

7  
21



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ANÁLISIS, ADMINISTRACIÓN Y APLICACIÓN DE LA  
TELEFONÍA

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
(ELÉCTRICA - ELECTRÓNICA)

Presentan:

Alfaro Grajeda Juan Carlos

Cahue Fernández Salomón

Juárez Maldonado Jorge Alberto

Miguel García Isaías.



México, D. F.

Mayo - 1996

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

Agradecemos a la Universidad Nacional Autónoma de México y en particular a la Facultad de Ingeniería por los conocimientos adquiridos, a nuestros profesores por sus horas de enseñanza y dedicación, al Ing. Hugo Linares Pérez por ofrecernos su dirección y amistad, y en especial a nuestros padres por su apoyo incondicional sin el cual no podría haberse realizado nuestro objetivo.

## INDICE

	página
<b>CAPÍTULO I.</b>	
<b>INTRODUCCIÓN:</b>	
I.1 Objetivo general.	1
I.2 Reseña histórica.	4
I.3 Situación actual.	7
<b>CAPÍTULO II.</b>	
<b>TELEFONÍA CELULAR EN LA BANDA DE LOS 800 MHZ:</b>	
II.1. Introducción.	12
II.1.1. Banda de operación.	14
II.1.2. Principales sistemas telefónicos celulares usados en el mundo.	15
II.2. Componentes de un sistema celular básico.	16
II.3. Manejo de frecuencias y estructura de los canales.	19
II.3.1. Número de canales.	20
II.3.2. Separación Duplex.	21
II.3.3. Licencias otorgadas en la república mexicana en la banda de los 800 MHz.	23
II.4. Planeación celular.	25
II.4.1. Celdas de forma hexagonal.	25
II.4.2. Tamaño de la célula.	25
II.4.3. Reutilización de frecuencias.	26
II.4.4. División de celdas.	28
II.4.5. Agrupación dentro de subsistemas.	29
II.4.6. Máximo número de canales por celda.	29
II.5. Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA).	31
II.6. Manejo de potencia.	35
II.7. Interferencia y ruido.	36
II.7.1. Pérdidas y atenuaciones.	36
II.8. Actividades de control de la red.	42
II.9. Procesos de una llamada celular.	46
II.10. Controlador de la Radio Base (CRB).	49
II.11. Operación de los sistemas celulares.	50
II.12. Facilidades que proporciona la telefonía celular.	52

### **CAPÍTULO III. SISTEMA DE ACCESO INALÁMBRICO:**

III.1.	Introducción.	54
III.2.	Arquitectura del sistema.	57
III.3.	Espectro de 400 Mhz.	59
III.4.	Funciones del sistema.	60
III.5.	Tecnología celular digital.	61
III.6.	Arquitectura celular digital.	61
III.7.	Sitio de Celda de 400 Mhz.	62
III.7.1.	Equipo del Sitio Celular.	63
III.7.1.1.	Estructura del Equipo Común.	63
III.7.1.2.	Estructura de Radio Frecuencia.	63
III.7.2.	Interfases entre equipo.	64
III.7.3.	Módulo Remoto Celular Integrado.	65
III.7.3.1.	Tarjeta Multiplexora de Compresión de Tiempo.	65
III.7.4.	Monitor de la Unidad de Radio Modo Dual.	66
III.7.5.	Monitor del Sitio Celular.	66
III.7.6.	Unidad de Control de Alarma.	67
III.7.7.	Sistema URD-400.	68
III.7.7.1.	Características del UTR-400.	68
III.7.7.2.	Características del APLSC.	72
III.8.	Módulo de Traslación de Frecuencia.	74
III.9.	Componentes del conmutador.	77
III.9.1	Características del sistema.	78
III.10.	Configuraciones.	81
III.11.	Servicios de subscriber.	82

### **CAPÍTULO IV. COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS 800 Y 400:**

IV.1.	Introducción.	84
IV.2.	Cambios que facilitan el sistema de 400 MHz.	84
IV.3.	Cambios en el Sitio Celular.	86
IV.4.	Terminales para los 400 MHz.	87
IV.5.	Relación entre los sistemas 400 y 800.	87
IV.6.	Consideraciones del proyecto.	89
IV.7.	Costos y Penetración al Público	90

## **CAPÍTULO V. ENLACES DE RADIO:**

V.1.	Introducción.	91
V.2.	Terminal de usuario para telefonía inalámbrica en 400 Mhz.	91
	V.2.1. Antena adherida	92
	V.2.2. Antena omnidireccional no adherida.	93
	V.2.3. Antena direccional externa.	94
	V.2.4. Áreas geográficas de desarrollo.	95
	V.2.5. Reglas de operación en el hogar.	96
V.3.	Antenas en radio bases	97
	V.3.1. Configuraciones de antenas para el sistema telefónico inalámbrico.	99
	V.3.2. Configuraciones del sistema.	100
	V.3.3. Requerimientos de sistemas de antena Vs. configuraciones del sistema.	101
	V.3.4. Otros puntos de simplex Vs. duplex.	107
V.4.	Distorsión por intermodulación.	107
	V.4.1. Pérdida de sensibilidad en el receptor.	108
	V.4.2. figura de ruido.	108
V.5.	Patrones de cobertura.	108
V.6.	Enlaces de microondas.	109

## **CAPÍTULO VI. ADMINISTRACIÓN DE PROYECTO:**

VI.1	Introducción.	111
VI.2	Administración del proyecto de telefonía inalámbrica fija.	116

## **CAPÍTULO VII. VISIÓN A FUTURO:**

VII.1.	Introducción.	118
VII.2.	GSM (Group Spéciale Mobile).	118
	VII.2.1. Los diferentes servicios que ofrece.	119
	VII.2.2. Arquitectura de la red GSM.	120
	VII.2.3. Aspectos de enlaces de radio.	122
	VII.2.4. Compensación multitrayectoria.	124
	VII.2.5. Control de potencia.	124
	VII.2.6. Aspectos de la red.	125
	VII.2.7. Conclusión.	126
VII.3.	PCS (Personal Communications Services).	127
	VII.3.1. Las primeras llamadas en PCS basado en CDMA.	127
	VII.3.2. Conclusión.	129
VII.4	Arquitectura del Acceso Múltiple por división de Código.	129

VII.4.1. Técnicas de División de Código.	129
VII.4.2. Tecnología CDMA.	131
<b>CAPÍTULO VIII.</b>	
<b>CONCLUSIONES.</b>	134
<b>ANEXOS.</b>	
- Asignación de frecuencias de la SCT.	137
- Tablas de Erlang.	143
- Glosario.	145
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	149

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 OBJETIVO GENERAL

El propósito que tenemos para la realización de este trabajo escrito es el de introducimos en el campo de la telefonía inalámbrica, abarcando las principales facetas actuales de la telefonía celular móvil y celular fija con un enfoque de aplicación a futuro.

Creemos que la telefonía inalámbrica es un tema de gran importancia hoy en día, dado que en estos momentos nuestro país es un gran mercado en crecimiento para los servicios telefónicos y que requiere de nuevas tecnologías, tomando en cuenta el importante desarrollo de las telecomunicaciones en los últimos años y la apertura comercial que se ha venido dando.

Con el desarrollo de este tema pretendemos analizar y hacer un estudio del funcionamiento de la telefonía inalámbrica, para conocer sus ventajas y desventajas con respecto a los sistemas ya existentes (telefonía alámbrica y telefonía celular principalmente), así como de la administración que requiere; también destacaremos los beneficios que puede ofrecer para el desarrollo tecnológico de México.

Hemos escogido este tema, porque consideramos que actualmente el sistema telefónico nacional es caro, ineficiente y cuenta con un retraso tecnológico muy marcado. En estos momentos se requiere actualizar el servicio telefónico, mejorar la calidad y lograr tarifas competitivas tanto a nivel nacional como internacional, tener empresas de telefonía básica de tipo regional, urbana y suburbana, para que inviertan en infraestructura y que además ofrezcan una mayor cobertura y competencia. Que a su vez estas empresas tengan interconexión con las grandes redes telefónicas nacionales, particularmente con Teléfonos de México (TELMEX) - que es la más grande- para poder tener un mejor servicio y una mayor área de penetración.

Con la apertura comercial y el acelerado paso de la desregulación y privatización en México, se contará con una sana competencia en un futuro muy próximo en materia de la telefonía y en las telecomunicaciones en general. Todo esto se logrará al otorgar concesiones para construir, instalar y operar una red pública interestatal de telecomunicaciones, la cual consista tanto de telefonía de larga distancia como de telefonía básica. Pero a pesar de que México ha iniciado su lucha por competir en este sector, el desarrollo de las telecomunicaciones aún se encuentra concentrado en los países desarrollados. De acuerdo con datos de la OECD y la Independent Commission for Worldwide Telecommunications Development, publicados en 1994, de los 670 millones de teléfonos existentes en 1993 en el mundo, el 75% estaba concentrado en los 8 países más desarrollados. Y se calcula que, para que México llegue a niveles de penetración de 45 líneas por cada 100 habitantes o 42.6 en promedio para la OECD y dado un crecimiento del 12% anual, se requerirían 15.5 años con el sistema alámbrico. Es por ello que, para la realización de estos proyectos en un plazo más



corto, se tendrá que recurrir a la tecnología inalámbrica fija, para superar las limitaciones geográficas de las zonas o las distancias a las que se encuentran las poblaciones, incrementando de manera rápida y sustancial la disponibilidad del servicio telefónico básico a las regiones más alejadas y con ello la tasa de crecimiento dependerá de manera importante del otorgamiento de permisos por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y de la conformación de los enlaces con la red pública existente.

Esto dará como resultado que en el campo de la telefonía se contará con una amplia cobertura en todo el país, con empresas que presten cada vez mejor servicio, que introduzcan tecnología de punta y ofrezcan tarifas más baratas para el usuario.

La telefonía inalámbrica resulta ser entonces la tecnología ideal para satisfacer rápida y eficazmente las necesidades del país, debido a su costo y facilidad de instalación en lo que se refiere a telefonía básica.

Comenzaremos en este primer capítulo dando un panorama histórico de lo que a sido el desarrollo de la telefonía en nuestro país, desde sus inicios hasta nuestros días. Mencionaremos los planes que se tiene con la apertura de este mercado a partir de 1997, así como de la importancia que tendrá la telefonía inalámbrica para alcanzar los objetivos que se están planteando a futuro.

En el segundo capítulo analizaremos la telefonía celular móvil (en la banda de los 800 MHz) contemplando los antecedentes, banda del espectro de radiofrecuencia que ocupa, los componentes y principios básicos de operación y los servicios que proporciona.

El tema del capítulo 3 es la telefonía inalámbrica fija, la cual utiliza casi los mismos principios de operación que la tecnología celular móvil, debido a esto únicamente se hablará de los equipos utilizados en el sistema, la forma de operación y la interconexión que guardan entre ellos.

Una vez analizado el sistema celular móvil (banda de 800 MHz) y el sistema inalámbrico fijo (banda de los 400 MHz) podemos realizar una comparación de estos dos sistemas, considerando las ventajas y desventajas de cada uno en cuanto a operabilidad, costo, equipo, cobertura, potencia; conformando esto el capítulo 4.

Un aspecto importante a considerar en cualquier sistema inalámbrico son los enlaces de radio, estos se estudiarán en el capítulo 5; haremos un análisis de las antenas en radio bases, terminales de suscriptor y los enlaces que hay entre ellas. Comentaremos los enlaces de microondas entre los sitios celulares, centrales telefónicas y repetidores del proyecto inicial de telefonía inalámbrica.

Una parte esencial en el desarrollo de un proyecto es la Administración del mismo. La administración de un proyecto implica aspectos tales como: estudio de mercado, planeación, aceptación, rentabilidad, operabilidad, instalación, servicio de soporte y seguridad. En el capítulo 6 tratamos de conjuntar todos estos rubros y así poder dar un panorama general de la

administración de un proyecto desde su conceptualización hasta su operación considerando una aplicación real.

En el capítulo 7 damos un panorama general de las nuevas tecnologías que se están desarrollando tanto para instalar nuevos sistemas que desplazarán a los teléfonos celulares a través de un nuevo enfoque global y nuevas formas de transmisión para poder cubrir la demanda y proporcionar nuevos servicios que cada vez son mayores.

Por último daremos las conclusiones obtenidas después de haber realizado este trabajo y expresaremos nuestras ideas sobre las perspectivas a futuro de la telefonía inalámbrica.

## **1.2. RESEÑA HISTÓRICA.**

### **INICIOS DE LA TELEFONÍA:**

Con Alexander Graham Bell se hacen realidad los intentos de comunicar rápida y fácilmente a dos personas a distancia, con la invención del primer teléfono de la historia.

El 10 de marzo de 1876, culminan las investigaciones al perfeccionar las transmisiones de voz humana cuando se le ocurre aumentar la potencia de la pila eléctrica con la cual operaba.

El 10 de mayo de 1876 respaldó científicamente su invento y realizó demostraciones ante la Academia de Artes y Ciencias de Boston, causando gran admiración.

### **LA TELEFONÍA EN MÉXICO:**

El 13 de Marzo de 1878, dos años después que Graham Bell patentará el primer teléfono, México puso en marcha su primera comunicación telefónica en el país. La comunicación fue establecida entre el Distrito Federal y la ciudad de Tlalpan, ubicada a 16 kilómetros de la capital. En diciembre del mismo año el gobierno federal decidió establecer la primera red local de telecomunicaciones en la ciudad de México, para lo cual contrató a una firma local (Alfredo Westrup). Durante este período una variedad de redes locales crecieron en manos de la iniciativa pública. En muchas ciudades, el sector público local era el principal y muchas veces único usuario de los servicios.

En 1881 el gobierno federal otorgó la primera concesión para el desarrollo de una red nacional de telecomunicaciones a un ciudadano mexicano (A. G. Greenwood). Un año más tarde, debido a problemas financieros y técnicos, Greenwood vendió la concesión a la compañía americana, Continental Telephone Company (CTC). CTC fue luego transformada en la Compañía Telefónica Mexicana, S.A. (conocida también como Mextelco y Telefónica de México o Mexicana). Pese a las concesiones otorgadas, el gobierno se reservó el derecho de otorgar otras concesiones similares a todas aquellas compañías que preteudieran proveer servicios en el país. En poco tiempo, muchas compañías de pequeñas firmas florecieron en territorio mexicano. Sin embargo, la mayoría fueron absorbidas por Mextelco. En 1893, la Compañía Telefónica y Telegráfica del Norte y la Compañía Telefónica y Telegráfica Central fueron adquiridas por Mextelco, absorbiendo de esta manera a los últimos competidores de importancia en el mercado.

Sin embargo, en febrero de 1903 una nueva concesión fue otorgada a José Sizenstatter (de nacionalidad mexicana) para instalar y operar una red en la ciudad de México. Ese mismo año, la concesión de Mextelco fue extendida por un período de 30 años. Ante la falta de soporte financiero y técnico, Sizenstatter invitó a L. M. Ericsson a formar una sociedad de riesgo compartido. Dando lugar al surgimiento de Mexeric, la empresa que en poco tiempo

pasó a ser el segundo gran proveedor de servicios de telecomunicaciones en territorio mexicano.

Durante la Revolución Mexicana, la vida política, social y económica se vieron afectadas. Las telecomunicaciones no estuvieron exentas de esta profunda transformación del sistema político mexicano. En enero de 1915, el General Venustiano Carranza, en ejercicio de poderes extraordinarios, expropió Mextelco. México debido a las buenas relaciones que tenía con el gobierno no corrió la misma suerte. Y durante los 10 años que Mextelco estuvo bajo control estatal, México expandió su participación en el mercado hasta llegar a controlar el 53% de las líneas en el país.

En los primeros años de la década de 1920 se incrementaron las presiones sobre el gobierno para restituir la propiedad de Mextelco al sector privado. En agosto de 1925 el gobierno vendió la compañía a la firma americana International Telephone and Telegraph Co (ITT), a quien se le otorgó una concesión de servicios por 50 años.

La privatización de Mextelco y la renovación de su concesión a México, abrió un período de aproximadamente 20 años en el que las relaciones entre las compañías fue de competencia sin límite. Durante este período el sistema nacional de telecomunicaciones sufrió un desarrollo caótico y desordenado, cuyo elemento más destacable fue la falta de interconexión entre las redes de Mextelco y México.

En agosto de 1932 se creó la Ley de Vías Generales de Comunicación, que luego fue abrogada por la dictada durante la administración de Lázaro Cárdenas en febrero de 1940. Con la finalidad de superar este obstáculo para el desarrollo de una red nacional de telecomunicaciones, la misma administración de Lázaro Cárdenas exigió en 1936 a ambas empresas la interconexión de sus redes. Sin embargo, mostrando una fortaleza política difícil de explicar en un período dominado por la nacionalización de empresas extranjeras, las telefónicas mantuvieron sus redes separadas.

En julio de 1947, ante un nuevo fracaso por interconectar las redes de ambas compañías, el gobierno de Miguel Alemán Valdés presionó a Ericsson a reestructurar la empresa, dando participación mayoritaria a un grupo de financieros mexicanos. Antes de finalizar el año y luego de arduas negociaciones entre inversionistas mexicanos y sucesos se creó Teléfonos de México, S.A. (TELMEX).

Poco después de que TELMEX entrara en operación, el gobierno de Alemán exigió nuevamente a Mextelco para que integrara su red con la nueva compañía. Debido al claro respaldo que el gobierno brindaba a TELMEX y a fin de evitar acciones perjudiciales en su contra, Mextelco se adhirió a la requisitoria oficial una semana más tarde. En 1949 representantes de TELMEX iniciaron negociaciones con ITT con la finalidad de adquirir Mextelco, aunque México ya tenía una participación minoritaria en la empresa. Al año siguiente, mediante la incorporación de Mextelco a su patrimonio, TELMEX se constituyó en firma dominante y eje del desarrollo nacional de las telecomunicaciones. Para 1957, TELMEX controlaba el 95.5% de los teléfonos en servicio, operaba el 95% de las centrales del país,

empleaba al 91% de los empleados del sector y ofrecía servicio a 98% de los usuarios en el país.

El estado, pese a que no abrigaba intenciones de controlar la provisión de servicios, fue incrementando su participación en TELMEX. En 1954, debido a la escasez de fondos de inversión, el gobierno intervino creando un mecanismo financiero, mediante el cual los nuevos usuarios del servicio adquirían acciones de la compañía emitidas por el Estado, otorgando una considerable participación del gobierno, los usuarios en la propiedad del negocio telefónico y reduciendo proporcionalmente la parte de los grandes inversionistas privados.

En 1958, el gobierno federal volvió a intervenir induciendo la venta a inversionistas mexicanos de las acciones que Ericsson e ITT tenían en TELMEX consolidando de esta manera la total mexicanización del sistema nacional de telecomunicaciones. El grupo de inversionistas privados que adquirieron las acciones de ITT y Ericsson estaba constituido por banqueros mexicanos y era encabezado por Carlos Trouyet y Eloy Vanilla. Las dos empresas anteriormente mencionadas, pese a perder su participación en la provisión de servicios, se mantuvieron en el mercado mexicano como los principales proveedores de equipo a TELMEX.

El rápido crecimiento económico de los años 70, acompañado de una significativa explosión demográfica y una acelerada urbanización, llevó al presidente Luis Echeverría a plantear la necesidad de que el Estado se hiciera cargo de implantar un renovado impulso a la infraestructura de servicios públicos. De esta manera, en agosto de 1972, el gobierno adquirió el 3% necesario para obtener la mayoría de acciones de TELMEX y ganar de esta forma el control de la empresa. A partir de esa fecha la firma comenzó a operar bajo el ámbito de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). Durante este período, pese a una variedad de problemas financieros, técnicos y de administración, TELMEX continuó su crecimiento. Un considerable nivel de inversión por parte del gobierno, reforzado por préstamos externos le permitió a TELMEX expandirse a un ritmo promedio de 12.8% durante la década de 1970, para que la empresa lograra llegar del millón de líneas en servicio, al momento de la nacionalización, a 5.27 millones a fines de la década de los 80's.

El grupo Carso en diciembre de 1992, asociado a France Cable Et Radio de Francia y a la Southwestern Bell, adquiere el 20% del capital social que el Gobierno Federal poseía en TELMEX, con lo cual se restituyó nuevamente a la iniciativa privada.

En la actualidad, TELMEX es una empresa en la que el 100% del capital social, está en manos de la iniciativa privada.

### 1.3.- SITUACIÓN ACTUAL.

La situación de México como el mercado en crecimiento más grande del mundo junto con China para los servicios telefónicos se lo ha ganado a pulso, a pesar de que Teléfonos de México tiene el monopolio más importante desde hace 30 años.

Dentro del Tratado de Libre Comercio para Norteamérica, así como la falta de reglamentos de restricción en este campo, ha despertado gran interés entre los inversionistas de la industria telefónica en todas las latitudes del mundo.

El principal atractivo para la inversión en el país es el mercado de la larga distancia, que ha tenido en los últimos años un crecimiento estratosférico.

En la década actual, el mercado de la larga distancia ha crecido en un 18%, mientras que la larga distancia nacional ha aumentado su volumen en 12.6% de 1990 a 1995.

Otro aspecto que llama la atención, es que el tráfico telefónico entre Estados Unidos y México tiene el más grande volumen entre dos naciones en el mundo (solamente superado por la que se da entre Canadá y Estados Unidos) es decir, se tiene un mercado de larga distancia internacional seguro y de un inmenso volumen. El servicio de larga distancia representa la mejor inversión para cualquier empresa telefónica, como en el caso de TELMEX donde 55% de sus ingresos provienen de este tipo de servicios. Por lo que no es de extrañarse que este campo se volverá muy competido, y sobre todo aunando a esto, que TELMEX da un servicio deficiente y caro (50% por arriba de las tarifas internacionales).

El acelerado paso que se lleva en la reforma de la Ley Federal de Telecomunicaciones, ha dado lugar a la entrada de nuevos "carriers" para la telefonía y se liberará el monopolio de TELMEX.

Con la modificación de los títulos de concesiones, TELMEX perdió su exclusividad en este campo, ya que con estas modificaciones la SCT se reservó el derecho de otorgar otras concesiones a favor de terceros, permitiéndoles explotar en igualdad de circunstancias, dentro de la misma zona geográfica servicios idénticos o similares, con la condición de que durante los primeros 6 años solo podrán otorgarse concesiones para redes de servicios públicos de telefonía básica de larga distancia nacional e internacional. Para esto, en 1994 se dieron a conocer los lineamientos que obligaban a TELMEX a interconectar los nuevos operadores de servicios a sus centrales públicas a partir de enero de 1997. En junio de 1995 se dio a conocer la Ley Federal de Telecomunicaciones, mediante la cual se regulaba el uso, aprovechamiento y explotación del espectro radioeléctrico, de redes de telecomunicaciones y de comunicación vía satélite.

Aun con todos estos cambios, el estado mantendrá el control del espacio aeronáutico y satelital, así como la regulación y el control del espectro radioeléctrico. Se ampliarán las bandas de 450 y 900 MHz, la banda para Sistema de Comunicación Personal (PCS) de 1800 y 1900 MHz, y Sistema Global para comunicaciones móviles (GSM) en 1.9 GHz y 3.4 GHz

permitiendo que en un par de años la desventaja que hoy tiene la inversión en telefonía celular por el pago de derechos se reduzca a la mitad frente a la inversión en el tendido de fibra óptica.

La dependencia sólo otorgará concesiones a sistemas de telecomunicaciones alámbricas o por cable, pues las licitaciones para frecuencias del espectro radioeléctrico (telefonía inalámbrica) se emitirán en fechas posteriores.

Los principales requisitos exigidos por la SCT para otorgar las concesiones (que durarán 30 años), es que las empresas interesadas tengan un plan de negocios para tener una cobertura amplia en todo el país, prestar cada vez mejores servicios, que introduzcan nuevas tecnologías y ofrezcan tarifas accesibles.

**TELMEX** tendrá siete nuevos competidores de larga distancia, una vez que inicie la apertura de este servicio en 1997. El servicio de larga distancia dejará de ser exclusividad de esta empresa; hasta ahora han obtenido su concesión los consorcios mexiconorteamericanos Avantel, Marcatel, Iusatel, Investcom, y Alestra, quedando pendientes las concesiones a Miditel y Cableados y Sistemas.

**ALESTRA:** Compañía en la que participan Grupo Alfa con 25.6%, Visa-Bancomer con el 25.4%, AT&T con el 20%, GTE con el 14.5% y Telefónica Internacional de España con el 14.5%. Invertirán 1000 millones de dólares en los próximos 5 años en la construcción de su red de interconexión de fibra óptica de alta capacidad, con una extensión superior a 4000 km. Tendrá 24 puntos de interconexión en el país durante la primera fase y construirán tres conmutadores primarios en las ciudades de México, Monterrey y Guadalajara; dos conmutadores de salida internacional en Tijuana y en Ciudad Juárez, además de tres terminales remotas con capacidad de salida internacional en Mexicali, Nuevo Laredo y Reynosa.

La segunda fase de 1997 a 2000 la red crecerá hasta 34 puntos de interconexión con extensión de 8600 km, la mitad de fibra óptica, el resto mediante enlaces de radio digital.

**AVANTEL:** Compañía formada por las empresas Banamex Accival de México (51%) y MCI Communications de Estados Unidos (49%). La inversión inicial de esta compañía será de 1800 millones de dólares con una extensión de red de 20,000 km en los primeros 7 años, una cobertura en la primera fase de 33 ciudades, teniendo sus principales mercados en México, Guadalajara y Monterrey

**INVESTCOM:** Los socios que conforman esta compañía son la compañía mexicana Tricom (55%) y las estadounidenses Nexel, Asociated y LCC (45%). Invertirá 420 millones de dólares para construir una red de fibra óptica de 8900 km en tres fases, hacia el año 2000. En la primera fase se construirán 2000 km para cubrir 23 ciudades con tres centros de tráfico internacional: Nuevo Laredo, Cd. Juárez y Tijuana.

En cuanto a la telefonía inalámbrica cuentan con una red de radiocomunicación, cubriendo 30 ciudades, con 70 sistemas en operación y 20 mil usuarios.

**IUSATEL:** Compañía formada por el Grupo Industrial Iusa de México (58%) y Bell Atlantic Latin American Holding Inc. de Estados Unidos (42%). Esta empresa pretende apropiarse del 15% del mercado de larga distancia operando una red pública de telecomunicaciones, cuyo proyecto de inversión superará los 10 mil millones dólares. El plan global de negocios mediante el cual la compañía obtuvo la concesión contempla la construcción de una red de telecomunicaciones de más de 14,000 km, 7,500 de fibra óptica, sistemas de microondas, cable de cobre multipar y cable coaxial para la red de larga distancia que se unirán a los 2000 km de fibra óptica que conforman actualmente su red.

Se prevee en la fase inicial de desarrollo la cobertura de 47 ciudades que conforman el triángulo de cristal y que consideran la Ciudad de México, Mazatlán, Torreón, Jalisco, Veracruz, Cuernavaca, Tepic, Saltillo, Matamoros, Ciudad Victoria, Aguascalientes, Querétaro, Celaya, Irapuato, León y Tampico entre otros. Para que en un período de cinco años se habrán cubierto 69 ciudades.

Introdujo telefonía básica inalámbrica a finales de 1995 con inversiones de 140 millones de dólares, iniciando como prueba con 2200 líneas en el Edo. México, ocupando la concesión para servicios de radiocomunicación que recibió en la década de los cincuenta (1957 para SOS).

**MARCATEL:** Formada por la asociación entre la mexicana Radio Beep (51%), las estadounidenses IXC Communications y Westel Inc. con el 24.5 % y la canadiense Teleglobe con el 24.5%. Las inversiones planeadas por Marcatel se estiman entre 1800 y 2500 millones de dólares para los próximos cinco años. Durante la primera fase se construirá una red de fibra óptica de 11,800 km que abarcará las tres principales ciudades del país.

La inversión durante los primera fase del programa será de 412 millones de dólares; lapso en el que la firma cubrirá 61 ciudades en todo el territorio nacional.

Estas nuevas compañías tendrán que interconectarse con la red actual de TELMEX para poder tener una cobertura nacional. Uno de los puntos importantes de la interconexión es la tarifa. Esta tarifa es estimada en 5.32 centavos de dólar por minuto en cada una de las dos "puntas" de una llamada de larga distancia para 1997, que se reducirá a 4.69 centavos de dolar para 1998. La tarifa de interconexión es un promedio general que tiene diversos componentes como son: los tramos de red exterior, conmutación local, transmisión inter-centrales, transmisión Tándem, transmisión de larga distancia y circuitos de larga distancia para transmisión de alta capacidad, entre los más importantes. Dado que cada compañía requiere de combinaciones específicas para la interconexión, además de que habrá compañías que opten por rentar circuitos por períodos de tiempo o por volumen de llamadas dependiendo de su plan de negocios.



## **TELEFONÍA BÁSICA.**

Para extender sus áreas de servicios y proporcionar servicio telefónico básico, muchos concesionarias de telefonía celular en América Latina están colocando celdas adicionales para conectar a nuevos consumidores a su red. Las principales aplicaciones son para servicio residencial con movilidad limitada y servicios públicos en los pueblos que no tienen servicios de telecomunicaciones.

Un factor que añade costo o limita el desarrollo del sistema telefónico tradicional en América Latina, es lo escabroso del terreno que se tiene que cruzar. Montañas y selvas son obstáculos para el sistema.

La solución inalámbrica evita la necesidad de excavar zanjas para instalar alambres de cobre o fibra óptica, colocar postes telefónicos en las dispersas áreas rurales, que incluye zonas aledañas a las grandes ciudades, también son caras los derechos de vía para la instalación del sistema alámbrico por las largas distancias entre los pueblos y casas.

En la actualidad los gobiernos de América Latina están asignando más y más espectro para uso exclusivo de la Red Local Inalámbrica y un alto porcentaje de los teléfonos celulares son comprados para propósitos fijos, más que para ser usados como celulares en la región.

Con la llegada de la competencia, los países y gobiernos están finalmente tomando en serio proporcionar el servicio y están reconociendo la necesidad de instalar la infraestructura rápidamente.

El celular fijo es una solución para nuevos proveedores de servicios básicos que buscan construir una red en menos tiempo de lo que llevaría construir una infraestructura alámbrica.

Toma solamente meses desarrollar una red local inalámbrica o sistema celular fijo contra años que se requiere para instalar un sistema alámbrico. Además, el celular fijo y la red local inalámbrica requieren mucho menos capital de inversión que un sistema alámbrico. En México, por ejemplo, a Teléfonos de México le cuesta \$1800 Dólares instalar el servicio a un usuario alámbrico, pero esto le costará a Iusacell entre \$400 y \$600 Dólares para un usuario de celular fijo, de acuerdo con el Grupo Iusacell.

## **MÉXICO.**

Las empresas interesadas en los nuevos sistemas de telefonía inalámbrica van a tener que pagar por concursar públicamente, para el uso de este espectro, que va a estar protegido. El gobierno mexicano captará alrededor de 8 mil millones de dólares por la venta de las frecuencias del espectro radioeléctrico disponible para comunicación telefónica inalámbrica.

El más ambicioso plan para la Tecnología inalámbrica en México, hasta ahora es el plan de Iusatel (subsidiaria de Iusacell) para crear un sistema nacional con 1.7 millones de usuarios de celular fijo para el año 2000.

Durante el año de 1995 Iusatel realizó un proyecto piloto de celular fijo en Toluca, a 90 minutos de la Cd de México. Los 2200 usuarios tenían aparatos portátiles con una antena. Este aparato se conecta a la toma de corriente con lo cual se activa y queda listo para ser utilizado. Los usuarios podían llevar su teléfono fuera de las casas sin alejarse mucho.

Iusacell cobraría a los usuarios \$380 Dólares (aprox. \$2800 pesos) por la terminal inalámbrica, y un promedio de renta mensual de \$12 Dólares (aprox. \$86 pesos) por usuario. Estos precios son muy altos para la clase baja de México, pero la compañía argumenta que mucha gente de la clase media necesita un teléfono, aunque cuenta con otra tarifa que casi igual al de TELMEX.

Otras empresas que han instalado teléfonos celulares públicos inalámbricos y que desean ingresar a la telefonía local inalámbrica son Portacel con alrededor de 150 terminales en el sureste mexicano y Telnor en el norte del país.

## CAPÍTULO II.

### TELEFONÍA CELULAR EN LA BANDA DE LOS 800 MHz

#### II.1.- INTRODUCCIÓN.

La realización del presente capítulo tiene como fin el conocer los principios básicos de la telefonía celular y el funcionamiento del sistema de una forma general, para de esta manera poder abordar la telefonía inalámbrica (telefonía celular fija). Comenzaremos hablando de los inicios de la telefonía celular móvil, adentrándonos gradualmente en el desarrollo tecnológico de la telefonía celular actual.

Una de las principales razones para que se desarrollara el sistema de telefonía móvil celular fue la limitación de los sistemas telefónicos móviles convencionales, además del uso ineficiente que se hacía del espectro de frecuencias.

El sistema móvil convencional se diseñaba para operar en una zona geográfica limitada, que era tan grande como lo permitían las especificaciones federales en la potencia de transmisión, ya que no tenía la capacidad de poder transferir la llamada a otra zona (Handoff), el usuario que se salía de la zona geográfica en la que estaba asignado tenía que reiniciar su llamada en la nueva área, es decir, no había garantía de terminar una llamada si se salía de una zona asignada. Además, podemos agregar que el número de usuarios activos era limitado, ya que se disponía de un número restringido de canales por cada zona de frecuencia.

Con el desarrollo de la telefonía celular estos problemas se solucionaron y además se tuvieron nuevas aplicaciones, que no se habían contemplado en un sistema convencional. Debido a que los avances tecnológicos en el nuevo sistema, actualmente se están desarrollando nuevas aplicaciones digitales que lo hacen más atractivo y que de alguna forma o convierte en una extensión de la red telefónica convencional.

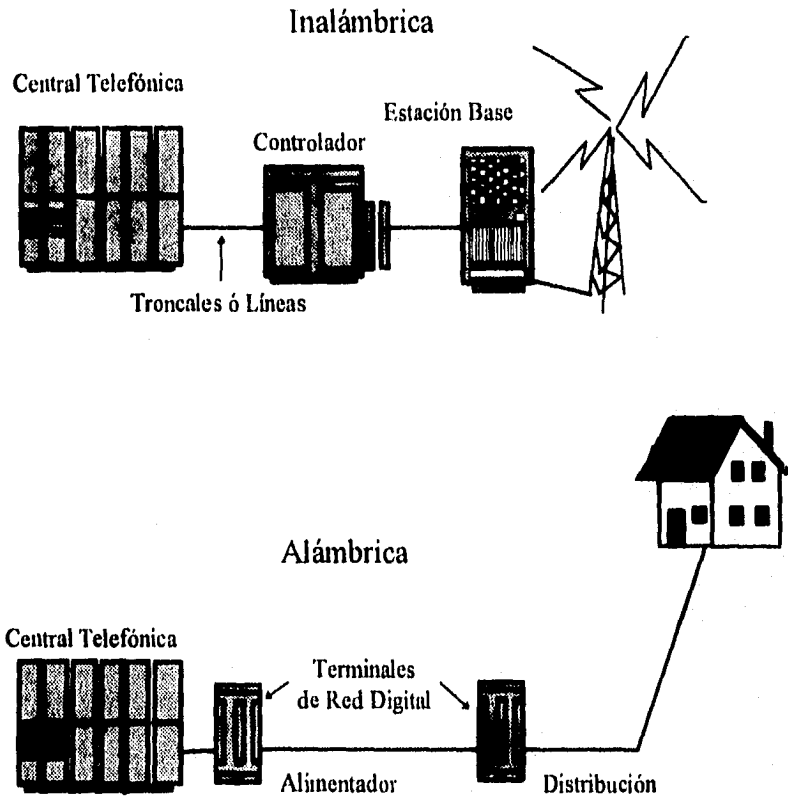
La diferencias básicas entre un sistema celular y un sistema convencional son:

- La forma en que se transmiten las señales tanto entre centrales como con el usuario.
- La necesidad de canales adicionales de control y de monitoreo además de las de voz para el sistema celular, que no se necesitan en el sistema convencional.
- La facilidad con que se pueden añadir nuevos usuarios a la red telefónica celular, debido a que solo se coloca otro módulo o canal en la radiobase y se da de alta en la central con lo cual se aumenta la capacidad de la celda para manejar un número mayor de usuarios.

La configuración básica de un sistema celular consta de un teléfono celular, una radiobase y la Central Telefónica Celular. La parte principal lo conforman la central y la radiobase, mientras que el teléfono celular es complementario, debido a que solo es una interface de comunicación con el usuario.

La radiobase es la interface entre el teléfono y la central telefónica, y se localizan en un área de cobertura conocida como celda que puede tener un patrón omnidireccional o sectorizado, donde cada patrón tiene una aplicación que puede estar en función de la demanda de servicio, la potencia de transmisión y el uso que se le va a dar.

Los sistemas telefónicos celulares se han convertido en una necesidad imperiosa de comunicación, gracias a la facilidades de movilidad, comunicación continua para el usuario, rápida instalación para un gran número de usuarios y permite tener acceso a lugares donde sería difícil instalar un sistema de telefonía. Además, es una opción para bajar los costos con respecto a una red pública, ya que se ahorra el cableado que corresponde al 70% de la inversión en una red, esta comparación se puede observar en la figura II.1, donde también se puede observar los componentes principales de cada sistema.



**Fig. II.1.-MODELO COMPARATIVO DE LOS DOS SISTEMAS TELEFÓNICOS**

### II.1.1.- BANDA DE OPERACIÓN.

Los primeros sistemas tenían 33 canales asignados a 3 sistemas que eran: el Servicio Telefónico Móvil (MTS), el Servicio Telefónico Móvil Mejorado (IMTS) y el Servicio Telefónico Móvil Mejorado Sistema MK.

MTS operaba alrededor de 40 MHz y el sistema IMTS alrededor de los 150 MHz, ambos aportaban 11 canales, mientras que el sistema MK operaba a 450 MHz y tenía 12 canales. Estos 33 canales podrían cubrir un área de 80 km de diámetro aproximadamente y cada canal podía servir a un solo usuario a la vez.

En diciembre de 1971, los laboratorios Bell publicaron los resultados de un estudio titulado "Sistema Telefónico Móvil de Alta Capacidad" que bosquejaba como podía operar un sistema celular.

La FCC (Federal Communication Committe) actuó favorablemente al respecto y en 1974 tomó la decisión de asignar 40 MHz de la franja del espectro de los 800 - 900 MHz a la portadora común alámbrica para el sistema celular móvil (banda "B"). Se escogió esta banda de frecuencias debido a las severas limitaciones del espectro en las bandas de frecuencia baja y principalmente por su gran poder de penetración con baja potencia. Posteriormente la FCC modificó su decisión para incluir las portadoras comunes de radio, también asignó 30 MHz al servicio privado y mantuvo 45 MHz en reserva para satisfacer futuras necesidades de los servicios móviles, esto se puede observar en la figura II.2 y corresponde a la región del espectro de la banda UHF. De tal forma el espectro de radiofrecuencia se dividió en dos portadoras por mercado (uno alámbrico y otro de portadora de radio) conocidos como la banda "B" y la banda "A".

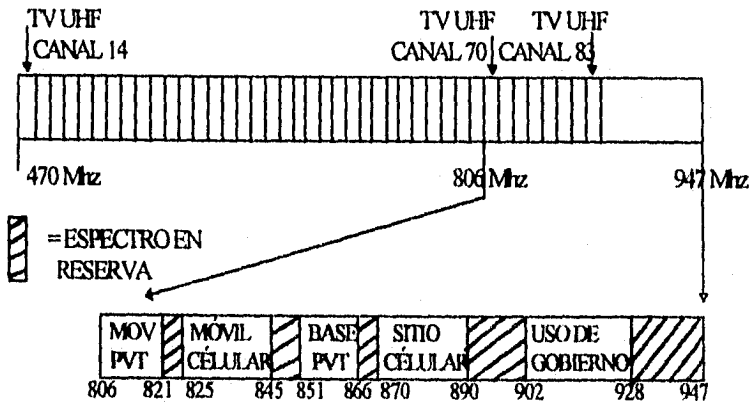


Fig. II.2.- UBICACIÓN DEL ESPECTRO INICIAL DEL MÓVIL TERRESTRE (1974)

El estudio que presentaron los Laboratorios Bell, dividían el área de una ciudad en pequeñas áreas o celdas y las frecuencias de uso podían ser encerradas en distancias muy cortas y así multiplicar la capacidad de asignaciones mediante la reutilización de frecuencias.

En 1975, AT&T presentó una aplicación para un sistema celular experimental en Chicago, Illinois. Seis meses después una aplicación similar era presentada por "American Radio Telephone Service" (ARTS), una portadora común de radio en el área de Baltimore/Washington D.C. La FCC concedió el permiso de construcción en 1977 a Illinois Bell Telephone para la prueba en Chicago y a la ARTS para Baltimore/Washington.

El sistema "Advanced Mobile Phone System" (AMPS) consistía de 10 celdas usando 136 canales de voz para servir un área de aproximadamente 2100 millas cuadradas.

El sistema que ARTS utilizó en Baltimore/Washington fue diseñado por Motorola y usando el sistema "Motorola-Designed Dynamic Adaptive Total Area" (DynaTAC) se acentuaba el servicio de y para las unidades portátiles, así como de las unidades móviles. Este sistema fue de prueba y consistía de 4 celdas con 40 canales, empleaba reutilización de frecuencias en base a celdas sectorizadas, para demostrar la posibilidad de utilización de esta técnica. Se usaban antenas receptoras direccionales de 60° en los sitios de celda, siendo esta la primera prueba para incluir teléfonos celulares móviles y portátiles.

Este patrón de 4 celdas se basa en el uso de las antenas de 60° que compensan la potencia de salida baja de las unidades portátiles con respecto a las altas potencias de salida de las unidades móviles. Además, esta sectorización proporcionaba un medio para aumentar la ganancia del lóbulo principal del receptor de la estación base. También es útil en la localización de las unidades móviles activas para el propósito del "handoff" cuando un usuario se mueve de una celda a otra celda.

## **II.1.2.- PRINCIPALES SISTEMAS TELEFÓNICOS CELULARES USADOS EN EL MUNDO.**

Actualmente existen 5 principales sistemas en todo el mundo y sus esquemas son similares. Se identifican por su frecuencia de operación: 450 MHz y 800 MHz, y el ancho de banda del canal: 30, 25, 20 y 12.5 Khz.

En la tabla II.1 de la siguiente página, se contemplan las características de la mayoría de los sistemas de telefonía celular existentes en el mundo, sus frecuencias de operación, anchos de banda, tipo de modulación y los países en los que se usan. Estos sistemas son regionales, pero actualmente se está llegando a un acuerdo para implementar un sistema que sea global, y que pueda transmitir tanto voz como dato, este sistema es conocido como GSM (Groupe Spécial Mobile) este nuevo sistema ya está operando en Europa principalmente en los países de la Comunidad Europea.

Sistema	AMPS	NMT	TACS	NTT	C450
Países	U.S.A., Canadá, Corea del Sur Colombia, México, Jordania, Singapur, Kuwait.	los 4 Países- nórdicos, España, Bélgica, Omán, Australia, Irlanda, Malasia, Arabia- Saudita.	Inglaterra, Hong- Kong	Japón	Alemania
Frecuencia de estación base (Mhz)	870 - 890	463 - 467.5	935 - 960	870 - 885	461.3- 465.74
Frecuencia de estación móvil. (Mhz)	825 - 845	453 - 457.5	890 - 915	925 - 940	451.3- 455.74
Separación entre Tx y Rx (Khz).	45	10	45	55	10
Separación entre canales (Khz).	30	25	25	25	20
Número de canales.	666	180	1000	600	222
Radio de cobertura (Km)	2 - 20	1.8 - 40	2 - 20	5 (urbana) 10 (suburb)	5 - 30
Modulación de señal de audio.	FM	FM	FM	FM	FM
Desviación en frecuencia. (Khz)	± 12	±5	±9.5	±5	±4
Modulación de la señal de control.	FSK	FSK	FSK	FSK	FSK
Desviación en frecuencia. (Khz)	±8	±3.5	±6.4	±4.5	±2.5
Velocidad de transn. de datos (kb/s)	10	1.2	8	0.3	5.28

**TABLA II.1.- PRINCIPALES SISTEMAS CELULARES EN EL MUNDO.**

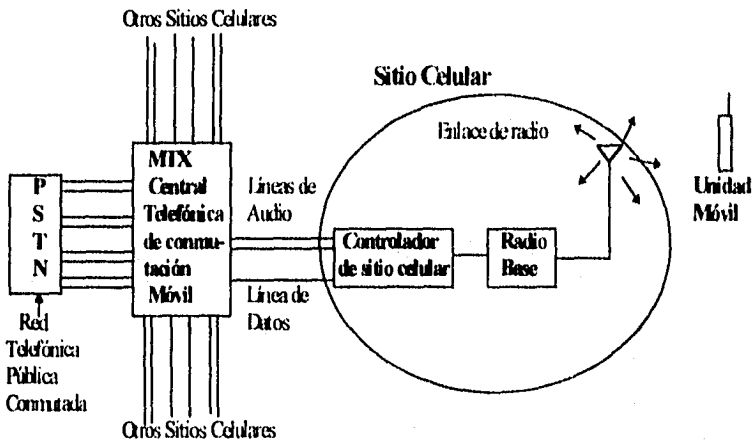
## II.2.- COMPONENTES DE UN SISTEMA CELULAR BÁSICO

Un sistema celular básico se compone de tres partes fundamentales: un teléfono celular ó unidad móvil, un sitio celular ó Radio Base, y una central telefónica de conmutación móvil (MTX), ver figura II.3 de la página siguiente.

**1) UNIDADES MÓVILES.** Una unidad telefónica móvil contiene un control, un transmisor, y una antena para el sistema.

2) **SITIO CELULAR.** El sitio celular es una interface entre el MTX y las unidades móviles. Contiene una unidad de control, gabinetes de radio, transmisores-receptores de radiofrecuencia (RF), antenas, una planta de potencia y terminales de datos.

3) **MTX.** La oficina central de conmutación es el elemento coordinador central para todos los sitios celulares. Contiene el procesador celular y el conmutador celular. Realiza las interfaces con la compañía de teléfonos controlando todas las llamadas en proceso. Sirve como un punto central para la operación del sistema celular y recopila diagnósticos e información de facturación.



**Fig. 11.3.- ELEMENTOS DE UN SISTEMA TELEFÓNICO CELULAR.**

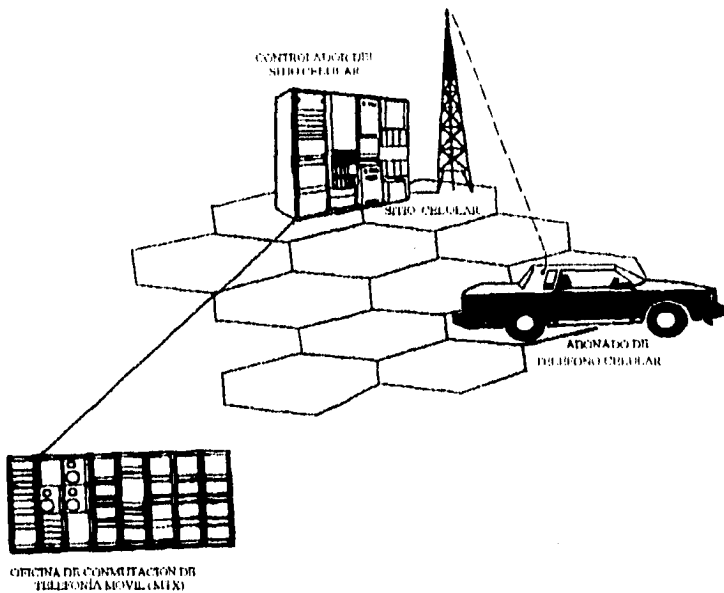
El radio y los procesadores de datos de alta velocidad conectan los tres subsistemas. Cada unidad móvil puede hacer uso de solamente un canal a la vez para el establecimiento de su comunicación.

El MTX (Móvil Telephony Switch) es el corazón y cerebro del sistema celular móvil. Su procesador provee coordinación central y administración celular.

El conmutador celular, el cual puede ser analógico ó digital, conmuta todas las llamadas para conectar a unos abonados móviles con otros abonados y a la red telefónica alámbrica. Contiene también una base de datos que provee supervisión entre el procesador y el conmutador y entre la sitio de celda y el procesador. La alta velocidad de transmisión de datos no puede realizarse a través de la troncal telefónica estándar y por esto debe de utilizarse ya sean microondas o líneas alámbricas. Toda esta información se realiza entre el sitio celular y el MTX.

En la siguiente figura 11.4, se ilustra un sistema de telefonía celular automático controlado por una central telefónica.





**Fig. II.4.- SISTEMA DE TELEFONÍA CELULAR BÁSICO**

En una zona de cobertura puede ubicarse uno o más MTX's. Una función del MTX es servir como una interfaz entre el Sistema de Radio y la Red Pública Telefónica de Conmutación. Las llamadas desde y hacia los abonados móviles son conmutadas por el MTX, el cual también provee todas las funciones de señalización necesarias para el establecimiento de las llamadas.

Con el objeto de obtener un radio de cobertura de un área geográfica dada, se requiere de un número de sitios celulares, dependiendo de los requerimientos y de la planeación celular (desde uno hasta cien).

El sitio celular contiene unidades de canal. Cada unidad de canal está equipada con un transmisor de radio, un receptor de radio y una unidad de Control. La Unidad de Control se emplea para casos como la comunicación de datos con el MTX y la señalización de datos con las unidades móviles en la trayectoria de radio. La mayoría de las unidades de radio son unidades de canal de voz. Tal unidad de canal de voz es empleada para manejar una llamada a la vez, con la posibilidad de manejar hasta tres llamadas a la vez con la digitalización actual (TDMA). Dependiendo de cuantas llamadas simultáneas son manejadas por un sitio celular, el número de unidades de canal de voz puede ser mínimo, mientras que en otras pueden ser mayores de 100 unidades.

Cada sitio celular está conectado a una MTX por medio de enlaces analógicos o digitales con el equipo de abonado, que consiste de un transmisor y receptor de radio, una unidad lógica para la señalización de datos con el sitio celular, y una parte telefónica con teclas para marcar, bocina y micrófono.

Cuando se ha establecido una llamada entre un abonado móvil y un abonado ordinario, la voz es transmitida por la trayectoria de radio entre la estación móvil y una unidad de canal de voz del sitio celular, situado cerca de la estación móvil. Entonces se dedica la conexión de línea de voz a esta unidad de canal de voz. Finalmente, la voz es conmutada en el MTX hacia la Red Pública (PSTN), donde se encuentra normalmente el abonado ordinario.

Cuando se deteriora la calidad de transmisión durante una llamada en progreso, debido a que la estación móvil se mueve lejos del sitio celular, se realiza un cambio automático de sitio celular. La conmutación de una llamada en progreso de un sitio celular a otro se conoce como HANDOFF. La voz será transmitida desde el MTX en una nueva conexión de línea de voz vía la otra estación base, lo cual implica una reelección del modo de conmutación en el MTX.

Los abonados móviles y sus estaciones móviles están conectados (en datos) en el MTX para, entre otras cosas, propósitos de tasación, administración de los parámetros de los abonados tales como categorías, entre otros.

### **II.3.- MANEJO DE FRECUENCIA Y ESTRUCTURA DE LOS CANALES.**

La función del manejo de frecuencia consiste en dividir el número total de canales disponibles en subconjuntos que pueden ser asignados a cada una de las celdas como canales de control o de voz de una manera fija o dinámica. Mientras que la asignación de canal se refiere a la asignación de canales específicos en los sitios de celda y unidades móviles.

La portadora básica de tráfico en la red celular cae dentro de dos categorías; voz (o dato), que es la salida al sistema del usuario y señales de control, que son imperceptibles al usuario, pero esencialmente respaldan el canal de mensaje, ya que el móvil se mueve en el área de cobertura de radio, pasando de una celda a otra y de un cluster a otro. El móvil incluye una sola transmisión y recepción, tal que, a través de estas dos "frecuencias-rápidas", puede cambiar su frecuencia de acuerdo a las instrucciones de la red y también de los programas internos. Una vez que una conversación está en proceso, cualquier intercambio de datos del administrador local entre el móvil y la base, tiene lugar en el canal de voz. Por otro lado, cuando la terminal móvil no se está usando para la conversación, el intercambio de datos es necesario para que la red se actualice con la ubicación del móvil en la celda y pueda tener el conocimiento continuo de su estado de operación.

Una consideración adicional es la medida del desequilibrio entre la calidad de la transmisión en la dirección base-a-móvil (trayectoria de envío), con respecto a la trayectoria móvil-a-base (trayectoria de retorno). Esto es, debido a la gran diferencia en la salida de potencia transmitida, entre la base y el móvil, particularmente en el caso de los portátiles y a la

variación de la orientación de la antena en el móvil. Además el medio ambiente del radio en el lugar de la estación base de la celda es diferente, está expuesto a interferencias. Esto significa que tal vez sea necesario diferentes estrategias de transmisión, particularmente para datos, en la trayectoria de envío y retorno. Por lo tanto, cuatro diferentes trayectorias de señalización son necesarios para su identificación en forma separada.

### II.3.1.- NUMERO DE CANALES.

Después de las exitosas pruebas en Chicago y Baltimore/Washington, la FCC adoptó reglas para proporcionar el servicio celular. En Enero de 1980, la FCC asignó dos portadoras por área de servicio, uno alámbrico y el otro en radiofrecuencia, asignando la frecuencia en grupos de 20 MHz, identificados como bloques A y B, o banda A y banda B. De tal forma que cada compañía diseña su propio sistema, divide el área en zonas geográficas o celdas, y cada celda opera en su propia banda.

Con la asignación adicional de espectro de 10 MHz como se ilustra en la figura II.5, se tienen 166 canales más. Esta asignación es de 1 MHz por abajo de los 825 MHz (u 894 MHz) que permite contar con un red que ofrezca un mayor respaldo en cuanto al número de canales. Donde el número del último canal es de 1023 ( $= 2^{10}$ ). Sin que existan los canales de 799 a 991. El número total de canales en enero de 1988 era de 832; pero las unidades móviles y sistemas se establecieron para operar en base a 666 canales

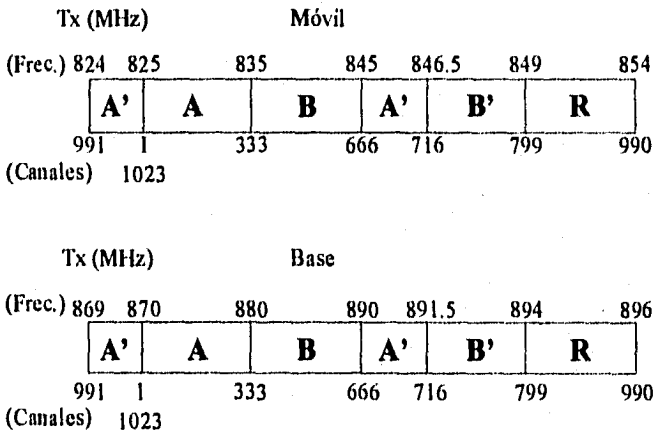


Fig. II.5.- ASIGNACIÓN DE CANALES EN EL ESPECTRO DE RADIO.

Un canal consiste de un ancho de banda que comprende dos canales de frecuencia: uno en banda baja y otro en banda alta. Los 666 canales son divididos en dos grupos que son: bloque A y bloque B. Cada bloque se compone de 333 canales, agrupados en un cluster de siete celdas, de los cuales tenemos que:

Los 42 canales de control son asignados de la siguiente manera:  
 canales 313 - 333 bloque A (21 canales de control)  
 canales 334 - 354 bloque B (21 canales de control)

Mientras que los canales de voz se asignan de la siguiente manera:  
 canales 1 - 312 (312 canales de voz) bloque A  
 canales 355 - 666 (312 canales de voz) bloque B

Los 42 canales de control son ubicados en la parte media que comprende a todos los canales, para facilitar el reconocimiento de estos canales por medio de los sintonizadores de frecuencias como se puede observar en la tabla II.2, para el bloque A.

SECTOR X							SECTOR Y							SECTOR Z							
A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2	A3	B3	C3	D3	E3	F3	G3	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	
82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	
103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	
124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	
145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	
166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	
187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	
208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	
229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	
250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	
271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	
292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	
313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	
																			667	668	669
670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	
691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	
712	713	714	715	716								991	992	993	994	995	996	997	998	999	
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	102	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
102	102	102																			
1	2	3																			

TABLA II.2.- TABLA DE FRECUENCIAS PARA EL BLOQUE A

II.3.2.- SEPARACIÓN DÚPLEX.

El uso de dos frecuencias es una de las formas más fáciles de desarrollar la operación DUPLEX, lo cual significa que las dos partes de la comunicación telefónica pueden hablar al mismo tiempo de una forma natural, teniendo ventaja sobre el sistema SIMPLEX donde sólo una parte puede hablar a la vez.

## FRECUENCIA DE PORTADORAS.

La mayoría de las transmisiones de radio están formados de una onda continua con una frecuencia y una amplitud llamada "portadora". La señal que se desea enviar se superpone a esta portadora. La frecuencia de esta portadora esta usualmente en MHz, que es el rango de frecuencias de interés para la telefonía inalámbrica (800 MHz a 450 MHz en México).

La frecuencia de la portadora es muy importante porque diferentes frecuencias de portadoras interactuan de distinto modo con el medio ambiente, por ejemplo, las características de transmisión de la radio-transmisión están determinadas por la frecuencia de la portadora. Algunas portadoras proveen sólo propagación de línea de vista, otras pueden rebotar o reflejarse en la ionosfera para propagarse a distancias mayores sobre el horizonte, algunas tienden a ser absorbidas por el follaje o la contaminación de la atmósfera, mientras que otras pueden penetrar sin muchas pérdidas.

En el caso de la telefonía inalámbrica se requiere que por lo menos el 90% del área de servicio de la celda sea cubierto, por esta razón es necesario que la señal llegue a casi todos los rincones donde pueda encontrarse el usuario.

## PORTADORAS CELULARES.

Dos frecuencias portadoras se usan para cada circuito radio-telefónico: uno para transmisión desde la terminal del suscriptor a la estación base y otra para transmitir desde la estación base hacia la terminal del suscriptor, como se observa en la figura II.6. Por ejemplo el sistema BETRS usa frecuencias de portadora cerca de 454 MHz para transmisión en la estación base y 459 MHz para transmisión en las terminales del suscriptor.

La separación entre este par de frecuencias se llama separación de portadora. La separación entre portadoras puede significar un impacto en costo y eficiencia; en general, separaciones angostas (se puede considerar angosta 5 MHz) son más caras de desarrollar que las separaciones amplias. Esta es una razón por la cual la separación celular se estableció a 45 MHz, mucho más amplia que la separación del sistema "pre-celular" móvil.

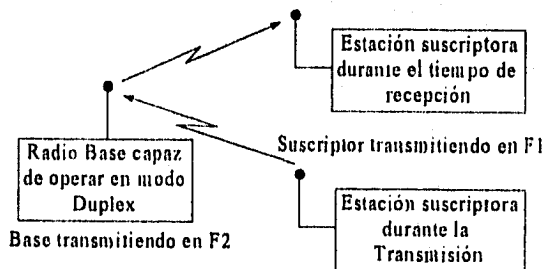


Fig. II.6.- RADIO OPERANDO CON DOS FRECUENCIAS (DUPLEX).

### II.3.3.- LICENCIAS OTORGADAS EN LA REPÚBLICA MEXICANA EN LA BANDA DE LOS 800 MHz.

Para ofrecer el servicio de Telefonía Celular en la República Mexicana, se dividió el territorio nacional en nueve regiones de operación, como se puede ver en la figura II.7. México adoptó el mismo sistema de técnicas estándares que las de los Estados Unidos y se autorizaron dos portadoras por área de servicio en todo el país, la banda "A" y la banda "B". Las nueve regiones de operación están conformadas de la siguiente forma.

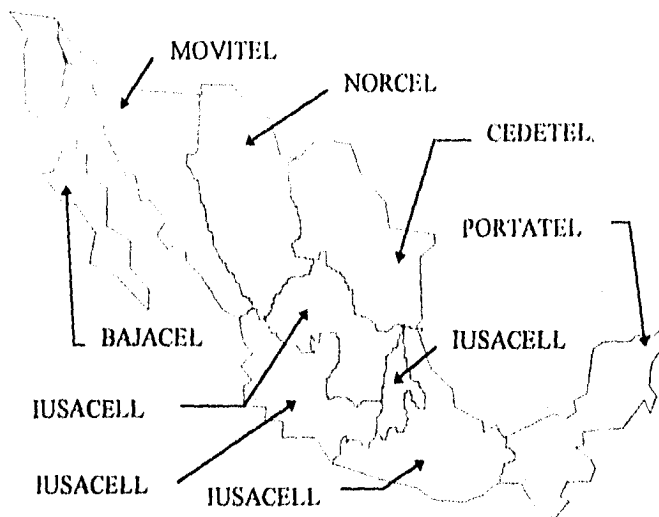


Fig. II.7.- MAPA DE LAS DIFERENTES REGIONES EN LA REPÚBLICA MEXICANA

- Región 1.- Baja California Norte y Baja California Sur.
- Región 2.- Sonora y Sinaloa.
- Región 3.- Chihuahua, Durango y Torreón.
- Región 4.- Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas.
- Región 5.- Michoacán, Jalisco, Nayarit y Colima.
- Región 6.- Zacatecas, San Luis Potosí, Querétaro, Aguascalientes y Guanajuato.
- Región 7.- Veracruz, Tlaxcala, Puebla, Guerrero y Oaxaca.
- Región 8.- Yucatán, Quintana Roo, Campeche, Chiapas y Tabasco.
- Región 9.- Hidalgo, Morelos, Edo. de México y D.F.

En la banda "A" la ocupación se divide entre seis compañías, que se enumeran en la tabla II.3, que son:

REGIÓN	COMPAÑÍA	EQUIPO	PROPIETARIO
Región 1	BAJACEL Baja Celular Mexicana	MOTOROLA	Teelmex General Cellular Co. Inversionistas Locales
Región 2	MOVITEL Movitel del Noroeste	NORTEL	McGaw Cellular Comm. Contel Cellular Co. Inversionistas Locales
Región 3	NORCEL Telefonía Celular del Norte.	MOTOROLA	Domos Internacional Motorola Contel Cellular Co. Inversionistas Locales
Región 4	CEDETEL Celular de Telefonía	MOTOROLA NORTEL	Millicom Inc. Inversionistas Locales
Región 5	IUSACEL Comunicaciones celulares de Occidente S.A.	MOTOROLA	Racal Inc. BellSouth Inversionistas Locales.
Región 6	IUSACEL Sistemas Telefónicos Portátiles Celulares S.A.	NORTEL	Bell Canadá Inversionistas Locales
Región 7	IUSACEL Telecomunicaciones del Golfo S.A.	NORTEL	Bell Canadá Inversionistas Locales
Región 8	PORTATEL Portatel del Sureste S.A.	MOTOROLA	Associated Comm. LCC Co. Inversionistas locales
Región 9	IUSACEL	NORTEL	Bell Atlantic Inversionistas locales

Fuente: PNUD-UIT/SRE-IMC, 1995.

**Tabla II.3.- CONCESIONES EN LAS NUEVE REGIONES PARA LA BANDA "A".**

Mientras que la banda "B" está ocupada completamente en las nueve regiones por la compañía TELCEL que es una subsidiaria de la compañía Teléfonos de México (TELMEX) y cuenta con equipo ERICSSON (Tabla II.4); sus propietarios son Grupo Carso, Southwestern Bell y France Cable et Radio. El hecho de pertenecer a TELMEX se debe a que en la concesión se estipula que la banda de operación "B" debe ser de un operador de telefonía alámbrica.

REGIÓN	COMPAÑÍA	EQUIPO	PROPIETARIO
Región 1 a la región 9.	TELCEL Radiomóvil DIPSA S.A de C.V.	ERICSSON	Grupo Carso Southwestern Bell France Cable et Radio

**Tabla II.4.- CONCESIÓN CEDIDA A TELMEX EN LA BANDA "B".**

## II.4. PLANEACIÓN CELULAR

Un aspecto importante en la planeación de un sistema celular es obtener una alta capacidad de tráfico. En otras palabras, se desea tener un gran número de usuarios por kilómetro cuadrado que puedan usar el sistema, manteniendo un nivel aceptable de servicio y calidad de voz.

### II.4.1. CELDAS DE FORMA HEXAGONAL.

Las celdas o también llamadas células de forma hexagonal para la comunicación celular móvil son representaciones imaginarias que no se pueden dar en la realidad. En los proyectos se dibujan en forma hexagonal para simplificar la planeación y el diseño de los sistemas celulares y se obtiene uniendo los puntos de intersección de las formas circulares aprovechando la forma circular que tendría el área de cobertura de potencia ideal. Si ponemos en los diseños las áreas de cobertura circulares tendríamos traslapes o intersecciones entre ellas que harían su comprensión poco clara, estas formas se pueden observar en la figura II.8, donde también se puede observar la forma que tendría un patrón real. La forma hexagonal evita los traslapes y llena el área de una manera completa.

Debemos tomar en cuenta que la forma hexagonal de las celdas no son las formas reales del patrón de cobertura de una radio base, pero se han convertido en un símbolo para promover los sistemas celulares móviles.

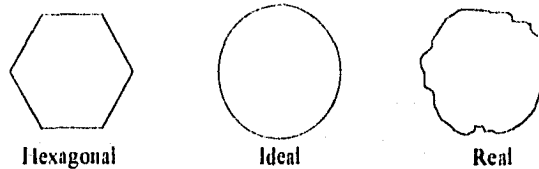


Fig. II.8.- DISTINTAS FORMAS DE REPRESENTAR UNA CELDA.

### II.4.2. TAMAÑO DE LA CÉLULA

La extensión del área de cobertura de un sitio celular depende principalmente de los siguientes factores:

- Potencia de salida del radio transmisor.
- Banda de frecuencia usada.
- Altura y posición de la torre de la antena.
- El tipo de antena.
- Topografía del área.
- Sensibilidad del radio receptor.



En sistemas convencionales, la cobertura más eficiente se obtiene desde un sitio elevado, combinada con una gran potencia de salida. Esta aproximación, no puede ser usada en sistemas celulares, excepto en áreas donde se tiene baja densidad de tráfico.

Normalmente, se emplean de manera común dos tipos de antenas (determinando el tipo y tamaño de la célula):

- **ANTENA OMNIDIRECCIONAL**, transmitiendo igualmente en todas direcciones  $360^\circ$  y cubriendo generalmente un área con radios de 15 km aproximadamente.
- **ANTENAS DIRECCIONALES**, concentrando la potencia radiada en sectores de  $120^\circ$ , cada una cubriendo una distancia de 2 a 4 km.

Si se ajusta la potencia de salida de los transmisores en el sitio celular, la cobertura puede ajustarse siempre que se requiera. Actualmente, las células más pequeñas son de 500 m de radio y hay microceldas usadas en espacios todavía más específicas y reducidas (p.e. edificios y cooperativos).

Las ondas de radio transmitidas desde un sitio celular tienden a propagarse en una dirección de "línea de vista" recta a través del aire. Esto significa que una estación móvil usuaria localizada detrás de un gran obstáculo, como montañas, en un túnel y edificios, podría encontrarse temporalmente en la "sombra de radio".

Las grandes construcciones en las ciudades, sin embargo, no son tan críticas, gracias a las propiedades de reflexión de las ondas de radio en la banda de los 900 Mhz, de igual forma, el gran número de pequeñas células usualmente empleadas en áreas con alta densidad de tráfico, proporcionan un buen relleno de "espacios" y "sombras".

### **II.4.3. REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIA.**

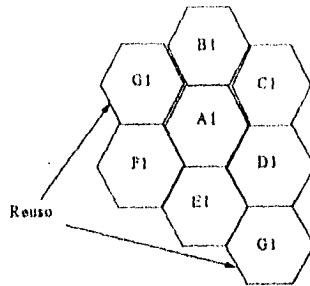
La idea central del sistema celular es el concepto de reutilización de frecuencias de corto alcance, lo cual permite que una gran cantidad de suscriptores sean colocados en un sistema radio-telefónico. En este sistema la cobertura o frontera de la celda se considera como el área en el cual esta contenido el 90% de los usuarios que experimentarían por lo menos una relación de interferencia/portadora de 17 dB.

Los métodos utilizados para implementar la reutilización de frecuencias, determina la capacidad del sistema para servir a la mayor cantidad de usuarios en una área definida usando un intervalo fijo del espectro radioeléctrico.

Los métodos actuales de implementación son los siguientes:

- 1) El uso de un patrón de repetición de 12 sitios de celda omnidireccionales.

- 2) El uso de un patrón de repetición de 7 sitios de celda con antenas direccionales de 120°, este es el más usado actualmente, como se puede ver en la figura II.9.
- 3) El uso de un patrón de repetición de 4 sitios de celda con antenas direccionales de 60 grados.



**Fig. II.9.- PATRÓN DE REPETICIÓN DE UN CLUSTER DE SIETE CELDAS.**

Los usuarios en canales similares son protegidos de las interferencias por la separación geográfica y el uso de antenas direccionales de los sitios de las celdas. Los patrones de reutilización de celdas usando antenas omnidireccionales están sujetos a interferencia por 6 obstáculos (celdas adyacentes). Estos forman un círculo alrededor de la celda considerada. Cuando se utilizan antenas direccionales el número de obstáculos se reduce por que la parte trasera de la antena protege algunas celdas.

Otro de los principales beneficios de las antenas direccionales es que en el peor de los casos la interferencia es desviada a un lugar muy distante a la celda. Por lo tanto, mediante un patrón de 4 celdas, estas están más juntas que los otros 2 patrones y proporciona la densidad más grande de usuarios de las tres.

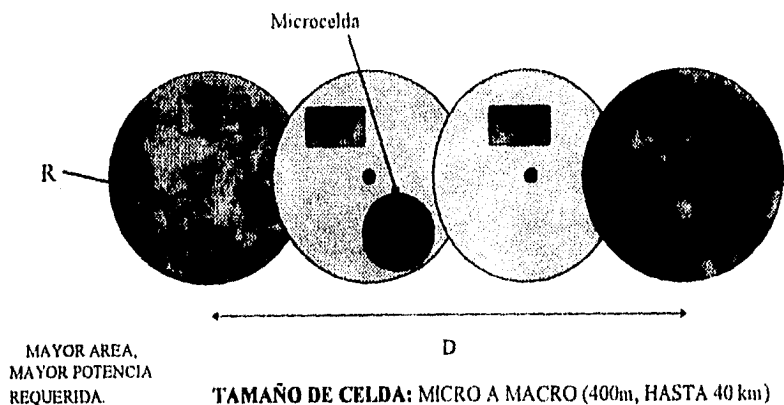
Un canal de radio consiste de un par de frecuencias, uno para cada dirección de transmisión, que es usado para la operación "full- dúplex", con un radio de cobertura (R), que puede ser usado en otra celda con el mismo radio de cobertura a una distancia (D), esto se ilustra en la figura II.10.

La distancia mínima permitida para que la misma frecuencia sea utilizada, dependerá de muchos factores, tales como el número de celdas con el mismo canal en la vecindad de la celda central, la geografía del entorno, la altura de la antena y la potencia de transmisión de cada sitio celular.

La distancia para la reutilización de la frecuencia se determina de acuerdo con la siguiente expresión.

$$D = (\sqrt{3 * K}) * R \quad (Km)$$

donde K es el patrón de reutilización de frecuencias 4, 7, 12, etc. y R es el radio de cobertura.



**Fig. 11.10.- REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIA.**

Si todos los sitios de celda transmiten a la misma potencia, entonces  $K$  aumenta y la distancia de reutilización de la frecuencia también. Este incremento en la distancia reduce la posibilidad de que pueda ocurrir la interferencia de co-canal.

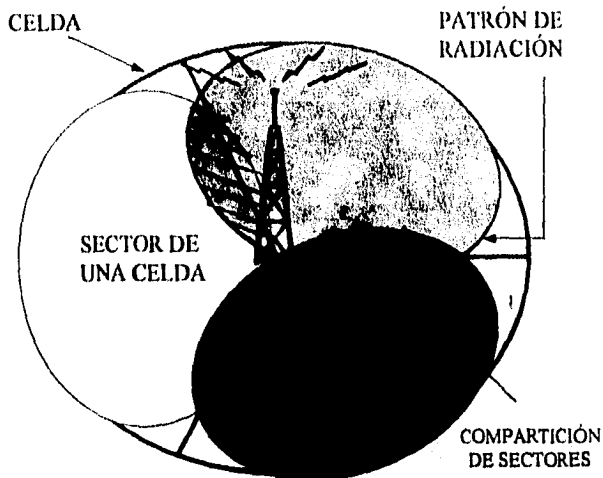
Teóricamente una  $K$  muy grande es deseable, sin embargo, el número total de canales asignados es fijo, entonces el número de canales asignados a cada una de las  $K$ -celdas se hace pequeño, si se desea mantener el grado consistente de servicio.

#### **11.4.4.- DIVISIÓN DE CELDAS**

Debido a que la cantidad de abonados en un sistema celular básico aumenta, esta capacidad de soporte de las celdas pueden ser reconfiguradas de celdas omnidireccionales en celdas sectorizadas. Las antenas direccionales usadas en las celdas sectorizadas "mantiene" el área de señal de interferencia. Así, permitiendo una estrecha reutilización de frecuencia, esta alta proporción de reutilización facilita el crecimiento del sistema. Como el crecimiento continua, los límites de la celda se pueden reducir y una nueva celda puede ser agregada a través de un proceso llamado partición de celdas. Por este método, el área previamente cubierta por una simple celda es reconfigurada para contener varias celdas. Esta característica, incrementa adicionalmente el número de suscriptores que un sistema celular puede manejar. Para realizar esto, el área efectiva de cobertura de la celda original se reduce por la reducción del nivel de potencia en el origen del sitio de la celda, o por el incremento de la inclinación de la antena. Los equipos adicionales son entonces colocados en puntos estratégicos en el perímetro del área de cobertura hexagonal original

En un sector de la celda con una antena de 120 grados, los nuevos sitios base son colocados en el mismo sitio del sistema de cobertura original de la celda. La partición de celdas

facilita la adición de suscriptores por la reducción del área de cobertura mediante la adición de nuevas celdas (figura II.11).



**Fig. II.11.- SECTORIZACIÓN DE UNA CELDA OMNIDIRECCIONAL.**

#### **II.4.5 AGRUPACIÓN DENTRO DE SUBSISTEMAS.**

El número de canales de voz para cada sistema A y B como ya se mencionó anteriormente es de 312. Estos se agrupan en subsistemas, teniéndose 21 canales de control. En base a cluster de 7 celdas, en donde cada celda se compone de tres sectores de 120 grados (figura II.12) que son  $iA + iB + iC$  donde  $i$  es un entero entre el 1 y 7. El número de canales de voz en una celda es de 45 y la mínima separación entre estos 3 sectores es de 7 canales. Esto es lógico para un grupo de 312 canales dentro de 21 subsistemas, en el que cada subsistema consta de 16 canales. En cada posición del subsistema, el canal adyacente más próximo al otro se encuentra a una distancia de 21 canales, puesto que esta separación entre canal adyacente se requiere para contar con los mínimos requerimientos de aislamiento.

#### **II.4.6. MÁXIMO NÚMERO DE CANALES DE FRECUENCIA POR CELDA.**

El máximo número de canales de frecuencia por celda ( $N$ ) esta muy relacionado al promedio de tiempo de llamada en el sistema. En un sistema celular podemos encontrar con diferentes casos de tráfico, dependiendo de varios factores que varían según la localización de la célula. Por esto es importante conocer cuantos abonados pueden ser atendidos por una célula con  $X$  número de canales de voz. Para conocer este dato, debemos de tomar en cuenta la

calidad de servicio, llamado "grado de servicio", que estamos preparados para ofrecer, en otras palabras, el porcentaje de interrupción de llamadas permitido.

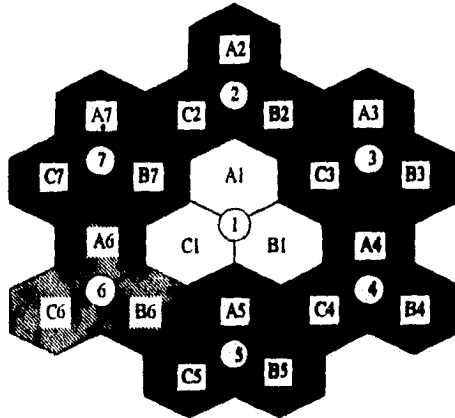


Fig. II.12.- CLUSTER DE SIETE CELDAS CON SECTORIZACIÓN DE 120°.

Para un grado de servicio específico, se sigue el tradicional diagrama de Erlang, acerca de la relación entre el número de canales existentes y la máxima densidad de tráfico por canal.

Cuando el número de canales se incrementa a cierto valor, se pueden emplear de manera más eficiente. Mientras que cuando se concede una mayor proporción de llamadas interrumpidas se obtiene una mayor capacidad.

Con un promedio de tiempo de llamada (T) y el máximo de llamadas por hora por celda (Qi), podemos obtener la carga ofrecida como:

$$A = \frac{Q_i}{60} * T \text{ Erlangs.}$$

Asumiendo que la probabilidad de bloqueo se conoce, entonces, podemos fácilmente encontrar el número requerido de frecuencias de radio en cada celda.

Entonces, el número total de canales requeridos en el sistema con un patrón de 7 celdas es  $N_t = 7 * N$ , pero esto no quiere decir que sea el número de usuarios.

Por ejemplo:

a).-Si tenemos un sistema que maneja un número máximo de llamadas por hora en una celda Qi igual a 3000 y un promedio de tiempo de llamada T de 1.76 minutos y la probabilidad de bloqueo B es del 2%. Entonces podemos calcular la capacidad de carga máxima ofrecida.

$$A = (3000 \times 1.76) / 60 = 88$$

Con la probabilidad de bloqueo B del 2%, el máximo número de canales puede ser encontrado de las tablas de Erlang y es  $N=100$ .

b).- Si hay una celda que puede manejar 50 canales y el promedio de llamadas es de 100 segundos por llamada, ¿Cuántas llamadas pueden ser tomadas en esta celda con una probabilidad de bloqueo del 2%?, la carga ofrecida puede ser encontrada en las tablas de Erlang y es:

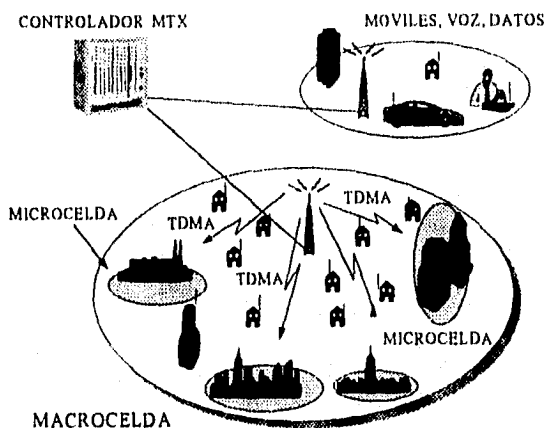
$$A = 40.3$$

El número de llamadas por hora en una celda es:

$$Q_i = (40.3 \times 3600) / 100 = 1451 \quad \text{llamadas por hora.}$$

### II.5. ACCESO MÚLTIPLE. POR DIVISIÓN DE TIEMPO (TDMA).

Otra forma de lograr que un número más grande de usuarios puedan ser alojados en un sistema sin modificar sus características de cobertura y potencia es; usando una arquitectura de acceso múltiple (figura II.13).



**Fig. II.13.- AUMENTO DEL SERVICIO CON EL ACCESO MÚLTIPLE**

El acceso múltiple permite alojar más usuarios por canal y con las siguientes ventajas:

- 1.- El sistema es diseñado para alojar transmisiones simultáneas múltiples para una población de usuarios sumamente grande, debido a que la transmisión puede ser simultánea en el sentido operacional.
- 2.- Los canales de comunicación suministrados a los usuarios son circuitos como canales, capaces de ofrecer una privacidad razonable y una comunicación individuo a individuo.

3.- Son circuitos troncales, no hay preasignación de ningún circuito a usuario. Cualquier usuario puede ganar acceso a cualquier circuito, y puede usar diferentes circuitos para diferentes llamadas.

4.- Los circuitos son asignados por demanda, básicamente "el que llega primero se le atiende primero". La provisión de accesos a los circuitos de radio se hace ordenadamente y de manera controlada.

### COMO TRABAJA EL TDMA:

La tecnología TDMA expande la capacidad del sistema analógico. Ofrece expansión sin tener que construir más sitios celulares porque este sirve a múltiples abonados en cada canal de radio (figura II.14). Los términos "Digital", "División de Tiempo", y "Acceso Múltiple" ayuda a explicar su funcionamiento.

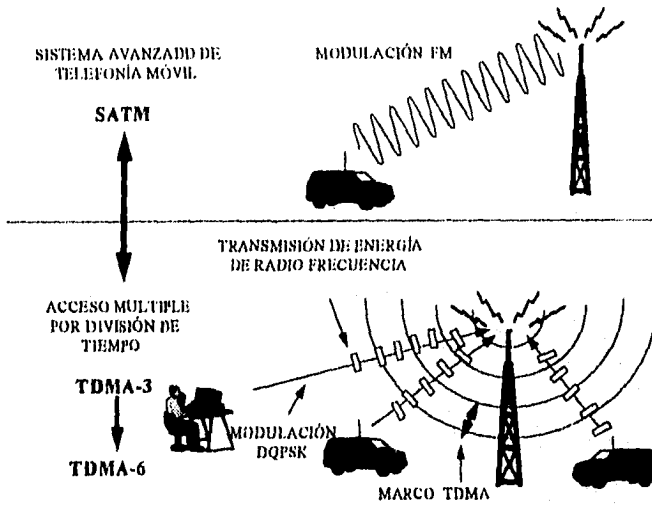


Fig. II.14.- TECNOLOGÍA CELULAR UTILIZANDO TDMA.

### DIGITAL

Un instante después de que alguien habla a través de un teléfono modo dual (analógico y digital) TDMA, la voz es convertida en un flujo de información digitalizada. Este flujo es comprimido por un lenguaje, codificada y digitalizada, convirtiendolo en una tercera parte del tiempo de aire que se requeriría para transmitir la señal original de audio, dejando las dos

terceras partes restantes del tiempo para otros abonados (figura II.15). El sonido es codificado, transmitido y decodificado tan rápidamente que los usuarios no lo perciben.

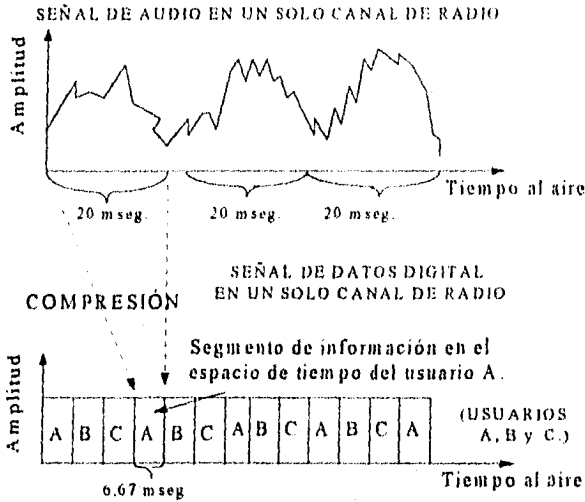


Fig. II.15.- COMPRESIÓN DE LA TRAMA TDMA.

### DIVISIÓN DE TIEMPO.

Para colocar el tiempo de aire de un canal de radio a múltiples abonados, cada uno de los canales comprimidos de los abonados son enviados y recibidos solo durante intervalos muy breves llamados segmentos de tiempo (time slots). Los segmentos de tiempo son colocadas en grupos de seis, llamados Tramas (frames). Durante cada segundo de tiempo de aire, 25 Tramas son enviadas. En cada trama, el sistema guarda la pista de los segmentos de tiempo asignado, y cada señal de abonado es continuamente "colocada" a su segmento asignado (figura II.16).

### ACCESO MÚLTIPLE.

Por el hecho de subdividir el tiempo, un canal de radio celular que servía a un solo abonado en el sistema analógico ahora sirve a tres abonados con sistema digital. Cuando un sistema analógico es convertido a digital, puede incrementar la capacidad tres veces. La tecnología del futuro ahora se desarrolla y podrá incrementar la capacidad digital de 12 a 15 veces más sobre el analógico.



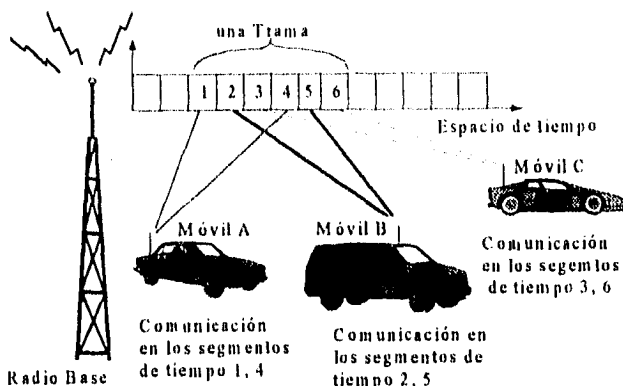


Fig. II.16.- SEÑAL DE DATOS DIGITALES EN UN CANAL DE RADIO.

#### VENTAJAS DEL TDMA:

- **Modo Dual:** Con la tecnología del TDMA, los usuarios no tienen que preocuparse si se encuentran en un ambiente de área de servicio analógica ó digital. Los teléfonos modo dual son transmisores-receptores analógicos y digitales. Los teléfonos modo dual automáticamente usan el TDMA digital si esta disponible. Donde el sistema digital no existe, el telefono automáticamente se cambia a analógico. Las áreas de servicio pueden tambien ser modo dual. Pueden ofrecer tanto servicios digital y analógicos porque las transmisiones de TDMA digitales utilizan los mismos canales de radio analógicos existentes.
- **Calidad de voz mejorada:** Las señales digitales pueden ser procesadas especialmente para eliminar el ruido y la distorsión (figura II.17). Aún cuando la señal digital original está "limpia", las transmisiones de radio generalmente adicionan ruido. Cuando las señales digitales son regeneradas en el receptor, el ruido puede ser removido. Además, el procesador digital puede detectar errores y determinar así si excede la tolerancia de distorsión. La corrección de error digital también proporciona datos redundantes para corregir bits que se encuentra que son erroneos.
- **Monitoreo del funcionamiento:** El sistema TDMA monitorea el funcionamiento del radio celular y determina así su nivel de señal y calidad de transmisión. La información permite al sistema corregir errores u otros problemas en la señal del radio celular.
- **Asistencia móvil de Handoff:** El radio celular mide automáticamente la calidad de la señal de los canales disponibles y reporta la información al sistema. Basado en el reporte, el sistema asigna el mejor canal.

Cada unidad de suscriptor se sintoniza por si misma con la estación base de transmisión, y cuenta el número adecuado de localidades de tiempo hasta que alcanza el que se le tiene

asignado. Entonces, se activa la circuitería del receptor y el demodulador para decodificar la trama asignada. Similantemente, cuando se transmite, la unidad del suscriptor tiene que almacenar la entrada de voz en un "buffer" y esperar la asignación de una localidad de tiempo de transmisión, después de esto el suscriptor transmite una trama de datos acelerado. A partir de ese momento empieza una acumulación de datos para la siguiente localidad.

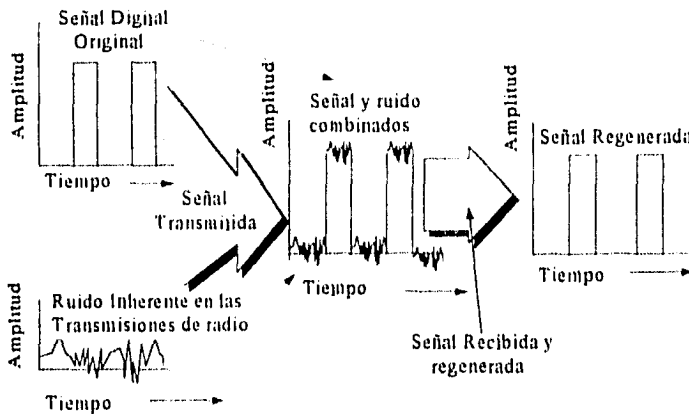


Fig. H.17.- REDUCCIÓN DE RUIDO DIGITAL.

## II.6.- MANEJO DE POTENCIA.

Actualmente los sistemas celulares tienen la capacidad de ajustar la potencia de salida de la unidad móvil. Esto es necesario por dos razones:

- 1) La interferencia causada por los usuarios del mismo canal en el sistema por la reutilización de frecuencia.
- 2) La intermodulación y la insensibilidad de los receptores de las bases para el móvil que está muy cercano al sitio de la base.

Es posible reducir la interferencia en canales similares a una cierta distancia de la celda, mediante la reducción de la potencia de salida de la base y la potencia de salida del móvil en las celdas que causan la interferencia. La potencia de salida de la base es ajustada a un nivel semipermanente, ó tan grande como la reutilización de una frecuencia particular de los patrones existentes. La potencia de salida de la base es asignada a un valor particular.

El móvil que entra a la celda es instruido o recibe instrucciones para bajar su potencia en un valor determinado y reducir la interferencia en frecuencias similares. La otra situación que puede requerir que la unidad del suscriptor reduzca su potencia, ocurre cuando la unidad

esta muy cerca de la torre del sitio de la celda que pueda causar la interferencia a los usuarios en los otros canales usados en el sitio base. Esto puede ocurrir cuando un suscriptor esta muy cerca al sitio base y el otro en la orilla de la celda, aunque estos estén separados en frecuencias de radio, son parte de un receptor común en la terminal.

## II.7.- INTERFERENCIA Y RUIDO.

La señal de radio es afectada por ruido e interferencia. El ruido se produce como resultado de procesos ambientales "aleatorios" que producen energía de radio, tales como el alumbrado o bujías de ignición en automóviles, y aún el ruido térmico de las partículas en el mismo receptor.

La interferencia es una forma de degradación de la señal como resultado de otras emisiones de radio hechas por el hombre. Hay dos tipos de interferencia que son normalmente considerados relevantes en aplicaciones de nivel:

a).- Interferencia de canal adyacente; Ocurre cuando la energía de una portadora modulada se "encima" o se extiende dentro de canales adyacentes, como se ilustra en la figura II.18.

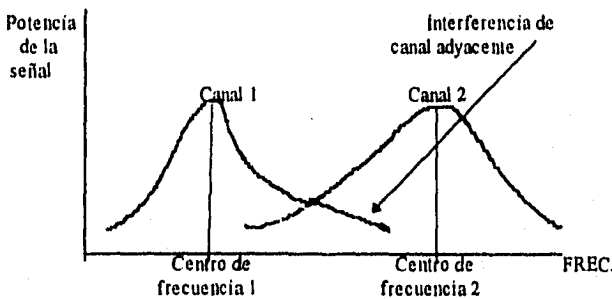


Fig. II.18.- INTERFERENCIA DE CANAL ADYACENTE.

b).- Interferencia de co-canal; Ocurre cuando dos transmisiones en la misma frecuencia de portadora alcanzan a un mismo receptor como se ilustra en la figura II.19.

La interferencia de co-canal es la más importante en lo concerniente a decisiones de localización de radio-bases, planes de frecuencias y posibilidades de reuso de frecuencias en el desarrollo de sistemas celulares.

### II.7.1.- PÉRDIDAS Y ATENUACIONES.

El objetivo de una transmisión de radio es que el mensaje sea recibido y entendido por el receptor, pero antes de que una señal llegue a feliz termino tiene que pasar muchos

obstáculos. Consideremos el hecho de que la suma de la energía contenida en todas las señales de radio incidentes en los receptores activos en un sistema celular de buen tamaño (25,000 abonados) durante un año entero de operación es aproximadamente igual a la energía del momento lineal generado por un grano de arroz cayendo del tenedor al plato, lo cual nos indica lo sutil que es una señal de radio.

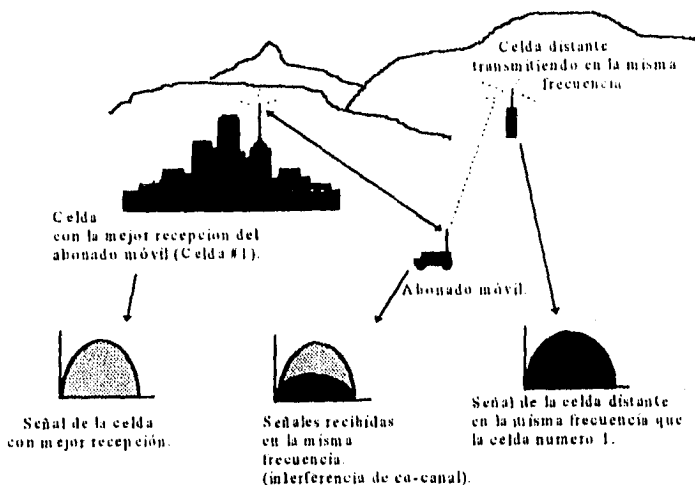


Fig. II.19.- INTERFERENCIA DE CO-CANAL.

### PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE.

Las aplicaciones del acceso inalámbrico son todas arquitecturas punto-multipunto, lo cual significa que las localidades del suscriptor pueden ser localizadas en cualquier punto del área de cobertura extendida desde la radio base (también una celda o un sector de una celda). En el caso simple (un transmisor omnidireccional) la potencia de la señal recibida disminuye constantemente conforme viaja desde el transmisor. En el vacío o "espacio libre" la fuerza de la señal disminuirá en forma directamente proporcional al cuadrado de la distancia.

En la práctica, como las comunicaciones inalámbricas no están establecidas en el espacio exterior, las pérdidas por el enlace son más severas como lo podría predecir la ley del cuadrado inverso. Las pérdidas podrían ser modeladas de una mejor manera haciendo el exponente mayor al cuadrado.

### ATENUACIÓN.

La señal de radio puede ser parcialmente bloqueada y su energía absorbida o atenuada por obstáculos físicos del medio ambiente. Los cuerpos de absorción pueden ir desde una

montaña hasta una gota de lluvia. La frecuencia es un factor muy importante en las atenuaciones de las señales de radio. Por ejemplo, transmisiones abajo de 10 GHz no son afectadas por la lluvia o la humedad atmosférica. En el otro lado, las transmisiones de alrededor de 10 GHz son severamente afectadas. Como una regla general, frecuencias bajas tienen gran potencia de penetración y se pueden propagar más lejos (hay que tener en cuenta que esto no siempre es deseable, en algunas aplicaciones es necesario el tener un rango limitado para permitir el reuso de frecuencias). A mayor frecuencia, mayor atenuación, y mayor potencia de transmisor para una distancia dada.

Otro efecto importante de atenuación es el ensombrecimiento (shadowing), donde edificios o colinas crean sombras de radio. El efecto de ensombrecimiento puede llegar a ser severo en ambientes urbanos densamente poblados y a altas frecuencias. Estudios tempranos de propagación para radio móvil encontraron sombras tan profundas como de 20 dB (se reduce la fuerza de la señal en un factor de 100) en distancias muy cortas, literalmente de una calle a otra, dependiendo de la orientación del transmisor y de los patrones locales de edificación.

Otra fuente importante de atenuación es el follaje en zonas suburbanas arboladas o áreas rurales. Se puede observar en una señal una diferencia en la potencia de recepción entre el verano y el invierno (cuando no hay hojas) de hasta 10 dB.

El desvanecimiento de la señal producido por las "sombras" es normalmente conocido como desvanecimiento lento, porque desde la perspectiva del receptor en un vehículo móvil, la entrada y la excitación de una sombra toma cierto tiempo para hacerse perceptible (alrededor de segundos) debido a que el área de desvanecimiento es grande.

## **REFLEXIÓN Y EFECTOS MULTITRAYECTORÍA.**

Una onda de radio puede ser reflejada por una colina, un edificio, un camión, un avión o una discontinuidad en la atmósfera. Las reflexiones pueden producir una multitud de trayectorias entre el transmisor y el receptor como se ejemplifica en la figura II.20. Esto es conocido como una propagación multitrayectoria.

## **PROPAGACIÓN MULTITRAYECTORÍA.**

La reflexión y la propagación multitrayectoria son espadas de dos filos para el diseño de un sistema. Por un lado tenemos que, permiten a las ondas de radio "dar vueltas en las esquinas", es decir eliminar obstáculos mediante una nueva trayectoria y alcanzar lugares detrás de las colinas y edificios, además permite penetrar dentro de túneles y estacionamientos. En muchas ocasiones esto permite mejorar la cobertura del sistema en una área difícil. Por otro lado, la propagación multitrayectoria crea algunas de los problemas más difíciles en las propagaciones de radio. Los tres más importantes temas relacionados con la multitrayectoria son:

### **I.- Retardo de propagación en la señal recibida.**

2.- Desplazamiento de fase aleatorio, el cual crea rápidas fluctuaciones en la fuerza de la señal, conocido como "atenuación Rayleigh".

3.- Modulación de frecuencias aleatoria debido a diferentes "Corrimientos Doppler" en diferentes trayectorias.

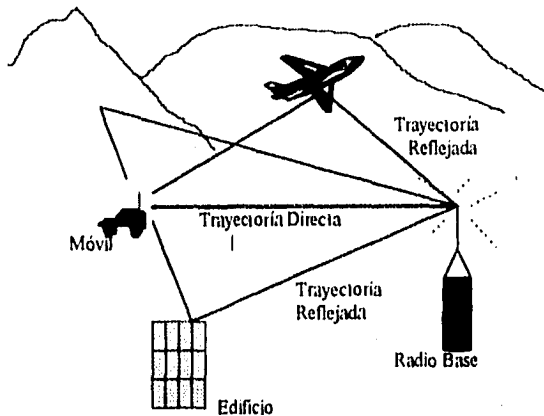


Fig. 11.20.- RECEPCIÓN MULTITRAYECTORIA.

**Retardo de propagación.-** Debido a que la señal sigue varias trayectorias, y porque las trayectorias reflejadas son más largas que las trayectorias directas (sí es que hay una), como se ve en la figura 11.21, las múltiples señales llegan con un ligero retraso adicional.

Así, un símbolo digital (tal como una amplitud de pulso) viajará diferentes trayectorias, cada una resultará en una pequeña diferencia de tiempo de llegada en el receptor; el resultado se puede ver como una señal esparcida en un intervalo de tiempo, en un sistema digital, particularmente uno operando en una alta velocidad de bits por segundo, el retardo de propagación causa que cada uno de esos símbolos se superponga al precedente y al siguiente símbolo en el tiempo, produciendo Interferencia de Intersímbolo (ISI).

El retardo de la propagación es básicamente una característica condicionada por el medio ambiente para una aplicación particular y una frecuencia particular, se debe diseñar alrededor de esto. En algunos ambientes (aplicaciones en interiores) el retardo de propagación puede ser despreciable, porque todas las trayectorias son muy cortas. En otros ambientes, el retardo de propagación puede ser substancial, por ejemplo de 50 a 100 microsegundos.

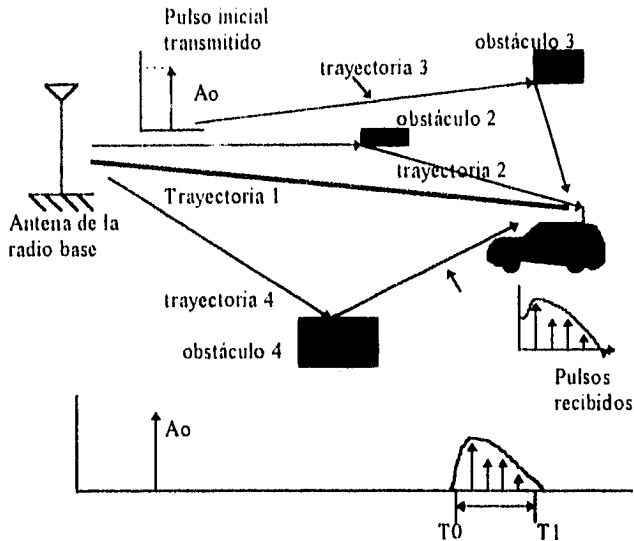
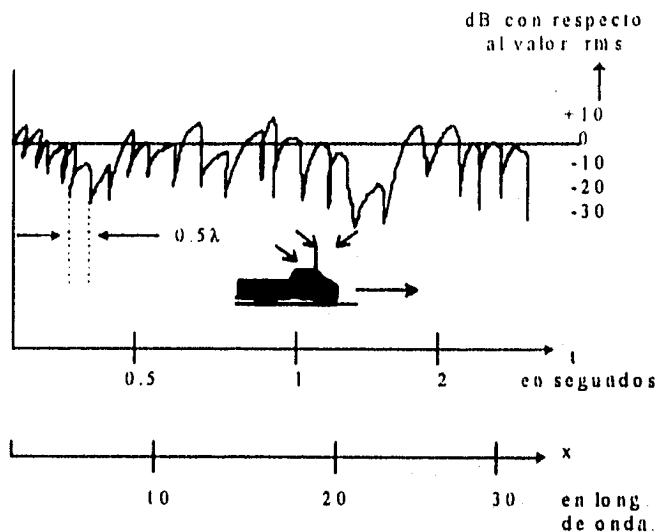


Fig. II.21.- RETARDOS DE PROPAGACIÓN.

**Debilitamiento Rayleigh.**- el segundo efecto importante de la propagación multitrayectoria es aquel en el que, la onda de radio reflejada puede tener una alteración drástica en algunas de sus características fundamentales, particularmente fase y amplitud. La fase de la señal reflejada puede ser defasada drásticamente, tanto que puede llegar fuera de fase con la señal de la trayectoria directa. Si la señal reflejada y la señal directa tienen un defasamiento de  $180^\circ$ , se cancelan entre sí en el receptor y la señal desaparece. Cualquier diferencia de fase parcial entre las distintas trayectorias y la directa puede reducir la fuerza de la señal recibida en algunos grados.

Estos debilitamientos de la señal son conocidos como "fenómenos espaciales". Un debilitamiento es una pequeña región en el espacio donde la confluencia precisa de señales viajando sobre trayectorias de un transmisor dado se combinan para producir una reducción medible en la amplitud de la señal. La localización de un debilitamiento a una frecuencia particular es por lo tanto una función de la localización específica del transmisor y varios reflectores (la mayoría de los cuales son estacionarios). Para un transmisor dado a una frecuencia dada, el campo de la señal puede ser visualizado como un "Queso suizo" lleno de hoyos de distintas profundidades. El tamaño físico de estos hoyos está relacionado con la frecuencia y la longitud de onda. A las frecuencias de interés para nosotros para el acceso inalámbrico, los hoyos son muy pequeños. Pero pueden llegar a ser muy "profundos", en los debilitamientos más profundos la fuerza de la señal se reduce 10,000 ó 100,000 veces de su valor esperado (basándose en la señal de la trayectoria directa).

El campo de la señal es perforado con atenuaciones de profundidades variables. A los 800 MHz, los debilitamientos máximos ocurren cada pocas pulgadas. De hecho, la distribución de los hoyos puede ser descrita estadísticamente por lo que es conocido como la "Distribución Rayleigh", y por esta razón el fenómeno es conocido como debilitamiento Rayleigh (figura II.22). El debilitamiento Rayleigh puede ser descrito sólo estadísticamente. Es imposible predecir la localización exacta de un debilitamiento. Para una localización de antena de un abonado, el debilitamiento Rayleigh es importante principalmente en términos de posicionamiento de la antena cuando es instalada inicialmente. Si un nivel pobre de señal indica la existencia de un debilitamiento de multitrayectoria, moviendo la antena unas pocas pulgadas o pies se puede mejorar la situación (muy parecido como sucede con las antenas de conejo de una TV).



**Fig. II.22.-DEBILITAMIENTO RAYLEIGH.**

Si imaginamos un automóvil cruzando a través de este universo de "Queso suizo" a 60 mph (88 pies/s), la antena recorre miles de "hoyos" de profundidades variables en un segundo, causando que la fuerza de la señal recibida fluctúe rápidamente de los niveles esperados y baje 40 dB o más.

El debilitamiento Rayleigh es un fenómeno dinámico. Como este debilitamiento es muy rápido, se le llama comúnmente debilitamiento rápido.

**Desplazamiento Doppler (desplazamiento en frecuencia).**- El movimiento relativo de un receptor con respecto al transmisor produce un desplazamiento en frecuencia en la señal recibida, este desplazamiento es conocido como:



“Desplazamiento Doppler” (por su descubridor Christian Johann Doppler). Sobre todo, el desplazamiento Doppler afecta todas las trayectorias múltiples, algunas de las cuales pueden sufrir un desplazamiento hacia arriba y otras hacia abajo de la frecuencia original, todas en el mismo tiempo. El corrimiento normal (medio) en el efecto Doppler es de 30 Hz.

## 11.8.- ACTIVIDADES DE CONTROL DE LA RED.

### SEÑALIZACIÓN DE DATOS:

La señalización de datos en la trayectoria de radio tiene lugar en los canales de control y puede también ocurrir en los canales de voz.

Previo a la transmisión, el flujo de datos binarios es modulado en el transmisor de acuerdo con el principio de la Conmutación por Desplazamiento en Frecuencia (FSK), lo cual significa que un “1” da una frecuencia constante arriba de la frecuencia portadora del transmisor, y un “0” da una frecuencia constante por debajo de la frecuencia portadora. El canal de control en la dirección desde el sitio celular es llamado Canal de Control de Envío (FOCC), y la información se envía como un flujo continuo de mensajes de datos. El canal de control de la dirección desde la unidad móvil es llamado Canal de Control de Retorno (RECC) como se ve en la figura 11.23, y la información es enviada sólo cuando cualquiera de las estaciones móviles que están sintonizadas por el canal de control, genera un mensaje de datos.

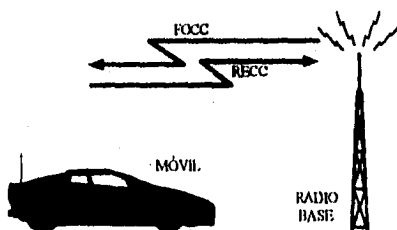
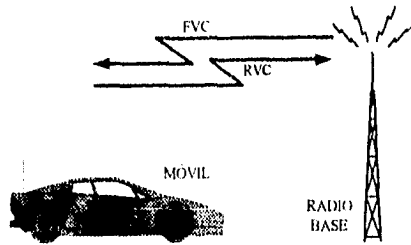


Fig. 11.23.- DIRECCIONES DEL CANAL DE CONTROL

Los canales de voz pueden también portar datos en la trayectoria de radio. Así para la transmisión de datos, un canal de voz perteneciente a la estación base es llamado Canal de Voz de Envío (FVC), mientras que la dirección de una estación móvil se le conoce como Canal de Voz de Retorno (RVC), esto se ilustra en la figura 11.24.

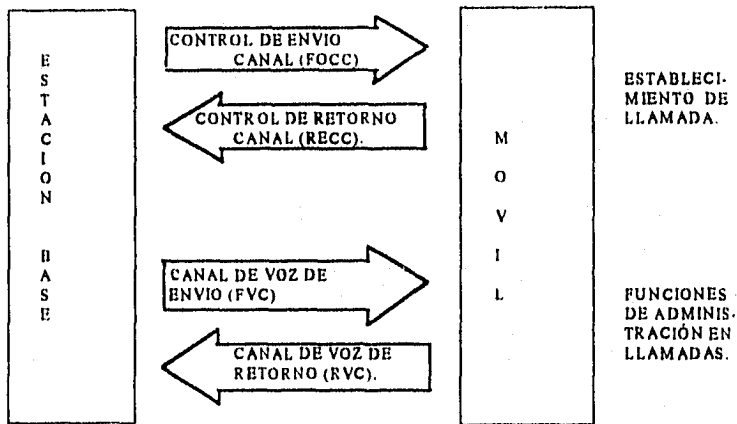
Puesto que los canales de voz están diseñados principalmente para portar la conversación, la información de datos se envía en casos excepcionales.

El sistema está especialmente configurado en el segmento de radio para llevar tráfico de voz de alta calidad con cuatro diferentes formatos de datos de señalización, adecuados para insertarse en la estructura del canal de voz.



**Fig. II.24.- DIRECCIÓN DE LOS DATOS EN EL CANAL DE VOZ**

El Canal de Control de Envío (FOCC) y el Canal de Control de Retorno (RECC), son usados para mantener el contacto entre el móvil y la base, cuando ninguna conversación del suscriptor está en proceso, y también para establecer llamadas. El Canal de Voz de Envío (FVC) y el Canal de Voz de Retorno (RVC), mantienen el intercambio de datos cuando la llamada está en proceso, funciones que son ilustrados en la figura II.25.



**Fig. II.25.- INTERCAMBIO DE DATOS DURANTE UNA LLAMADA.**

Una consideración adicional es, que los datos en el FVC y RVC deben ser adecuados para usar el canal de voz estándar, aunque estos canales de control son un subconjunto dedicado del total. La razón de esto, es que en un sistema ocupado, usando muchos canales de voz por celda, el volumen de intercambio de datos excede la capacidad de los canales dedicados de control, e impide a los usuarios el acceso de los canales de voz libres porque el canal de datos esta saturado y el sistema necesita la capacidad para reasignar algunos canales de voz como canales de datos o que puedan ser insertados en espacios del enlace de voz, pero

de espacios cortos para que el usuario no perciba su existencia y para optimizar toda la red establecida.

## **CLASIFICACIÓN DE LOS CANALES DE CONTROL.**

En términos de función, los canales de control están divididos en tres categorías; Canales de Control Dedicado (DCC), Canales de búsqueda (Paging) y Canales de Acceso. Esto no quiere decir que estén siempre separados en un canal a diferentes frecuencias, dentro del conjunto de canales de control. En áreas de baja densidad de usuarios, es demasiado costoso en términos de equipo para proporcionar tres canales de control para apoyar un bajo tráfico de voz, así que usualmente en estas circunstancias se multiplexan los tres canales en una sola portadora. Sin embargo, las funciones permanecen distintas y deben ser consideradas separadamente.

El FOCC incluye el Canal de Control Dedicado (DCC) (y otros dos canales en el caso multiplexado), y es el canal básico de coordinación de la red. Esto es transmitido continuamente, porque:

i) En todos los móviles activos, monitorea los canales FOCC para encontrar el número de identificación del canal de búsqueda

ii) Los móviles cuentan con un monitreador del nivel de FOCC recibido para determinar cuando se está aproximando a la orilla de una área de cobertura y necesita ser pasada a una estación base de la celda adyacente.

El canal de búsqueda como su nombre lo indica, se usa para avisar a un móvil en particular para que reciba una llamada, pero también información más general relacionado con la red, para su localización número de canal, de los canales de acceso que se están usando, métodos de acceso a ser usado, identificación del área de tráfico, principalmente.

Los móviles usan el Canal de Acceso para comunicarse con la estación base para confirmar el mensaje de búsqueda, actualizar la red con su localización para registrarlo en la estación base, ofreciendo la mejor trayectoria de radio y para comenzar la salida de llamadas.

Los tres tipos de canales de control llevan secuencia de bloques de datos llamados "mensajes de encabezado", que contienen una multiplicidad de niveles de campo de información e instrucciones.

El contenido de los mensajes de encabezado, depende del tipo del canal que lo lleva, pero cuando el Canal de Control Dedicado (DCC), de Búsqueda (Paging) y Canales de Acceso son multiplexados, el mensaje de encabezado contiene toda la información en una trama de bits continuos.

## **SUPERVISIÓN.**

Digital Colour Code (D'C'C'), junto con otras dos señales representan los últimos componentes de la infraestructura de la señalización, estas otras dos señales son; Tono Supervisor de Audio (SAT) y Tono de Señalización (ST), y sus funciones son las siguientes:

Una vez que un canal de voz se ha establecido, existe la necesidad de monitorear el proceso de la llamada, ya que el móvil se mueve en un medio ambiente con atenuación Rayleigh, que influye en el nivel de la señal en la trayectoria de radio a la base y también influye el nivel local de emisiones de interferencia en el mismo canal de los clusters adyacentes. En cuanto a los dispositivos, si el móvil experimenta interferencia por co-canal temporalmente con un nivel más alto que la señal deseada, el receptor puede captar una conversación indeseada, causando disgustos y comprometer la privacidad de los canales de voz. El SAT proporciona la seguridad necesaria contra esto.

El SAT, no es un solo tono, son tres tonos muy próximos, agrupados alrededor de los 6 KHz. El SAT presente en el Campo de Código Digital (SCC), la clave del mensaje del control móvil en el FOCC tiene dos bits.

### **EL SAT OPERA COMO SIGUE:**

En la asignación del canal de voz; la base informa al móvil que SAT es apropiado para el cluster en el cual la llamada se está tomando. El móvil, entonces retransmite (realimenta) el SAT definido para confirmar que la conexión se hizo bien y continúa transmitiendo este SAT durante toda la llamada. Los otros dos SAT son asignados a los clusters adyacentes con la misma frecuencia.

Así, si una interferencia temporal de co-canal fuerte es detectado por el móvil o la base, originado en un cluster adyacente, llevará el SAT incorrecto y la salida de audio será amortiguada. La única vez que el SAT es atenuado por sí mismo durante una llamada, es cuando los datos de Banda Ancha están siendo transmitidos del móvil en el RECC.

El Digital Colour Code (D'C'C'), cumple el mismo propósito en el FOCC y RECC, pero es digital en forma y orden para que sea compatible con el resto de la trama del mensaje. La realimentación equivalente en el canal de control se logra por la retransmisión del móvil de una versión codificada del D'C'C'.

El final del tono de señalización (ST) es un tono de 8 KHz transmitido por el móvil, cuando está empezando o terminando una llamada, para indicar que el receptor está "enganchado".

Los canales de control son designados para establecer llamadas. Sin embargo no siempre es necesario tener un canal de control para cada subsistema ya que puede operar sin los canales de control pudiendo así utilizar todos los canales como canales de voz, para lo cual una

unidad móvil tendrá que monitorear todos los canales continuamente y detectar la señalización para la llamada.

Las funciones de operación de un canal de acceso son las siguientes:

1. - Potencia de un canal de control transmisor (FOCC).- La potencia de un canal de control puede variar de acuerdo al control del número de llamadas que entran a la celda, ya que están limitadas de acuerdo al número de canales de voz que se tengan en el sitio de la celda. Conforme el tráfico aumenta la potencia del canal de control disminuye en forma proporcional a la reducción de cobertura de la celda que limita la entrada de llamadas originadas en la unidad móvil, forzando a que esta las origine desde otros sitios de celda, siempre y cuando estén adecuadamente superpuestos.
2. - Nivel de recepción del canal de control.- El nivel de entrada al canal de control está determinado de tal manera que permita el control de recepción de los canales de control reservado (RECC). Si el nivel de potencia de recepción es mayor con respecto al nivel de entrada que se tiene, entonces la llamada puede tomarse.
3. - Cambio de potencia en la unidad móvil.- Cuando la unidad móvil monitorea la potencia de la señal de todos los canales de control y selecciona el canal que recibirá el mensaje, entonces se tienen tres tipos de mensaje: mensaje de control de la estación móvil, mensaje de encabezado de los parámetros del sistema y mensaje de control ocupado.
4. - Reintento de llamadas.- Cuando un sitio de celda no tiene canales disponibles de voz, este puede enviar un mensaje de reintento de llamada a través del canal de control. La unidad móvil iniciará la llamada desde una celda vecina, siempre y cuando este en dirección en la cual se pidió el reintento de llamada.

## II.9.- PROCESOS DE UNA LLAMADA CELULAR.

El proceso para establecer una llamada en un sistema con múltiples células es muy simple.

1. El abonado marca el número del teléfono y presiona SEND. El radio celular transmite un mensaje de petición a la célula más próxima para realizar una llamada de salida.
2. La célula más próxima conecta la llamada que sale a la Oficina de Conmutación Telefónica Móvil (MTX).
3. La MTX asigna un canal de radio para el radio celular.
4. La MTX da salida a la llamada hacia la red de línea terrestre. La célula y el MTX mantienen la conexión entre el radio celular y la red de línea terrestre mientras dura la llamada.

5. Como el radio celular se mueve entre las células, el MTX transfiere la llamada de una célula a otra, un proceso llamado "handoff"

## **INICIALIZACIÓN DE UNIDAD MÓVIL.**

Cuando un usuario activa (enciende) el receptor de su unidad móvil, el receptor empieza a rastrear 21 canales ya designados del total de 333 canales. Selecciona el que recibe con mayor potencia y se encierra en él por un cierto tiempo. Como a cada celda se le asigna un canal "establecido" (set-up) diferente, el receptor se encierra dentro del canal establecido más fuerte, que usualmente significa seleccionar el sitio de celda más próximo. Este sistema de autolocalización es usado en la parte disponible de la celda y es independiente del usuario. Esto conlleva una gran ventaja, porque elimina la carga de la transmisión del sitio de celda para localizar a la unidad móvil. Cuando la llamada inicia desde un línea de la red pública cableada hacia una unidad móvil, el proceso de paginación es largo; pero como el porcentaje de llamadas que se originan en una unidad móvil es más alto, se puede justificar la utilización del proceso de autolocalización.

Si el móvil se mueve lejos de la estación base que lo está rastreando, entonces detecta una caída en el nivel de la señal, y cuando los mensajes dejan de ser legibles inicia otra vez la rutina de rastreo para localizar una estación más apropiada.

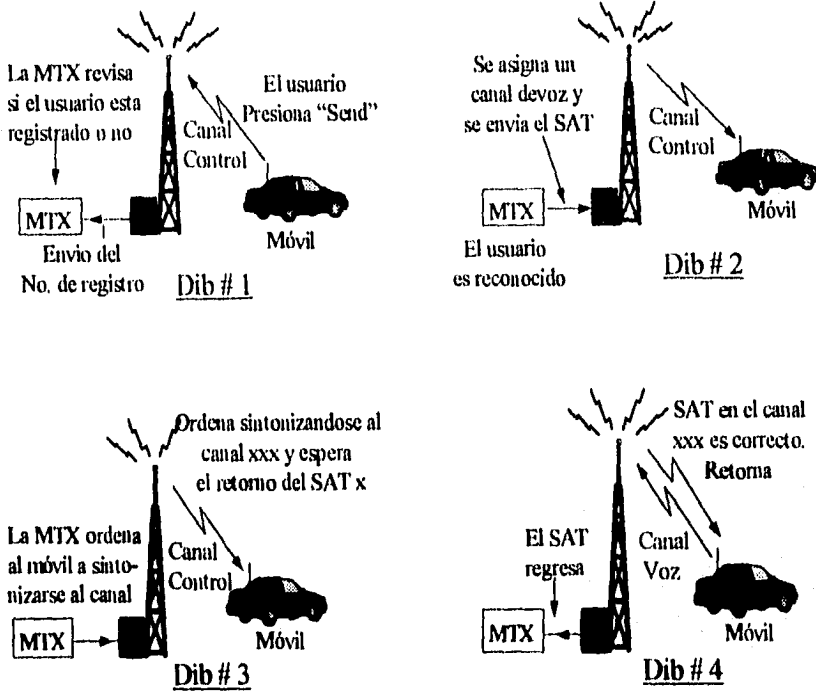
El proceso de autolocalización se desarrolló en la década de los 60's y se ha venido repitiendo desde entonces.

## **ORIGINACIÓN DE UNA LLAMADA MÓVIL.**

El usuario del teléfono móvil marca un número deseado, el número marcado se localiza dentro de un registro de originación en la unidad móvil, que revisa para ver si el número es correcto, y oprime el botón de envío (send). En este momento un requerimiento de servicio es enviado a un canal establecido que se había seleccionado previamente por un sistema de autolocalización al inicializar la unidad móvil. La búsqueda de la llamada del teléfono celular involucra el envío del número de identificación del teléfono a través del canal de señalización de todas las celdas y buscar una respuesta. Al mismo tiempo la estación base envía un requerimiento a la MTX (Mobile Telephone Switching) por medio de un enlace de datos de alta velocidad. La MTX selecciona un canal de voz apropiado para la llamada, y el sitio celular actúa por medio de la mejor antena directiva para enlazar la unidad móvil. La MTX se encarga de enrutar la llamada a otra unidad móvil o con un abonado de la red pública según sea el caso.

Esto se puede observar en el figura 11.26, donde el dibujo #1 ilustra el primer proceso que es marcar el número deseado y apretar el botón SEND, en el dibujo # 2, la MTX revisa el banco de datos para identificar al usuario, una vez que a sido verificado e identificado la MTX le asigna un canal como se puede observar en el dibujo # 3 y por último se le ordena al móvil sintonizarse al canal asignado, también se le envía una señal de SAT que el móvil retomara

constantemente para que la MTX pueda supervisar la calidad de la señal recibida, que se ilustra en el dibujo # 4.



**Fig. II.26.- PROCESOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UNA LLAMADA.**

**ORIGINACIÓN DE LA LLAMADA EN LA RED.**

Si un abonado de la red pública cableada marca un número de una unidad móvil, la oficina de teléfonos de la zona reconoce que se trata de un número de una unidad móvil y envía la llamada a la MTX. La MTX envía un mensaje localización a ciertos sitios celulares basándose en el número de la unidad móvil, el algoritmo de búsqueda y la zona en la que se encuentra en ese momento registrado el usuario móvil. Cada sitio de celda transmite el mensaje de localización en su propio canal establecido. La unidad móvil reconoce su identificación propia en el canal establecido que recibe con mayor potencia, lo cierra y responde a la estación base. La unidad móvil también sigue la instrucción de tono de un canal de voz asignada e inicia la alerta al usuario para que responda a la llamada.

## **TERMINACIÓN DE LLAMADA.**

Cuando el usuario móvil termina la llamada, se transmite una trama larga de señalización (1.8 s) de un tono de 8 KHz a la estación base y las dos partes liberan el canal de voz. La unidad móvil reinicia el procedimiento de rastreo del canal de control para establecerse en el canal que reciba con mayor potencia.

Si un usuario de la red pública cableada termina la llamada antes, un mensaje de desactivación es enviado al móvil, el cual lo reconoce enviando un tono de trama de señalización de 8 KHz, antes de reasumir el procedimiento de rastreo del canal de control.

## **II.10.- CONTROLADOR DE LA RADIO BASE. (CRB)**

La unidad de control está basada en un microprocesador. La unidad constituye la parte inteligente de la unidad de canal.

Algunas de las funciones realizadas por la unidad de control son:

- Intercambio de mensajes de datos entre el MTX y las estaciones móviles.
- Envío autónomo de algunos mensajes de datos hacia la estación móvil.
- Monitoreo de fallas en el transmisor y en el receptor, así como de otras unidades, como por ejemplo el transmisor-combinador. La información de alarma se envía al MTX a través de la emisión de un impreso de alarma.
- Activación del canal. El número de canal que es originalmente recibido desde el MTX se usa como entrada al generador de frecuencia.
- Control de transmisión.
- Control de tiempos de espera.
- Detección de tono de señalización (ST).
- Generación/Detección del tono de supervisión de audio (SAT). Cuando la voz se está transmitiendo, el SAT es adicionado a la voz procesada en el transmisor. El SAT recibido desde la estación móvil se detecta y la frecuencia se compara con la frecuencia del tono transmitido. La información a la cual la frecuencia del SAT es generada se recibe originalmente desde el MTX.
- Medición de Ruido. El valor más fuerte de ruido recibido se mide con el objeto de calcular la razón de señal a ruido para el SAT recibido.
- Medición de la Intensidad de Señal. En cada sitio de celda, un canal de un grupo de canales asignados es utilizado de y para la administración de los datos del usuario móvil. El CRB usa este canal como página de suscriptor, para reconocer las llamadas realizadas por el móvil y para mantener las mismas.
- Control de la conmutación de la entrada del combinador.

Otra función del CRB es controlar el receptor de monitoreo. Tan pronto como una llamada es "aceptada", este asigna un canal específico de voz que automáticamente se escribe en la tabla de canales activos que son monitoreados por el receptor de monitoreo. Durante la



llamada, el receptor de monitoreo mide la potencia de las portadoras recibidas. Cuando el nivel de las portadoras cae por debajo, de un nivel asignado, el CRB transmite una petición de "handoff" a la MTX. El MTX entonces, envía una señal a las celdas vecinas para que midan la potencia de la señal del móvil, a través de una línea dedicada, seleccionando el del nivel más alto con un criterio establecido e iniciando un "handoff".

La Unidad de Control consiste, entre otras cosas, de un microprocesador con almacenes de programas, implementados en las memorias de lectura/escritura. Por esta razón cada unidad de control tiene que ser cargada con datos de programa desde un banco de memoria en el MTX, antes de que sea puesta en operación.

## 11.11.-OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS CELULARES.

### "HANDOFF"

La principal característica que distingue el sistema celular de cualquier otra tecnología es el "handoff", que es la posibilidad del usuario móvil o portátil para ir de celda en celda sin la interrupción del servicio o de la llamada, esto se ilustra en la figura 11.27.

Este es el hecho más complejo en el proceso de la llamada y es el que hace posible la comunicación celular. El "handoff" tiene lugar cuando el sitio de la celda, que esta realizando y monitoreando el proceso de una llamada específica, determina que la llamada esta cayendo por debajo de un standard mínimo preestablecido para la calidad de la señal de radio, audio o si existe una excesiva interferencia de co-canal. Esta señal es analizada por la medición de la relación señal/ruido mediante la percepción de un tono retransmitido por el teléfono celular (SAT).

Un mensaje es enviado por la computadora del sitio base al conmutador celular cuando la llamada cae por debajo del nivel preestablecido o si existe una excesiva interferencia de co-canal y necesita ser entregado a una celda adyacente, para que la llamada pueda continuar. El conmutador celular envía una orden a todas las celdas adyacentes para que sea manipulada y se ajusten sus receptores a las dimensiones registradas y reportar la calidad de la señal recibida. Estos datos recibidos son analizados por el conmutador celular y la determinación de la elección de la celda se hace con respecto a la dirección del movimiento del teléfono celular. A continuación, el conmutador examina la lista de canales disponibles en la celda para asignar uno de ellos al teléfono celular, estableciendo la trayectoria para la conversación en el nuevo canal.

Un comando es enviado al antiguo canal del teléfono celular al conmutador y después al nuevo canal para continuar la conversación. Si el mensaje es correctamente recibido y la conmutación de los canales se realiza, el conmutador celular es informado por la nueva celda y la conexión al antiguo canal es eliminado regresando al grupo de canales disponibles para tomar otra llamada.

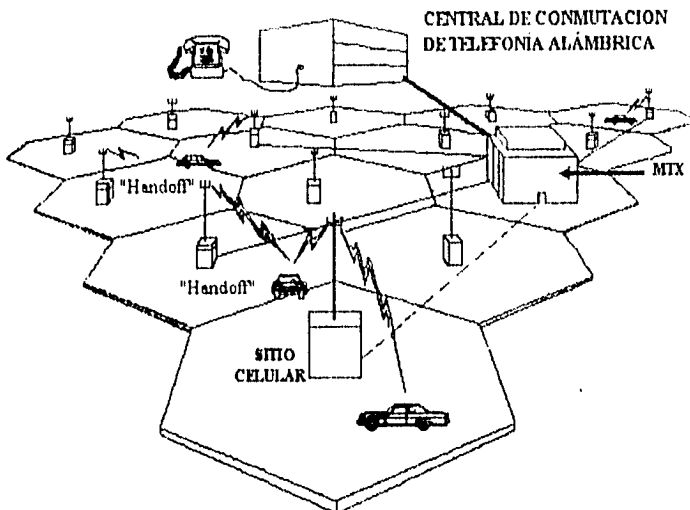


Fig II.27.- PROCESO DEL HANDOFF.

### "ROAMING".

El roaming es la capacidad de un teléfono celular, registrado en un sistema, de ser capaz de entrar y usar otro sistema. Este acceso deberá ser transparente al usuario y no crear confusión en el momento de conmutar el teléfono entre los sistemas.

El termino "roaming" es también usado para describir la habilidad del sistema móvil de poder salir del área geográfica de su sistema, cruzando el área de control del conmutador de control del móvil. Este es un requerimiento diferente del que solamente se realiza cuando el móvil se mueve dentro de la celda del área que abarca el conmutador de control del móvil.

Para poder desplazarse completamente en un sistema nacional, se necesita disponer de las siguientes facilidades:

- Poder conmutarse en cualquier otro sistema cuando sale de su sitio base y poder registrarse en otro sistema.
- Tener un registro que sea capaz de moverse fuera del área de control del conmutador de control del móvil en que esta registrado y mantener la capacidad de entrar al sistema.
- Mientras una llamada esta en proceso, realizar automáticamente un "handoff" entre conmutadores de control de móviles. Ambas redes deben tener esta característica para que la llamada en progreso no se interrumpa.

- Poder enviar una llamada a través de esta ruta, independientemente de la relación con la estación base.

## **II.12.- FACILIDADES QUE PROPORCIONA LA TELEFONÍA CELULAR.**

Proporciona facilidades verticales comunes, facilidades especiales de llamadas posibles, así como facilidades especiales de facturación.

Con respecto a la primera opción, tenemos las siguientes facilidades:

- a) Llamada en espera.
- b) Transferencia de llamada.
- c) Conferencia tripartita.
- d) Desvío de llamadas incondicional.
- e) Desvío de llamadas en ocupación.
- f) Desvío de llamadas en no contestan.

La segunda opción presenta las siguientes elecciones:

- a) Movilidad.
- b) Interfaz de voz del tipo almacenar/renutir ("Store and forward").
- c) Marcación especial.
- d) Línea directa ("hotline").

En tanto que la última opción proporciona las siguientes ventajas:

- a) Facturación en tiempo real.
- b) Llamadas con tarjetas de crédito.
- c) Facturación a número de cuenta.

Otro aspecto que se tiene en los servicios de abonado, son las restricciones referentes al origen y terminación de llamada, que pueden dimensionarse para cada subscriptor móvil en forma individual, Estas son las siguientes:

- a) Denegado en origen.- Permite que la estación móvil solamente reciba llamadas.
- b) Denegación de terminación.- Permite que la estación móvil sólo pueda recibir.
- c) Suspensión solicitada ó temporal.- La prestación del servicio para la estación móvil queda suspendida.
- d) Denegación de larga distancia.- Solamente se permite efectuar llamadas que no estén designadas como de larga distancia.
- e) Línea directa/automática.- Todo origen de llamada desde un móvil, que no sea de emergencia será enrutada a un número de directorio predeterminado por datos en tablas.

- f) **Marcaación de doble etapa / Código de autorización.**- Le permite a la empresa operadora/conectante requerir la introducción de un código de autorización para todas las llamadas de origen.
- g) **Grupo de Negocios.**- Otorga el control a la empresa operadora para agrupar a los móviles, de conformidad con los planes de marcaación, tratamiento de llamadas y locuciones pregrabadas.
- h) **Opciones de marcaación especiales (Facilidad de marcaación abreviada).**- Permite que la central MTX se comporte como un nodo dentro de una red permitiendo que el cliente pueda utilizar su propio plan de marcaación interno.

## CAPITULO III.

### SISTEMAS DE ACCESO INALÁMBRICO

#### III.1.- INTRODUCCIÓN

La necesidad de tener mejores servicios telefónicos y de reducir costos de instalación y operación ha dado lugar a la transición de la telefonía cableada hacia telefonía de acceso inalámbrico. Con el acceso por medio de una radio base se puede llegar a más usuarios. Los costos son mucho más convenientes y uniformes a través de las características del área de servicio, así como variaciones muy pequeñas que estén en función de la distancia de cobertura, densidad de suscriptores y otros factores convencionales, ver figura III.1.

Las comunicaciones inalámbricas podrán satisfacer rápidamente la creciente demanda entre los usuarios permanentes, además de abrir nuevos e innovadores mercados, así como atraer nuevos negocios donde el servicio telefónico nunca antes resulto práctico. Y debido a que el sistema inalámbrico puede montarse rápidamente, se pueden obtener ingresos con relativa rapidez. Dado el reto que representa la instalación, los sistemas de comunicaciones inalámbricas pueden planificarse, instalarse y poner en funcionamiento muchas veces en cuestión de semanas, lo cual no es factible con los sistemas de líneas terrestres, que deben diseñarse e instalarse con mucho tiempo de anticipación antes de que sea utilizado.

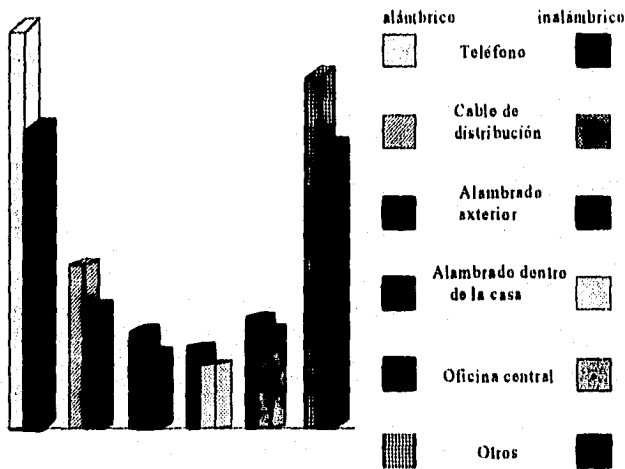
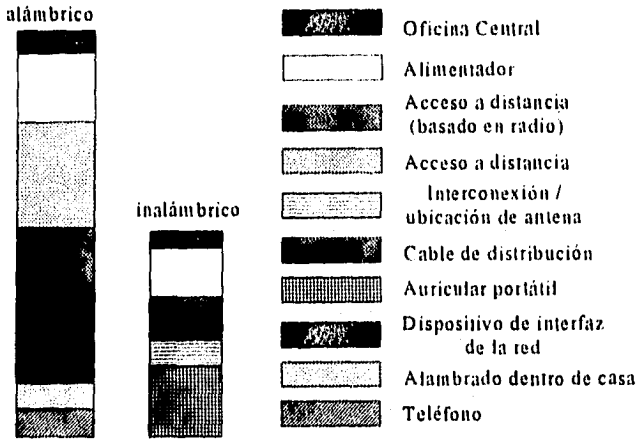


Fig. III.1.- COSTOS DE LAS OPERACIONES.

Otro aspecto a considerar es el de los costos que se requieren para establecer una red de telecomunicaciones, que en conjunto comprende: teléfono, cable de distribución, alambrado exterior, alambrado dentro de la casa y oficina central, representando un alto costo de instalación para un sistema convencional de líneas terrestres, a comparación del sistema inalámbrico que se estima ahorrará el 30 %, además de ahorros en costos de operación y mantenimiento, puesto que resulta más fácil mantener y operar las radio bases que la planta exterior de una red alámbrica. Además, las redes de comunicaciones inalámbricas implican costos inferiores. Estas estimaciones la podemos observar en la figura III.2 que se ilustra a continuación.



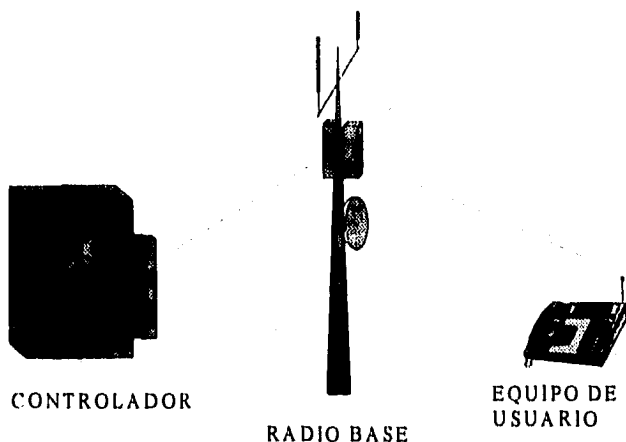
**Fig. III.2.- MODELO ECONÓMICO.**

Por tal motivo el acceso inalámbrico se convertirá en la vía para lograr soluciones innovadoras, que en contraste con el tradicional acceso mediante líneas alámbricas terrestres, lleva las comunicaciones por medio de ondas de radio, utilizando transmisores de radio pueden colocarse prácticamente en cualquier lugar, en vez de los alambres aéreos o subterráneos. Con lo cual se abrirán nuevas oportunidades a las comunicaciones telefónicas, en áreas tales como: zonas urbanas en donde este sistema podrá satisfacer la demanda de nuevos usuarios, regiones suburbanas abasteciendo nuevas posibilidades mediante la instalación de los nuevos equipos a medida que se vaya materializando el número y la ubicación de los usuarios, zonas rurales ó remotas dado que los sistemas inalámbricos podrán instalarse con relativa facilidad en áreas inhóspitas teniendo un moderno servicio telefónico.

El sistema inalámbrico opera en modo analógico y digital TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo) en el rango de frecuencia de 400 Mhz. Este sistema proporcionará una serie de funciones flexibles a los abonados y de diseños terminales al poder utilizar tres usuarios al mismo tiempo un canal de radio, y en el futuro seis usuarios. Con el empleo de la tecnología digital como lo es TDMA, el futuro de la telefonía se verá beneficiado al proporcionar

flexibilidad para satisfacer las altas densidades de áreas populares, así como las áreas remotas. Para esto TDMA ofrece incremento en la capacidad del sistema sobre las soluciones analógicas típicas, inmunidad al ruido, a la interferencia y más seguridad en los enlaces de comunicación

La arquitectura básica para un sistema de acceso inalámbrico incluye un controlador, radio base y equipo de usuario (figura III.3).



**fig. III.3.- ARQUITECTURA BÁSICA DE UN SISTEMA DE ACCESO INÁLAMBICO.**

El controlador es la columna vertebral para contar con una completa red de telecomunicaciones moderna capaz de servir a más de 100,000 suscriptores en un solo sitio. Un pequeño controlador es adecuado porque ofrecerá facilidad de operaciones para colocarse donde son apropiados, por su arquitecturas de sistema distribuido.

El sitio celular será apropiado al contar con una Unidad de Radio Dual (URD) que da servicio tanto a aplicaciones móviles como fijas, la URD es una de los radios TDMA más exitosos disponible, con un software de control más completo, la URD es capaz de manipular tres canales de voz por cada 30 KHz de espectro de radio (TDMA-3). Con la introducción del TDMA-6, la URD será capaz de manipular seis canales de voz en la misma plataforma de radio.

El equipo suscriptor incluye un teléfono integrado que para los requerimientos de instalación, el nuevo suscriptor podrá simplemente elegir la fijación en un punto cualquiera de la casa y tener inmediatamente el servicio. Contarán también con una unidad de conversión terminal para uso con teléfonos convencionales. Una interfase inalámbrica podrá ser utilizada para facilitar conexión troncal PBX permitiendo un acceso rápido a un gran número de negocios con clientes.

En particular los accesos con radio bases mejorarán drásticamente la economía de servicios necesarios para los usuarios actuales. Por lo tanto un acceso inalámbrico reduce las

necesidades por costo promedio y la regulación superestructural con la administración de tarifas tradicionales.

La telefonía inalámbrica (en la frecuencia de 400 MHz) permite tener el mismo costo de conmutación para el acceso de un usuario que este a una distancia de 1 Km como para uno que este a 20 Km, esto en sí, no reduce el costo de las centrales de conmutación, sino que reduce el costo de interconexión del usuario con la central debido a la ausencia de un medio físico.

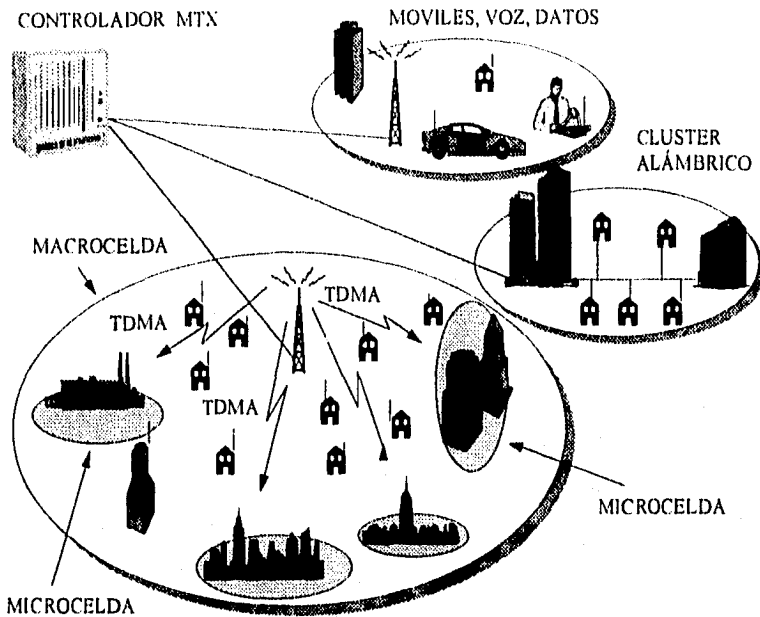
El sistema actual de 800 MHz con su plataforma de sistema celular basado en la unidad de radio modo dual (digital, y analógico), proporciona una poderosa herramienta para introducir Acceso Múltiple por División de Tiempo de 3 canales de voz (TDMA-3), no sólo para comunicaciones celulares móviles sino también para telefonía inalámbrica fija. La operación del sistema de 800 MHz convencional, sin embargo, limita la aplicabilidad del sistema como una alternativa de reemplazo de una red local por las consideraciones en negocios y regulaciones en algunos países. Por otro lado la banda de los 400 MHz esta ampliamente disponible para esta aplicación en por lo menos uno de los mayores mercados (México). Con algunas modificaciones en el equipo de los 800 MHz se puede desarrollar una nueva versión para los 400 MHz y utilizarlo en este mercado, principalmente en el área rural y suburbana.

Utilizando la capacidad de conmutación proporcionada por la Central de Conmutación Telefónica (MTX) y usando las innovaciones tecnológicas en el sitio celular, el sistema de acceso inalámbrico de 400 MHz es capaz de cubrir las necesidades actuales de servicios telefónicos en una variedad de mercados. Basado en la tecnología celular digital existente, el sistema es capaz de entregar servicio telefónico a los abonados mediante enlaces de radio, tanto para un ambiente móvil como para un ambiente estacionario. La tecnología existente de la MTX acomodaría a las comunicaciones móviles y la telefonía alámbrica en la misma plataforma, dando a los suscriptores muchas elecciones en la forma que pueden recibir el servicio, como se observa en la figura III.4.

### **III.2.- ARQUITECTURA DEL SISTEMA.**

La Central Telefónica de Conmutación/Equipo 400 (MTX/400) para el sistema telefónico inalámbrico se compone de: un conmutador, radio base y la terminal o equipo suscriptor. Un sistema básico incluye el super nodo de la Central de Conmutación Telefónica (MTX), con una conexión en un troncal digital hacia la radio base 400, que incluye tanto el modulo de Equipo Común (EC), así como el modulo de Radio Frecuencia (RF). Un teléfono que es colocado en la casa del suscriptor o en un negocio que es conectado al conmutador por medio de un radio enlace. Cuando el suscriptor establece o recibe una llamada, la señal de voz es transmitida vía enlace-radio hacia el sitio de radio más próximo, el cual transmite posteriormente la señal vía troncal digital hacia el conmutador de la MTX. La llamada es entonces dirigida vía enlace-radio a un teléfono similar ó bien es enviada a la línea terrestre tradicional, basada en la red de telecomunicaciones pública, lo que dependerá del destino que tenga la llamada.





**fig. III.4.- PLATAFORMA DE LA MTX CON LOS TRES SISTEMAS**

Las modificaciones que requieren los productos de 800 MHz para su conversión y operar en la telefonía inalámbrica TDMA a 400 MHz (MTX/400) incluyen:

- Software MTX
- Hardware RF en el sitio celular (frecuencia, configuraciones).
- Hardware de la Unidad de Radio Dual (URD) (frecuencia).
- Terminal (frecuencia, nuevo espectro, nuevo proveedor)
- Módulo de traslación de frecuencia para transmitir la operación de los 800 Mhz (MSC y unidades MURD con 400 Mhz).
- Radio software/(Firmware).

En la figura III.5 se muestra el esquema típico de un sistema MTX-EC400.

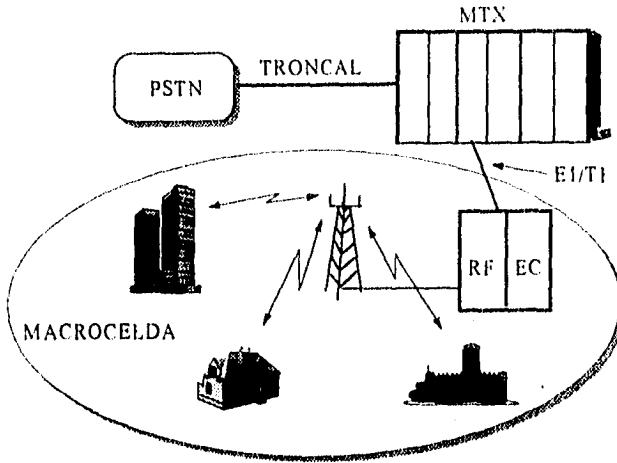
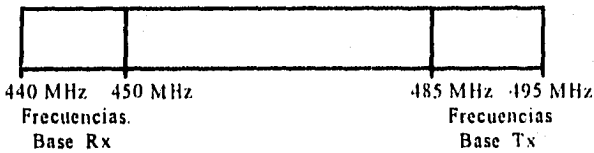


fig. III.5.- SISTEMA DE ACCESO INALÁMBRICO EC400

### III.3.- ESPECTRO DE 400 MHZ

El plan de frecuencia para 400 MHz utiliza el mismo espaciamento duplex (45 MHz) como el celular común, además utiliza un espectro de 10 MHz (una trayectoria) de 440-450 y 485-495 MHz. El ancho de banda del canal es de 30 KHz con espaciamento duplex de 45 MHz del transmisor al receptor, como se puede ver en la siguiente figura III.6.



#### Numero de canales y Frecuencias

Transmisor	No. Canales	frec Central (MHz)
Móvil	$1 < N <= 333$	$0.030N + 439.980$
Base	$1 < N <= 333$	$0.030N + 484.980$

El canal 1 no es utilizado.

fig. III.6.- ESQUEMA Y NÚMERO DE CANALES DEL ESPECTRO DE FRECUENCIA UTILIZADO EN EL SISTEMA DE 400 MHZ.

Los Canales de Control Dedicado (CCH) forman un bloque de 21 canales contiguos, comenzando en "El Primer Canal Dedicado" (Primer CD) y disminuyendo el conteo en "el Primer Canal Dedicado"-20. El valor para "el Primer CD" se establecio (debido a la presencia de posibles interferencias por arriba de los 450 MHz), en el rango de 33 al 226 (permitido por el MTX).

Los Canales de Trafico TDMA (CTT) facilitan la comunicaci3n de voz digital sobre cualquier canal, excepto el canal 1.

#### **III.4.- FUNCIONES DEL SISTEMA**

Central de Conmutaci3n Telef3nica (MTX), incluyendo Perif3rico Celular Inteligente Digital (PCID).

- Conmutaci3n.
- Lenguaje.
- Estructura TDMA.
- Correcci3n de error hacia adelante (Forward Error Correction, FEC) para bits de informaci3n.
- Procedimiento de Acceso al Enlace en el canal D (LAP-D) de mensajes a sitios de celda.

#### **MODULO REMOTO CELULAR INTEGRADO (MRCI).**

- Multiplexor.
- Controladores redundantes para el procedimiento de acceso al enlace en el canal D (LAP-D) Para env3o de mensajes de/para las Unidades de Radio Dual (URD's).
- Operaci3n de sitio de celda integrado, administraci3n y mantenimiento desde la MTX.

#### **SUBSISTEMA DE RADIO.**

- Modulador-Demodulador (Modem) DQPSK (canales de trafico TDMA).
- Sistema Telef3nico M3vil Avanzado (AMPS) CCH: datos de banda ancha FSK
- Amplificador de Potencia Lineal de un Solo Canal-(APLSC).
- Radio para la Organizaci3n, Administraci3n y Mantenimiento (OA&M).
- Ecuallizador de canal.
- Diversidad de receptor.
- Inyecci3n y extracci3n de mensajes de supervisi3n en-banda.
- Correcci3n de Error hacia Adelante (FEC) para el Canal de Control Asociado Lento (SACCH), y el Canal de Control Asociado Rápido (FACCH).
- Protocolos aire (traslaci3n de formatos a se±ales de radio).

### **III.5.- TECNOLOGÍA CELULAR DIGITAL**

La Unidad de Radio Modo Dual (URD) es una parte integral de la tecnología celular digital, contando con el operador celular con capacidad de llamada mejorado y servicios mejorados con la tecnología digital. Comúnmente, la tecnología de Acceso Múltiple de División de Tiempo (TDMA) permite tres canales de voz para ser transmitidos sobre una sola portadora de Radio Frecuencia (RF), triplicando la capacidad de los radios analógicos comunes.

Futuros proyectos permitirán mejorar la calidad y adicionar capacidad para transmisiones celulares.

El sistema 400 opera tanto en modo analógico como digital y satisface por completo todas las necesidades de radio en el sitio celular. Opera en modo analógico como un Canal de Control Analógico (CCA) para establecer una llamada en un Canal de Voz Analógico (CVA) para tráfico de fax y modem. En modo digital actúa como Canal de Tráfico TDMA (CTT) para transportar conversaciones. Los URD-400 individuales son programados dentro de la memoria del MTX 400 de acuerdo a la posición del radio en la estructura. Los radios pueden ser cambiados de una posición a otra, y adoptarán la condición del espacio en la cual estén situados.

### **EL ESTÁNDAR IS-54**

La norma IS-54 , permite para móviles ya existentes analógicos y una clase de móviles Modo Dual (Analógico y Digital) operar en el mismo ambiente celular. Ambos móviles, analógico y Modo Dual, usan el mismo ancho de banda de 30 kHz y comparten el mismo espectro RF (banda de frecuencia celular). El sistema Unidad de Radio Dual - 400 (URD-400) cumple con la norma IS-54 para la transmisión Dual.

### **III.6.- ARQUITECTURA CELULAR DIGITAL**

La arquitectura celular digital introduce equipo especialmente diseñado en el conmutador y el sitio celular. En el conmutador, el Modulo de Procesamiento de Señal Digital (MPSD) es configurado con la Periférico Celular Inteligente (PCI) en el Periférico Celular Inteligente Digital (PCID). En el sitio celular, el Módulo Remoto Celular Integrado (MRCI), la Unidad de Radio Modo Dual (URD), y el Monitor de la Unidad de Radio Modo Dual (MURD) son configurados con el equipo existente.

El sistema celular digital provee una distribución mejorada de las funciones del software de los periféricos, mayor integridad que el analógico, y enlace de voz completamente digital hacia el móvil.

En la siguiente figura III.7 se muestra un diagrama de bloques de la arquitectura celular digital dentro del sistema inalámbrico.

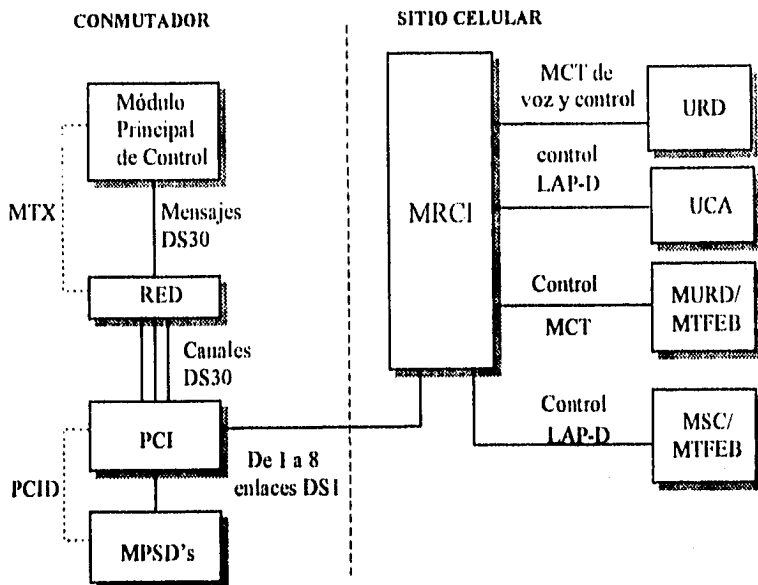


fig. III.7.- DIAGRAMA A BLOQUES DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA INÁLAMBRICO

### III.7.- SITIO DE CELDA 400 MHz.

El sitio de celda digital comprende un MRCI (Modulo Remoto Celular Integrado) y un sistema de radio. El MRCI provee un circuito para multiplexar las salidas digitales a varias URD's (Unidades de Radio Modo Dual) individuales.

También provee un paquete con la función de Multiplexaje para el control de mensajes transportados en uno de los canales DSO del enlace DS1, y provee además cierto control común de las funciones para las URD's.

Las URD's para el equipo 400 (designados URD-400) utilizarán sólo terminales digitales (inalámbricas arregladas). En la 1ra. fase estas terminales utilizan el protocolo AMPS IS-54 para canales de control CCH y canales de voz TDMA.

A cada celda OMNI, o cada sector de una celda sectorizada un URD se pone a operar como un canal de control transmisor para intercambiar datos con móviles en el establecimiento de llamada, su registro en el sistema, medición del tiempo, entre otros.

## **OTROS DISPOSITIVOS INCLUIDOS:**

- El equipo de potencia, incluyendo las baterías de respaldo del sitio.
- Equipo de RF común para el radio digital, incluyendo los combinadores de transmisión, divisores de recepción, multi-acopladores de recepción (MR), duplexores para permitir que los receptores y los transmisores compartan una antena y antenas.
- Unidad de control de alarmas (UCA).
- Oscilador Maestro de Alta Estabilidad (OMAE).
- MURD/MSD con un módulo de translación de frecuencia (MTF) de 800 a 400 MHz.

### **III.7.1.- EQUIPO DEL SITIO CELULAR**

El equipo del sitio celular esta contenido en estructuras de Equipo Común (EC) y estructuras de Radio Frecuencia (RF). Estas estructuras permiten funciones analógicas y digitales en la misma plataforma. Las estructuras del EC contienen el equipo celular digital activo, de prueba y de interface. Las estructuras RF contienen las unidades de radio y su cableado de soporte.

#### **III.7.1.1.- ESTRUCTURA DEL EQUIPO COMÚN**

La estructura EC encierra al MRCI (Modulo Remoto Celular Integrado), Multiacopladores de Recepción (MR), y las funciones de administración y equipo de mantenimiento. El equipo de mantenimiento del sitio celular incluye la Unidad de Control de Alarma (UCA), el Monitor del sitio celular (MSC), el Monitor de la Unidad de Radio Modo Dual (MURD), el Modulo de Translación de Frecuencia de la Estación Base (MTFEB) y el Oscilador Maestro de Alta Estabilidad (OMAE), como se puede observar en la figura III.8.

#### **III.7.1.2.- ESTRUCTURA DE RADIO FRECUENCIA**

La estructura RF encierra dos Transceptores/AP, combinadores de transmisión con seis canales y un duplexor transmisión/recepción. Cada uno de los Transceptores/PA contienen hasta ocho unidades transmisor/receptor (UTR-400) y ocho Amplificadores de Potencia Lineal de un Solo Canal (APLSC-400).

## **COMBINADORES DE TRANSMISIÓN:**

Los combinadores de transmisión filtran y combinan las salidas de hasta ocho amplificadores de potencia dentro de una sola señal RF. Cada estructura RF puede estar equipada con dos combinadores de 8 canales, interconectados para formar un combinador de 16 canales. La salida de los combinadores es alimentada a un Duplexor en la parte superior de

la estructura la cual prevé filtrado y acoplamiento direccional de la transmisión y recepción de señales para la antena.

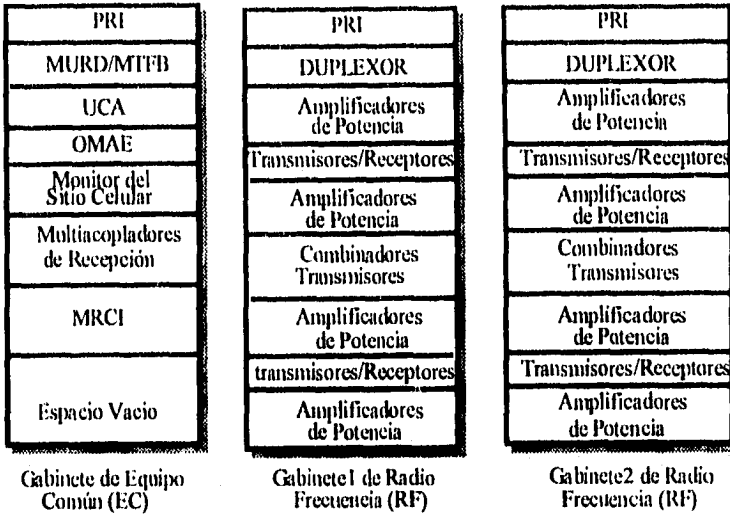


fig. III.8.- CONFIGURACIÓN DE UN SITIO CELULAR 400

### PANEL DEL RACK DE INTERFACE

En la parte superior de cada estructura esta un Panel del Rack de Interface (PRI) con interruptores automáticos. El interruptor del Panel de distribución esta protegido de interrupciones con una batería colocada dentro de la estructura.

### III.7.2.- INTERFACES ENTRE EL EQUIPO

El sistema URD-400, directa e indirectamente, tiene interfaces con los siguientes componentes del equipo celular:

- Tarjeta Multiplexora de Compresión de Tiempo (TMCT).
- Módulo Remoto Celular Integrado (MRCI).
- Monitor del Sitio Celular (MSC).
- Unidad de Control de Alarma (UCA).
- Monitor de Unidad de Radio Modo Dual (MURD).

Algunas de las funciones del sitio celular instalado es controlada por el PCID localizado en el conmutador. El PCID se comunica con los URD-400's por medio del MRCI.

En la figura III.9 se muestran las interfaces de equipo entre el MTX y los URD's.

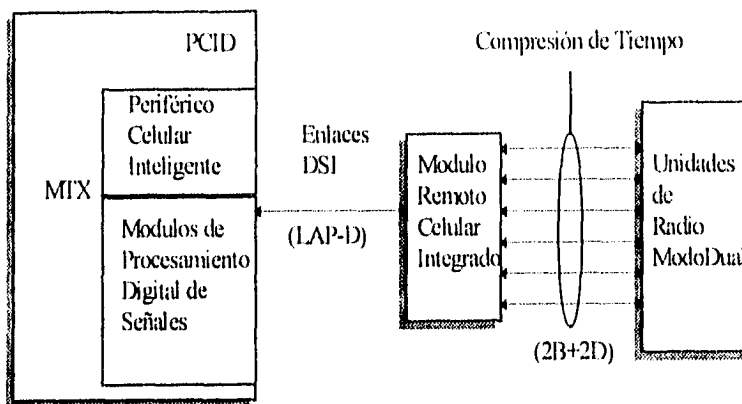


fig. III.9.- INTERFACES DEL EQUIPO

### III.7.3.- MÓDULO REMOTO CELULAR INTEGRADO

El Módulo Remoto Celular Integrado (MRCI) es un periférico del sitio celular que sirve como interface entre el PCI y los subsistemas de transmisión de radio. El MRCI provee circuito de voz y multiplexaje para mensajes de control conducidos en uno de los canales DSO de cada enlace DSI, y ciertas funciones de control comunes para los URD's.

#### III.7.3.1.- TARJETA MULTIPLEXORA DE COMPRESIÓN DE TIEMPO

La interface Multiplexora de Compresión de Tiempo (MCT, 2B+2D) establece comunicación entre el MRCI y el URD. La información transferida a través de los MCT's pueden ser voz, datos ó señalización. El protocolo MCT transfiere información digitalmente entre el URD-400 y el MRCI.

El formato MCT permite transferencia full-duplex en dos canales de comunicación digitales de 64 kbps y dos de 8 kbps. Los canales de 64 kbps son utilizados para voz y datos; los canales de 8 kbps son usados para comunicación entre la terminal y el conmutador. Lógicamente, el protocolo define un canal de 64 kbps y uno de 8 kbps como un par para transferir voz; el otro par de canales es utilizado para transferir datos.

Dos protocolos son necesarios para los canales de señalización de 8 kbps. Un protocolo define los mensajes de señalización que lleva los comandos del MRCI al URD e indicaciones y



repuestas del URD-400 al MRCl. El otro protocolo prové un medio libre de error para transferir los mensajes de señalización por el canal físico. Además, el protocolo proporciona protección contra errores en el canal de señalización.

### **III.7.4.- MONITOR DE LA UNIDAD DE RADIO MODO-DUAL**

El Monitor de la Unidad de Radio Modo Dual (MURD), es montado en la estructura del Equipo Común (EC) en el sitio celular. El hardware de los MURD's y las facilidades de mantenimiento manual del equipo están basados en el hardware de la Unidad Transmisora-Receptora y el mantenimiento de las funciones de la interface.

Además del MURD en la estructura del Equipo Común, existe un Modulo de Traslación de Frecuencia de la Estación Base (MTFEB). Entonces simplemente hay que convertir la frecuencia de 400 MHz a 800 MHz en una señal que llega y de 800 MHz a 400 MHz en una señal que sale. Esto se hace porque el MURD todavía opera en la banda celular de 800 MHz mientras que el resto del equipo de RF opera en la banda de 400 MHz.

En el MURD predomina el equipo de prueba del sitio celular común, tal como la Unidad de Control de Alarma (UCA), el Monitor del Sitio Celular (MSC), y la Unidad de Alarma de prueba (UAP), para proporcionar una capacidad de medición con un Promedio de Error de Bit (BER) de un receptor de canal digital de voz (VCH), los cuales se pueden observar en la figura III.10, donde se hace notar los modulos del Monitor de la Unidad de Radio Dual, el Monitor del Sitio Celular y el Modulo de Traslación de Frecuencia de la Estación Base.

El MURD interconecta el MRCl por medio de un enlace standard MCT.

El MRCl transmite mensajes hacia el PCI en la central de conmutación.

El MURD recibe comandos del PCI y también realiza un autodiagnóstico para detectar y reportar fallas internas.

### **III.7.5.- MONITOR DEL SITIO CELULAR**

El Monitor de Sitio Celular (MSC) está montado en la estructura EC en el sitio celular. El MSC permite la detección automática y manualmente de problemas que ocurren en la operación del URD-400 únicamente en el modo analógico. Opera tanto en modo directo como en un modo automático. En el modo directo, el conmutador controla el MSC, mientras que el PCI reporta los procesos monitoreados al conmutador. En el modo automático, la prueba es realizada en el MSC usando un fijador manual.

Además el MSC requiere el uso del MTFEB debido a que opera en 800 MHz. Por lo que el MSC y el MURD utilizan el mismo MTFEB en la estructura del EC.

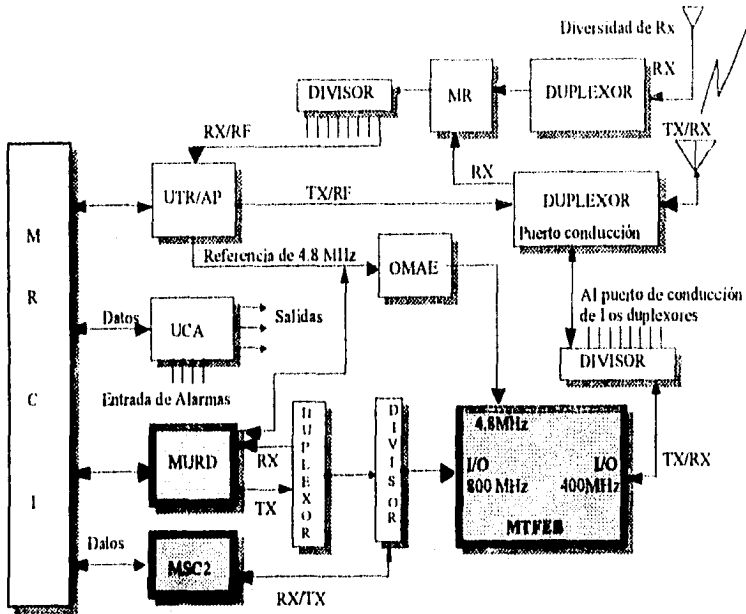


fig. III.10.- CONEXIONES DEL MURD, MSC2 Y MTFEB CON OTROS EQUIPOS DEL SITIO CELULAR

#### FUNCIONES DEL MSC:

- Facilidad para el mantenimiento personal local al originar y contestar llamadas.
- Un auto-contestador que permite el mantenimiento personal remoto al llamar al sitio celular y verificar su operación.
- Conectores para juntar equipo de prueba en línea con canales del sitio celular.

#### III.7.6.- UNIDAD DE CONTROL DE ALARMA.

La Unidad de Control de Alarma (UCA) reporta el resultado de alarmas de pruebas analógicas y alarmas que ocurren durante la operación.

El UCA y el MSC pueden enlazarse con el conmutador a través de dos diferentes sitios celulares mediante el uso de equipos periféricos y el Módulo Remoto Celular Integrado (MRCI).

### **FUNCIONES DEL UCA PARA LOS STER's (Subsistemas de Transmisión/Recepción de la Estación Base):**

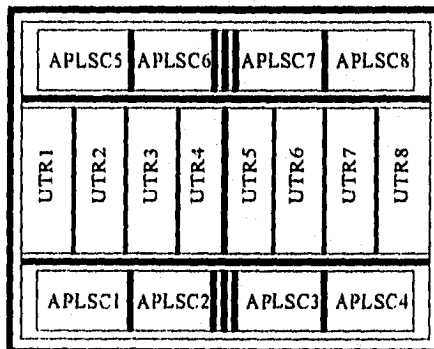
- Control del switch coaxial.
- Monitor de entrada de alarma.
- Salida de control.
- Terminal interface.
- Enlaces de comunicación.
- Medición operacional.

### **III.7.7.- SISTEMA URD-400**

El URD-400 se basa en el URD para el sistema 800. Este ofrece un amplio rango de salidas de potencia (0.2 a 45 w a través del APLSC) para aplicaciones específicas de sitio de celda. El URD-400 consiste de un UTR-400 y un APLSC trabajando juntos para proveer funcionalidad al URD-400. Esto se puede observar en la figura III.11, donde el módulo esta compuesto de 8 unidades URD-400.

#### **III.7.7.1.- CARACTERÍSTICAS DEL UTR-400**

- Una sola interfase de conmutación mediante la Tarjeta de multiplexora de Compresión de Tiempo (TMCT) a 52 kbps para el MTX a través del MRC1.
- Interfase de usuario única (display alfanumérico y terminal I/F).
- Plataforma PDS (Procesador Digital de Señales) completamente programable por software para señales banda-base.
- 6 entradas de recepción, una salida RF modulada (de hasta 0.5 watts).
- Interfase de control digital con el APLSC (digital) para control y mantenimiento.
- Control integral de potencia autónomo para el APLSC y UTR-400.



**fig. III.11.- GABINETE CON OCHO MODULOS URD-400**

## FUNCIONES DEL UTR-400

El UTR-400 realiza las funciones de transmisión-recepción. La terminal del receptor selecciona dos puertos de entrada RF de los seis disponibles como entradas de la sucesión de receptores duales, solamente dos entradas RF se muestran en la figura III.12, así como la trayectoria de transmisión/recepción del UTR-400 y del APLSC en la unidad de RF de 400 MHz. Generalmente en las entradas 1 y 4 se conectan la antena principal y la de diversidad, del sector primario, por medio de multi-acopladores de recepción y divisores de potencia. Tanto el transmisor como el receptor están sintonizados a la referencia de 4.8 MHz local de la Radio-Base.

La información de control y datos de voz que se envían y reciben, son transmitidos o recibidos del MTX por medio de un enlace MCT bidireccional entre el UTR-400 y el MRCl.

El UTR-400, operando bajo el control del software, transmite una portadora RF modulada al APLSC para controlar el nivel de potencia de salida y restablecer la información de la posición relativa del Amplificador de Potencia (AP) (el muestreo del nivel de potencia de salida, fuente de voltaje y temperatura de operación.). El máxima poder de salida puede ser establecido a 45 W.

El combinador de alta potencia esta sintonizado a la frecuencia deseada y combina la salida RF de hasta 16 APLSC en una sola salida RF. La salida RF es filtrada y acoplada a una antena externa por medio de un duplexor.

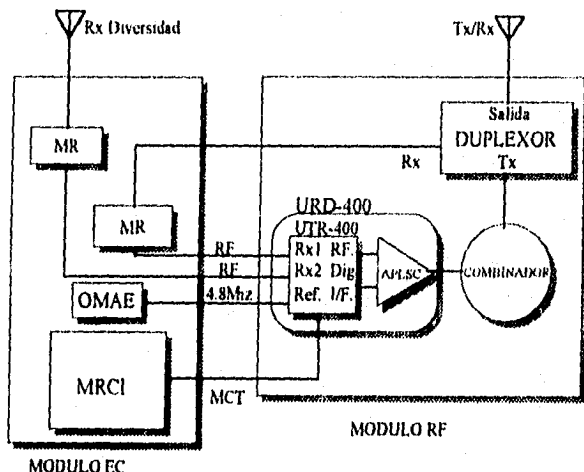


fig. III.12.- CONEXIONES ENTRE LOS EQUIPOS DEL MODULO DE RADIO-FRECUENCIA Y EL MODULO DE EQUIPO COMÚN.

## INTERFACES DEL UTR-400

- Una interface RS232 para el acceso de la terminal local y las comunicaciones directas del Micro-Controlador.
- Una entrada para el Oscilador Maestro del OMAE, que es una referencia de la frecuencia transmitida,  $4.8 \text{ MHz} \pm 0.25 \text{ ppm}$ .
- Entrada para seis antenas receptoras, Tres principales y tres divergentes.
- Interface bidireccional del MCT al MRCL.
- Display alfanumérico de 8 caracteres para el número de canales y el indicador de estado del UTR-400
- Fuente de potencia con baterías de 27 volts para la Radio Base.
- Salida RF modulada de 0.5 W máx.
- Control digital e interface de mantenimiento para el APLSC.

## OPERACIÓN DEL UTR-400

El conector de la parte posterior del Panel de Control de Potencia (PCP) proporciona la interconexión externa entre las señales de la parte posterior al UTR, a través de dos conectores y un cable ensamblado. La pantalla del Panel de Control de Potencia (PCP) contiene dos displays de 4 caracteres con pantalla para el nivel operacional del UTR.

La tarjeta UTR-BB (Banda Base) proporciona en todo el URD, el mantenimiento, el control, el procesamiento de las señales en banda base y las funciones de Control Automático de Ganancia (CAG). Un enlace bidireccional MCT es utilizado para proporcionar el canal DSO al conmutador a través de un MRCL. La comunicación externa del RS232 es proporcionado por el microcontrolador para llevar a cabo el monitoreo.

La tarjeta UTR-RF actúa como una "tarjeta madre". Proporciona todas las interconexiones de la parte posterior con el UTR. La interconexión de I/O al UTR-BB es a través de un conector simple en el UTR-RF. El UTR-RF procesa la señal en banda base recibida del UTR-BB, y realiza el procesamiento de RF y FI para producir una RF modulada a la salida. La cual puede ser alimentada a un AP de un solo canal, multi-canal o directamente a un mezclador de baja potencia utilizado en las radio bases, como se puede observar en la figura III.13.

Una señal de reloj de referencia de 4.8 MHz del OMAE es proporcionada al UTR-RF como una señal del sintetizador de frecuencia, transmitida con mucha estabilidad ( $\pm 0.25 \text{ ppm}$ ). El transmisor cubre el rango de 485.04 a 494.97 MHz. con 30 kHz de espaciamiento entre canales.

En la dirección de recepción, 6 entradas de antenas receptoras son posibles en el UTR-RF. El UTR-RF proporciona dos conmutadores analógicos de tres vías para seleccionar un canal principal y una de diversidad de las 6 entradas de RF de acuerdo a la información que regresa del UTR-BB. Las funciones de mezclado de frecuencia y filtrado son realizadas para

convertir la señal RF recibida en FI y después en banda base previo a la salida para el UTR-BB. El receptor cubre el rango de 440.04 a 449.97 MHz con 30 KHz de espaciamiento entre canales. La misma señal de referencia de 4.8 MHz es usada por el sintetizador del oscilador local del receptor. La programación de los sintetizadores de RF y FI es realizada por el microcontrolador por medio del enlace serial para el UTR-RF.

La interface entre el UTR-RF y el UTR-BB es a través de un conector simple. Los datos multiplexados recibidos y transmitidos serialmente son enviados diferencialmente con sincronización de trama y reloj.

La alarma digital y las líneas de control son serializados y añadidos a la trama de datos. Los Circuitos Integrados de Aplicación Específica (ASICs) en cada terminal de la interface, demultiplexa y distribuye o procesa los datos. El Tx analógico de envío, el nivel de potencia de retorno y el control de salida del Tx analógicos son digitalizados en el B76 y enviados a través del enlace serial para el microcontrolador por medio del I04 en el UTR-BB.

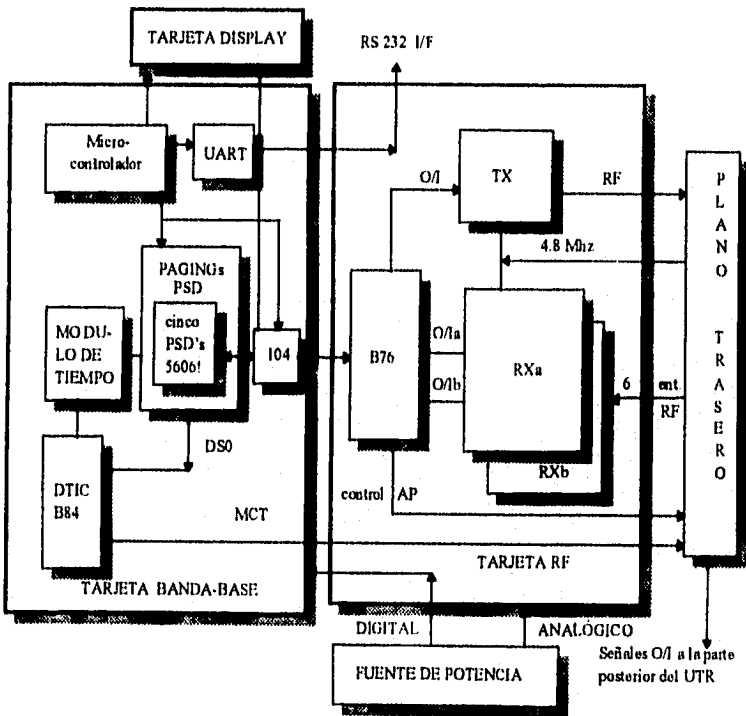


fig. III.13.- ESQUEMA DEL UTR-400

## INTERFACE DE USUARIO UTR

Una Terminal Virtual (VT100) ASCII (o compatible) es proporcionado para propósitos de mantenimiento a través de una conexión en el panel frontal del UTR-400. Esto permite las funciones de mantenimiento, prueba y medición para ser efectuadas sin el requerimiento del URD-400, conectado directamente al MRCl. Todas las funciones de medición, prueba y mantenimiento están disponibles en la terminal, excepto para la modificación del estado básico del URD-400.

### III.7.7.2.- CARACTERÍSTICAS DEL APLSC.

- Salidas de potencia de 0.5 w a 45 w usando Control Digital de Potencia (CDP) con el software de control del UTR-400.
- Precisión de potencia de  $\pm 0.5$  dB (7-45 w o 38.5-46.5 dBm).
- Resolución de potencia de  $\pm 0.1$  dB (18-45 w o 42.5a 46.5 dBm).
- Compatible con TDMA.
- Monitoreo de temperatura.
- Monitoreo de salida VSWR (Voltage Standy Wave Read) -Lectura de onda estacionaria referida a un voltaje.
- Monitoreo de corriente de entrada.
- Monitoreo de voltaje de la batería.
- Respaldo automático de temperatura y voltaje para mantener el UTR-400 bajo control.
- Interface digital para el control y mantenimiento del UTR-400.
- Acepta entradas RF moduladas.
- Entrada RF ( 45 Watts máximo).
- Led indicador de falla.
- Fuente de baterías de 27 volts de la Radiobase.

### OPERACIÓN DEL APLSC.

El APLSC tiene una sección que soporta y proporcionada La Administración, Organización y Mantenimiento (OA&M) , como se puede observar en la figura III.14. Que junto con el UTR-400, tiene las siguientes características :

### COMPATIBLE CON TDMA.

Rango de potencia de salida de 0.5W a 45W (24 dB), con potencia Máxima instalada y niveles de Control Digital de Potencia (CDP) determinados por el software de control del UTR-400, con una exactitud de potencia de  $\pm 0.5$  dB y una resolución de potencia de  $\pm 0.1$  dB.

Monitoreo de voltaje de la batería, corriente de entrada, VSWR (Lectura de onda estacionaria referida a un voltaje) de salida, temperatura.

Respaldo automático contra temperatura y voltaje para mantener un control provisional (controlado por UTR sobre los datos del sensor APLSC).

El APLSC es controlado por la salida RF modulada del UTR-400. Los requerimientos de ganancia del APLSC (a 45 Watts) es de 20 dB como mínimo.

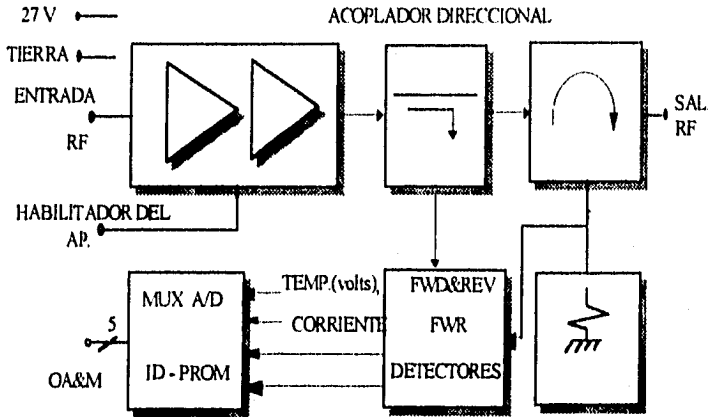


fig. III.14.- ESQUEMA DEL APLSC.

El control de potencia de salida es proporcionado por el UTR-400, al tenerlo ajustado a esta potencia de salida, un voltaje digitalizado equivalente al del UTR-400 de la potencia de salida de RF podrá ser proporcionado por el APLSC para permitir el Control Automático de Nivel (CAN) para el UTR-400.

Una línea de control separada proporciona la función de habilitación del AP. Cinco líneas adicionales proporcionan la interface de control digital entre el UTR-400 y el APLSC.

La interface requerida, esta estructurada para ser implementada en el hardware específico disponible comercialmente (sin la inclusión de requerimiento de cualquier software).

La operación del APLSC es monitoreada y supervisada por el UTR-400 en base a la lectura del voltaje digitalizado del APLSC, que incluye la potencia en ambos sentidos a la salida, temperatura, voltaje de la batería y la identificación/calibración.

Para evitar la posibilidad de daño bajo condiciones de falla, el APLSC es capaz de resistir la potencia de salida saturada del UTR-400.



## III.8.- MÓDULO DE TRASLACIÓN DE FRECUENCIA

El módulo de traslación de frecuencia habilita una terminal celular modo dual de 800 MHz, para ser usada como una terminal de respaldo para el equipo 400, en pruebas de campo. A este equipo se le conoce como: MTFT (Módulo de Traslación de Frecuencia Terminal).

El MTF es también destinado para usarse en la estación base que habilitará las unidades MSC y MURD de 800 MHz existentes, para operar en la banda de los 400 MHz. En cualquier caso se le conoce como MTFEB (Módulo de Traslación de Frecuencia de la Estación Base).

La unidad esta encerrada en una caja moldeada, que esta sellada y tiene cuatro conexiones, cada una con filtros para reducir las emisiones radiadas. Estas conexiones son para potencia de corriente directa (CD), el puerto de 400 MHz, el puerto de 800 MHz y la entrada del Oscilador Local (OL). El MTFT también tiene dos leds, uno en color verde que indica el encendido, y otro bicolor verde /pasa a rojo para indicar fallas por pérdidas de enlace de fase del OL. En el caso del MTFEB, la salida del indicador de alarma es transferido a través de una línea de alarma al UCA.

El MTFT esta montado en la caja terminal, la cual contiene una interface RJ-11, un móvil de 800 MHz y la UP (Unidad de Potencia) de CA. La Unidad de Potencia terminal (UP) suministra la potencia al MTFT y a la terminal de Modo-Dual de 800 MHz. El MTFEB esta montado en el bastidor del EC junto al MURD y recibe potencia por medio del cable de distribución de CD en el bastidor. El MTF tiene dos ajustadores externos (ganancia y frecuencia), que son utilizados solamente en la fábrica. Después de realizado el ajuste, los orificios son sellados a presión para seguridad y protección de interferencia electromagnética.

Una combinación de protecciones y filtros implementados, reduce el riesgo de interacción con el sistema celular de los 800 MHz. Las emisiones de las terminales Modo-Dual de 800 MHz puede ser reducidas en la operación de la terminal, disminuyendo la potencia de salida (por la terminal de potencia máxima transmitida) a expensas del rango del CDP reducido (o no).

### OPERACIÓN DEL MTF

La descripción que sigue despues se apoya en la figura III.15 que se ilustra a continuación, en el cual podemos observar en forma esquemática los principales componentes del Modulo Desplazador de Frecuencia.

El puerto de 800 Mhz se conecta a la Terminal Modo-Dual de 800 Mhz, URD o MSC. Un Duplexor de 800 Mhz divide la banda de Transmisión (825-835 Mhz) y de recepción (870-880 Mhz). La señal transmitida es alimentada al mezclador M1, después de atenurse a un apropiado nivel. La mezcla del puerto del Oscilador Local (OL) es controlada con un Oscilador Local estable de 385.02 Mhz, resultando en una señal de salida deseada a 440-450 Mhz (similar

a la del Oscilador Local a 385.02 Mhz, una imagen a 1210-1220 Mhz, la salida de 825-835 mas varios armónicos derivados de la mezcla). El MTF tiene la capacidad de usar una Frecuencia de referencia externa de 4.8 Mhz para la aplicación en la estación base por ejemplo MTFEB).

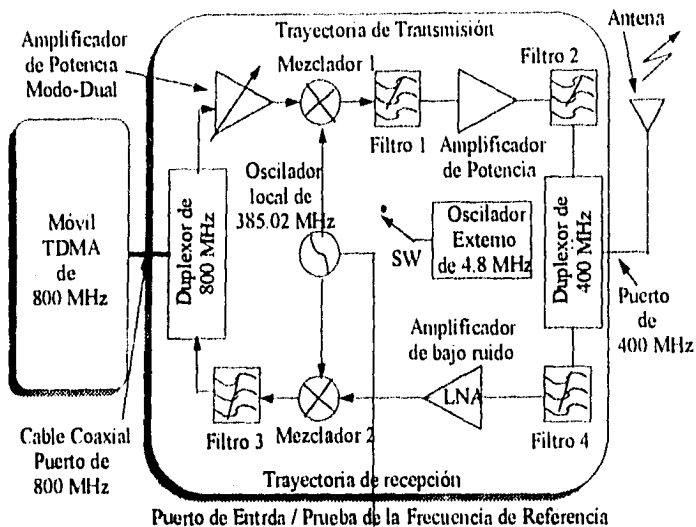


fig. III.15.- DESPLAZADOR DE FRECUENCIA DE 800 MHz A 400 MHz.

El filtro F1 atenua la imagen y el Oscilador Local previo al amplificador de potencia. El amplificador de potencia (AP) suministra suficiente potencia para proporcionar 1.6 W al puerto de 400 Mhz, mientras reúne los requerimientos del enmascaramiento espectral de TDMA. El filtro 2 adicional reduce las señales indeseadas y atenúa la segunda armónica de 400 Mhz producida por el Amplificador de Potencia. Un Duplexor de 400 MHz combina las señales transmitidas (440-450 MHz) y recibidas (485-495 MHz) antes de la antena de 400 MHz.

En la dirección de recepción, la señal recibida de 400 MHz es alimentada a través del filtro 4 para atenuar la salida de la trayectoria de transmisión y para proporcionar un rechazo de la imagen recibida. El amplificador de Bajo Ruido (LNA) proporciona alta ganancia con una figura de bajo ruido para compensar las pérdidas en el mezclador y en el duplexor. El mezclador M2, convierte la señal de 485-495 MHz a la señal de 870-880 MHz y tiene una imagen a 1255-1265 MHz. El filtro F3 atenúa la salida del oscilador local (OL) y la salida del mezclador de 400 MHz antes de que la señal sea aplicada al duplexor de 800 MHz.

## INTERFACE MTF.

El Modulo de Traslación de Frecuencia, proporciona una traslación de frecuencia para el MSC y el MURD. Un oscilador local de traslación de frecuencia (OLTF) es requerido para desplazar o trasladar la banda de 400 MHz a 800 MHz. El canal 1 en la banda de los 400 MHz es trasladado al canal 1 en la banda de los 800 MHz y así sucesivamente. Los atenuadores A3 y A5 proporciona suficiente atenuación (20 dB para cada uno), para permitir a las actuales terminales AMPS o una futura terminal de banda de 400 MHz en Modo-Dual Transmitir sin el MSC2 para ser activado.

El MSC2 puede ser acoplado al sistema por medio del puerto de entrada de un duplexor de antena, o del puerto de acceso de un preselector localizado en un Multiacoplador de Recepción (MR) también dual. Esta capacidad es proporcionada para soportar configuraciones donde la antena solamente será utilizada para transmitir (por ejemplo sin duplexores). Dos divisores de 8 vías en cascada son combinados en dos de seis señales de cualquiera de los dos puertos de acceso del Multiacoplador de Recepción (MR) y el puerto de acceso del duplexor. Nueve señales pueden ser combinadas en una configuración de 120°, donde las antenas sencillas son usadas.(por ejemplo, con tres antenas transmisoras y 6 receptoras). El uso de antenas sencillas podrá también permitir el uso de filtros transmisores Tx con puertos de acceso en lugar de duplexores. El atenuador A1 y los dos divisores de 8 entradas no son parte del mismo MURD/MTF, son montados al lado de la entrada del Equipo Común (EC).

La unidad de suministro de potencia (UP) puede suministrarse a 10 Watts. El OLTF y el MSC están referenciados al OMAE de 4.8 MHz a través de un simple conector BNC y división de cables con un conector BNC " T ". Cuando el OLTF pierde conexión con la señal OMAE, una señal de control que indica la desconexión se envía a la unidad de control de alarmas (UCA), y la trayectoria de Transmisión Tx es desconectada (terminado con una carga de 50 ohms) por medio de un interruptor coaxial. Esto es para prevenir daños en el MSC cuando el MTF se encuentra en un estado incorrecto. El OLTF tiene un rango de impedancia de entrada de 50 - 600 ohms y un rango en el nivel de voltaje de referencia de 0.085 a 5.0 Vrms.

## INTERFACES INTERNAS.

Central MTX al PCI.- Enlaces estándares DS-30, canales de voz de 64 Kbps Ley- $\mu$  Modulación por codificación de pulso (PCM), las señales de datos del usuario aparecen como una codificación PCM de las formas de onda de tono apropiadas.

Del PCI al MRC1.- Enlace estándar E1 después del MTX-400, usando convertidores E1/T1 en el MTX-800.

Del MRC1 al Subsistema de Radio.- Esta interconexión es un enlace de Multiplexaje por Compresión de Tiempo (MCT) bidireccional con una capacidad total de 144 Kbps en una

dirección. De estos, 64 Kbps son utilizados para la componente de información (Flujo de bits TDMA) y un máximo de 16 Kbps es usado para el control y el encabezado de protocolo, mientras los otros 64 Kbps de enlace están disponibles, pero no se usan actualmente.

### INTERFACES EXTERNAS.

Del MTX a la PSTN.- El equipo 400 soportara las interfaces existentes.

Interface Aire.- Como esta definido por el Standard TIA IS-54 B, para celular digital, basado en TDMA. El plan de frecuencia, a 400 MHz esta definido en el plan de asignación de frecuencias.

De MTX a MTX.- No cambia porque la movilidad no se tiene al principio.

De MTX al conmutador de otro proveedor.- No cambia porque no se tiene movilidad al inicio.

Basado en el equipo MTX/800, este sistema usa el espectro en la banda de los 400 MHz para los enlaces de RF terminal a Base. El sistema en 400 MHz provee servicios de voz básicos usando tecnología digital TDMA, además de que esta diseñado con la finalidad de ofrecer una mayor capacidad, así como un nuevo servicio a través de cambios en software/firmware. El conmutador MTX conecta a la red publica de teléfonos (Public Switched Telephone Network) PSTN, y es el dispositivo de conmutación central para un número de sitios de celda. Los sitios de celda son conectados a la MTX por medio de enlaces T1 o E1.

### III.9.- COMPONENTES DEL CONMUTADOR

El Hardware de Transmisión Tx de los productos de 450 MHz son idénticos a los empleados en los productos de 800 MHz con la adición de PCI en la MTX para soportar troncalización PCM30 al sitio de celda, como se observa en la figura III. 16. Mediante pequeños cambios en el software puede operar con las diferentes unidades de frecuencias en el sitio de celda.

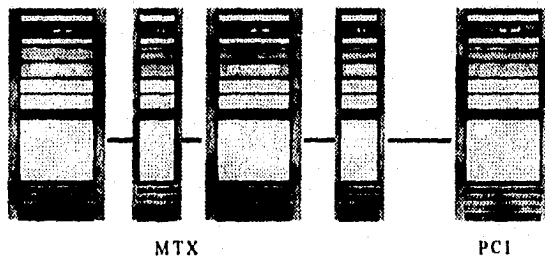


fig. III.16.- COMPONENTES DEL CONMUTADOR DE 400 MHz.

- -Hardware de MTX estándar.
- -Nuevo software para operar a 400 MHz en los subsistemas de RF.

Después del proyecto inicial, el MTX será capaz de soportar las operaciones de ambos productos, 800 MHz y 400 MHz al mismo tiempo, sin embargo no es la misma celda. Esta restricción involucra directamente al esquema de mapeo de canal generalmente asignado al equipo 400, solo canales de mapeo de 1-333 serán usados ( $333 * 30 \text{ kHz/radio} \approx 10 \text{ MHz del espectro}$ ), cuyos límites son estipulados solo para el sistema A.

Externo al PCI (Periférico Celular Inteligente) tenemos el MPDS (Módulo Procesador Digital de Señales) el cual es usado para codificación de la voz, futura encriptación de la Corrección de Error hacia Adelante (FEC), cancelación de eco, estructuración TDMA y funciones relacionadas.

El Procesador Digital de Señales (PDS) desempeña las funciones de control, la codificación y decodificación de señales de voz entre el formato nominal de 16.2 Kbps usado en los canales de radio y el estándar 64 Kbps de la ley A utilizado en la red de conmutación interna del MTX.

### **III.9.1.- CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.**

- Nivel de Potencia para el establecimiento de llamadas.
- SAT (Tono de Supervisión de Audio) por canal.
- MAHO (Asistencia Móvil de Handoff)
- Interferencia relativa de Handoff.
- Limpieza de llamada interrumpida.
- Archivo de reportes RSSI/SAT.
- Detección de interferencia de co-canal.
- Monitoreo RSSI de canal de control.
- Control dinámico de potencia.
- Rastreo móvil del MTX.
- Datos de celda adyacente.
- Transmisión de paging
- Sectorización

### **CARACTERÍSTICAS DEL MTX.**

Para mejorar el desempeño de RF en el equipo totalmente integrado se incluirán las siguientes características.

Desde que el sistema de 400 MHz se desarrollo como un sistema "inalámbrico", todas las características pertenecientes al Handoff no estaban disponibles para el equipo de 400 MHz en el MTX. La única excepción es el Handoff de interferencia relativa usando Asistencia Móvil

de Handoff MAHO, el cual ha sido identificado como un requerimiento para mejorar la calidad del canal.

### **NIVEL DE POTENCIA EN EL ESTABLECIMIENTO DE LLAMADA.**

Durante el establecimiento de llamadas originadas o terminadas, los móviles son asignados a un nivel de potencia requerido para abarcar el intervalo de Intensidad de Potencia Recibida RSSI en el punto medio de un nivel de potencia bajo y un nivel de potencia alto.

### **SAT POR CANAL.**

Esta característica permitirá tener un Tono de Supervisión de Audio SAT asignado por canal y habilitarlo para ser enviado al sitio de celda. El SAT por canal es incorporado en el Canal Común y asignado para el establecimiento de llamadas (PCI). El valor SAT puede ser almacenado en base a un VCH, en lugar de una base sectorizada.

### **MAHO.**

Esta característica soporta Handoff Móvil Asistido en Llamadas TDMA. Cuando los canales de voz TDMA empiezan la comunicación con un móvil, el canal de voz dirigirá el móvil para comenzar la medición del RSSI en el canal de voz que está transmitiendo, así como el control de canales adyacentes.

Los Handoff MAHO utilizan la estación base normal y disparo de Handoff mediante el promedio de error de Bit -BER (Bit Error Rate). Si son requeridas lecturas móviles, una petición de Handoff MAHO es inicializada. La opción de usar Canales de Localización del SAT (LCR) digitales (DLR's) es posible a través de tablas de control por canal. De otra forma las señales reportadas con más intensidad por el móvil serán usadas para la selección de un nuevo canal.

### **LIMPIEZA DE LLAMADA INTERRUMPIDA.**

Esta característica previene la pérdida de Handoffs debido a un SAT erróneo en el canal de voz seleccionado. Cuando SAT detecta el VCH seleccionado, un sensor verifica que el nivel RSSI en el VCH está dentro de las fronteras aceptables antes de que se presente un reporte SAT.

### **HANDOFF DE INTERFERENCIA RELATIVA.**

Esta característica monitorea el nivel de C/I (Portadora a Radio Interferencia) o BER en un VCH de la URD (Canales de Voz de la Unidad de Radio en Modo Dual) activos. Cuando

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

un requerimiento de Handoff C/I o BER es recibido, el conmutador procurara hacer una interdivisión de Handoff a un canal limpio basado en la ubicación y severidad del ruido.

### **ARCHIVO DE REPORTES DE RSSI/SAT**

Esta característica provee de información adicional en un registro de cada llamada interrumpida. El ultimo reporte SAT y RSSI de la llamada también es almacenado.

### **DETECCIÓN DE INTERFERENCIA DE CO-CANAL.**

La terminología completa de esta característica es detección de Umbral de Ruido (Interferencia de Co-canal). Cuando la interferencia de Co-canal es detectada en un canal de voz disponible, este se coloca en un registro haciendo fila con los menos prioritarios para su ocupación.

### **MONITOREO RSSI DE CANAL DE CONTROL.**

Esta característica previene originación y respuestas paginadas para ser aceptadas desde móviles cuya potencia de señal no es suficientemente intensa. El umbral es un dato fijo y es comparado contra el RSSI enviado en la originación y respuestas paginadas. El MSC del móvil es tomado en consideración en la comparación mientras que el RSSI puede ser ajustado de acuerdo a un parámetro en una base de datos.

### **CONTROL DE POTENCIA MÓVIL DINÁMICO.**

Esta característica permite que la potencia de una señal móvil se mantenga dentro de los límites establecidos, mientras una llamada esta en progreso. Si esta potencia de la señal cruza el límite superior o inferior, el móvil es mandado a un nuevo nivel de potencia, cambiando el RSSI a un valor apropiado entre los límites. Si el nuevo nivel de potencia es muy alto para ser alcanzado por el móvil, entonces es considerado como un candidato para Handoff. (El conmutador obtiene parámetros de la base de datos para fijar los límites de potencia que son usados para esta característica en los transmisores/receptores).

### **SEGUIMIENTO DEL MÓVIL EN EL MTX.**

Esta característica tiene la capacidad de rastrear los eventos involucrados en el establecimiento de una llamada y un Handoff. También provee información de localización del móvil en llamadas establecidas como son: número de celda, número de VCH (canal de voz), además de otras informaciones. Además, facilita un medio para el mapeo de fronteras de RF de celdas para la determinación de los límites de Handoff.

## INFORMACIÓN DE CELDA ADYACENTE.

La información del equipo de celda adyacente se encuentra almacenada en un archivo y pueden ser especificadas hasta 19 por cada partición. Estas 19 particiones adyacentes pueden ser ocupadas por información de una partición en una configuración de sitio de celda con sectores de 120 grados u OMNI.

Para suscriptores fijos (en MTX de 400 MHz), esta información de celda adyacente será utilizada en conjunto con la celda local del suscriptor para propósitos de paginación.

## PAGINACIÓN DE TRANSMISIÓN.

Esta característica permite una reducción en la comunicación al sitio de celda. El PCI empaqueta los mensajes al MRCl (por celdas sectorizadas), el MRCl repite y transmite el mensaje a todos los dispositivos apropiados dentro de la celda.

## SECTORIZACIÓN.

La siguiente tabla ilustra las configuraciones posibles y disponibles dentro de una celda dada del sistema 400.

CELDA	CONFIGURACIÓN			
	VCII		CCII	
-----	Transmisión.	Recepción	Transmisión.	Recepción
OMNI	OMNI	OMNI	OMNI	OMNI
Sect. 120°	120	120	120	120

La sectorización no se utiliza en el proyecto inicial.

**TABLA. III.1.- CONFIGURACIONES DE ANTENAS EN UNA CELDA.**

## III.10.- CONFIGURACIONES.

### CONFIGURACIÓN OMNI

La configuración OMNI consiste del siguiente equipo:

#### 1. Estructura de Equipo Común (EC) compacta con:

Un solo modulo de Multiacopladores de Recepción (MR) Dual de 400 MHz.



## 2. Uno a seis módulos de Radio Frecuencia (RF).

Sólo se requiere un canal de control (CCH) en una celda OMNI. Para el CCH en espera activa, se puede proveer en la 1ra. estructura inferior de RF. El CCH en espera activa puede ser puesto además como un LCR (Canal de localización del SAT), el cual actúa además como un CCH de reserva.

Cada gabinete tiene 2 módulos Rx con divisiones de 1 a 8 de canales cada uno. Un equipo de sectorización está disponible si es necesario sectorizar un sitio de celda para fechas posteriores.

## CONFIGURACIÓN DE CELDA SECTORIZADA A 120°.

La configuración de 120 grados consiste del siguiente equipo:

1. Estructura de Equipo Común (EC) compacta con:  
3 módulos de Multiacopladores de Recepción (MR) Dual de 400 MHz.
2. Tres a seis módulos de RF (dependiendo del número de canales de radio por sector, 3 módulos para N=7).

En la configuración N=7, solo se usan 3 duplexores. Las antenas 4, 5 y 6 son conectadas a sus respectivos MR a través de un filtro de banda angosta para limitar el ruido recibido.

Si es requerido un CCH de reserva, un CCH opcional en espera activa es proporcionado para cada sector. Por lo tanto todas las estructuras pueden contener un CSW (Interruptor coaxial) en el gabinete inferior.

## III.11 SERVICIOS AL SUSCRIPTOR.

- Llamada hacia adelante (CFW).
- Transferencia de llamada (CXR).
- Llamada en espera (CWT).
- Llamada tripartita (3WC).
- Servicios futuros.

**CFW.-** Permite a un suscriptor tener todas sus llamadas orientadas a otro directorio numérico (DN) automáticamente. El suscriptor da un código de activación para tener esta característica (CFW).

**CXR.-** Permite a un usuario móvil transferir la entrada de una llamada a un tercer usuario. La transferencia se puede realizar antes de que el tercer usuario conteste, más tarde el tercer usuario es consultado.

**CWT.-** Notifica a un suscriptor activo cuando una segunda llamada está esperando ser recibida. La cancelación de la llamada en espera permite al suscriptor del MTX con la opción CWT inhibir temporalmente la opción de la llamada en espera.

**3WC.-** Permite a un suscriptor móvil ser involucrado en una llamada de dos suscriptores siendo anexado como un tercer usuario. Los usuarios involucrados en la llamada pueden ser también suscriptores móviles o pertenecer a la línea cableada. Los suscriptores de línea cableada son aquellos interconectados a una compañía operadora de troncal-celular DID (Entrada directa por marcación), DOD (Salida directa por marcación) o DOL.

**Servicios de Datos.-** No están implementados para acceso inalámbrico en el conmutador MTX. La finalidad es proveer servicios de datos en futuros conmutadores como los productos que se están desarrollando en los 800 y 400 MHz.

## **CAPÍTULO IV**

### **COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS 800 Y 400**

#### **IV.1.- INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo se hará una comparación entre los sistemas de 800 y 400 MHz; sistemas que por las características mencionadas en los capítulos anteriores guardan una estrecha relación entre sí, en toda su estructura y funcionamiento en general.

La telefonía celular móvil (banda de los 800 MHz), al manejar en su funcionamiento básico la reutilización de frecuencias, es un sistema óptimo para superar las restricciones y limitaciones que se tienen en el espectro de frecuencias y satisfacer las condiciones de mercado actuales. Debido a estas características se utiliza el mismo principio para un sistema de telefonía inalámbrica fija (banda de 400 MHz), con menos complejidad técnica, pero con una mayor penetración al público y a cualquier zona geográfica.

En base a la tecnología celular digital existente, el sistema es capaz de proporcionar servicios telefónicos a través de un enlace de radio en un ambiente móvil o fijo. Ya que las MTX puede admitir comunicaciones en sistemas alámbricos o inalámbricos en la misma plataforma, los usuarios pueden elegir la forma en que quieran recibir los servicios. Usando la capacidad que proporcionan las MTX existentes y usando las innovaciones en los sitios de celda, el sistema de acceso inalámbrico es capaz de cubrir las necesidades actuales de servicios telefónicos en diferentes mercados de la misma manera que los sistemas telefónicos cableados..

Por lo anterior consideramos de gran importancia hacer un análisis detallado de los sistemas 800 y 400, y poder así establecer las ventajas y desventajas que ofrece cada uno por su parte.

#### **IV.2.- CAMBIOS QUE FACILITAN EL SISTEMA DE 400 MHz**

Entre el sistema 400, y el sistema celular 800 existen algunas diferencias importantes de hardware y software. Algunos cambios que facilitan el sistema de 400 MHz se listan a continuación.

##### **PLAN DE FRECUENCIA.**

El nuevo plan de frecuencia que cubre los requerimientos de operación, es el segmento de 440-450 MHz (Rx) y 485-495 MHz (Tx).

El tener un nuevo plan de frecuencias hace que el sistema actúe de forma independiente al sistema celular de 800 MHz, además, el tener un plan de frecuencias distinto permite evitar bastantes interferencias con el sistema celular de 800 MHz y con otros sistemas de comunicación inalámbrica ya que está contemplado manejar tanto el sistema celular de 800 MHz y el sistema celular fijo en la misma plataforma.

## **CONFIGURACIONES DE HARDWARE.**

Las configuraciones de hardware en el sistema 400 están limitadas a unidireccional (K=7), trisectorización (K=7) y trisectorización (K=4). La operación de sectorización no se utilizó para el proyecto en su versión inicial, debido al número reducido de usuarios en la fase inicial del proyecto.

El uso de estas configuraciones de hardware permite tener una cobertura amplia en una zona, cualesquiera que esta sea, dependiendo de la densidad de usuarios.

## **TERMINALES 400 MHZ TDMA.**

Operación del sistema con nuevas terminales digitales en 400 MHz (TDMA) que hacen que el sistema sea completamente digital con respecto a su predecesor en 800 MHz. Permite además acceder a varios usuarios, actualmente 3 por cada canal de voz.

## **INTERFASE E1/T1.**

La interfase E1/T1 es provisional en el proyecto inicial, hasta que este disponible la utilización de E1 en la MTX de 400 MHz. Esta interfase añade versatilidad al sistema, permitiendo la compatibilidad entre equipos que manejen normas europeas y norteamericanas.

El Periférico Celular Inteligente (PCI) es conectado al Modulo Remoto Celular Integrado (MRCI) a través de un convertidor T1/E1 y E1/T1 para las pruebas técnicas.

## **SOFTWARE.**

En el MTX, el software fue desarrollado para proporcionar soporte al nuevo sitio celular 400. Este incluye datos estadísticos, tablero de control, mantenimiento y cambios progresivos de llamada. El "paging" móvil mejorará el registro de celda local (y celdas adyacentes a la celda local) del suscriptor fijo, así como el registro de la zona de uso para los suscriptores móviles. A esto podemos agregar, la ausencia de handoff en el sistema permite tener un software menos complicado y más eficiente.

### **IV.3.- CAMBIOS EN EL SITIO CELULAR.**

#### **MULTIACOPLADOR RECEPTOR.**

El receptor multiacoplador (RM) opera principalmente a 440-450 MHz y es físicamente grande (dos veces el tamaño de la versión de los 800 MHz).

#### **DUPLEXOR.**

El duplexor esta espaciado 45 MHz, como requerimiento para el plan de frecuencia de 440-450 MHz a 485-495 MHz.

#### **COMBINADORES**

Ocho ó dieciséis canales combinados son soportados para la transmisión en la banda de frecuencia de 485 a 495 MHz.

#### **DIVISORES.**

El gabinete para la Unidad Transmisora Receptora 400 (UTR), utiliza un nuevo receptor divisor colocado en la parte posterior.

#### **GABINETE PARA LA UNIDAD TRANSMISORA-RECEPTORA.**

La Unidad Transmisora Receptora 400 (UTR-400) únicamente requiere nuevo hardware de Radio Frecuencia. Esto permite que el canal de RF haga un remapeo para 400 MHz.

#### **UNIDAD DE RADIO MODO DUAL 400 (URD 400).**

Los Amplificadores de potencia lineales de un sólo canal (APLSC-400) en la unidad transmisora-receptora (UTR) modulan la salida de RF a 45 watts en la banda de 485-495 MHz. El nuevo software para el APLSC incluye la capacidad de calibración.

#### **MODULO DE TRASLACIÓN DE FRECUENCIA DE LA ESTACIÓN BASE.**

Este módulo es uno de los cambios más significativos en la radio base. El funcionamiento del Monitor de la Unidad de Radio modo-Dual (MURD) y el Monitor del Sitio

Celular (MSC) es posible por un desplazador de frecuencia (MTFEB) permitiendo el uso de los MURD y MSC de 800 MHz existentes.

Los "racks" del equipo 400 compactan la estructura del equipo común (EC).

#### IV.4.- TERMINALES PARA LOS 400 MHZ.

El desarrollo de las terminales de usuario del sistema 400 se considerará en dos fases:

<b>Fase 1, (TDMA-3)</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Modificación de las terminales modo dual IS-54 para operar en la banda de los 450 MHz.</li><li>• Empaquetamiento como terminales telefónicas, para Puntos de Terminales (POT.)</li></ul>
<b>Fase 2, (TDMA-6)</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Terminales digitales a 400 MHz con TDMA-6.</li><li>• Facilidad de capacidad para el agrandamiento.</li></ul>

La terminal inalámbrica fija para el usuario es desarrollada por un proveedor independiente para ser utilizada con el TDMA basado en el sistema telefónico inalámbrico de 400 MHz. Nokia, Mitsubishi y Telrad son los tres proveedores potenciales.

Las terminales de acceso inalámbrico mantienen todas las facilidades de operación como las unidades móviles celulares de 800 MHz. Sin embargo todos los canales de tráfico operan con TDMA digital en el sistema 400. Las especificaciones de funcionamiento para la terminal se basan en la especificación TIA/EIA IS-55 (Telecommunications Industry Association/Electronics Industry Association), con la excepción de un cambio en la frecuencia y supresión de canales de voz requeridos. El ancho de banda de la frecuencia de operación es de 10 MHz con las terminales de transmisión de frecuencia en la banda de 440 - 450 MHz y las terminales de recepción de frecuencia en la banda de 485 - 495 MHz, a diferencia del sistema 800 que tiene una banda de operación de 30 MHz agrupando dos sistemas (banda A y banda B), tanto para transmisión como para recepción. La separación de frecuencia duplex entre las bandas transmisora y receptora es de 45 MHz, al igual que en el sistema celular de 800 MHz.

#### IV.5.- RELACIÓN ENTRE LOS SISTEMA 400 Y 800.

##### CONSIDERACIONES DEL MTX.

- Sin movilidad del usuario.
- 140 canales de voz TDMA por PCI.
- 8 celdas por PCI.
- 128 canales de voz por celda.
- Modo de soporte digital.
- Únicamente TDMA-3

- Central 400/800
- Sin handoff 400/800.

La movilidad de los subscriptores fijos no se permite por el sistema 400 en la liberación inicial. Las únicas excepciones son el mantenimiento de handoff y la interacción relativa de handoff debido a la relación de promedio de error de bit (BER).

Modo TDMA digital utilizado en la liberación inicial.

Operación única TDMA-3 en el modulo actual del MTX para la operación del sistema 400.

Las celdas del sistema 400 y el sistema 800 pueden coexistir en el mismo MTX en la liberación del MTX ( pero en el proyecto inicial esto no se da). Sin embargo las celdas del sistema 400 no pueden llenarse de datos como en el sistema 800 adyacente. Esto permite tener mayor fuerza ó potencia en el MTX.

## **CONSIDERACIONES DEL SITIO CELULAR.**

La interfase digital de la unidad de radio modo dual 400 (URD-400) se basa en la interfase existente del amplificador de potencia lineal de un sólo canal (APLSC), desarrollada para la unidad transmisora-receptora UTR-800.

El sitio celular desarrollado, se basa en la utilización del producto existente en los 800 MHz para el monitor del sitio celular (MSC), el monitor de la unidad de radio modo dual (MURD), unidad de control de alarma (UCA) y el Oscilador Maestro de Alta Estabilidad (OMAE).

Las características de los canales de voz (VCH) AMPS (Advanced Mobile Telephone System) no se remueven en la carga del software. Sin embargo esto no es un requerimiento necesario para esta característica, dado que no existe una verificación explícita, así como una prueba de fábrica para soportar los VCH AMPS.

La coexistencia es posible para los sistemas 800 y 400 MHz dentro del mismo sitio de celda, pero únicamente para la parte de la torre, potencia y construcción. La separación física de los equipos es requerida para evitar interferencia entre los dos sistemas. En el proyecto inicial el MTX únicamente permite el manejo de un tipo de sitio celular por conmutador, así los sitios de 800 MHz no se conectaran el MTX, sino hasta después de que el MTX sea autorizado.

El ancho de banda de las antenas permite cobertura tanto en la banda transmisora Tx como en la banda receptora Rx, es decir, de 440 a 495 Mhz. Estas antenas no están disponibles en el mercado. Si las antenas simplex son instaladas, se tienen que usar filtros separados en lugar de los duplexores. Las antenas simplex si existen para estas frecuencias.

## CONSIDERACIONES DE LA TERMINAL DE USUARIO.

- Representación del Espectro.
- Integración/Prueba.
  1. Capacidad de llamada.
  2. Canal numérico.
  3. Operación en condiciones normales.
  4. Facilidades básicas IS-11.
  5. Calidad de voz.
- Exentos de prueba.
  6. Interfase.
  7. Fuentes de potencia.
  8. Producto integrado.
  9. Transmisión y frecuencia.

Las actividades específicamente excluidas son:

- Pruebas exhaustiva de la configuración del protocolo IS-54B.
- pruebas de eficiencia de la interfase RJ-11.
- pruebas de eficiencia de la Corriente Alterna (CA) y de la batería que es la fuente de potencia (tiempo de llamada, tiempo de espera, rango de voltaje de CA, consumo de potencia).

## IV.6.- CONSIDERACIONES DEL PROYECTO.

- Potencia del APLSC.
- Alarmas del APLSC.
- Interfase E1.
- Software del MTX.

El APLSC tiene un lazo de control de ganancia que regula la potencia de transmisión. Con esto se evita que la potencia de salida no exceda de 45 watts, la máxima potencia de salida de RF se limita a 44.5 dBm (28 watts) de potencia de RF.

Para el proyecto se tienen en ambas terminales del sitio celular los convertidores T1/E1 para enlazarse al conmutador (MTX).

Otras consideraciones;

- La unidad de radio modo dual 400 (URD-400) tiene la misma memoria de carga como en la unidad transmisora-receptora de 800 (UTR-800).
- No tiene probador de radio (probador de VCH, probador de RSSI), para pruebas técnicas. No existe handoff para el usuario.



#### IV.7.- COSTOS Y PENETRACIÓN AL PÚBLICO.

El sistema celular fijo tiene una ventaja muy importante sobre los sistemas de telefonía celular convencionales, esta ventaja consiste en la digitalización completa del sistema, la que reduce sustancialmente el costo promedio por abonado.

Para cualquier empresa en el mercado, el reducir los costos de instalación y de operación, es un rubro esencial; también es necesario aumentar los ingresos por abonado y el número de estos, con la misma infraestructura tecnológica.

La tecnología digital proporciona al sistema 400:

- Costos reducidos de infraestructura.
  - Ganancia en capacidad por cada radio.
  - Costos reducidos de instalación.
  - Minimización de la subdivisión/sectorizada de celdas.
- Plataforma económica para nuevos mercados y áreas de cobertura.
  - Datos digitales.
  - PCS celular/dentro de edificios.
- Comportamiento mejorado del sistema.
  - Ruido de RF minimizado.
  - Calidad de las señales mejorada.
- Plataforma flexible para servicios generadores de ingresos.

Como se ha comentado en los capítulos anteriores, el tamaño de los gabinetes en una radio base del sistema 400 es mucho menor al de las radiobases del sistema 800, esto es debido a que con la tecnología digital el grado de integración de los circuitos es cada vez mayor y aunado a esto esta la reducción del número de radios.

La penetración al público es otro punto interesante al analizar un sistema. El sistema 400 es una opción importante cuando hablamos de facilidad de instalación y de operación, pero la gran diferencia sigue siendo la movilidad, entonces, la telefonía celular fija es un excelente sustituto de la telefonía local alámbrica fija, pero no así de la telefonía celular móvil. Los dos sistemas tienen mercados similares pero no iguales, es decir, los dos sistemas manejan comunicación inalámbrica y las ventajas que depara su uso son similares, pero no prestan las mismas facilidades de movilidad, ya que en el sistema 400 se tiene una movilidad restringida.

Los costos de operación del sistema 400 y del sistema 800 son iguales, con la excepción de que en el sistema 400 en su fase inicial, se tienen pocos abonados y pocas radiobases (todas omnidireccionales), lo cual reduce los costos y los tiempos de mantenimiento.

## CAPÍTULO V.

### ENLACES DE RADIO

#### V.1.- INTRODUCCIÓN.

En cualquier sistema de comunicaciones inalámbrico existen enlaces de radiofrecuencia, que es en sí la esencia de los sistemas inalámbricos, de ahí la importancia de su estudio.

En los capítulos anteriores nos enfocamos al funcionamiento del sistema, el cual incluía los canales de señalización, las frecuencias usadas y las pérdidas en los enlaces por distintos efectos; ahora nos abocaremos a los equipos que realizan los enlaces de radio.

Para poder tener un enlace de radio debemos considerar un receptor y un transmisor, en el caso de la telefonía inalámbrica en la banda de los 450 MHz analizaremos estas partes involucradas en los enlaces de radio entre el sitio de celda y el usuario, que son:

- la terminal de usuario
- el sistema de radio en RF del sitio celular.

Otra parte muy importante del sistema de telefonía inalámbrico es la comunicación de la radio base a la central y la comunicación entre centrales. La comunicación de la radio base a la central y la comunicación entre centrales (a veces usando repetidores) se hace mediante microondas. Para poder tener una idea más clara de esta parte del sistema de 450 MHz, haremos un breve análisis de los enlaces de microondas.

#### V.2.- TERMINAL DE USUARIO PARA TELEFONÍA INALÁMBRICA EN 400 MHz.

La terminal de usuario usada en el sistema inalámbrico de telefonía de 400 MHz es un modelo modificado de los utilizados en la telefonía inalámbrica de 800 MHz. La modificación consiste en la adición de un Módulo de Traslación de Frecuencia (MTF) el cual habilita a la terminal para operar en la banda de los 400 MHz.

La unidad terminal tiene aproximadamente las dimensiones  $40 \times 40 \times 10$  cm. La unidad requiere de corriente alterna (CA) para operar, además de tener una batería de respaldo en caso de una falla en la alimentación. La batería operará la unidad durante un período de hasta 10 horas en modo de espera activa y permite aproximadamente 120 minutos de tiempo de llamada desde el inicio del modo de espera activa (stand-by).

La unidad ha sido diseñada para operar en forma horizontal en un pedestal adjunto. Esta configuración permite una disipación térmica óptima en la unidad. La localización de la unidad es importante debido a que, en general, entre más alto se encuentre la antena en el cuarto

mucho más buena será la recepción. De esta manera, mientras que algunos usuarios tiene buena recepción colocando la antena sobre el piso, otros necesitarán ponerla en una mesa o en un lugar más alto.

Se tienen tres tipos de antenas posibles para la terminal. Cada sistema de antena tiene distintas características de recepción y de transmisión. Un nivel de señal generalmente se decrementa con la distancia a partir del sitio de celda, entonces cada sistema de antena tiene un rango de operación apropiado. De acuerdo al rango, se debe adoptar el sistema de antena adecuado para proveer un servicio confiable.

Existen tres configuraciones de antenas las cuales son:

1. Una antena flexible la cual es montada directamente a un lado de la unidad terminal.
2. Una antena dipolo, contenida dentro de un bastón como protección de aproximadamente 20 pulgadas de longitud
3. Una antena tipo Yagi de alta ganancia.

La antena pequeña flexible (tipo fuete) provee un servicio conveniente. Para las zonas con señales débiles, probablemente debido a efectos de sombras, se puede usar una antena tipo dipolo. Finalmente en condiciones de señal extremadamente débil se usa una antena Yagi montada a el techo. Esta antena es direccional y necesita entonces ser orientada hacia el sitio de celda.

### **V.2.1.- ANTENA ADHERIDA.**

Este primer tipo de antena es la más utilizada generalmente. Es de tipo flexible y se coloca a un lado de la unidad terminal con la ayuda de un adaptador en forma de "L" llamado "Codo". El codo permite a la antena permanecer en posición vertical.

Esta es la antena más sencilla y requiere de muy poco trabajo para su instalación. Usando este tipo de antena, la terminal de usuario puede ser puesta como se muestra en la figura V.1, en mesas (a), en el piso (b), en un anaquel (c) o montarse en una pared(d).

Es importante destacar que el teléfono convencional puede ser conectado a la terminal de usuario usando un cable telefónico a distancias usuales domiciliarias. Esta cualidad provee al sistema de usuario de una gran flexibilidad en cuanto a la localización de la terminal de usuario y la antena en un lugar conveniente para la alimentación de potencia de CA, conexión a tierra y recepción de señal, mientras que el teléfono puede ser puesto en un lugar que convenga al usuario.

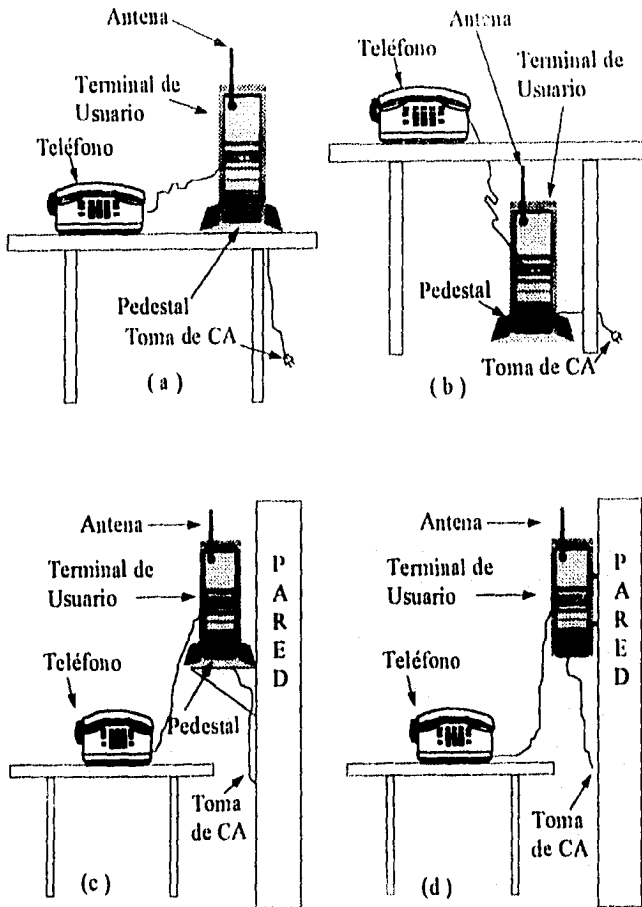
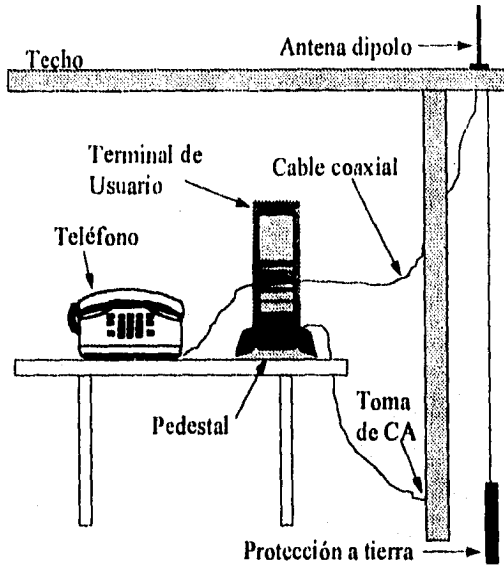


fig. V.1.- DIFERENTES FORMAS DE INSTALACIÓN DE LA TERMINAL DE USUARIO CON LA ANTENA ADHERIDA.

### V.2.2.- ANTENA OMNIDIRECCIONAL NO-ADHERIDA.

El segundo tipo de antena es un modelo separado físicamente de la terminal de usuario, como se puede observar en la figura V.2. Se requiere de cable coaxial para conectarse a la unidad de radio-teléfono. Esta antena tiene mejores características de transmisión y recepción que la antena adherida en forma de fuete y debe ser la siguiente opción de servicio en caso de que este tipo no sea aceptable con la antena adherida.

Esta antena tiene la ventaja de que puede ser colocada en la parte más alta del cuarto, ya que es a prueba de clima, puede ser colocada fuera de la casa para tener una mejor recepción y una mejor transmisión. Además, la antena tiene un patrón omnidireccional, por lo que no necesitará ser orientada hacia el sitio celular.

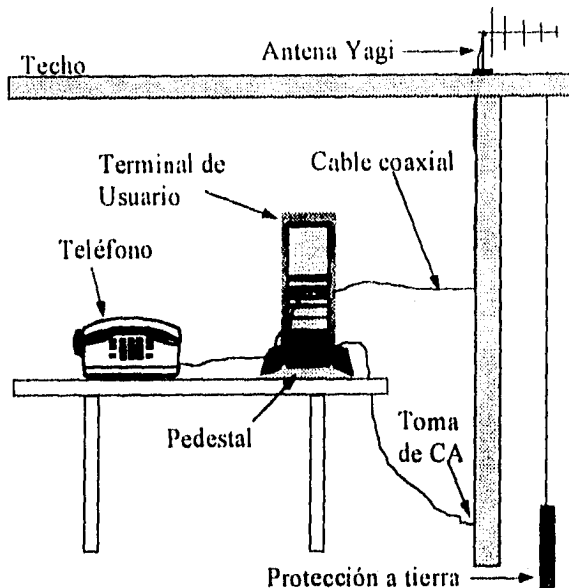


**fig. V.2.- TERMINAL DE USUARIO CON UNA ANTENA OMNIDIRECCIONAL EXTERNA.**

Las restricciones de la conexión entre antena y terminal de usuario depende del tipo de cable coaxial que se use en la instalación. Hay un máximo de pérdidas que pueden ser toleradas en un cable coaxial. Además, para aplicaciones exteriores, el dispositivo para protección de descargas eléctricas introduce pérdidas adicionales en RF (radiofrecuencia).

### **V.2.3.- ANTENA DIRECCIONAL EXTERNA.**

En casos de distancia muy grandes entre el usuario y el sitio celular, o en condiciones extremas de interferencia, se vuelve necesario la instalación de una antena direccional externa. La antena adecuada para este propósito es la antena Yagi de banda ancha, ilustrada en la figura V.3. Esta antena requerirá montarse afuera de la casa y necesitará ser direccionada hacia la radiobase.



**fig. V.3.- TERMINAL DE USUARIO CON UNA ANTENA DIRECCIONAL EXTERNA.**

La longitud máxima de cable coaxial que se puede usar para la conexión entre la antena Yagi y la terminal de usuario es diferente a la longitud del caso de antena dipolo, debido a la ganancia adicional de la antena Yagi.

#### **V.2.4.- ÁREAS GEOGRÁFICAS DE DESARROLLO.**

Las áreas geográficas de desarrollo están basadas en predicciones por computadora del promedio de RSS (Received Signal Strength). Dada la posibilidad de predecir los niveles de señal sobre una región geográfica relativa a una radiobase, es posible construir mapas de nivel de señal alrededor de la radiobase, los cuales contengan las indicaciones de nivel mínimo de fuerza de señal en la cobertura. Lo que se necesita entonces es determinar un umbral de nivel de operación mínimo de transceptor para cada uno de los tres tipos de antena.

Los niveles de los perímetros imaginarios alrededor de una radiobase para cada antena de usuario están dados en la tabla V.1. Hay que tener en cuenta que estos valores corresponden a los niveles de fuerza de señal requeridos para un modo de operación dado.

TIPO DE ANTENA	PERÍMETRO DE NIVEL DE SEÑAL. (dBm)
ANTENA ADHIERIDA A LA TERMINAL	-60
ANTENA OMNI DIRECCIONAL EXTERNA	-85
ANTENA YAGI EXTERNA	-90
NO HAY SERVICIO	< -90

**Tabla V.1.- RELACIÓN ENTRE EL TIPO DE ANTENA Y LA POTENCIA DE SEÑAL MÍNIMA REQUERIDA.**

Estos valores asumen una sensibilidad en el receptor de -110 dBm, un promedio de pérdidas de penetración en edificios de -16 dB y una probabilidad de 99% de  $10^{-3}$  BER. Adicionalmente a estos valores, se asume que la antena permanece al nivel de calle. Si la antena es elevada cuando se instala afuera, puede desarrollarse un desempeño equivalente a contornos de nivel de energía más bajo.

#### **V.2.5.- REGLAS DE OPERACIÓN EN EL HOGAR.**

Muchos factores afectan el correcto desempeño del sistema en el hogar. Algunas cosas como el tipo de construcción del edificio, recubrimiento del piso, el tipo y cantidad de dispersores de señal cercanos, todos ellos afectan el desempeño de las configuraciones del sistema de usuario.

La potencia de la señal en edificios varía con el tipo del cuarto, el contenido del cuarto y la altura relativa de la antena con respecto al piso. Como un parámetro general, en colocaciones más altas se tiende a sufrir de menos desvanecimientos y se reciben señales más fuertes.

Se prefiere la instalación de antenas cerca de ventanas para una mejor recepción. En caso de hacerse la instalación en las paredes exteriores es válida excepto si las paredes contienen metal. Con este tipo de paredes, la colocación lejos de soportes de metal internos es lo más conveniente. En general, se deben evitar las paredes que contengan metal.

Las instalaciones de antenas deben mantenerse a una distancia aproximada de 2 metros alrededor de un elevador. Esto se aplica en general para cualquier estructura grande de metal.

Cuando se selecciona un sitio para la terminal hay que tener en mente que la terminal y la antena no necesitan estar en el mismo lugar que el teléfono. El manejador de timbrado de la terminal de usuario permite usar cable telefónico estándar para conectar a la terminal de usuario con el teléfono.

Se ha hecho una previsión para permitir el uso conveniente de un teléfono móvil durante la instalación de la terminal. Este teléfono móvil provee al instalador con un lector de nivel

promedio de señal como el visto por la terminal para determinar la calidad de la instalación deseada. Sobre un período de un minuto de operación, un promedio de nivel de señal del orden de -60 dBm puede considerarse apropiado para un grado excelente de servicio en una localidad dada.

### V.3.- ANTENAS EN RADIO BASES.

**Configuración del Sistema Inicial.** Un sistema inicial, es utilizado, en una omnicelda, en la cual todas las antenas transmisoras son omnidireccionales. Cada antena transmisora puede transmitir simultáneamente señales de 16 transmisores de radio utilizando un combinador de 16 canales. Cada celda normal puede tener tres antenas transmisoras que servirán a 45 canales de voz para una transmisión de radio simultánea. Cada señal enviada es amplificada por el amplificador de canal propio en cada transmisor de radio, posteriormente los 16 canales (señales de radio) pasan a través de un combinador de 16 canales y transmite las señales por medio de una antena transmisora.

Dos antenas receptoras comúnmente pueden recibir simultáneamente todas las 45 señales de radio de voz. Por lo tanto en cada canal, dos señales idénticas que son recibidas por dos antenas receptoras pasarán a través de un receptor diversificado de ese canal. La configuración de la antena receptora en el mástil de la antena se muestra en la figura V.4.a.

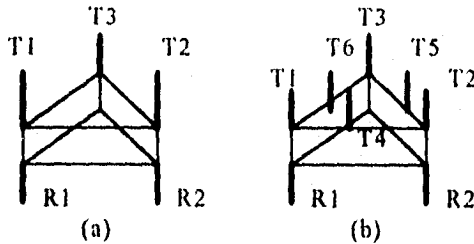


fig. V.4.- ANTENAS DE SITIO DE CELDA PARA OMNICELDA DE (a) 45 CANALES; (b) 90 CANALES.

**Configuración Irregular de Antena .** Generalmente, el tráfico de llamada en cada celda se aumenta conforme el número de clientes se incrementa. Algunas celdas requieren un gran número de radios para poder manejar el incremento de tráfico. Un sitio omnidireccional puede estar equipado hasta con 90 radios de voz. En tales casos seis antenas transmisoras pueden utilizarse como se muestra en la figura V.4.b, mientras que el número de antenas receptoras es fijado en dos. En la relación que se reduce el número de antenas transmisoras, se utiliza un combinador circular híbrido el cual puede combinar dos señales de 16 canales. Esta medida permite que únicamente tres antenas transmisoras sean necesarias para transmitir 90 señales de radio. Sin embargo el combinador tiene una limitación para el manejo de potencia arriba de los 600 W con una pérdida de 3 dB.



## USO DE ANTENAS DIRECCIONALES.

Cuando el esquema de reuso de frecuencia tiene que ser utilizado, la interferencia por co-canal ocurrirá. La interferencia por co-canal reduce el factor  $q = D/R = 4.6$  que se basa en asumir que el terreno es plano, puesto que actualmente los terrenos son pocas veces planos, con lo cual se puede incrementar el uso de antenas direccionales.

**Antenas Direccionales.** Un reflector convexo o un reflector plano a 120 grados, pueden ser utilizados en un sector de 120 grados de una celda.

## CONFIGURACIÓN DE ANTENA NORMAL (SISTEMA AVANZADO).

1.- Patrón de la celda  $K=7$  (sectores de 120 grados). En un patrón de celda  $K=7$  para reuso de frecuencia, si los 333 canales son utilizados, cada celda podrá tener aproximadamente 45 radios. Cada sector de 120 grados puede tener una antena transmisora y dos antenas receptoras y servir a 16 radios. Las dos antenas receptoras son utilizadas por diversidad ( ver fig. V.5.a).

2.- Patrón de celda  $K=4$  (sectores de 60 grados). No se puede utilizar  $K=4$  en un sistema de omnicelda ya que el co-canal reutiliza la distancia y esto no es adecuado. Por lo tanto, en un patrón de celda  $K=4$ , los sectores de 60 grados son utilizados. Estos son 24 sectores. En este sistema de patrón de celda  $K=4$ , dos disposiciones son utilizadas.

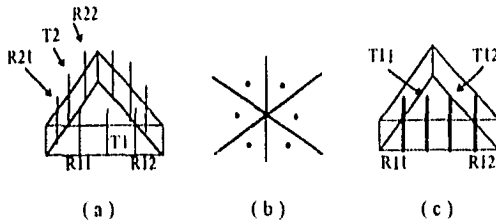
a. Transmisión- Recepción en sectores de 60 grados. Cada sector tiene una antena transmisora-portadora, de un grupo propio de frecuencias de radio y manejo de frecuencias en otros sectores vecinos u otras celdas. Este es un sistema de patrón de celda completo. Si los 333 canales son utilizados, con 13 radios por sector, entonces habrá una antena transmisora, así como una antena receptora en cada sector. En la recepción final, dos de seis antenas receptoras son seleccionadas para un ángulo de diversidad para canal de radio (ver fig. V.5.b).

b. Recepción en sectores de 60 grados Únicamente antenas receptoras en sectores de 60 grados son utilizadas para localizar unidades móviles y hand-off en una celda adyacente adecuada a un alto grado de precisión. Todas las antenas transmisoras son omnidireccionales dentro de cada celda. En la recepción final, el ángulo de diversidad para cada canal de radio es también usado en este caso.

**Configuración Irregular de Antena.** Si el tráfico de llamada es gradualmente incrementado, esto representa un avance económico en la utilización del sistema de celda existente con respecto a la nueva división del sistema de celda (división dentro de celdas pequeñas). En este caso cada sitio es capaz de adicionar más radios. En un patrón de celda  $K=7$  con sectores de 120°, dos antenas transmisoras en cada sector son utilizadas (fig. V.5.c) Cada antena sirve a 16 radios si un combinador de 16 canales es utilizado. Las dos antenas transmisoras en cada sector son ubicadas relativamente cerca de antenas receptoras cuando se tiene una sola antena transmisora. Esto puede causar algún grado de pérdida de sensibilidad en

los receptores. La tecnología actual puede combinar 32 canales en un combinador; por lo tanto, únicamente una antena transmisora es necesaria en cada sector. Sin embargo, esta única antena transmisora es capaz de establecer un alto grado de transmisión de potencia. Si cada canal de transmisión es de 100 W, el total de potencia que la antena terminal puede manejar es de 3.2 KW.

El combinador de 32 canales tiene una limitación de potencia que esta especificada por cada fabricante. Dos antenas receptoras se tienen en cada sector de 120° para tener la misma utilización de diversidad de espacio.



**fig. V.5.- ARREGLOS DE ANTENAS DIRECCIONALES: a) SECTOR DE 120° (45 RADIOS); b) SECTOR DE 60°; c) SECTOR DE 120° (90 RADIOS).**

### V.3.1.- CONFIGURACIONES DE ANTENAS PARA EL SISTEMA TELEFÓNICO INALÁMBRICO.

El uso de un sistema de antena simplex o dúplex en un sitio de celda impactará en varios aspectos de la configuración del equipo y afectará el desempeño del sistema hasta cierto punto. En el caso de la operación simplex, con un impacto muy pequeño en el sistema de tierra del sitio de celda. Se ha visto que el buen desempeño del sistema se consigue al poner suficiente cuidado en el diseño de los componentes de RF para asegurar que la interferencia este controlada. En la práctica, para mantener las áreas de cobertura de transmisión y de recepción balanceadas, el sistema de antena dúplex puede tener algunas ventajas.

En la siguiente parte, se ilustran y se explican las configuraciones dúplex y simplex. Se analizan cada una de las siguientes configuraciones de reuso;  $K=7$  omni y  $K=7$  sectorizado de 120°, así como las implicaciones de simplex contra dúplex en cada caso. Las diferencias económicas pueden ser juzgadas usando la información de la cantidad de equipo, tipos de antenas, la cantidad de cable y el trabajo de instalación.

Los temas de desempeño para un sistema de antena incluyen: intermodulación, interferencia, insensibilidad del receptor, figura de ruido del sistema y patrones de cobertura. La diferencia entre la figura de ruido de un sistema simplex y un dúplex es mínima. Las diferencias

entre los patrones de cobertura pueden ser mínimas en terminales dependiendo de los tipos de antenas y como son instaladas.

### V.3.2.- CONFIGURACIONES DEL SISTEMA

Para discutir el impacto de cada configuración de antena en el sistema, es necesario describir la configuración general del equipo de RF de sitio de celda para cada caso (ver tabla V.2).

Cada radiobase tiene una estructura de equipo común (EC) y un número variable de estructuras de RF, que depende del número de canales de radio usados en el sitio, que a la vez depende del tipo de configuración de sistema utilizado, por ejemplo, la adopción de K=7 omni o K=7 de 120°. Por ejemplo, para K=7 omni hay 48 canales disponibles en cuatro de las celdas y 47 en 3 de las celdas, esto hace que se tengan 333 canales disponibles. en un sitio de celda omni, un canal de estos será utilizado para el canal de control (CCH) así que hay un máximo de 47 canales RF de tráfico disponibles en las otras tres celdas de una configuración omni K=7. Cada estructura de RF puede soportar un máximo de 16 radios URD (Unidad de Radio modo Dual), es decir, 16 canales de RF. De aquí, que una configuración omni de K=7, requerirá arriba de 3 estructuras de RF. Si todos los canales disponibles no son usados entonces el número de gabinetes requeridos será menor.

Para una configuración sectorizada de 120°, hay 48 canales de RF disponibles para cuatro celdas y 47 disponibles para tres celdas. En este caso, se requieren 3 canales de control, uno para cada sector, lo cual deja 14 a 15 canales por cada sector. Entonces, un sitio de celda con una configuración sectorizada de 120° tendrá 3 estructuras de RF, una por cada sector.

CONFIGURACIÓN	NUMERO MÁXIMO POR CELDA			NUMERO MÁXIMO POR PARTICIÓN		
	Canales RF	Canales CCH	Estructuras RF	Canales RF	Canales CCH	Estructuras de RF
K=7 OMNI	47 o 48	1	3	47 o 48	1	3
K=7 120°	47 o 48	3	3	15 o 16	1	1

**Tabla V.2.- ASIGNACIÓN DE CANALES DE VOZ Y DE CONTROL EN FUNCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DEL SITIO DE CELDA**

Por cada estructura de RF hay un duplexor asociado. Este será apropiado ya sea que se usen antenas dúplex o no. Esta correspondencia entre las estructuras de RF y los duplexores es un resultado de los combinadores sintonizados usados para combinar la salida de cualquiera de los 16 transmisores Unidad de Radio Modo Dual (URD) en una estructura. Hasta 16 radios pueden ser combinados y conectados a un duplexor y finalmente a la antena.

Debido a la cantidad limitada de espectro disponible, por ejemplo 171 canales disponibles en total, será necesario hacer una modificación en la configuración del hardware.

Debido al espacio que se tiene en un grupo de frecuencias dado, no es posible combinar los 10 canales en un solo duplexor. Como resultado los canales serán divididos en dos grupos de 8 canales, cada uno alimentado a un duplexor separado. En consecuencia habrá dos duplexores por anaquel de RF hasta que este disponible más espectro.

### **V.3.3.- REQUERIMIENTOS DE SISTEMAS DE ANTENA VS. CONFIGURACIONES DE SISTEMA.**

#### **CASO DÚPLEX.**

En este caso el duplexor es usado para separar las señales de transmisión y de recepción. Como parte de la función del duplexor, sirve como un filtro de transmisión. Usando un duplexor, solo se requiere de un cable coaxial por cada estructura de RF para subir a la torre debido a que el mismo coaxial es usado tanto para recepción como para transmisión.

Para el caso omni, dúplex de  $K=7$  se requieren un mínimo de dos antenas de banda ancha con un máximo de tres para un sitio de celda completamente cargado. Por lo menos dos de estas antenas deben ser usadas para recepción de diversidad. Si están disponibles tres antenas la diversidad puede realizarse fácilmente añadiendo otro Multiacoplador de recepción (MR). Si se instala solamente una estructura de RF y si no se anticipa un crecimiento posterior, la antena de recepción secundaria puede ser una antena de recepción únicamente de banda angosta y conectarse directamente al segundo MR. En ambos casos, debe haber un mínimo de dos cables coaxiales para subir a la torre y un máximo de tres.

En la siguiente figura V.6, se puede observar que tiene una sola estructura de RF. Cada estructura de RF adicional, si se requiere, se conectará dentro de cada unidad de duplexor mostrada y conectado a las antenas OD2 y OD3 si se requiere. Se debe usar un mínimo de dos antenas para recepción de diversidad aunque la segunda antena puede ser conectada directamente al Multiacoplador de Recepción (MR) si solo ha sido instalada una estructura de RF.

Cada uno de los radios de la estructura de RF es alimentado dentro de una unidad de combinación transmisora. La salida de cada una de estas son llevadas juntas a un acoplador de 4 a 1 en estrella. La salida del acoplador en estrella es alimentado en el lado transmisor del duplexor. El duplexor conecta la señal transmitida a la antena vía un cable coaxial.

La trayectoria de recepción comienza en la antena de banda ancha y usando el mismo cable coaxial se conecta al duplexor. Estas señales recibidas salen del duplexor por medio del puerto de recepción y se conecta al Multiacoplador de Recepción (MR). El MR contiene una entrada-salida de bajo ruido y un divisor de potencia. Las señales recibidas de cada una de las antenas de recepción es dividida y distribuida al plano trasero de cada estructura de RF donde la señal es repartida en las unidades de radio modo dual (URD). Cada URD puede aceptar hasta seis señales de entrada de receptores por selección de diversidad. En el caso de celda Omni,  $K=7$  solo se usan dos.

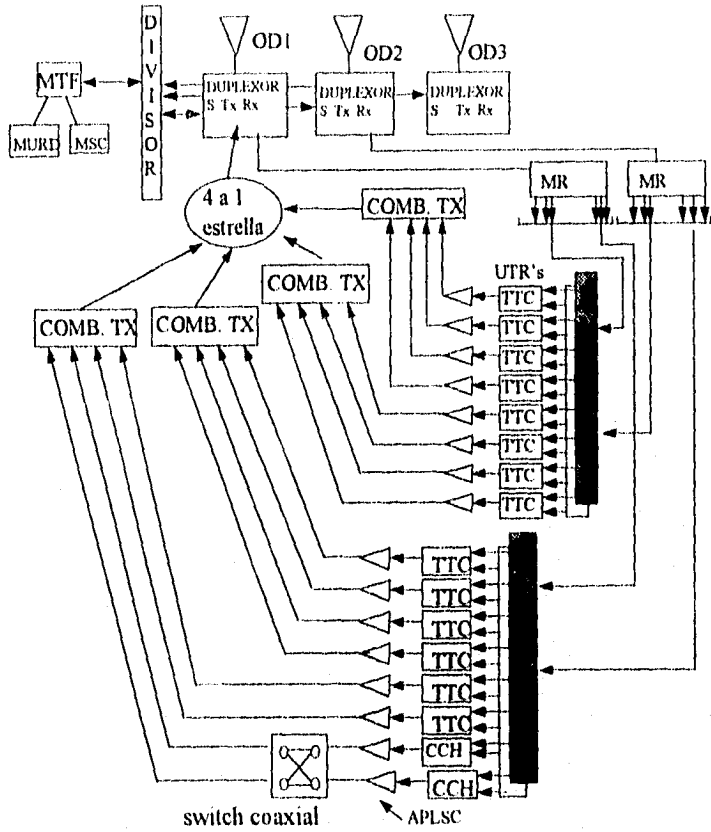
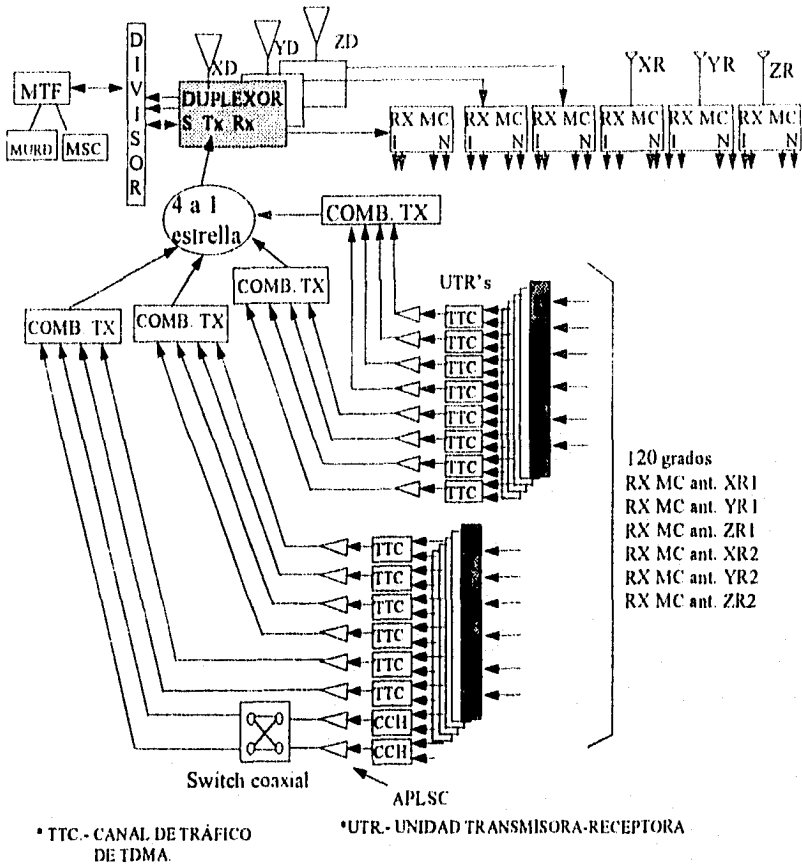


fig. V.6.- CONFIGURACIÓN OMNI DÚPLEX, K=7.

Para el caso de sectorización de 120° dúplex, K=7, se requerirán de tres antenas transmisoras-receptoras de banda ancha. Cada una de estas se ubicará en cada sector. Así como cada sector requiere de una segunda antena de recepción para diversidad, entonces debe haber siempre dos cables coaxiales subiendo a la torre por cada sector dando un total de seis cables por sitio de celda. La segunda antena de recepción de cada sector puede ser una antena de recepción únicamente de banda angosta ( fig. V.7).



**fig. V.7.- CONFIGURACIÓN DÚPLEX SECTORIZADA 120°, K=7**

El número de antenas y el número de coaxiales para cada caso se muestra en la siguiente tabla V.3. El número máximo y el mínimo reflejan las variaciones de las estructuras de RF requeridas por el sitio de celda, que como se ha discutido está en función del número de canales de RF (radios) requeridos en el sitio de celda. El uso probable de antenas de banda angosta también se especifica donde es aplicable.

NUMERO DE ANTENAS Y DE CABLES COAXIALES POR CONFIGURACIÓN DE SISTEMA, ASUMIENDO ANTENAS DÚPLEX						
Configuración	Configuración mínima			Configuración máxima		
	# Coax.	#Ant. total	#Recep. BA	# Coax.	# Ant. total	#Recep. BA
K=7 Omni	2	2	1*	3	3	0
K=7 120°	6	6	3	6	6	3

BA.- Antenas de banda angosta.

\* sí solo hay una estructura de RF en el sitio de celda.

Tabla V.3.- NÚMERO DE ANTENAS Y CABLES DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN EN FUNCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN.

### CASO SIMPLEX.

En este caso el duplexor está instalado en la estructura de RF para ser usado como un filtro transmisor. El puerto receptor no se usa. Usando transmisión separada y antenas de recepción, significa que habrá en general dos antenas y dos cables coaxiales subiendo a la torre por cada estructura de RF.

Para el caso Omni simplex de K=7, con una estructura de RF habrá una antena transmisora y dos antenas receptoras para un total de 3 cables coaxiales subiendo a la torre. El número máximo de estructuras de RF por sitio de celda es de tres en este caso, de tal forma que el número máximo de antenas es de tres transmisoras con dos antenas receptoras, lo cual da como resultado un número de 5 cables coaxiales subiendo a la torre.

Comparando la configuración anterior con la simplex omni, se pueden observar en la figura V.8 algunos cambios importantes. Se puede notar que los duplexores son usados todavía pero funcionan como filtros transmisores. El puerto de recepción del duplexor es finalizado en una carga asociada. En el caso Omni, K=7, se agregan dos antenas receptoras adicionales, OR1 y OR2. Para cada una de estas antenas hay un cable coaxial en la torre. Cada receptor de antena es conectado directamente al MR y a un amplificador de bajo ruido, para el filtraje y distribución de las estructuras de RF.

Para cada estructura de RF se requiere de una antena de transmisión y de su correspondiente cable coaxial. El número es uno pero se puede conectar adicionalmente OD2 y OD3 para cada estructura de RF adicional.

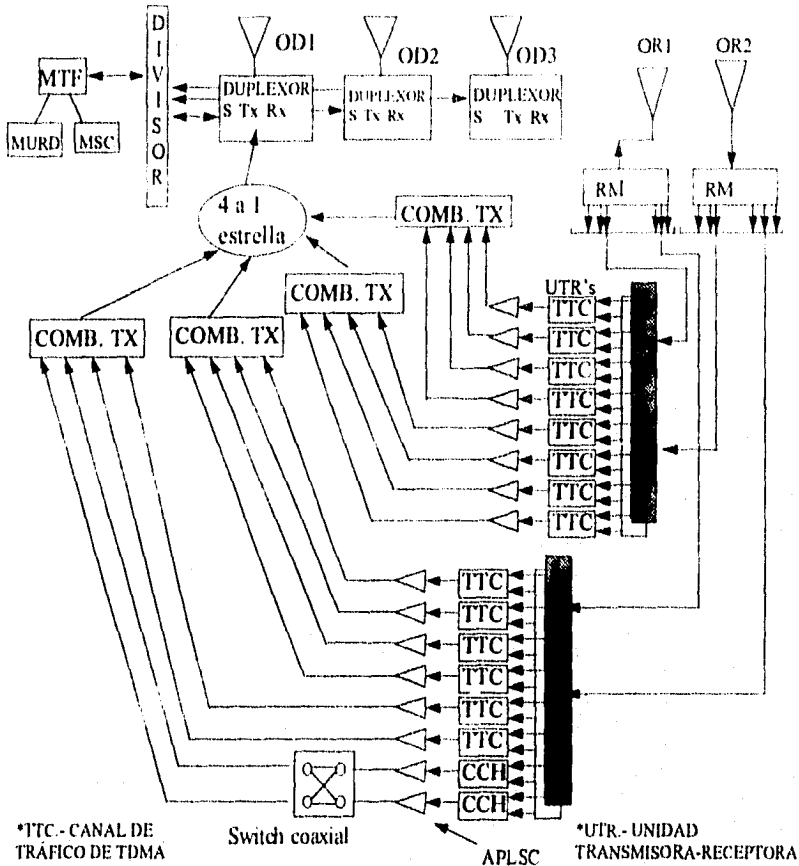


fig. V.8.- CONFIGURACIÓN SIMPLEX, OMNI, K=7.

Para el caso de sitio sectorizado simplex de 120° con K=7, el número máximo y el número mínimo de antenas es el mismo; esto es porque el número máximo de estructuras de RF por sector es de 1. Por lo tanto, en un sitio de celda sectorizado 120° de K=7 existirán 3 antenas transmisoras, una por sector, y seis antenas receptoras, dos por sector. En total se tendrán 9 cables coaxiales subiendo a la torre (ver figura V.9).



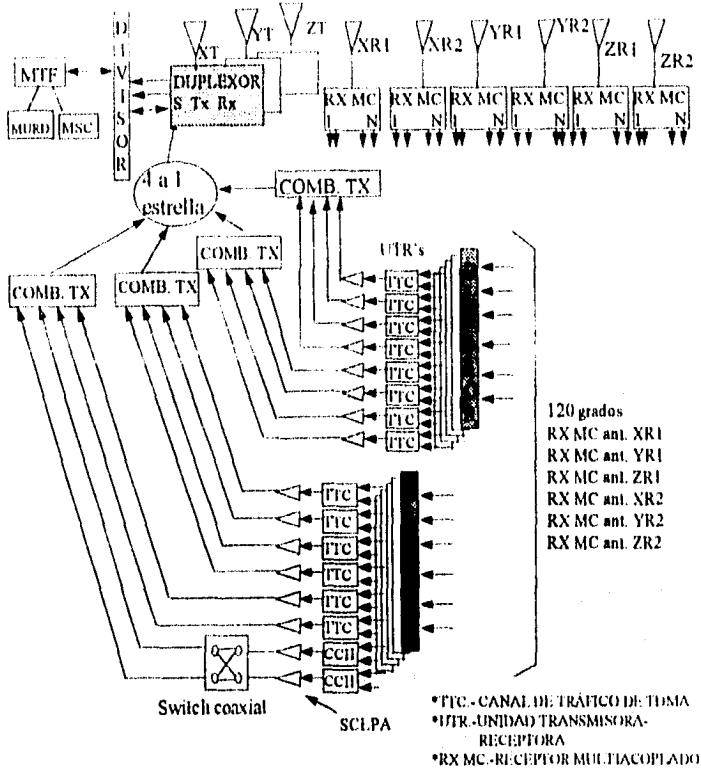


fig. V.9.- CONFIGURACIÓN SIMPLEX SECTORIZADA 120°, K=7.

la siguiente tabla V.4 resume los casos más comunes de configuración con su correspondiente número de antenas simplex y sus respectivos cables coaxiales.

NUMERO DE ANTENAS Y DE CABLES COAXIALES POR CONFIGURACIÓN DE SISTEMA, ASUMIENDO ANTENAS SIMPLEX						
Configuración	Configuración mínima			Configuración máxima		
	# Coax.	#Ant. total	#Recep. BA	# Coax.	# Ant. total	#Recep. BA
K=7 Omni	3	1	2	5	3	2
K=7 120°	9	3	6	9	3	6

Tabla V.4.- NÚMERO DE ANTENAS Y CABLES COAXIALES DE ACUERDO A LA CONFIGURACIÓN EN FORMA SIMPLEX

### V.3.4.- OTROS PUNTOS DE SIMPLEX VS. DÚPLEX.

Un punto a ser considerado cuando se decide una configuración dúplex vs. simplex es la facilidad con la que la celda puede ser reconfigurada a una configuración sectorizada durante el periodo de crecimiento del sistema. En el caso simplex, para ir de una Omni K=7 a una sectorizada 120° se requiere la adquisición y la instalación de cuatro antenas receptoras más y los cables adicionales. Para ir de una Omni dúplex K=7 a una sectorizada 120° dúplex se requiere la adquisición y la instalación de tres antenas receptoras únicamente y sus cables coaxiales. En ambos casos, se requiere la adquisición de cuatro Multiacopladores de Recepción (MR).

Para ir de una Omni dúplex K=7 a una sectorizada 120° dúplex se requiere de la adquisición y la instalación de solo tres antenas dúplex adicionales y sus cables. En este caso se necesitan cuatro Multiacopladores de Recepción (MR). Así se puede ver que como el sistema va creciendo se requiere de menos costo y de menos esfuerzo para cambiar las configuraciones de las celdas si se adopta una filosofía de antenas dúplex. Nótese que si se cambia de una configuración simplex a una dúplex las antenas transmisoras únicamente deben ser separadas en favor de menos antenas dúplex. En cambio si se cambia de dúplex a simplex, las mismas antenas se pueden utilizar para las funciones de transmisión o recepción únicamente.

### V.4.- DISTORSIÓN POR INTERMODULACIÓN.

La distorsión por intermodulación se da por el deseo de seguir la filosofía de antenas simplex. La interferencia de intermodulación es un temor real en las comunicaciones de señales digitales, como TDMA. Las causas y las fuentes de interferencia de intermodulación son variados y son a menudo difíciles de identificar en el campo. En general, la interferencia de intermodulación es generada cuando una fuente fuerte de señales de RF son mezcladas a través de una no-linealidad. Estas no-linealidades pueden ser inherentes al equipo, tal como mezcladores de elementos en los receptores o transmisores. Pueden ser también externas al propio sistema, tales como la oxidación entre metal y metal en los puntos de contacto de la torre, una estructura cercana, o por la antena misma.

Los beneficios de separar las antenas receptoras de las transmisoras es el de proveer de un aislamiento adicional entre las trayectorias de transmisión y de recepción, de tal forma que la energía de la señal (principalmente la energía de las señales de transmisión) no se mezcle con las señales en la trayectoria de recepción. El aislamiento extra al separar las antenas de recepción de las de transmisión es una función de la separación misma de las antenas así como de las características del campo eléctrico de las antenas.

Otra manera de obtener aislamiento entre las antenas transmisoras y receptoras es haciendo un diseño adecuado en el ensamble del duplexor. El duplexor del sistema debe estar especificado para tener suficiente rechazo a las frecuencias de recepción en el puerto de transmisión y rechazar las armónicas para permitir una operación exitosa con un sistema de

antena duplex de banda ancha. Este modo de operación es común en la mayoría de los sistemas.

#### **V.4.1- PÉRDIDA DE SENSIBILIDAD EN EL RECEPTOR.**

Otra situación relacionada a las antenas duplexoras, es la posible insensibilidad del receptor debido a la presencia de frecuencias de transmisión en la terminal. Esta situación no ocurre si se pone suficiente cuidado en la especificación y construcción del duplexor y el equipo terminal de radio. Este cuidado es el mismo que se tuvo para la distorsión por intermodulación.

#### **V.4.2.- FIGURA DE RUIDO.**

El total de la figura de ruido de un receptor es una función de la cantidad de pérdidas en la terminal antes de la primera etapa de ganancia activa, así como de la figura de ruido de la etapa de ganancia. El filtro de bajo ruido se encuentra en el Multiacoplador de Recepción (MR). Debe discutirse si la desviación del duplexor en la trayectoria de recepción removerá una componente de pérdidas en frente del Amplificador de bajo ruido (LNA, Low Noise Amplifier) en el MR. Esto debe ser evidente ya que las pérdidas a través del duplexor son muy pequeñas, aproximadamente de 0.5 dB, y es sólo un pequeña porción del total de las pérdidas de la trayectoria entre la antena y el duplexor. Las pérdidas entre la antena y el puerto de entrada del LNA es estimado en 2.5 dB incluyendo el duplexor y por lo tanto aproximadamente de 2.0 sin el duplexor. Estos valores asumen una longitud de cable coaxial que sube a la torre de 40 m e incluye conectores y otros componentes de pérdidas encontrados en el sistema. El LNA es especificado para tener una figura de ruido de 4.0 dB y típicamente una ganancia de aproximadamente 10 dB. En otras palabras, el cambio de sensibilidad debido al duplexor es mínimo.

#### **V.5- PATRONES DE COBERTURA.**

Otro punto a ser considerado en la selección entre simplex y duplex es el hecho de que las diferentes antenas transmisoras y receptoras tendrán diferentes patrones de cobertura en transmisión y recepción. La meta será el mantener los patrones de las antenas de recepción y de transmisión en la misma área de cobertura de tal forma que el sistema este balanceado. Esto es difícil, o casi imposible, si las antenas de transmisión y de recepción se encuentran en dos puntos separados físicamente.

Esta diferencia entre el patrón de cobertura de la antena de recepción y de la antena de transmisión es exacerbada cuando las antenas de recepción son montadas en forma invertida en la torre. Esto es a menudo necesario cuando el número de antenas en la torre es grande, lo cual ocurre comúnmente cuando se utiliza un arreglo de antenas simplex. Cuando las antenas de recepción son montadas en forma invertida en la torre, están sujetas a obstrucciones por la torre en ciertas direcciones. En el caso sectorizado, la obstrucción puede no ser importante

debido a que la obstrucción puede estar fuera del área sectorizada. En el otro caso el patrón de la antena en la dirección hacia adelante estará sujeta a variación debido a la torre

#### **V.6.- ENLACES DE MICROONDAS.**

En el sistema de telefonía inalámbrica de 450 MHz los enlaces entre las centrales de conmutación (MTX) y los sitios celulares, entre los MTX locales y los conmutadores Tandem, y entre conmutadores y nodos de interconexión con otras redes de telecomunicación, se hacen en base a enlaces de microondas.

Los enlaces de microondas entre el sitio celular y el MTX se realiza entre el ICRM en el sitio celular y el PCI en el conmutador, basándose en un protocolo propietario de señalización (R1).

En el sistema existen dos tipos de enlaces dependiendo de la capacidad de información que se maneje

- Alta capacidad: 15, 18 y 25 GHz.
- Baja Capacidad: 6 y 11 GHz.

Debido a las distancias entre los equipos involucrados en los enlaces de microondas, en ocasiones es necesario utilizar repetidores de microondas en los puntos intermedios de la comunicación. Las funciones básicas de un repetidor son las de aumentar el nivel de potencia de una señal que ha sufrido un debilitamiento debido al medio ambiente y regenerar la señal por si ha sido objeto de una modulación extraña al sistema.

La figura V.10, muestra la red de enlaces de microondas en el sistema de telefonía inalámbrica de 450 MHz en el Estado de México. Este sistema es el que estaba implementado en el proyecto inicial, pero actualmente ya se a modificado, debido a que el sistema se empezó a comercializar a principios del año de 1996.

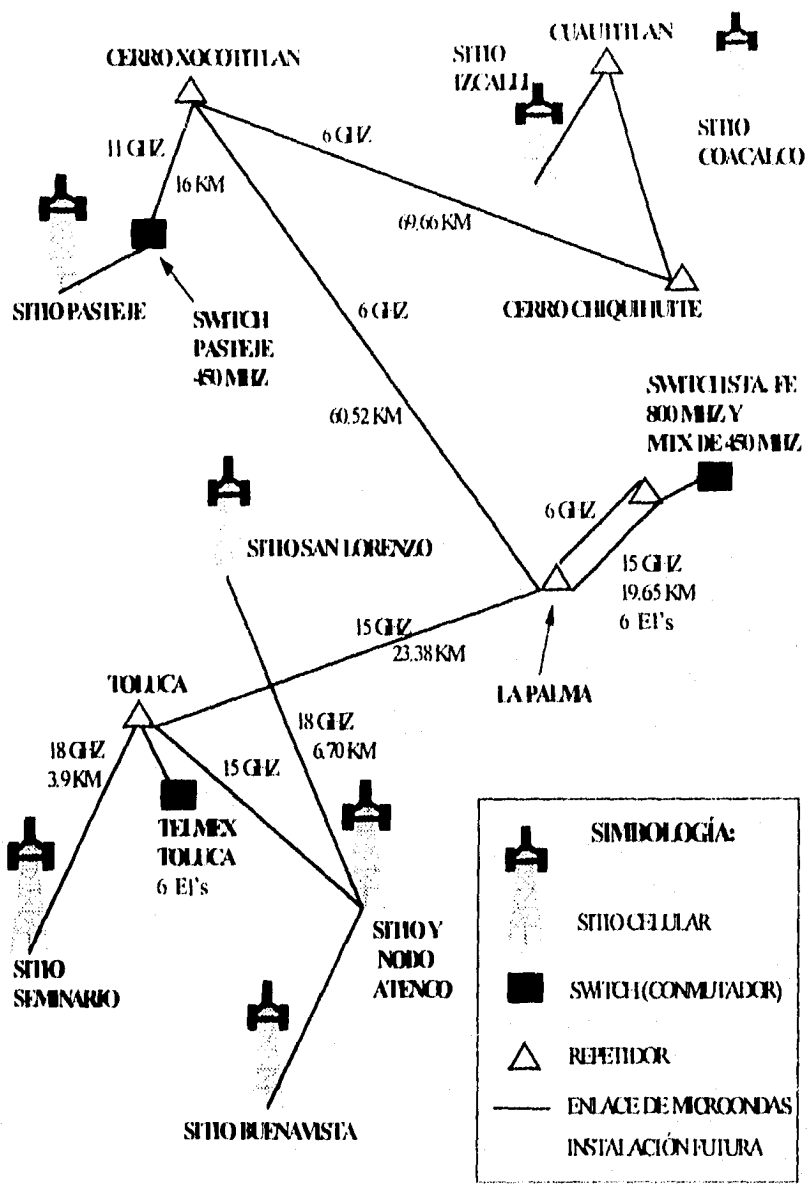


fig. V.10.- RED DE ENLACES ENTRE SITIOS CELULARES DEL SISTEMA 450 DE PASTEJE.

## CAPITULO VI

### ADMINISTRACIÓN DE PROYECTO

#### VI.1 INTRODUCCIÓN:

En el presente capítulo pretendemos dar una explicación de como se debe administrar un proyecto de ingeniería, y en este caso en particular, mostraremos el proyecto de la telefonía inalámbrica fija sistema 400 que es nuestro tema de interés.

Este capítulo es de gran importancia porque el éxito o fracaso de un proyecto depende de una buena planeación y de que todas las etapas y partes que lo comprenden interactuen adecuadamente entre sí. La Administración del Proyecto es la base fundamental de la organización y el desarrollo de un proyecto.

El objetivo de la administración de proyecto es lograr la realización efectiva de todo lo planeado, por medio de diferentes etapas que de una forma conjunta, lograrán los resultados deseados que darán forma al proyecto.

Para llevar a la realidad un proyecto, es necesario, en primer lugar invertir; es decir adquirir bienes por medio de los cuales pueda empezar a operar. Por lo que es importante conocer cada uno de los pasos a seguir para garantizar que el proyecto se hará de la mejor manera posible.

Tenemos que para la administración de un proyecto se requieren de siete gerencias o elementos importantes y necesarias para el cumplimiento del objetivo final, que es la realización plena de nuestro proyecto. Dichas gerencias son:

1. Gerencia de Mercadotecnia
2. Gerencia de Ventas
3. Gerencia de Administración de Proyectos
4. Gerencia de Ingeniería
5. Gerencia de Logística
6. Gerencia de Instalaciones
7. Gerencia de Soporte.

A continuación daremos una breve explicación de las diferentes gerencias, para poder posteriormente, hacer un análisis y desarrollo de la administración del proyecto de la telefonía inalámbrica fija, tomando en cuenta las aplicaciones que se tienen en la actualidad y estudios recientes que fundamentan la funcionalidad y eficiencia del proyecto.

## **1. GERENCIA DE MERCADOTECNIA.**

La Gerencia de Mercadotecnia es la base para comenzar la planeación de un proyecto, dado que esta realiza un estudio profundo de la demanda de mercado, así como los alcances que puede llegar a tener para los diferentes tipos de clientes. Para esto, hace un análisis del proyecto con base en la introducción de nuevas tecnologías que garantizan la calidad del producto. Posteriormente se lleva a cabo una presentación a clientes estableciendo una configuración y plan del proyecto a futuro. Una vez que se ha tomado una decisión y aceptado el plan, se hace una estimación del tiempo que se desea para establecerlo y operarlo. Ya acordados estos puntos se firma un convenio o contrato en el que se respalde el tipo de enlace y soporte técnico a emplear, así como la capacitación y recursos humanos con los que trabajara el proyecto.

## **2. GERENCIA DE VENTAS:**

La importancia de la gerencia de ventas es muy significativa por el hecho de que todas las empresas se establecen para obtener ganancias económicas. Por esto, esta gerencia es un punto medular para que el trabajo de las demás tenga una utilidad significativa para la empresa.

El principal objetivo de esta gerencia es el de vender el proyecto; por lo que necesita atender a los clientes, presentarles el proyecto y de alguna forma lograr convencerlos honestamente.

Ya contando con un estudio de mercadotecnia, se hacen cotizaciones y ofertas para poder realizar convenios y contratos con los diferentes clientes interesados en el proyecto. Para esto es indispensable las licitaciones de los productos para poder establecer dichos convenios y contratos.

La gerencia realiza un análisis económico para garantizar el buen funcionamiento de la empresa, garantizando ganancias que justifiquen el desarrollo del proyecto.

Un aspecto fundamental de esta gerencia es el de decidir y especificar el precio del equipo que se maneja y firmar acuerdos. También realiza un reporte de ventas del proyecto, lo que representa el éxito ó fracaso del plan establecido.

## **3. GERENCIA DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS:**

Todo proyecto requiere de una administración para que tenga un funcionamiento eficiente. Esta parte de la gerencia toma decisiones importantes para mejorar el producto o servicio, o en dado caso, corregir errores que no fueron previstos durante la planeación y diseño del proyecto. Realiza una supervisión rigurosa desde el inicio, prueba y fin del proyecto, con el objetivo de brindar un producto de alta calidad que garantice altas ventas y la satisfacción del cliente superando sus expectativas.

Por esto la gerencia de Administración de Proyectos tiene un contacto muy directo con el cliente y es la encargada de la aceptación del proyecto el cual debe de cumplir con determinadas condiciones que la empresa establece.

Aquí se lleva a cabo un control de la documentación administrativa, que involucra la facturación y cobranza (área de contabilidad) de los clientes, verificando los insumos de los mismos y realiza por último un reporte del avance general del proyecto.

#### **4. GERENCIA DE INGENIERÍA.**

Esta gerencia se encarga de hacer un estudio detallado de la ingeniería del proyecto, en base a su dimensionamiento y por medio del cual pueda dar una propuesta y solución técnica, así como una configuración y plan de red a futuro. Esto incluye el cálculo del material mecánico eléctrico a emplearse en el mismo, programas de tiempo, propuestas y solución técnica, plano de distribución de la instalación del equipo, planes fundamentales, y documentación técnica. Otros aspectos importantes de esta gerencia es el de brindar capacitación necesaria para la operación y mantenimiento del sistema y llevar a cabo un reporte de la ingeniería del proyecto.

#### **5. GERENCIA DE LOGÍSTICA:**

La gerencia de logística se encarga del surtimiento y manejo del equipo, así como el material necesario en todos los procesos que se llevan a cabo para la realización del proyecto. Aquí se cuenta con un almacén, donde se encontrarán tanto materiales y equipos que se necesitan en los procesos de este como material y equipo resultado de los mismos. En este almacén se lleva un estricto control del material y equipo existente por medio de inventarios que garantizan y controlan su existencia.

Esta gerencia realiza funciones de administración de material de importación, el tiempo de liberación de entrega y principalmente del abastecimiento general de materiales. También se encarga de administrar embarques y transportes de materiales, realizando un reporte de los materiales del proyecto.

La importancia de la gerencia de logística es el de proporcionar a tiempo materiales y equipos para obtener un producto de buena calidad en el tiempo que se estableció en el plan inicial.

#### **6. GERENCIA DE INSTALACIONES.**

La gerencia de instalaciones es la que, en primera instancia, debe de dejar completamente satisfecho al cliente después de haber comprado el bien o servicio, ya que es la



que se encarga de hacer la entrega final, y esta entrega debe de cumplir con lo estipulado por la empresa para que el cliente quede completamente satisfecho.

Esta dependencia lleva a cabo la instalación de prueba del proyecto. Para esto, verifica los insumos del cliente, contando además con un inventario de equipo a instalar. También efectúa el montaje del material eléctrico e instalación de material mecánico, carga del computador y prueba. Una vez realizado esto, la gerencia realiza las pruebas finales con el cliente, determinando estas en un reporte de instalación de prueba, y por último realiza la puesta en servicio del proyecto.

## **7. GERENCIA DE SOPORTE:**

Para que se garantice el buen funcionamiento del proceso y de que llegue al cliente satisfactoriamente, se requiere que no se tengan problemas intermedios que lo interfieran o lo detengan. Las interrupciones pueden ser provocadas por muchos factores inesperados que requieren de una intervención inmediata para ser eliminados. Estos imprevistos pueden ser problemas de instalación, fallas del equipo de operación y paros generales del sistema. Por esto se presenta la necesidad de establecer una gerencia de soporte, que da servicios de soporte técnico, trabajos por instalación, verificar que el equipo existente cuente con una garantía de funcionamiento, y actualización del software y hardware, proporcionando para todo esto un reporte de soporte y servicio. Además da un servicio inmediato al cliente para casos de emergencia, con el propósito de que las fallas lo afecten lo menos posible.

Por esto, el objetivo fundamental de la gerencia de soporte es de reducir al máximo los paros del sistema y no tener por esto pérdidas económicas significativas y deficiencia del servicio.

El organigrama y las funciones principales de estas gerencias se listan en la tabla que se anexa.

# PROYECTO

DIRECTOR

SUBDIRECTOR

1. GERENCIA MARKETING	2. GERENCIA VENTAS	3. GERENCIA ADMON PROYECTOS	4. GERENCIA INGENIERIA	5. GERENCIA LOGISTICA	6. GERENCIA INSTALACION	7. GERENCIA SCOPRIE
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan y Análisis proyectos</li> <li>- Análisis Mercado</li> <li>- Introducción de Nuevas Tecnologías</li> <li>- Presentación a Clientes</li> <li>- Configuración y Planificación de Red Futura</li> <li>- Toma de Decisiones</li> <li>- Tiempos y Mantenimiento</li> <li>- Firma de Contrato</li> <li>- Entrega y Seguimiento Técnico</li> <li>- Reportes de Marketing</li> <li>- Operación y Recursos Humanos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Venta del Proyecto</li> <li>- Atención (Presentación a Clientes)</li> <li>- Realiza Cotización y Ofertas</li> <li>- Realiza Firma Contrato</li> <li>- Selección de Productos</li> <li>- Análisis Económico</li> <li>- Toma de Decisiones</li> <li>- Tiempos y Mantenimientos</li> <li>- Firma Equipación Equipo</li> <li>- Firma Precio de Equipo</li> <li>- Reporte de Ventas Proyecto</li> <li>- Operación y Recursos Humanos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Administración Proyecto</li> <li>- Atención a Clientes</li> <li>- Toma de Decisiones</li> <li>- Programación de Tiempos y Mantenimientos</li> <li>- Documentación Administrativa</li> <li>- Chequeo Áreas involucradas</li> <li>- Verifica Insumos a Clientes</li> <li>- Supervisión - Pruebas Fin Proyecto</li> <li>- Chequeo Nuevas Aplicaciones SW HW</li> <li>- Firma Asignación de Proyecto</li> <li>- Administración de Proyectos</li> <li>- Facturación Clientes</li> <li>- Reporte de Avance Instalación Proyecto</li> <li>- Operación y Recursos Humanos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ingeniería del Proyecto</li> <li>- Dimensionamiento con H/E</li> <li>- Cálculo Material</li> <li>- Medición de Instalación</li> <li>- Programación de Tiempos y Mantenimientos</li> <li>- Propuesta y Situaciones Técnicas</li> <li>- Configuración y Plan de Red Futura</li> <li>- Toma de Decisión Técnica</li> <li>- Plano de Distribución</li> <li>- Instalación Equipo</li> <li>- Hacer Fundamentos</li> <li>- Datos de Central</li> <li>- Documentación Técnica</li> <li>- Ordenación un caso / Año</li> <li>- Reporte de Ingeniería de Proyecto</li> <li>- Operación y Recursos Humanos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipo y Material del proyecto</li> <li>- Administración Avance e Inventario</li> <li>- Mantenimiento de Material Nacional</li> <li>- Administración de Material de Importación de Estructura</li> <li>- Entregas y transporte</li> <li>- Abastecimiento de Material a sitio</li> <li>- Material Taller</li> <li>- Reparación</li> <li>- Actualización de Material y Equipo</li> <li>- Ordenación un caso / Año</li> <li>- Reporte de Materiales de Proyecto</li> <li>- Operación y Recursos Humanos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalación de Prueba Proyecto</li> <li>- Programación de Tiempos y Mantenimiento</li> <li>- Verifica Insumos del Cliente</li> <li>- Instalación del Equipo a instalar</li> <li>- Montaje de Material Nacional</li> <li>- Instalación de Material Extranjero</li> <li>- Chequeo de Software y Prueba</li> <li>- Ordenación un caso / Año</li> <li>- Pruebas finales con el cliente</li> <li>- Prueba en Servicio</li> <li>- Reporte de Instalación Prueba</li> <li>- Operación y Recursos Humanos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Soporte Técnico de Mantenimiento</li> <li>- Soporte Técnico de Mantenimiento a la Instalación</li> <li>- Chequeo de Equipo</li> <li>- Actualización de Software y Hardware</li> <li>- Reducción de Ruido de Sonidos</li> <li>- Desarrollo de Nuevos Ayudas</li> <li>- Servicios de Emergencia a Clientes</li> <li>- Ordenación un caso / Año</li> <li>- Reportes de Soporte y servicio</li> <li>- Operación y Recursos Humanos</li> </ul>

## VIII. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO DE TELEFONÍA INALÁMBRICA FIJA:

Como vimos anteriormente el sistema de telefonía inalámbrica fija pretende proporcionar servicio telefónico a zonas donde todavía no llega el sistema telefónico convencional alámbrico de la red pública.

Primero que nada se estudió anticipadamente lo que podía hacerse, tomando en cuenta todas las opciones posibles de realizarse y así asegurarse que el camino a seguir es el más adecuado.

En este proyecto el aspecto económico fue fundamental. El estudio de mercadotecnia demostró principalmente que las zonas donde no se cubren con líneas telefónicas son zonas de clase media baja, para lo cual se requería ofrecer tarifas competitivas y atractivas para su fácil y rápida aceptación por los posibles clientes. Estas zonas son en el plan inicial las de Tultitlán, Tultepec y Coacalco las cuales en la actualidad están a la disposición del cliente casi en su totalidad.

Por la novedad del producto la gerencia de ventas es un eje fundamental para que el proyecto funcione como fue planeado. Por esta razón, ya con el estudio de mercadotecnia, se procedió a diseñar una campaña de ventas para proporcionar a los posibles clientes la mejor información que les de la confianza del nuevo producto y los anime a probar una nueva tecnología que en realidad es nueva para muchos y por lo mismo se cree que es cara y complicada, lo cual es todo lo contrario, pues en realidad la telefonía inalámbrica fija es una tecnología que a mediano plazo amortiza la inversión inicial y por esto permite ofrecer precios atractivos para la satisfacción del cliente.

Los precios que se están ofreciendo para obtener una línea para casa habitación o negocio es de \$2989.00, además cuenta con facilidades de pago para aquellas personas que necesitan la línea pero no cuenta en ese momento con el monto total del costo. Este es un factor muy bien pensado para promover la distribución del producto en poco tiempo y así poder aumentar los alcances del mismo.

Como sabemos este sistema es una competencia directa para el sistema telefónico convencional, por esto, se pensó en ofrecer tarifas que no se salieran de los precios actuales para la telefonía fija. Estas tarifas se incluyen en tres diferentes planes:

1. Plan Moderado: \$42.00 mensuales con 30 minutos incluidos y 58 centavos por cada minuto extra.
2. Plan Comodidad: \$86.00 mensuales con 300 minutos incluidos y 36 centavos por cada minuto extra.
3. Plan Integral: \$138.00 mensuales con 450 minutos incluidos y 24 centavos por cada minuto extra.

Como podemos apreciar, estos diferentes planes se acoplan a diferentes personas, dependiendo de sus propias necesidades.

Además de la ventaja que ofrece este sistema de llegar a lugares que sería muy difícil llevar un sistema de telefonía convencional, podemos mencionar otras ventajas a continuación.

- Se adquiere la línea de manera instantánea.
- El equipo está disponible de inmediato.
- Se activa en un instante: sólo se conecta a la corriente eléctrica de la casa u oficina.
- Se puede hablar de inmediato: al momento de comunicarse al Centro de Servicio a Clientes se puede hablar a cualquier parte.
- Las tarifas que se ofrecen son similares a las de la competencia.
- Proporciona servicios adicionales y una excelente calidad de servicio.

Como podemos apreciar, la estructura del proyecto está diseñada para crear beneficios mutuos a las dos partes que lo integran, lo cual es un principio fundamental para que una empresa tenga éxito en su realización. Podemos agregar que la ingeniería en un proyecto requiere de una buena administración, ya que por más buena que sea la idea y el diseño, si no se realiza de una forma correcta, no tendrá los resultados deseados.

## CAPITULO VII.

### VISIÓN A FUTURO

#### VII.1.- INTRODUCCIÓN.

En este capítulo daremos un panorama general de los nuevos sistemas que ya se están estableciendo en muchas partes del mundo y algunas de los cuales se están adoptando como estándares a nivel mundial. El rápido desarrollo en la demanda de servicios telefónicos de radio desafía a los expertos en prever con exactitud el mercado global. El consenso, sin embargo, es que para el año 2000 el número de usuarios en todo el mundo estaría entre los 50 y 100 millones; dependiendo de la velocidad con que se desarrollen los nuevos sistemas.

Para adecuar el futuro crecimiento de las comunicaciones inalámbricas, la industria está evolucionando hacia la tecnología digital, pero también hacia un nuevo concepto "la globalización", mediante los estándares que se han establecido, se están llevando a la práctica, en el desarrollo los nuevos sistemas en todo el mundo, tales como: PCS en Norteamérica, GSM, DCS1800 y un nuevo sistema que desplazará las dos anteriores conocido como UMTS en Europa entre otros. Además los últimos avances que se están teniendo en el perfeccionamiento de la tecnología de CDMA augura un futuro muy prometedor para estos nuevos sistemas.

#### VII.2.- GSM (GROUPE SPÉCIAL MOBILE).

Durante los años 80's, el sistema telefónico celular analógico experimentó un rápido crecimiento en Europa, particularmente en Escandinavia e Inglaterra, también en Francia y Alemania. Cada país desarrolló su propio sistema, que era incompatible en equipo y operación, limitando su movilidad y mercado, que en una Europa unificada era muy importante.

En 1982 en la Conferencia de Telégrafos y Correos de Europa (CEPT) se formó un grupo llamado Groupe Spécial Mobile (GSM) para estudiar y desarrollar un sistema móvil terrestre público Pan-Europeo. El sistema propuesto tenía ciertas normas:

- Buena calidad de voz
- Bajo costo de la terminal y servicio
- Capacidad para roaming internacional
- Capacidad para soportar terminales portátiles
- Capacidad de ampliar para nuevos servicios y facilidades
- Eficiencia espectral
- Compatibilidad con ISDN

En 1989, la responsabilidad fue transferida al Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europea (ETSI), y la primera fase de las especificaciones de GSM fue

publicada en 1990. La comercialización empezó a mediados de 1991, y por 1993 había 36 redes GSM en 22 países, con 25 países más que estaban considerando adoptar GSM.

Aunque la estandarización fue en Europa, GSM no es solamente estándar europeo. Las redes GSM están operando o están planeados en más de 60 países de Europa, Medio Oriente y Lejano Oriente, África, América del Sur y Australia .

A principios de 1994, había 1.3 millones de usuarios en el mundo. Para comienzos de 1995 había alrededor de 5 millones de usuarios. El acrónimo de GSM ahora se utiliza comúnmente como Global System for Mobile communications.

Los diseñadores de GSM escogieron un sistema digital, para satisfacer el criterio original de establecer el sistema en términos de calidad y costo, también proporcionaron una estandarización que garantiza la apropiada interconexión entre los componentes del sistema.

Desde los inicios, los diseñadores de GSM buscaban la compatibilidad con ISDN en términos de ofrecer el servicio y el uso de la señalización de control, sin embargo las limitaciones de los transmisores de radio, en función al costo y el ancho de banda, no admite el canal ISDN-B estándar de 64 kbps para su desarrollo

#### **VII.2.1.- LOS DIFERENTES SERVICIOS QUE OFRECE:**

Los usuarios de GSM pueden enviar y recibir datos a una velocidad de 9600 bps, a los usuarios de POTS (Plain Old Telephone Service), ISDN, conmutador público de paquetes.

Las redes de datos y la red de datos públicos de conmutación de circuitos usan una variedad de protocolos y métodos de acceso, tales como X.25 ó X.32.

Debido a que GSM es una red digital, no requiere módem para los usuarios de la red y mediante un módem de audio en la red GSM se trabaja con POTS.

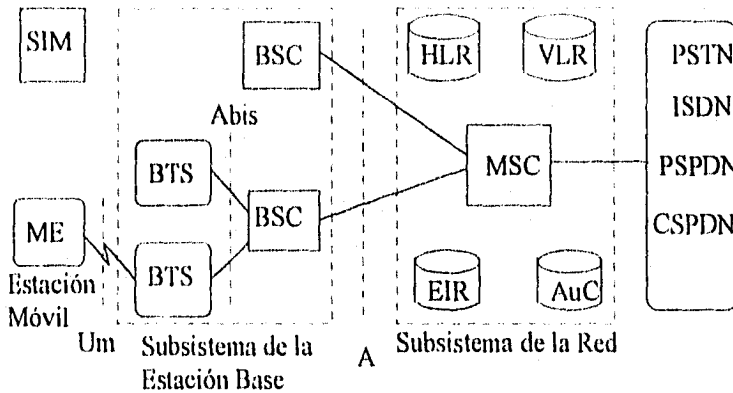
Otros servicios de datos incluye el Grupo 3 de facsimiles, descritos en las recomendaciones de ITU-T, T-30, que es soportado mediante el uso de un adecuado fax adaptador. Una característica única de GSM, que no se encuentra en los viejos sistemas analógicos, es el Servicio de Mensajes Cortos (SMS). SMS es un servicio bidireccional para mensajes alfanuméricos cortos (hasta 160 bytes). Los mensajes son transportados en un modo almacenar-y-enviar. Para SMS punto a punto, un mensaje puede ser enviado a otro usuario con el servicio, y un reconocimiento de recibido es proporcionado al enviador. El SMS puede ser también usado en un modo de emisión de celda, para enviar mensajes de información de tráfico y noticias. Los mensajes pueden ser almacenados en la tarjeta SIM (Subscriber Identity Module) para más tarde ser recuperado.

Los servicios adicionales proporcionados en los teleservicios, en la primera fase incluye varias formas de llamada ( tales como envío de llamada cuando el usuario móvil esta fuera de la

red), selección de llamadas que salen o entran cuando se esta utilizando el roaming en otro país. Varios servicios adicionales serán proporcionados en la segunda fase, tales como identificación de que llama, llamada en espera, conversaciones con varios usuarios a la vez.

### VII.2.2.- ARQUITECTURA DE LA RED GSM

Una red GSM esta compuesta de varias partes funcionales, cuyas funciones e interfaces están especificadas en la figura VII.1, que muestra las capas de una red GSM de forma general. La red GSM se puede dividir en tres partes. La Estación Móvil que lleva el suscriptor, El Subsistema de la Estación Base que controla los enlaces de radio con la Estación Móvil. El Subsistema de la Red es la parte principal la cual es el Centro de Conmutación de servicios Móviles, realiza la conmutación de llamadas entre el móvil y otro usuario de la red fija o de la móvil, así como la administración de la movilidad. No forma parte el Centro de Mantenimiento y Operaciones, el cual vigila la apropiada operación y organización de la red. La Estación Móvil y el Subsistema de la Estación Base se comunica a través de la interface Um, también conocido como la interface aérea o enlace de radio. El Subsistema de la Estación Base se comunica con el Centro de Conmutación de servicios Móviles a través de la interface A.



AuC	Centro de Identificación	ME	Equipo Móvil
BSC	Controlador de la Estación Base	SIM	Módulo de Identificación del Suscriptor
BTS	Estación Transmisora / Receptora Base	MSC	Centro de Conmutación de Servicios Móviles
EIR	Registro de Identificación de Equipo	VLR	Registro de Localización de Visitante
HLR	Registro de Localización Local		

fig. VII.1.- ARQUITECTURA GENERAL DE LA RED GSM.

## **ESTACIÓN MÓVIL**

La Estación Móvil (MS) consiste del equipo móvil (la terminal) y una tarjeta inteligente llamada Módulo de Identificación del Usuario (SIM). El SIM proporciona movilidad personal, tal que el usuario puede tener acceso a los servicios suscritos con independencia de una terminal específica. Mediante la inserción de la tarjeta SIM en una terminal GSM, el usuario es capaz de recibir llamadas en esa terminal, hacer llamadas de la terminal y recibir otros servicios suscritos.

El Equipo Móvil es únicamente identificado por la Identificación de Equipo Móvil Internacional (IMEI). La tarjeta SIM contiene la Identificación del Usuario Móvil Internacional (IMSI) usada para identificar al usuario del sistema, una clave secreta para identificación y otras informaciones. La IMEI y el IMSI son independientes, de tal forma que permite la movilidad personal. La tarjeta SIM puede ser protegida contra el uso sin la autorización mediante una contraseña o número de identificación personal.

## **SUBSISTEMA DE LA ESTACIÓN BASE.**

El Subsistema de la Estación Base esta compuesto de dos partes, la Estación Transmisora/Receptora de la Base (BTS) y el Controlador de la Estación Base (BSC). Estos se comunican a través de la interface Abis estandarizada, que permiten (como en el resto del sistema) la operación entre componentes hechos por diferentes fabricantes.

La Estación Transmisora/Receptora de la Base encierra el radio Transmisor/Receptor que define una celda y maneja el protocolo radio-enlace con la Estación Móvil. En una área urbana muy grande, existen potencialmente un número muy grande de BTS instalados, así los requerimientos para un BTS son robustez, confiabilidad, portabilidad y costo mínimo.

El Controlador de la Estación Base maneja las fuentes de radio para uno o más BTS. Maneja el establecimiento de los canales de radio, cambios de frecuencia y handover (handoff para Estados Unidos). El BSC es la conexión entre la estación móvil y el Centro de Conmutación de servicios Móviles (MSC).

## **SUBSISTEMA DE LA RED.**

El componente principal del Subsistema de la Red es el Centro de Conmutación de servicio Móviles (MSC). Funciona de forma similar a un nodo de conmutación normal de la PSTN o ISDN y adicionalmente proporciona toda la funcionalidad necesaria para manejar un usuario móvil, tales como el registro, la aprobación, actualización de la ubicación, handover y el direccionamiento de la llamada a un usuario huésped. Estos servicios son proporcionados en conjunto con varias entidades funcionales, las cuales forman el Subsistema de la Red. El MSC proporciona la conexión a las redes fijas (tales como PSTN o ISDN). La señalización entre las entidades funcionales en el Subsistema de la Red usa el Sistema de Señalización SS7, usado



para la señalización de troncales en ISDN y es ampliamente usado en la actualidad por las redes públicas.

El Registro de Ubicación Local (HLR) y el Registro de Ubicación de Visitante (VLR), junto con el MSC, proporciona el direccionamiento de la llamada y la capacidad de roaming de GSM. El HLR contiene toda la información administrativa de cada usuario registrado en la correspondiente red GSM, junto con la ubicación actual del móvil. La ubicación del móvil es generalmente en la forma de la dirección de la señalización del VLR asociado con la estación móvil. Existe una HLR por cada red GSM, aunque es posible implementarlo como una base de datos distribuida.

El Registro de Ubicación de Visitante (VLR) contiene información administrativa seleccionada del HLR, necesaria para el control de llamada y proporcionar los servicios suscritos, para cada móvil ubicado actualmente en el área geográfica controlado por el VLR. Aunque cada entidad funcional puede ser implementada como una unidad independiente, todos los fabricantes de equipos de conmutación colocan el VLR junto con el MSC, para que las áreas geográficas controladas por el MSC correspondiente sea controlado por el VLR, esto simplifica la señalización requerida. Hay que tomar en cuenta que la MSC no contiene información sobre la estación móvil particular, esta información es almacenado en el registro local.

Los otros dos registros son usados para la autorización y propósitos de seguridad. El Registro de Identificación del Equipo (EIR) es una base de datos que contiene una lista de todos los equipos móviles autorizados en la red, donde cada estación móvil es identificado por su Identificación de Equipo Móvil Internacional (IMEI). Un IMEI es considerado como desautorizado si ha sido reportado robado o no es del tipo autorizado. El Centro de Aprobación (AuC) es una base de datos protegida que almacena una copia de las claves secretas almacenadas en cada tarjeta SIM de usuario, el cual es usado para la aprobación y encriptamiento en el canal de radio.

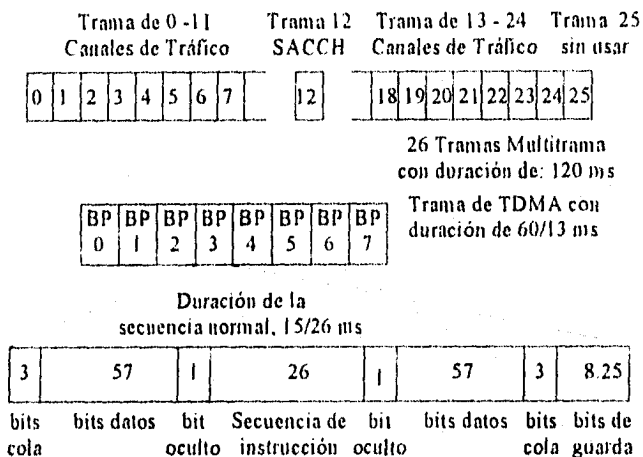
### **VII.2.3.- ASPECTOS DE ENLACE DE RADIO.**

La Unión de Telecomunicaciones Internacional (ITU), asignó la banda de 890-915 MHz para el enlace de envío (de la estación móvil a la estación base) y 935-960 MHz para el enlace de retorno (de la estación base a la estación móvil) para la red móvil en Europa. Desde entonces, este rango a sido usado por los sistemas analógicos desde los años 80's hasta en la actualidad, la CEPT vió a futuro y reservó los 10 MHz de la parte alta de cada banda para la red GSM que se estaba desarrollando. Eventualmente, GSM será ubicado en toda la banda con un ancho de banda de 2x25 MHz. El método elegido por GSM es una combinación de Acceso Múltiple por División de Frecuencia y Tiempo (TDMA/FDMA). La parte de FDMA involucra la división por frecuencia del ancho de banda total de 25 MHz en 124 frecuencias portadoras espaciadas por 200 kHz

## CANALES DE TRÁFICO.

Un Canal de Tráfico (TCH) es usado para llevar voz y tráfico de datos. Los canales de tráfico son definidos usando una multitrama de 26 tramas, o grupo de 26 tramas TDMA. La longitud de una multitrama es de 120 ms, el cual es como la longitud de "un segmento de periodo" es definido (120 ms/26 tramas/8 segmentos de periodo por trama). de las 26 tramas 24 son usados para tráfico, 1 se usa para el Canal de Control Asociado Lento (SACCH) y 1 actualmente no se usa (ver la figura VII.2). Los TCHs para el envío y retorno del enlace están separados en el tiempo por 3 "segmentos de periodo", para que la estación móvil no tenga transmisión y recepción simultánea, simplificando así la electrónica.

Adicionalmente a estos canales TCHs, hay también TCH de media velocidad, aunque no están implementados todavía. Los TCHs de media velocidad duplicará eficientemente la capacidad del sistema en los codificadores de voz de media velocidad (codificando la voz a 7 kbps en lugar de 13 kbps). Los TCHs de alta velocidad son también especificados, y son usados para señalización. En las recomendaciones, hay Canales de Control Dedicado (SDCCCH) llamados "autónomos".



**fig. VII.2.- ORGANIZACIÓN DE LA SECUENCIA, TRAMAS TDMA Y MULTITRAMAS PARA VOZ Y DATOS.**

## CANALES DE CONTROL.

Los canales comunes pueden ser accedidos tanto por modo desocupado móviles como en modo dedicado. Estos son empleados por el móvil en modo desocupado para intercambiar la información de señalización requerida para cambiarse a modo dedicado. Los móviles ya en modo dedicado monitorea las estaciones base circundantes para el handover y otras

informaciones. Los canales comunes están definidos en una multitrama de 51 tramas, para que los móviles dedicados usando la estructura multitrama de 26 tramas de TCH pueda fácilmente monitorear los canales de control. Los canales comunes incluyen:

Canal de Control de Difusión (BCCH), difundiendo constantemente en el enlace de retorno, la información que incluye identificación de la estación base, asignación de frecuencias y secuencias de cambios de frecuencia.

El Canal de Corrección de Frecuencia (FCCH) y el Canal de Sincronización (SCH). Usado para sincronizar el móvil a la estructura de una celda mediante la definición de vecindades de los "segmentos de periodo", y la numeración de los espacios de tiempo. Cada celda en la red GSM radia exactamente un FCCH y un SCH, los cuales son por definición en el espacio de tiempo el número 0 (dentro de una trama TDMA).

El Canal de Acceso Aleatorio (RACH).  
Canal ALOHA Espaciado, usado para la petición de acceso a la red.

El Canal de Localización,  
Usado para avisar a la estación móvil de la entrada de llamadas.

El Canal de Transferencia de Acceso (AGCH).  
Utilizado para asignar un SDCCCH a un móvil para señalización (para obtener un canal dedicado) a continuación de una petición en el RACH.

#### **VII.2.4.- COMPENSACIÓN MULTITRAYECTORIA.**

En el rango de los 900 MHz las ondas de radio rebotan de cualquier edificio, montaña, coche, avión, etc. Así muchas señales reflejadas, cada una con una fase diferente, puede alcanzar una antena. La compensación es usada para extraer la señal deseada de las reflexiones indeseadas. Esta señal conocida es la secuencia de instrucción de 26 bits transmitida en la parte media de cada segmento de espacio de tiempo.

#### **VII.2.5.- CONTROL DE POTENCIA.**

Hay cinco clases de estaciones móviles, clasificadas de acuerdo a su potencia pico transmitida, con valores de 20, 8, 5, 2 y 0.8 wats. Para minimizar la interferencia de co-canal y conservar la potencia, ambas móvil y la Estación Transmisora Base operan a niveles de potencias muy bajas manteniendo una aceptable calidad de la señal. El nivel de potencia puede ser aumentado o bajado en niveles de 2 dB de la potencia pico, para el rango de bajada este puede ser hasta un mínimo de 13 dBm (20 miliwatts).

La estación móvil mide la potencia de la señal o la calidad de la señal (en base al promedio de errores de bits), pasa la información al Controlador de la Estación Base, el que finalmente decide cuando la potencia debe ser cambiada.

## **VII.2.6.- ASPECTOS DE LA RED.**

El protocolo de señalización en GSM esta estructurado en tres capas como se muestra en la figura VII.3 de la siguiente pagina. La capa 1 es la capa física, que usa la estructura del canal descrito anteriormente. La capa 2 es la capa de enlace de datos. A través de la interface Um, la capa de enlace de datos es una versión modificada del protocolo LAPD usado en ISDN, llamado LAPDm. A través de la interface A, la Parte de Transferencia de Mensajes de la capa 2 del sistema de señalización número 7 es usado. La capa 3 del protocolo de señalización es a su vez dividido en 3 subcapas.

### **Administraciones de los Recursos de Radio.**

Controles de establecimiento, mantenimiento y terminación de los canales de radio y parte fija, incluyendo handovers.

### **Administración de la Movilidad.**

Administra la actualización de la ubicación y procesos de registros, así como la seguridad y autorización.

### **Administración de la Conexión.**

Maneja el control de llamadas en general, similar a las recomendaciones CCITT, Q.931 y administra servicios adicionales y el Servicio de Mensajes Cortos.

La señalización entre las diferentes entidades en la parte fija de la red, tales como entre el HLR y VLR, es realizada por la Parte de Aplicaciones Móviles (MAP).

## **ACTUALIZACIÓN DE LA UBICACIÓN.**

Un móvil encendido es informado que una llamada entra por el envío de un mensaje de localización en el canal PAGCH de una celda. Los mensajes de actualización son requeridos cuando se esta moviendo entre las áreas de localización y la estación móvil es registrado en la celda de su actual área de ubicación.

El proceso de actualización de la ubicación y el subsecuente direccionamiento de llamada usa el MSC y 2 registros de ubicación: el Registro de Ubicación Local (HLR) y el Registro de Ubicación de Visitante (VLR).

Cuando una estación móvil es conmutada a una nueva área de ubicación, o se mueve a una nueva área de ubicación de un operador diferente, debe registrarse con la red para indicar su actual ubicación

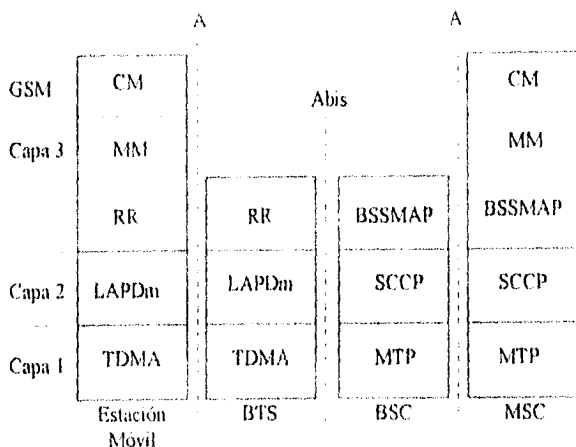


fig. VII.3.- ESTRUCTURA DE PROTOCOLO DE SEÑALIZACIÓN EN GSM.

### SEGURIDAD Y AUTORIZACIÓN.

Debido a que el medio de radio puede ser accedido por cualquiera, la autorización del usuario evita que exista alguien que pretenda serlo, es un elemento importante de una red móvil. La autorización involucra dos entidades funcionales, la tarjeta SIM en el móvil y el Centro de Autorización (AuC). Cada usuario tiene una clave secreta, una copia de la cual esta guardada en la tarjeta SIM y la otra en el AuC.

Otro nivel de seguridad es realizado en el mismo equipo móvil que es opuesto al equipo suscriptor. Como se ha mencionado antes, cada terminal GSM es identificada por un único número de Identificación de Equipo Móvil Internacional (IMEI). Una lista de IMEI en la red es almacenada en el Registro de Identificación de Equipo (EIR). El nivel retornado en respuesta a una pregunta del IMEI al EIR es uno de los siguientes:

- Listado blanco; la terminal es permitido para conectarse a la red.
- Listado gris; la terminal esta bajo observación de la red por posibles problemas.
- Listado negro; la terminal a sido reportado robado.

### VII.2.7.- CONCLUSIÓN.

El sistema GSM y su gemelo el sistema que opera a 1800 MHz, llamado DCS1800, son un primer enfoque de una verdadero sistema de comunicación personal. La tarjeta SIM es un enfoque novedoso que completa la movilidad personal además de la movilidad de la terminal. Junto con el roaming internacional y el soporte de una variedad de servicios tales como

telefonía, transferencia de datos, fax, servicio de mensajes cortos y servicios adicionales, GSM viene casi a completar los requerimientos para un sistema de comunicación personal: que se esta utilizando como base para la siguiente generación de tecnología de comunicación móvil en Europa, el Sistema de Comunicación Móvil Universal (UMTS).

### **VII.3.- PCS (PERSONAL COMMUNICATIONS SERVICE)**

En la última década los proveedores de los sistemas celulares habían convencido a la FCC que el sistema celular proporcionaba alta eficiencia del espectro. Además el público en general se empezó a interesar en el sistema celular y como resultado había un inesperado aumento del promedio de suscriptores con respecto a las predicciones del mercado y al punto de vista pesimista que se tenía de la expansión del sistema celular. Ahora toda la industria de las comunicaciones ha empezado a reconocer que el sistema celular es un negocio potencialmente fuerte y cada uno esta ansioso de empezar a operar en este campo. A mediados de 1991 la Comisión Federal de Comunicaciones dió una noticia que informaba de como se debía desarrollar e implementar un nuevo servicio de comunicación personal (PCS). A partir de entonces la comunidad de comunicaciones inalámbricas empezó a tomar una gran acción al respecto.

PCS es definido como el uso de radio por individuos que no están en contacto con una red de conmutación pública alámbrica. Por lo que la característica más significativa de la próxima generación de estos servicios es la comunicación de persona a persona en lugar de estación a estación. Con esto se tiene una expectativa para que en el futuro mediante la utilización de PCS se utilice el mismo teléfono en diferentes medios en conjunción con una PBX inalámbrica, o para servicio telefónico publico móvil.

#### **VII.3.1.- LAS PRIMERAS LLAMADAS EN PCS. BASADAS EN CDMA.**

PrimeCo PCS, L. P., La unión de AirTouch, Bell Atlantic, NYNEX y US WEST, Actualmente están realizando las primeras llamadas en la red de servicios de comunicación personal (PCS) inalámbrica y la primera llamada telefónica del mundo en un sistema instalado comercialmente usando Acceso Múltiple por División de Código (CDMA) de tecnología digital en el espectro de radio de los 1900 MHz.

La conectividad a nivel nacional de las asociaciones inalámbricas ha sido demostrada con llamadas inalámbricas simultáneas originadas de ambos sistemas PCS de Dallas y Houston a San Francisco y Arlington contra teléfonos alámbricos.

En este año PrimeCo PCS planea ofrecer la nueva generación de servicios de comunicación inalámbrica digital a los usuarios en Chicago, Honolulu, Houston, Jacksonville, Miami, Milwaukee, Nueva Orleans, Richmond, San Antonio y Tampa. Los servicios y productos de la compañía satisfecerán las necesidades específicas de los usuarios buscando facilitar y simplificar los servicios inalámbricos para ponerlo en contacto con otros que ya

existen en el mercado. Para los empresarios, se ofrecerían soluciones inalámbricas para estar en contacto con sus clientes, usuarios y la oficina a un precio razonable. Además de los servicios de voz, se planea ofrecer servicios inalámbricos avanzados, tales como fax móvil, datos y mensajes cortos.

Las llamadas ahora también son más significativas porque el sistema CDMA en ambas ciudades ha demostrado un Handoff flexible entre las torres de radio. Cuando las llamadas están pasando de una sitio de celda a otro adyacente, cuando el usuario del teléfono viaja a través de la red, la flexibilidad del handoff se debe a que la llamada es simultáneamente procesada por las antenas de múltiples sitios de celda y la mejor es el que toma la llamada.

La primera llamada en el área de Dallas/Fort Worth se realizó usando tres estaciones base SC(TM)4800 de Motorola, uno de los principales equipos de sitio celular de la industria para soportar las tecnologías de radio para el nuevo mercado de PCS y un conmutador EMX2500 #174.

El lugar en el que se realizó la primera llamada en el área de Dallas/Fort Worth tuvo lugar en Mesquite, Texas, donde hay tres estaciones base "activos", colocados para comunicarse con un conmutador central cercano al centro de Dallas. El espacio alquilado de las antenas en las tres sitios en Mesquite es de Texas Utilities (TU) utilizando las ya existentes torres de transmisión eléctrica de alto voltaje. Las dos compañías anunciaron una asociación para Texas en mayo del año pasado cuando TU compró el 20 de las acciones de PrimeCo en Texas. La asociación ha demostrado como las empresas de servicio público y las compañías de comunicaciones pueden asociarse para llevar eficientemente servicios a las comunidades.

Las primeras llamadas en el área de Houston tuvo lugar de un vehículo moviéndose a través del centro de Houston, donde tres miniceldas CDMA PCS de AT&T conectadas a un Conmutador 5ESS-2000 #174; que soporta simultáneamente servicios alámbricos e inalámbricos.

La tecnología CDMA que se esta utilizando en San Diego es de la Corporación QUALCOMM, se esta adoptando ya por muchos portadores inalámbricos. CDMA proporciona beneficios adicionales para los usuarios incluyendo la calidad de voz superior, aumento de la privacidad, protección contra fraudes, servicios de mensaje y mayor durabilidad de las baterías en los teléfonos.

Las primeras llamadas fueron hechas empleando QCP-1900, que son aparatos portátiles de PCS proporcionados por QUALCOMM, un fabricante de las Infraestructuras de CDMA y equipos de usuario. En Dallas, además las llamadas se hicieron usando un teléfono de prueba CDMA-1900 de Motorola. Ambos aparatos están bajo consideración para ofrecerlo a los usuarios.

### **VII.3.2.- CONCLUSIÓN.**

PCS puede tener éxito en la competencia con el celular, a pesar de que llega tarde. Por otro lado, los proveedores de PCS pueden diseñar sus sistemas desde sus inicios para soportar grandes números de usuarios quienes usarían teléfonos portátiles de baja potencia. Debido a esto el sistema PCS usaría tecnología digital, su capacidad potencial será tan grande que los actuales sistemas celulares.

Los grandes territorios de las licencias dan otra ventaja a los proveedores de PCS. Y el éxito ofrecido por las grandes licencias de PCS tendrán la capacidad financiera con la existencia de negocios que tienen afinidad con PCS.

En otras palabras, los proveedores de PCS tendrán la capacidad y la necesidad de servir a un mercado muy grande. Forzados a responder, los operadores celulares tendrán que bajar sus precios sin las áreas de cobertura de PCS. La adición de los nuevos servicios de información se cree que bajará el precio y estimulará a los usuarios celulares a usar substancialmente más minutos de servicios.

Los proveedores de servicio entre conmutadores podría tener grandes ganancias de PCS, aunque no adquieren licencias. La competencia en la red local bajaría el costo que IXCs ahora pagan a los proveedores de conmutación local para completar cualquier llamada de larga distancia. Debido a esto, el precio, constituye una gran parte de los costos de IXC (InterExchange Carriers) y tiene un papel importante en el éxito de PCS.

### **VII.4.- ARQUITECTURA DE ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO.**

CDMA representa una forma muy diferente para estructurar un sistema de radio por circuito múltiple. En lugar de hacer la transmisión individual retenida y separada de una u otra frecuencia o tiempo como ocurre en la trayectoria de los sistemas FDMA y TDMA, el sistema CDMA intencionalmente combina un número amplio de transmisiones en el mismo canal y en el mismo tiempo. En otras palabras, CDMA permite diferentes transmisiones en el que intervienen diferentes controladores. El truco consiste en que cada transmisión esta sujeta a un nivel adicional especial de codificación antes de ser enviada. Esta capa extra de codificación asigna una estructura única a cada transmisión que la mantendrá igual cuando muchas transmisiones llegan a ser mezcladas. Cada transmisor tiene un código único que es propio. El receptor en turno reconoce el código único de la señal deseada entre todas las demás señales.

#### **VII.4.1.- TÉCNICAS DE DIVISIÓN DE CÓDIGO.**

Los métodos actuales para establecer la división de código son complejos y diversos. El sistema CDMA realmente no es una técnica única, pero es aprovechable para estructurar un uso múltiple, o bien sistemas de comunicación por acceso múltiple, que pueden ser



implementados en un número de trayectorias diferentes. Las dos formas más comunes de división de código son:

1.- Espectro expandido de frecuencias salteadas (FH/SS), que se ilustra en la figura VII.4. Este es aprovechable, ya que el espectro total permitido, es dividido dentro de un número amplio de bandas de frecuencia, un poco parecido a los canales denominados de frecuencia en un sistema FDMA, pero en lugar de asignar a cada usuario un canal único (para la duración de la llamada), el transmisor es introducido al salto de canal a canal en una secuencia muy rápida. Cada usuario sigue uno distinto, una secuencia única de saltos. La secuencia de saltos es diseñada para minimizar la probabilidad de que cualquier salto que se tenga pueda desplazarse en la misma frecuencia y en el mismo tiempo como otro usuario, la división de código es simplemente por variación de la secuencia de frecuencia-saltadas de usuario a usuario. La figura VII.4 muestra como dos usuarios ortogonales pueden ocupar el mismo ancho de banda de canal en el mismo tiempo a través de FH/SS. Es conveniente notar que la secuencia de códigos no garantiza que la colisión no pueda ocurrir, simplemente limita la cantidad de interferencia mutua a un nivel definido.

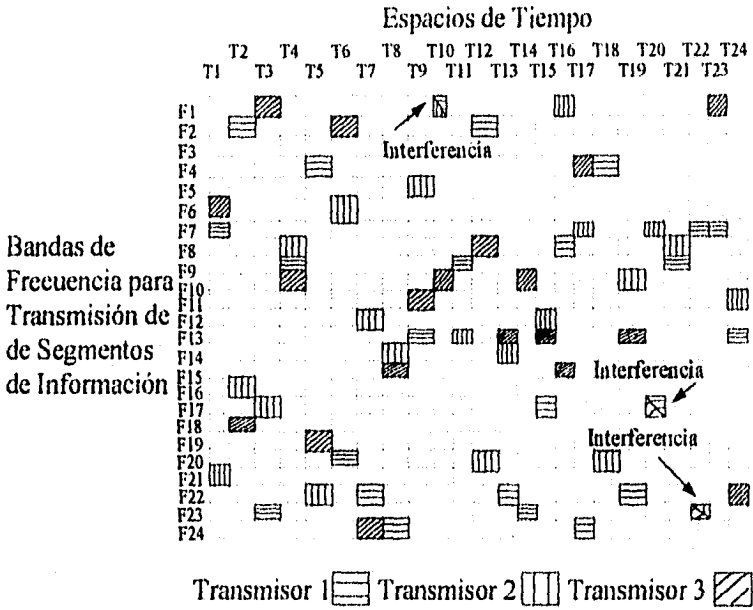


fig. VII.4.- ESPECTRO EXTENDIDO DE FRECUENCIA SALTEADA.

2.- Espectro expandido de secuencia directa (DS/SS), que se ilustra en la figura VII.5 de la pagina siguiente. Esencialmente este comprende la combinación de la señal de información sostenida con otra señal digital, puesto que es generada a una proporción muy rápida y sobre un ancho de banda amplio. Esta segunda señal porta el único código ortogonal. Esta aparente

propiedad es muy similar al ruido, y es frecuentemente llamada como secuencia de pseudo-ruido. Donde las señales son combinadas, siendo estas la señal de información de proporción baja con la señal de pseudo-ruido de proporción alta. Obteniéndose como resultado una señal combinada que es muy parecida a una señal de ruido, pero que contiene la información de señal incrustada en este código.

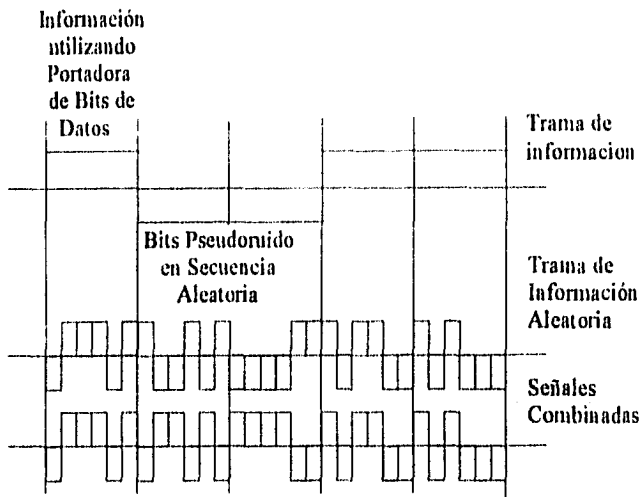


fig. VII.5.- ESPECTRO EXTENDIDO CON SECUENCIA DIRECTA.

#### VII.4.2.- TECNOLOGÍA CDMA.

La tecnología CDMA inalámbrica ofrece una gran cantidad de ventajas exclusivas e inherentes que constituyen la base para un sistema de red local inalámbrico. CDMA codifica en forma única cada conversación o transmisión de datos, permitiendo de este modo extender múltiples transmisiones a lo largo de un amplio segmento del espectro. La eficacia de este ancho de banda y el mayor alcance de la señal se combinan para permitir que CDMA pueda ofrecer una amplia gama de ventajas con respecto a otros sistemas inalámbricos como sistemas de líneas alámbricas. CDMA es un estándar inalámbrico digital internacional aprobado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU). En América del Norte, la Asociación de la Industria de Telecomunicaciones y la Asociación de Industrias Electrónicas han adoptado el CDMA como el estándar celular digital (IS-95), que ofrece no sólo la más alta calidad y las soluciones inalámbricas más efectivas y económicas disponibles actualmente, sino también métodos avanzados de crecimiento futuro. Al contar con el sistema de red local inalámbrico empleando tecnología CDMA, se podrán ofrecer ventajas a los proveedores de servicios y los usuarios. Siendo las siguientes:

- a) Efectividad y economía en áreas densamente pobladas permitiendo disponer de 10 a 20 veces más capacidad de sistema con respecto a otros sistemas inalámbricos.
- b) Los costos originales de infraestructura del equipo son menores debido a la mayor capacidad y amplia cobertura del CDMA. Los requerimientos de la estación base pueden reducirse de 50% a 75%, permitiendo ahorrar a corto plazo gastos de capital, de espacio, reducir a largo plazo los costos operativos y de mantenimiento.
- c) El sistema puede ser instalado y puesto en servicio rápida y eficazmente en áreas comerciales, residenciales y rurales puesto que no requiere la compra de derechos de vía, la excavación de zanjas para el tendido de cables o la colocación de líneas aéreas exigidas por los costosos sistemas de líneas alámbricas.
- d) El sistema de código que utiliza CDMA permite disponer de una calidad de voz y claridad superiores.
- e) El código digital exclusivo del CDMA que se utiliza en cada conversación o transmisión de datos permite obtener un alto grado de privacidad en la llamada.
- f) El sistema de red local inalámbrico con CDMA acepta una amplia variedad de interfaces de red estándar, entre las que se encuentran RDSI, PRI y el sistema N° 7 de señalización por canal común. Además el sistema ha sido diseñado para ser compatible y poder conectarse fácilmente a centrales terminales urbanas digitales existentes o a centrales interurbanas.

Un sistema de red local inalámbrico empleando tecnología CDMA podrá también tener muchos más usuarios en áreas más grandes y en el mismo espectro. Los costos operativos son menores ya que un sistema de este tipo requiere menos celdas, lo que conlleva a utilizar mejor las características del sitio, reducir los costos asociados, las limitaciones ambientales y los costos constantes de mantenimiento, con opción a ampliarse fácilmente puesto que todas las estaciones base operan en la misma banda de frecuencia y no requieren planes de frecuencia entre estaciones base superpuestas. El sistema acepta hasta 45 llamadas simultáneas en cada sector por canal de 1.25 MHz, con flexibilidad para crecer, ya que la capacidad del sector está diseñada para ser flexible y que durante las horas de mucho tráfico, el sistema puede asignar automáticamente recursos dinámicos para aceptar la sobrecarga, sin afectar la calidad en la voz.

El sistema actualmente disponible opera en las bandas de frecuencia de 800 y 1,900 MHz y en un futuro cercano existirá en otras bandas de frecuencia. Este sistema local inalámbrico con tecnología CDMA ha sido diseñado con un factor de reutilización de frecuencia de 1, lo que elimina la necesidad de coordinar la planificación de frecuencias de las celdas. Los protocolos de la red estándar (SCC7, R2 y muchos otros) y la Red Inteligente Avanzada podrán conectarse a medida que estén disponibles. Debido a que se requieren menos celdas que en otros sistemas inalámbricos, los requisitos de los equipos de conexión terrestre son menores. El protocolo de paquete ATM de longitud variable que se utiliza para las transmisiones entre la estación base (BTS) y el controlador de la estación base (BSC) permite transportar hasta cinco veces más llamadas a través del medio de transporte. El, también el

BSC puede ser configurado para prestar servicio a más de 100.000 usuarios mediante el simple agregado de hardware, de igual forma la capacidad de las celdas puede aumentarse agregando más elementos de canal, más sectores (hasta nueve sectores por celda) o canales de RF CDMA, dentro de las limitaciones impuestas por el espectro disponible. El sistema inalámbrico con CDMA interactúa y se comunica con el resto de la red de teléfonos públicos interurbanos (PSTN) como una central terminal de igual importancia, minimizando de este modo el esfuerzo que deben hacer los conmutadores adyacentes para aceptar sistemas inalámbricos con CDMA nuevos o adicionales, además los sistemas tienen redundancia incorporada por medio del sistema de traspaso automático. El sistema también cuenta con una flexibilidad de diseño que ofrece una amplia gama de respaldo a la interfaz interurbana para controlar las llamadas y la entrega de mensajes; la forma y el funcionamiento de la interfaz de usuario de la estación del abonado es similar a la de los sistemas de teléfono de líneas alámbricas.

Con respecto a los servicios de datos y facsímiles, da la facilidad para que los usuarios puedan disponer de capacidades que necesitan, tal como servicio simultáneo de voz y datos y cambio de voz a facsímil y de facsímil a voz durante la misma llamada. Además un sistema de enlace inalámbrico con CDMA proporciona un servicio fijo y acepta también varios niveles de servicio móviles. Esto permite que el sistema pueda convertirse en un servicio portátil y totalmente móvil si fuera necesario.

Otras ventajas que se ofrecerán a los usuarios empleando esta tecnología es la reproducción de voz de alta calidad con eliminación del ruido de fondo aun en ambientes con mucho ruido, así mismo el codificador de voz de 13 kbps y velocidad variable ofrece la calidad de voz a la que se está acostumbrado con los sistemas de línea alámbrica. Esta calidad ha podido mejorarse aún más gracias al receptor de rastreo de CDMA que combina sistemáticamente señales provenientes de múltiples rutas para mejorar la señal de recepción y reducir el debilitamiento de la señal, obteniendo de este modo mejor calidad de voz. Los usuarios pueden hablar más y desde más lugares, dado que la señal de espectro extendido de CDMA tiene más cobertura, tanto en lugares cerrados como al aire libre. Además se pueden hacer llamadas de mejor calidad en ambientes que presentan obstáculos, tales como ciudades y zonas con colinas, en las cuales las señales reflejadas producen interferencias. Al eliminar las señales de ocupado, las llamadas interrumpidas y el cruce de señales que ocurren por la sobrecarga del sistema, se obtiene mayor capacidad y servicios más confiables. De igual forma la privacidad de la llamada ha sido mejorada permitiendo el acceso a más de 4.4 billones de códigos que permiten distinguir llamadas individuales, teniéndose también una rápida instalación inalámbrica del sistema y servicios de activación a distancia, con lo cual los usuarios pueden utilizar inmediatamente el servicio. Estos desarrollos tecnológicos son importantes porque abaratan el costo de los equipos, permitiendo con ello a que llegue a un mayor número de usuarios.

## CAPÍTULO VIII.

### CONCLUSIONES

El objetivo general de esta tesis fue tener una visión amplia de la telefonía actual en México, de tal forma que se pueda entender el cambio de los sistemas actuales y el ingreso de los futuros avances tecnológicos para sistemas venideros. Dentro de los objetivos particulares se determinó el desarrollar un análisis de los sistemas inalámbricos existentes en nuestro país y de los futuros sistemas, además de presentar una aplicación práctica del acceso inalámbrico y de la administración de un proyecto. Al concluir este trabajo escrito podemos estar seguros que cualquier persona con un poco de conocimientos básicos de comunicaciones y de electrónica, podrá obtener un enfoque amplio en teoría y equipo de sistemas inalámbricos para comunicación telefónica

En resumen, la telefonía celular surge por la necesidad de un sector de la sociedad de disponer de un servicio telefónico que complementara la red alámbrica, con el fin de evitar deficiencias en cuanto a servicio y transmisión de señal, que ofreciera movilidad y disponibilidad de comunicación continua en distintos lugares.

Con el paso del tiempo el incremento de usuarios requirió del mejoramiento de este servicio, para hacerlo más accesible en operación y en el costo de uso; lo que hizo que este servicio se convirtiera en una fuerte competencia de la telefonía convencional y tuviera mayor aceptación, logrando expandirse mucho más rápidamente que en sus inicios. Dados los beneficios y ventajas que se han obtenido con esta tecnología, sus principios de operación han sido aprovechados para tener una variante de aplicación enfocada a la telefonía local inalámbrica fija, con el propósito de ofrecer un servicio telefónico en lugares donde este no ha sido factible.

El tema de la tesis es importante y de actualidad porque las comunicaciones inalámbricas están abriendo nuevos e innovadores mercados, así como atraer nuevos negocios donde el servicio telefónico nunca antes resultó práctico. Además, las comunicaciones inalámbricas pueden proporcionar un servicio temporal en eventos especiales, proyectos a corto plazo o servicios de emergencia, debido a que estos sistemas pueden planificarse, instalarse y ponerse en funcionamiento en cuestión de semanas si fuera necesario. Un sistema de este tipo permite alta calidad por costo efectivo, para compañías telefónicas regionales o nacionales. El sistema también ofrece beneficios substanciales con respecto a la competencia de tecnología alámbrica. Las ventajas que este sistema ofrece al operador son:

- a) Flexibilidad y rápido establecimiento de servicio telefónico.
- b) Áreas de cobertura amplia por sitio de celda.
- c) Capacidad amplia por MHz de espectro.
- d) Comodidad de expansión del sistema.
- e) Costo de la vida útil del equipo.
- f) Costo de instalación (evitando altos costos en infraestructura de cableado)

g) También ofrece ventajas claras con respecto a otras tecnologías en términos de: Avance de facilidades, calidad de voz superiores y privacidad inherente.

La red local inalámbrica proporcionan una gran calidad, así como servicios de telecomunicaciones confiables para las expectativas de redes avanzadas que se requieren actualmente. En adición a esto, las soluciones inalámbricas eliminan muchos de los problemas y costos asociados con planes alámbricos, tales expectativas incluyen extensión de cables de cobre o fibra óptica, derechos de vía, excavación de caminos y zonas con alto tráfico, y mantenimiento externos a la planta. Por tal motivo la red local inalámbrica representa un costo menor y efectivo con respecto a una red local alámbrica, tanto en costo por suscriptor y de la vida útil del equipo.

La rapidez y el costo serán los factores determinantes en la construcción de las nuevas infraestructuras para servicios locales, y la tecnología inalámbrica lleva ventaja en ambos aspectos. se espera que en un futuro inmediato, más de la tercera parte de las nuevas conexiones de líneas de usuarios utilizarán sistemas inalámbricos para accederse a la infraestructura de la red pública conmutada.

Las soluciones de red local inalámbrica también decremantan el tiempo para establecer una red, dado que se requiere menos equipo para completar un sistema de este tipo, también facilita la flexibilidad y capacidad para atraer los cambios que demandan los clientes en el futuro.

El sistema de telefonía inalámbrica hace todas las funciones de un sistema cableado, y aún en muchos casos lo mejora (por ejemplo calidad de voz, eficiencia del sistema y privacidad), aunque todavía existen varias razones para que el sistema celular fijo aún represente un pequeño segmento del mercado de las telecomunicaciones en América Latina.

Inherentemente, los fabricantes de tecnología celular móvil, han concentrado la investigación en los usuarios de servicio móvil y desarrollando el sistema celular fijo, teniendo como principal punto de mejora la asignación de frecuencia por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

De hecho, hasta que el precio de los servicios inalámbricos baje, las redes inalámbricas no serán consideradas como un sustituto de las líneas alámbricas; pero constituyen la mejor opción para tener un servicio eficiente en cualquier lugar, asimismo consideramos que este sistema sigue siendo una buena alternativa para cumplir con las metas que se ha propuesto la SCT para el año 2000 de tener 47 líneas telefónicas por cada 100 habitantes, dado que en la actualidad sólo se tienen 9 líneas por cada 100 habitantes.

Los sistemas de acceso inalámbrico tendrán una función clave, representando hasta un 30% del total de las nuevas líneas a finales de siglo. La introducción de los sistemas inalámbricos locales y la competencia del mercado del servicio local podrían hacer bajar los costos de infraestructura y servicios, aumentar la penetración de teléfonos y expandir drásticamente el tamaño del mercado de servicio local.

A consecuencia de la crisis económica que enfrenta actualmente México y la fluctuación que a tenido el peso mexicano con respecto al dólar, hay posibilidades de tener un impacto adverso a corto plazo, sobre el mercado del servicio local, debido a que los ingresos reales del mercado cautivo han bajado mucho y los costos de la infraestructura han aumentado; por lo tanto, los nuevos proveedores de servicios telefónicos enfrentarán algunas dificultades reglamentarias, técnicas y económicas a corto plazo, pero las expectativas a largo plazo son muy alentadoras para el sistema inalámbrico.

Como se pudo constatar a lo largo del trabajo escrito, en la actualidad el desarrollo de nuevas tecnologías inalámbricas en cuanto a equipo y a sistemas, ha conducido a plantear nuevas propuestas para reducir costos y mejorar la calidad en el servicio y la operación, eficientizar el uso del espectro radioeléctrico disponible, y con una tendencia a aumentar el número de usuarios y áreas de cobertura; todo esto enfocado a tener un sistema global que permita tener acceso a cualquier lugar y sistema de comunicación.

El desarrollo de la tesis consistió en una investigación tanto teórica como de campo; durante la cual encontramos algunas restricciones de información que pudieron afectar la extensión y profundidad del estudio, pero consideramos que el contenido y objetivos propuestos en un principio sí fueron cubiertos. Algunas restricciones administrativas por parte de las empresas que permitieron el acceso a sus instalaciones, nos limitaron el acceso, así como información y documentación propia, pero todo esto es comprensible por la seguridad en los sistemas y de la empresa, por cuestiones de mercadotecnia y competencia.

Es por todo esto que consideramos cubierto el objetivo al final de estos capítulos con la pequeña o grande contribución que ofrece el análisis de la telefonía celular y la inalámbrica fija.

Agradecemos a las compañías telefónicas de México y a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes por autorizarnos el acceso a sus instalaciones e información; así como a los profesores por el apoyo y colaboración para que pudiéramos realizar este trabajo con éxito. Pero sobre todo agradecemos a la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente a la Facultad de Ingeniería (FI), por los años de enseñanza y preparación, conocimiento y desarrollo de la aptitud y actitud, que nos permitirán enfrentarnos a los retos y oportunidades que nos ofrezca nuestra vida profesional y poner de esta forma en alto el nombre de nuestra institución por el bien social.

Alfaro Grajeda Juan Carlos.

Calve Fernández Salomón.

Juárez Maldonado Jorge Alberto.

Miguel García Isaías.

## ANEXOS

### ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS DE LA SCT

La atribución de bandas de frecuencias se divide en dos partes denominadas: internacional y México.

La parte internacional refleja fielmente la actual atribución mundial de bandas de frecuencias contenida en el Reglamento de Radiocomunicaciones (Edición 1990) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), y tiene el propósito de indicar la compatibilidad de servicios nacionales de radiocomunicaciones de nuestro país en el marco internacional.

Con el propósito de planificar, atribuir y asignar las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico, y que todos los países puedan compartir este recurso limitado en forma adecuada, en la UIT se ha dividido al mundo en tres Regiones. Con base en dicho concepto, la parte internacional del "Cuadro Nacional" consta de tres columnas nombradas como REGIÓN 1, REGIÓN 2 y REGIÓN 3, definidas de manera general como sigue:

REGIÓN 1: Europa y Asia (asimismo debe incluirse lo que era la U.R.S.S., tanto europea como asiática, Mongolia y Turquía).

REGIÓN 2: Continente Americano (México forma parte de esta Región).

REGIÓN 3: Asia y Oceanía (excepto lo que era la U.R.S.S., Mongolia, y Turquía).

La parte correspondiente a México, esta conformada por dos columnas denominadas como "SERVICIOS" y "NOTAS".

### CUADRO NACIONAL:

En el reglamento de Telecomunicaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.), se encuentran, entre otras cosas, las definiciones siguientes:

#### - Cuadro de Atribución de Frecuencias:

Cuadro donde se inscriben las bandas de frecuencias atribuidas a diferentes servicios de radiocomunicación terrestre o por satélite o para servicios de radioastronomía, señalando la categoría atribuida a los diferentes servicios así como las condiciones específicas y restricciones en el uso de algunas frecuencias por determinados servicios de radiocomunicación.



#### - Atribución de una Banda de Frecuencias:

Inscripción en el Cuadro de Atribución Nacional de Frecuencias, de una banda de frecuencias determinada, para que sea utilizada por uno o varios servicios de radiocomunicación terrestre, por satélite o por servicio de radioastronomía en condiciones específicas.

#### - Espectro Radioeléctrico:

Medio o espacio por donde se propagan las ondas radioeléctricas.

Ampliando el concepto de Espectro Radioeléctrico podemos decir que se trata de un conjunto de radiofrecuencias cuyo límite se fija convencionalmente por debajo de 3000 GHz de la manera siguiente:

BANDA NUMERO	SUBDIVISIÓN DE FRECUENCIAS	RANGO DE FRECUENCIAS
4 VLF	Frecuencia muy Baja	3 a 30 kHz
5 LF	Frecuencia Baja	30 a 300 kHz
6 MF	Frecuencia Mediana	300 a 3000 kHz
7 HF	Frecuencia Alta	3 a 30 MHz
8 VHF	Frecuencia muy Alta	30 a 300 MHz
9 UHF	Ultra Alta Frecuencia	300 a 3000 MHz
10 SHF	Super Alta Frecuencia	3 a 30 GHz
11 EHF	Frecuencia Extremadamente Alta	30 a 300 GHz
12	300 a 3000 GHz	

Con el propósito de reglamentar y normalizar los servicios de radiocomunicación en el ámbito nacional, la S.C.T., tiene en cuenta los acuerdos internacionales, así como las modalidades propias que resultan de satisfacer las necesidades internas de uso del espectro radioeléctrico en nuestro país. Por tanto, la S.C.T., considera las disposiciones establecidas en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la U.I.T., en el cual aparece un cuadro con la atribución internacional de bandas de frecuencias comprendidas entre 9 kHz y 275 GHz.

El Cuadro Nacional muestra la forma en que se utiliza el espectro radioeléctrico en México para proporcionar una gran variedad de servicios, todos ellos de importancia para contribuir al desarrollo e integración de nuestro país.

#### CUADRO DE ATRIBUCIÓN NACIONAL DE FRECUENCIAS DE MÉXICO

A fin de observar la aplicación práctica del Cuadro Nacional, consideremos que en su parte "Internacional", se habla de servicios FIJO, MÓVIL AERONÁUTICO, MÓVIL TERRESTRE, etc., en forma general. En la parte de "México" en sus columnas "Servicios" y

"Notas", se especifica las modalidades de tales servicios en cuanto a su uso en México. A continuación se presentan algunos ejemplos sobre algunas modalidades de servicios de radiocomunicación que están en operación en nuestro país, que dependen de la banda de frecuencia utilizada.

- **FIJO** (Restringido de señales de televisión, Radiotelefonía, Radiotelegrafía, Enlaces estudio-planta para los sistemas de radiodifusión de AM y FM, música continua, enlaces de microondas punto a punto y punto a multipunto, y radiotransmisión de datos).
- **MÓVIL AERONÁUTICO** (Control de tránsito aéreo y telecomunicaciones aeronáuticas).
- **MÓVIL TERRESTRE** (Radiotelefonía celular, radiocomunicación móvil especializada de flotillas, radiolocalización móvil de personas, búsqueda de personal radio telefonía privada, banda civil y sistemas personales de comunicación).
- **RADIODIFUSIÓN** (Sonora en amplitud modulada, sonora en frecuencia modulada y de televisión en VHF y en UHF).
- **FIJO POR SATÉLITE** (Sistema de Satélites Morelos y Solidaridad).
- **MÓVIL MARÍTIMO** (Comunicaciones costera-costera, costera-barco y barco-barco).

A continuación veremos el Cuadro de Atribución Nacional de Frecuencias de México que contiene el uso del espectro radioeléctrico para los servicios de radiocomunicaciones.

### CUADRO DE ATRIBUCIÓN NACIONAL DE FRECUENCIAS

INTERNACIONAL (en MHz)

MEXICO (en MHz)

REGIÓN 1	REGIÓN 2	REGIÓN 3	SERVICIOS	NOTAS
430-440	430-440		430-440	M89
AFICIONADOS	RADIOLOCALIZACIÓN		FIJO	M91
RADIOLOCALIZACIÓN	Aficionados		MÓVIL	
653 654 655 656			TERRESTRE	
657 658 659 661				
662 663 664 665			Aficionados	por
	653 658 659 660 660A 663 664		Satélite	
			660A 664	

449-450

FIJO  
MÓVIL salvo móvil aeronáutico  
Radiolocalización

651 652 653 666 667 668

440-450  
MOVIL

TERRESTRE  
MEDIANTE  
SISTEMAS DE  
PORTADORA  
COMÚN FIJO  
PARA LA RED DE  
SISMOLOGÍA

M92

450-460

FIJO  
MÓVIL  
653 668 669 670

450-470  
FIJO  
MÓVIL

M93  
M94

460-470

FIJO  
MÓVIL  
Meteorología por satélite (espacio-Tierra)  
669 670 671 672

470-790

RADIODIFUSIÓN

470-512  
RADIODIFUSIÓN  
Fijo  
Móvil  
674 675

470-585  
FIJO  
MÓVIL  
RADIODIFUSIÓN

470-512  
FIJO  
MÓVIL  
TERRESTRE  
RADIODIFUSIÓN  
674

M95  
M96

676 677A 682 683 684  
685 686 686A 687 689  
693 694

512-608  
RADIODIFUSIÓN  
678

673 677 679

512-608  
RADIODIFUSIÓN  
DE  
TELEVISIÓN  
608-614  
RADIOASTRONOMÍA

M95  
M97

585-610  
FIJO  
MÓVIL  
RADIODIFUSIÓN  
RADIONAVE-  
GACION  
688 689 690

608-614  
RADIOASTRO-  
NOMÍA  
Móvil por satélite  
salvo móvil  
aeronáutico por  
satélite (Tierra-  
espacio)

610-890  
FIJO  
MÓVIL  
RADIODIFUSIÓN

614-806  
RADIODIFUSIÓN  
DE TELEVISIÓN  
693

M95

614-806  
RADIODIFUSIÓN  
Fijo

790-862			Móvil			
FIJO			675 692 692A			
RADIODIFUSIÓN			693			
694 695 695a 696 697 702						
			806-890			
			FIJO			
862-890			MÓVIL		806-890	
FIJO			RADIODIFUSIÓN		MÓVIL	
MÓVIL	salvo	móvil			TERRESTRE	
aeronáutico				677 688 689 690	700	M98
RADIODIFUSIÓN		703		691 693 701		M99
Radiolocalización						
890-942			890-902	890-942	890-960	M99
FIJO			FIJO	FIJO	FIJO MÓVIL	M100
MÓVIL	salvo	móvil	MÓVIL	salvo		
aeronáutico			móvil			
RADIODIFUSIÓN		703	aeronáutico	MÓVIL		
Radiolocalización			Radiolocalización	RADIODIFUSIÓN		
			704A 705	Radiolocalización		
			902-928			
			FIJO			
			Aficionados			
			Móvil	salvo		
			móvil			
			aeronáutico			
			Radiolocalización			
			705 707 707A			
			928-942			
			FIJO			
			MÓVIL	salvo		
			móvil			
			aeronáutico			
			Radiolocalización			
			705	706		

**DESCRIPCIÓN DE NOTAS NACIONALES:**

- **M89** La banda de 417.6000-418.4000 MHz es utilizada por el servicio fijo multicanal para enlaces de 24 canales telefónicos, servicio de radiotelefonía rural (la banda complementaria es 430-430.8 Mhz).

- **M91** En el continente Americano la banda de 435-438 MHz se utiliza para el servicio de radioaficionados por satélite a título secundario.
- **M92** En la banda de frecuencias de 440-450 MHz operan sistemas radiotelefónicos privados y concesionados móviles de portadora común, con y sin enlace a la red telefónica pública. En esta banda se encuentran frecuencias para la red telefónica pública. En esta banda se encuentran frecuencias para la red sísmológica nacional.
- **M93** Consultar el acuerdo de la S.C.T., por el que se atribuye a los servicios fijo y móvil que se marcan en el mismo, el uso de la banda de 450-470 MHz, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 1 de diciembre de 1977.
- **M94** La banda 450-470 MHz es extensamente utilizada en ciudades y regiones de todo el país. En esta banda, en conjunto con la de 148-174 MHz descansa el soporte nacional de radiocomunicaciones privadas de entidades gubernamentales, empresas paraestatales y privadas, a través de estaciones fijas de base, móviles y portátiles formando redes de gran alcance mediante repetidores situados en cerros o grandes torres. También existen sistemas de telefonía rural.
- **M95** Se destinan las bandas de 470-608 MHz (canales de TV del 14 al 36) y de 614-806 MHz (canales de TV del 38 al 69), para el servicio de radiodifusión de televisión. Las condiciones que se aplican para su uso se encuentran en el Convenio celebrado entre México y los Estados Unidos de América, relativo al uso de canales de televisión en UHF comprendidos del 14 al 69, y en las normas técnicas publicadas por la S.C.T. Ver la nota M96.
- **M96** Se destina la banda de 470-512 MHz en forma compartida con el servicio de radiodifusión de televisión, para los servicios fijo y móvil terrestre en aquellas poblaciones cercanas a la frontera con los Estados Unidos de América, o a las que tengan una densidad de población: México, D.F., Guadalajara, Jal., Monterrey, N.L., etc. Las condiciones que se aplican para dicha comparación son proporcionadas por la SCT.
- **M97** La banda 608-614 MHz, se destina en exclusiva al servicio de radioastronomía.
- **M98** La banda 806-890 MHz está destinada en exclusiva para los servicios móviles y se cuenta con un Acuerdo bilateral entre México y los Estados Unidos para regular su uso en la zona fronteriza. Las diversas modalidades de servicios a nivel nacional, son las siguientes: Rangos de 806-821/851-866 MHz Radiocomunicación Móvil especializada de flotillas en rutas carreteras y ciudades; rangos de 821-824/866-869 MHz Radiocomunicación para seguridad pública y privada; rangos de 824-825/869-870 MHz Ampliación para radiotelefonía celular a concesionarios "A"; rangos de 825-835/870-880 MHz Radiotelefonía celular destinada a concesionarios "A" y rangos de 835-845/880-890 MHz Radiotelefonía celular destinada a concesionarios "B".

- **M99** Están en etapa de planeación los rangos de 845-846.5/890-891.5 MHz para ampliación de telefonía celular "A"; los rangos de 846.5-849/891.5-894 MHz para de telefonía celular "B" y los rangos de 849-851/894-896 MHz para telefonía pública a bordo de aeronaves (CAMR-92).
- **M100** La banda de 890-960 MHz está siendo despejada de los sistemas de microondas que transmiten radiotelefonía multicanal de punto a punto, a fin de dar cabida a nuevos servicios de radiocomunicaciones fijas y móviles que demanda la sociedad, tales como: radiotelefonía celular, radiotelefonía pública a bordo de aeronaves, radiolocalización móvil de personas local e internacional, sistemas personales de comunicación avanzada, radiocomunicación móvil especializada de flotillas y radiotransmisión de datos.

**TABLAS DE ERLANG**  
(Porcentaje de bloqueo de llamadas)

N	1.0%	1.2%	1.5%	2%	3%	5%
51	38.08	39.40	40.10	41.20	42.90	45.50
52	39.70	40.30	41.00	42.10	43.90	46.50
53	40.60	41.20	42.00	43.10	44.80	47.50
54	41.50	42.10	42.90	44.00	45.80	48.50
55	42.40	43.00	43.80	44.90	46.70	49.50
56	43.30	43.90	44.70	45.90	47.70	50.50
57	44.20	44.80	45.70	46.80	48.70	51.50
58	45.10	45.80	46.60	47.80	49.60	52.60
59	46.00	46.70	47.50	48.70	50.60	53.60
60	46.90	47.60	48.40	49.60	51.60	54.60
61	47.90	48.50	49.40	50.60	52.50	55.60
62	48.80	49.40	50.30	51.50	53.50	56.60
63	49.70	50.40	51.20	52.50	54.50	57.60
64	50.60	51.30	52.20	53.40	55.40	58.60
65	51.50	52.20	53.10	54.40	56.40	59.60
66	52.40	53.10	54.00	55.30	57.40	60.60
67	53.40	54.10	55.00	56.30	58.40	61.60
68	54.30	55.00	55.90	57.20	59.30	62.60
69	55.20	55.90	56.90	58.20	60.30	63.70
70	56.10	56.80	57.80	59.10	61.30	64.70
71	57.00	57.80	58.70	60.10	62.30	65.70
72	58.00	58.70	59.70	61.00	63.20	66.70
73	58.90	59.60	60.60	62.00	64.20	67.70
74	59.80	60.60	61.60	62.90	65.20	68.70
75	60.70	61.50	62.50	63.90	66.20	69.70
76	61.70	62.40	63.40	64.90	67.20	70.80
77	62.60	63.40	64.40	65.80	68.10	71.80
78	63.50	64.30	65.30	66.80	69.10	72.80
79	64.40	65.20	66.30	67.70	70.10	73.80
80	65.40	66.20	67.20	68.70	71.10	74.80
81	66.30	67.10	68.20	69.60	72.10	75.80

N	1.0%	1.2%	1.5%	2%	3%	5%
82	67.20	68.00	69.10	70.60	73.00	76.90
83	68.20	69.00	70.10	71.60	74.00	77.90
84	69.10	69.90	71.00	72.50	75.00	78.90
85	70.00	70.90	71.90	73.50	76.00	79.90
86	70.90	71.80	72.90	74.50	77.00	80.90
87	71.90	72.70	73.80	75.40	78.00	82.00
88	72.80	73.70	74.80	76.40	78.90	83.00
89	73.70	74.60	75.70	77.30	79.90	84.00
90	74.70	75.60	76.70	78.30	80.90	85.00
91	75.60	76.50	77.60	79.30	81.90	86.00
92	76.60	77.40	78.60	80.20	82.90	87.10
93	77.50	78.40	79.60	81.20	83.90	88.10
94	78.40	79.30	80.50	82.20	84.90	89.10
95	79.40	80.30	81.50	83.10	85.80	90.10
96	80.30	81.20	82.40	84.10	86.80	91.10
97	81.20	82.20	83.40	85.10	87.80	92.20
98	82.20	83.10	84.30	86.00	88.80	93.20
99	83.10	84.10	85.30	87.00	89.80	94.20
100	84.10	85.00	86.20	88.00	90.80	95.20

## GLOSARIO

<b>3WC</b>	Llamada tripartita
<b>AGCH</b>	Canal de Transferencia de Acceso
<b>ALOHA</b>	Canal usado para la Petición de Acceso a la Red
<b>AMPS</b>	Servicio Telefónico Móvil Avanzado
<b>AP</b>	Amplificador de Potencia
<b>APLSC</b>	Amplificador de Potencia Lineal de un Sólo Canal
<b>ARTS</b>	American Radio Telephone Service
<b>ASIC's</b>	Circuitos Integrados de Amplificación Especifica
<b>AT&amp;T</b>	American Telephone and Telegraph
<b>ATM</b>	Telefonía Móvil Avanzada
<b>AuC</b>	Centro de Identificación
<b>BA</b>	Antena sw Banda Angosta
<b>BB</b>	Banda Base
<b>BCCH</b>	Canal de Control de Difusión
<b>BER</b>	Bit de Error Promedio
<b>BETRS</b>	Basic Exchange Telecommunications Radio Service.
<b>BSC</b>	Controlador de la Estación Base
<b>BTS</b>	Estación Transmisora/Receptora Base
<b>C/I</b>	Nivel de Portadora con respecto a Radio Interferencia
<b>C450</b>	Sistema Alemán.
<b>CA</b>	Corriente Alterna
<b>CAG</b>	Control Automático de Ganancia
<b>CAN</b>	Control Automático de Nivel
<b>CCA</b>	Canal de Control Analógico
<b>CCH</b>	Canal de Control
<b>CD</b>	Canal Digital
<b>CD</b>	Corriente Directa
<b>CDMA</b>	Acceso Múltiple por División de Código
<b>CDP</b>	Control Digital de Potencia
<b>CEPT</b>	Conferencia de Telégrafos y Correos de Europa
<b>CFW</b>	Llamada hacia adelante
<b>CLUSTER</b>	Arreglo de 7 células que contiene todas las frecuencias del sistema
<b>co-channel</b>	Canal con la misma frecuencia pero que pertenece a diferente CLUSTER
<b>CRB</b>	Controlador de la Radio base
<b>CTC</b>	Continental Telephone Company
<b>CTT</b>	Canal de Tráfico TDMA
<b>CVA</b>	Canal de Voz Analógico
<b>CWT</b>	Llamada en espera
<b>CXR</b>	Transferencia de llamada
<b>D'C'C'</b>	Digital Colour Code.
<b>DCC</b>	Canales de Control Dedicados
<b>DCS1800</b>	Sistema similar al GSM que opera a 1800 MHz.



## GLOSARIO

<b>3WC</b>	Llamada tripartita
<b>AGCH</b>	Canal de Transferencia de Acceso
<b>ALOHA</b>	Canal usado para la Petición de Acceso a la Red
<b>AMPS</b>	Servicio Telefónico Móvil Avanzado
<b>AP</b>	Amplificador de Potencia
<b>APLSC</b>	Amplificador de Potencia Lineal de un Sólo Canal
<b>ARTS</b>	American Radio Telephone Service
<b>ASIC's</b>	Circuitos Integrados de Amplificación Específica
<b>AT&amp;T</b>	American Telephone and Telegraph
<b>ATM</b>	Telefonía Móvil Avanzada
<b>AuC</b>	Centro de Identificación
<b>BA</b>	Antena sv Banda Angosta
<b>BB</b>	Banda Base
<b>BCCH</b>	Canal de Control de Difusión
<b>BER</b>	Bit de Error Promedio
<b>BETRS</b>	Basic Exchagte Telecommunications Radio Service.
<b>BSC</b>	Controlador de la Estación Base
<b>BTS</b>	Estación Transmisora/Receptora Base
<b>CI</b>	Nivel de Portadora con respecto a Radio Interferencia
<b>C450</b>	Sistema Alemán.
<b>CA</b>	Corriente Alterna
<b>CAG</b>	Control Automático de Ganancia
<b>CAN</b>	Control Automático de Nivel
<b>CCA</b>	Canal de Control Analógico
<b>CCH</b>	Canal de Control
<b>CD</b>	Canal Digital
<b>CD</b>	Corriente Directa
<b>CDMA</b>	Acceso Múltiple por División de Código
<b>CDP</b>	Control Digital de Potencia
<b>CEPT</b>	Conferencia de Telégrafos y Correos de Europa
<b>CFW</b>	Llamada hacia adelante
<b>CLUSTER</b>	Arreglo de 7 células que contiene todas las frecuencias del sistema
<b>co-canal</b>	Canal con la misma frecuencia pero que pertenece a diferente CLUSTER
<b>CRB</b>	Controlador de la Radio base
<b>CTC</b>	Continental Telephone Company
<b>CTT</b>	Canal de Tráfico TDMA
<b>CVA</b>	Canal de Voz Analógico
<b>CWF</b>	Llamada en espera
<b>CXR</b>	Transferencia de llamada
<b>D'C'C'</b>	Digital Colour Code.
<b>DCC</b>	Canales de Control Dedicados
<b>DCS1800</b>	Sistema similar al GSM que opera a 1800 MHz.

<b>DID</b>	Marcación Interna Directa
<b>DLR</b>	LCR's digitales
<b>DN</b>	Directorio Numérico
<b>DOD</b>	Marcación Externa Directa
<b>DOL</b>	Línea de Salida Directa
<b>DPSK</b>	Differential Phase-Shift Keying.
<b>DQ-PSK</b>	Cuadratura Diferencial de la Modulación por Desplazamiento en Frecuencia
<b>DS-30</b>	Sistema de comunicación de treinta canales
<b>DS/SS</b>	Espectro Expandido de Secuencia Directa
<b>DS0</b>	Tasa básica de transmisión en un canal de voz (64 Kbps)
<b>DS1</b>	Tasa primaria de transmisión en un canal de voz (2*64 Kbps + 8 Kbps)
<b>DUPLEX</b>	Transmisión y recepción al mismo tiempo
<b>DynaTAC</b>	Dynamic Adaptive Total Area Coverage
<b>EC</b>	Equipo Común
<b>EIA</b>	Electronics Industries Association
<b>EIR</b>	Registro de Identificación de Equipo
<b>ETSI</b>	Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europea
<b>FACCH</b>	Canal de Control Asociado Rápido
<b>FCC</b>	Federal Communications Committee
<b>FDMA</b>	Acceso Múltiple por División de Frecuencia
<b>FEC</b>	Corrección de Error Hacia Adelante
<b>FH/SS</b>	Espectro Expandido de Frecuencia Saltada
<b>FI</b>	Frecuencia Intermedia
<b>FM</b>	Frecuencia Modulada.
<b>FOCC</b>	Canal de Control de Envío de la Radio base a la Terminal
<b>FSK</b>	Modulación por Desplazamiento en Frecuencia
<b>FVC</b>	Canal de Voz de Envío de la Radio base a la Terminal
<b>FWD</b>	Hacia adelante (Forward)
<b>GSM</b>	Sistema Global de Comunicaciones Móviles
<b>HANDOFF</b>	Movimiento de la terminal de una célula a otra con llamada en proceso
<b>HLR</b>	Registro de Localización Local
<b>I/F</b>	Entrada/salida (Inward/Forward)
<b>I/O</b>	Entrada / Salida
<b>ICWTD</b>	Independent Commission for Worldwide Telecommunications Development
<b>IMEI</b>	Identificación de Equipo Móvil Internacional
<b>IMSI</b>	Identificación de Usuario Móvil Internacional
<b>IMTS</b>	Servicio Telefónico Móvil Mejorado
<b>IMTS-MK</b>	Servicio Telefónico Móvil Mejorado, Sistema MK
<b>ISDN</b>	Red Digital de Servicios Integrados
<b>ISI</b>	Interferencia de Intersímbolo
<b>ITT</b>	International Telephone and Telegraph Co.
<b>ITU</b>	Unión de Telecomunicaciones Internacional
<b>IXC</b>	Intere Xchange Carriers
<b>Kb/s</b>	Kilobits por segundo.
<b>LAPD</b>	Procedimiento de Acceso al Enlace en el Canal D

<b>LNA</b>	Amplificador de Bajo Ruido
<b>MAHO</b>	Asistencia Móvil de Handoff
<b>MAP</b>	Parte de Aplicaciones Móviles
<b>MC</b>	Multiacoplador
<b>MCT</b>	Multiplexaje por Compresión de Tiempo
<b>ME</b>	Equipo Móvil
<b>MODULO DUAL</b>	Sistema que maneja señales tanto Analógicas como Digitales
<b>MPSD</b>	Módulo de Procesamiento de Señales Digitales
<b>MR</b>	Multiacoplador de Recepción
<b>MRCI</b>	Módulo Remoto Celular Integrado
<b>MS</b>	Estación Móvil
<b>MSC</b>	Monitor del Sitio Celular
<b>MTF</b>	Módulo de Traslación de Frecuencia
<b>MTFEB</b>	Módulo de Traslación de Frecuencia de la Estación Base
<b>MTFT</b>	Módulo de Traslación de Frecuencia Terminal
<b>MTS</b>	Sistema Telefónico Móvil
<b>MTX</b>	Central Telefónica de Conmutación Móvil
<b>MURD</b>	Monitor de la Unidad de Radio Dual
<b>NMT</b>	Nordic Mobile Phone.
<b>NTT</b>	Nippon Telecom and Telegraph
<b>O&amp;AM</b>	Operación, Administración y Mantenimiento
<b>OECD</b>	Organización para la Cooperación y el desarrollo Económico
<b>OD</b>	Antena Omnidireccional
<b>Offset</b>	Nivel de voltaje de CD
<b>OL</b>	Oscilador Local
<b>OLTF</b>	Oscilador Local del Traslador de Frecuencia
<b>OMAE</b>	Oscilador Maestro de Alta Estabilidad
<b>OR</b>	Omnidireccional de Recepción
<b>PBX</b>	Conmutador de Extensión Privada
<b>PCI</b>	Periférico Celular Inteligente
<b>PCID</b>	Periférico Celular Inteligente Digital
<b>PCM</b>	Modulación por Codificación de Pulsos
<b>PCM-30</b>	Sistema de Modulación por Codificación de Pulso de 30 Canales
<b>PCP</b>	Panel de Control de Potencia
<b>PCS</b>	Sistema de Comunicación Personal
<b>PDS</b>	Procesador Digital de Señales
<b>PI</b>	Periféricos Inteligentes
<b>POTS</b>	Plain Old Telephone Service
<b>ppm</b>	pulsos por millón
<b>PRI</b>	Panel del Rack de Interfase
<b>PSTN</b>	Red Telefónica Pública Conmutada
<b>PVT</b>	Servicio de Televisión Privada.
<b>RI</b>	Protocolo de Señalización Proprietario
<b>RACH</b>	Canal de Acceso Aleatorio
<b>RDSI</b>	Red Digital de Servicios Integrados

<b>RECC</b>	Canal de Control de Retorno de la Terminal a la Radio base
<b>RF</b>	Radio Frecuencia
<b>RMS</b>	Raiz Media Cuadrática
<b>ROM</b>	Memoria de Solo Lectura
<b>RSS</b>	Received Signal Strength
<b>RSSI</b>	Intensidad de Fuerza de la Señal Recibida
<b>RVC</b>	Canal de Voz de Retorno de la Terminal a la Radio base
<b>Rx</b>	Receptor
<b>RXMC</b>	Receptor Multiacoplador
<b>SACCH</b>	Canal de Control Asociado Lento
<b>SAT</b>	Tono de Supervisión de Audio
<b>SCC</b>	Campo de Código Digital
<b>SCT</b>	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
<b>SCH</b>	Canal de Sincronización
<b>SDCCH</b>	Canales de Control Dedicados
<b>SDCCH</b>	Para obtener un canal dedicado
<b>SIM</b>	Módulo de Identificación de Suscriptor
<b>SIMPLEX</b>	Solamente transmisión o recepción a la vez tiempo
<b>SMS</b>	Servicios de Mensajes Cortos
<b>SS7</b>	Señalización Número 7
<b>ST</b>	Tono de Señalización
<b>STEB</b>	Sistema de Transmisión/Recepción de la Estación Base
<b>SWC</b>	Interruptor Coaxial
<b>TACS</b>	Sistema de Comunicación de Acceso Total.
<b>TCH</b>	Canal de Tráfico
<b>TDMA</b>	Acceso Múltiple por División de Tiempo
<b>TELMEX</b>	Teléfonos de México
<b>TIA</b>	Telecommunications Industry Association
<b>TMCT</b>	Tarjeta Multiplexora de Compresión de Tiempo
<b>TRANSCPTORES</b>	Transmisor-Receptor
<b>TTC</b>	Canal de Tráfico TDMA
<b>TU</b>	Texas Utilities
<b>TV UHF</b>	Televisión en Ultra Alta Frecuencia (300-3000 MHz).
<b>Tx</b>	Transmisor
<b>UAP</b>	Unidad de Alarma de Prueba
<b>UART</b>	Transmisor Receptor Asíncrono Universal
<b>UCA</b>	Unidad de Control de Alarma
<b>Um</b>	Subsistema de la Estación Base
<b>UMTS</b>	Sistema de Comunicación Móvil Universal
<b>UP</b>	Unidad de Potencia
<b>URD</b>	Unidad de Radio Dual
<b>UTR</b>	Unidad Transmisora Receptora
<b>VCH</b>	Canal de Voz
<b>VLR</b>	Registro de Localización de Visitante
<b>VSWR</b>	Relación de Onda Estacionaria Referida a un Voltaje

## BIBLIOGRAFÍA

- Froehlich, Fritz E., Kent Alley.  
**Encyclopedia of Telecommunications,**  
Volumen 2.  
Edit. Marcel Dekker, Inc., USA, 1990.  
ISBN: 0-8247-2901-3.
- George Calhoun.  
**Wireless Access and the Local Telephone Network**  
Edit. Artech House, (Norwood, Ma) USA, 1992.  
ISBN: 0-89006-394-X
- Gordon White.  
**Mobile Radio Technology**  
Edit. Newnes, Great Britain, 1994.  
ISBN 0-7506-0931-1
- Ibarra Yunez Alejandro.  
**Telecomunicaciones en México ante el reto de la integración,**  
Edit, NABIS Comunicación & Imagen, México, 1994.  
ISBN 968-891-001-3
- J.D. Parsons y J.G. Gardiner.  
**Mobile Communications systems.**  
Edit. Blackie/Halsted Press. USA, 1989.  
ISBN 0-470-212136-6
- M. Flack and M. Gronow.  
**Cellular Communications for Data Transmission.**  
NCC Blackwell, 1990.  
ISBN: 0-85012-726-2.
- William C.Y. Lee.  
**Mobile Cellular Telecommunications systems.**  
Edit. McGraw-Hill Book Company. USA, 1989.  
ISBN 0-07-037030-3
- William C.Y. Lee.  
**Mobile Communications Design Fundamentals.**  
Segunda Edición  
Edit. John W. & Sons. Inc. USA, 1993.  
ISBN 0-471-57446-5

- Kurt Hellström and Ake Lundqvist.  
**Trends in Mobile Communications.**  
Ericsson Review, No. 3, pp. 2-7, 1991.
- Björndahl and Björn Lind.  
**CME20 - A Total Solution for GSM Networks.**  
Ericsson Review, No. 3, pp. 8-15, 1991.
- Filip Lindell and Krister Raith.  
**Introduction of digital Cellular Systems in North America.**  
Ericsson Review, No. 3, pp. 16-23, 1991.
- Greger Jismalm and Jan - Olof Lejidal.  
**Cell planning - products and services.**  
Ericsson review, No. 3, pp. 24-31, 1991.
- Hakan Jansson, Jan Swerup and Sören Wallinder.  
**The Future of Cellular Telephony.**  
Ericsson Review, No. 3, pp. 32-42, 1991.
- Hakan Eriksson and Per - Olof Nilson.  
**development of Radio Access in Cellular Systems - the Basis of Personal telephony.**  
Ericsson Review, No. 3, pp 43-50, 1991.
- Elke Gronert and Peter Heywood.  
**GSM: A Wireless Cure for Cross - Border Data Chaos.**  
Data Communications International, No. 4, pp. 88-94, March 21 1995.
- Jorge Arredondo.  
**Telecomunicaciones una Industria sin Fronteras.**  
RED, No.64, pp 22-32, Año V. Enero 1996.
- Don Bishop.  
**What's narrowband PCS? A wireless Pocket Answering Machine.**  
Mobile Radio Technology, pp 4, June 1995.
- Roald Steen.  
**Mobile Antennas.**  
Mobile Radio Technology, pp. 40-44, June 1995
- Dianne Hammer.  
**Wireless in Latinamerica.**  
Radio Communications Report (RCR), Vol 15, No. 6, pp. 8-28, February 5, 1996.

- Tucker Grinnan, ITC.  
**México: Un Estudio del Mercado de telecomunicaciones.**  
Comunicaciones, Vol 17, No. 2, pp 10-12, segundo trimestre del 95.
- Tucker Grinnan, ITC.  
**Una Nueva Ley Mexicana de Telecomunicaciones.**  
Comunicaciones, Vol 17, No. 2, pp 12, segundo trimestre del 95.
- Tucker Grinnan, ITC.  
**Merendo Celular en México.**  
Comunicaciones, Vol 17, No. 2, pp 44-45, segundo trimestre del 95.
- Judith Lage-Margalejo.  
**Crecimiento Espectacular de las Telecomunicaciones en México.**  
Comunicaciones, Vol 16, No. 4, pp 23-29, cuarto trimestre del 94.
- John Scourias  
**Overview of the Global System for Mobile Communications**  
University of Waterloo, may 24, 1995.
- QUALCOMM Incorporated.  
**CDMA Wireless Local Loop System Technical Overview**  
San Diego, C.A., 1995