado sea de la misma ciudad, en algunos tipos de centrales la llamada es dirigida hacia la salida donde está conectado el abonado B. Aquí hay intercambio de informaciones en conmutación multifrecuencia (MFC) internamente a la central.

Cuando la conexión es para otra ciudad, es necesaria una interacción entre las centrales A y B involucradas (figura 22).

La comunicación se realiza a través de pares de frecuencias que presentan el número marcado, conocido por conmutación multifrecuencia MFC.

El intercambio MFC está compuesto por dos frecuencias senoidales divididas en frecuencias altas, que son 1.380, 1.500, 1.620, 1.740, 1.860 y 1.980Hz y frecuencias bajas, que son 1.140, 1.020, 900, 780, 660 y 540Hz (tabla 1).

FRECUENCIAS ENVIADAS HACIA ADELANTE ↓	NUMERO DISCADO EN LA CODIFICACION HEXADECIMAL															COMPOSICION DEL NUMERO LLAMADO ←
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	
	F0 +	F0 +	F1 +	F0 +	F1 +	F2 +	F0 +	F1 +	F2 +	F4 +	F0 +	F7 +	F2 +	F4 +	F7 +	
	F1	F2	F2	F4	F4	F4	F7	F7	F7	F7	F11	F11	F11	F11	F11	
F0 = 1380Hz	X	X		X			X				X					F0 = 1140Hz
F1 = 1500Hz	X		X		X			X				X				F1 = 1020Hz
F2 = 1620Hz		X	X			X			X				X			F2 = 900Hz
F4 = 1740Hz				X	X	X				X				X		F4 = 780Hz
F7 = 1860Hz							X	X	X	X					X	F7 = 660Hz
F11 = 1980Hz											X	X	X	X	X	F11 = 540Hz

↑  
FRECUENCIAS ENVIADAS HACIA ATRAS

Tabla 1

Las frecuencias usadas en la conmutación MFC están espaciadas por un intervalo de 120Hz. A pesar de que están ubicadas dentro de la banda de voz (0.3 a 3.4kHz), no son escuchadas por los usuarios.

Cuando se escuchan las frecuencias MFC durante la conversación, es debido al diálogo por diafonía entre líneas.

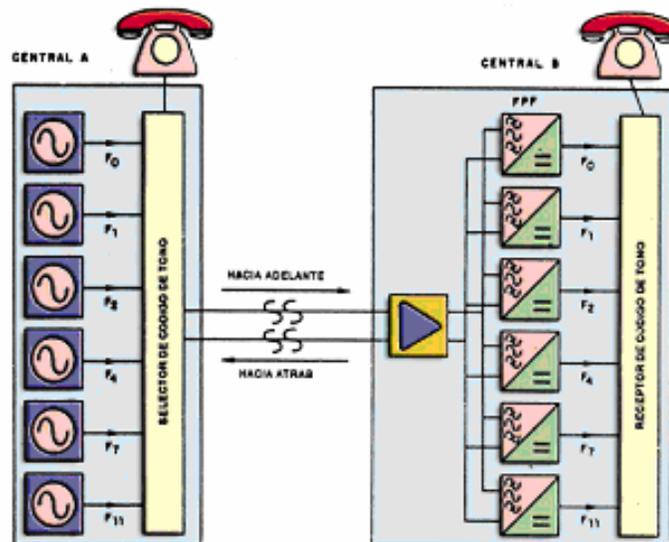


Figura 24

Durante la conmutación entre las estaciones A y B (figura 24), la comunicación se desarrolla de la siguiente manera: cuando el abonado A descuelga y marca el número del abonado B, secuencialmente, por ejemplo el 623-19XX, al marcar el seis comienza el intercambio de información entre las centrales y son disparadas hacia adelante las frecuencias  $F_2$  y  $F_4$ , respectivamente 1620 y 1740Hz.

La estación B recibe y selecciona esas frecuencias a través de los filtros pasabanda, detectando cada una y transformándolas en una tensión DC equivalente, que hace operar el relé correspondiente al número tecleado.

Después de haber recibido las dos frecuencias, identificándolas, la central B envía hacia atrás un par de frecuencias, F2 y F4, con otros valores o sea  $F2 = 900\text{Hz}$  y  $F4 = 780\text{Hz}$ . La central A las recibe, confirmando la identificación del primer dígito. El procedimiento se repite para los demás números.

El intercambio de informaciones en MFC entre centrales se da tanto entre la misma zona, vía cable troncal (figura 21) como en las conexiones Lada Nacional y Lada Internacional, vía radio, satélite o cable submarino (figura 23). La comunicación entre las centrales A y B, cuando están ubicadas en la misma zona, se da a través de línea física, en forma de red.

En el caso de que la conexión se dé a través de Lada Nacional o Lada Internacional, el procedimiento es más complejo: las señales MFC transitan a través de diversos medios (línea física, central de conmutación, MUX, radio, satélite, etc.) hasta los abonados.

### 1.12 SEÑALIZACIÓN TELEFÓNICA

Cuando se logra acceso al abonado B, el timbre avisa que hay una llamada. Para eso, en la estación B se dispara un generador de toque que opera en baja frecuencia (20 a 25Hz), con forma de onda senoidal y amplitud de 600V (RMS), con duración de 1s por 4s de silencio (figura 25).

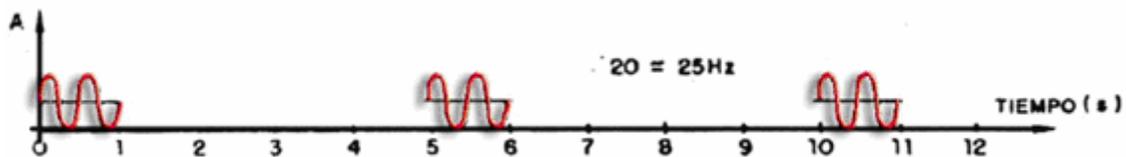


Figura 25

La tensión del generador de toque es aplicada sobre el timbre del teléfono del abonado B, a través del par A y B de la línea (figura 26). Al mismo tiempo,

po, envía una muestra de regreso, para que el abonado A perciba que el teléfono B está siendo llamado.

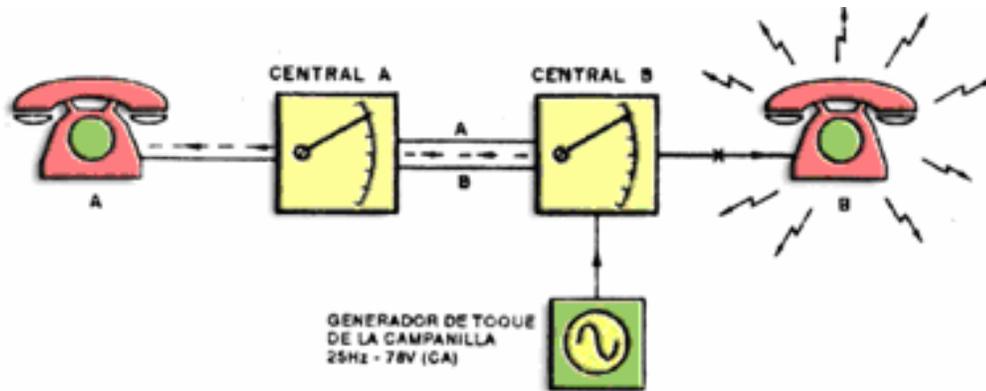


Figura 26

Si la línea del abonado B está interrumpida en un punto X, el timbre no sonará y el abonado A creerá que del otro lado de la línea no hay nadie.

### 1.13 LARGA DISTANCIA NACIONAL

Se entiende por conexión Lada (Larga Distancia Nacional) una conexión de un abonado de una ciudad con otro abonado dentro del mismo país, pero fuera de su zona numérica.

Cada país se divide en regiones numéricas primarias. A su vez, cada región es nuevamente dividida en áreas numéricas menores o áreas secundarias. Cada una comienza por el número de código, por ejemplo 1, (12, 13, 19). En la codificación, el primer dígito identifica el área secundaria dentro de ese estado o provincia.

Cada área telefónica fue dividida en áreas terciarias, identificadas por el tercer dígito. Cada área terciaria también cubre todas las ciudades menores dentro de su área. Cada área es identificada por un código Lada.

Para evitar problemas en la identificación de centrales, no pueden existir dentro del área numérica dos o más centrales con el mismo prefijo.

### 1.14 LARGA DISTANCIA INTERNACIONAL

La Lada Internacional es definida como una conexión con un abonado fuera del país donde se originó la llamada.

En estas conexiones, además de las regiones y áreas numéricas de cada país, debemos agregar el código internacional (tabla 2, columna 2).

1	2	3	4
PAIS	CODIGO DE IDENTIFICACION DEL PAIS	CIUDAD - SEDE	CODIGO DEL AREA DE LA CIUDAD SEDE
ESTADOS UNIDOS	1	CHICAGO SAN FRANCISCO	312 415
ESPAÑA	34	MADRID BARCELONA	1 3
ALEMANIA OCCIDENTAL	49	FRANCFORT MUNICH	611 89
ARGENTINA	54	CORDOBA MAR DEL PLATA	251 323
MEXICO	52	MONTERREY ACAPULCO	83 748
BRASIL	55	RIO DE JANEIRO BRASILIA	211 611

**TABLA 2 - Código del país y del área en el caso de conexión DDI.**

El código internacional comienza siempre por dos ceros (00) seguidos del código numérico del país. Para los efectos de la numeración, el mundo fue dividido en nueve zonas. Se debe recordar que las zonas 1 y 7 tienen código internacional de un dígito, mientras las demás son identificadas por dos o tres dígitos (tabla 2, columna 4).

La zona 1 cubre América del Norte y Central, con excepción de México, Cuba, Guatemala y Antillas; la zona 2 cubre África e islas adyacentes; las zonas 2, 3 y 4 cubren Europa, incluidos los países del este europeo; la zona 5 cubre América del Sur y parte de América Central: México, Cuba, Guatemala y Antillas; la zona 6 cubre Oceanía, incluidos Singapur, Tailandia y Australia; la zona

7 cubre Rusia; la zona 8 el Oriente Medio y sudeste asiático, incluida China y, finalmente, la zona 9 el resto de Asia, incluida India.

### **1.15 ACERCA DEL TELÉFONO**

A pesar de los avances tecnológicos de este siglo, el principio de operación de los teléfonos es básicamente el mismo desde que Alexander Graham Bell lo inventó, pues se siguen protocolos de comunicación y enlace similares a los que se estandarizaron cuando cobraron auge las primeras compañías telefónicas. Inclusive, los teléfonos electrónicos también deben respetar esas normas, pues deben garantizar la compatibilidad en el flujo de llamadas.

### **1.16 HISTORIA DE LA TELEFONÍA EN MÉXICO**

Cuando el teléfono llegó a México, hace más de 100 años, representó un sistema novedoso, pero causó desconfianza y temor. Hoy es un elemento imprescindible y de uso cotidiano en todas las comunidades.

El 13 de marzo de 1878 se efectuó la primera llamada entre la ciudad de México y la población de Tlalpan, a una distancia de 16 kilómetros.

El 15 de diciembre del mismo año se estableció oficialmente el servicio telefónico, al otorgársele un permiso a la Alfred Westrup & Co. para que instalara una red que uniera a las seis comisarías de policía con la inspección General, la oficina del gobernador de la ciudad y el Ministerio de Gobernación.

En su Informe de Gobierno de septiembre de 1880, Porfirio Díaz dio a conocer el uso del servicio telefónico en las actividades militares. Iniciaba marzo de 1881 cuando el señor Greenwood obtuvo del general Díaz, entonces Secretario de Fomento, la concesión para instalar una red telefónica en la ciudad de México. Un año después, 12 de febrero de 1882, Greenwood obtuvo nuevas

concesiones para expandir el servicio, que consideró oportuno vender a la Compañía Telefónica Continental.

A mitad de abril de 1882 se constituyó la primera empresa en territorio nacional, con el nombre de Mexican National Bell Telephone, sin embargo jamás llegó a dar servicio debido a conflictos de intereses de empresas extranjeras, que terminan cuando se asocian con la Compañía Telefónica Mexicana, conocida como Mextelco.

El 18 de julio de 1882 se formó una nueva empresa, cuyos socios eran George Lea Sanders, Thomas A. Watson, M.L. Greenwood y Emilio Berlines.

En septiembre, los ciudadanos demandan a través del periódico El Monitor Republicano que se instale un teléfono entre el Cuartel de Policía y la Inspección General. Para finales de 1882, se pretendía lograr comunicación más allá de nuestras fronteras.

El 24 de diciembre se intenta la comunicación entre Veracruz y Nueva York. En 1883 se logró la primera comunicación internacional entre Matamoros, Tamaulipas, y Brownsville, Texas.

En 1888 se editó el primer directorio telefónico.

En 1892 se obtuvo el registro legal de concesión del servicio público telefónico de las ciudades de México, Puebla, Oaxaca, Guadalajara y Veracruz. Años después, 1894, llegaron los conductores aislados, que permitieron mejorar la calidad de las transmisiones. Fue la sustitución del alambre por cable.

Al siguiente año se introdujo el conmutador múltiple completo o metálico, con capacidad de 2 mil líneas, de las que mil eran para uso inmediato.

Transcurría 1899 cuando la importancia del teléfono superó su precio, por lo que los usuarios estuvieron dispuestos a obtener los nuevos beneficios: el teléfono de extensión y el servicio telefónico de veladores.

El servicio nocturno consistía en que los vigilantes realizaban llamadas desde sus puestos, el mensaje se recibía en la central, las operadoras llevaban un registro que pasaban a los interesados. También se inició la utilización de aparatos de escritorio tipo "candelero".

En 1903 la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas otorgó una concesión por 30 años al señor José Sitzenstätter para la explotación del servicio telefónico en la capital y alrededores. El señor Sitzenstätter se relacionó con la L.M. Ericsson, ofreciéndoles la venta de la concesión y el 19 de abril de 1905 se hizo el traspaso. En noviembre del mismo año se le concede un nuevo contrato a la Compañía Telefónica Mexicana.

En octubre de 1904, la empresa de Teléfonos Ericsson, S.A., filial de la matriz sueca Mexikanska Telfonaktiebolaget Ericsson, inauguró su servicio con 300 suscriptores, y para finales de ese mismo año contaba con 650. El 18 de febrero de 1905 la Compañía Telefónica Mexicana aumentó su capital y cambió de nombre a Compañía Telefónica y Telegráfica Mexicana, S.A.

Seis años después (1911), la empresa Ericsson construye las líneas a Tlalnepantla y Cuautitlán, así se inicia el servicio interurbano; también se importaron de Alemania postes de acero de 20 y 24 metros, que se instalaron en las colonias Roma y Juárez.

Ericsson creció en un período de cuatro años hasta alcanzar 7 mil suscriptores, misma cantidad que la empresa mexicana. Este avance se debió a la

superioridad técnica de su aparato telefónico, con el cual se obtenía una mejor calidad en la transmisión.

Fue en 1914 cuando, por la escasez de material, las compañías frenaron el ritmo de crecimiento al inicio de la Primera Guerra Mundial, ya que la materia prima era utilizada para la fabricación de armamentos.

Debido a conflictos laborales, el 6 de enero de 1915 se intervino el servicio a la Compañía Telefónica y Telegráfica Mexicana, llegando a un embargo de las redes, situación que tardó en resolverse 10 años.

Al finalizar la Primera Guerra Mundial se reanudaron las investigaciones científicas y tecnológicas. En la telefonía se pensaba en la utilización de las comunicaciones eléctricas con ondas portadoras.

La compañía Ericsson contaba ya con 32 concesiones para líneas de servicio público y privado, adquiriendo dos estaciones portátiles inalámbricas marca Telefunken que permitían la comunicación a 200 kilómetros. Fue entonces cuando se decidió introducir el sistema telefónico automático. La idea era sustituir a las operadoras.

Fue en 1924 cuando la compañía Ericsson inauguró la primera central telefónica automática, conocida como la Central Roma, que comenzó a funcionar dos años más tarde, con capacidad de 10 mil líneas.

Durante el gobierno del general Calles (1924-1928) se ordenó cesara la intervención gubernamental a la Compañía Telefónica y Telegráfica Mexicana, S.A., y fue adquirida por la International Telephone and Telegraph Co. (ITT).

La Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas modificó la concesión a la empresa, respetando la autorización para la explotación comercial del

servicio con vigencia de 50 años, con la prohibición de un traspaso o cesión. De esta manera la ITT pudo competir con la Ericsson.

Por la cantidad de suscriptores y para diferenciar los teléfonos de cada empresa, se decidió que Ericsson utilizara dígitos y la otra, dígitos y letras. En 1925, siendo secretario de Comunicaciones y Obras Públicas el ingeniero Eduardo Ortiz, convino en tender el cableado entre México y Estados Unidos. El mismo año la Compañía Telefónica y Telegráfica Mexicana, S.A. obtuvo la concesión de larga distancia, otorgada a la empresa Ericsson un año después.

El servicio de Larga Distancia Nacional creció rápidamente y en poco tiempo se interconectó a la capital con San Luis Potosí, Puebla, Tampico, Saltillo y Monterrey. La empresa Telefónica y Telegráfica Mexicana, S.A., el 29 de septiembre de 1927 enlazó la primera conferencia entre México y Estados Unidos, siendo los protagonistas, el general Plutarco Elías Calles y Calvin Coolidge, respectivamente. Dos meses después, el 29 de noviembre, se inauguró la línea telefónica entre México y Canadá.

El 1 de julio de 1928 hubo comunicación con Europa, mediante la combinación de líneas de tierra y circuitos radiotelefónicos a través del Atlántico. En el servicio transoceánico quedaron incluidos el Distrito Federal, Querétaro, San Luis Potosí, Saltillo, Monterrey, Tampico y Nuevo Laredo, que podían comunicarse con Inglaterra, Escocia, Gales, Alemania, Holanda, Bélgica, Francia, Suecia y Dinamarca. Con España sería hasta el 30 de noviembre. El servicio tenía horario de 6:30 AM a 10:00 PM., hora de México, con tiempo efectivo de 12 minutos por llamada en momentos de congestión. De 60 mil aparatos telefónicos instalados, sólo 30 mil se conectaron al servicio internacional.

Los únicos países de América con los que se había logrado comunicación eran Estados Unidos, Canadá y Cuba. Hasta el 3 de abril de 1930 se enlazaron Norte y Sudamérica.

Esta comunicación se logró gracias a un circuito transmisor y receptor ubicado en Buenos Aires y Nueva York. Las empresas responsables fueron la Compañía Internacional de Radio (de Argentina) y la American Telephone and Telegraph Co. (de Estados Unidos).

Para solucionar la competencia entre empresas, ITT inició negociaciones para una posible fusión, estudiándose esta posibilidad en las dos matrices extranjeras. En 1936 el presidente Cárdenas les informó que deberían enlazar sus líneas y combinar sus servicios.

En 1946, la Compañía Telefónica y Telegrafía Mexicana, S. A. adoptó el sistema de seis cifras, anteponiendo un tres y cambiando la letra que usaba como prefijo por el dígito que correspondía en el disco del aparato telefónico.

El 2 de agosto de 1946, el gobierno anunció la fusión de la compañía Ericsson y Compañía Telefónica y Telegrafía Mexicana, S. A. El costo ascendió a 12 millones de pesos, cantidad destinada a la compra de aparatos, los primeros en su género, diseñados por técnicos holandeses y estadounidenses.

A finales de los años 40, en México se vivía un proceso de industrialización acelerado; bajo ese marco, el 23 de diciembre de 1947 se constituyó Teléfonos de México, SA (Telmex), iniciando operaciones el 1 de enero de 1948. La constitución de Teléfonos de México fue producto de las negociaciones entre L. M. Ericsson de Estocolmo y Axel Wenner-Green, interesados en que una em-

presa mexicana asumiera el servicio que prestaba Teléfonos Ericsson, S. A., financiada desde 1929 con capital extranjero.

La nueva función de Ericsson era proveer material, equipo, asesoría técnica y administrativa a la naciente empresa mexicana. El acuerdo consistió en que Telmex pagara 2.5% anual de su ingreso bruto a L. M. Ericsson hasta 1957, y 3% de 1958 en adelante.

Durante su primer año de labores, Telmex se dedicó a enlazar en forma automática los dos sistemas existentes: el suyo y el de la Compañía Telefónica y Telegrafía Mexicana, S. A., trabajo que fue inaugurado por el presidente Alemán el 9 de enero de 1948.

El 29 de abril de 1950, Teléfonos de México adquirió la Compañía Telefónica y Telegrafía Mexicana, S. A. Para finales de 1950, Telmex aumentó 4.3% el número de aparatos, lo que implicó la ampliación de la capacidad de plantas y de circuitos de larga distancia en 32 poblaciones del país.

Entre 1950 y 1952 se inauguraron 32 oficinas telefónicas incorporadas a la red nacional, ya que en el Distrito Federal había una demanda acelerada de suscriptores. El 1 de abril de 1952 entró en vigor la Ley del Impuesto sobre Ingresos por Servicios Telefónicos, que gravaría 10% el servicio de larga distancia y 5% el local.

En 1953 se puso el servicio de microondas entre el Distrito Federal y Puebla, con 23 canales telefónicos, y se introdujo el servicio medido.

Gracias al apoyo del secretario de Comunicaciones y Obras Públicas, arquitecto Carlos Lazo, Teléfonos de México concibió su "Plan cinco años", que consistía en colocar en el mercado acciones y obligaciones, tanto comunes co-

mo normativas y al portador, para obtener recursos y establecer 25 mil nuevos servicios por año.

En 1956, Telmex decidió proveerse de equipo fabricado en el país, por lo cual se constituyó, el 5 de diciembre, la compañía Industria de Telecomunicación, S. A. de C. V. (Indetel), con capital de L. M. Ericsson y la ITT.

El 30 de octubre de 1957 se puso en marcha el servicio de télex entre el Distrito Federal y Acapulco.

En 1959 fue inaugurado el edificio de Telmex ubicado en Parque Vía, el cual permitió el aumento de la capacidad de las centrales automáticas.

La mexicanización de Telmex inició en el verano de 1958, cuando se llevaron a cabo, en Estocolmo, Suecia, las reuniones entre representantes mexicanos y directivos de L. M. Ericsson e ITT con el fin de obtener permiso de transacción ante el departamento de control de cambios del Banco de Suecia y conseguir la garantía del precio de intercambio. En agosto del mismo año, Ericsson de México dejaba de operar en el país.

En 1960 se instalaron las primeras 10 casetas públicas en la ciudad de México; la empresa tuvo una destacada participación en el mercado accionario neoyorquino, introdujo el sistema aire seco, aumentó el servicio de larga distancia, e instaló el servicio de conmutación automática entre Cuernavaca y el DF.

Pese a algunas huelgas menores, Telmex adquirió la Compañía Tabasqueña de Teléfonos, S. A. de C. V., que prestaba servicio a Villahermosa y ciudades aledañas. Éste y otros hechos permitieron a México ocupar entre 1961 y 1962, según la publicación *The World's Telephone*, el séptimo lugar a nivel mundial en cuanto a desarrollo tecnológico y el primero en el continente.

En verano de 1962 fue lanzado el satélite Telstar, patrocinado por el sistema Bell y la Nasa; fue el primero en funcionar con microondas. Esto permitió que México, Monterrey y Nuevo Laredo mejoraran sus servicios de conmutación automática de larga distancia, ya que las operadoras mexicanas podían marcar el número telefónico de cualquier abonado incluido en la ruta, además de los de Canadá y Estados Unidos. El sistema fue inaugurado el 11 de enero de 1963.

El 14 de mayo de 1963 se llevó a cabo la primera transmisión televisiva desde Cabo Cañaveral hacia México, con la intención de cubrir el lanzamiento al espacio del astronauta estadounidense Gordon Cooper. Telmex transmitió el acontecimiento a través de dos canales de microondas, uno de operación y otro de reserva, con 21 estaciones repetidoras. Además de ese acontecimiento, se pudieron transmitir sucesos como el asesinato del presidente J. F. Kennedy y la visita del primer mandatario francés Charles De Gaulle.

El segundo quinquenio de la década de los 60 fue difícil para Telmex, aunque logró importantes avances necesarios por la creciente demanda de usuarios: la instalación de nueve centrales para la automatización del servicio en el DF; la ampliación y modificación de la ruta de la red de cables subterráneos, debido a la nueva Red del Sistema de Transporte Colectivo (Metro); la edición del primer directorio telefónico por calles; en el interior de la República inició el servicio "Pentaconta", de los primeros en América Latina, que permitía la coordinación automática de llamadas con el sistema de selectores tipo "Crossbar", con un cierre de contactos entre 30 y 50 mil milisegundos; así como la instalación de 28 centrales del sistema télex para grandes empresas.

En 1966 Telmex firmó convenio con la empresa Guatemalteca de Telecomunicaciones Internacionales para establecer enlace telefónico con ese país.

En septiembre de 1965 se instaló el primer equipo LADA 91 (nacional) en Toluca, Estado de México, pero hasta 1967 varias ciudades de la República se incorporaron al sistema. Para 1968 se aplicaría en toda la república y se anexaría el nuevo servicio de emergencia 07.

El acontecimiento más importante de 1968 fueron los Juegos Olímpicos, y para ellos se instaló una red subterránea de 284 kilómetros de ductos, 203 mil 400 kilómetros de conductores y 19 mil 840 teléfonos y el primer cableado coaxial en el mundo para troncales urbanas.

Durante el mismo año, el presidente Díaz Ordaz puso en marcha la Torre de Telecomunicaciones y, simbólicamente, la estación terrestre de Tulancingo, Hidalgo, con una antena de 105 pies de diámetro, que permite cubrir 60 países por medio de satélites artificiales.

En 1969, México participó como vicepresidente del consejo de directores de la Organización Mundial de Telecomunicaciones Vía Satélite (INTELSAT); organismo que permitió la consolidación del servicio de larga distancia, con una comunicación directa a Roma, para luego hacerlo a otros países de América del Sur y Europa.

En 1970, Telesistema Mexicano quedó comunicado con más de mil líneas en el Distrito Federal, 334 en Guadalajara, 291 en León, 247 en Toluca y 247 en Puebla, para la transmisión del Campeonato Mundial de Fútbol celebrado en México, evento para el que, además, se contó con 100 casetas de larga distancia en los centros de prensa y 129 líneas privadas para uso de télex y

teléfono. Al mismo tiempo se añadió en el Valle de México un dígito a los números telefónicos, se antepuso el 5 a los existentes, para llegar a siete cifras.

El 20 de julio de 1970 se inauguró el nuevo sistema automático de larga distancia (Lada 95), el primero en su tipo en América Latina; la primera conexión se hizo entre Toluca y Washington, D.C.

Debido a la demanda del servicio en general, el 27 de julio de 1973 el presidente Echeverría inauguró el aparato 2 millones con una comunicación al pueblo de Santiago Tlanquistenco, Estado de México. Por las mismas fechas, estando en función los servicios Lada 91 y 95, se inauguró el Lada 92 en la central neoleonense de Santa Catarina. Por su lado, el servicio de microondas permitió se interconectarán México y Belice.

En 1975 se inauguró el servicio de larga distancia internacional a Caracas, Venezuela, con la clave Lada 98; se instaló una red con mil 832 nuevos servicios. Se participó de forma directa y destacada para transmitir los Juegos Deportivos Panamericanos, cuya sede fue México.

El 10 de marzo de 1976 se conmemoró el primer centenario del invento del teléfono, por lo que Telmex obtuvo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes la renovación de la concesión para ofrecer servicio 30 años más.

La telefonía digital sustituyó y perfeccionó el sistema analógico, a través de la codificación de voz en forma binaria, gracias a la computación, que permitía el uso de la información con rapidez.

Alec Reever fue quien en 1938, en Francia, patentó la codificación Pulse Code Modulation (PCM) conocida como Modulación por Impulsos Codificados (MIC). La función es la transmisión y transcripción de información por medio de

una serie de dígitos binarios. A causa de los limitados avances tecnológicos de esa época, no se logró el desarrollo esperado y fue hasta 1969 cuando el sistema MIC se instaló en la red troncal metropolitana de nuestro país.

El 26 de junio de 1980, Teléfonos de México se incorporó al uso de sistemas digitales. En 1981 se instaló el teléfono 5 millones en el Conjunto Nacional de Telecomunicaciones (Contel) y Teléfonos de México adquirió las acciones de la Compañía Telefónica Ojinaga.

En ese año se llevaron a cabo nuevos avances técnicos. El primero fue la puesta en operación del sistema autotelefónico radiomóvil, que prestaba la empresa Radiomóvil DIPSA, operando en las bandas radiofónicas de 450-470 y 470-512 megahertz. El segundo, la instalación de los primeros enlaces con fibras ópticas y la inauguración en Tijuana de la primera central electrónica digital de larga distancia en México, de la filial Teléfonos del Noroeste.

En abril de 1983, la banca nacionalizada otorgó a Teléfonos de México un crédito de 3 mil 750 millones de pesos que permitió a la empresa inaugurar las primeras centrales digitales AKE en México y Puebla, y se constituyó la Compañía Mitel de México, S.A. de CV., que fabrica conmutadores electrónicos y semiconductores. En este año se colocó el teléfono 6 millones.

Un hecho trascendental para las telecomunicaciones mexicanas ocurrió el 28 de junio de 1985: entró en órbita el satélite Morelos I, que inició operaciones dos meses después.

Continuando con su expansión, el 5 de julio de 1985 Teléfonos de México puso en servicio el primer aparato multilínea rural (AMR) en Los Reyes, Estado de México. Este aparato fue diseñado por técnicos mexicanos.

El satélite Morelos II fue lanzado el 27 de septiembre. En el trasbordador espacial viajaba el primer cosmonauta mexicano, doctor Roberto Neri Vela, consolidándose así el proyecto Sistema Morelos de Satélites.

Teléfonos de México cumplió 40 años en 1987, con la instalación de teléfonos públicos de alcancía con teclado de marcación y un microprocesador digital que ofrecen servicios como Lada 91, 95 y 98. 1988 fue un año importante. El 10 de febrero se reinauguró el Centro Telefónico San Juan. Se instaló el aparato 8 millones, operó el servicio Lada 800 de larga distancia automática por cobrar, destinado para la industria y el comercio.

Durante la IX Reunión Anual de Planeación Corporativa de Teléfonos de México, el 26 de septiembre en San Juan del Río, Querétaro, se realizó la primera videoconferencia. Se inauguró la central de Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), que permitía utilizar en forma simultánea una línea digital para transmitir voz, datos, vídeo y fax. Telmex llegó a 8.8 millones de teléfonos.

En 1994, Telmex colocó en zonas rurales 31 RAM para anexar a la red 493 poblaciones. En febrero de 1989 inició la larga distancia internacional por cobrar para llamadas desde y hacia Estados Unidos y se desarrolló el servicio de larga distancia automática desde casetas públicas Ladatel.

Se instalaron mil 903 aparatos y se incorporaron dos nuevas modalidades de pago: Tarjeta de crédito (Ladamático).

En el primer semestre de 1989 se instaló como prueba piloto una central Indetel RDSI-12.

## CAPÍTULO 2.

### SISTEMA DE MULTIPLEXIÓN TDM y FDM

#### 2.1 INTRODUCCION

Desde sus orígenes, las comunicaciones telefónicas trataron de efectuarse ahorrando lo máximo posible, tanto en equipos como en espectro (rango de frecuencias), con el fin de enviar la mayor información por un solo vínculo. De esta manera nació el sistema de multiplexación.

Dos son los más utilizados: Multiplexación por División de Tiempos (TDM) y Multiplexación por División de Frecuencia (FDM). El proceso inverso se conoce como demultiplexación.



En técnicas digitales se demuestra que un multiplexor permite que una entrada ingrese a la salida por medio de información aplicada a ciertas líneas de selección. Si se hace la selección en forma cíclica y alternada, se tienen muestras correspondientes a las distintas entradas y como la transmisión se hace en forma ordenada y sincrónica, se conoce qué información corresponde a cada canal.

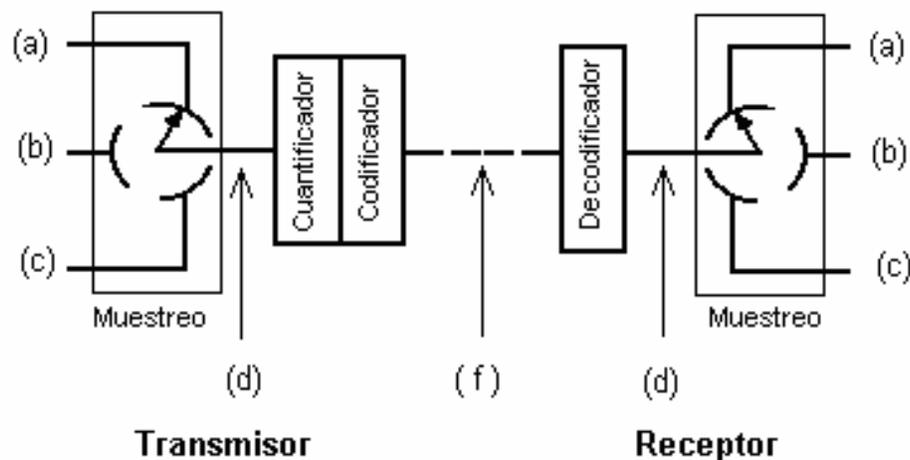
## 2.2 PCM

La Modulación por Impulsos Codificados (MIC) o (PCM) por sus siglas en inglés (Pulse Code Modulation), es un procedimiento de modulación utilizado para transformar una señal analógica en una secuencia de bits.

En el sistema PCM, la señal analógica del canal telefónico es sustituida por una sucesión de muestras de corta duración, retiradas de la señal original a intervalos periódicos, en la forma de pulso y pausa, codificada normalmente en una secuencia de 8 bits.

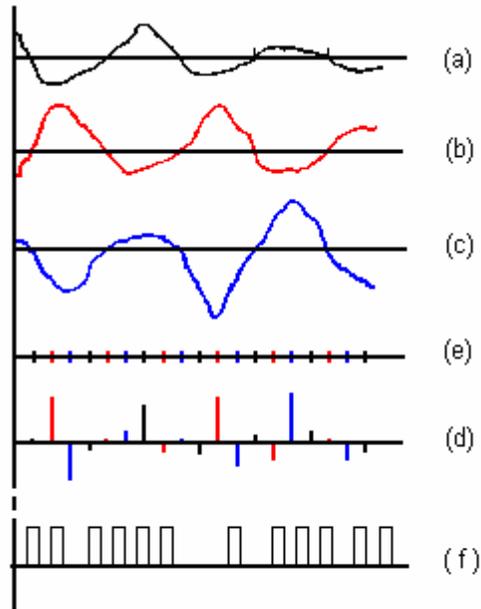
En la figura 1 se muestra la disposición de los elementos que componen un sistema que utiliza la Modulación por Impulsos Codificados.

Por razones de simplificación, sólo se representan los elementos para la transmisión de tres canales.



**Figura 1.- Disposición de elementos en un sistema MIC**

En la figura 2 se observan las formas de onda en distintos puntos del sistema anteriormente representado.



**Figura 2.- Formas de onda en diversos puntos de un sistema MIC**

Las funciones de las etapas del sistema se detallan a continuación.

### 2.3 MUESTREO

Es el proceso por el cual la señal analógica es muestreada a intervalos regulares, transformándose en señal PAM.

Consiste en tomar medidas del valor de la señal “n” veces por segundo, con lo que tendrán “n” niveles de tensión en un segundo. Así, cuando en el sistema de la figura 1 se aplican en las entradas de canal las señales (a), (b) y (c) (figura 2), después del muestreo se obtiene la forma de onda (d).

De acuerdo con el teorema de muestreo (Teorema de Shanon/Nyquist), para recuperar la señal analógica no es necesario enviar toda la forma de onda, sino sólo una secuencia de muestras.

Para satisfacer el teorema de Shanon/Nyquist, la frecuencia de muestreo  $f_A$  debe ser por lo menos dos veces mayor que la mayor frecuencia de señal a

transmitir. En el caso del canal telefónico, cuya banda útil considerada es de 0.3 a 3.4kHz, se puede usar  $f_A = 2 \times 3.4 = 6.8\text{kHz}$ , pero por una cuestión técnica se usa internacionalmente  $f_A = 8\text{kHz}$  (recuerde que se limita el canal en 4kHz, luego  $2 \times 4\text{kHz} = 8\text{kHz}$ ). A través del proceso de muestreo se obtiene una secuencia de pulsos, la amplitud de cada uno de los cuales corresponde a la amplitud de la señal analógica muestreada en ese instante. La suma representa el formato de la señal analógica (figura 3).

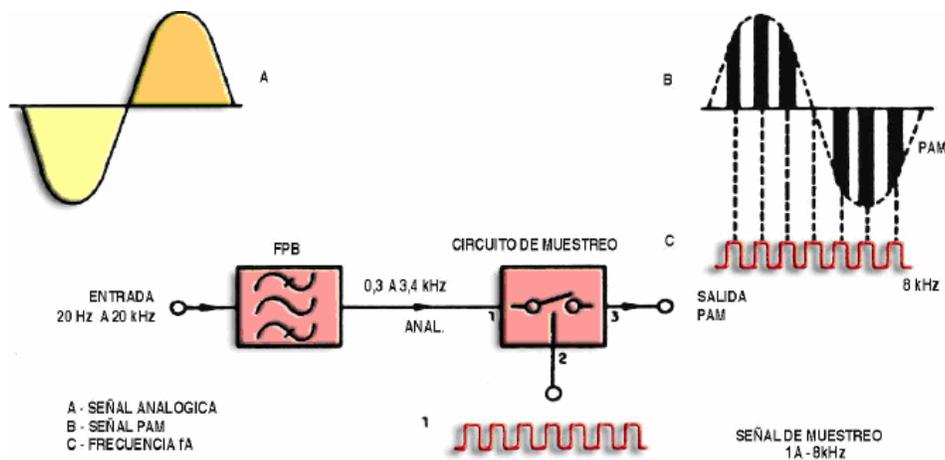


Figura 3

Para un canal telefónico de voz, es suficiente tomar 8 mil muestras por segundo, o lo que es lo mismo, una muestra cada 125  $\mu\text{seg}$ . El tiempo de separación entre muestras podría ser destinado al muestreo de otros canales mediante el procedimiento de multiplexación por división de tiempo.

## 2.4 CUANTIZACIÓN

En la cuantización se asigna un valor discreto a cada nivel de tensión obtenido en el muestreo. Como las muestras pueden tener un infinito número de valores en la gama de intensidad de la voz, gama que en un canal telefónico es de aproximadamente 60Db, o una relación de tensión de 1000:1, con el fin de

simplificar el proceso, se aproxima al valor más cercano de una serie de valores predeterminados.

En la figura 4 se tiene una señal analógica muestreada en PAM, con ocho pulsos, siendo cuatro con polaridad positiva y cuatro negativos. Las amplitudes de los pulsos PAM son redondeadas por el circuito de cuantización. Así, en el esquema mostrado, donde los desniveles de cuantización son de 1V, el pulso nº 1, con amplitud de entrada de aproximadamente 0.8V es redondeado al nivel de 1V en la salida. El pulso nº 2, con amplitud de 2.54V, es redondeado para un nivel de 3V; lo mismo se hace con los demás pulsos de entrada.

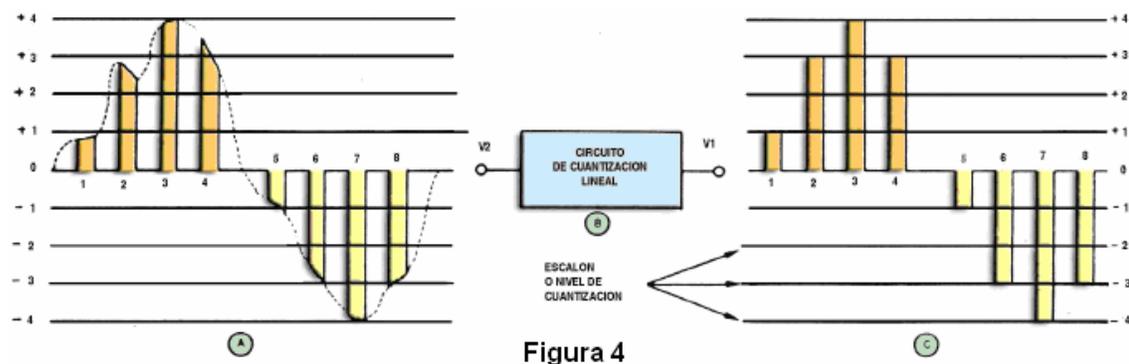


Figura 4

Debido al proceso de redondeado, los pulsos PAM recuperados en el lado de la recepción no serán más que una reproducción fiel de los pulsos aplicados en la entrada. El proceso de cuantización provoca un pequeño deterioro en la calidad de la información recibida. La diferencia entre las amplitudes de los pulsos en la entrada y en la salida del circuito, induce a un error de cuantización. Este se manifiesta en la salida del sistema en forma de ruido "Q", semejante al ruido blanco.

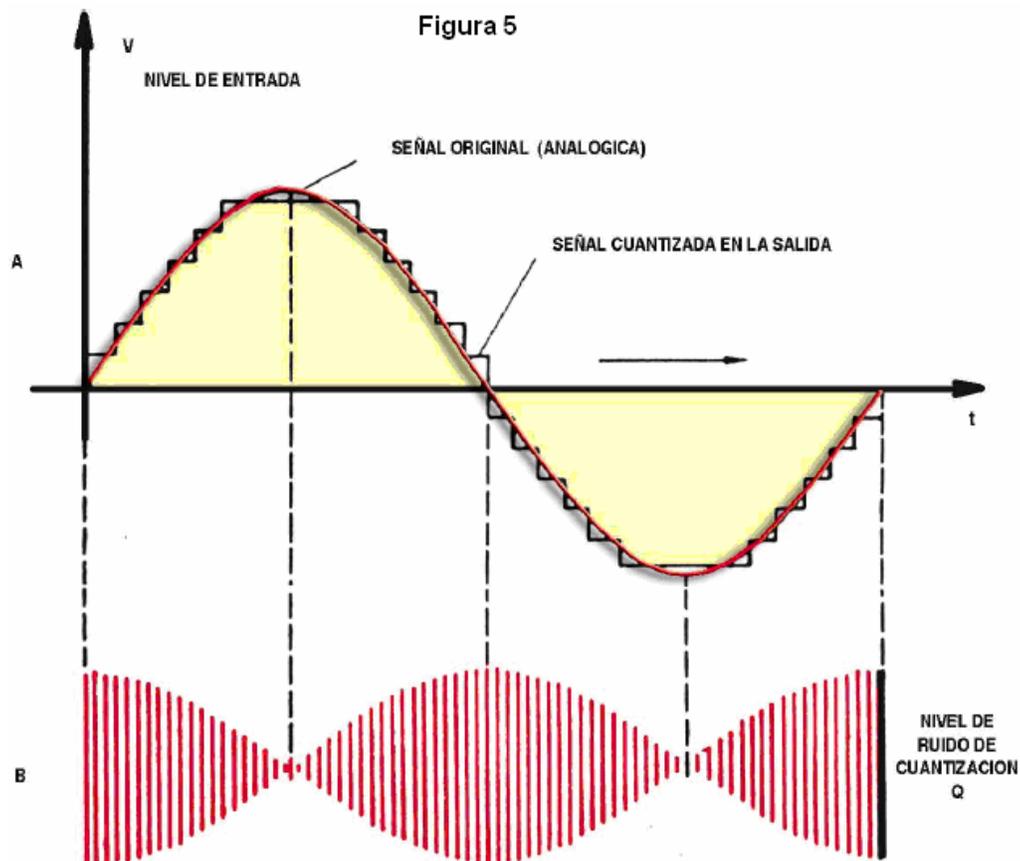
En cuanto a la variación de niveles de cuantización o niveles de decisión, las curvas son clasificadas en lineales y no lineales.

## 2.5 CURVA DE CUANTIZACIÓN LINEAL

En la cuantización lineal, la graduación del eje vertical, correspondiente a los niveles de decisión, obedece a una variación lineal, o sea, la graduación de los valores del eje Y es constante.

Los intervalos son fijados en valores predeterminados, igualmente espaciados (figura 4).

En la cuantización lineal, la relación señal/ruido (S/Q) empeora para los pulsos de baja amplitud, mejorando para los pulsos de mayor amplitud.



En la figura 5A se tiene una señal analógica siendo cuantizada y en la figura 5B el nivel del ruido Q, resultante del error de cuantización. Se puede observar que el nivel de ruido Q alcanza su valor máximo en los puntos donde la

señal analógica pasa por el eje cero, región donde la señal analógica presenta baja amplitud.

Esto puede ser ejemplificado de la siguiente manera: suponiendo que el pulso de entrada tenga amplitud de 0.5V, la amplitud del pulso será redondeada hacia un valor inmediatamente superior, aparecerá en la salida con 1V; en este caso hubo un error de 50%, equivalente a un ruido muy elevado.

Por otro lado, la amplitud media de la señal de voz, en una conversación telefónica normal, tiene un nivel nominal de -15dBm, puede llegar en algunos casos a -40dBm y comprometer el uso de la cuantización lineal.

En razón de eso, la curva con variación lineal es poco usada en el sistema PCM, la más usada es la curva con variación no lineal (hiperbólica o logarítmica). En esta última, la relación señal/ruido es constante e independiente de la amplitud de la señal en la entrada del MUXPCM.

## **2.6 CUANTIZACIÓN NO LINEAL**

El sistema de transmisión PCM debe ser capaz de transmitir señales de voz con gran variación de amplitud (60dB o más), así mantiene una relación señal/ruido constante en toda la banda de variación.

Para mantener la relación señal/ruido constante, las señales PAM de baja amplitud deben ser más reforzadas que las de mayor amplitud.

En el sistema PCM se consigue haciéndose los intervalos entre dos niveles consecutivos más estrechos para niveles de baja amplitud y más espaciados para los más altos.

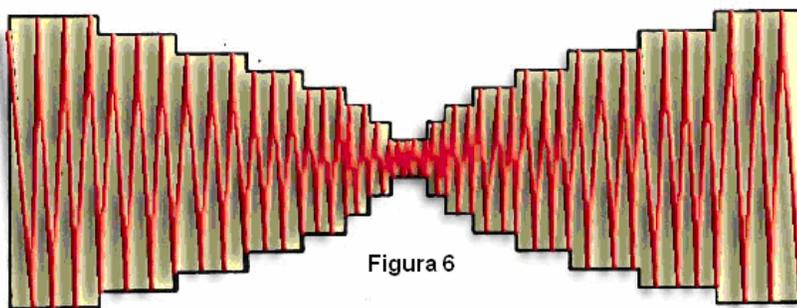
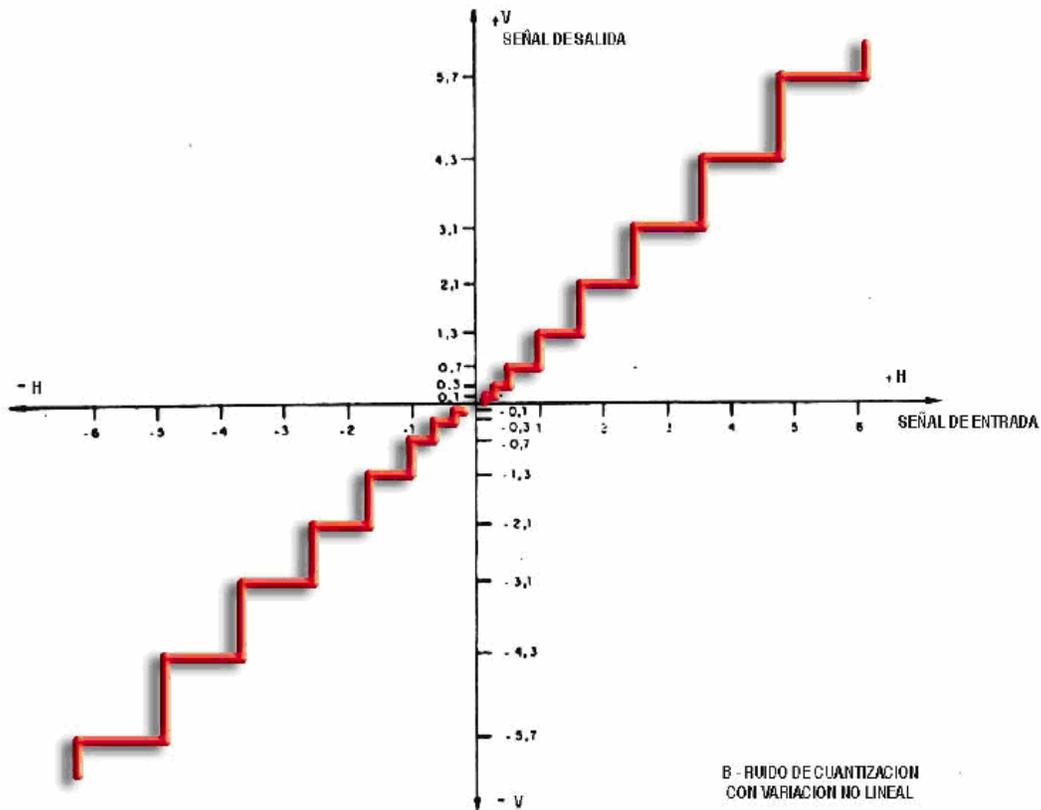


Figura 6

La figura 7 muestra una curva de cuantización con variación no lineal en donde los intervalos próximos al punto de cruce de los ejes son menores, y a medida que se alejan aumentan. También se observa que no sólo los intervalos son menores, sino también los valores asumidos por cada intervalo. El nivel de ruido de cuantización mostrado en la figura 7 aumenta a medida que se aleja del punto de cruce; lo mismo ocurre con la señal PAM. Como la amplitud de los pulsos PAM y el nivel de ruido aumentan en la misma proporción, significa que



El segmento de recta N° 1 es común al 1º y 3º cuadrante, formando un solo segmento, totalizando 13 segmentos, de ahí la denominación de curva de 13 segmentos.

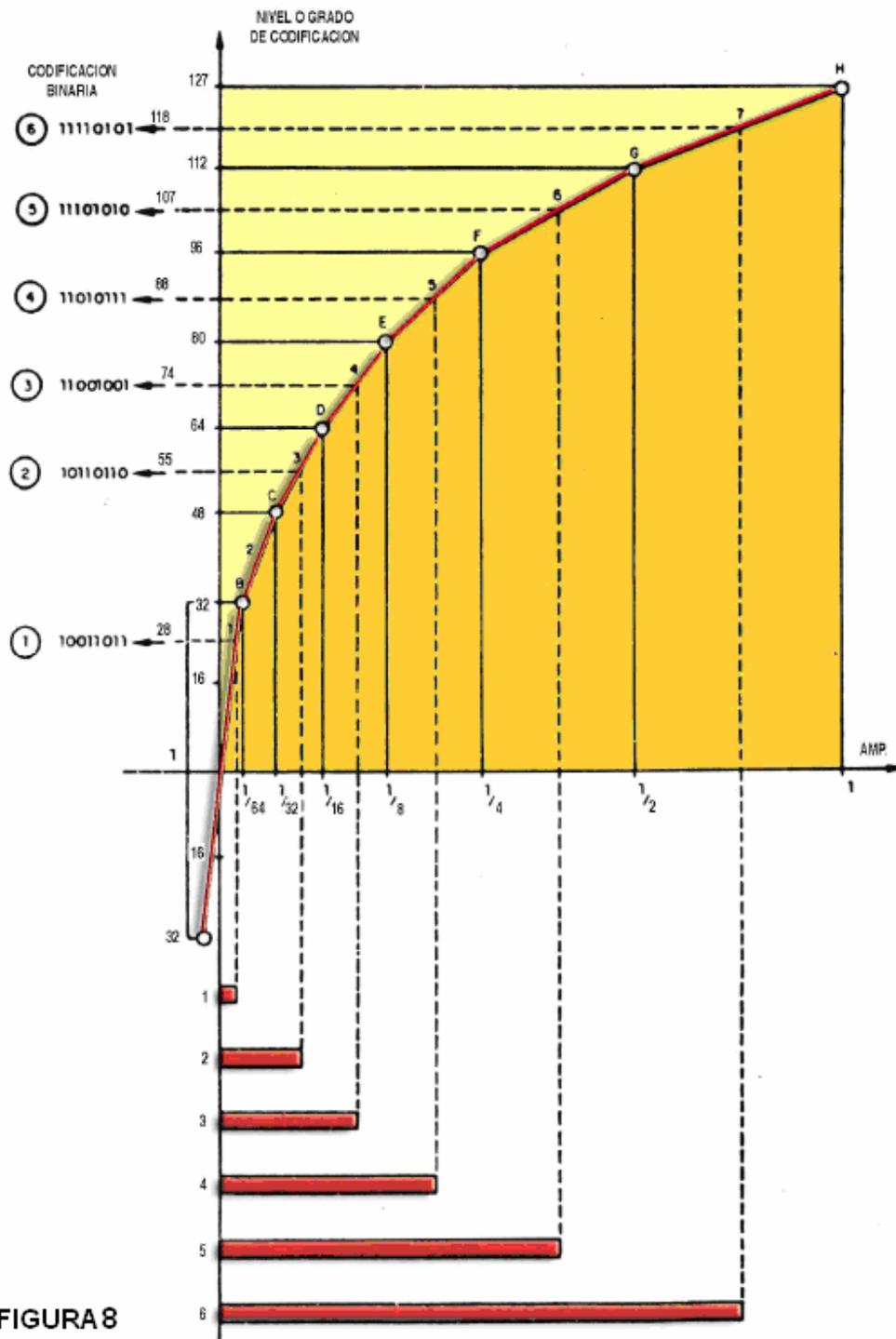


FIGURA 8

En la figura 8, el segmento N° 1 está formado por 64 niveles, siendo 32 en el 1º cuadrante y 32 en el 3º cuadrante, lo que equivale a 64 segmentos. En el diagrama está representada con detalles sólo la parte positiva, o sea, la que está dentro del 1º cuadrante de la figura 7.

Los intervalos ubicados en el eje X para señales de pequeña amplitud son menores, equivalen a una variación logarítmica aproximada.

Los intervalos próximos al punto de cruce de los ejes X-Y son muy pequeños, aumentando a medida que se alejan del cruce. Los segmentos 1 y 2 están casi en la vertical, quedan paralelos al eje Y; los pulsos de entrada, cuyas amplitudes están ubicadas en estos intervalos, son reforzados, como por ejemplo el pulso N° 1; por lo tanto esta curva presenta una variación no lineal.

A su vez, para el segmento de recta N° 7, a pesar de que el eje X en este intervalo presenta mayor variación, los pulsos cuya amplitud caen en este intervalo, como por ejemplo el pulso N° 6, no sufrirán casi ningún refuerzo.

Como se observa, la curva de la figura 10 es de transferencia no lineal, por eso es la más usada en la cuantización de las señales PAM/PCM.

## **2.7 CODIFICACIÓN**

En la codificación, a cada nivel de cuantificación se le asigna un código binario distinto, con lo cual ya tenemos la señal codificada y lista para ser transmitida.

La forma de onda sería la indicada como (f) en la figura 2.

En la codificación PCM se usa la codificación binaria, formada por dos niveles discretos ("1" y "0"), como en la columna 6 de la tabla 1.

**Tabla 1**

Número del pulso, ver figura 10	Posición de los pulsos dentro del segmento	Nivel de cuantización correspondiente	Nivel dentro de los 16 intervalos de cada segmento	Valor del Bit								Nivel transmitido por la línea
				1	2	3	4	5	6	7	8	
1	1	28	11	1	0	0	1	1	0	1	1	
2	3	55	6	1	0	1	1	0	1	0		
3	4	74	9	1	1	0	0	1	0	0		
4	5	88	7	1	1	0	1	0	1	1		
5	6	107	10	1	1	1	0	1	0	1		
6	7	118	5	1	1	1	1	0	1	0		

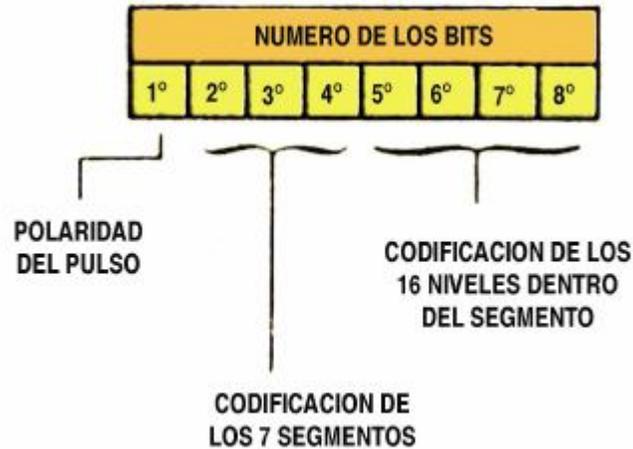
La necesidad de codificar los pulsos PAM presentes en la salida del circuito de muestreo se debe a dos hechos:

- 1) Si los pulsos fueran transmitidos en la forma original, las diferentes amplitudes serían fuertemente atenuadas, debido a la distorsión provocada por los medios de transmisión.
- 2) El circuito de identificación/detección del lado de la recepción sería muy complejo, debiera reconocer las diferentes amplitudes de pulsos PAM, que necesitan por lo menos 100 niveles para representar la señal de voz.

Usando la codificación binaria, los códigos son representados por dos niveles discretos ("1" y "0"), lo que simplifica el proyecto del decodificador. Además, los bits "1" y "0" no son afectados seriamente por la distorsión de la línea, pues el detector los verá como simples presencia y ausencia de nivel.

La señal binaria formada por "1" y "0" se obtiene a partir de la codificación de los intervalos de cuantización y de la polaridad de los pulsos. Considerando que cada información es codificada por un bit, que asume dos valores ("1" y "0"), se pueden tener  $2_n$  códigos posibles. En la codificación PCM se adoptó  $N=8$ , pues ése es el valor que mejor satisface el compromiso entre el ancho de los pulsos y la banda ocupada por los mismos.

## 2.8 CODIFICACIÓN DE LOS PULSOS PAM EN UNA PALABRA DE 8 BITS



**Figura 9**

Los pulsos PAM, antes de ser transmitidos, se codifican en una palabra con 8 bits (figura 9).

El primer bit es usado para la polaridad del pulso, o sea, indica si es negativo o positivo. Cuando el pulso a ser codificado está por encima del eje cero, el primer dígito es codificado como "1" y cuando está por debajo del eje cero es codificado como "0" (tabla 1, col. 5).

Los tres dígitos siguientes sirven para codificar los segmentos de recta, numerados de 1 a 7 (figura 9).

Así, se tiene una tabla de 13 segmentos, siendo seis en el 1º cuadrante, por lo tanto positivos, y seis en el 3º cuadrante, por lo tanto negativos, además del N° 1 que es común al 1º y 3º cuadrante al mismo tiempo.

Para efectos de la codificación, sólo serán codificados los siete segmentos positivos o los siete negativos, pues la polaridad del pulso PAM ya fue determinada por el 1º dígito.

La curva de cuantización (figura 8) está formada por 256 niveles de cuantización, siendo 128 positivos y 128 negativos, divididos en 13 segmentos. A su vez, cada segmento está compuesto por 16 niveles, con excepción del primero, que está formado por 64 niveles.

Una vez identificada la polaridad y el segmento en el cual el pulso está ubicado, no hay necesidad de identificar el nivel entre los 256 niveles, sino sólo uno entre los 16 niveles del segmento en cuestión.

Así, los 16 niveles son codificados por los cuatro dígitos restantes.

Pero debido a que sólo disponemos de cuatro dígitos, el número de bits no es suficiente, pues el número decimal 16, cuando es codificado en binario ocupa cinco dígitos, o sea  $(16)_{10} = (10.000)_2$ .

Para subsanar este inconveniente, se usa el siguiente procedimiento: el nivel 1 dentro del segmento es considerado por convención como el número cero; siguiendo el mismo razonamiento, el nivel 16 pasa a ser 15; el segmento continúa teniendo 16 niveles, pero numerados del 0 al 15 (figura 10-B3).

En la figura 8 hay seis pulsos PAM de entrada, con diferentes amplitudes, todos positivos y en consecuencia ubicados encima del eje cero.

Así, en el ejemplo el primer dígito de la codificación será siempre "1". El pulso N° 1, de baja amplitud, ubicado dentro del 1º segmento de la recta, tendrá su amplitud nivelada con cuantización 11, del primer segmento (columna 4 de la tabla 1).

Por lo que el pulso N° 1 es codificado dentro de la palabra de 8 dígitos (figura 9) con el siguiente código binario: 1 - 001 - 1011.

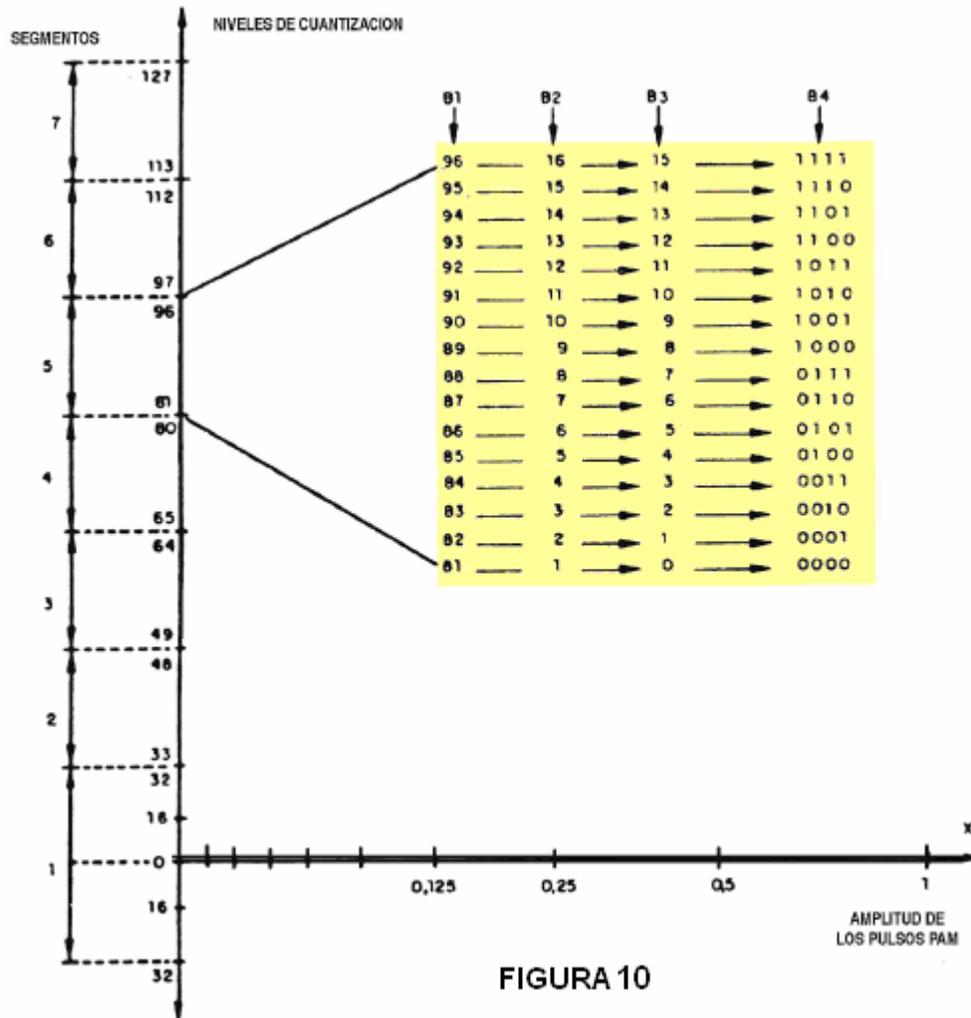


FIGURA 10

La figura 10 muestra un ejemplo de cómo se hace la codificación de los 16 niveles dentro de un determinado intervalo, en este caso el del N° 5. Los niveles dentro de ese segmento comienzan en 81 y terminan en 96, con un total de 16. En la columna B1 se observa la relación entre los niveles de cuantización numerados de 81 a 96 y los 16 correspondientes, dentro del segmento en estudio. En la columna B3 de la figura 10 existen los 16 niveles numerados de 0 a 15 y en la columna B4 la codificación binaria correspondiente a esos 16 niveles. La codificación usada en la columna B4 es la misma de los cuatro últimos bits de la palabra de 8 dígitos (figura 9).

Todo el procedimiento puede usarse en la codificación de los demás niveles dentro de cualquiera de los siete segmentos.

## 2.9 PERIODO Y VELOCIDAD DE MUESTREO

Considerando la frecuencia de muestreo como 8.000Hz, el tiempo gastado para hacer un barrido completo de los 32 canales es:

$$TA = \frac{1}{fA} = \frac{1}{8000} = 125\mu S$$

Considerando que se emplea tiempo para muestrear los 32 canales, el muestreo de cada canal dura:

$$TD = \frac{TA}{32} = \frac{125\mu S}{32} = 3.9\mu S$$

Al muestrear una frecuencia de  $fA = 8.000\text{Hz}$  para la señal analógica de cada canal; a su vez, cada muestra obtenida es codificada en 8 bits.

De tal forma que para muestrear un canal telefónico, se usa una frecuencia de  $8.000 \times 8 = 64.000 \text{ bps} = 64 \text{ kbps}$ . Para muestrear los 32 canales que componen el sistema básico, o de primer orden, se usa una velocidad de  $64 \text{ kbps} \times 32 = 2048 \text{ kbps} = 2,048 \text{ Mbps}$ . En la tabla 2 se observa un resumen de los principales parámetros del sistema básico de 3.012 canales visto arriba.

Parámetro analizado	Magnitud
Frecuencia de muestreo	8kHz
Cantidad de muestra por canal	8000/s
Duración de 1 ciclo de barrido	125 $\mu$ s
Duración de 1 muestra, 1 bit	3,9 $\mu$ s
Nº de bits por palabra	8
Velocidad de muestreo de 1 canal	64 kbps
Velocidad de muestreo de los 32 canales telefónicos	2048 kbps

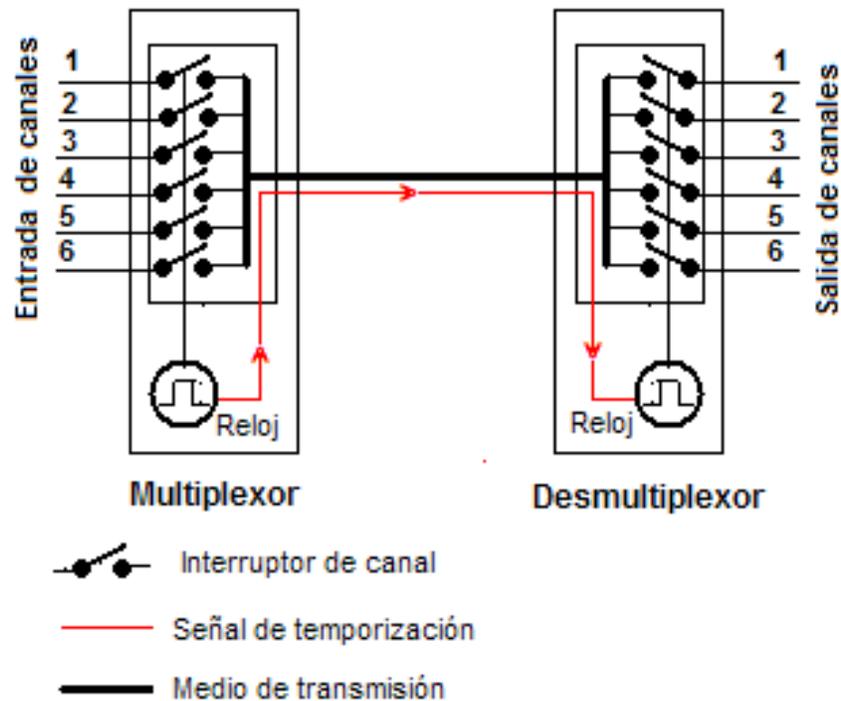
**Tabla 2: Datos del sistema básico de 1º orden, 30 + 2 canales.**

## 2.10 MULTIPLEXIÓN TDM DE LOS CANALES TELEFÓNICOS

La multiplexión por división de tiempo (MDT) o (TDM), del inglés Time Division M

ultiplexing, es la más utilizada, especialmente en sistemas de transmisión digital.

En ella el ancho de banda es asignado a cada canal durante una fracción del tiempo total (intervalo de tiempo).



El tiempo para muestrear los 32 canales es de 125ms, ya que cada muestra tiene una duración de 3,9 $\mu$ s, tiempo muy pequeño comparado de 125 $\mu$ s (figura 12).

En los intervalos entre retirar la primera muestra de un canal dado y el retiro de la segunda, son enviadas muestras de otros canales a ser transmitidos.

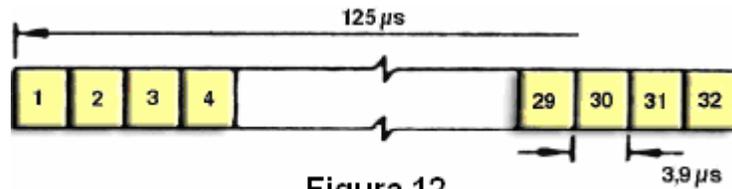


Figura 12

Así, las palabras de código de 8 bits de diversos canales telefónicos son transmitidas en secuencia cíclica. Entre dos palabras de código de un mismo canal son introducidas en secuencia palabras de código de otros canales, formando un tren de pulsos continuos.

El circuito de muestreo o MULTIPLEXOR puede ser representado por una llave rotativa que hace un barrido completo cada 125 μs. En la primera vuelta de la llave, la misma retira la primera muestra de los 32 canales; en la segunda vuelta retira la segunda muestra y esto se repite hasta completar el muestreo de los 32 canales. Las muestras son codificadas y transmitidas en forma de tren de pulsos.

En la secuencia de la figura 13 hay un ejemplo de cómo ocurre la multiplexación en el tiempo, tomándose como ejemplo la multiplexación de tres canales. En la figura 13 A está la señal analógica de los tres canales muestreados en el tiempo. No se debe olvidar que son muestreados a una velocidad de 8 mil muestras por segundo.

En la figura 13 B aparecen los pulsos PAM correspondientes a los tres canales. Como se puede observar, las amplitudes de los pulsos representan la variación en el tiempo de las amplitudes de las señales analógicas vistas en la figura 13 A.

En la figura 12 C se ven los tres canales multiplexados en el tiempo, donde los pulsos retirados de uno de los canales son intercalados entre los de los otros dos canales.

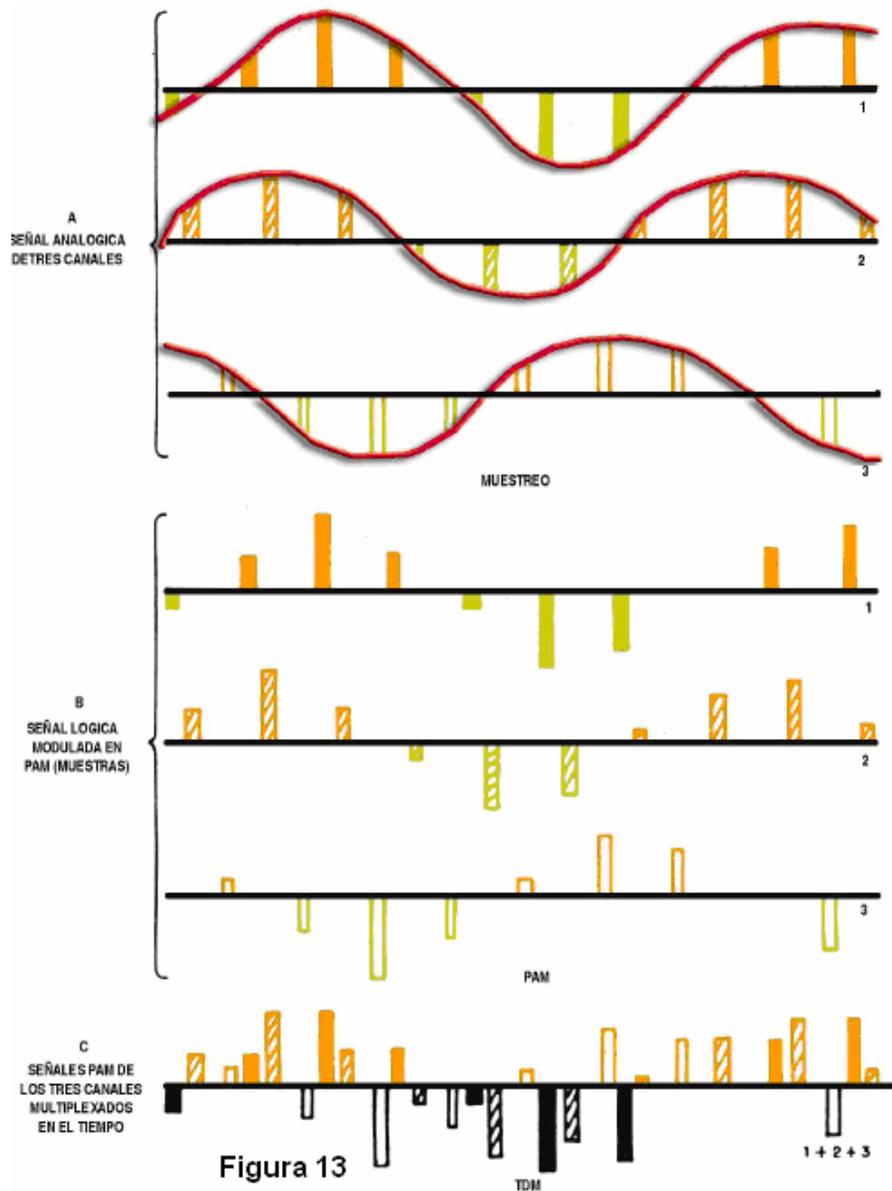


Figura 13

El procedimiento descrito en la multiplexación de los tres canales es válido para la multiplexión de los 32 canales; lo que cambiará en este caso es que

se tendrán más muestras viajando por la línea, siendo una colocada al lado de la otra (figura 13 C).

## **2.11 RECUPERACIÓN DE LA SEÑAL ANALÓGICA**

En la recepción se realiza un proceso inverso, con lo que la señal que se recompone se parecerá mucho a las originales.

La decodificación de las señales PCM es el proceso inverso de la codificación; mientras la codificación convierte la señal analógica en muestras y éstas en un código de 8 bits, la decodificación, a partir de los 8 bits, convierte muestras y éstas en señal analógica.

Primeramente, los 32 canales recibidos a través del medio de transmisión son separados por el circuito de demultiplexación; la señal codificada de cada canal es enviada a su respectivo circuito. Las muestras codificadas recibidas son inicialmente convertidas en una señal PAM.

Como se sabe, las muestras codificadas transportan diversas informaciones así como la polaridad de pulsos, ubicación dentro del segmento y del nivel dentro de ese segmento. Es a través de esas informaciones que el circuito de decodificación del lado B recompondrá la señal PAM transmitida de A. Así, a partir de las muestras recibidas, la señal analógica aplicada en la entrada del canal (lado A) es reconstituida en la salida.

La figura 14 muestra un diagrama básico simplificado por un decodificador, formado por dos bloques. La señal PCM, codificada en una palabra de 8 bits, es aplicada a la entrada del decodificador, donde el tren de pulsos es transformado en señal PAM en la salida, con el mismo formato de la señal PAM

aplicada en la entrada. La señal analógica o señal de voz es reconstituida a partir de la señal PAM recuperada.

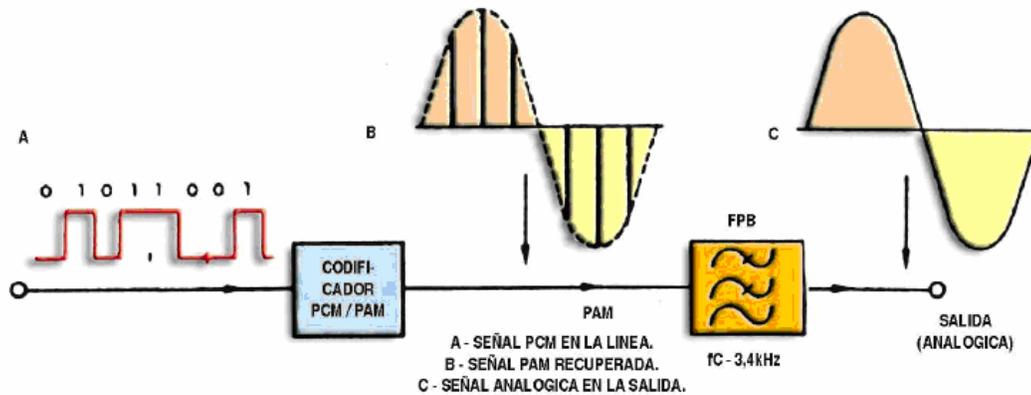


Figura 14

Esta es aplicada al filtro pasabajas (FPB) con frecuencia de corte  $f_c = 3.4\text{kHz}$ , dejando pasar sólo la frecuencia fundamental (0.3 a 3.4 kHz), donde la señal PAM es convertida en la analógica correspondiente.

## 2.12 FORMACIÓN DE SISTEMAS PCM DE JERARQUÍA SUPERIOR

El equipo PCM de primer orden tiene capacidad de multiplexar y transmitir 30 canales telefónicos, con velocidad de muestreo de 2.048kbps. Cuando hay necesidad de transmitir un número superior a éste, los canales son agrupados a través de la multiplexión.

Para conseguirlo, se agrupan cuatro sistemas de primer orden y forman un sistema de segundo orden con capacidad máxima de 120 canales y velocidad de muestreo de 8.448 kbps; el mismo es válido para los demás sistemas (tabla 2).

De esta forma, cuatro sistemas de orden inferior son agrupados para formar un sistema de orden inmediatamente superior. A través del agrupamiento sucesivo se puede llegar hasta sistemas de quinto orden con capacidad

máxima de 120 canales y velocidad de muestreo de 8.448 kbps; el mismo es válido para los demás sistemas (tabla 3).

<b>Jerarquía del sistema</b>	<b>1º Orden</b>	<b>2º Orden</b>	<b>3º Orden</b>	<b>4º Orden</b>	<b>5º Orden</b>
Número máximo de canales telefónicos por sistema	30/2	120	480	1920	7680
Velocidad o tasa de transmisión	2048 kbps	8448 kbps	34,368 Mbps	139,268 Mbps	564,992 Mbps

**Tabla 3: Formación de sistema PCM de orden superior**

En la técnica PCM, la información es transmitida en forma digital, siguiendo la tendencia actual, por ejemplo de las redes RDSI, fibras ópticas, centrales digitales y sistemas PCM de orden superior. El uso de la técnica de transmisión PCM está aumentando cada día para poder usar los cables de pares de la red telefónica ya existente. Con la técnica PCM es posible transmitir hasta 30 canales telefónicos multiplexados, a través de una línea antes usada para transmitir sólo un canal.

En los comienzos de la transmisión PCM, los equipos estaban limitados a sistemas de primer orden, con 30 + 2 canales telefónicos (se tratará más a fondo en FDM). Con el desarrollo de los circuitos integrados de alta velocidad de conmutación es posible multiplexar sistemas PCM de quinto orden, con capacidad de 7 mil 680 canales telefónicos por sistema, y configuraciones superiores.

### **2.13 FDM: SISTEMA DE MULTIPLEXIÓN POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA**

Consiste en modular la información de cada canal por medio de portadoras de distintas frecuencias, sumar la información y enviarla por un mismo vínculo de comunicaciones (figura 15).

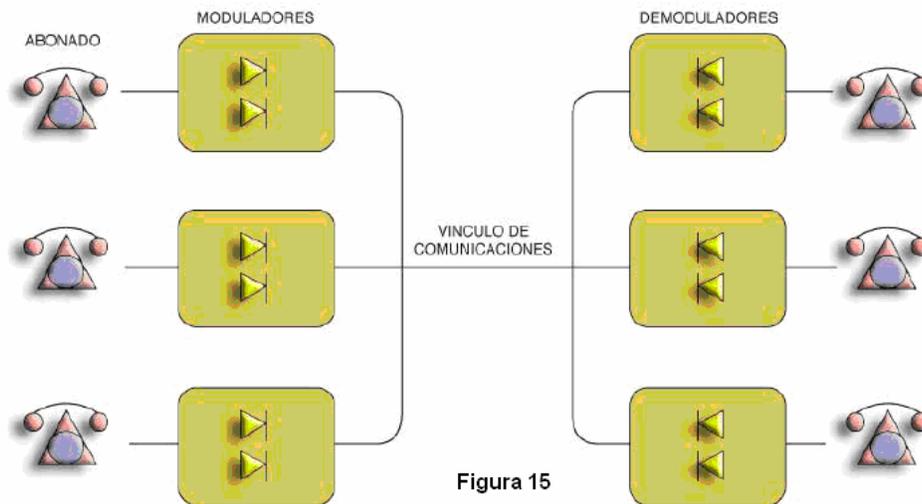


Figura 15

Si se desea multiplexar dos canales con portadoras P1 y P2, respectivamente, a la salida de uno se obtendrá la información de cada canal en doble banda lateral, luego, por medio de los respectivos filtros, se rescata la banda lateral superior y las sumas para transmitirlos por un mismo vínculo.

Si las portadoras están lo suficientemente separadas, no habrá superposición de la información transmitida (figura 16).

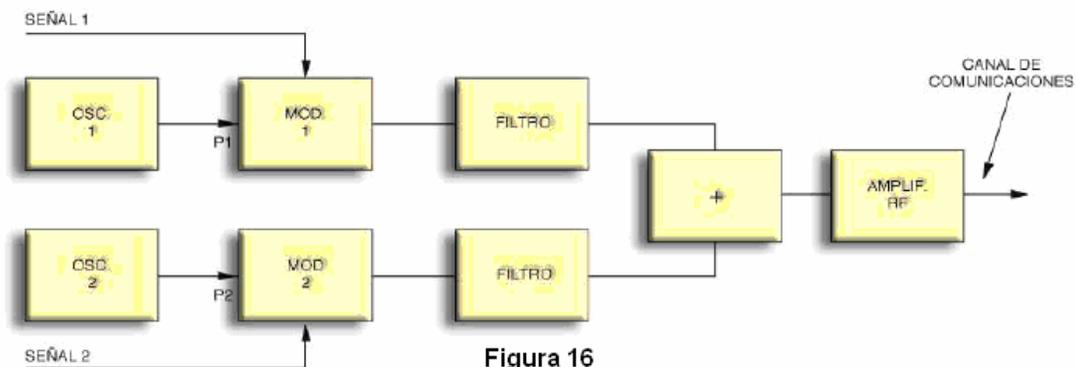
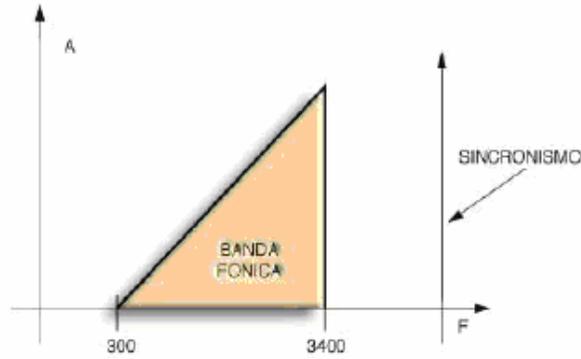


Figura 16

Normalmente, la banda fónica va de 300 a 3.400Hz, pero puede quedar libre la banda entre 0 y 300Hz y entre 3.400 y 4.000Hz. Por lo tanto, como información se envían las señales necesarias entre 300 y 3.400Hz (figura 17).

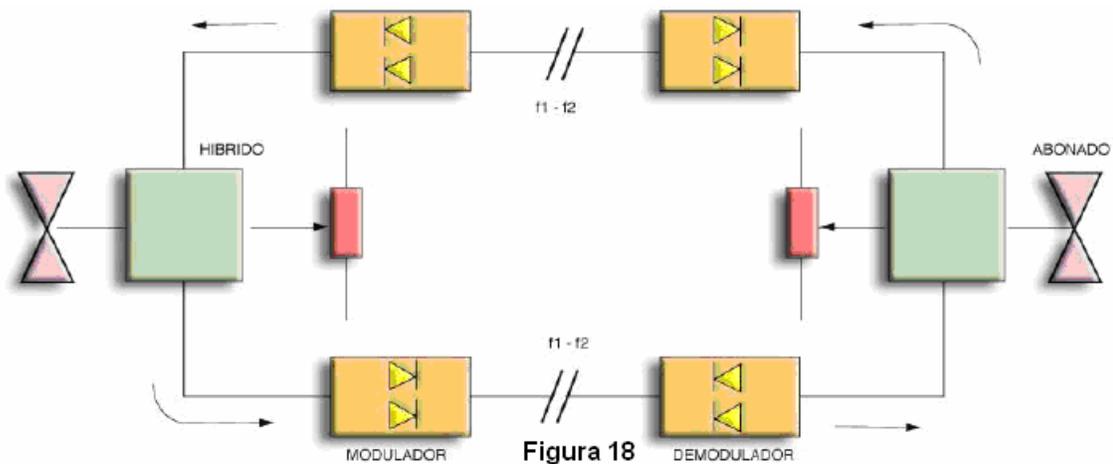


**Figura 17**

El ancho de banda del vínculo de comunicaciones determina la cantidad máxima de canales que se pueden transmitir por él.

### 2.14 FDM A CUATRO HILOS

Se denomina FDM al sistema de multiplexión por División de Frecuencia. Antes que nada, recuerde que el abonado posee dos hilos. Un híbrido separa TX-Rx (transmisión de recepción). Hecho esto, se modula Tx y Rx de cada canal con igual portadora y se efectúa la comunicación con idénticas frecuencias por medio de un vínculo formado por cuatro hilos reales (figura 18). En la figura 18 se expresa cómo se conforman las señales en un sistema FMD.



**Figura 18**

En este tipo de sistema, cada canal telefónico se modula en un modulador balanceado con portadoras diferentes y se transmite en BLU.

Todos los canales toman BLS o BII con una separación de 4kHz por canal. La portadora de cada modulador debe estar separada 4kHz.

Para entender mejor, supongamos que se quieren Tx dos canales telefónicos por FDM, para lo que se usan dos portadoras P1-P2. A la salida de cada modulador se colocan dos filtros pasabanda para tener BLI o BLS.

La salida de estos filtros es la entrada de un acoplador que enviará las dos informaciones por un solo vínculo de Tx.

En la figura 19, los canales se modulan en amplitud y se observa que las P1 y P2 están separadas a 4kHz.

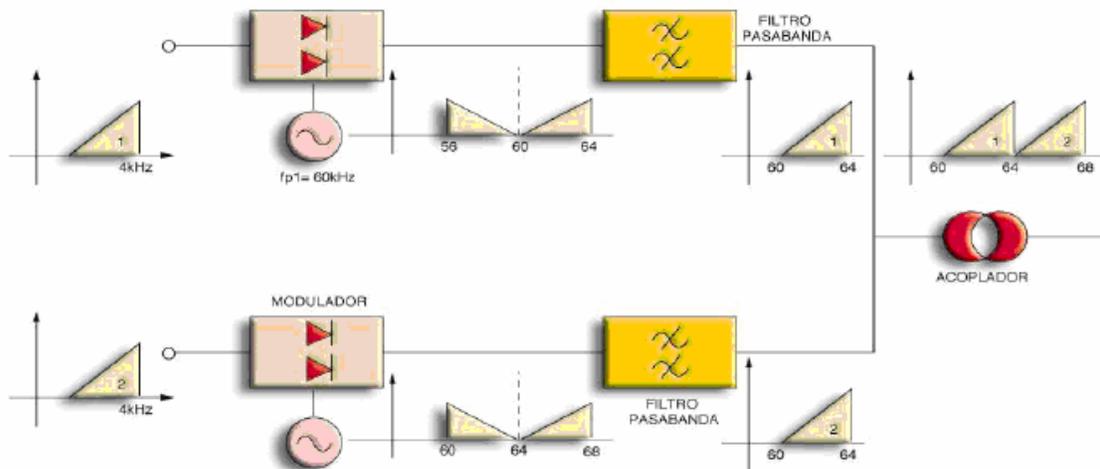


Figura 19

No hay Tx de portadora, pero sí señales de sincronismo y señalización junto al paquete transmitido.

## **CAPITULO 3**

### **LA TELEFONÍA CELULAR EN MÉXICO**

#### **3.1 ORIGEN DE LA TELEFONÍA CELULAR EN MÉXICO**

Aunque desde 1921 en Estados Unidos se comenzó a usar la radio móvil, precursora de lo que en nuestros días conocemos como telefonía móvil, los primeros pasos para implantar los sistemas de voz desde lugares en donde no se contaba con un teléfono fijo, en nuestro país comenzaron muchos más tarde, siendo prácticamente en la década de los años 40 cuando se tuvieron los primeros servicios a través de un sistema de comunicación llamado SOS, que era un teléfono en los automóviles que podía enlazar a los usuarios a través de bases instaladas en la ciudad y lograr así una comunicación que era de muy baja calidad.

Pese a esas deficiencias, el servicio tuvo su mayor desarrollo entre empresarios que requerían estar en contacto constante con sus oficinas, y pronto se convirtió también en un lujo, pues contar con teléfono en el auto era sinónimos de un alto poder adquisitivo.

Se abría con el servicio SOS un amplio mercado aún sin explorar, pero para su implementación se requería de inversiones millonarias, pues había que instalar la infraestructura necesaria para operar como era la instalación de torres y células que cubrieran la mayor parte de la ciudad.

Durante la década de los años 80, Iusacell inició la carrera hacia la telefonía celular, al mismo tiempo que en la ciudad se desarrollaba una industria paralela que era la de los pager o bippers, aparatos de radio que permitían a un

usuario recibir mensajes hablados, en una primera fase, y escritos o alfanuméricos en una segunda etapa.



**Bipper de principios de los años 80**  
**Figura 1**

Aunque estos aparatos de radiocomunicación resultaban muy útiles para las personas que necesitaban mantenerse en contacto con su familia, oficina y proveedores, la imposibilidad de establecer una conversación directa e instantánea como las que proveen en la actualidad los teléfonos celulares, marcó su pronta desaparición.



**Logo de la marca IUSACELL MR**

Iusacell se convirtió así en el primer proveedor de telefonía móvil y tuvo el mercado en sus manos durante algunos años, pero la falta de visión a futuro de parte del ingeniero Alejo Peralta, dueño de ese consorcio industrial, así como de sus descendientes, terminó por ceder el mercado a otros empresarios que vieron en este nuevo sistema de comunicación un verdadero filón de oro.

En 1977 fue cuando se inició en México la competencia por el dominio de las comunicaciones inalámbricas.

Aunque Iusacell consolidó la telefonía celular durante la década de los años 80 enfocándose principalmente hacia los mercados de las tres ciudades más grandes del país (Distrito Federal, Guadalajara y Monterrey), su crecimiento se vio limitado debido al esquema de pospago, que permitía que el servicio, por lo caro que resultaba, solamente pudiera ser utilizado por el segmento de población de la clase media alta y alta, ya que para su contratación se requería contar con tarjeta de crédito y los teléfonos disponibles solamente se concedían a los usuarios en calidad de préstamo, pues al cancelar el servicio éstos debían ser devueltos a Iusacell o en caso contrario, pagarlos a un elevado costo.

Durante esos años, los 80, también hubo el intento de Elektra por masificar el uso de los celulares, sacando al mercado un aparato que consistía en un maletín que se colgaba al hombro (la batería) y el auricular, que se colocaba a un lado o por encima de este. Eran los primeros modelos fabricados por Motorola, que resultaban además de pesados muy estorbosos y, por lo tanto, incómodos para el transporte, sobre todo en los servicios públicos.

Esa fue también la causa de que la estrategia de Elektra fracasara al poco tiempo.

Previendo el auge que esta naciente industria tendría en el futuro, en 1977 se creó Radiomóvil DIPSA, operada bajo la marca Telcel y que obtuvo concesión por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) para operar un sistema de radiotelefonía móvil en el Distrito Federal, mismo que comenzó a comercializarse en 1981 y que logró, en un lapso de ocho meses dar servicio a 600 usuarios del llamado “Teléfono en el auto”.



Logo de la marca TELCEL MR

Dentro de sus planes de expansión, en 1987 la empresa solicitó autorización para la instalación de un sistema celular en la ciudad de Tijuana, Baja California, misma que le fue otorgada y modificada para operar en todo el país en 1989.

Ya en plena competencia con Iusacell, en 1990 DIPSA extiende su servicio al Distrito Federal y su zona metropolitana, logrando rebasar en poco tiempo la cifra de 35 mil usuarios, que lo colocaba a la cabeza del mercado, posición que nunca más en la historia ha perdido.

Para 1991, la cobertura celular abarcaba ya las nueve regiones en que fue dividido el país y se iniciaba así una etapa de consolidación que aseguró el crecimiento de los siguientes años, que llevó a Telcel a tener 146 mil clientes en 1992, cifra que duplicó en 1994.

Pese a esas cifras, el despegue de las comunicaciones inalámbricas no era el esperado por los empresarios mexicanos, quienes decidieron estudiar esquemas implementados en otros países, especialmente Argentina y Chile, en donde el uso del celular crecía a pasos agigantados y en 1996, para hacer más accesible el servicio de comunicación móvil, se puso en operación el primer sistema de prepago, conocido como "Ficha Amigo", que no era otra cosa que darle al usuario la posibilidad de pagar por adelantado los minutos de conversación que pensaba utilizar.



Tarjetas de prepago "Ficha amigo" de TELCEL MR

Así salieron al mercado las primeras tarjetas de prepago con valor de 100 pesos, que pronto cobraron un gran auge entre los usuarios de la telefonía celular, especialmente entre quienes formaban parte de la clase media baja y baja, que vieron en esta modalidad la manera de ahorrarse los requisitos que las compañías pedían para conceder un plan tarifario.

Este sistema les permitía además llevar un control de sus gastos, aunque cabe decir que era y es en la actualidad más caro el minuto aire por sistema de prepago que con un plan tarifario o de renta fija.

Al principio, expertos en telecomunicaciones satanizaron este sistema y lo condenaron a su fracaso, pero el resultado fue favorable, lo que impulsó a DIPSA a buscar nuevas estrategias para afianzar el mercado, que para ese entonces ya estaba prácticamente en sus manos, pues Iusacell se limitó a imitar las estrategias de mercado de sus competidores, sin proponer alguna medida innovadora que revirtiera el crecimiento de Telcel.

El siguiente paso de la compañía dirigida por Carlos Slim, fue el lanzamiento del sistema "Amigo Kit".

Quizá éste fue el golpe maestro para acaparar el mercado, pues los clientes vieron la forma de liberarse de los engorrosos trámites de un plan tarifa-

rio, además de tener el teléfono en propiedad y que en caso de robo o extravío no tendrían que cubrir el costo del aparato.

Los resultados pronto se vieron reflejados en el aumento de usuarios, y aunque los teléfonos del sistema “Amigo Kit” eran modelos viejos, no importó para que los jóvenes comenzaran a lucir en sus cinturones los celulares y su uso se extendiera incluso a las clases bajas, pues los obreros y trabajadoras domésticas pudieron adquirir teléfonos, primero para control de sus patrones y posteriormente para sus comunicaciones personales.

Estas estrategias llevaron a que Telcel en 1997 rebasara el primer millón de suscriptores, cifra que se duplicó en 1998, mientras su principal competidor, Iusacell, entraba en una crisis financiera, perdiendo un amplio sector del mercado, pues aparte sus modelos comenzaron a quedar en desventaja frente a los aparatos más pequeños y con mayor duración de pila que Telcel introdujo gracias a sus alianzas con Nokia, Sony Ericsson y Motorola, principalmente.

Casi a finales de 1999, el mercado se expande con la llegada de Pegaso, una compañía dispuesta a dar la pelea al duopolio que hasta entonces dominaba la telefonía en la zona centro del país, mientras en el norte de la República Mexicana surgían otras empresas como Bajacel, Movitel, Norcel y Cedetel, que sumaron más de 1.2 millones de clientes activos en 2001.



Comandada por Emilio Burillo Azcárraga, la empresa Pegaso buscó estrategias que lo posicionaran en el mercado, como fue su lema de “sólo pagas por lo que hablas”, que consistía en facturar los segundos utilizados y no minutos, como hacían Iusacell y Telcel. Es decir, si una persona hablaba cinco segundos, de todos modos tenía que pagar el minuto de tiempo aire.

Pegaso, en cambio, cobraba por segundo y así el usuario podía hacer 10 llamadas de seis segundos por el costo de un minuto, lo que le redituó que muchos usuarios de Iusacell y Telcel migraran para esta compañía que tenía como principal obstáculo para su crecimiento la poca cobertura a nivel nacional, pues solamente operaba en el Distrito Federal y área conurbada, Guadalajara, Monterrey y en sus últimos meses de operación, en León, Guanajuato.

Sin embargo, pese a ser una empresa en crecimiento, en mayo de 2002 Pegaso decide aliarse con Telefónica Móviles, empresa española que contaba con una amplia presencia en América del Sur, especialmente Argentina y Chile, en donde dominaba el mercado de telefonía fija y celular además de prestar otros servicios como Internet y transmisión de datos.



De esta forma, Telefónica Móviles se convertiría en el segundo operador del mercado mexicano con más de 2 millones de clientes, pues un año antes también había adquirido las acciones de Bajacel, Movitel, Norcel y Cedetel y sus expectativas eran alcanzar presencia a nivel nacional, en un mercado de más de 100 millones de habitantes.

Así, el 7 de mayo de 2002 adquirió 65% del capital de Telefónica Pegaso a las empresas Sprint Corp., Leap Wireless y otros inversionistas no mexicanos por 87 millones de dólares, que serían pagados en efectivo. El valor total de Pegaso PCS se fijó en mil 360 millones de dólares y se acordó que Grupo Pegaso mantuviera 35% de las acciones, permaneciendo como socio estratégico y aportando su alto grado de conocimiento del mercado mexicano.

El plan de fusión incluía ampliar el capital en Pegaso PCS para amortizar deuda a corto plazo y aumentar su fortaleza financiera por valor de entre 326 y 488 millones de dólares, de los que Telefónica Móviles suscribiría 65%. Telefónica Móviles y Grupo Pegaso combinarían posteriormente las operaciones de Telefónica Móviles en el norte de México, en una nueva compañía en la que Telefónica controlaría entre 90% y 92%.

Después de esta operación, a la que se oponía Telcel, Telefónica se apoderó del segundo lugar en el mercado, relegando a Iusacell a casi su desaparición, teniendo que buscar el ingeniero Carlos Peralta una asociación con Bell Telephone para saldar deudas pendientes.

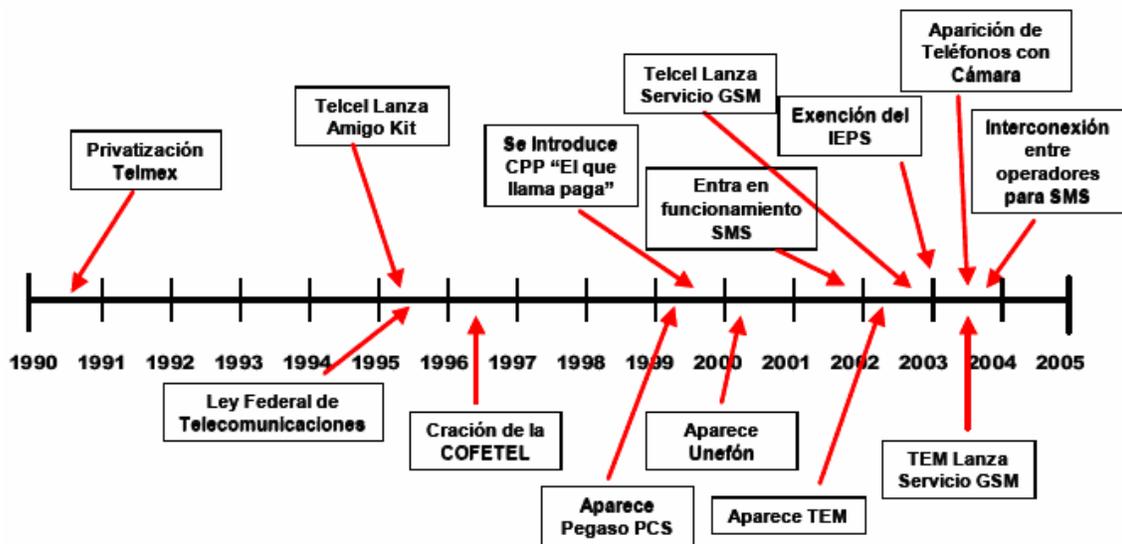
Aunado a lo anterior, en 1992 Telcel anuncia el lanzamiento en México de la red GSM, marcando la pauta hacia los servicios de tercera generación.

Telcel fue la primera compañía en México que lanzó esta tecnología, utilizada ya en los países más desarrollados del mundo y en 2003 anuncia con bombo y platillo sus innovadores Servicios de Valor Agregado, bajo el concepto Ideas Telcel, además de poner en marcha el primer programa de recompensas para usuarios celulares llamado Círculo Azul, con lo que al cierre de ese año sobrepasa los 23 millones de usuarios.



Logo del programa de recompensas de TELCEL<sub>MR</sub>

Actualmente, Telcel mantiene concesiones en las nueve regiones de México, cubriendo más de 100 mil poblaciones a través en sus redes en las tecnologías TDMA (banda “B” en 800 Mhz) y GSM (banda “D” en 1900 Mhz).



Fuente: elaboración propia sobre datos de The Competitive Intelligence Unit.

### Eventos relevantes en el mercado de telecomunicaciones en México

## 3.2 EL ORIGEN DE TELCEL

Pero para conocer más sobre Telcel, he aquí algunos datos interesantes.

En febrero de 1956 se funda la empresa Publicidad Turística SA, como filial de Teléfonos de México. Su actividad principal era la comercialización de directorios telefónicos, sección blanca y sección amarilla.

En septiembre de 1974 cambia de razón social por la de Directorios Profesionales (DIPSA) y se especializa en la edición del Directorio Azul por Calles,

Directorio de la Construcción, Turismo y otros. Durante ese mismo año, Teléfonos de México integra a DIPSA en la administración de la Radiotelefonía Móvil.

En 1977 solicita a la SCT una concesión para instalar, operar y explotar un sistema de radiotelefonía móvil en el Distrito Federal, pero es en 1981 cuando se inicia la comercialización de este servicio, el cual fue conocido por el público como “Teléfono en el auto”.

En noviembre de 1984 cambia su denominación social por la de Radiomóvil DIPSA, con el propósito de no causar confusión con las actividades que realiza la empresa con esta nueva función, pero siendo Radiomóvil DIPSA una empresa muy dinámica, surge la determinación de colocar a México como el país que posee los servicios de más alta calidad, y de inmediato inicia investigaciones y análisis de lo que en otra parte del mundo empezaba a convertirse en la nueva forma de comunicación personal: la telefonía celular.

Los inicios de Radiomóvil DIPSA fueron en 1987, cuando la SCT autorizó la instalación del sistema celular en Tijuana. Al año siguiente se ratificó ante la SCT la solicitud de modificar la concesión para operar a nivel nacional. El 31 de mayo de 1989 se presentó el Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994, donde se mencionaba la importancia de las telecomunicaciones, destacando los siguientes puntos:

- Múltiples empresas podrán desarrollar los servicios de transmisión conmutada de datos, teleinformática, telefonía celular y otros.
- Las concesiones de telefonía celular se sujetarán a concurso de manera abierta, y así se garantizará la mejor oferta de servicios y contraprestación económica al estado.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes convocó a la introducción de la telefonía celular en nuestro país, en las nueve diferentes regiones en que fue dividido.

Aquí nace Iusacell, convirtiéndose en la primera compañía en ofrecer el servicio en la ciudad de México y ese mismo año surge Telcel, ofreciendo telefonía celular en Tijuana, para usuarios mexicanos y estadounidenses.

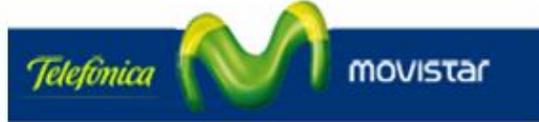
Telcel era la única empresa autorizada para operar en las nueve regiones del país, Iusacell sólo en cuatro, mientras Telefónica y Unefón iniciaban operaciones en algunas ciudades y poco a poco extendieron su cobertura.

En 1993, Iusacell era el líder, tras comprar varios operadores regionales. Telmex no tenía inversiones, así que decidieron entrar al mercado con la Radiomóvil DIPSA, que estaba en un lejano segundo lugar.

Este escenario cambió en 1995, cuando México sufrió una de sus peores crisis económicas. Iusacell decidió enfocarse a los clientes de alto nivel (ejecutivos y empresas), con planes de renta mensual de alto costo, mientras Telcel acaparó el sector de menores ingresos.

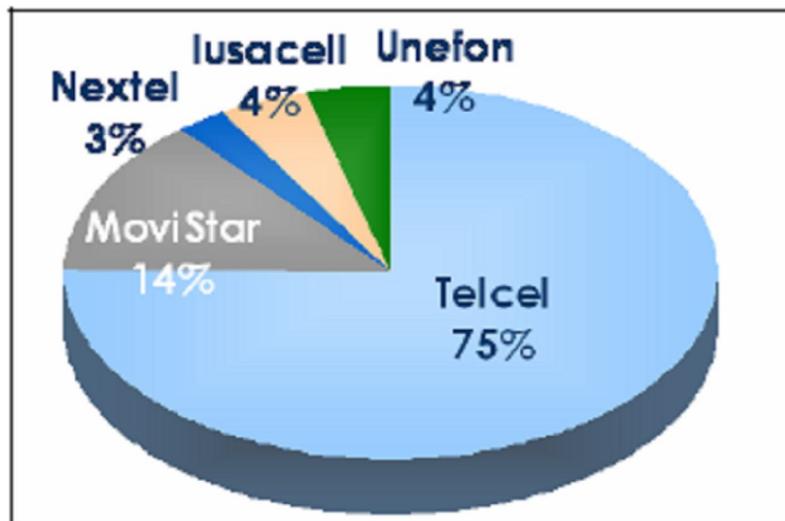
Dos años después nace América Móvil, tras la conjunción de los activos de telefonía celular, televisión por cable (Cablevisión) y otros activos internacionales de Telmex, la empresa pasa a ser una pantalla controlada por el mismo 'holding', Carso Global Telecom, el cual a su vez divide su participación en América Móvil en un nuevo grupo llamado America Telecom, que a pesar de tener los mismos accionistas se vuelve independiente de Telmex.

En el mercado se identifican cuatro empresas: Telcel, Iusacell (que ahora pertenece a Grupo Salinas), Unefón y Telefónica Móvil (antes Pegaso).



### Las cuatro principales compañías celulares en México

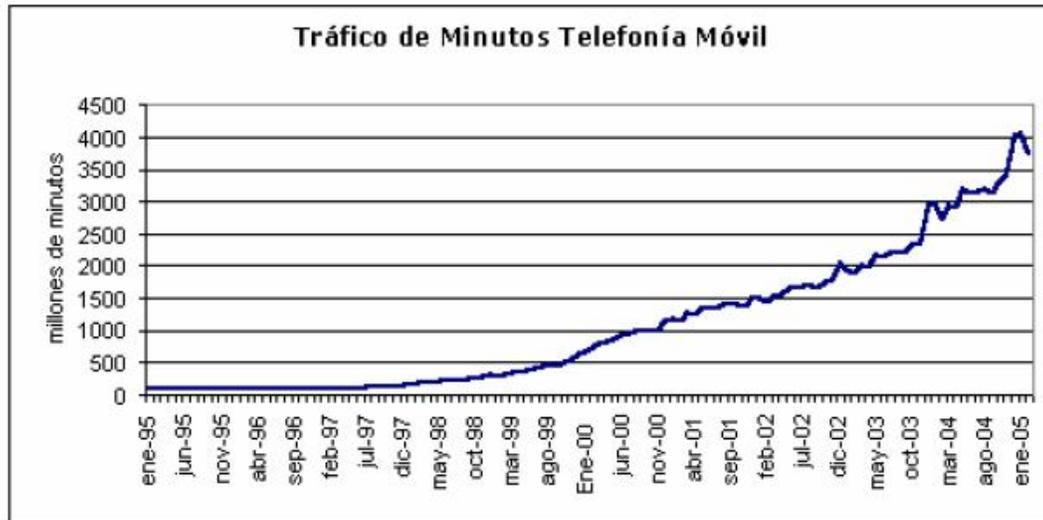
En la actualidad, Telcel tiene casi 80% del mercado celular y el restante 20% está repartido entre Iusacell, Telefónica Móvil y Unefón.



Fuente: Select, Noviembre 2004.

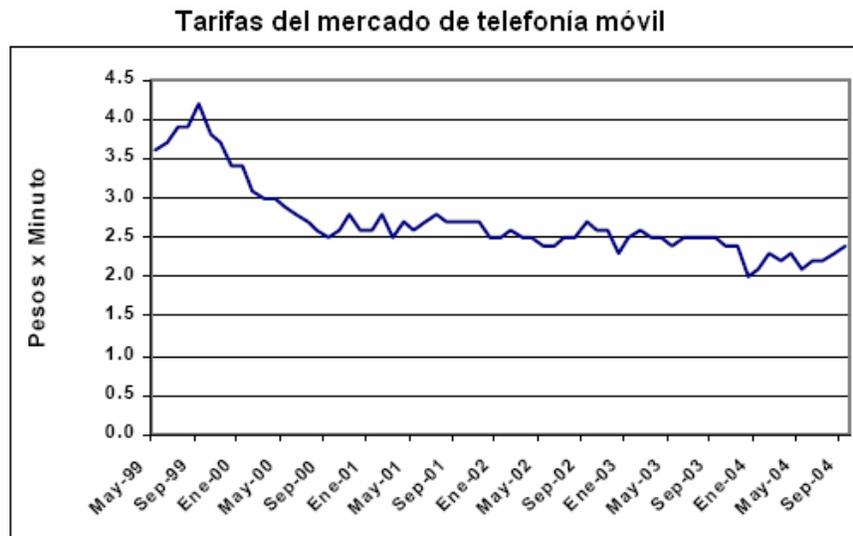
Las líneas celulares pasaron de 64 mil en 1990, a poco más de 30 millones en 2004, es decir, el doble de las líneas fijas. Este crecimiento se acentuó a partir de 1999, debido a cuatro factores: la introducción del sistema de prepago, en 1995: la entrada, en 1999, del sistema el que llama paga; el ingreso de nuevos operadores en el mercado y la mejora en la situación económica luego de la crisis de 1995.

## Uso de móviles en México



Fuente: elaboración propia sobre datos de COFETEL.

Entre 1997 y 2003, las tarifas del servicio de telefonía móvil, en términos reales, se han reducido 58% por minuto para el servicio de postpago y 46% por minuto para el servicio de prepago.



Fuente: The Competitive Intelligence Unit; ARPU/# Minutos, sobre la base de reportes públicos de distintas empresas.

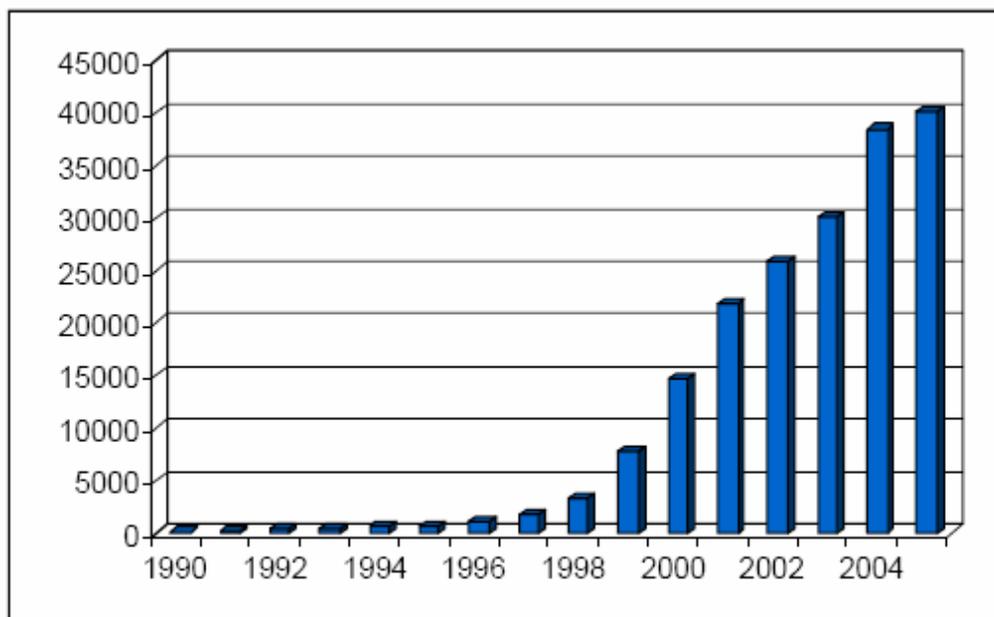
Según cifras de las cuatro operadoras de telefonía celular, México rebasó en 2006 los 154 millones de usuarios, pues un reporte publicado en los prime-

ros días de enero (El Universal, jueves 4 de enero 2007) establece que Telcel tenía registrados hasta septiembre de 2006 a 40.7 millones de clientes, pero crecía a razón de un millón 600 mil usuarios cada trimestre, por lo que se esperaba que haya concluido el año con 42 millones de clientes en su cartera.

Telefónica Móviles (Movistar), la segunda empresa con mayor número de usuarios en el país, estimó que terminaría el año con 6 o 7 millones de clientes y sus expectativas eran sumar en 2007 entre 11 y 12 millones.

Hasta septiembre, también de 2006, Iusacell y Unefón tenían en conjunto 3 millones 400 mil usuarios, pero al fusionarse unirán sus redes para ofrecer servicios de tercera generación como Internet, datos, tonos y televisión móvil, además de una mayor cobertura, buscando colocarse como el segundo operador de telefonía celular en el país.

**Usuarios de telefonía móvil**



Fuente: COFETEL.

### 3.3 DE GENERACIÓN EN GENERACIÓN

La evolución tecnológica de las últimas dos décadas transformó aquel primer celular de 1983, que medía más de 30 centímetros, pesaba casi un kilo y que sólo se podía hablar una hora y tenía pantalla de LED, a los actuales, de menos de un centímetro de ancho, peso menor a 70 gramos y que permiten revisar archivos de texto y fotografías sin necesidad de tener una laptop cerca, y con la opción de imprimir imágenes vía USB o bluetooth.



**Ericsson Hotline 900 Pocket. Teléfono de Primera Generación**



**Nokia N91. Teléfono de 3° Generación**

Aunque el celular fue inventado en 1947 por AT&T, se hizo portátil de manera práctica hasta 1983, cuando Motorola culminó el proyecto DynaTAC 8000X, que fue presentado oficialmente en 1984. Ese mismo año llegó a nuestro país la primera generación o analógica, que se utilizaban únicamente para voz.

Aunque ya no están a la venta esos aparatos, los proveedores cuentan con el servicio usuarios que los utilizan, principalmente en zonas rurales.

La segunda generación inició en 1990, y a diferencia de la primera, se caracterizó por ser digital. Con este sistema es posible transmitir voz, datos como fax y Servicio de Mensajes Cortos (SMS, por sus siglas en inglés).

De acuerdo con los proveedores en México, las tecnologías más utilizadas en esta generación son las de Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM) y Acceso Múltiple de División de Códigos (CDMA), que aceptan diferentes modos de encriptación para proteger los datos que se transmiten y consumen menor carga de batería.

La mayoría de teléfonos GSM integran funciones como reloj, despertador, directorio, calendario, calculadora y juegos. Tienen muchos adeptos entre los jóvenes, dado lo económico del servicio, incluso en llamadas de larga distancia, y la facilidad de comunicarse sin hablar por medio del SMS.

El estándar GSM permite que cada celular cuente con una tarjeta o chip, en el que se incluyen los datos y el tipo de usuario (prepago o pospago).

La generación 2.5 ofrece características extendidas, pues provee mayor velocidad y flexibilidad para la transmisión de voz y datos. Utiliza la tecnología Sistema General de Paquete de Radio (GPRS), con velocidad de transferencia mayor que GSM; permite navegar por Internet y la transferencia de video. Otra ventaja es que siempre se está conectado y sólo se paga por volumen de datos transmitidos y no por el tiempo de conexión.

La tercera generación o 3G utiliza la tecnología Sistema Universal de Telefonía Móvil (UMTS) que se caracteriza por ofrecer servicios de voz y soportar

altas velocidades de información, enfocados para aplicaciones tales como audio (MP3), video en movimiento, videoconferencia y acceso rápido a Internet.

En México algunos proveedores ofrecen televisión mediante equipos de Acceso a Alta Velocidad o Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE).

En el siguiente cuadro se muestran los servicios que ofrecen las tecnologías de comunicación que existen en el mercado.

### Servicios digitales

Servicio	Tipo de teléfonos				
	Analógico	Digital			
		CDMA	GSM	GPRS	EDGE
Llamadas locales	✓	✓	✓	✓	✓
Llamada de larga distancia nacional	✓	✓	✓	✓	✓
Llamada de larga distancia internacional	✓	✓	✓	✓	✓
Envío de fax	✓	✓	✓	✓	✓
Envío de mensajes de texto		✓	✓	✓	✓
Envío de archivos de imagen			✓	✓	✓
Realizar multiconferencias			✓	✓	✓
Navegar por Internet			✓	✓	✓
Llamadas en espera			✓	✓	✓
Bajar tonos, imágenes y video			✓	✓	✓
Transmisión de datos por Bluetooth			✓	✓	✓
Conexión Infrarojo			✓	✓	✓
Cuenta con chip inteligente			✓	✓	✓
Servicios de noticias			✓	✓	✓
Pago por volumen de datos transferidos				✓	✓
Servicios de televisión					✓

Fuente: Información recabada por la Dirección General de Estudios sobre Consumo de Profeco en los sitios de Internet de las compañías de telefonía celular.

### 3.4 TARIFAS DE PLANES DE POSPAGO (RENTA FIJA) Y PREPAGO

En el mercado, las empresas ofrecen planes de telefonía celular que varían desde 189 hasta más de 2 mil pesos. Telcel cuenta con 20 diferentes, algunos enfocados exclusivamente a los jóvenes, que es su mercado de mayor presencia.

La siguiente tabla muestra un comparativo de precios.

Compañía/ plan	Telcel (Clásico 2005)	Movistar (Control total 230)	Unefón (Básico)	Iusacell (A tu medida control accesible*)
Renta mensual	\$276.00	\$264.50	\$239 (*)	\$189.00
Minutos incluidos	\$140.00	Llamadas ilimitadas a teléfonos Movistar		
A teléfono fijo	\$1.15	\$2.01		\$3.85
A celular	\$2.95	\$2.01		\$4.43

Fuente: Información recabada por la Dirección General de Estudios sobre Consumo de Profeco el 25 de octubre de 2006, en el sitio de Internet de Telcel y Movistar. Comisión Federal de Competencia. (\*) Límite del consumo incluido en la renta para cualquier servicio. Precios con IVA.

Las tarifas en prepago varían según el monto de la tarjeta y de los servicios. Por ejemplo, en las de 100 pesos el envío de mensajes escritos en Unefón y Movistar cuesta 13 centavos más que en Iusacell y Telcel.

### 3.5 TARIFAS EN TARJETAS DE PREPAGO DE 100 PESOS (PRECIO POR MINUTO EN PESOS)

Conceptos	Telcel	Unefón	Movistar	Iusacell
Envío de mensajes escritos	0.85	0.98	0.98	0.85
Entrada de una llamada fuera de su región	2.88	3.50	3.45	4.88
Llamada a teléfono fijo	4.00	4.60	5.75	5.15
Llamadas a celular de la misma empresa	4.00	4.60	5.75	5.15
Llamadas a otro celular	4.00	4.60	5.75	5.15
Consulta de saldo	1.15	1.00	1.15	1.00

Fuente: Información recabada por la Dirección General de Estudios sobre Consumo de Profeco el 25 de octubre del 2006 en el sitio de Internet de las propias compañías. Los precios incluyen IVA.

### 3.6 NUEVAS REGLAS PARA LARGA DISTANCIA CON CELULAR

La Comisión Federal de Telecomunicaciones (Cofetel) informó que a partir del 4 de noviembre de 2006, millones de usuarios fueron beneficiados con la entrada en operación de la modalidad “El Que Llama Paga Nacional” e “Internacional”, con la cual un usuario que reciba una llamada de larga distancia estando en su región ya no pagará por aceptarla. Sin embargo, si el usuario está fuera de su área, deberá pagar el roaming. Por ejemplo, si se compra un celular en el Distrito Federal pero se viaja a Guadalajara y se recibe una llamada de EU o del DF, se deberá pagar el roaming por estar fuera de su área de contratación.

El acuerdo se firmó entre Teléfonos de México, Teléfonos del Norte y Iusatel (operadores fijos) y por Telcel, Iusacell, Telefónica Movistar y Unefón.

Cada empresa fijará sus tarifas de interconexión libremente.

Un ejemplo de cómo se realiza la marcación correspondiente se muestra en el siguiente cuadro.

### 3.7 EL QUE LLAMA PAGA NACIONAL E INTERNACIONAL

Especificación	Tipo de llamada	Ejemplos
Llamadas locales	De celular a celular	044+(Lada de la ciudad) + número deseado
Larga distancia nacional	De fijos a celular de otra localidad	045+(Lada de la ciudad) + número deseado
Larga distancia internacional	De EU y Canadá a celular	011+52+1+(Lada de la ciudad) + número deseado

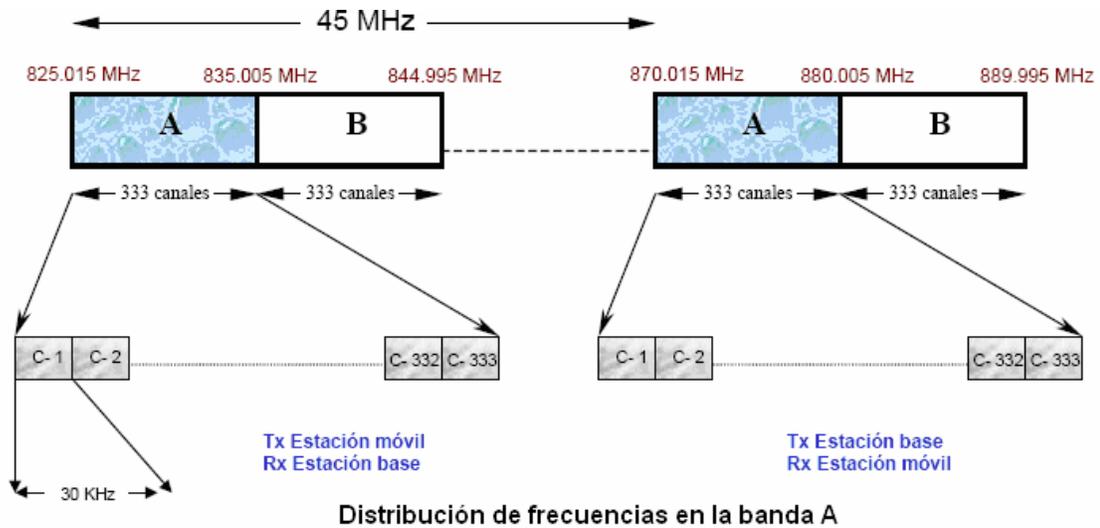
Fuente: Comisión Federal de Telecomunicaciones.

### 3.8 DESIGNACIÓN Y ESPACIAMIENTO DE CANALES

Los sistemas celulares trabajan en la banda de 800Mhz, específicamente entre los 825 a los 845 y de los 870 a los 890Mhz, de acuerdo con la norma

NOM-081-SCT1-1993 de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes emitida en México y avalada por la UIT (Unión Internacional de Comunicaciones).

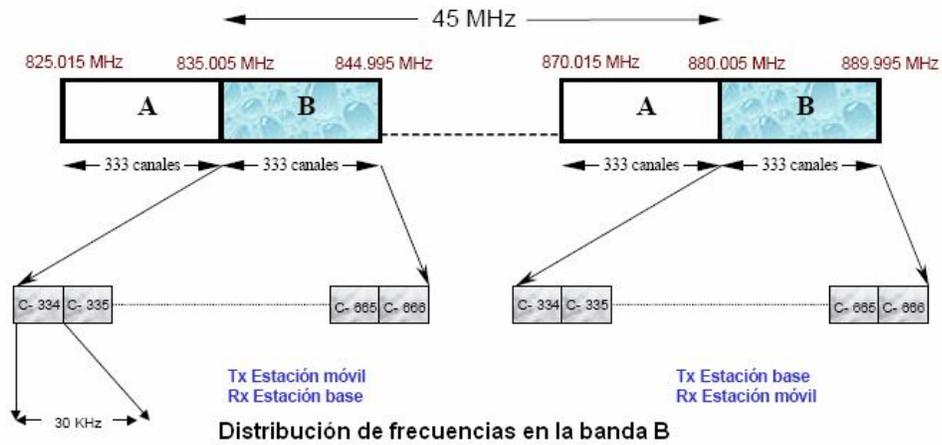
En las siguientes figuras se observa la distribución de las frecuencias A y B para telefonía celular. Cada banda dispone de 333 canales para diversos usuarios. El ancho de banda de cada canal telefónico es de 30MHz.



La banda celular A comienza a los 825.015Mhz para el canal 1, el cual transmite de la estación móvil a la estación base, mientras la transmisión inversa se efectúa en forma simultánea a partir de los 870.015Mhz, es decir con una separación de 45Mhz. Cada canal tiene ancho de banda de 30Mhz, por lo que el canal 333 de esta banda termina en los 835.005Mhz.

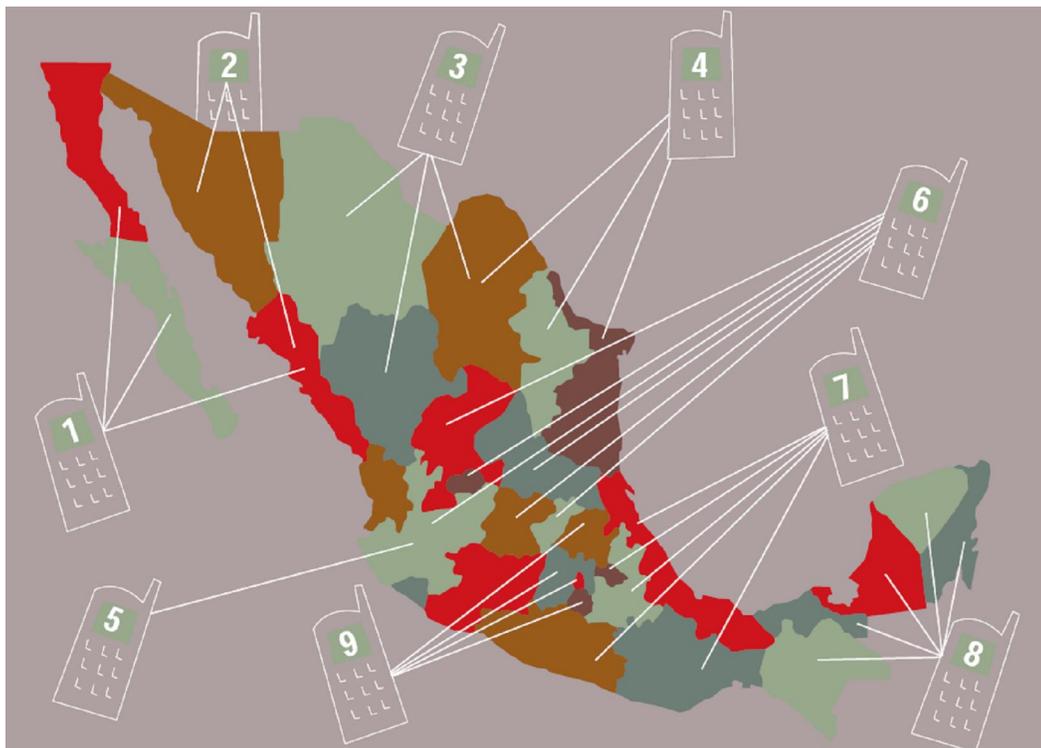
Mientras que la banda celular B comienza a los 835.005Mhz, esta frecuencia es el punto interior del canal 334, es decir, el canal 1 de la banda B, al igual que en la banda A, esta frecuencia corresponde al primer canal de transmisión de la banda B de la estación móvil a la recepción de la estación base. Mientras que el canal de transmisión de la banda base corresponde a

800.005MHz. También a una separación de 45MHz. Mientras que el último canal de esta banda, el 666, termina a los 899.995MHz



### 3.9 MAPA DE LAS REGIONES Y TIPO DE CONCESIONES

El servicio de telefonía móvil se encuentra dividido en nueve regiones dentro de la República Mexicana, donde cada región tiene sus tarifas, las cuales son reguladas por la Comisión Federal de Telecomunicaciones.



Región	Cobertura
1	Baja California, Baja California Sur, Sonora (San Luis Río Colorado).
2	Sinaloa, Sonora (excluyendo San Luis Río Colorado).
3	Chihuahua, Durango, Coahuila de Zaragoza (Torreón, San Pedro, Matamoros, Francisco I. Madero y Viesca).
4	Nuevo León, Tamaulipas, Coahuila de Zaragoza (excluyendo los municipios de la región Norte).
5	Jalisco (excluyendo los municipios de la región Centro), Michoacán de Ocampo, Nayarit, Colima.
6	Guanajuato, San Luis Potosí, Zacatecas, Querétaro de Arteaga, Aguascalientes, Jalisco (Lagos de Moreno, Encarnación de Díaz, Teocaltiche, Ojuelos de Jalisco, Colotlán, Villa Hidalgo, Mezquitic, Huejuquilla el Alto, Huejúcar, Villa Guerrero, Bolaños, Santa María de los Ángeles).
7	Veracruz, Puebla, Oaxaca, Guerrero, Tlaxcala.
8	Chiapas, Tabasco, Yucatán, Quintana Roo, Campeche.
9	Estado de México, Distrito Federal, Hidalgo, Morelos.

Fuente [www.cofetel.gob.mx](http://www.cofetel.gob.mx)

### Concesiones

- Radiomóvil DIPSA, SA de CV (TELCEL) presta el servicio a través de la banda B, que cuenta con cobertura nacional.
- En 1991 se forma la Asociación Mexicana de Concesionarios de Radiotelefonía Celular, AC, integrada por las compañías restantes que operan en México y que prestan el servicio por la banda A con convenios entre sí y pueden prestar el servicio con cobertura nacional (roaming).

Concesionaria	Regiones	Fecha Otorgamiento	Vigencia
Iusacell, PCS de México, S.A. de C.V.	1 y 4	12/10/98 (CRPT) 12/10/98 (CBF)	20 años
Operadora Unefon, S. A. de C.V.	1 a 9	23/06/98 (CRPT) 27/09/99 (CBF)	20 años
Pegaso Comunicaciones y Sistemas S.A. de C.V.	1 a 9	23/06/98 (CRPT) 7/10/98 (CBF)	20 años
Radiomóvil Dipsa, S.A. de C.V.	1 a 9	7/10/98 (CRPT) 7/10/98 (CBF)	20 años
Servicios de Acceso Inalámbricos, S.A. de C.V.	8	7/10/98 (CRPT) 7/10/98 (CBF)	20 años

CRPT: Concesión de Red Pública de telecomunicaciones  
CBF: Concesión de Bandas de Frecuencias

## Concesionarios

### EMPRESAS DE GRUPO TELCEL

Nombre del Concesionario	Región	Fecha de Título de Concesión	Vigencia
Radiomóvil Dipsa, S.A. de C.V. (Telcel)	1	8-08-91	20 años
Radiomóvil Dipsa, S.A. de C.V. (Telcel)	2	8-08-91	20 años
Radiomóvil Dipsa, S.A. de C.V. (Telcel)	3	8-08-91	20 años
Radiomóvil Dipsa, S.A. de C.V. (Telcel)	4	10-08-90	20 años
Radiomóvil Dipsa, S.A. de C.V. (Telcel)	5	7-08-90	20 años
Radiomóvil Dipsa, S.A. de C.V. (Telcel)	6	24-10-91	20 años
Radiomóvil Dipsa, S.A. de C.V. (Telcel)	7	24-10-91	20 años
Radiomóvil Dipsa, S.A. de C.V. (Telcel)	8	24-10-91	20 años
Radiomóvil Dipsa, S.A. de C.V. (Telcel)	9	Autorización 10-10-89 prorrogada con títulos de fecha 13-10-00.	20 años

### EMPRESAS DE GRUPO TELEFONICA MOVISTAR

Nombre del Concesionario	Región	Fecha de Título de Concesión	Vigencia
Baja Celular Mexicana, S.A. de C.V.	1	17-07-90	20 años
Celular de Telefonía, S.A. de C.V.	4	2-08-90	20 años
Movitel del Noroeste, S.A. de C.V.	2	17-07-90	20 años
Telefonía Celular del Norte, S.A. de C.V.	3	23-07-90	20 años

## EMPRESAS DE GRUPO IUSACELL

Nombre del Concesionario	Región	Fecha de Título de Concesión	Vigencia
Comunicaciones Celulares de Occidente, S.A. de C.V.	5	17-07-90	20 años
Portatel del Sureste, S.A. de C.V.	8	17-07-90	20 años
Sistemas Telefónicos Portátiles Celulares, S.A. de C.V.	6	23-07-90	20 años
SOS Telecomunicaciones, S.A. de C.V.	9	3-10-89	20 años
Telecomunicaciones del Golfo, S.A. de C.V.	7	23-10-90	

### 3.10 LO QUE NOS DEPARA EL FUTURO

La telefonía móvil nos ofrece con la tecnología GSM enviar mensajes escritos, descargar juegos, descargar ringtones, enviar o recibir fotografías digitales, siendo los beneficios más utilizados por los usuarios.

Aunque vivimos en un país en donde la tecnología ocupa un papel preponderante en nuestra vida diaria, utilizar el teléfono móvil para conexiones a Internet no ha tenido una demanda comparada con los otros beneficios, debido a los altos precios de la conexión.

La telefonía fija sí cuenta con un precio competitivo. El usuario paga una renta mensual y tiene derecho a un mínimo de 100 llamadas sin restricción de tiempo (lo mismo es hablar 20 segundos que 20 minutos o varias horas, porque la tarifa es fija).

El precio en la telefonía móvil varía dependiendo de la compañía con que se contrate el plan de uso, pero en términos generales el servicio, pese a las muchas ofertas que existen y a la lucha entre telefónicas por captar mayor número de suscriptores, todavía tiene un precio alto en comparación con los países desarrollados; posiblemente ésta sea la causa de por qué no se utiliza con

mayor frecuencia el teléfono móvil y de que la conexión a Internet no sea de uso cotidiano por medio del celular.

Con la 3G entrando al mercado mexicano, se espera que los precios puedan ir a la baja para motivar el mercado y que la mayoría de los usuarios disfruten de los nuevos servicios que dicha tecnología ofrece.

### **Un Nuevo Teléfono Celular Detecta si Tomaste de Más**

El modelo LP4100 de LG cuenta con un test de alcoholemia incorporado. Si el dueño se pasó de copas, emite una alerta sonora y muestra en su display una animación de un auto estrellándose contra conos de tráfico.



Diseñados originalmente para permitir a los usuarios llamar desde cualquier lugar, los teléfonos móviles han visto ampliados sus servicios hasta límites insospechados. Los celulares de última generación verán añadida una mejora a su interminable lista de aplicaciones: un test de alcoholemia. Para quienes no desean desprenderse de su antiguo teléfono, se ofrecen adaptadores que permiten instalar el alcoholímetro en aparatos que no lo lleven de fábrica.

La firma coreana LG exhibió varios de estos teléfonos en 1996, en el

Consumer Electronics Show (principal salón de la electrónica) de Las Vegas y vendió más de 200 mil unidades.

Una característica que acompaña al modelo LP4100, es la posibilidad de configurarlo para impedir marcar determinados números almacenados, en caso de que el test resulte positivo, con la intención de evitar situaciones "embarazosas". Por ejemplo, para evitar dar explicaciones a los padres, novia o esposa.



### **Primer Teléfono Antisecuestro**

El nuevo celular Nokia antisecuestro dispone de un botón camuflado que al ser presionado envía un mensaje de auxilio previamente grabado. A su vez, el teléfono empieza a captar imágenes de video y audio circundante a través de un micrófono incorporado en el dispositivo.

La información de audio y video, junto con la posición GPS, es transmitida a otro usuario o a una central de emergencia, y para ocultar tal actividad a los eventuales secuestradores, el teléfono parecerá estar apagado.

Asimismo, si el dispositivo está fuera de área de cobertura, graba el sonido e imágenes en la memoria y al momento de contar con señal de telefonía, manda la información.

### **LG Abre la Era de la TV Móvil Personal**

Este teléfono dispone de tecnologías pioneras, permitiendo transmisión de TV digital a través de LCD de alta resolución, espacio grande de memoria y batería de larga duración.



El teléfono móvil actual está muy lejos de ser solamente un aparato para hablar, también actúa como cámara fotográfica y reproductor MP3 y está evolucionando en un artefacto multimedia, que finalmente incorpora la televisión.

Los usuarios pueden disfrutar sus programas o partidos de futbol en cualquier lugar y a cualquier hora. LG Electronics es el pionero en hacer de la TV móvil una realidad.

La Transmisión Multimedia Digital o DMB (Digital Multimedia Broadcasting, en inglés) lleva las imágenes hasta la palma de la mano. LG Electronics introdujo el primer celular terrestre DMB del mundo, el LG-LT1000, en noviembre de 2004.

Combinando la avanzada TV digital con la tecnología CDMA, la empresa desarrolló el sistema receptor en un Receiving System-On-Chip (SoC) T-DMB (DMB Terrestre) en septiembre de 2004 y el primer teléfono del mundo S-DMB

en mayo del mismo año y mantuvo la tecnología original del Comité de Sistemas de Tecnología Avanzada (ATSC), un estándar para las transmisiones de televisión digital.

El teléfono DMB es un logro histórico, ya que es capaz de reproducir H.264 en 30 cuadros por segundo, aprovechando las frecuencias VHF 200Mhz T-DMB.

El servicio ha sido muy popular entre los jóvenes desde que comenzó la comercialización del servicio S-DMB (DMB Satelital) en Corea, en mayo de 2005. Este auge hizo de los teléfonos S-DMB un éxito local, trayendo los estándares de la TV del futuro a los consumidores de hoy. El servicio T-DMB se comercializa desde finales de 2005.

Con su pantalla de giro-amplio, los usuarios pueden ver televisión hasta por tres horas seguidas y grabar una hora de sus programas favoritos, gracias a la gran capacidad de memoria.

Con el chip DMB, el V9000 proporciona una imagen perfecta basada en una pantalla de alta resolución y un sistema de sonido envolvente 3D.

Siguiendo al LG-V-9000, otro modelo con tecnología T-DMB y 3.5G HSDPA (High Speed Downlink Packet Access, Acceso a Descarga de Datos por Paquetes de Alta Velocidad) será lanzado este año.

# **CAPÍTULO 4**

## **FUNCIONAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LA TELEFONÍA CELULAR**

### **4.1 TELEFONÍA CELULAR**

Los teléfonos celulares en realidad son radios (extremadamente complejos). Para entender el grado de complejidad y sofisticación, digamos que comparado con un radio de onda corta (OC) o un walkie-talkie, no sólo permite la comunicación en ambos sentidos, sino que presta un sinnúmero de servicios.

Un radio OC es un aparato simple que permite a dos personas comunicarse utilizando la misma frecuencia, así que sólo una de ellas puede hablar a la vez. Un teléfono celular es un dispositivo dual, es decir, utiliza una frecuencia para hablar y otra para escuchar.

Mientras un radio OC tiene 40 canales, un teléfono celular puede utilizar mil 664 canales y también opera con células que pueden alternarse a medida que el teléfono es desplazado, lo que le da un alcance increíble.

Un walkie-talkie puede transmitir hasta algunos kilómetros, un radio OC, debido a su poder, puede transmitir hasta 8 o 10 kilómetros. Por medio de un celular se puede entablar comunicación entre personas a miles de kilómetros.

Además, un celular puede ser personalizado, es decir, se le puede grabar en una memoria el número de identificación para ser utilizado con un proveedor determinado.

Hablar mientras se viaja siempre fue un lujo codiciado por muchos usuarios, la comunicación portátil ofrecía conveniencia y eficiencia. En la actualidad

es común encontrar personas que hablan desde un celular en el supermercado, un estadio o en la calle. El sistema que posibilita estas transmisiones se ha popularizado en México hace menos de una década y tiene sus orígenes en el sistema móvil que se usaba en Estados Unidos en 1921.

Para una mejor comprensión, se va a explicar cómo funcionaba el sistema tradicional, que derivó en lo que hoy es la red telefónica.

La comunicación móvil ha existido desde hace 60 años en la forma de tecnología de radio, cuando se ideó un equipo que permitía enlazarse en forma directa con la RTPC desde radioteléfonos en automóviles. Esta tecnología estaba limitada por dos factores importantes:

- En primer lugar, un escaso número de canales en la RF (gama de frecuencias), la banda normal de telefonía podía dar servicio a 2 mil canales.
- En segundo lugar, la radiotelefonía era un servicio centralizado. Se tenía que contratar un servicio local y sólo recibía servicio de ese proveedor, el alcance estaba limitado por las instalaciones.

En la década de los 70 comenzó a emplearse el sistema IMTS en Estados Unidos, que permitía la comunicación entre abonados a bordo de automóviles, quienes también podían establecer comunicación con abonados fijos de la red telefónica.

ITMS significa Servicio Telefónico Móvil Mejorado y es similar al sistema de telefonía celular. En el sistema de telefonía fija se necesitan un par de "hilos conductores" para conectar el teléfono al sistema. El patrón IMTS es similar, pero aquí se utiliza un par de canales de radio para interconectar una terminal

móvil a una red de telefonía móvil. Este patrón se fue adoptando a las necesidades de la época y en principio tenía las siguientes características:

- Se instalaba un transmisor potente en el centro del área a cubrir (figura 1), lo más alto posible, para que la señal pudiera superar el ruido ambiental.
- Cada canal tenía una potencia irradiada cercana a 200W, que alcanzaba hasta 40 Km. y un número limitado de canales. La cantidad de abonados por canal era entre 25 y 50.



FIGURA 1

Cada abonado disponía de un canal constante para la transmisión y otro para la recepción. A pesar de esto, el sistema completo estaba formado por más de 20 canales y tenía capacidad máxima de mil usuarios y servía por tiempo razonable. En este sistema, los usuarios se comunican con la red telefónica fija o entre sí por medio de una Estación Base de Radiofrecuencia (EBRF o ERB), que tolera todos los equipos de radio, transmisión y control.

La altura de la torre debe ser considerable, para que la señal alcance la mayor distancia posible y cubra los ruidos de fondo mientras el usuario recibe la señal.

Como la potencia de transmisión también es alta, se necesitan equipos especiales. El teléfono móvil tiene su transmisor/receptor dentro del vehículo, que también posee alta potencia en las señales de transmisión, lo que exige equipo relativamente grande.

La EBRF recibe la señal del móvil, la decodifica y la vuelve a pasar a la central telefónica, así se completa la conexión y queda como intermediaria entre los abonados.

Por otra parte, la potencia elevada en el transmisor del abonado hace que la fuente de radiación sea perjudicial, porque el teléfono se coloca junto al oído.

Al principio las conexiones telefónicas se perdían con mucha frecuencia con el desplazamiento del abonado de una área hacia otra.

El sistema tiene su área de cobertura directamente relacionada con la potencia irradiada por las antenas y la altura de la antena fija.

En un área con muchos edificios, la calidad queda comprometida. Y en una región con pocos edificios altos y topografía sin accidentes, la señal llega con calidad.

Por lo tanto, es necesario crear una Zona de Seguridad (figura 2), la cual se ubica entre varios sistemas implantados que reutilizan las frecuencias disponibles en los bordes de sus áreas de cobertura.

Esto se hace necesario para evitar interferencias entre las mismas frecuencias de dos sistemas que cubran una misma área.

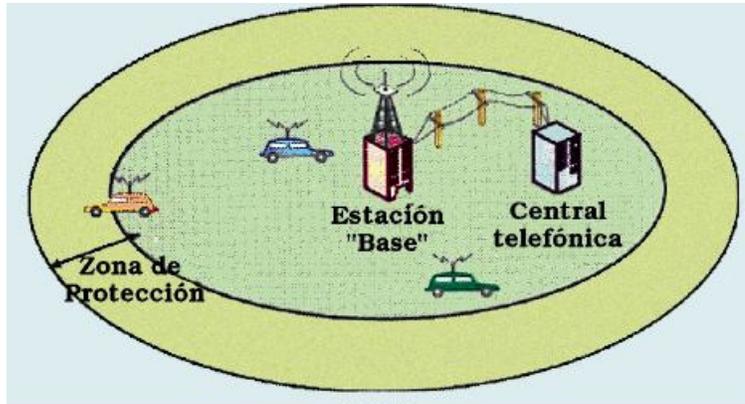


FIGURA 2

A pesar de las zonas de protección, solían ser frecuentes las interferencias de canales entre las Estaciones Móviles (EMs) que estaban muy próximas.

Se debe tener en cuenta que a partir de la década de los 80, la demanda de este tipo de servicio aumentaba y no había suficientes canales disponibles, razón por la cual se comenzó a pensar en otras alternativas.

También hay que considerar que en una extensa área de cobertura se deben instalar varios transmisores para posibilitar el desplazamiento de abonados y aumentar el número de usuarios. Todos esos transmisores deben estar sincronizados para que no haya degradación de señal (figura 3), pero esto no resuelve el problema del número limitado de usuarios en el área de cobertura.

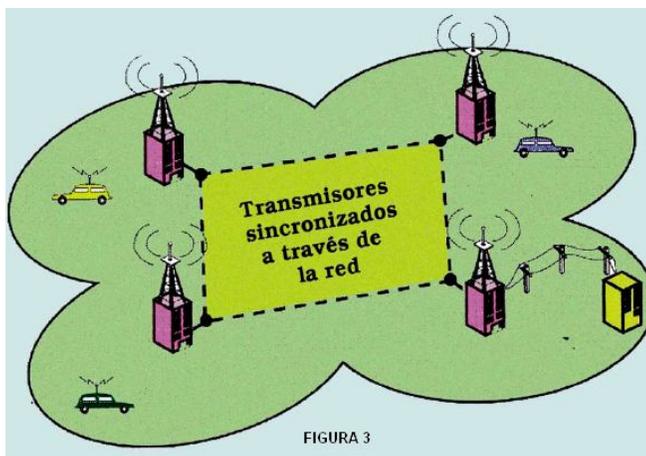


FIGURA 3

## **4.2 TRUNKING**

Se llama "trunking" a un conjunto de canales que ofrece automáticamente al móvil cualquier canal libre para que origine o reciba llamadas. Con esta técnica se aprovechó mejor el espectro de frecuencias y aumentó la eficiencia del tráfico telefónico. El sistema funcionó bien en la década del 70, tras la construcción de sintetizadores que sintonizaban varias frecuencias al mismo tiempo.

## **4.3 SISTEMA MÓVIL CELULAR**

En enero de 1997 había aproximadamente 150 millones de abonados de telefonía celular en el mundo y se calcula que ya existen 500 millones en todo el planeta debido al tipo de técnica usada, que ha permitido que se convierta en un producto de gran consumo. Como consecuencia del avance tecnológico, los aparatos celulares son cada vez más pequeños y livianos.

Al mismo tiempo que mejoran los equipos y rinden más las baterías, son más baratos y tienen más autonomía de uso, además de que ofrecen los mismos tipos de servicios que la telefonía fija. Y algo más, se sabe que es más fácil y barato implantar un sistema de telefonía celular que un sistema de telefonía fija tradicional.

La solución para los problemas presentados en el sistema móvil convencional reside en la creación estructural de las celdas, que contienen transceptores que operan en potencia baja, con frecuencias distintas, y capturan la señal de un abonado dentro de su radio de acción. Surgió entonces el SMC (Sistema Móvil Celular), en el que son distribuidas celdas que contienen, cada una, un equipo de radio transmisor/receptor denominado EBRF (Estación Base de Radiofrecuencia), como se observa en la figura 4.

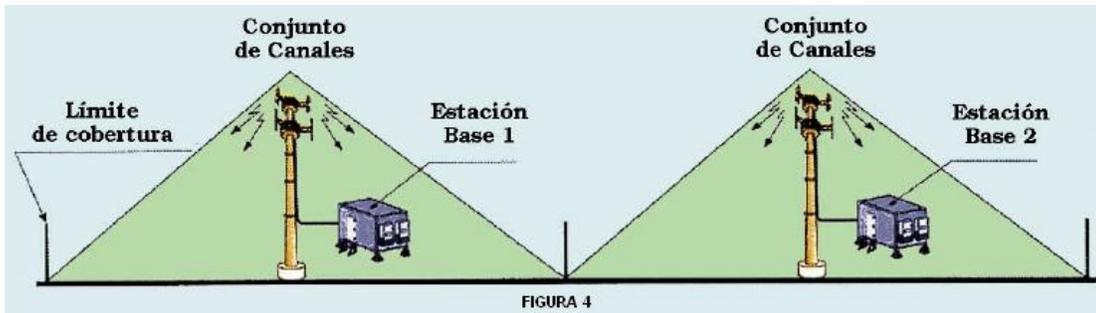


FIGURA 4

Un sistema móvil celular (SMC) está formado por tres partes: Estación Base de Radiofrecuencia (EBRF), Central de Conmutación y Control (CCC) y Estación Móvil (EM). El SMC y las conexiones se muestran en la figura 5.

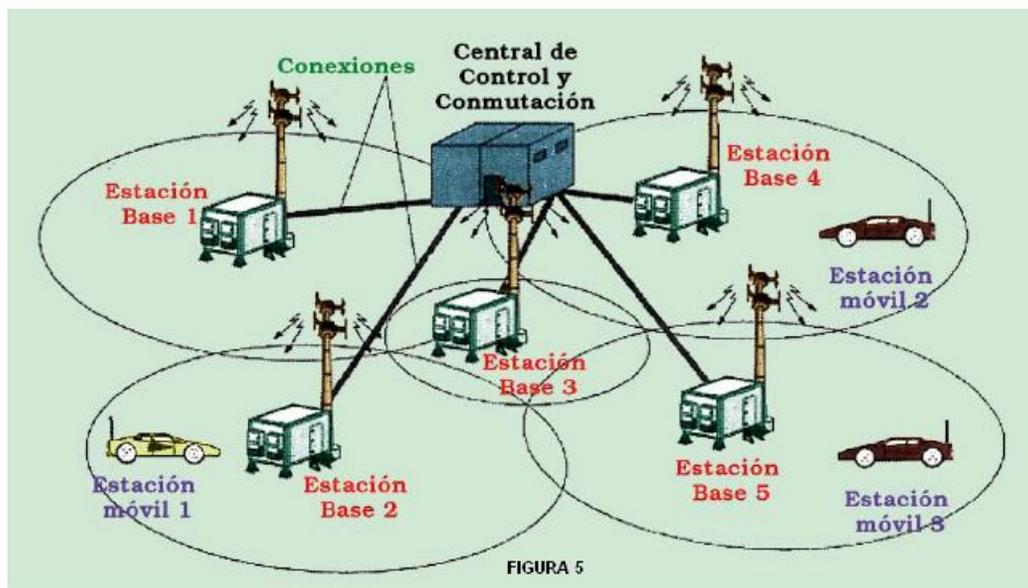


FIGURA 5

#### 4.4 ESTACIÓN BASE DE RADIOFRECUENCIA

Es una interfase entre la CCC y las EMs; sus funciones básicas son:

- Para datos: convierte la señalización propietaria que la une a CCC en el protocolo AMPS entre EBRF y EMs.
- Para voz: convierte las señales digitalizadas de voz que transitan en los enlaces entre CCC y EBRF, en señales analógicas para la transmisión FM entre EBRF y EMs.

- Para supervisión de canal de radio: monitorea los canales de voz en conversación para comparar la intensidad RF de la señal y la RSR de la señal de voz, que indica a la CCC cuando los valores medidos están fuera de las especificaciones, para que ésta aplique los procedimientos de Handoff.

La EBRF (figura 6) puede conectarse a la CCC en forma analógica o digital. Si es conectada en forma analógica, los datos se transmiten vía módem a una velocidad de hasta 9.6 kbit/s, considerada lenta; por lo tanto, la preferida es la forma digital, que consigue transmitir a 64 kbps (64 mil bits por segundo).

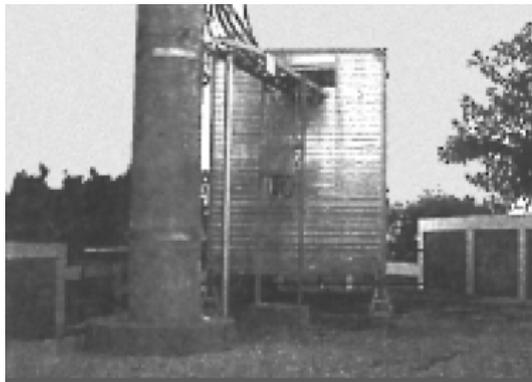


FIGURA 6

La cantidad de canales de voz que puede tener una EBRF varía según el modelo, pero tienen una media de 128 canales de voz y generalmente se instalan en lugares altos dentro del centro geométrico del área a cubrir, en montañas, si es zona rural, con su potencia de transmisión controlada para que no interfieran las celdas vecinas. Las celdas de una misma EBRF trabajan con frecuencias diferentes y el agregado de grupos de celdas se hace de forma que nunca haya coincidencia de frecuencia en la proximidad.

Todas las EBRFs tienen sus controladoras (CSC). Su función es recibir los datos y la voz de las unidades de canales y enviarlos a la CCC, a través de

un enlace exclusivo EBRF–CCC. En dirección opuesta, recibe los datos y la voz de la CCC a través de un enlace de comunicación CCC–EBRF y los envía hacia la unidad del canal o control correspondiente.

#### **4.5 CENTRAL DE CONMUTACIÓN Y CONTROL (CCC)**

La CCC es una central telefónica automática del tipo CPA (Central de Programa Almacenado) que tiene las mismas funciones que una central de la red fija pero con software para SMC. Como se trata de una central telefónica que monitorea las EMs que se desplazan entre las celdas, controlar sus EBRFs y hacer el procesamiento de las informaciones, contiene equipo adicional.

Una CCC ejecuta muchas funciones además de las conexiones:

- Administración de todo el sistema.
- Análisis estadístico del tráfico telefónico.
- Habilitación de servicio y tarificación.
- Supervisión de las EBRFs y de los canales de radio correspondientes.
- Análisis y localización de fallas en el sistema.
- Análisis de los datos de las EMs y control de funciones.

La CCC se comunica con las EBRFs por líneas telefónicas o líneas de datos privados, en que se emplean canales de PCM (Modulación por Código de Pulso), fibras ópticas o radiofrecuencia digitales. En la figura 7 se muestra un esquema simplificado del enlace CCC – EBRF donde:

- GCR – Grupo de Canales de Radio (voz y control).
- CSC – Controladora de EBRF.
- ID – Interfase Digital.

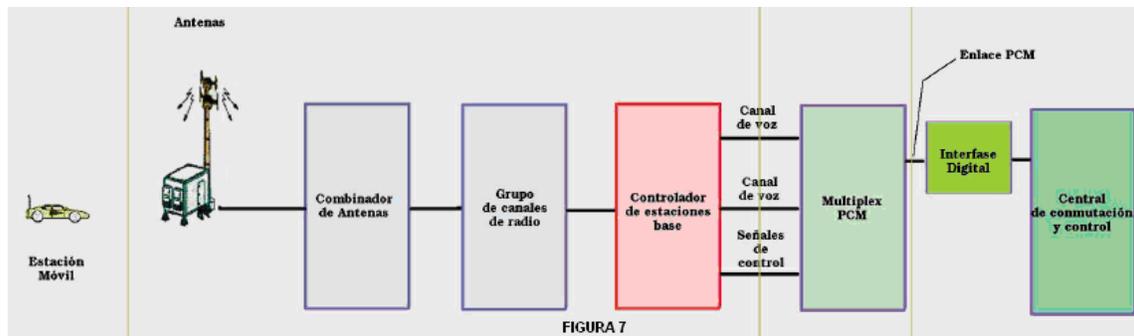


FIGURA 7

La CCC mantiene una constante comunicación con los componentes del sistema; en el caso de los datos esto sucede en los siguientes casos:

- Quando la CCC origina un mensaje para una EM que será enviado en el canal de control o en el canal de voz.
- Quando la CCC recibe un mensaje de la EM.
- Quando la CCC recibe un pedido de la EBRF como, por ejemplo, un pedido de "handoff".
- Quando la CCC envía un mensaje hacia la EBRF como, por ejemplo, pedido de los resultados de las mediciones en un proceso de handoff.
- Quando la CCC recibe un mensaje de alarma debido a una falla en la parte de radio.
- Quando una alarma externa se activa, por la acción de un intruso en la EBRF, incendio, etcétera (cuando alguien intenta penetrar una EBRF sin invitación, el dispositivo detecta su presencia y dispara la alarma en la CCC e, inmediatamente, acciona la seguridad).
- Quando alguna rutina de mantenimiento deba ejecutarse, como por ejemplo, análisis de los procesadores, carga de las unidades de canal a partir del bando de memoria en la CCC, etcétera.

## 4.6 ESTACIÓN MÓVIL (EM)

La EM es el usuario con la correspondiente terminal móvil (teléfono celular), formada por un transceptor, una unidad de control y una antena. Actualmente existen infinidad de modelos con varias funciones incorporadas. Sin embargo, hay algunas que son comunes a todos los aparatos:

- Teclado para marcar y acceso a funciones de servicios especiales.
- Marcado con el auricular.
- Marcado abreviado.
- Remarcado del último número llamado.
- Autobloqueo, se trata de un código que impide el uso por personas no autorizadas, a menos que se ingrese una contraseña.
- Los dígitos tecleados aparecen en la pantalla.
- Pantalla de funciones: fuera de servicio, roamer (inspección), en uso, lock (cuando el aparato está bloqueado).

Y las funciones optativas:

- Altavoz.
- Capacidad de enviar dígitos durante una conversación.
- Manos libres.
- Tiempo transcurrido.
- Identificador de llamadas.

Las EMs son portátil, vehicular o transportable. El tipo vehicular se usa exclusivamente en vehículos, su formato y peso son apropiados para esto y la

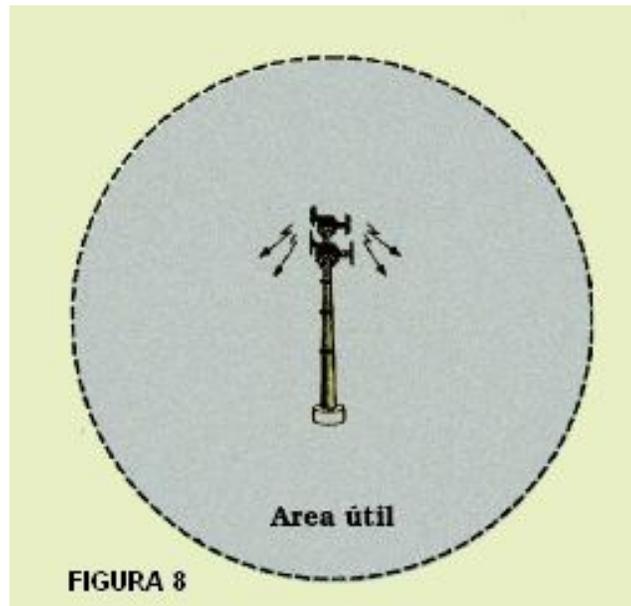
potencia que irradia está alrededor de 3W. Tiene un alcance mayor que el portátil y accesorios que facilitan la vida del usuario.

Por su pequeña dimensión y peso, el equipo portátil es apropiado para llevar en bolsos o en la cintura. Su autonomía es de varias horas de conversación o días en espera, y debe recargarse la batería cuando el aparato lo indique.

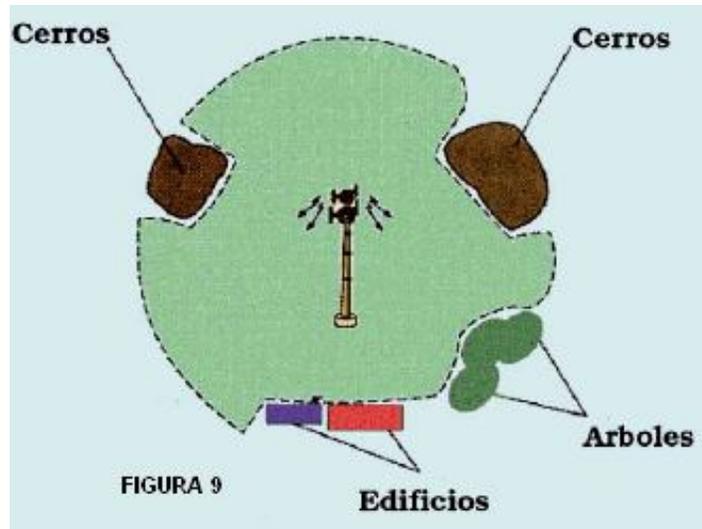
#### **4.7 CELDAS**

Una celda es un área determinada que recibe la cobertura de una EBRF y que mantiene la calidad de transmisión y recepción dentro de los estándares establecidos por el sistema.

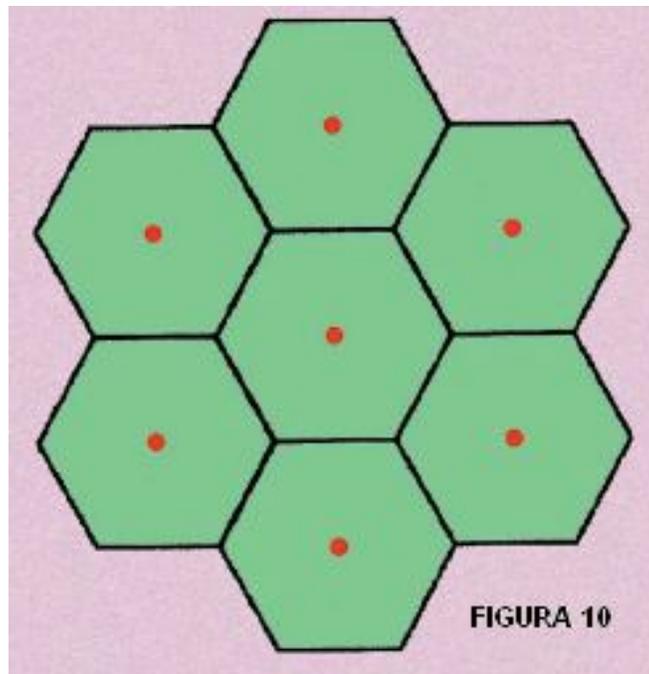
Si el terreno que rodea la antena de la EBRF es plano y no hay obstáculos, el área abarcada por el transmisor será circular (figura 8).



Sin embargo, en la práctica no es así, porque tenemos edificios, desniveles, árboles, etcétera. Aparecen regiones donde la EM (Estación Móvil) no capta la señal proveniente de la EBRF, llamadas Regiones de Sombra (figura 9).



Como representación gráfica, se adoptó un hexágono y los hexágonos agrupados uno al lado del otro (figura 10).



Existen celdas sectorizadas. En este tipo de celda, las antenas se montan de tal forma que tengan tres sectores de actuación, o sea, la torre posee tres grupos de antenas, cada una cubre 120 grados. En la figura 11 se describe la dirección de cada grupo de antenas.

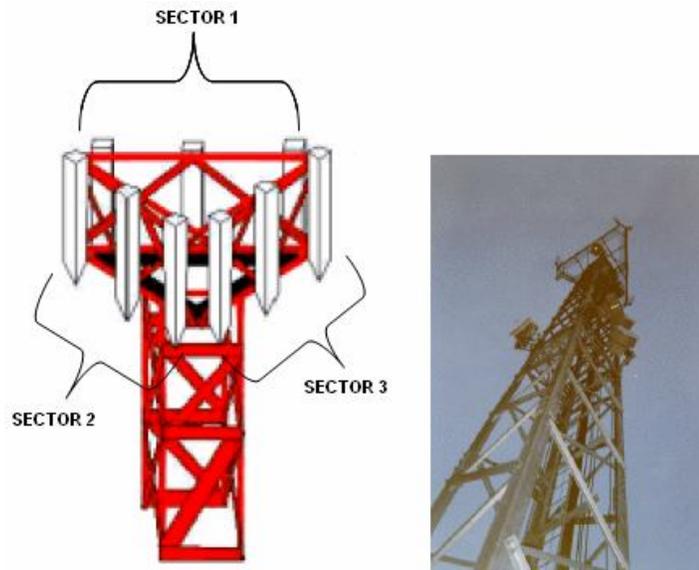


FIGURA 11 TORRE Y ANTEÑA DE LA ESTACION BASE

De esta forma, un grupo de antenas será responsable por el primer grupo de canales, otro por el segundo y el último por el tercero, quedando la EBRF como responsable de tres sectores (figura 12).

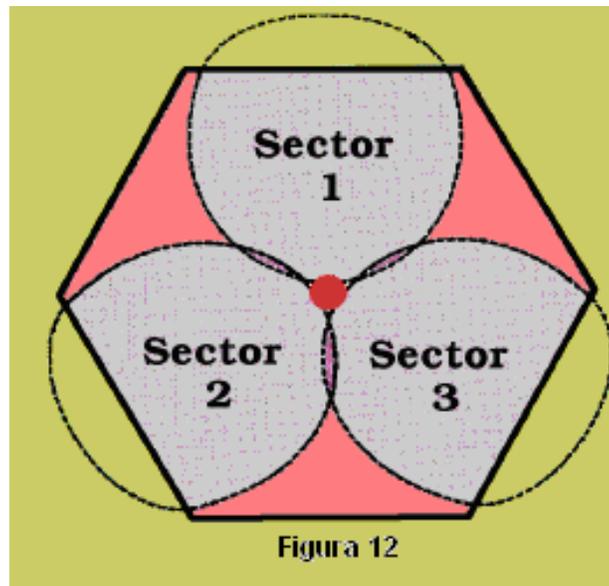
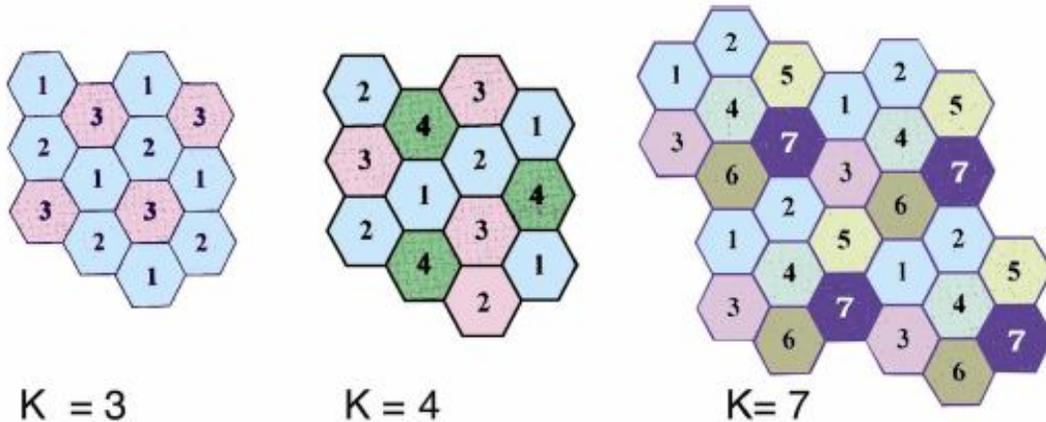


Figura 12

Pero no siempre funciona de esa forma, puede ocurrir que se quiera cubrir solamente una determinada área, ahí se utilizará, por ejemplo, un solo sector. Para cubrir una ciudad, se aglomeran varias celdas.

## 4.8 CLUSTER

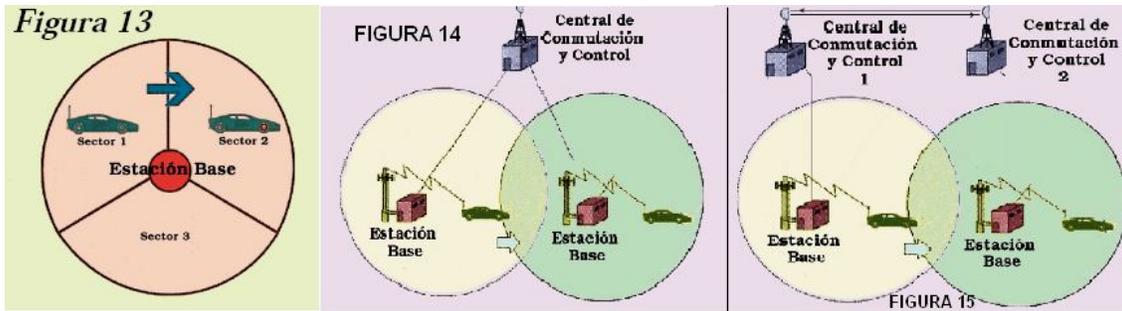
La cantidad de canales que la banda de frecuencias requiere, se distribuye entre varias celdas. A ese aglomerado se le llama cluster, que puede ser de distintos tipos o patrones de reutilización, a saber:  $K = 3$ ,  $K = 4$ ,  $K = 7$ , etc.



## 4.9 HAND-OFF

Término usado cuando el canal de voz de una estación móvil es desviado hacia otro, mientras dura el movimiento de esa estación móvil, efecto controlado por la CCC (Central de Conmutación y Control). Esto ocurre en el momento en que hay degradación en la señal enviada por la estación móvil a la estación base de radiofrecuencia, en las siguientes situaciones:

1. Cuando la EM sale de los límites de la celda/sector, o la señal queda debajo de la CCC, conmuta la EM hacia otro canal perteneciente a la nueva celda/sector, con niveles más altos. En esta situación, el handoff puede ocurrir entre sectores (figura 13), entre células (figura 14) y entre sistemas (figura 15).

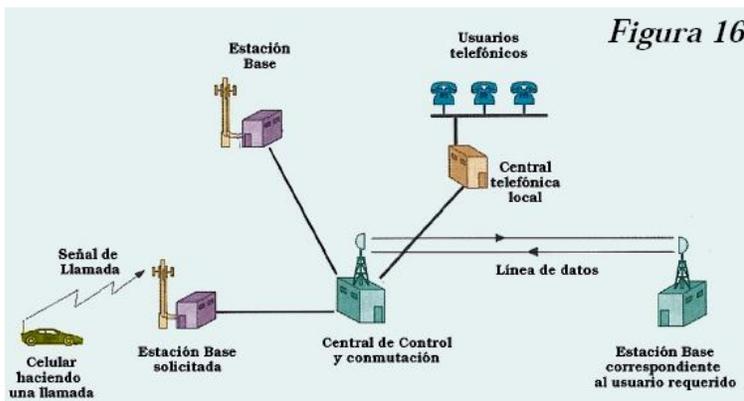


2. Cuando hay degradación en la RSR (Relación Señal/Ruido); o sea: el ruido continuo en el canal de voz es mayor que la señal emitida.

### 4.10 ROAMING

Término que indica la utilización de una llamada telefónica celular en una CCC que no es la original del abonado. Es como si el abonado alquilara un canal de la CCC visitada y se le llamara "visitante". La CCC visitada recibirá el anuncio de llegada del visitante a través del roaming automático; es decir: el aparato celular manda una señal a la CCC de alquiler y ésta le devuelve, a través del canal de control, la identificación del área visitada y en el display aparece el mensaje de ROAM.

Ya reconocido el visitante, al solicitar o recibir una llamada, la CCC con-



tacta a la CCC de registro del abonado (figura 16) y obtiene su información personal como ESN (Electronic Serial Number), número de serie del

celular y la categoría del abonado. Ese reconocimiento se hace con el número telefónico del visitante, y las dos CCC son conectadas mediante un canal apropiado para el intercambio de informaciones.

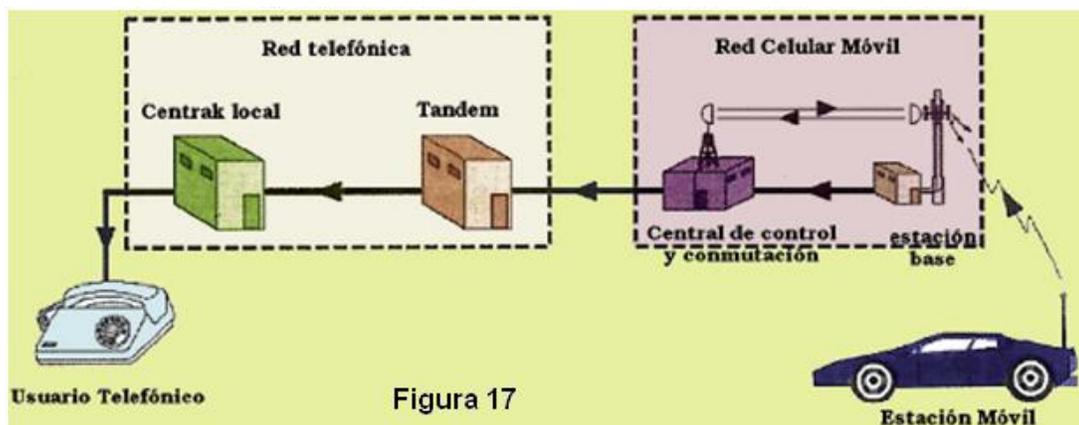
#### 4.11 ROAMING NO AUTOMÁTICO

Hay regiones donde la validez del roaming debe hacerse manualmente, esto es: el abonado debe entrar en contacto con la central de atención celular de la compañía telefónica local y solicitar una preautorización.

#### 4.12 ESTABLECIMIENTO DE UNA COMUNICACIÓN

A partir del momento en que un abonado móvil establece una comunicación con un abonado fijo, la conversación será transmitida vía radio entre la EM y la EBRF más próxima. Luego, la llamada se encamina hacia una CCC y desde allí hacia una RTPC (Red Telefónica Pública de Conmutación), desde la que es llamado el usuario fijo (figura 17).

Debido al desplazamiento de las EMs, surgen algunos defectos dentro del área de cobertura del sistema.

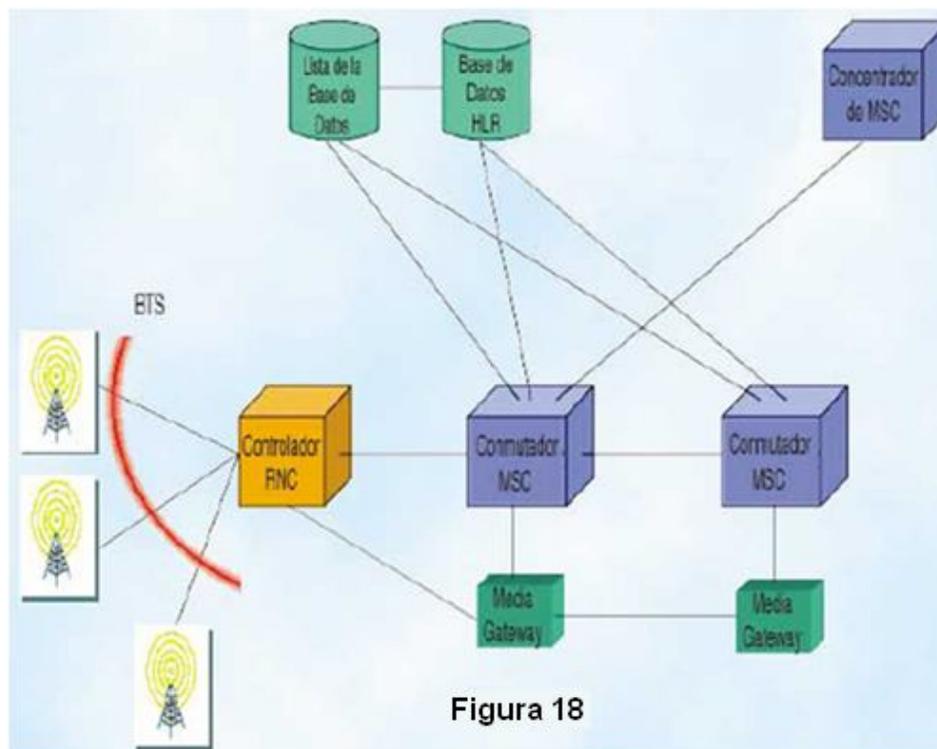


Es evidente que la antena del equipo móvil queda a aproximadamente 1.5 metros del suelo y que muchos obstáculos se cruzan en el trayecto de la

onda que conecta la EM y la EBRF. La compresión de la onda portadora tiene 33 centímetros por vuelta, medida menor que la de los obstáculos con que al chocar en el camino, produce ondas reflejas. Además, con el movimiento constante de la EM, la variación de la señal es muy acentuada.

#### 4.13 RED DE TELEFONÍA CELULAR

En la figura 18 se puede observar un diagrama en bloques de los principales componentes de una red de telefonía celular.



El Mobile Switching Center (MSC) realiza las funciones telefónicas en la red. Controla las llamadas de y hacia otros sistemas telefónicos y de datos tales como la red de telefonía fija (PSTN), la red de servicio integrados (ISDN). Es quien coordina la comunicación entre los Media Gateways.

Cuando se intenta hacer una llamada a un teléfono celular, un MSC actúa como GATEWAY-MSC.

El Radio Network Controller (RNC) maneja las funciones relacionadas con las ondas de radio del sistema, asigna los canales y se encarga de que la llamada siga establecida aunque el teléfono cambie de celda.

El Base Transceiver Station (BTS) es la interfase de radio, aquí residen las antenas de comunicación. El rango de cobertura es comúnmente llamado celda. En un BTS generalmente se montan tres celdas.

El Home Location Register (HLR) es una base de datos donde se manejan las suscripciones de teléfonos de la red. Aquí se almacena la información referente al suscriptor. Dentro de los datos almacenados se encuentran:

- Identidad del suscriptor.
- Última localización.
- Servicios a los cuales tiene acceso.

El Media Gateway administra y conecta los recursos para medios de comunicación. Existen Media Gateway para voz, datos y video. Las conexiones son requeridas y liberadas por el MSC.

#### **4.14 CÓMO SABE LA RED LA UBICACIÓN DE UN MÓVIL**

Las celdas siempre transmiten la identificación de cada teléfono (figura 19), de manera que en la medida que el teléfono se mueve, éste es identificado por la celda que corresponde a la zona de ubicación (figura 20).



Figura 19



Figura 20

La identificación del teléfono se hace a través de un controlador de Radio Enlace (RNC) y por el correspondiente Switch (MSC) (figura 21).

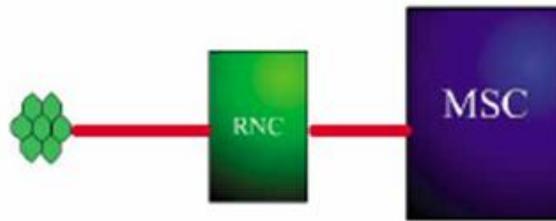


Figura 21

Dicho de otra manera, cuando el teléfono entra en zona de cobertura de una celda, se piden los datos del suscriptor a la base HLR a través de un RNC y de un MSC (figura 22). Cuando la base reconoce la identificación del móvil, le da de baja a la última ubicación que tenía en memoria y fija la nueva ubicación.

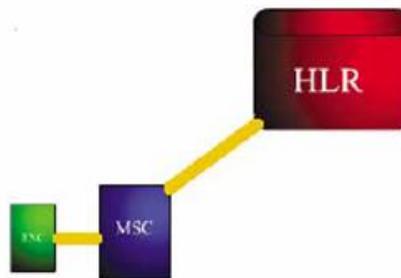


Figura 22

Luego, el HLR manda al switch MSC los datos del abonado (servicios contratados, crédito disponible) de manera que ahora el teléfono está en condiciones de realizar llamadas desde una nueva ubicación (y una nueva celda).

#### **4.15 ESTABLECIMIENTO DE UNA LLAMADA**

Cuando se recibe una solicitud de llamada a un móvil, los datos se envían a un switch “concentrador” llamado Gateway MSC. Este concentrador busca en la base de datos (HLR) la información del teléfono al que se está llamando (figura 23) para saber su posición.

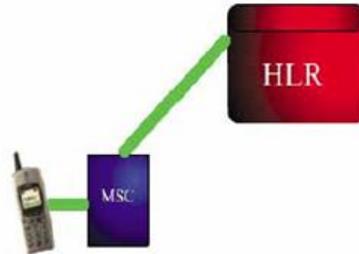


Figura 23

Como el HLR tiene información de todos los celulares, le pide a otro switch (MSC) que proporcione un enrutamiento temporal para establecer la comunicación, en base a los datos almacenados (sobre la posición tanto del móvil que llama como del teléfono buscado, figura 24).

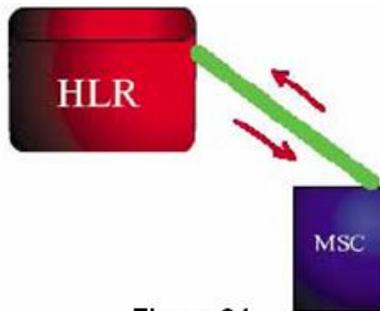


Figura 24

De esta forma se localiza al MSC que tiene el enlace del teléfono buscado y, por medio del HLR, se establece una comunicación entre el MSC que pide la comunicación y el MSC del teléfono al que se llama (figura 25).

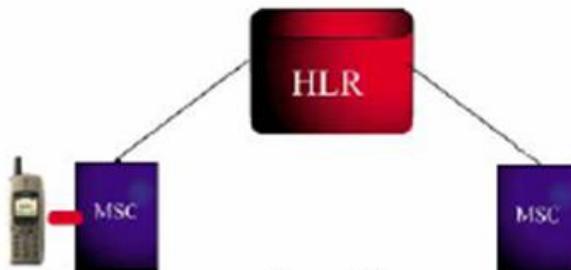
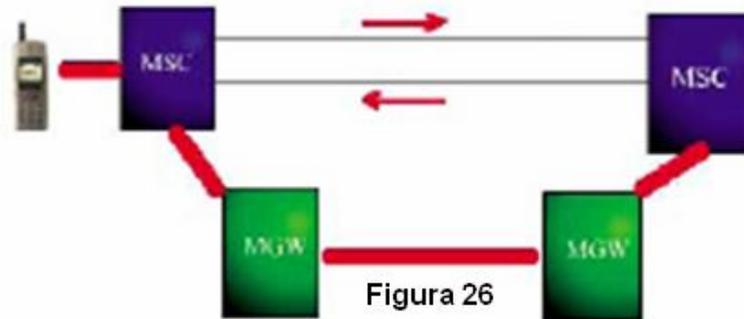


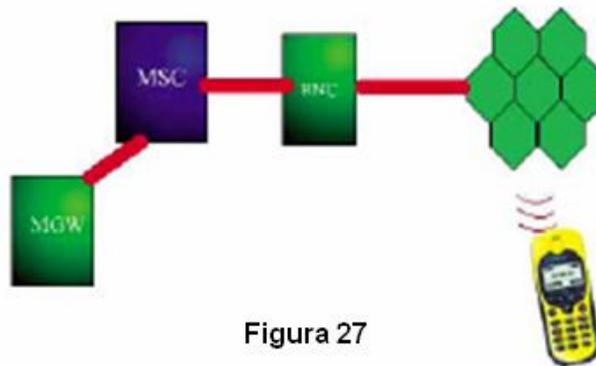
Figura 25

Aquí han intervenido dos tipos de MSC, por un lado el Gateway MSC, que tiene los datos de los teléfonos, y un Media Gateway, que decide qué tipo

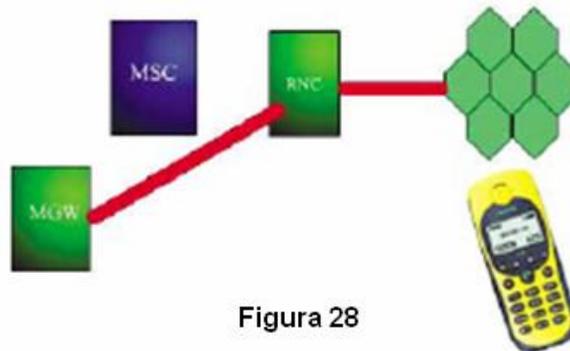
de enrutamiento se realiza, es decir, si es un canal de datos, de voz, de video (figura 26).



Una vez localizados los datos de los dos teléfonos, el Gateway MSC selecciona un Media Gateway específico (de voz, datos o video) y enruta la llamada. Al recibir la llamada, el MSC envía al celular llamado una señal de alerta para que sepa que hay una comunicación (figura 27) por medio de un RNC.



Cuando el celular responde, se establece la comunicación (figura 28)



## 4.16 FUNCIONAMIENTO DEL TELÉFONO CELULAR

Los teléfonos celulares pueden descomponerse en tres módulos bien definidos (figura 29) que son: el módulo de radio (RF=radiofrecuencia), el módulo de audio (AF=audiofrecuencias) y el módulo lógico de control (CPU).

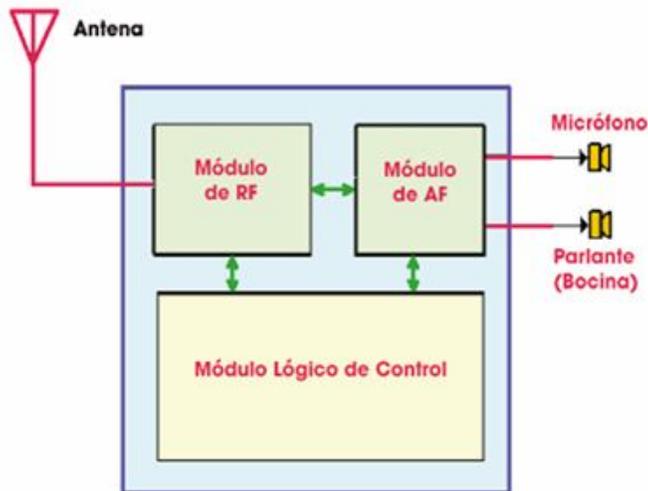


Figura 29

## 4.17 MÓDULO DE RADIOFRECUENCIA

El módulo de RF controla las señales que entran o salen (figura 30).

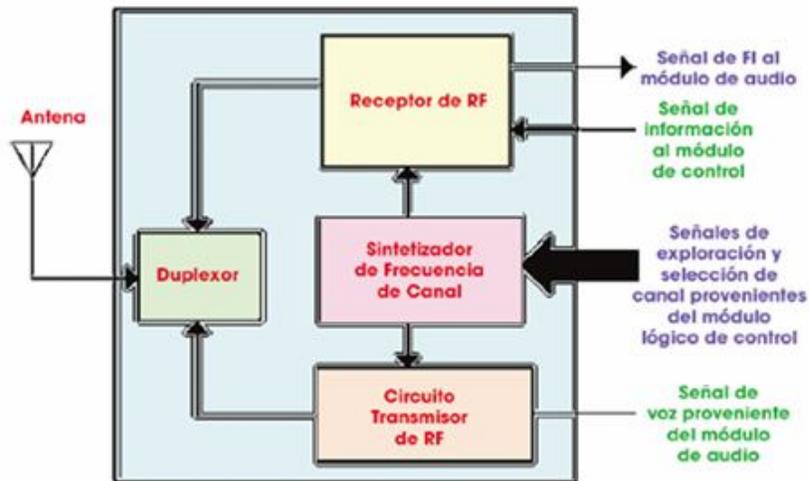


Figura 30

El circuito receptor de RF filtra y modula las señales recibidas. La salida del módulo de RF se aplica al módulo de AF. A diferencia de los radiorrecepto-

res tradicionales, en los que se usa sintonización manual para definir el canal deseado, el teléfono celular usa un circuito sintetizador de frecuencia de precisión que puede ajustarse a cualquiera de los 666 canales asignados.

Conforme el teléfono celular se mueve de una celda a otra, las frecuencias de transmisión y recepción cambian, tomando en cuenta los canales disponibles de la nueva celda. Las instrucciones que indican qué frecuencias cambiar son recibidas como señales de información y procesadas por un módem en el módulo lógico de control del teléfono celular.

Las señales de voz provienen del módulo de AF y las de información provenientes de la unidad lógica de control se envían al circuito transmisor de RF, que las coloca sobre la portadora apropiada, las filtra, las amplifica y las aplica a la antena. La frecuencia portadora de RF está determinada por la celda en que se encuentre.

El circuito sintetizador de frecuencia de canal por lo general consta de un oscilador de base que trabaja conjuntamente con un sintetizador de frecuencia de recepción y un oscilador de frecuencia de transmisión. El sintetizador de frecuencia de recepción recibe una señal digital de control de módulo lógico y produce un voltaje proporcional a la frecuencia deseada. Un oscilador controlado por voltaje, o Vco, convierte el voltaje proporcional en la señal del oscilador. El circuito de portadora de transmisión es similar.

Las señales digitales establecen un voltaje que es proporcional a la frecuencia deseada. El voltaje proporcional excita a un Vco que produce la frecuencia del oscilador.

## 4.18 MÓDULO DE AUDIOFRECUENCIAS

El módulo AF es responsable de la conversión de las señales de FI (Frecuencia Intermedia) provenientes del módulo RF en señales de voz que se puedan oír en el receptor (figura 31).

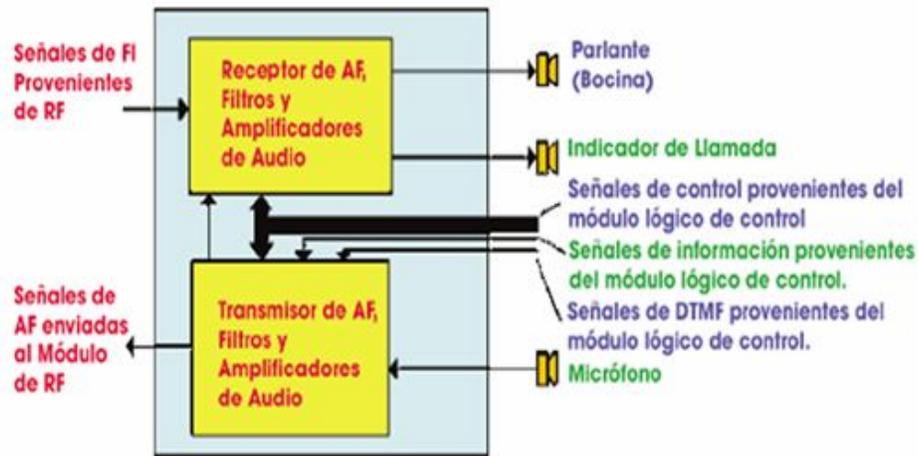


Figura 31

Generalmente se incluye un segundo elemento receptor para producir señales de advertencia tales como las de llamada. Los tonos de DTMF y la voz provenientes de un micrófono se filtran, se mezclan y se aplican al módulo de RF para ser modulados junto con las señales de control provenientes de un módem en el módulo lógico de control. Una porción de la voz transmitida regresa al receptor como tono local. Las funciones de transmisión y recepción de AF están bajo control directo del módulo lógico de control.

## 4.19 MÓDULO LÓGICO DE CONTROL

Como se observa en la figura 32, el módulo lógico de control es base de un teléfono celular y tiene una estructura similar a la de una computadora personal. La CPU principal controla el teléfono con base en un conjunto de instrucciones permanentes (su programa) grabadas en una memoria (ROM).

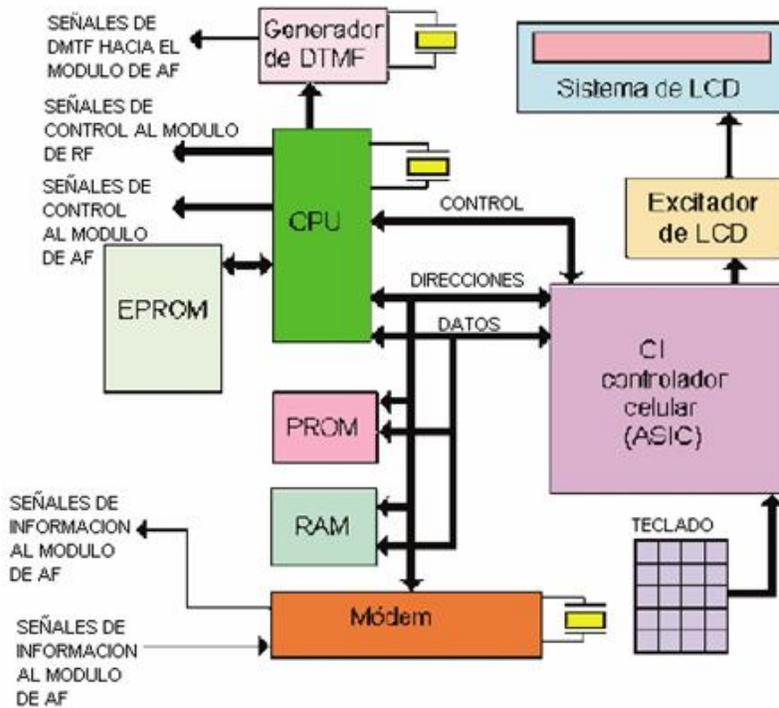


Figura 32

Se incluye una memoria temporal (RAM) que almacena variables como el canal de uso, el valor seleccionado de potencia, así como los resultados de cualquier comparación lógica u operación matemática requeridos cuando el programa del teléfono no esté corriendo.

Se usa una memoria borrable (EPROM) para almacenar información del teléfono, como el número asignado. A este tipo de memoria algunas veces se le denomina MAN, o Módulo de Asignación de Número. La CPU tiene el control de los módulos AF y RF, así como el generador de DTMF. Puesto que un teléfono celular es una parte activa de la red, debe estar en contacto constante con ella.

Además de las señales de voz y de DTMF, el teléfono debe transmitir y recibir información de la estación de celda en uso. Un CI de módem se usa para añadir información a la señal transmitida e interpretar las órdenes e información provenientes de la red. La CPU también se hace cargo del funcionamiento del

CI del controlador celular, que generalmente es un ASIC sofisticado responsable de la interconexión con el sistema de presentación visual y de teclado del teléfono. El controlador celular realiza los ajustes de los sintetizadores de frecuencia de transmisión y recepción en el módulo de RF.

#### **4.20 PROBLEMAS EN LOS TELÉFONOS CELULARES**

Los problemas de los celulares tienen que ver entre el teléfono y una estación de celda, por ejemplo, las pérdidas de señal, que se deben a que las señales de radio en la gama de 800 a 900MHz sufren debilitamiento por obstáculos como edificios y superficies lisas y pueden ser bloqueadas completamente por accidentes geográficos grandes como colinas o montañas.

Las colinas, montañas o ciudades con población densa, a menudo experimentan zonas muertas. Las señales son absorbidas o reflejadas, evitando que las ondas de radio se propaguen, algunas zonas muertas pueden eliminarse cambiando la ubicación de la celda o dividiéndola, para añadir estaciones adicionales que cubran adecuadamente el área afectada.

También se pueden tener problemas con las baterías y la posibilidad de que personas con radios comunes puedan escuchar la conversación, pero como la transmisión se realiza a diferente frecuencia, sólo escucharían una parte.

## **CAPÍTULO 5**

### **SISTEMAS DE TELEFONÍA CELULAR**

#### **5.1 BREVE HISTORIA DEL TELÉFONO CELULAR**

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

Un año después, el servicio telefónico móvil se ofreció en más de 25 ciudades de EU a unos 44 mil usuarios, aunque había 22 mil más en lista de espera de cinco años. Estos sistemas se basaban en una transmisión de Frecuencia Modulada (FM). La mayoría utilizaba un transmisor muy poderoso para proveer cobertura a más de 80 kilómetros de la base. Los canales telefónicos móviles de FM evolucionaron a 120 KHz. del espectro para transmitir voz con un ancho de banda de 3KHz.

La demanda para la telefonía móvil creció rápidamente y permaneció detrás de la capacidad disponible en muchas ciudades. Es increíble que hayan pasado más de 30 años antes de poder cubrir las necesidades de telefonía móvil. La capacidad del sistema era menor que el tráfico que tenía que soportar, por ello la calidad era terrible, las probabilidades de bloqueo eran 65% o más altas. La inutilidad del teléfono móvil disminuyó la frecuencia de su uso, ya que los usuarios descubrieron que era mejor no hablar en horas picos.

En 1949, la FCC dispuso más canales, la mitad se los dio a la Bell System y la otra mitad a compañías independientes como la RCC (Radio Common Carriers), para evitar monopolios. Fue a mediados de los 50 cuando se creó el primer equipo de menor tamaño para auto. Esto sucedió en Estocolmo, en las oficinas de Ericsson, pero fue 10 años después cuando los transistores redujeron el peso, tamaño y aumentaron la potencia para introducirlo al mercado.

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

A finales de los 60 y principios de los 70 comenzaron los primeros sistemas de telefonía celular. Las frecuencias no eran reutilizadas en células adyacentes, para evitar interferencias. En enero de 1969, la Bell System aplicó por primera vez el rehusó de frecuencias en un servicio comercial, para teléfonos públicos de la línea del tren de Nueva York a Washington, D.C. Para este sistema se utilizaron seis canales en la banda de 450 MHz, en nueve zonas a lo largo de 380 kilómetros.

Mientras que las comunicaciones de voz utilizaron el FM analógico que se había estado usando desde la Segunda Guerra Mundial, dos mejoras importantes hicieron el concepto celular realidad. A principios de los 70 se inventó el microprocesador; aunque los algoritmos complejos de control se implantaban en lógica con cables, el microprocesador hizo más fácil la vida. La segunda me-

jora fue en el uso de un enlace de control digital entre el teléfono móvil y la estación base. Fue en marzo de 1977 cuando la FCC autorizó que Bell probara un sistema celular en Chicago.

En 1978, en Estados Unidos comenzó a operar el Servicio Telefónico Móvil Avanzado o Advanced Mobile Phone Service AMPS.

En ese año, 10 células cubrían 355 mil kilómetros cuadrados en Chicago, operando en la banda de 800 MHz. Esta red utilizaba circuitos integrados LS, una computadora y un sistema de conmutación, lo que probó que los sistemas celulares podían funcionar. El desarrollo de AMPS fue rápido, un sistema comenzó a operar en mayo de 1978 en Arabia Saudita, otro en Tokio en diciembre de 1979 y el primero en nuestro país en 1981.

Entonces surgió por parte de la FCC otro requisito de competencia. Un proveedor de servicio celular tenía que coexistir con la Bell System en el mismo mercado (bandas A y B). Ameritech entró en Chicago el 12 de octubre de 1983.

Otro estándar que surgió fue el AURORA-400, en Canadá, en febrero de 1983, utilizando equipo de GTE y NovAtel. Este sistema llamado descentralizado operaba en 420 MHz y utilizaba 86 células, funcionando mejor en áreas rurales, por su poca capacidad pero cobertura amplia.

En Europa, el sistema celular Telefonía Móvil Nórdico o Nordic Mobile Telephone System NMT450 inició operaciones en Dinamarca, Suecia, Finlandia y Noruega en el rango de 450 MHz.

En 1985, Gran Bretaña empezó a usar TACS en la banda de 900 MHz. Más tarde Alemania Occidental implementó C-Netz, Los franceses Radiocom 2000, y los Italianos RTMI/RTMS. Todos ellos ayudaron a que hubiera nueve

sistemas incompatibles, a diferencia de EU, que no sufría este problema. Desde aquí se pensó en un plan para crear un sistema digital único para Europa.

Para ejemplificar el desarrollo del mercado, la industria celular creció de menos de 204 mil suscriptores en 1985 a un millón 600 mil en 1988 en EU.

A finales de los 80, el interés emergió hacia los sistemas digitales. La idea de eliminar el ruido y proveer voz clara hasta los límites de cada área de servicio fueron atractivos para los ingenieros y usuarios.

En 1990, el sistema celular en EU agregó una nueva característica, la voz digital. Y en 1991 comenzó a emerger, reduciendo el costo de las comunicaciones inalámbricas y mejorando la capacidad de manejar llamadas de los sistemas analógicos.

En 1989 surgió GSM, primero conocido como Grupo Especial Móvil y luego como Sistema Global para Comunicaciones Móviles. Lo más destacado de él es que unifica los sistemas europeos. Desde 1993, los sistemas se estaban desbordando de usuarios en EU, estos crecieron de medio millón en 1989 a más de 13 millones en 1993.

En 1994, Qualcomm Inc. propuso un escenario de espectro esparcido para incrementar la capacidad. Construido en conocimientos anteriores, el Code Division Multiple Access (CDMA) o Acceso Múltiple por División de Código, sería totalmente digital, además de que prometía 10 a 20 veces más capacidad. Más de la mitad de los teléfonos en el mundo operaban de acuerdo a los estándares de AMPS, y en su inicio nadie pensó que sería el que conviviría con TDMA o CDMA para obtener sistemas duales analógicos y digitales.

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

Y al igual que en el resto del mundo, el crecimiento de los teléfonos móviles ha sido grande, como por ejemplo Japón, que cuenta con 63.38 millones.

## **5.2 PRIMERA GENERACIÓN DE TELEFONÍA CELULAR**

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

El concepto celular añade una dimensión especial al modelo “trunking”, usado anteriormente en la telefonía móvil.

Estas células son ligadas a través de un centro de conmutación central y una función de control. Y es así como la vieja red se emplea a gran escala.

Los primeros sistemas que alcanzan un desarrollo comercial significativo aparecen en los años 80: En Europa, los sistemas NMT-450 y en EU el sistema AMPS (American Mobile Phone System) adaptado en Europa como TACS (Total Access Communication System) empiezan ofreciendo un servicio que tiene, desde el punto de vista de usuario, las características del servicio actual:

1. Posibilidad de realizar y recibir llamadas en cualquier punto del área de cobertura del sistema.
2. Continuidad de la comunicación, al pasar del radio de acción de una estación de base al de la estación contigua.

Sin embargo, estos sistemas sólo alcanzan penetraciones limitadas, debido a los elevados costos. Sólo en los países nórdicos, en que las condiciones económicas —altas rentas per capita— y sociales —tendencia a vivir en el campo— eran favorables, se llega a una amplia penetración.

Las razones por la que los costos eran elevados, eran las siguientes:

- Falta de competencia entre operadores y suministradores de equipos, que obligaran a bajar precios. Cuando en Gran Bretaña se introdujo el segundo operador, incluso el crecimiento del sistema TACS, analógico, se aceleró considerablemente.

Dificultades técnicas. Entre estas, las más destacables son:

- Existencia de varios estándares y fabricación limitados.
- Sistemas de baja capacidad o eficiencia radioeléctrica que implicaban gran consumo de frecuencias o bien instalaciones caras.
- Sistemas analógicos con tecnología voluminosa de difícil mantenimiento.



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

Éste es el primer teléfono celular de la historia, el abuelo de los que conocemos en la actualidad. Su nombre es Motorola DynaTAC 8000X. Era algo pesado, 28 onzas (unos 793 gramos) y medía 13" x 1.75" x 3.5".

Obviamente, era analógico, y tenía un pequeño display de LEDs. La batería sólo duraba para una hora de conversación u ocho horas en stand-by. La calidad de sonido era muy mala, era pesado y poco estético, pero aún así había personas que pagaban los 3 mil 995 dólares que costaba.

- Sistemas propietarios, es decir, dependencia de un fabricante.
- Esta primera generación de telefonía móvil hizo su aparición en 1979, y se caracterizó por ser analógica y estrictamente para voz. La calidad de los enlaces era muy baja, poca velocidad [2400 baudios], la transferencia entre celdas muy imprecisa, tenían baja capacidad [basada en FDMA (Frequency Division Multiple Access) y la seguridad no existía. La tecnología predominante de esta generación es AMPS (Advanced Mobile Phone System).

El siguiente cuadro muestra algunos sistemas de la primera generación:

Sistema	País	No. De Canales	Espaciado (kHz)
AMPS	EU	832	30
C-450	Alemania	573	10
ETACS	Reino Unido	1240	25
JTACS	Japón	800	12.5
NMT-900	Escandinavia	1999	12.5
NMT-450	Escandinavia	180	25
NTT	Japón	2400	6.25
<b>Radiocom-2000</b>	Francia	560	12.5
RTMS	Italia	200	25
TACS	Reino Unido	1000	125

### **AMPS**

Desarrollado por los Laboratorios Bell AT&T. Funciona en la banda de los 800 MHz.

## **EAMPS**

Extended AMPS (AMPS extendido). Aumenta la capacidad del AMPS y continúa siendo el sistema más extendido en EU y su entorno de influencia.

## **NAMPS**

Narrowband AMPS (AMPS de banda estrecha). Desarrollado por Motorola a partir del EAMPS, siendo un sistema entre el analógico y el digital.



**Motorola V3620 Analog/AMPS/NAMPS  
800MHz Cellular phone**

## **C-450**

Sistema sudafricano ahora conocido por Motorphone System 512. Y aún sigue en funcionamiento, sólo en Sudáfrica.

## **C-NETZ**

Antiguo sistema que funcionaba en la banda de 450 MHz, usado en Alemania y Austria.

## **COMVIK**

Otra víctima de la estandarización con la llegada del GSM, nació en Suecia en 1981 y pasó a mejor vida en 1996.



**Comvik Companion (MT9300)**

System: Comvik  
Frequency range: RX:  
461.050-462.350 MHz  
TX: 451.050-452.350 MHz  
RF power output: 15 W  
Sensitivity: N/A  
Selectivity: N/A  
Image rejection: N/A  
Voltage: 12 VDC  
Current drain: RX: ? A  
TX: ? A  
Impedance: 50 ohms  
Dimensions (W\*H\*D): 179\*51\*174  
mm  
Weight: 2.9 Kg  
Manufactured: 19xx-19xx

### **NMT 450**

Nordic Mobile Telephones, Sistema Nórdico de Telefonía Móvil desarrollado por Nokia y Ericsson, funcionaba a 450 MHz: También se implantó en España durante los 80, por la operadora MoviLine.



**Ericsson Hotline 450 Combi**

Frequency range: RX: 463.000-467.500 MHz  
TX: 453.000-457.500 MHz  
System: NMT450  
Type: Portable  
RF power output: Hi: 15 W, Lo: 1.5 W  
Voltage: ? VDC  
Current drain: RX: ? A  
TX: ? A  
Impedance: 50 ohms  
Dimensions (W\*H\*D): 75\*215\*230 mm (with 4.5 Ah battery pack)  
Weight: 4 Kg (with 4.5 Ah battery pack)  
Manufactured: 198x-198x

### **NMT 900**

El sistema NMT (Nordic Mobile Telephony) surgió en los países escandinavos en 1981, es ideal para cubrir la mayor extensión de terreno con la menor inversión. Esta versión NMT 900 permite mayor número de canales. Heredero

del anterior, empleaba la banda de 900 MHz, para permitir mayor capacidad y terminales más pequeñas.



**Technophone PC107/1**

Frequency range: RX: 935.000-960.000 MHz  
TX: 890.000-915.000 MHz  
System: NMT900  
Type: Pocket  
RF power output: Hi: 1 W, Lo: 0.1 W  
Voltage: ? VDC  
Current drain: ? A  
Impedance: 50 ohms  
Dimensions (W'H'D): ? mm  
Weight: ? gr  
Manufactured: 198x-19xx

### **NMT-F**

Versión francesa del anterior.

### **NTT**

Nippon Telegraph & Telephone. Desarrollado por la empresa telefónica japonesa, ha sido el estándar analógico en esta zona. Apareció una versión de alta capacidad llamada HICAP.

### **RC2000**

Radiocom 2000. Sistema francés a finales de 1985.

### **TACS**

Total Access Communications System. Se desarrolló en Inglaterra en 1985, operando en la banda de 900 MHz. El sistema TACS 900 adaptado deriva del sistema analógico AMPS desarrollado por los laboratorios Bell y comercializado en EU en 1984. Con este sistema se obtiene una mejor calidad, al

mismo tiempo que mejora la relación señal/ruido por tener mayor anchura de canal, además de equipos más pequeños y baratos.

El sistema TACS (Total Access Communications System) 900, conocido como TMA 900, es del mismo tipo que el anterior, analógico multicanalizado en frecuencia, pero diferente por utilizar tecnología más avanzada y barata, dando mejor calidad de audio y mejor conmutación al pasar de una a otra célula, ya que la señalización se realiza fuera de banda, al contrario que NMT, que lo hace dentro de ella, resultando casi imperceptible el ruido para el usuario, sin embargo sus estaciones base cubren un intervalo menor. Emplea la banda de 900MHz y cada MHz se divide en 40 semicanales de 25kHz, por lo que resulta extremadamente útil para áreas urbanas. Dispone de mil 320 canales dúplex, de los que 21 se dedican exclusivamente a control (señal digital) y el resto para voz (señal analógica).

### **ITACS**

Internacional TACS. Versión mejorada del TACS, con control mejorado.

### **ETACS**

Extended TACS. Sustituto del TACS.

### **JTACS**

Japan TACS. Es una versión desarrollada especialmente para Japón.

### **IETACS**

Internacional ETACS. Una variación menor, que aporta más flexibilidad.

### **NTACS**

Narrowband TACS, TACS de banda estrecha. Triplica la capacidad del ETACS, sin pérdida de calidad de la señal.

### 5.3 SEGUNDA GENERACIÓN DE TELEFONÍA CELULAR

La capacidad de un sistema analógico es limitada. A pesar de que varias decenas de personas puedan utilizar la misma célula, hay un límite conforme a la cantidad de frecuencias asignadas.

Los teléfonos digitales, pese a usar la misma tecnología de radio que se acaba de describir, convierten la voz en códigos digitales y la comprimen, de forma que cada llamada ocupa tres a 10 veces menos espacio que una llamada analógica, además de permitir mayor manipulación de datos para colocarlos en espacios adecuados, lo que aumenta significativamente su capacidad.

Ahora bien, mientras los teléfonos de primera generación (analógicos) y de segunda generación (digitales) transmiten a través de un flujo continuo de ondas de radio, los móviles del futuro transmitirán en minúsculos ciclos de información. Con esta tecnología, operarán como si transmitiesen en Código Morse a alta velocidad, donde cada ciclo corresponderá a un trazo o un punto, con una velocidad de 40 millones de trazos y puntos por segundo. Así conseguirán transmitir enormes cantidades de información usando poca energía, para obtener mejor calidad de transmisión.

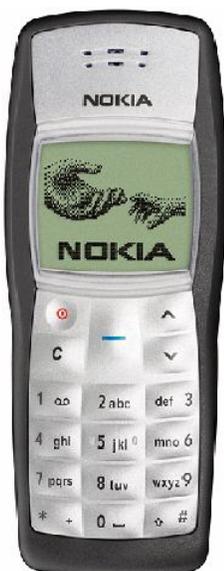
Con la transmisión de impulsos, el sistema se hace casi inmune al ruido y permite la manipulación de señales que amplía el espacio de transmisión, ya que las antenas no interfieren.

La segunda generación 2G arribó en 1990 y a diferencia de la primera, se caracterizó por ser digital. El sistema 2G utiliza protocolos de codificación más sofisticados y son los sistemas usados en la actualidad. Las tecnologías predominantes son:

- GSM Sistema Global para Comunicaciones Móviles (Global System for Mobile Communications).
- IS-136, conocido también como TIA/EIA-136 o ANSI-136. Estos dos primeros, basados en TDMA.
- IS-95, basado en CDMA Código de División Múltiple de Acceso (Code Division Multiple Access).
- PDC, Comunicaciones Digitales Personales (Personal Digital Communications). Éste último, utilizado en Japón.

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

La principal ventaja de los teléfonos de segunda generación son su gran capacidad y menor necesidad de batería.



**NOKIA 1100**

Cubiertas coloridas Xpress-On™ (venta separada).

Timbrados musicales (36 fijos y 7 descargables).

Pantalla de alta resolución – GSM.

Linterna incorporada, reloj, alarma, calendario, directorio telefónico y recordatorios\*.

Amplio teclado, pantalla fácil de leer, agarre deslizante, marcación rápida de 2 dígitos.

Directorio telefónico (50 ingresos).

Timbrados musicales personalizados.

Batería de larga duración (3 horas de conversación y 16 días de reserva).

Accesible (a casi todo presupuesto).

## 5.4 ¿QUÉ PRECISA UN TELÉFONO CELULAR PARA FUNCIONAR?

Un teléfono celular tienen que procesar millones de cálculos por segundo para comprimir y descomprimir señales digitales codificadas. No obstante, como aparatos, son compuestos apenas de algunas partes:

- Micrófono.
- Bocina.
- Pantalla de cristal líquido o plasma.
- Teclado.
- Antena.
- Batería.
- Placa de circuitos electrónicos.



El teléfono posee un microprocesador llamado DSP o Digital Signal Processor (Procesador Digital de Señales) que hará la compresión y descompresión de datos a 40 MIPS (Millones de Instrucciones Por Segundo). El microprocesador reconoce las tareas del teclado y procesa la señal en la pantalla, gestiona comandos y controla las señales de la estación base. Sin embargo, no debemos olvidar que los celulares tienen varios problemas, algunos son:

- Corrosión interna de componentes por humedad excesiva.
- Daños por calor extremo, en un coche, por ejemplo, se puede dañar la batería o los componentes electrónicos.
- Daños por frío extremo, que puede causar la pérdida de señal.

- Clonación, que ocurre cuando los impulsos de identificación del teléfono son tomados por un scanner ajeno. Los códigos de identificación pueden ser usados para hacer llamadas que son cargadas a la cuenta del móvil original.

## 5.5 EL IMEI

Los teléfonos móviles GSM poseen un código denominado IMEI (International Mobile Equipment Identity) que permite su identificación y que consta de 15 números que transmite cuando el teléfono se conecta a la red. Con este número, la operadora determina en la base de datos denominada EIR (Equipment ID Register), en la cual existen dos listas especiales, si el teléfono se puede conectar para hacer y recibir llamadas.

Si el IMEI es válido (está en la lista del EIR), la operadora puede hacer dos cosas:

- Coloca el código en la lista "gris". Todavía es posible utilizar el teléfono, pero éste puede ser monitoreado para descubrir la identidad del operador (a través de la información de las tarjetas SIM).
- Bloquea el uso en la red (la lista "negra"). El teléfono no puede ser utilizado en cualquier red donde esté listado en el EIR.

Para conocer el IMEI de un celular se debe consultar la parte posterior del aparato o digitar el código: `*#06#`

Un código IMEI está dividido en cuatro partes.

En el ejemplo de un IMEI número 544905 10 095674 0 sería:

544905 Type Approval Code (TAC). Los primeros dos números indican el país.

10 Final Assembly Code (FAC). Indica el fabricante.

095674 Número de serie del teléfono.

0 Número adicional, de reserva.

Los números que indican el fabricante son los siguientes:

01, 02	AEG
07, 40	Motorola
10, 20	Nokia
35	Mitsubishi Trium
30	Ericsson
40, 41, 44, 52	Siemens
47	Option Internacional
50	Bosch
51	Sony, Siemens, Ericsson
60	Alcatel
70	Sagem
75	Dancall
80	Phillips
85	Panasonic

## **5.6 SERVICIOS GSM: (GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATION)**

Hasta hace tiempo se podía hacer usar el teléfono celular únicamente dentro del territorio donde se había dado de altar. Los estándares técnicos, diferentes de nación a nación, incompatibles, impedían recibir llamadas o hacerlas

fuera del propio país. Hoy, las barreras han sido borradas: además del Servicio Radiomóvil ETACS (Extended Total Access Cellular System), está a disposición el Servicio Radiomóvil Internacional GSM, basado en tecnología digital.

El sistema GSM permite efectuar Roaming Internacional para hacer o recibir llamadas sin importar desde dónde se efectúen. En principio, el servicio GSM se concibió como el estándar europeo para las comunicaciones móviles digitales, pero se convirtió en estándar mundial.

El aspecto más espectacular del sistema es que, gracias a una tecnología de vanguardia, con el GSM no es el móvil el que contiene los datos del abonado sino una tarjeta inteligente llamada SIM Card (Subscriber Identity Module), que se inserta en el aparato desde el que se llama. En otras palabras, se puede usar en cualquier teléfono GSM, o bien en aquellos países que adoptan el estándar GSM con frecuencias diferentes (DCS 1800-PCS 1900).

Existen dos tipos de SIM Card, una de las dimensiones de una tarjeta de crédito (ISO), preparada para radioteléfonos vehiculares; otra pequeña, como un sello postal, para los teléfonos móviles (plugin).



Existe un adaptador que permite transformar una tarjeta SIM de formato Plugin al formato ISO. En la tarjeta SIM se pueden memorizar números telefóni-

cos asociados a nombres, además de los que se pueden almacenar en la memoria del móvil. Aquella dispone de dos códigos de seguridad, el PIN y el PUK.

El PIN es un número de cuatro cifras, modificable, sin el cual es imposible hacer la llamada. Si el código PIN (Personal Identity Number) se introduce erróneamente tres veces consecutivas, la tarjeta se bloquea. En este caso es necesario utilizar el código PUK (Personal Unblocking Key). Si también éste se escribiera erróneamente 10 veces consecutivas, la tarjeta se bloquea totalmente y será necesario sustituirla.

Otro elemento fundamental en el GSM es el uso de tecnologías criptográficas a escala militar, que ofrecen absoluta seguridad, desde la autenticación de la tarjeta hasta la conversación.

## **5.7 HISTORIA DEL GSM**

Desde principios de los 80, después de que el NMT (Nordic Mobile Telephone, sistema analógico de cobertura escandinava) funcionara con éxito, fue obvio que tenía limitaciones.

Primero, la potencial demanda fue mayor de la capacidad esperada de las redes analógicas. Segundo, las diferentes formas de operación no ofrecían compatibilidad: una terminal TACS (en funcionamiento en el Reino Unido en 1985) no podía funcionar dentro de una red NMT, y viceversa. Además, el diseño de un nuevo sistema requería tal cantidad de investigación, que ningún país podía afrontarlo en forma individual y estas circunstancias obligaron al diseño de un nuevo sistema entre varios países.

El principal requisito para un sistema común es el ancho de banda. Esta condición había sido prevista en 1978, cuando se decidió reservar la frecuencia

de  $900 \pm 25\text{MHz}$  para comunicaciones móviles. Quedaba organizar el trabajo. El mundo de las telecomunicaciones siempre había estado regido por la estandarización. Diversos factores llevaron a la creación, en 1982, de un único sistema de radiocomunicaciones a  $900\text{MHz}$ .

El Groupe Special Mobile (GSM) tuvo su primera prueba en diciembre de 1982 en Estocolmo, bajo la presidencia de Thomas Haug. Treinta y un personas de 11 países estuvieron presentes. En 1990, por requerimiento del Reino Unido, se añadió al grupo de estandarización la especificación de una versión de GSM a la frecuencia de  $1800 \pm 75\text{MHz}$ . A esta variante se le llamó DCS1800 (Digital Cellular System 1800).

El significado actual de las siglas GSM ha cambiado y corresponden con Global System for Mobile Communications.

La elaboración del estándar GSM llevó casi una década. Las principales metas alcanzadas se muestran en la siguiente tabla:

Fecha	Logro
1982	Se crea el Grupo Especial Móvil.
1968	Se crea un Núcleo Permanente.
1987	Se escogen las técnicas de transmisión de radio basadas en la evaluación de un prototipo.
1989	GSM se convierte en un comité técnico del ETSI.
1990	Fase 1 de las especificaciones del GSM900 finalizada. Se comienza con el estándar DCS1800.
1991	Comienzan a funcionar los primeros sistemas (Telecom 91 de exhibición). La mayoría de los operadores europeos de GSM900 comienzan las operaciones comerciales.

## 5.8 EL FUNCIONAMIENTO DE LA RED GSM

La red GSM está compuesta por varias entidades interconectadas, pero puede reducirse a tres niveles: la estación móvil (el teléfono del usuario); la estación base, que controla las comunicaciones de radio; y el Sistema de Red, que se encarga de realizar las conexiones entre los usuarios.

1. Estación móvil. Está formada por el teléfono y una tarjeta inteligente SIM que almacena los datos del usuario.

Movilidad del terminal: El usuario dispone de un teléfono asociado a un número de la red y puede utilizarlo en cualquier lugar con cobertura.



TERMINAL MOVIL Y LA SIM CARD

Movilidad personal: El usuario, y no el teléfono, está asociado a un número de la red que, de forma inteligente, le sigue en sus desplazamientos, pudiendo hacer uso de él desde cualquier teléfono, sea éste fijo o móvil.

2. Estación base. Está dividida en dos unidades, la estación de transmisión y el controlador, ambas conectadas por una interfaz denominada Abis.

Estación de transmisión. Son las encargadas de gestionar las comunicaciones por radio con las estaciones móviles.

Controlador de la estación. Su misión es gestionar los recursos de radio de una o varias estaciones de transmisión, enlazándolas con el centro de conmutación de servicios móviles.

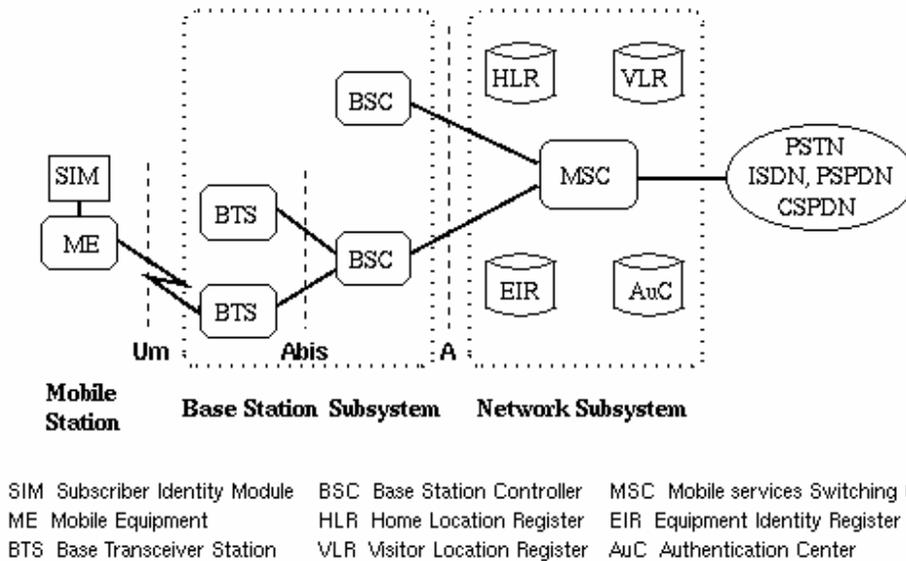
3. Sistema de red. Su componente principal es el centro de conmutación de servicios móviles, que se encarga de todas las tareas informáticas:

- Registrar y verificar las comunicaciones y actualizar la localización del usuario. Gestionar los problemas de saturación.
- Direccionar llamadas.
- Interconectar a los usuarios entre sí y con la red telefónica fija.

### **5.9 ESTRUCTURA DEL SISTEMA GSM**

En lo que se refiere a la estructura básica del GSM, el sistema se organiza como una red de células radioeléctricas continuas que proporcionan cobertura completa al área de servicio. Cada célula pertenece a una estación base (BTS) que opera en un conjunto de canales de radio diferentes a los usados en las células adyacentes distribuidas según un plan celular. Un grupo de BTS se encuentra conectado a un controlador de estaciones base (BSC), encargado de aspectos como el Handover (traspaso del móvil de una célula a otra) o el control de potencia de las BTS y de los móviles. En consecuencia, el BSC se encarga del manejo de toda la red y supone una novedad respecto a los anteriores sistemas celulares. Una o varias BSC se conectan a una Central de Conmutación de Móviles (MSC). Este es el corazón del GSM como responsable de la inicialización, enrutamiento, control y finalización de las llamadas, así como de la in-

formación sobre la facturación. Es también la interfase entre diversas redes GSM o entre una de ellas y las redes públicas de telefonía o datos.



La información de los abonados se almacena en dos bases de datos que se conocen como Registro de Posiciones Base (HLR) y Registro de Posiciones de Visitantes (VLR).

El primero analiza los niveles de suscripción, servicios suplementarios y localización actual, o más reciente de los móviles que pertenecen a la red local.

Asociado al HLR, trabaja el Centro de Autenticación (AUC), que contiene la información por la que se comprueba la autenticidad de las llamadas con el fin de evitar fraudes, la utilización de tarjetas (SIM) robadas o la clonación. El VLR contiene la información sobre los niveles de suscripción, servicios suplementarios y área de localización para un abonado que se encuentra o al menos se encontraba recientemente en otra zona. Esta base dispone también de información relativa a si el abonado está activo o no, lo que evita el uso improductivo de la red (envío de señales a un sitio desconectado). El registro de identi-

dad de los equipos (EIR) almacena información sobre el tipo de móvil en uso y puede evitar que se realice una llamada cuando se detecte que ha sido robado, pertenece a algún modelo no homologado o sufre alguna falla susceptible de afectar la red. En cuanto a las comunicaciones en la red, se ha desarrollado un esquema de señalización digital. Para la comunicación entre MSC y registros de posición se utiliza la parte de aplicación para móviles del Sistema de Señalización número 7 del CCITT, fórmula casi imprescindible para la operación de redes GSM a nivel internacional.

### **5.10 ARQUITECTURA FUNCIONAL DEL SISTEMA GSM**

La norma GSM únicamente especifica entidades funcionales e interfaces normalizados. Con ello se consigue la utilización de cualquier sistema por cualquier estación móvil, aunque no pertenezcan al mismo suministrador, y la interconexión de equipos de distintos suministradores a través de interfaces normalizados, evitando influir de forma excesiva sobre los desarrollos particulares de los fabricantes de equipos.

### **5.11 ELEMENTOS DE UN SISTEMA GSM**

Estación Móvil (MS): Una estación móvil se compone de dos partes:

- El equipo terminal (ET) y
- La terminación móvil <sup>TM</sup>.

Equipo Terminal: realiza funciones semejantes a las de un terminal RDSI y las siguientes funciones: transmisión radio, gestión de canales de transmisión radio, capacidad del terminal, incluyendo la interfaz hombre-máquina, codificación de voz, protección de errores, control del flujo de datos de usuario, adapta-

ción de velocidad de datos de usuario y velocidad del canal, soporte de terminales múltiples, gestión de movilidad.

Terminal Móvil: hay tres tipos: TMO, realiza las funciones anteriormente mencionadas, sin interfaz; TM1, incluye además una interfaz RDSI; TM2, incluye interfaces CCITT series X y V. Utilizando estos tres tipos de TM se pueden establecer las configuraciones necesarias para acceder al sistema GSM.

Una estación móvil puede además clasificarse en distintos tipos según varias características: por su utilización, equipo móvil, equipo portátil, equipo transportable.

Por la potencia de salida: clase 1: 20W –Móvil y transportable; clase 2: 8W –Vehículo y transportable; clase 3: 5W – Portátil; clase 4: 2W – Portátil; clase 5: 0.8W – Portátil.

Las características de las estaciones móviles se clasifican en tres tipos: Básicas, suplementarias y adicionales.

Las características obligatorias de la estación son: visualización del número llamado; progreso de la llamada; indicación de país/sistema; gestión de identidad de suscripción (SIM), indicador de PIN (clave de acceso) no válido, identidad internacional de estación móvil (IMEI); indicador de servicio. Las características básicas opcionales son: indicación y reconocimiento de mensajes cortos; indicación de saturación de memoria para mensajes cortos; interfaz para equipo terminal de datos; interfaz para terminal RDSI, función de acceso internacional (tecla +); conmutador encendido/apagado; interfaz analógica; auto-prueba.

Las características suplementarias son las siguientes: aviso de facturación; control de servicios suplementarios. Las características adicionales son: marcación abreviada, limitación de llamada a números fijos, repetición del último número marcado, operación manos libres, restricción de llamadas salientes, bloqueo electrónico, indicador de calidad de recepción, indicador de unidades de facturación, estación móvil multiusuario.

Módulo de identificación del usuario (SIM): para que una estación móvil GSM pueda funcionar, necesita el módulo de identificación del usuario. Existen dos tipos de módulo de identificación: una tarjeta inteligente, que puede ser retirada cuando el usuario termina de utilizarla; un módulo incorporado dentro del móvil, instalado permanentemente, aunque siempre sería posible retirarlo.

El SIM debe contener: número de serie; estado del SIM (bloqueado o desbloqueado); clave del Algoritmo de Autenticación; Algoritmo de Autenticación (A3); Identificación Internacional del Usuario Móvil (MSI); Identificación Temporal del Usuario (TMSI); Algoritmo de Generación de Claves de Cifrado (A8); Clave del Algoritmo de Cifrado de Señalización y Datos (A5); Número de Secuencia de la Clave del Algoritmo de Cifrado; Clase de Control de Acceso.

## **5.12 GENERACIÓN 2.5**

La generación 2.5G ofrece características extendidas para ofrecer capacidades adicionales como GPRS (General Packet Radio System), HSCSD (High Speed Circuit Switched Data), EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution), IS-136B, IS-95B, entre otros.

La tecnología 2.5G es más rápida y económica para actualizarse a los sistemas de tercera generación.

Muchos proveedores de servicios de telecomunicaciones (carriers) se trasladaron a las redes 2.5G antes de entrar masivamente a 3G.

Los carriers europeos y de Estados Unidos migraron a 2.5G en 2001, mientras Japón fue directo de 2G a 3G también en 2001.

### **5.13 GPRS: SERVICIO GENERAL DE RADIO POR PAQUETES**



GPRS son las siglas de General Packet Radio Service, o Servicio General de Radio por Paquetes. Este sistema, que permite estar siempre conectado, se integra en la estructura de la red GSM mejorándola y aumentando la velocidad de transmisión de 64 a 115 kilobits por segundo, entre 5 y 11 veces superior a la de WAP. GPRS elimina el costo de conexión, facturándose por información descargada. En una primera fase, la velocidad sólo alcanzará 50 kilobits, mientras que la capacidad del terminal será de 20 kilobits por hora.

Esta tecnología permite desdoblarse la transmisión de voz y datos en diferentes canales que transmiten de forma paralela, permitiendo mantener conversaciones sin cortar la transmisión de datos.

Cuando se trata de datos, se establece una comunicación permanente mientras el teléfono está conectado, lo que permite la transmisión continua de la información a mayor velocidad. La información viaja por paquetes en lugar de circuitos conmutados, como sucede en GSM, donde la voz se envía por un canal siempre abierto. En GPRS se puede elegir entre varios canales, de forma similar a como se realiza en Internet. El aumento de la velocidad se produce

porque los datos se comprimen y se envían a intervalos regulares, llamado conmutación por paquetes, lo que aprovecha mejor la banda de frecuencia.

La mayor ventaja de GPRS no es la tecnología misma, sino los servicios. Los teléfonos de este nuevo sistema permiten personalizar funciones, desarrollar juegos interactivos e incorporan aplicaciones para el intercambio de mensajes y correos electrónicos a los que se puede acceder directamente, sin necesidad de conectarse a Internet. Las pantallas (de mayor tamaño) son de alta resolución, con zoom e íconos que se activan de manera intuitiva pulsando sobre ellos con un puntero. Incorporan además una ranura para la tarjeta de crédito con chip, que facilitará transacciones electrónicas más seguras.

Con la tecnología GPRS se da un paso hacia la localización geográfica. En función de dónde se encuentre el usuario, la operadora le puede ofrecer mayor información de la zona.

Los terminales son de cinco tipos. Móviles, similares a los actuales, con visor y resolución cada vez mayor, que permiten el uso de información escrita o gráfica de forma resumida.



Tipo agenda electrónica, con funciones mixtas de voz y datos y pantallas de mayor tamaño y capacidad gráfica. Terminales tipo ordenador personal de mano (PDA), con pantalla plana de mayor formato y gran capacidad gráfica. Ordenadores portátiles que utilicen para la conexión inalámbrica un teléfono móvil GPRS. Y por último, dispositivos diversos con comunicación mó-

vil y funciones especiales como sistemas de navegación para coches y tarjetas de comunicación inalámbrica en máquinas autoservicio.

#### **5.14 TERCERA GENERACIÓN 3G**

Los sistemas 3G soportan velocidades de transmisión de 2Mbps y los operadores ya están concibiendo una amplia gama de servicios, ya sea de acceso por módem o acceso rápido en tiempo real a la red, juegos en línea y hasta videoconferencias, mediante dispositivos portátiles con pantallas grandes.

El propósito de la 3G es superar las limitaciones de las tecnologías precedentes. La tercera generación es tipificada por la convergencia de voz y datos con acceso inalámbrico a Internet, aplicaciones multimedia y altas velocidades en las transmisiones de datos.

Los protocolos empleados en los sistemas 3G están enfocados a aplicaciones más allá de la voz, tales como audio (MP3), video en movimiento, videoconferencia y acceso rápido a Internet, sólo por nombrar algunos.

Los principales requerimientos para esta tecnología incluyen:

- Calidad de voz comparable a la red telefónica pública (PSTN).
- Velocidades de transmisión de datos de 144kb/s para usuarios en vehículos viajando a 120Km/h.
- Velocidades de transmisión de datos de 384kb/s para peatones que se encuentren en un solo lugar o moviéndose sobre áreas pequeñas.
- Soporte para operaciones de 2.048 Mb/s en oficinas, es decir en ambientes estacionarios de corto alcance o en interiores.

- Soporte para ambos servicios de datos, conmutación por paquetes y conmutación por circuitos.
- Interfaz para comunicaciones móviles de Internet, que permita un ancho de banda más grande para enviar información que para recibir.
- Mayor eficiencia del espectro disponible.
- Soporte para una gran variedad de equipo móvil.
- Introducción flexible a los nuevos servicios y tecnologías.

Lo ideal es que los sistemas 3G provean servicios en cualquier lugar y a cualquier hora, mientras que los analógicos y los primeros digitales fueron diseñados para problemas como la seguridad, bloqueo e incompatibilidad regional.

En realidad, la diferencia entre redes 2G y 3G será tan radical, que la mayoría de fabricantes de equipo no se refieren a los equipos 3G de la misma manera. Los sencillos dispositivos móviles se transformarán en aparatos compactos y muy portátiles que serán tan indispensables como la cartera, las llaves o las tarjetas de crédito.

### **5.15 UMTS: SISTEMA UNIVERSAL DE TELECOMUNICACIONES MÓVILES**

UMTS corresponde a las siglas de Universal Mobile Telecommunications System (Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles), y es el primer estándar mundial para comunicaciones móviles que representa una evolución respecto a los actuales sistemas. También se le denomina Sistema de Comunicaciones de Tercera Generación (3G) respecto a GSM, que representa la segunda generación (2G) y GPRS la segunda y media (2.5G).

El teléfono UMTS se convertirá en un potente dispositivo de comunicaciones con capacidades avanzadas de imagen y sonido. Un usuario UMTS podrá, por ejemplo, moverse por una ciudad desconocida, consultando un mapa. Podrá localizar, sin necesidad de teclear la dirección en donde se encuentra, los sitios de interés que desee, un hospital o una farmacia, un cajero o un restaurante. Podría obtener información sobre cines, la película que se exhibe (ver incluso un corto promocional), reservar y pagar los boletos para ese espectáculo, eligiendo las butacas en una representación gráfica de la sala.

El UMTS emplea el Acceso Múltiple de División de Código (CDMA, Code Division Multiple Access).

### **5.16 EVOLUCIÓN DEL SISTEMA UMTS**

El estándar UMTS nace gracias al impulso de la ITU (Internacional Telecommunications Union) y la Comisión Europea para unificar los sistemas de telefonía móvil en el mundo. Se le denomina sistema de tercera generación, porque mejora las funcionalidades de los sistemas actuales.

Hasta la implantación del estándar digital GSM (Global System for Mobile Communications), las comunicaciones celulares se realizaban a través de sistemas analógicos, susceptibles de sufrir interferencias. De hecho, en Estados Unidos predomina el sistema analógico AMPS (Advanced Mobile Phone System), aunque conviva ya con otros digitales.

En la actualidad hay más de 340 redes GSM en el mundo, operando en bandas diferentes, lo que las hace incompatibles. El sistema GSM sirve a más de 165 millones de usuarios en 133 países. Sin embargo, la necesidad de crear un estándar a nivel mundial y las posibilidades de los últimos desarrollos tecno-

lógicos en materia de transmisión de datos, impulsaron a la ETSI (Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones) a desarrollar un sistema que unificará todos los existentes. Esta organización, presente en 58 países y formada por gobiernos, empresas de telecomunicaciones, etcétera, desarrolló el UMTS.

### **5.17 VENTAJAS DEL SISTEMA UMTS**

Frente a las tres bandas del GSM, el UMTS operará en frecuencias estándar unificadas. Además, mientras la velocidad máxima de transmisión de datos del GSM es de 9.800 bps, el UMTS permitirá transferencias de 2 Mbps.

Con el sistema GSM sólo es posible transmitir voz y datos “ligeros” (texto, no imágenes, videos). El acceso a Internet debe realizarse mediante el protocolo WAP, que sólo permite descargar pequeñas cantidades de datos.

Con la velocidad de transmisión del UMTS será posible una conexión a Internet como la que se realiza a través del PC, pero a mayor velocidad. Además, permitirá videoconferencias y aplicaciones multimedia (escuchar canciones a través de la red, ver videos).

Está previsto que el desarrollo del UMTS se lleve a cabo en distintas fases. Tras la concesión de licencias, las compañías operadoras tendrán que desarrollar las redes, mientras los fabricantes lanzan terminales capaces de aprovechar las funcionalidades del nuevo sistema.

### **5.18 WCDMA**

La WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access —Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha—) es la interfaz de aire en la que se basa el UMTS (Universal Mobile Telecommunication System), el cual es un estándar europeo de Tercera Generación (3G) para sistemas inalámbricos.

Esta tecnología está optimizada para comunicaciones de alta calidad de voz y comunicaciones multimedia, como videoconferencias. Puede soportar varias conexiones simultáneas, como una conexión a Internet, una conversación telefónica, videoconferencia, etcétera.

En esta plataforma se emplean estructuras de protocolos de red similares a la usada en GSM, por lo tanto puede utilizar redes existentes.

### **5.19 SERVICIOS QUE OFRECE WCDMA**

- Entrega de noticias interactivas (voz, video, e-mail, gráficos).
- E-mail interactivo (texto, gráficos, vídeoclips).
- Audio interactivo (voz con calidad de CD, video, gráficos).
- Videoconferencia (hasta 128 Kbps en video y 16 Kbps en voz), transferencia de ficheros.
- Acceso a Internet (hasta 115 Kbps en datos y 16 Kbps en voz).
- Recibir gran volumen de información de una intranet.

### **5.20 VENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA WCDMA**

Este nuevo sistema tendrá varias ventajas. Sus características son:

- Incremento de la capacidad y mayor cobertura: hasta ocho veces más de tráfico por portadora comparado con CDMA.
- Tasas de velocidad de hasta 384 Kbit/s en grandes zonas y hasta 2 Mbit/s en pequeñas zonas.
- Múltiples servicios simultáneos en cada terminal móvil.
- Soporte de estructura de células jerárquicas, introduciendo un nuevo método de traspaso entre las portadoras de CDMA.

## 5.21 ASPECTOS TÉCNICOS DE WCDMA

WCDMA ofrece flexibilidad en los servicios, combinando conmutación de paquetes y conmutación de circuitos en el mismo canal, con un promedio de velocidad entre 8 Kbps hasta 2 Mbps.

Utiliza eficientemente el espectro de radio disponible, mediante la reutilización de cada celda, la cual requiere de 2 a 5 MHz por cada capa, lo que quiere decir que una red necesitará de 2 a 15 MHz, en un espectro común de banda de 2GHz.

Las terminales WCDMA son menos difíciles de fabricar, ya que requieren muy poca señal de procesamiento, ayudando a mantener bajos costos.

WCDMA soporta conectividad IP (Internet Protocol), permitiendo accesos más rápidos a Internet. La natural sinergia entre las comunicaciones móviles y el acceso a Internet ha estimulado que estas sean integradas.

La tecnología fundamental sobre la cual trabaja IP es Conmutación de Paquetes. El camino para la evolución de GSM hacia WCDMA incluye un estado denominado GPRS (General Packet Radio Service), que provee conmutación de paquetes hasta 115 Kbps.

# **CAPÍTULO 6**

## **INTRODUCCIÓN A COMUNICACIONES MÓVILES**

### **POR SATÉLITE**

#### **6.1 INTRODUCCIÓN**

Los servicios de comunicación móvil por satélite han crecido de forma acelerada durante los últimos años, que cerca de un millar de satélites en órbita cubren el globo desde 2004.

Establecer un sistema de cobertura global no es, sin embargo, tarea fácil. Las abultadas inversiones, del orden de los billones de dólares, sólo son posibles a través de la creación de grandes conglomerados internacionales.

La experiencia muestra que la viabilidad de los proyectos no es fácil de alcanzar.

Los ejemplos de Iridium y Globalstar, dos de los principales operadores que habiendo enfrentado difíciles procesos de insolvencia y salvándose a última hora, lo demuestran.

Con terminales portátiles de tamaño variable pero, en lo esencial, con un peso rondando los 200 gramos, se aproximan estética y funcionalmente a los móviles GSM, aunque los móviles por satélite combinan normalmente la conexión a la red orbital con la posibilidad de roaming con las redes GSM.

Así pues, dependiendo del modo de funcionamiento que elija, el usuario puede hacer las llamadas por satélite, por GSM (cuando está disponible) o dejar al aparato escoger la mejor opción.

Cuando se hace una llamada satelital, el móvil contacta con el artefacto espacial más próximo, que orienta la llamada en función del caso, directa o indirectamente, hacia un gateway (estación de rastreo) terrestre.

El gateway se encarga de insertarla en la red por medio de cables convencionales. Las redes que ofrecen servicios de telefonía móvil por satélite funcionan, de acuerdo al tipo de órbita de los satélites, de dos maneras: usando satélites con órbita geoestacionaria y no geoestacionarios.

## **6.2 SISTEMAS NO GEOESTACIONARIOS**

Los sistemas no geoestacionarios, como los usados por Iridium y Globalstar, utilizan órbitas bajas (700 a 1,500 Km. encima de la superficie) o medianas (10,000 Km., como los ICO).



En movimiento permanente, estos satélites pueden tener períodos orbitales —rotación alrededor de la Tierra— tan pequeños como 100 minutos. Gracias a su proximidad, ofrecen la ventaja de no necesitar emisores muy potentes,

siendo posible ofrecer teléfonos móviles poco más grandes que los convencionales GSM, con antenas mayores.

Como están en movimiento constante, permanentemente la zona terrestre deberá estar cubierta por al menos uno, normalmente más (promedio dos). El usuario inicia la llamada con un satélite y éste, cuando desaparece sobre el horizonte, la transfiere a otro. Esta técnica evita los bloqueos o cortes por edificios y árboles, o por la morfología del terreno o movimiento del usuario, para que haya siempre cobertura.

### **6.3 SISTEMAS GEOESTACIONARIOS**

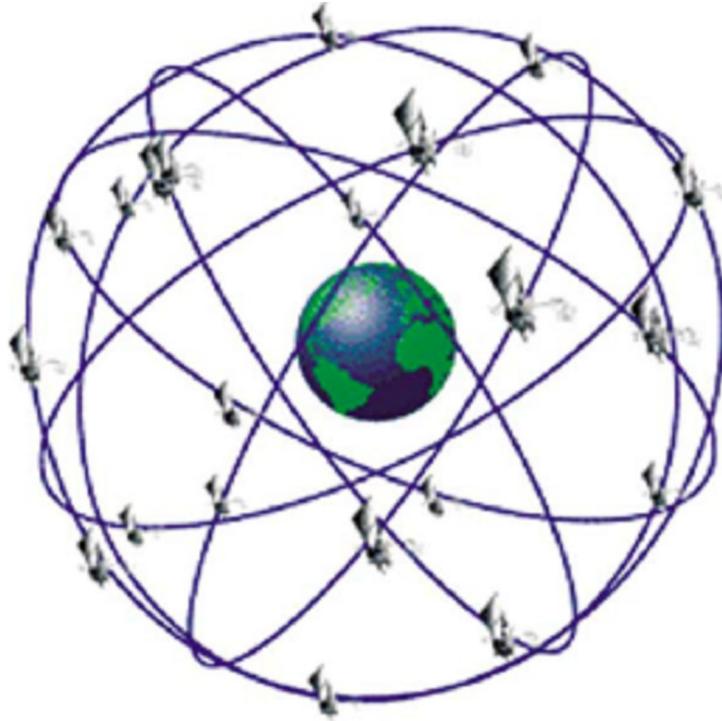
Otra opción de cobertura satelital es la de los sistemas geoestacionarios. Un satélite geoestacionario es un artefacto espacial colocado en un punto en el espacio que adquiere sincronía con el movimiento terrestre, cubriendo permanentemente una determinada zona. Para el usuario, el satélite geoestacionario mantendrá siempre la misma posición relativa en el cielo.

Es, por ejemplo, el caso de los satélites de canales de televisión. Pero este sistema, como en el caso del Inmarsat y los Thuraya, obliga al usuario a usar teléfonos más voluminosos. Esto se debe a que la órbita geoestacionaria, normalmente sobre Ecuador, sólo es posible a distancias aproximadas a 36,000 kms. A este inconveniente se agrega que, debido al tiempo que la señal viaja entre el teléfono, el satélite y la estación terrestre, se presenta un pequeño efecto de retardo o desfase en la comunicación.

### **6.4 GPS: POSICIONAMIENTO POR SATÉLITE**

El Sistema Global de Posicionamiento (GPS) consiste en 24 satélites que orbitan a una altura aproximada de 17,600 kilómetros y una red de estaciones

terrestres. GPS proporciona información precisa de su posición, velocidad y tiempo en cualquier lugar del mundo y en cualquier condición climática.



## **6.5 HISTORIA Y DESARROLLO**

GPS, era antes conocido como NAVSTAR Global Positioning System, fue iniciado en 1973 para reducir la proliferación de ayudas de navegación.

Como este nuevo sistema sobrepasaba las limitaciones de muchos sistemas de navegación existentes, el GPS se ha hecho atractivo a los usuarios.

GPS ha sido exitoso en aplicaciones clásicas de navegación, y debido a que sus capacidades pueden ser realizadas con aparatos cada vez más pequeños y baratos, es usado en nuevas aplicaciones. Estados Unidos (que desarrolló GPS) y Rusia (con la versión GLONASS) ofrecen el uso gratuito de sus satélites a la comunidad internacional.

La Organización Internacional de Aviación Civil, así como otros grupos internacionales han adoptado GPS y GLONASS como las bases para un sistema civil de navegación satelital, que se conoce como Global Navigation Satellite System (GNSS).

## 6.6 CÓMO FUNCIONA

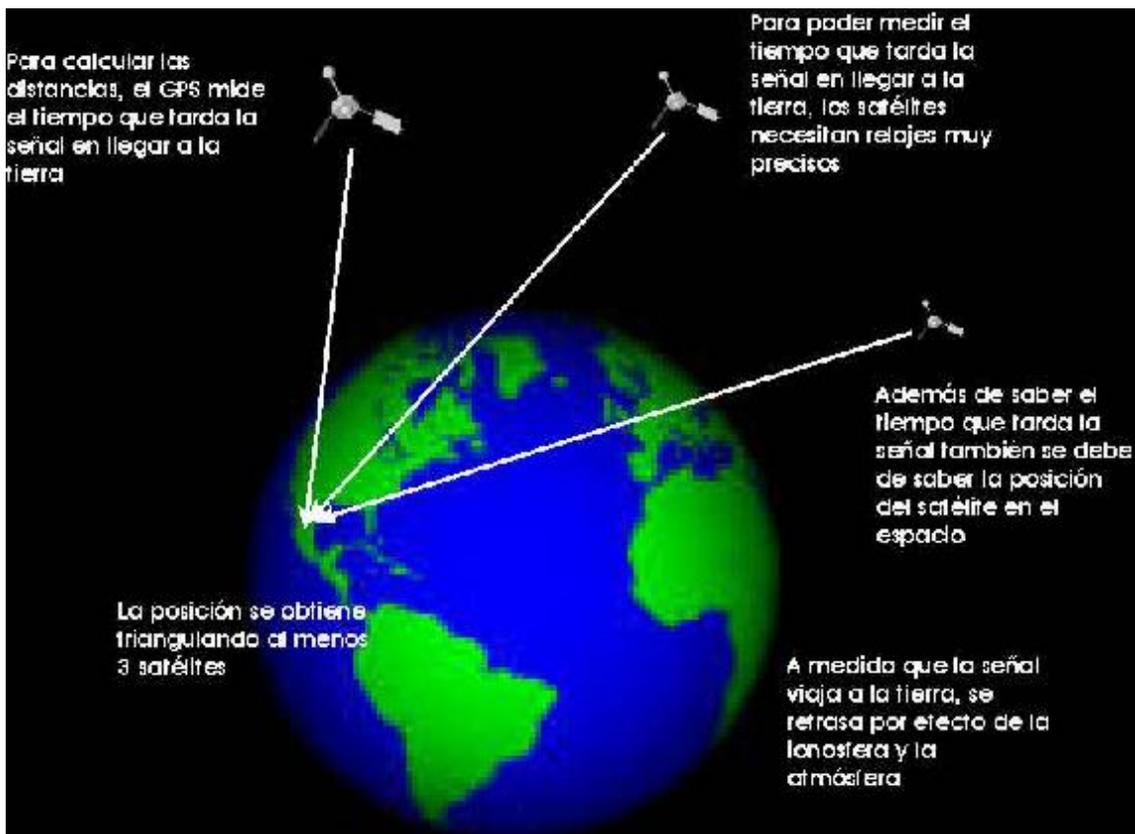
El servicio básico de GPS provee casi siempre una exactitud de aproximadamente 100 metros (lo cual está bien para aplicaciones mayores, pero si se quiere localizar un auto se necesita más precisión, más adelante se explicará cómo.)



Para su funcionamiento, cada uno de los 24 satélites envía una señal a los receptores en tierra. GPS determina la localización al computar la diferencia entre el tiempo en que una señal es enviada y el tiempo en que es recibida. Los satélites GPS tienen instalados relojes atómicos que proveen información precisa. Una “estampilla de tiempo” (el tiempo en que se envió el mensaje desde órbita) es incluido en los mensajes GPS, para que los receptores sepan cuándo

se envió la señal que también contiene datos que permiten saber la localización de los satélites y hacer ajustes para una localización más exacta.

El receptor usa la diferencia en tiempo entre la recepción de señal y su envío para calcular la distancia (o rango) entre receptor y satélite y se deben tomar en cuenta los retrasos por propagación o el retardo de señal causado por la ionósfera y la tropósfera. Con los rangos de tres satélites y la información de la posición de un satélite, el receptor puede establecer su posición tridimensional. Se necesita un reloj atómico sincronizado al GPS para calcular los rangos de las tres señales. Pero, al tomar esta medida de tiempo de un cuarto satélite, el receptor evita la necesidad de un reloj atómico para computar latitud, longitud, altura y tiempo.



## 6.7 ¿CÓMO HACER QUE EL GPS SEA MÁS PRECISO?

Si se quiere localizar un automóvil o a una persona, se requiere de una precisión mayor. La limitante la da el poder de cómputo de los receptores.

No se pueden hacer cálculos muy precisos y en tiempo real, en receptores del tamaño de un teléfono celular.

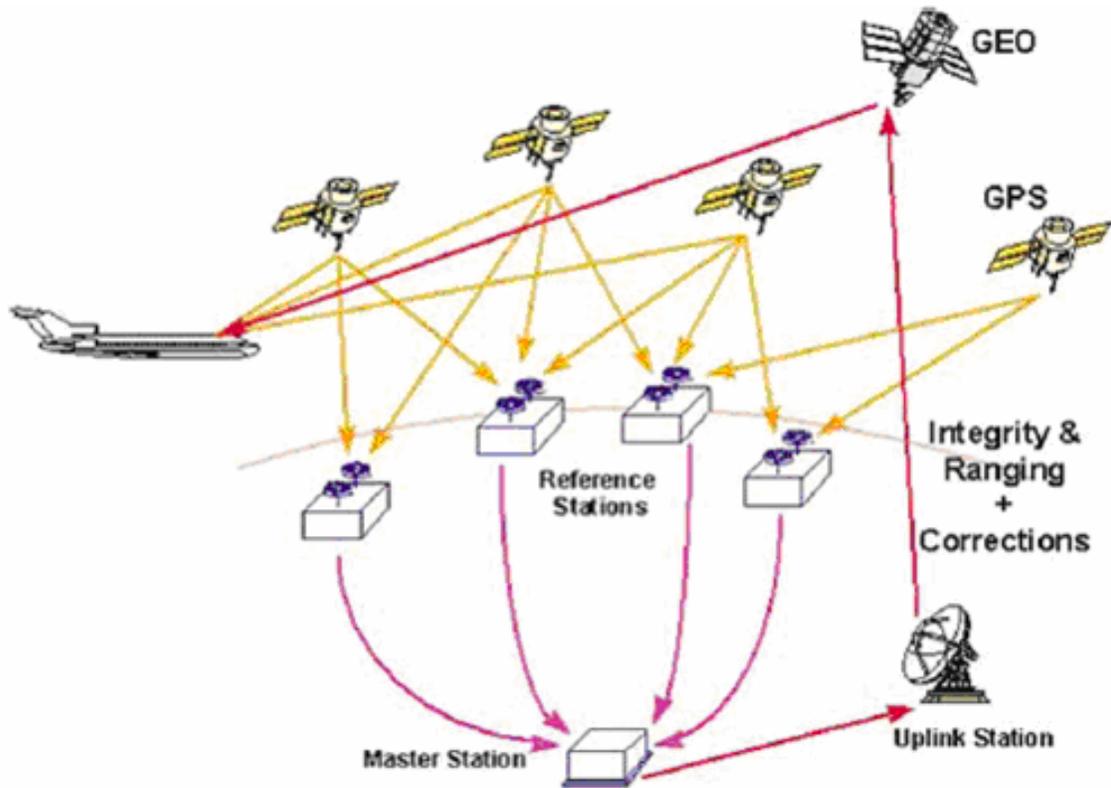
Sin embargo: ¿qué pasaría si se colocara un centro de cómputo capaz de calcular las distancias de todos los satélites visibles y las correcciones de propagación e ionósfera y luego, de algún modo, se lo comunicara a los pequeños dispositivos?

Este método llamado Wide Area Augmentation System (WAAS) mejora la localización de un dispositivo de 100 metros a solamente siete metros.

WAAS se basa en 25 estaciones de referencia en Estados Unidos, que calculan constantemente todos los satélites visibles, una corrección exacta del cómputo del rango o distancia de cada satélite y una referencia de tiempo de cada corrección.

Estos cálculos son transmitidos a la central WAAS, que los analiza y compara para determinar su validez e integridad y después manda a un satélite geoestacionario esta información, que es propagada a los receptores del área de servicio del satélite.

Con esta corrección ya predeterminada, los receptores GPS mejoran su localización.



## 6.8 LOCALIZACIÓN DEL DISPOSITIVO

Con todo esto, el dispositivo GPS sabe dónde está, pero no es lo mismo que decir que se ha "localizado" al dispositivo.

Encontrar algo o a alguien significa que algo más, diferente al dispositivo, sabe su posición.

Para eso, sólo basta comunicar la posición a un satélite y estos datos son recuperados en una central que los coloca sobre un mapa y los despliega en una página web.

Se puede integrar un dispositivo GPS a un teléfono para transmitir su localización a una central, por lo que ya es posible localizar en un radio de siete metros a cualquier persona que tenga encendido su celular.



Pantalla de un GPS

## 6.9 TECNOLOGÍAS DE ACCESO CELULAR

Como hemos visto, en la actualidad existen tres tecnologías para transmitir información en las redes:

- Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA, por sus siglas en inglés).
- Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA).
- Acceso Múltiple por división de Código (CDMA).

Aunque estas tecnologías suenan complicadas, se puede tener una idea de cómo funcionan examinando los nombres. La diferencia está en el método de acceso, el cual varía entre:

- Frecuencia, utilizada en la tecnología FDMA.
- Tiempo, utilizado en la tecnología TDMA.
- Códigos únicos, que se proveen a cada llamada en CDMA.

La primera parte de los nombres (Acceso Múltiple) significa que más de un usuario puede usar cada celda.

La tecnología FDMA separa el espectro en canales de voz, al dividir el ancho de banda en pedazos (frecuencias) uniformes.

FDMA es utilizada en la transmisión analógica y no es recomendada para transmisiones digitales, aun cuando es capaz de procesar información digital.

TDMA comprime las conversaciones (digitales) y las envía utilizando la señal de radio un tercio de tiempo solamente.

La compresión de voz es posible ya que la información digital puede ser reducida por ser binaria (unos y ceros).

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

La tecnología CDMA es muy diferente a la TDMA. La CDMA, después de digitalizar la información, la transmite a través de todo el ancho de banda disponible. Varias llamadas son sobrepuestas en el canal y cada una tiene un código de secuencia único por lo que es posible comprimir entre ocho y 10 llamadas para que ocupen el mismo espacio que una analógica.

En teoría, las tecnologías TDMA y CDMA deben ser transparentes entre sí (no interferirse o degradar la calidad), sin embargo en la práctica se presentan algunos problemas como diferencias en el volumen y calidad.

### **6.10 SMS – EL SISTEMA DE MENSAJE DE TEXTO**

El SMS (Short Messages Service) es una de las funciones disponibles en los teléfonos digitales (como el GSM en Europa).

Su uso consiste en la posibilidad de enviar mensajes de texto (letras, números o alfanuméricos, una mezcla de ambos). Hasta 160 caracteres pueden incluirse en cada mensaje.

Cada compañía ofrece este sistema con el servicio básico del contrato o tarjeta prepago, permitiendo saber al usuario cuando alguien le deja un mensaje de voz en el buzón de correo y ofreciendo la posibilidad de enviar mensajes personalizados a otros móviles.

### **6.11 FUNCIONAMIENTO**

Tras el envío de un mensaje, éste se recibe en un centro de mensajes que lo almacena y envía posteriormente y hace el cobro por el servicio. El centro de mensajes manda el mensaje al destinatario, cuando el móvil se conecta a la red. De esta forma y al contrario de los servicios de "pager", es posible tener la certeza de que el mensaje llegó, porque el centro de mensajes notifica al remitente en caso de que la operación falle.

Mientras que voz, fax e Internet usan un canal de radio, los mensajes son transferidos por otra frecuencia. Esto garantiza que, en caso de haber saturación de red (que provoca que los usuarios no tengan línea), el SMS no se vea afectado.

### **6.12 CÓMO ENVIAR UN MENSAJE SMS A PARTIR DE SU MÓVIL**

Primero, es necesario verificar si el teléfono tiene la opción de enviar y recibir mensajes, porque algunos modelos antiguos sólo pueden recibirlos.

Enseguida es necesario que el número del centro de mensajes esté introducido en el móvil. Finalmente, pedir la activación del servicio.

Tras estos pasos, sólo queda escribir el mensaje o escoger uno almacenado en la memoria y marcar el número del destinatario. Poco después se recibe la confirmación del envío del mensaje.

## **SMS por Correo Electrónico y WWW**

Existen también otras formas de enviar un mensaje. Ambas son gratis (sólo se cobra el acceso a Internet), pero el número de caracteres permitido puede ser menor y tardar más tiempo en llegar a su destino.

- Correo electrónico. Se envía un e-mail con el texto a las direcciones de cada operador.
- World Wide Web. Existen varias páginas que permiten el envío de mensajes SMS.

## **6.13 APLICACIONES Y FUTURO DEL GPS**

Si bien hemos dado un enfoque sobre el tratamiento del GPS en la telefonía móvil, algunas de las muchas aplicaciones del GPS son las siguientes:

### **Navegación Marítima**

Su implantación ha sido muy rápida (antes las embarcaciones empleaban el sistema TRANSIT).

Se piensa que en poco tiempo la navegación marítima se basará en GPS. Actualmente también emplean sistemas hiperbólicos, pero estos tienden a desaparecer. El costo del sistema GPS es bajo (además los barcos no requieren receptores de gran calidad) y lo puede usar cualquier embarcación.

### **Navegación Terrestre**

Existen dos mercados principales:

Automóviles: Integran el GPS y sistemas gráficos muy avanzados para proporcionar un sistema de viaje desde un punto a otro, evitando en lo posible el tránsito vehicular.

Receptores personales: Excursiones en 4x4, como sistema de orientación para invidentes.

La gran penetración de este sistema se debe al bajo costo de los receptores. En la actualidad se emplea en aplicaciones profesionales:

- Transportes internacionales.
- Redes de autobuses.
- Policía.
- Ambulancias.

También se usa en competencias deportivas como el ciclismo, en donde permite conocer al instante el tiempo que aventaja un corredor a otro, la pendiente de una rampa o de de un puerto.

### **Navegación Aérea**

Debido a su mayor complejidad técnica, su proceso de adaptación ha sido más lento. Se están desarrollando aparatos GNSS que pretenden mejorar los actuales sistemas de gestión de vuelos.

Se están instalando en áreas de bajo tráfico, ya que su uso no está justificado si tenemos en cuenta que ya existe el Radar.

### **Aplicaciones Militares**

Como el GPS es un sistema desarrollado por el ejército, es en este campo en donde su desarrollo ha sido más rápido que en aplicaciones civiles.

Se emplea en la navegación militar (aeronaves, vehículos terrestres, barcos) y para guiar y conocer el posicionamiento de las tropas.

## Ciencias Geográficas

Permite ubicar puntos con precisión. Se pueden construir mapas geográficos más precisos, mejorando los que hasta ahora existían.



Vista satelital de la FES Cuautitlán campo 4 UNAM

## **Otras Aplicaciones**

Sincronización: pues el GPS ofrece una referencia temporal muy exacta. Lo usan algunos sistemas de transmisión. Para conseguir la referencia temporal sólo necesita un satélite, es muy barato.

Defensa civil: para la localización y delimitación de zonas afectadas por catástrofes y coordinar vehículos de auxilio.

## **Limitaciones**

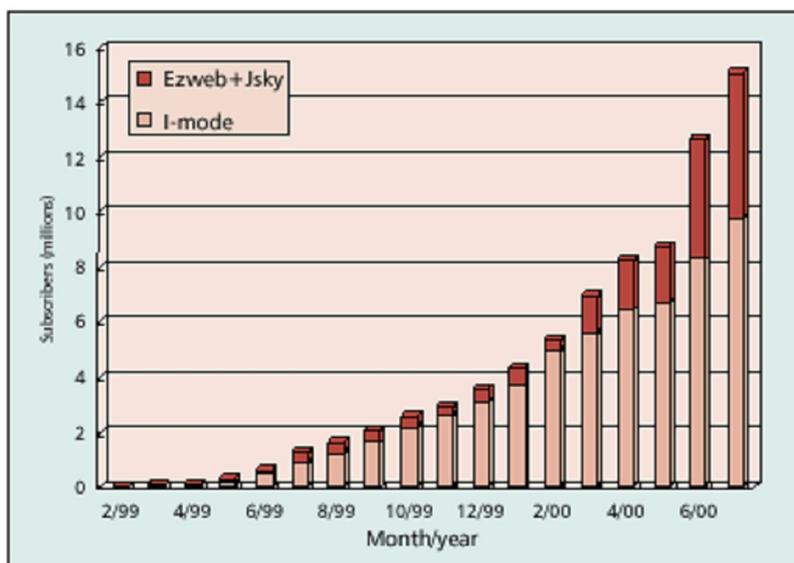
La más importante es que para su funcionamiento dependen de Estados Unidos, concretamente del Departamento de Defensa. Cuando ellos quieran, pueden eliminar el uso del sistema GPS mediante el bloqueo de satélites.

## CAPÍTULO 7

### PERSPECTIVAS DE LAS COMUNICACIONES MÓVILES (4G)

#### 7.1 LIMITACIONES EN LA 3G

Resulta paradójico que, pese a que la Tercera Generación no ha entrado en vigor como se planeaba al inicio del siglo, ya estén establecidas sus limitaciones y con un tiempo de vida de 10 años, basados en el acelerado crecimiento de las redes de datos y las tendencias del mercado. Como ejemplo podemos citar Japón, en donde se prevé que el número de suscriptores alcance 81 millones en el año 2010 y para 2006 se tenía casi saturado el mercado. No obstante que el número de suscriptores no se incremente más allá de estas cifras, los usuarios de Internet móvil seguirán creciendo:



#### 7.2 TERCERA GENERATION PARTNERSHIP PROJECT (3GPP)

Es el principal foro de estandarización de un sistema móvil 3G. No tiene entidad legal, es un proyecto común formado por ETSI en Europa, ATIS en Estados Unidos, ARIB y TTC en Japón, TTA en Corea y CCSA en China.

3GPP es un acuerdo de colaboración entre organismos de estandarización y otras entidades relacionadas para producir las especificaciones técnicas relativas a:

- Un sistema basado en una red troncal GSM/MAP evolucionada y en el acceso radio UTRA.
- La evolución del acceso radio GSM/GPRS/EDGE.

La estandarización en 3GPP es gradual, con frecuentes revisiones y evoluciones, produce cada determinado tiempo un conjunto de documentos que constituye un estándar conocido como “Release”. Esta forma de trabajo, heredada de GSM, permite tener un sistema funcionando a la vez que se mejora.



El 3GPP ha comenzado a esbozar cómo evolucionarán a largo plazo las tecnologías 3G para asegurar su competitividad. Los propósitos fundamentales —más servicios y reducir costos de usuarios y operadores— se conseguirán mejorando la cobertura y las capacidades de los sistemas.

La tercera generación (3G) ha sido desplegada a nivel mundial. Un primer paso se refleja en la introducción de HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access) y E-UL (Enhanced Uplink), que la convierten en una solución altamente

competitiva. Sin embargo, teniendo en cuenta que los requerimientos y expectativas de usuarios y operadores continuarán evolucionando, el 3GPP ha comenzado su transformación al estándar 3G (a veces llamado Súper 3G).

Se piensa que existirá convergencia entre los protocolos de Internet y los futuros servicios, que serán transportados sobre IP. Por este motivo, la evolución depende de las mejoras en la conmutación de paquetes (Packet Switched). En concreto, la intención de 3GPP es entregar un conjunto de especificaciones para el acceso radio 3G evolucionado en 2007. La disponibilidad inicial se espera entre 2009 y 2010.

### **7.3 HSDPA**

Es la evolución de la tercera generación (3G) de tecnología móvil, llamada 3.5G, y se considera el paso previo hacia la cuarta generación (4G).

HSDPA lleva a las redes WCDMA a su máximo potencial en servicios de banda ancha mediante un aumento en la capacidad de datos celulares, con throughput más elevado. De la misma manera en que UMTS incrementa la eficiencia espectral en comparación con GPRS, HSDPA incrementa la eficiencia en comparación con WCDMA y permite que la red sea utilizada simultáneamente por un mayor número de usuarios.

HSDPA provee tres veces más capacidad que WCDMA. En cuanto a la interfaz de las aplicaciones en tiempo real como videoconferencia y juegos en línea, actualiza a la tecnología WCDMA al acortar la latencia de la red (se prevén menos de 100ms), brindando mejores tiempos de respuesta.



El primer teléfono que funciona con la tecnología HSDPA fue presentado por Samsung en el Consumer Electronics Show (CES) 2006

Alcanza elevadas tasas de velocidad gracias a la Modulación de Mayor Orden (Modulación de Amplitud en Cuadratura 16-16 QAM), codificación variable de errores y redundancia incremental, así como la nuevas y potentes técnicas de programación rápida para determinar qué usuario obtendrá recursos.

Están programadas varias optimizaciones que aumentarán las capacidades de UMTS/HSDPA, comenzando con un enlace ascendente optimizado (HSUPA), receptores avanzados y antenas inteligentes/MIMO.

Finalmente, comparte sus canales de alta velocidad entre usuarios del mismo dominio de tiempo, lo que representa el enfoque más eficiente. Esta tecnología se espera llegue en 2009.

#### **7.4 IMPLEMENTACION**

Operadores como Vodafone y O2 tienen previsto ofrecer redes con esta tecnología. El objetivo de HSDPA es conseguir mayor ancho de banda. La compatibilidad es crítica, así que los diseñadores de HSDPA utilizaron una filo-

sofía evolutiva. HSDPA básicamente es igual a la versión 99 de UMTS (R99), con la adición de una entidad de repetition/scheduling dentro del Nodo-B, que reside debajo de la capa de control de acceso al medio R99 (MAC).

Las técnicas R99 se pueden soportar en una red HSDPA, puesto que los terminales móviles de HSDPA (llamados User Equipment o UE's) se diseñan para coexistir con R99 UE's.

Técnicamente, los principios operativos básicos de HSDPA son fáciles de entender.

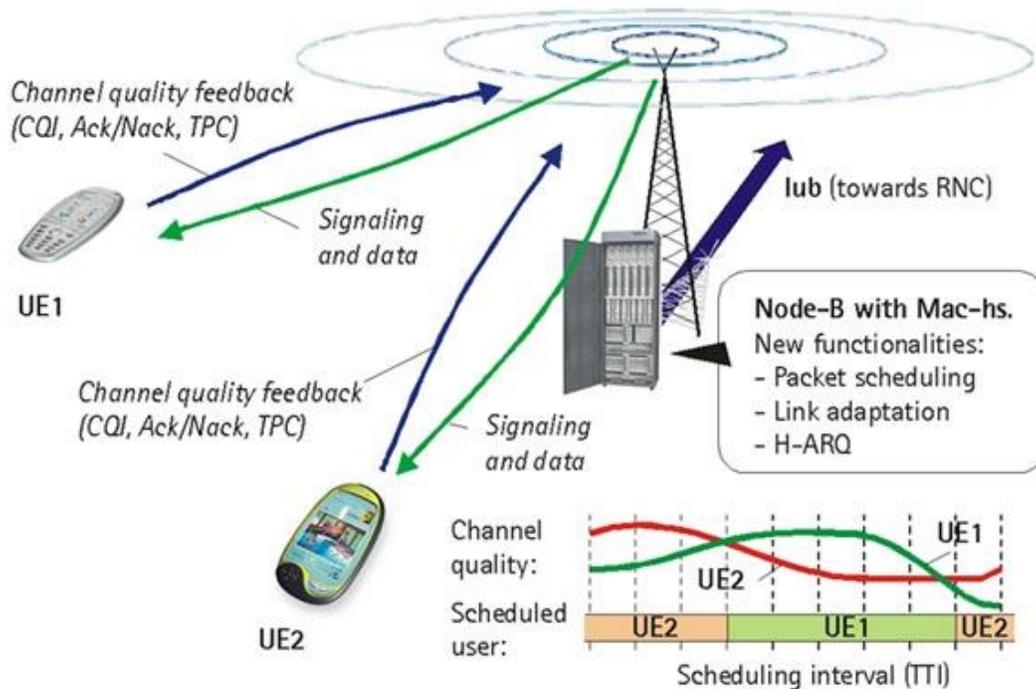
El RNC encamina los paquetes de datos a destinados un UE particular al Nodo-B apropiado. El Nodo-B toma los paquetes y programa su transmisión al móvil, emparejando la prioridad del usuario y el ambiente de funcionamiento estimado del canal con un esquema de codificación y modulación.

El UE es responsable de reconocer la llegada de los paquetes de datos y proveer al Nodo-B información del canal, control de energía, etc. Una vez que envíe el paquete, el Nodo-B espera una aprobación.

Si no la recibe dentro de determinado tiempo, asume que el paquete de datos se perdió y lo retransmite.

La base que procesa el chasis (CPC) es la piedra angular del Nodo-B. Contiene el transmisor-receptor de RF, el combinador, la tarjeta de interfaz de red y el control del sistema, la tarjeta de timing, la tarjeta del canal y la placa base.

De estos elementos de CPC, solamente la tarjeta de canal necesita ser modificada para apoyar HSDPA.



La configuración típica del canal de UMTS incluye un procesador de uso general para las tareas de control. En cambio para soportar HSDPA se deben realizar dos cambios a la tarjeta de canal. Primero, la capacidad de chip del enlace descendente (downlink chip-rate ASIC, o ASSP) se debe modificar para apoyar los nuevos esquemas de modulación 16QAM y los nuevos formatos de la ranura del enlace descendente.

El siguiente cambio requiere una nueva sección de proceso, llamada MAC-hs, que se debe agregar a la tarjeta de canal para apoyar el procesado, el buffer, la transmisión y la retransmisión de los datos que se reciben del RNC. Éste es el cambio más significativo, porque requiere de un procesador programable y buffer para retransmitir.

Finalmente, hay que añadir en la RNC un bloque denominado Mac-d, que establece la comunicación con el Nodo-B.

## **7.5 HSUPA**

High-Speed Uplink Packet Access (Acceso Ascendente de Paquetes a Alta Velocidad) es un protocolo de acceso de datos para redes de telefonía móvil con alta tasa de transferencia de subida (hasta 5.76 Mbt/s).

Calificado como generación 3.75 (3.75G), es una evolución de HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access, Acceso Descendente de Paquetes a Alta Velocidad, nombrado popularmente como 3.5G). La solución HSUPA potenciará la conexión de subida UMTS/WCDMA (3G).

HSDPA y HSUPA ofrecen altas prestaciones de voz y datos y permitirán la creación de un gran mercado de IP multimedia móvil.

HSUPA mejorará las aplicaciones de datos avanzados persona a persona, con mayores y simétricos ratios de datos como e-mail en el móvil y juegos en tiempo real. Las aplicaciones tradicionales de negocios, junto con muchas aplicaciones, se beneficiarán del incremento en la velocidad de conexión.

## **7.6 LA CUARTA GENERACION**

Las tecnologías inalámbricas que integran voz y datos en un sistema de comunicaciones móviles basado en el protocolo IP, son conocidas como red inalámbrica de Cuarta Generación (4G).

IP Móvil es un grupo de protocolos e implementaciones que aseguran el funcionamiento continuo de celulares y dispositivos móviles de Internet, mientras el usuarios se traslada entre diferentes redes.

El objetivo de 4G es establecer un estándar de red de transporte celular a nivel mundial basado en IP.

Las generaciones actuales y anteriores de comunicaciones móviles han generado cantidad de siglas, estándares y tecnologías, tanto digitales como analógicas que podrían ser unificadas en una capa de transporte totalmente basada en IP debido a que admite diversos protocolos de radio, permite diseñar la red de transporte con total flexibilidad respecto a la red de acceso y maneja tecnologías de acceso distintas: WiFi, WCDMA, Bluetooth, HyperLAN, etc.

Hay también ventajas económicas, el costo del equipamiento 4G es entre cuatro a 10 veces menor que los de las redes 2G y 3G.

Además, una red de transporte inalámbrica basada totalmente en IP permitiría ofrecer más servicios a los consumidores como acceso de datos optimizado para los dispositivos de Internet móviles.

En este momento las comunicaciones inalámbricas se concentran fuertemente en la transmisión de voz, pese a que existen estudios que muestran que el tráfico de datos inalámbricos está creciendo de manera exponencial comparado con la demanda de tráfico de voz. (Como respuesta, al protocolo de transferencia de datos 802.11, un estándar de LAN inalámbrica desarrollado por IEEE, se le considera una tecnología orientada al acceso a datos que puede funcionar en diversos espectros de radio, incluido el infrarrojo.) Dado que una capa de transporte basada en IP es fácilmente escalable, es la más idónea para este desafío.

4G es la cuarta generación de acceso inalámbrico mediante ondas de radio y ha sido probada con transferencias de 1 gigabits por segundo a 20km/h. y proporcionará un ambiente donde las conexiones podrán operar entre sí, dan-

do la sensación de interacción en tiempo real con distintos servicios multimedia como vídeo de alta calidad y videoconferencia, entre otros.

Esperada para 2010, 4G cambiará la forma a la cual el mundo ha estado acostumbrado para conectarse.

Actualmente la compañía japonesa NTT DoCoMo está realizando pruebas de este servicio, con buenos resultados.

El concepto 4G englobado dentro de “Beyond 3G” incluye técnicas de avanzado rendimiento radio como MIMO (Multiple-Input Multiple-Output, en español, Múltiple Entrada Múltiple Salida) y OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, División de Frecuencia por Multiplexación Ortogonal).

Dos de los términos que definen la evolución de 3G, siguiendo la estandarización del 3GPP serán LTE (Long Term Evolution) para el acceso radio, y SAE (Service Architecture Evolution), para la parte núcleo de la red.

Como características principales se tienen:

- Para el acceso radio, abandona el acceso tipo CDMA característico de UMTS.
- Uso de SDR (Software Defined Radios) para optimizar el acceso radio.
- La red completa prevista es todo-IP.
- Las tasas de pico máximas previstas son de 100 Mbps en enlace descendente y 50 Mbps en enlace ascendente (con espectros en ambos sentidos de 20 Mhz).

Los nodos principales dentro de esta implementación son el Evolved Node B (BTS Evolucionada) y el System Access Gateway, que actuará también como interfaz a Internet, conectado directamente al Evolved Node B.

El servidor RRM será otro componente utilizado para facilitar la interoperabilidad con otras tecnologías.

## **7.7 CARACTERÍSTICAS DE LA 4G**

En Japón, un nuevo servicio de Internet móvil llamado "I-Mode" fue estandarizado a finales de 1999, además de que otros operadores ofrecieron un servicio similar llamado "Ezweb y J-Sky".

Los usuarios pueden acceder a páginas web, servicios bancarios y enviar correo electrónico desde sus teléfonos celulares.

A poco más de un año, el número de usuarios supera los 15 millones, además considerando el rápido crecimiento de aplicaciones multimedia y los nuevos lenguajes (Java, PHP, ASP) que han revolucionado los portales web, se puede prever que este crecimiento se acelerará más y para 2010 se tendrá una relación de tráfico multimedia respecto a voz de 10:1, 23 veces el actual.

Todo esto supera las expectativas planteadas en la 3G, que si bien es verdad que soportará tráfico multimedia, capaz de proporcionar anchos de banda de 384 Kbs/s en móviles y 2 Mbit/s, resultan ridículos si se comparan con redes de datos que superan los gigabits.

Además, la tercera generación es incapaz de proveer la calidad de servicio necesario en videoconferencias, por lo que ha sido necesario establecer una nueva generación basada en técnicas diferentes para afrontar los retos de las comunicaciones móviles.

## 7.8 SISTEMAS DE LA 4G

Debido a la variedad de servicios que plantea la siguiente generación de comunicaciones móviles, se hace necesaria la existencia de varios sistemas enfocados a proporcionar un servicio específico, de esta manera tenemos.

- Sistema de Acceso a las Comunicaciones Móviles Multimedia (MMAC). Enfocado a proveer acceso a las redes inalámbricas de alta velocidad y que provee dos categorías de acceso. La primera, que operará en interiores y exteriores con tasas de transmisión superiores a 30 Mbts/s en una frecuencia de 5.2 gigahertz y empezó a funcionar en 2001 en Japón. La segunda proveerá tasas más altas en interiores (600 Mbts/s), en ondas milimétricas (60 GHz). Estos sistemas están limitados a una pequeña área de cobertura y no son capaces de proveer ningún servicio de comunicación móvil, su uso es crear la red dorsal donde se conectarán el resto de los sistemas.
- Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS) con los que se espera resolver problemas de accidentes y congestión en grandes ciudades. Los ITS's son considerados el negocio más prometedor dentro de las telecomunicaciones, con un mercado potencial superior a 53 trillones de yenes. Los sistemas relacionados con ITS's se dividen en comunicación vehículo base y comunicación entre vehículos.
- Sistemas de Estaciones en Plataformas de Alta Altitud (HAPS): Este sistema es muy atractivo para comunicaciones multimedia, ya que puede

soportar gran variedad de servicios, acceso a altas tasas de transmisión, además de aumentar el área de cobertura.

### **7.9 RETOS TECNOLÓGICOS DE LA 4G**

Para llevar a cabo la implantación de los sistemas de próxima generación es necesario un desarrollo tecnológico impresionante.

- **Modulación y transmisión de señales:** Los sistemas móviles que trabajan a altas frecuencias sufren interferencias, por lo que se necesitan esquemas de modulación y demodulación para resolver estos problemas. Esquemas de modulación multiportadora, incluyendo OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplex) son candidatos. Otro problema en estos sistemas, es el bajo valor de la razón señal a ruido requerido. Para ello es necesario implantar códigos de detección y corrección de errores.
- **Propagación.** Se llevará a cabo a través de sistemas de microondas y ondas milimétricas, los cuales tienen problemas con el medio ambiente.
- **Desarrollo de Software:** Para llevar a cabo la integración de los diversos sistemas, es necesario desarrollar estándares dentro de la industria del software y considerando la importancia que tiene el procesamiento digital de las señales, se requieren mejores algoritmos y aplicaciones.
- **Antenas inteligentes:** Deberán ser capaces de suprimir las señales no deseadas, autoajustar la ganancia e incorporar algoritmos de procesamiento de señales y medir unos cuantos centímetros.
- **Transmisiones sobre fibra:** Este tipo de transmisión es importante dentro de los ITS's

- Arquitectura de redes y protocolos: El principal reto es establecer interacción con los sistemas de comunicación inalámbricos a través de pila de protocolos como IP, conmutación por paquetes, calidad de servicios y escalabilidad.
- Dispositivos: Se requiere el desarrollo de elementos que trabajen en altas frecuencias y que representan un reto para la electrónica actual.

Todos estos requerimientos del 4G podrían, en un momento dado, retrasar su lanzamiento al mercado o su implementación parcial, dejando para una nueva (la quinta quizá, 5G) el reto de satisfacer a un mercado cada vez más exigente y con necesidades creadas por modas pasajeras (Internet).

## CONCLUSIONES

En la actualidad, se pueden encontrar varios estudios tendientes a conocer de qué manera la tecnología móvil, y en particular los teléfonos móviles, están modificando patrones de comportamiento, formas de relacionarse y otros aspectos de la vida cotidiana de las personas.

En un estudio reciente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT 2004) se exploran las posibles implicaciones sociales y humanas derivadas de los avances en la tecnología móvil, desde la perspectiva de la estructura y funcionamiento de las sociedades y de la realidad humana.

Como cualquier otro desarrollo tecnológico, la creciente difusión de los celulares y móviles está asociada a cambios en el comportamiento de las sociedades.

En marzo de 2005, Vodafone publicó un estudio acerca del impacto del uso de los teléfonos móviles en África y sus contribuciones sociales en la región. Muchos de estos beneficios se derivan del hecho de que el teléfono móvil es la única opción de telefonía a la que tiene acceso la población de bajos ingresos y/o que habita en zonas rurales y aisladas. Algunos de los efectos analizados incluyen:

- Efectos favorables sobre el mercado de trabajo: el teléfono móvil facilita la búsqueda de empleos, así como el ser localizado por posibles empleadores. Esto último es particularmente importante para los trabajadores con actividades independientes.

- Los teléfonos móviles permiten ahorrar tiempo y elevar la eficiencia de los pequeños negocios, especialmente ante sucesos inesperados o no previsibles.
- Las pequeñas empresas y las del sector informal tienden a depender más del teléfono móvil que las empresas establecidas del sector formal.
- Muchos negocios informales, ambulantes y pequeños no tienen ningún método alternativo de comunicación, por lo que la telefonía móvil se ha vuelto una herramienta importante para grupos en desventaja.
- El teléfono móvil permite a pequeños negocios operar 24 horas al día, independientemente del lugar físico donde se encuentre el negocio. Esto es particularmente importante para vendedores y negocios de servicios.
- Vendedores y otros trabajadores y profesionales pueden mantener el contacto con sus oficinas y empleados y/o jefes mientras están de viaje.
- Los pequeños empresarios de África reportan un incremento en sus utilidades por el uso de los teléfonos móviles derivadas de una disminución en los tiempos y costos de transporte, un aumento en el número de clientes y una mayor productividad.

En el caso de México, la penetración de la telefonía móvil representa más del doble de la alcanzada por la telefonía fija, y su perspectiva de crecimiento apunta hacia una brecha creciente entre ambas. En tanto, el lento crecimiento de la telefonía fija no permitía vislumbrar siquiera un acercamiento al servicio universal, la explosión de la telefonía celular apunta actualmente a la creciente posibilidad de tender al acceso universal.

Teniendo esto en cuenta y recordando que la penetración de teléfonos móviles en México es mayor que la cantidad de líneas fijas, es razonable pensar que hay una gran proporción de la población que sólo cuenta con acceso a las telecomunicaciones vía celular o móvil.

Esto quiere decir, una vez más, que el aumento de la penetración de la telefonía móvil en el país contribuye a disminuir las diferencias entre quienes tienen acceso a los servicios de telecomunicaciones y quienes no, puesto que el servicio móvil está llegando a quienes no contaban con otro tipo de acceso a las tecnologías de información y comunicación (TICs) por ejemplo, telefonía fija o pública. Asimismo, el teléfono celular juega un papel importante para proveer de acceso a la tecnología a las personas más pobres de la región, ya que éstas tienen una mayor probabilidad de ser analfabetas y de hablar lenguas indígenas, lo que les impide hacer uso de alternativas como la computadora o Internet, e incluso de los mensajes cortos (SMS).

Un fenómeno adicional que ha tenido lugar en el mercado de la telefonía móvil y que ha promovido su amplia difusión, tiene que ver con las nuevas estructuras de precios: la tarjeta de prepago y la modalidad “el que llama paga”. Varios especialistas coinciden en que, en América Latina (y en México), el prepago es la herramienta más poderosa para fomentar el acceso universal.

La difusión del teléfono móvil dentro de los estratos más bajos se debe en gran medida al bajo costo de acceso y uso que brindan el sistema prepago y la modalidad “el que llama paga”.

Además de los beneficios sociales comentados de la telefonía móvil en general, en el medio rural existe una serie de beneficios adicionales. El primero

tiene que ver con la comunicación. Muchas de estas familias tienen integrantes que emigran a las ciudades en busca de mejores niveles de vida, oportunidades de educación y empleo. Para ellos, comunicarse con sus familias constituye una necesidad.

En México, la telefonía pública móvil está permitida por la Cofetel y debe ser solicitado como anexo al título de concesión. Sin embargo, la regulación no establece obligaciones con la telefonía pública móvil (no hay programa de acceso universal ni metas específicas). Lo que sí existen son obligaciones, para las cuales el operador debe presentar un programa de acción a la Cofetel. Sin embargo, de acuerdo a lo comentado por algunos operadores, las obligaciones que se imponen resultan poco estrictas, o muy fáciles de cumplir.

La provisión de servicio de telefonía pública móvil en México es aún incipiente y sustituye a la telefonía pública fija sólo en algunos casos. Un gran número de operadores de telefonía pública móvil están ofreciendo el servicio en zonas turísticas, con un claro enfoque de negocio. Según expertos, por ahora la difusión de teléfonos públicos móviles no representa un sustituto de la telefonía fija convencional sino más bien un complemento. Más aún, por ahora la telefonía pública móvil no tiene un fin social, como en otros países, sino que persigue un objetivo netamente comercial. En suma, aún cuando la telefonía móvil presenta ventajas para proveer de acceso a las telecomunicaciones en comunidades aisladas o rurales, en México por el momento no existe un claro impacto en este sentido. En este campo hay un desafío en cuanto a revisar qué tipos de instrumentos de la regulación pueden ser de utilidad en la promoción del acceso universal en el sector rural.

La difusión de móviles en México (y en muchos otros países), brinda oportunidades claras tanto para aumentar el bienestar social como para incrementar los beneficios económicos del país.

El auge registrado en el uso de la telefonía celular, se ve reflejado en los reportes de fin de año de las empresas dedicadas a la fabricación de estos dispositivos. Así por ejemplo, China anunció el pasado 5 de diciembre que cerraría el año 2007 con una producción cercana a 500 millones de teléfonos celulares, lo que representa 40% del total en el mundo y 41% mayor que la producción de 2006.

En su reporte de fin de año, Nokia anunció que espera alcanzar un margen de ganancia operacional de cerca de 20% entre uno y dos años más, por sus negocios de telefonía celular y servicios, pero adelantó que ve que todas las compañías juntas venderán 10% más teléfonos en 2008 que en este año.

Nokia dijo que por su parte apunta a aumentar su participación de mercado a más del 39% que alcanzó en el último trimestre.

Cifras del Departamento de Trabajo de Estados Unidos indican que durante los próximos años se gastará más en telefonía móvil que en los aparatos domiciliarios y señalan que en 2006 los consumidores de ese país pagaron en promedio 524 dólares en cuentas vinculadas a celulares. En ese mismo período, el gasto por teléfonos de red fija fue de 542 dólares. De esta forma, las compañías de telefonía fija prácticamente no registran crecimiento, debido a que esas líneas ya existen en 90% de los hogares o empresas.

Este enorme crecimiento en el uso de celulares ha provocado que la falta de una regulación para la posesión de un aparato móvil en el país se

refleje en el aumento de los robos de estos dispositivos en forma alarmante, lo mismo que las extorsiones y supuestos secuestros virtuales, lo que ha obligado a las autoridades mexicanas a establecer estrategias y a adoptar una serie de medidas con miras a contrarrestar este tipo de delincuencia.

Entre ellas destacada la iniciativa de un grupo de legisladores para obligar a las empresas de telefonía celular a contar con localizadores de los aparatos para evitar chantajes, amenazas y extorsiones, a lo cual están obligadas de acuerdo con el artículo 122 de la Ley de Telecomunicaciones.

Cabe mencionar que la tecnologías para cumplir esta disposición ya existe y las telefónicas la tienen en su poder.

La explicación para el alto número de asaltos para despojar a personas de sus móviles, es el auge que el celular ha cobrado recientemente precisamente por las características que los convierten ya no solamente en un aparato de comunicación sino en un centro de esparcimiento, al grado de que las grandes disqueras han optado por unirse a compañías fabricantes y empresas telefónicas para distribuir sus contenidos en algunos modelos de celulares, por lo que ahora es común encontrar aparatos que traen precargados de fábrica los álbumes más recientes de los artistas de moda y videos exclusivos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **LIBROS**

IEEE Comunicaciones.

“Servicios de Comunicaciones Personales”,

Vol. 34, No. 3.9.12. 1996.

Profesor Renzo Mare.

“Introducción a la telefonía celular”,

Área de Comunicaciones Eléctricas. Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y

Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, Argentina.

Tomasi Wayne.

“Sistemas de Comunicaciones Electrónicas”,

Prentice Hall Hispanoamericana, 1996.

Haykin Simon.

“Analog and digital communications wiley”.

Vázquez Medina Rubén, Marcelín Jiménez Ricardo.

“Sistemas de telefonía celular”,

Universidad Autónoma Metropolitana. 1996.

Ramírez Hernández, F.

“Interconexión de redes telefónicas en México: Solución de disputas y búsqueda de consensos,

Edición digital a texto completo accesible en [www.eumed.net/libros/2005/fr/](http://www.eumed.net/libros/2005/fr/)

Wikipedia, la enciclopedia libre de Internet.

Enciclopedia Encarta 2007.

### **REVISTAS**

Revista NET, Julio de 2001. “Evolución de la tecnología celular”. Evelio Martínez Martínez.

Revista RED, Febrero 2005. “Telefonía Celular: 15 años de historia en México”. Evelio Martínez Martínez.

Revista Tele.com, Junio 2001. “Las Telcos mexicanas van viento en popa”, Claudia Cerezo.

### **PERIÓDICOS**

Portal Electrónico del Diario de Yucatán.

La Jornada.

Milenio.

Reforma.

## FUENTES CONSULTADAS

Comisión Federal de Telecomunicaciones COFETEL.

*<http://www.cft.gob.mx/index.jsp>*

Teléfonos de México TELMEX. *<http://www.telmex.com/mx/>*

Radiomóvil DIPSA, SA, TELCEL. *<http://www.telcel.com>*

IUSACELL. *<http://www.iusacell.com.mx/>*

Telefónica Movistar. *<http://www.movistar.com.mx>*

Dirección General de Estudios sobre Consumo de Profeco.

*<http://www.profeco.gob.mx/>*

The Competitive Intelligence Unit.

Select, noviembre de 2004.

Monografías.com, “Evolución e historia de la telefonía celular”, José Juan Jiménez. *<http://www.monografias.com/trabajos14/celularhist/celularhist.shtml>*

## REFERENCIAS

Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) (2004), “Social and Human Considerations for a More Mobile World”, UIT Workshop on Shaping the Future Mobile Information Society. Documento: SMIS/04. Disponible en línea en:  
*<http://www.itu.int/osg/spu/ni/futuremobile/socialaspects/>*

Vodafone (2005),

“Africa: the Impact of Mobile Phones”,

The Vodafone Policy Paper Series, Number 2, Marzo.

Telefónica Movistar de México (2005),

“Cuantificación del mercado de usuarios de telefonía celular en México”,

Avance Resultados IV, México DF, julio.

Telefónica Movistar de México (2003),

“Datos sobre el mercado de usuarios de telefonía celular en México”,

México DF, septiembre.

Stephens, Robert, Boyd, Jeremy y Galarza Juan (2005),

“Telefonía celular nuevo instrumento para acceso universal en Latinoamérica”,

Latin.tel, Regulatel, Año 1, Número 1, marzo.

Cronin, F.J., Parker, E.B., Colleran, E.K. y Gold, M.A. (1993a),

“Telecommunications infrastructure investment and economic development”,

Telecommunications Policy, Vol 17, No. 6, pp.415-430.

TELECOM CIDE, <http://www.telecom.cide.edu>

“Contribuciones sociales y económicas de la telefonía móvil en México”,

febrero de 2006.