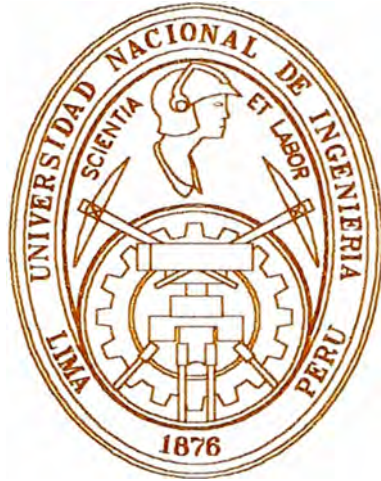


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**“FUNCIONAMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE UNA RED DE  
TELEFONÍA CELULAR A NIVEL DE INGENIERÍA”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

PRESENTADO POR:

**ELIÚ CHRISTIAN BARRENECHEA BARRENECHEA**

PROMOCIÓN  
1996 - 2

**LIMA – PERÚ  
2003**

A "DIOS" por haberme guiado en cada momento de mi vida.

Con todo cariño y agradecimiento a mis padres por el esfuerzo y sacrificio, por ser ejemplo de dedicación.

A mi amada esposa por ser estímulo a mi superación cada día.

**FUNCIONAMIENTO Y OPTIMIZACIÓN  
DE UNA RED DE TELEFONÍA  
CELULAR A NIVEL DE INGENIERÍA**

## SUMARIO

Hoy en día con el advenimiento de la tecnología de Radio, la comunicación celular ha llegado estar presente en cada momento de nuestras vidas, ha acercado más a las comunidades y negocios que antes. El cual nos permite comunicarnos, con cualquier persona, en cualquier momento, desde cualquier lugar dentro del área de servicio.

Además debido a que en los últimos años el campo de las telecomunicaciones celulares ha revolucionado el mercado rápidamente de tal forma que los inversionista a nivel mundial apostaron por las telecomunicaciones y han hecho que las grandes operadoras desarrollen en sus redes las nuevas tecnologías que les abrirá el camino a la tercera generación de estas redes, brindando más velocidad en la transmisión de datos con mayor ancho de banda, para lograr esto cada una de estas empresas han elegido o elegirán la tecnología que le signifique menos inversión y confiabilidad en la transición de la red existente hacia la nueva red , para ello surgieron organismos internacional que se encargaron del estudio y desarrollo de las nuevas tecnologías que hacen posible que las operadoras elijan el camino correcto hacia la 3G dependiendo de la red actual con que se cuenta.

# ÍNDICE

	Página
<b>PRÓLOGO</b>	01
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>VISIÓN GRAL DE LOS SERVICIOS DE RADIO Y ORIGEN</b>	
<b>DEL CELULAR</b>	04
1.1 Introducción	04
1.2 Servicios Inalámbricos	05
1.2.1 Teléfono Residencial sin cable	06
1.2.2 Radio por Despacho	06
1.2.3 Sistema de Paging	08
1.2.4 Aplicaciones de Servicios de Satélite Móviles (MSS)	08
1.2.5 Satélites de Posicionamiento Global (GPS)	09
1.2.6 Vídeo Broadband	09
1.2.7 Lan Inalámbrica	10
1.2.8 Cellular Digital Packet Data	10
1.2.9 PBX Inalámbrica	10
1.2.10 Acceso Inalámbrico Fijo (FWA)	10
1.2.11 Servicio Celular	11

**CAPÍTULO II****INGENIERÍA CELULAR PARA NUEVOS SISTEMAS Y EXPANSIÓN DE****SISTEMAS EXISTENTES** 12

2.1	Objetivos	12
2.2	Soporte en el Análisis del Negocio y Oferta	13
2.3	Pre-Dimensionamiento en el Planeamiento del Negocio	13
2.4	La Cobertura y la Capacidad Necesaria	14
2.5	Diseño del Sistema y Planeamiento de Celdas	16
2.6	Adquisición y Evaluación de los Sitios	19
2.7	optimización del performance RF del Sistema	20

**CAPÍTULO III****MÉTODOS DE MODULACIÓN** 23

3.1	Objetivos	23
3.2	El Vocoder	30
3.3	Método de Modulación DQPSK	32

**CAPÍTULO VI****PROCESAMIENTO DE LA LLAMADA CELULAR** 33

4.1	Introducción	33
4.2	Estructura Básica	34
4.3	El Espectro Celular	35
4.4	Elementos de Radio Celular	37

4.4.1	Canal de Control	37
4.4.2	Canal de Voz	38
4.4.3	Receptor Locate	39
4.5	Procesamiento de la Llamada	39
4.5.1	Llamada desde una Línea Fija	42
4.5.2	Llamada a una Línea Fija	45
4.6	Introducción al handoff	46

## **CAPÍTULO V**

<b>PROPAGACIÓN Y LINK BUDGET</b>	<b>52</b>	
5.1	Elementos Básicos de un Enlace de Radio	52
5.2	El Rol de la Frecuencia en la propagación	53
5.3	Relación entre la Frecuencia y la Longitud de Onda	54
5.4	Modos Básicos de Propagación	55
5.4.1	Propagación Libre - Espacio	56
5.4.2	Propagación con Reflexión y Cancelación parcial	56
5.4.3	difracción Knife - Edge	58
5.4.4	Adicionales Modos de Propagación	59
5.5	Complicaciones de la Vida Real	59
5.6	Efectos de la Propagación Multi - Path	60
5.6.1	Diversidad de Espacio	60
5.6.2	Diversidad por Polarización	61
5.6.3	Penetración en Edificios	62

5.7	Modelo de propagación	63
5.7.1	Tipos de Modelos de Propagación	64
5.7.2	Principio General de Modelo de Area	65
5.7.3	Técnica Estadístico - Concepto de Distribución Estadístico	66
5.7.4	Disponibilidad del Area y Probabilidad del Servicio	67

## **CAPÍTULO VI**

	<b>MÉTODOS Y HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN Y PROPAGACIÓN</b>	<b>70</b>
6.1	Introducción	70
6.2	Elementos de los Típicos Sistemas de Colección de Datos	71
6.3	Herramientas de Predicción de Propagación	71
6.3.1	Características de los Paquetes de Propagación	72
6.3.2	Resolución de la Base de Datos del Terreno	75

## **CAPÍTULO VII**

	<b>SISTEMAS DE ANTENAS</b>	<b>77</b>
7.1	Comunicaciones Móviles	77
7.2	Teoría de Antenas	77
7.3	Definiciones	81
7.3.1	Polarización	81
7.3.2	Diagrama de Polarización	81
7.3.3	Angulo de Media Potencia	83
7.3.4	Ganancia	83



7.3.4.1	Referencia de Ganancia dBd o dBi	85
7.3.5	Relación Frente / Atrás	85
7.3.6	Impedancia	86
7.3.7	Downtilt	86
7.3.8	Intermodulacion	90
7.4	Antenas para Estaciones Radio Bases	92
7.4.1	La Influencia de las Reflexiones en los Modelos de Radiación	92
7.5	Técnicas Particulares Usadas en Redes Celulares	102
7.5.1	Diversidad	102
7.5.2	Diversidad en el Espacio	103
7.5.3	Diversidad por Polarización	104
7.5.4	Polarización Horizontal y Vertical	104
7.5.5	Antenas con Polarización Dupla	104

## **CAPÍTULO VIII**

<b>FACTORES QUE AFECTAN LA PERFORMANCE RF</b>	<b>110</b>	
8.1	Objetivos	110
8.2	Performance del Transmisor	110
8.3	Performance del Receptor	111
8.4	Intermodulación	112
8.4.1	Principio Básico de Intermodulación	112
8.4.2	Punto de Intercepto de Tercer Orden	113
8.5	Fallas de Equipos que Afectan el Correct Funcionamient del Sistema	115

8.5.1	Efecto de los Conectores	115
8.5.2	Efecto de los Combinadores	116
8.5.3	Duplexores	117
8.6	Interferencia Electromagnética	118
8.6.1	Interacción entre Sitios Inalámbricos y Estaciones FM	119
8.6.2	Interacción entre Sitios Inalámbricos y Estaciones de TV	120

## **CAPÍTULO IX**

<b>PLANEAMIENTO DE FRECUENCIA</b>	<b>122</b>	
9.1	Introducción	122
9.2	Paridad de Canales Tx/Rx	122
9.3	Asignación de Banda de Frecuencia y Numeración de Canales	123
9.4	Agrupamiento de Canales y Plan de Reuso	125
9.5	Plan de Frecuencia OMNI N=9	126
9.5.1	Consideraciones C/I	127
9.5.2	Consideraciones ACI	127
9.5.3	El Plan N=9 para OMNI	128
9.5.4	Plan de Crecimiento OMNI N=9	129
9.5.5	Evaluación de Interferencia Cocanal	129
9.5.6	Evaluación de Interferencia de Canal Adyacente	130
9.5.7	Capacidad OMNI N=9	130
9.6	Sectorización 120 Grados	131
9.6.1	Plan N=7/21, 120 Grados Sectorizado	131

9.6.2	Interferencia Cocanal en N=7/21, 120 Grados	132
9.6.3	Capacidad en N=7/21, 120 Grados	133
9.7	Planeamiento de SAT	134
9.8	Planeamiento del Digital Color Code (DCC)	136

## **CAPÍTULO X**

<b>INGENIERÍA DE TRAFICO</b>		<b>137</b>
10.1	Introducción	137
10.2	Características del Trafico	139
10.3	Intensidad y Unidades de trafico	140
10.4	Grados de Servicio	141
10.5	Cálculos de Trafico	141
10.6	Eficiencia de Troncales	143

## **CAPÍTULO XI**

<b>OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA PARA LA PERFORMANCE RF</b>		<b>144</b>
11.1	Optimización RF de la Tecnología TDMA ( 850 MHz)	144
11.1.1	Interferencia por CoCanal	144
11.1.2	Interferencia por Canal Adyacente	153
11.1.3	Dropped Calls	156
11.1.4	Análisis de Cobertura	162
11.1.5	Análisis de Plan de Frecuencia	172
11.2	Evaluación de la Calidad de Voz Mediante el MOS	177

11.2.1	Generalidades	177
11.2.2	Descripción del Equipo de Colección de Datos	177
11.2.3	Algoritmo de Calificación del EMOS del VoicePrint	179
11.2.4	Descripción de la Metodología de la Colección de Datos	183
11.2.5	Experimentación y Análisis de Correlación del MOS	187

## **CAPÍTULO XII**

<b>12</b>	<b>NORMAS DE ACCESO DE RADIO DE TERCERA GENERACIÓN</b>	<b>202</b>
12.1	Introducción	202
12.2	Normas de Segunda Generación	203
12.3	Impulsores del Desarrollo de Tercera Generación	205
12.3.1	Migración	206
12.3.2	Asignación de Espectro	207
12.4	Familia de Normas Armonizadas de Tercera Generación	208
12.5	Familia Armonizada de Cuatro	210
12.6	Secuencia Directa	212
12.7	EDGE	213
12.7.1	EDGE Fase I	214
12.7.2	EDGE Fase II	216
12.8	Portador Múltiple	216
12.9	Revolución UMTS : La tercera generación de móviles	218
12.9.1	Mayor Velocidad y Mejores servicios	220
12.9.2	Prestaciones 3G	223

12.10	Promesas de la Tercera Generación en Brasil	224
12.10.1	Paquetes y .....Paquetes	225
12.10.2	Trayecto Difícil	226
	<b>CONCLUSIONES</b>	228
	<b>ANEXOS</b>	232
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	264

## **PROLOGO**

El presente informe de Ingeniería ha sido elaborado para una completa descripción de los sistemas de telecomunicaciones celulares actualmente en uso, debido al crecimiento en los últimos años, hago referencia de las normas que se van a implementar para las comunicaciones inalámbricas de tercera generación, todo esto a consecuencia de la convergencia de las telecomunicaciones es decir de voz y datos. Muchos gráficos son proporcionados para una mejor comprensión de los capítulos.

El propósito de este informe es mostrar el Funcionamiento y Optimización de una Red de Telefonía Celular, la mayoría de los capítulos está basado en la experiencia que he obtenido en mi vida profesional. He comenzado haciendo referencia de los conocimientos que uno debe tener al tratar este tema de celulares, detallo el funcionamiento de una Red Celular, el procesamiento de una llamada, la comunicación que hay de la celda con la central, de los sistemas radiantes, como son: las antenas, factores que afectan la performance RF (Radio Frecuencia) del sistema, el planeamiento de frecuencia para la Red, el concepto de tráfico cursado por las celdas y la optimización del sistema desde el punto de vista RF. Este trabajo no sólo nos da a entender el funcionamiento de una Red de Telefonía Celular AMPS, TDMA sino se puede utilizar para otras redes con otra tecnología, la parte de optimización es la que va a variar no en concepto sino en el manejo de términos debido a que se van a manejar otros parámetros a ser optimizados, pero el concepto en sí como por ejemplo de Dropped Calls siempre se va a utilizar y se tratará de optimizarlo en la Red.

El informe empieza con un CAPITULO I que describe los diferentes tipos de servicio de comunicaciones inalámbricas. El CAPITULO II trata sobre las consideraciones que se tiene que tener en cuenta para el desarrollo, organización de planeamiento, diseño, optimización y seguimiento operacional en la Ingeniería Celular. El CAPITULO III hace una revisión de los diferentes tipos de modulación analógica y digital, conceptos de modulación avanzada y la performance de los tipos de modulación usados en la telefonía inalámbrica. El CAPITULO IV trata sobre la estructura básica, funcionalidad, supervisión durante el procesamiento de una llamada celular. El CAPITULO V toca el tema de propagación se vera los modos básicos, los efectos de propagación y modelos de propagación de una señal RF. El CAPITULO VI trata sobre los métodos de medición y herramientas de predicción de propagación para la simulación del comportamiento de una Red Celular se vera los nuevos software que se utilizan en la actualidad para realizar la colección de datos en el campo ( la calle) y la predicción de la propagación para el diseño del sistema. El CAPITULO VII hace un repaso de la teoría de antenas, introduce definiciones utilizadas en comunicaciones móviles, habla sobre las técnicas particulares usadas en las redes celulares con respecto al arreglo de antenas y nuevas técnicas de arreglo de dipolos que se utilizan en la fabricación de antenas y lograr así una mejor performance de estos. El CAPITULO VIII habla sobre los factores que afectan la performance RF, la Intermodulación, los efectos que produce las fallas de malos conectores ,combinadores, duplexores. El CAPITULO IX trata sobre el Planeamiento de Frecuencia que se tiene que hacer en una red de tal manera que se optimize el espectro usado, se mejore la capacidad de canales y reducir la interferencia. El

CAPITULO X trata sobre la ingeniería de tráfico la cual es el aprovisionamiento de circuitos de comunicaciones en un área de servicio dado para un número dado de suscriptores y con un grado de servicio. El CAPITULO XI trata sobre lo que es la optimización de un sistema para la performance RF, hablaremos sobre las fallas que se presentan en una red de tecnología TDMA como interferencia, dropped calls, análisis de cobertura, análisis del plan de frecuencia y evaluación de la calidad de voz de un sistema mediante el MOS ( mean opinion score). El CAPITULO XII trata sobre las normas de acceso de radio de tercera generación que se han venido implementando en algunos países, además hablaremos sobre las normas de segunda generación, quienes fueron los impulsores del desarrollo de tercera generación, la migración a EDGE y GPRS y las prestaciones de tercera Generación 3G.

En el apéndice muestro documentos sobre lo que hasta el momento se ha avanzado con respecto al tema de 3G a nivel mundial, hay unos gráficos que son muy didácticos para poder visualizar de como se esta logrando pasar de una generación a otra y se puede entender la migración que se esta dando en las redes de algunos países donde ya necesitan transmitir a mayor velocidad debido a las aplicaciones que se piensan correr sobre el sistema celular.



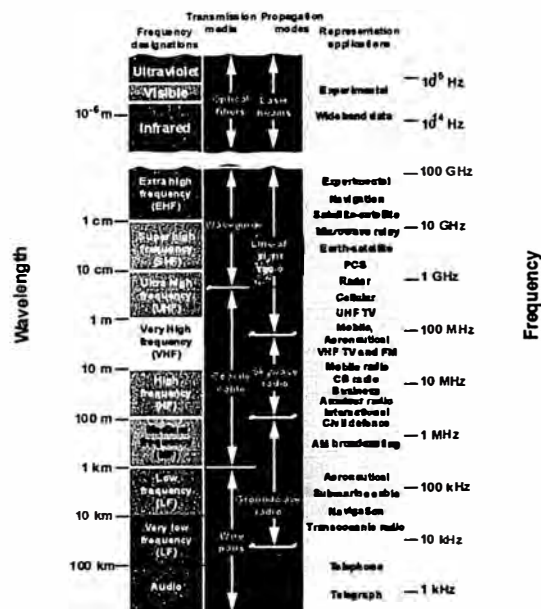
# CAPÍTULO I

## VISIÓN GENERAL DE LOS SERVICIOS DE RADIO Y ORIGEN DEL CELULAR

### 1.1 Introducción:

El objetivo de este capítulo es describir los diferentes tipos de servicios de comunicaciones inalámbricas.

Las ondas de radio y las microondas ocupan una pequeña fracción del espectro como se muestra en la figura 1.1. Esta banda de comunicación es además dividido en varias sub-bandas como se muestra en la tabla 1.1. La banda celular cae dentro de la banda UHF ( 300 a 3000 MHz). Sólo una fracción de esta banda esta localizado para sistemas de comunicaciones celulares.



331106  
081294

Figura 1.1

Name	Frequency
Extremely low frequencies (ELF)	30-300 Hz
Very low frequencies (VLF)	3-30 kHz
Low frequencies (LF) Medium frequencies (MF)	30-300 kHz 300 kHz-3 MHz
High frequencies (HF)	3-30 MHz
Very high frequencies (VHF)	30-300 MHz
Ultra high frequencies (UHF) Super high frequencies (SHF)	300 MHz-3 GHz 3-30 GHz
Extremely high frequencies (EHF)	30-300 GHz
Infrared, Visible light, X-rays, etc.	Above 300 GHz

Unidades de Medición y abreviaciones

kHz= 1000 Hz

MHz= 1000 kHz= 1,000,000 Hz

GHz= 1000 MHz= 1,000,000 kHz= 1,000,000,000 Hz

**Tabla 1.1**

## 1.2 Servicios Inalámbricos :

Los servicios inalámbricos más conocidos son los siguientes como se muestra.



**Figura 1.2**

- Teléfonos sin cable.
- Radio por despacho.
- Sistema de paging.
- Servicios de satélites móviles.
- Sistema de posicionamiento global.
- Vídeo broadband.
- LANs Inalámbricas.
- CDPD ( Cellular Digital Packet Data).
- PBX inalámbrica.
- Acceso inalámbrico fijo ( FWA)
- Celular ( AMPS, TDMA, GSM, PCS)

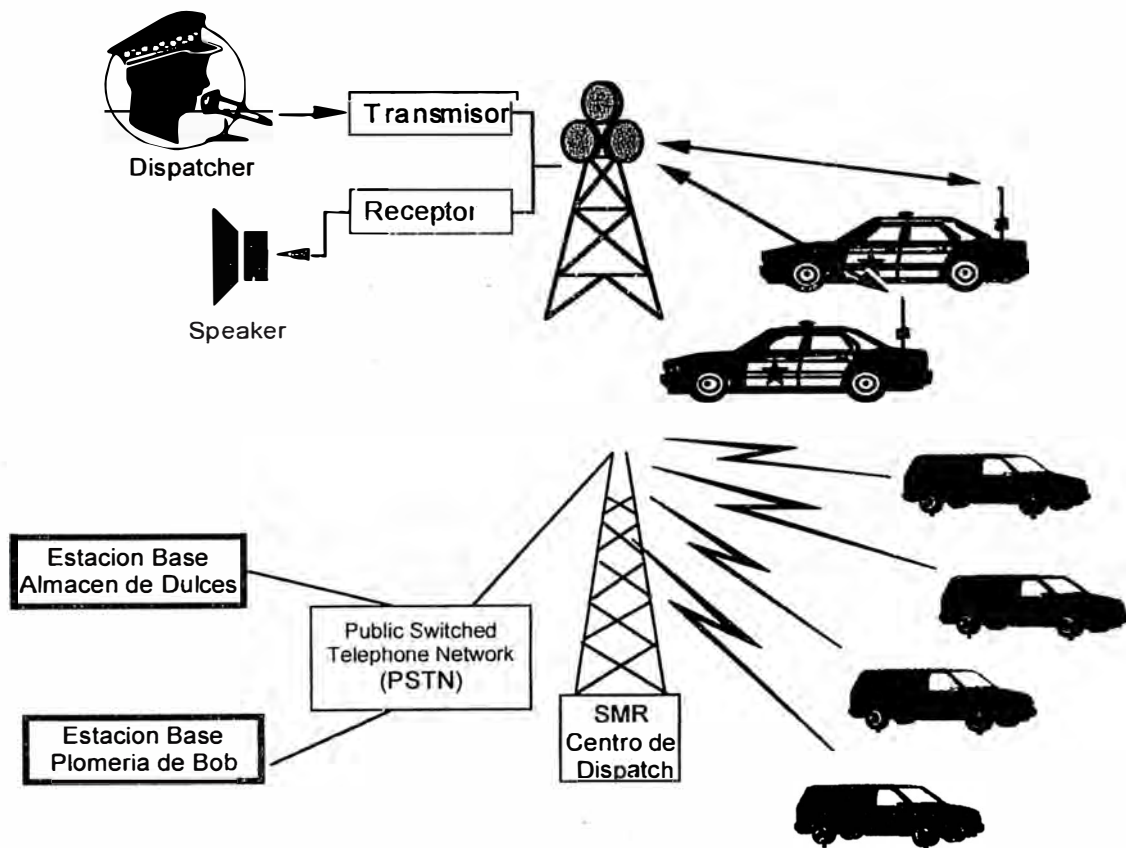
#### **1.2.1 Teléfono Residencial sin Cable :**

Esta clase de teléfonos tienen un corto rango de alcance (300 m), No está regulado debido a la baja potencia, Usado en los domicilios, La interface de línea es el standard de 2 hilos hacia el PSTN, Usa las características standard del PSTN, Hay sistemas que operan en la banda de 46-50 MHz pero los nuevos sistemas operan en la banda de 900 MHz.

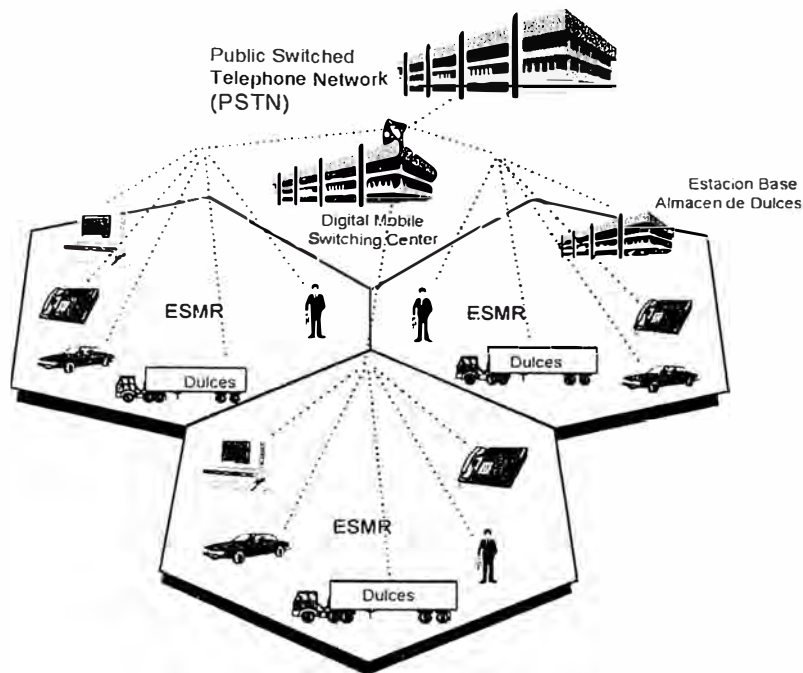
#### **1.2.2 Radio por Despacho :**

Son sistemas privados operados por sus propietarios y que son usados para transporte de tierra, seguridad pública, ciertos usos, negocio e industria; hay también radio móviles especializados por despacho (SMR) los cuales poseen sus propias frecuencias de radio y proporcionan servicios de despacho, el cual consiste de dos

caminos de comunicación aérea entre 2 o más unidades móviles, no se marca ni suena sólo se presiona un botón para operarlo, la llamada al PSTN se realiza a través de un dial pad ; además existe el radio móvil especializado mejorado (ESMR) el cuál planea competir con los actuales sistemas celulares para ofrecer similares servicios, operan en sus propias frecuencias.



**Figura 1.3**



**Figura 1.4**

### **1.2.3 Sistemas de Paging :**

Un sólo camino a bajo costo, es un servicio de mensajes cortos ; Los sistemas avanzados tienen 2 caminos de mensajería, confirmación y capacidad de almacenar mensajes ; la capacidad de cobertura del page es regional o nacional ; hubo 25 millones de suscriptores para el 94 se espera un crecimiento de 45 millones para el 2002 ( 30 % por año) ; motorola domina el mercado de terminales.

### **1.2.4 Aplicaciones de Servicios de Satélite Móviles ( MSS) :**

Dentro de este servicio esta la telefonía de satélite global que brinda voz, telemetría, localización de posición para trucking, mensajería ida y vuelta, modo dual satélite y telefonía celular, servicios de telemetría fija, voz privada y redes de datos, inalámbrico fijo y telefonía rural, telefonía marítima y datos y telefonía de las aerolíneas.

### 1.2.5 Satélites de Posicionamiento Global (GPS) :

Es un sistema que es usado para sistemas de tracking de vehículos, recibir en el monitor del vehículo información de 3 o más satélites, usa la triangulación de las señales de los satélites para calcular la posición del vehículo, la posición del vehículo puede ser exactamente calculado dentro de 100m ( 1m en aplicaciones militares).

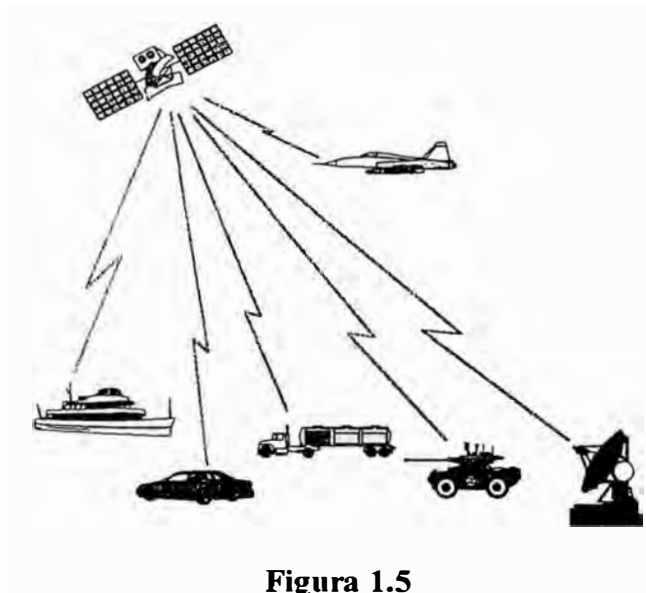


Figura 1.5

### 1.2.6 Vídeo Broadband :

Sistema usado por el LMDS ( sistema de distribución local multipunto), el rango de frecuencia es de 28 GHz, usado en la distribución de programas de vídeo multipunto, aplicaciones comerciales de teléfono vídeo son el vídeo conferencia, telecommuting, telemedicina y servicio educacional.

### **1.2.7 LAN Inalámbrica :**

Usados con redes de computadoras de área local, similar a ethernet, no requiere de enlaces físicos entre computadoras, la transferencia de vídeo usa una red ATM inalámbrica.

### **1.2.8 Cellular Digital Packet Data (CDPD) :**

Con este tipo de servicio podemos realizar la transmisión de fax, e-mail y archivos de datos sobre una red celular, provee conexiones inalámbricas de entrega de paquetes de datos, compite satisfactoriamente con el servicio Public Mobile Data tal como el RAM y ARDIS ; El crecimiento de los subscriptores es debido a que el servicio tiene alto grado de adaptabilidad para cada tipo de servicio, el crecimiento del número de opciones competitivas ; aplicaciones de datos remoto como el payphone coin box readers, ver el estado de los vending machine, etc.

### **1.2.9 PBX Inalámbrica**

Es un servicio inalámbrico para las oficinas en los edificios o alguna área cerrada, puede trabajar con los servicios inalámbricos, las tecnologías usadas son radio sin cable, VHF e infrarrojo, los usuarios corporativos quieren movilidad, flexibilidad, mas acceso público cuando se alejan de la oficina, como ejemplo podemos señalar el “Companion” de Nortel.

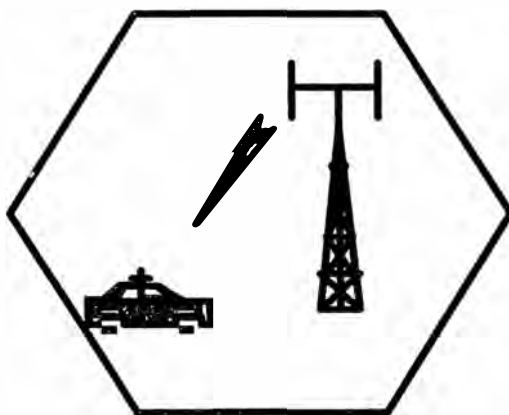
### **1.2.10 Acceso Inalámbrico Fijo (FWA)**

Es el acceso al PSTN utilizando el wireless como interfaz aérea en una conexión punto - punto, utiliza un teléfono standard analógico en el domicilio.

### 1.2.11 Servicio Celular :

Todos los sistemas celulares comparten los siguientes atributos : Una red donde existen muchas celdas, hay acceso a la red de telefonía fija, Se da el reuso de frecuencias, se desarrolla el denominado handoff de una celda a otra.

Entre los servicios comunes podemos nombrar a reporte del clima, conference calling, voice mail, call waiting ( llamada en espera), roaming, información del trafico, etc.



**Figura 1.6**



## **CAPÍTULO II**

### **INGENIERÍA CELULAR PARA NUEVOS SISTEMAS Y EXPANSIÓN DE SISTEMAS EXISTENTES**

#### **2.1 Objetivos :**

- Reconocer el escenario en el proceso de diseño para los sistemas inalámbricos.
- Discuta el análisis del negocio y soporte del negocio.
- Discuta los objetivos para el diseño del sistema y planeamiento de celdas.
- Discuta la adquisición de celdas soporte y evaluación.
- Discuta la optimización de la performance del sistema .
- Discuta sobre la parte operativo que esta llevando en curso, planeamiento del crecimiento y apoyo al proceso del presupuesto.

#### **Esquema de la Ingeniería celular :**

- Organizar el desarrollo del sistema inalámbrico.
- Apoyar en la organización del planeamiento del negocio.
- Diseño del sistema inicial y planeamiento de celdas.
- Apoyo en la adquisición de locales para las celdas.
- optimización de la performance del sistema RF.
- Seguimiento operacional.
- Apoyo al proceso de presupuesto interno.

## **2.2 Soporte en el Análisis del Negocio y Oferta : Objetivo de las configuraciones iniciales.**

Los objetivos de alto nivel deberían ser definidos a fondo.

**Cobertura :** Área y zonas de cobertura y objetivos de penetración.

**Trafico :** Perfil de los clientes, geografía, distribución y crecimiento.

**Configuración de las celdas :** Tipo de celdas ( sectorizada o omnidireccionales), microceldas, etc.

**El operador del sistema determina a partir de marketing y factores financieros lo siguiente :**

- Cobertura ( fases en el escenario para los próximos meses o años).
- Penetración de Mercado ( Número de subscriptores como % de población).
- Uso de Niveles y Patrones de los subscriptores.

Recomendaciones tecnológicas de los fabricantes, configuración de las celdas.

- Con esto se busca explicar la única ventaja de las especificaciones de configuración.

## **2.3 Pre-Dimensionamiento en el Planeamiento del Negocio :**

Se plantea lo siguiente :

**Responsable :** Decisión del Operador : Si o no se construye el sistema.

- Esto estará basado en las condiciones del mercado, potencial de renta y costo del sistema.

\* Puede considerarse alternativa tecnológicas ( PCS - 1900, CDMA, etc.)

\* Diseño basado en objetivos de alto nivel como son la cobertura, tráfico y configuración.

- \* Herramientas : Link Budget, modelos de tráfico, etc.
- \* Salidas : Número de celdas , número de radios, configuración de la celda ( costo de los equipos).
- \* El operador entonces hace el análisis financiero.

## Wireless Market



### Design Model Zones

- Dense Urban
- Urban
- Suburban
- Highway

**Figura 2.1**

## 2.4 La Cobertura y La Capacidad Necesaria Determina El Número de Celdas Requeridos

Al inicio , Nosotros queremos estimar el número de celdas pero no tenemos el tiempo o recursos para un detallado diseño para individuales niveles de celda.

### Cobertura :

No de celdas requeridos =  $\frac{\text{Área total Km}^2}{\text{área por celda}}$ .

\* La pregunta que uno se hacen son por ejemplo. Cuantas celdas son necesarias para cubrir el área ?

El área total dividido por la máxima cobertura que se puede obtener con una celda ( todo en Km<sup>2</sup>)

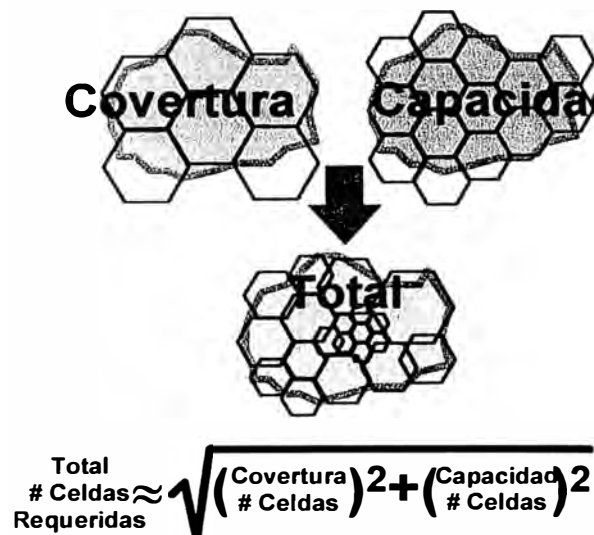
\* Cuantas celdas son necesarias para cursar todo nuestro tráfico ? El total de erlang dividido por los erlang que una celda cursa.

\* Cuantas celdas se requerirá realmente ? Esta respuesta dependerá en detalle del planeamiento de todas las celdas individualmente.

\* Algunas veces el terreno induce a los huecos de cobertura y fuerza a la construcción de una celda sólo para proveer cobertura RF, incluso sin embargo cursara poco tráfico.

\* Algunas veces la densidad del tráfico es tan grande que varias celdas serán necesarias para manejar los erlangs en un área en el cuál habrían requerido solo una celda para establecer cobertura RF.

\* En mas sistemas, el número total de celdas requeridas es más que el número de celdas estimados en cualquier cobertura o sólo en la capacidad de tráfico.



**Figura 2.2**

Antes de seleccionar un fabricante, el operador debe estudiar un detallado diseño del sistema basado en el planeamiento de celda.

El cuál va a validar preliminares dimensionamientos como :

- La muestra real de cobertura e interferencia.
- Se puede tener en cuenta otras tecnologías de la que estamos analizando
- Va a ayudar a establecer la viabilidad de desarrollos iniciales de planes y programas
- Como herramienta primaria debemos utilizar una que nos dé la predicción de propagación.
- Como resultados debemos obtener los mapas de cobertura, mapas de C/I, la carga de tráfico por celda, un plan de frecuencia.

Entre las decisiones que el operador tendrá que tomar están lo siguientes puntos :

- \* El tipo de tecnología que tendrá el sistema ( GSM, CDMA, AMPS, D-AMPS, etc.).
- \* El fabricante de los equipos ( cell site).
- \* Quién hará el sistema RF y el diseño de la RED ? ( Los candidatos serán el operador, el fabricante, consultores).
- \* Cuál es el programa que se va a desarrollar para la fecha de lanzamiento comercial, el plan de instalación ?.
- \* Quién será el constructor del sistema ?, ( pueden ser el operador, el fabricante, los contratistas etc.)

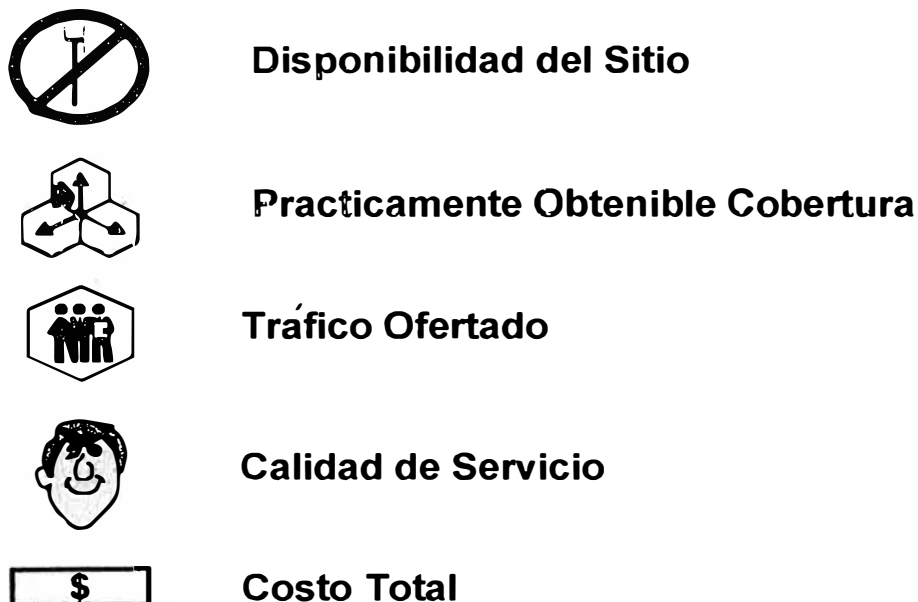
## **2.5 Diseño del Sistema y Planeamiento de Celdas**

En el diseño inicial del sistema y del planeamiento de las celdas, el diseño de la celda debe ser completado para así poder lograr todo los objetivos de alto nivel, los

objetivos de diseño deben ser confirmado, refinado y terminado, los modelos de propagación y tráfico deben ser probados y confirmados con un drive testing, el planeamiento de celdas debe ser completado incluyendo el planeamiento de frecuencia.

Cuando se empieza con el diseño del sistema nos encontramos con varios obstáculos :

La disponibilidad del sitio, algunas veces existirá dificultad de zonificar algunas áreas ; Tener prácticamente una buena cobertura pero en algunas zonas podrían existir algunos huecos de cobertura y puntos muertos etc. ; Debe ser capaz de cursar el trafico es decir cuanta demanda satisfacer mas costo efectivo ; Tener en cuenta la calidad de servicio es decir revisar como va nuestro bloqueo, dropped calls (caída de llamadas) ; Saber cual es el costo total del diseño del sistema.



**Figura 2.3**

Haciendo una revisión y validación de nuestro diseño debemos llegar al total de nuestro objetivo en cobertura, el objetivo de penetración por zona se pudo haber planteado como el siguiente ejemplo :

<b>Zona</b>	<b>Outdoor</b>	<b>In-vehicle</b>	<b>In- building</b>
<b>Urban Core</b>	90%	90%	75%
<b>Suburban</b>	90%	90%	50%
<b>Rural</b>	90%	75%	N/A

**Tabla 2.1**

Así mismo :

Los huecos de cobertura tendrán un tratamiento especial ; dar un manejo especial a ciertas coberturas o requerimientos de tráfico ; Se debe clasificar que modelo usar para cada área de cobertura de tal manera que tengamos un cálculo exacto de pérdida de penetración en el modelo para los edificios locales y vehículos.

Cuando hablamos de la cobertura y diseño de la celda tenemos que referirnos a las dimensiones del grid inicial la cual se selecciona en base a los objetivos de cobertura, al modelo del Link Budget y tráfico.

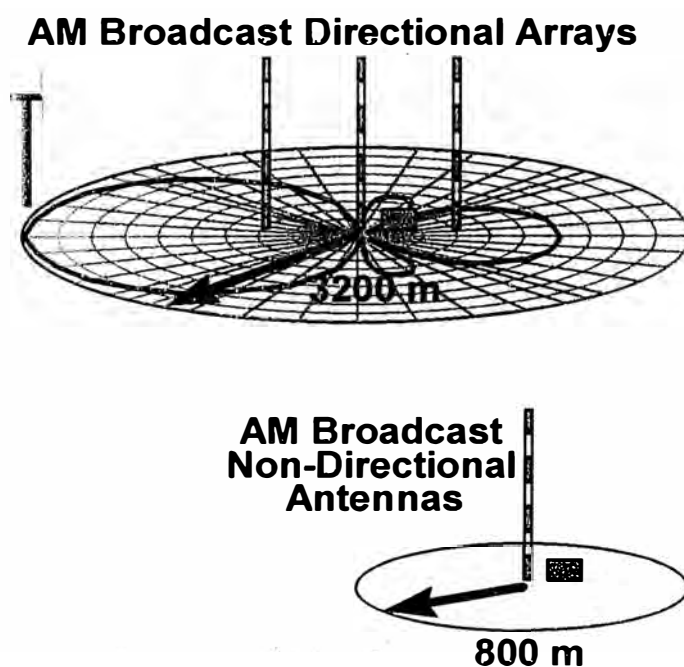
Después del proceso de estudio de cobertura y tráfico viene el de la construcción de las estaciones radio bases a los cuales se le tiene que poner un nombre y un número a la celda ; se levanta los datos de latitud, longitud, elevación de la celda ; el tipo de antenas, la altura de la torre, la orientación de los sectores que

tendrá la celda ; ver que configuración ( omnidireccional o multiseccional) tendrá la celda, el número de radios que tendrá la celda o sector de acuerdo al tráfico que cursara y los niveles de ERP deseado en la salida de la antena ; Buscar el grupo de frecuencia y la asignación de los canales respectivos.

## 2.6 Adquisición y Evaluación de los Sitios

En el proceso de selección de los sitios para las estaciones debemos tener ciertas consideraciones

- \* Evitar los arreglos de las antenas direccionales de las emisoras AM la torre debe estar a 3 Km. de la otra estación.
- \* Evitar las estaciones no direccionales AM , la torre debe estar a 800 m .

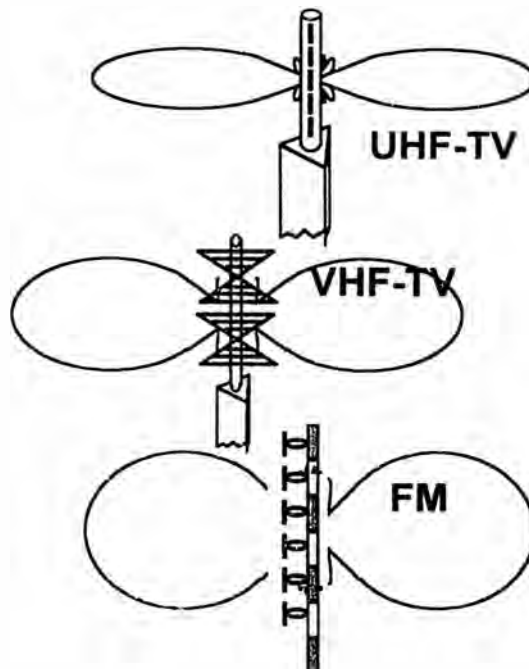


**Figura 2.4**

- \* Evitar ubicar las antenas de la celda muy cerca al campo o al lóbulo de alta potencia de las estaciones UHF-TV, VHF-TV, FM.



\* Lo recomendable es pre- scanear el sitio con un analizador de espectro cerca a otras antenas.



**Figura 2.5**

## **2.7 Optimización del Performance RF del Sistema**

Después de haber dado las consideraciones para la instalación, los objetivos para la integración inicial de la celda y la optimización del sistema son los siguientes :

- \* Definir y aplicar el criterio de aceptación de la instalación RF : Instalación física es decir orientación apropiado de las antenas, el tildado ; La performance del hardware de la celda ( ajuste a la potencia de salida, modulación, sensibilidad de recepción, frecuencia, etc.) ; barrido de las antenas ( nivel de perdida de retorno sobre el ancho de banda, perdida de línea).
- \* Verificar la cobertura e Interferencia mediante el Drive Test.
- \* La integración y la optimización de parámetros RF ( handover, handoff etc.).

Después de la puesta en funcionamiento del sistema empieza el proceso ongoing y consiste en

- \* La colección de datos y análisis.
- \* Identificación del bloqueo actual, tendencia o predicción del bloqueo futuro.
- \* Colección de los logs para los dropped calls, etc. para monitorear la performance del sistema.
- \* Administración del crecimiento para mantener el grado de servicio deseado : Dimensionamiento de las radios en cada celda, modificaciones en el plan de frecuencia cuando sea necesario, desarrollar planes de cell splitting cuando sea apropiado.
- \* Evaluación y resolución de las quejas de la calidad del sistema.

Cada compañía tiene su distinto proceso de Budget :

Algunos usan informales entradas de ingeniería, algunos usan muy formales justificación de procesos, en otros la ingeniería debe liderar el proceso de diseño de la red, etc. Pero los parámetros básicos de un Budget son :

- \* Total inversión en la red ( cantidad de las propiedades, planta y equipamiento GPPE).
- \* Annual network capital expenditures (CAPEX).
- \* Número de subscriptores (SUBS).
- \* Tráfico total cursado.
- \* Total Revenue.
- \* Número de celdas y número de canales de voz.

La tendencia de los indicadores a ser monitoreados para el apoyo en las decisiones del Budget pueden ser como sigue

- \* Tráfico por canal de voz, trafico por celda. ( Aumenta ? ).
- \* Subscriptores por canal de voz, por celda ( aumenta ?).
- \* El Revenue por canal de voz, por celda o por SUB (aumenta ?).
- \* CAPEX por canal de voz, por celda, por SUB ( disminuye ?).
- \* La adicional inversión en la red por adicional subscriptor ( disminuye ?).

## CAPÍTULO III

### MÉTODOS DE MODULACIÓN

#### 3.1 Objetivos

Revisar los diferentes tipos de modulación analógica y digital , conceptos de modulación avanzada y la performance de los tipos de modulación usados en la telefonía inalámbrica.

Modulación análoga : AM, FM, PM.

Modulación Digital : ASK, FSK, PSK.

Modulación Avanzada : ancho de banda ocupado.

Performance de los tipos de modulación usado en telefonía inalámbrica : Analog FM, DQPSK, FSK, GMSK.

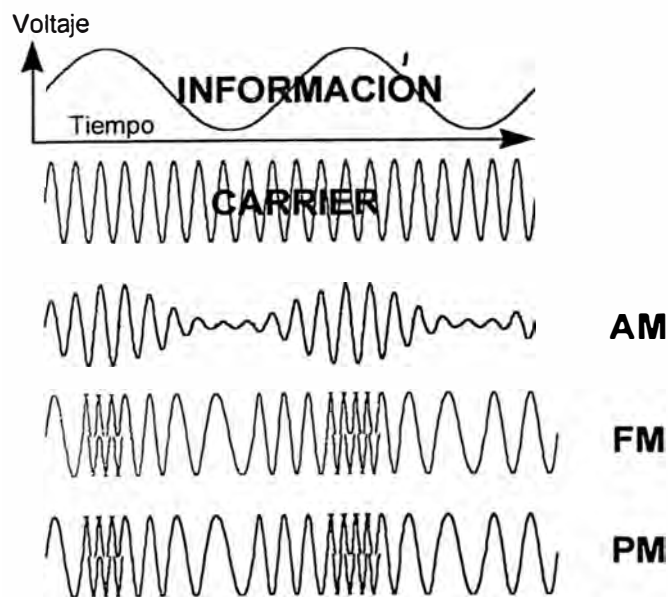
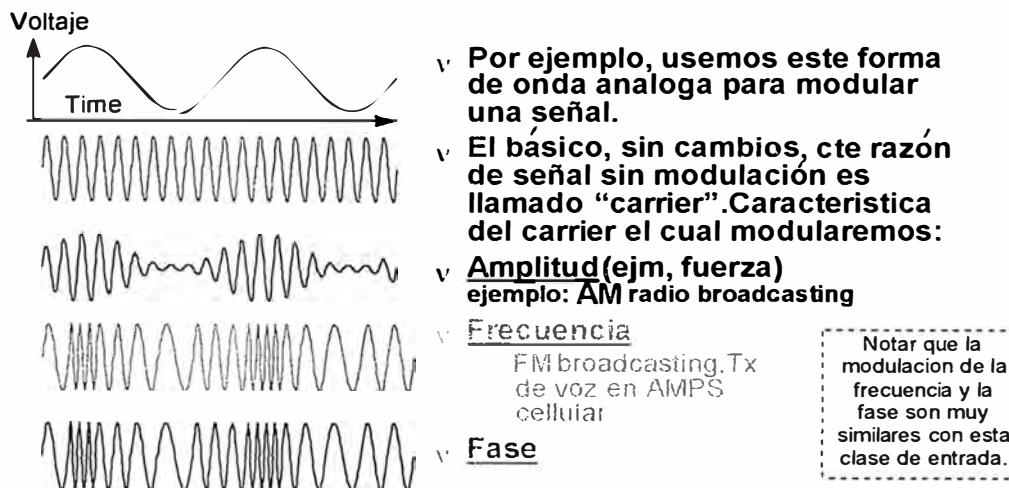


Figura 3.1

La modulación es el proceso de variar algunas características de una señal de radio en orden para transportar información.



**Figura 3.2**

Históricamente, la forma mas simple de modulación para generar y detectar es la modulación de amplitud.

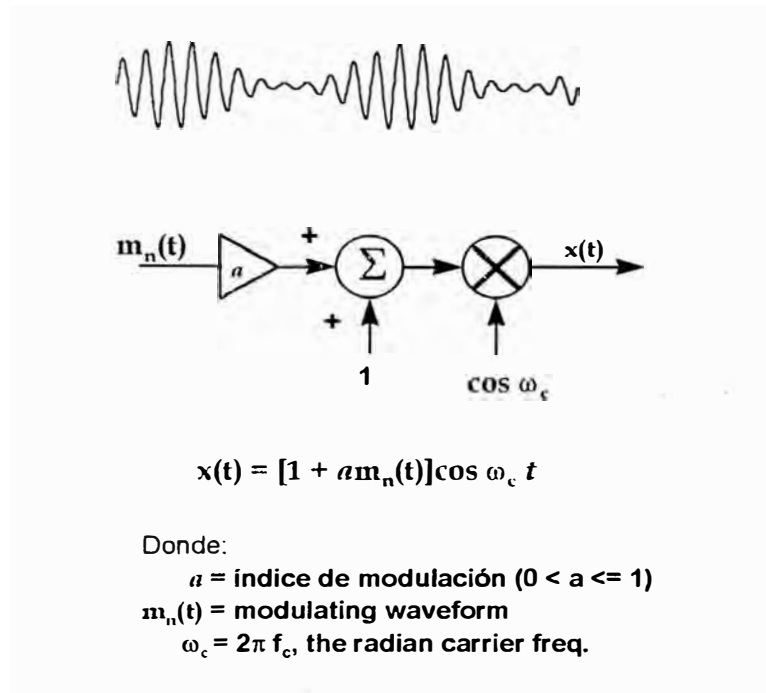
AM es un ejemplo de "modulación lineal", el cual implica que el spectrum de la señal modulada es obtenida trasladando el spectrum de la banda base al seleccionado banda de frecuencia del carrier.

La simple "Detección de envolvente" puede ser usado.

La simplicidad del sistema, sin embargo es costoso en términos de amplificación y libre de interferencia: El contenido de la información AM esta totalmente contenido dentro de un par de redundantes bandas laterales, sólo una fracción de la potencia de la señal AM esta contenida dentro de las bandas laterales, La amplificación lineal es requerido en el transmisor, desde que las variaciones de

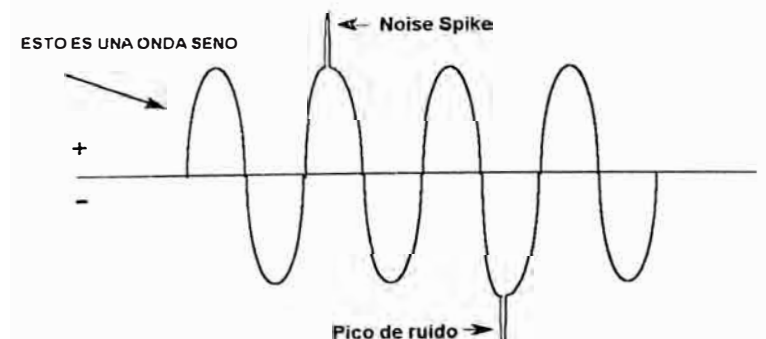
amplitud representa información, el ruido atmosférico, el ruido de ignición de los carros, etc. entonces la información es indistinguible del resto.

Así, AM no es ampliamente usado para las comunicaciones móviles.



**Figura 3.3**

Ejemplo de ruido eléctrico.

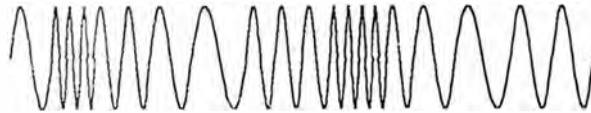


**Figura 3.4**

La modulación de frecuencia y fase son dos formas de modulación no lineal incluido bajo la categoría de modulación de ángulo ; las dos formas de modulación son muy similares a las entradas analógicas. La modulación de fase es el derivado de la modulación por frecuencia ; aunque son mas complejos para producir, ellos tienen un número de ventajas

- La forma de onda de la salida no lleva una relación de amplitud lineal con la señal modulada ; así no lineales amplificadores saturados pueden ser usados.
- La información no es transportada por variaciones de amplitud de la forma de onda. Así la atmósfera e interferencias hechas por el hombre son grandemente reducidas.
- La fidelidad es por lo tanto agradable para los usuarios.

El IS-54B voice modulation es FM.



$$S_{FM}(t) = A \cos \left[ \omega_c t + \int_{t_0}^t m_{\omega} m(x) dx + \varphi_0 \right]$$

**Donde:**

**A** = signal amplitude constant

$\omega_c$  = radian carrier frequency

$m_{\omega}$  = frequency deviation index

$m(x)$  = modulating signal

$\varphi_0$  = initial phase

**Figura 3.5**

Qué pasa si usamos como entrada una señal digital.

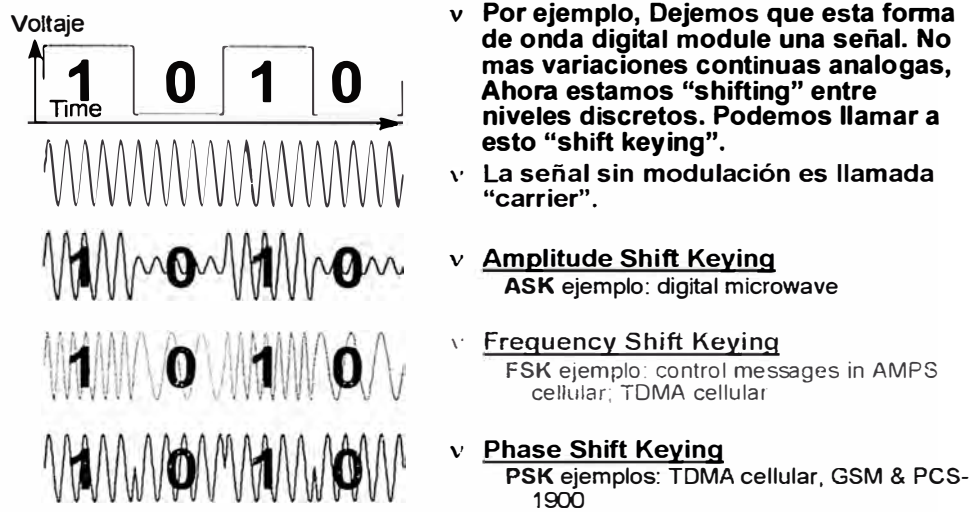
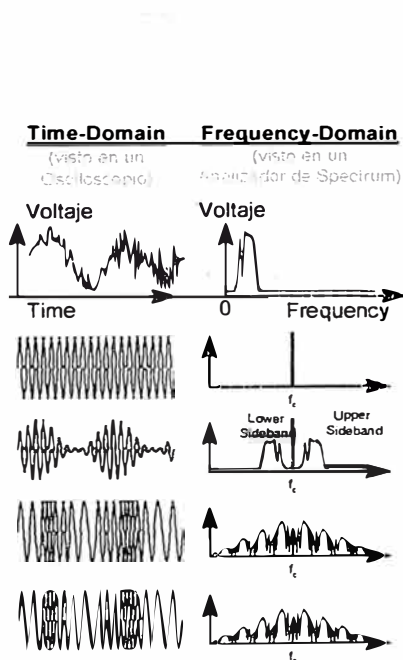


Figura 3.6

Veremos algunos tipos de Modulación y el Ancho de Banda que ocupan :



- v El ancho de banda ocupado por una señal depende de:
  - El ancho de Banda de la información de entrada.
  - Método de modulación.
- v La información a ser transmitido se llama “entrada” o “banda base”
  - el ancho-banda es usualmente pequeño, menor que la frecuencia de portadora
- v **Carrier no modulado**
  - El carrier en si tiene Zero de ancho-banda
- v **AM-modulated carrier**
  - Notar las bandas superior & inferior
  - total ancho-banda = 2 x banda base
- v **FM-modulated carrier**
  - Muchos bandas laterales! ancho-banda es una compleja funcion matematica
- v **PM-modulated carrier**
  - Muchos bandas laterales! ancho-banda es una compleja funcion matematica

Figura 3.7



Cada tipo de modulación tiene sus ventajas y desventajas para ello debemos tener en cuenta varios parámetros como el ancho de banda que necesitamos (cuán ancho es la señal?, cuánto spectrum es necesario?, cuán ancho debe ser la banda de guarda entre los canales?); Ver si nuestra señal será vulnerable a interferencias (la relación C/I será la adecuada para la buen performance del sistema?); tener en cuenta si será difícil implementarlo (el equipo requerido es complejo?, es muy caro implementarlo?, es duro mantenerlo y ajustarlo?).

Ahora veremos algunos métodos usados en la moderna telefonía móvil.

El Análogo FM que es usado en los canales de voz Celular AMPS.

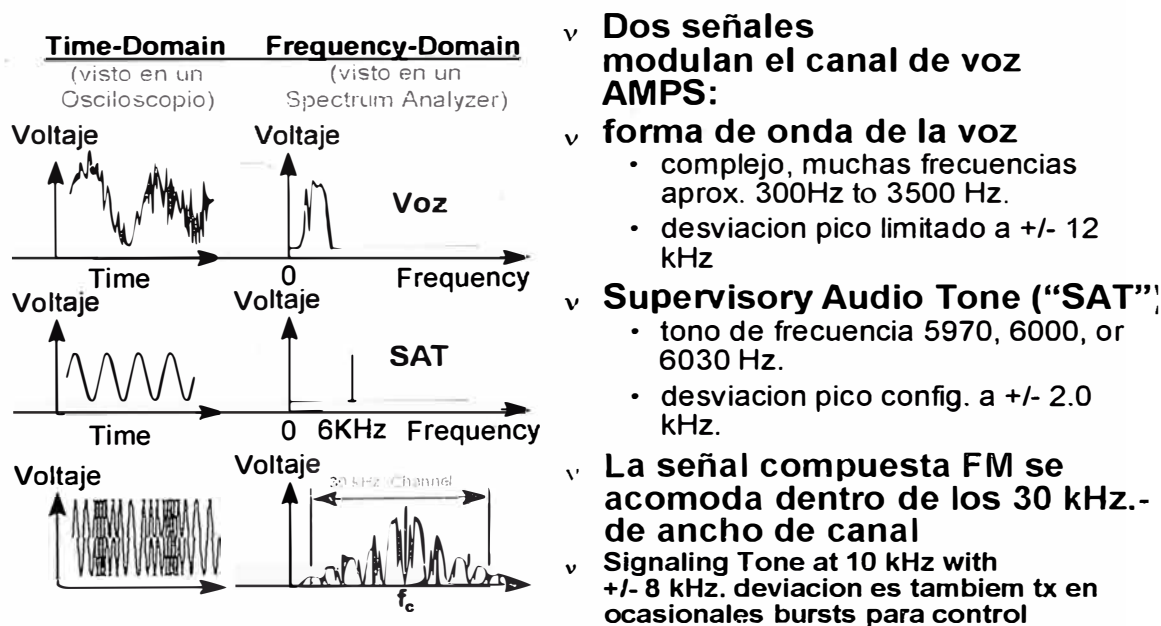
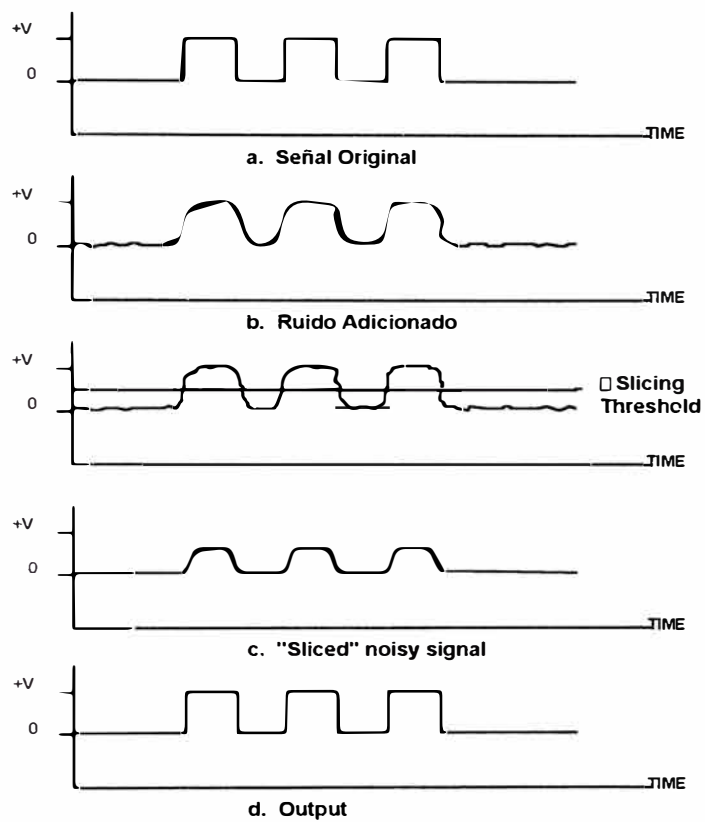


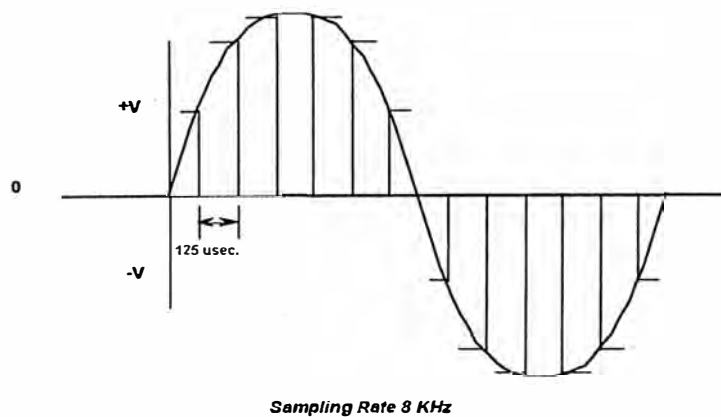
Figura 3.8

Ejemplos de señales binarias en presencia de ruido.



**Figura 3.9**

Muestreo de la señal de voz.



**Figura 3.10**

Mostramos el formato de un frame de un E1 ( 2.048 Mbps).

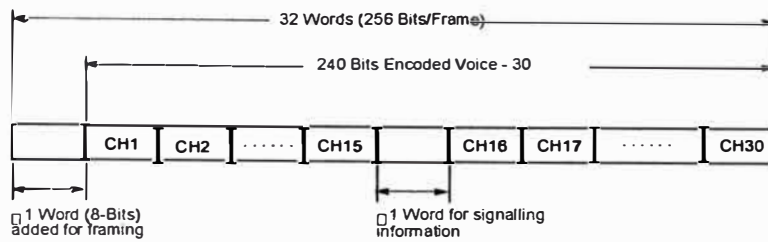
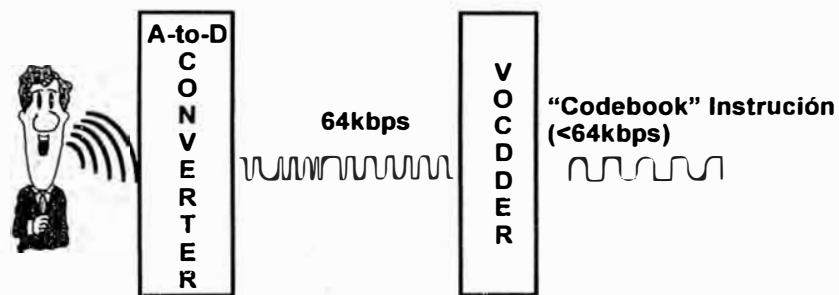


Figura 3.11

### 3.2 El Vocoder

El variable rate de un Vocoder



- ❖ Algoritmo de codificación de dialogo (compresión digital) son necesarios para incrementar la capacidad del sistema celular
- ❖ La codificación debe asegurar razonable fidelidad, ejm un minimo nivel de calidad percibido por el usuario
- ❖ El código se puede generar de diversas formas (ejm. forma de onda, dominio en el tiempo o frecuencia)
- ❖ Los Vocoder tx parametros como el control "reproducción" de voz en vez de una explicita descripcion de la forma de onda punto por punto

Figura 3.12

Un vocoder esta diseñado para procesadores de frases digital (DSP).

El TDMA usa la codificación VSELP ( fijado a una razón de 8kbps).

El CDMA usa el QCELP es una codificación de razón variable ( adaptivo threshold) con un rango de 13kbps a 1kbps con un promedio de 4kbps, toma ventaja de una pausa natural en el diálogo.

Ambos el VSELP y el QCELP son codificadores híbridos los cuales combinan waveform matching & speech signal parameters.

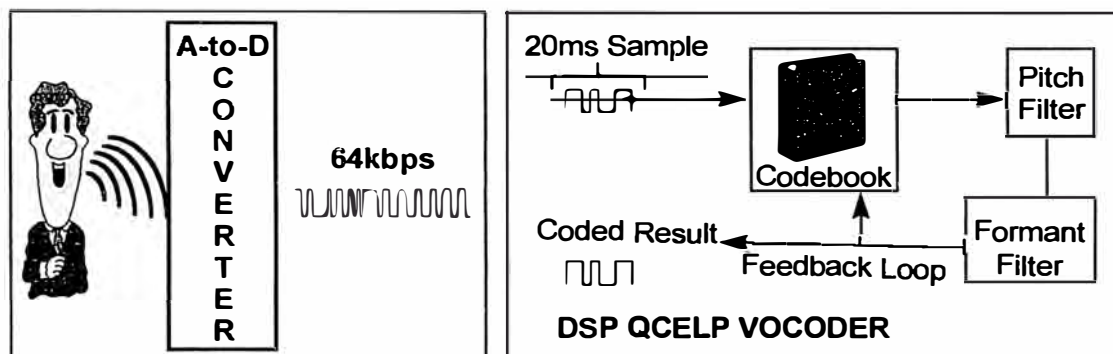
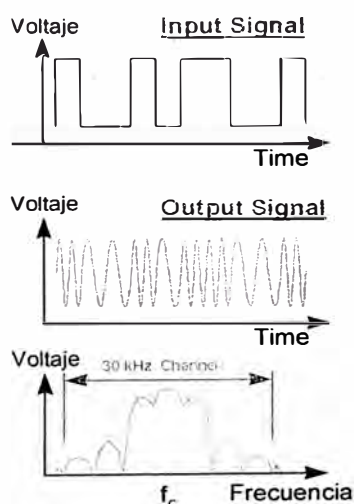


Figura 3.13

Para el control de mensajería celular en AMPS se usa el FSK ( Frequency Shift Keying)



- v **Input Signal es codificado en Manchester**(no DC component)
  - 10 KB rate
- v **Output Signal es modulado con FSK**
  - +/- 8 kHz desviacion
  - Binario 0 = transicion  $f_c$  @ +8 to -8 kHz
  - Binario 1 = transicion  $f_c$  @ -8 to +8 kHz.
- v **En canales de voz, cuando el mensaje del sistema debe ser enviado, La voz FM y la modulacion SAT es brevemente silenciado y reemplazado por FSK (Esto se llama modo "blank and burst")**
- v **En canales de control, el dato FSK es transmitido exclusivamente (no voz)**

Figura 3.14

### 3.3 Método de Modulación DQPSK

Hablaremos del método de modulación  $\pi/4$  DQPSK para el TDMA, el DQPSK viene de Differential Quadrature Phase Shift Keying.

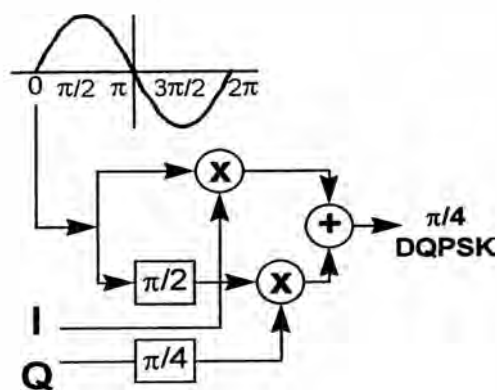
Diferencial : No necesita una referencia absoluta de fase, referencia cada símbolo sólo contra un símbolo previo ( resuelve la ambigüedad de fase, un simple detector puede ser usado).

Cuadratura : cuatro posibles cantidades de corrimientos de fase ; por lo tanto cada símbolo lleva dos bits (eficiencia).

$\pi/4$  : adicional corrimiento de fase resuelve la ambigüedad de ordinarios DQPSK.

Tiene alta eficiencia del ancho de banda.

Las variaciones de amplitud requiere de un amplificador lineal en el transmisor DQPSK.



$\pi/4$  DQPSK Signal Constellation

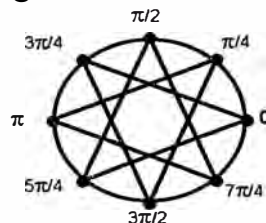


Figura 3.15

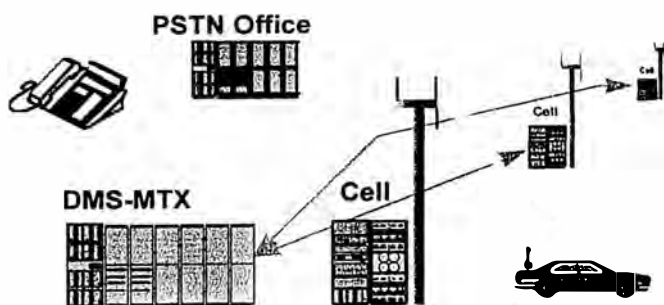
# CAPÍTULO IV

## PROCESAMIENTO DE LA LLAMADA CELULAR

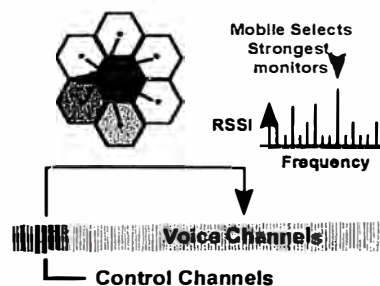
### 4.1 Introducción

En este capítulo trataremos sobre la estructura básica y funcionalidad de un sistema celular usando el estándar AMPS y D-AMPS, explicaremos la organización funcional de los canales y el establecimiento de la llamada y función de supervisión de los diversos canales, ver cual es el flujo de la llamada incluyendo los mejores eventos en el proceso, examinaremos el intercambio de mensajes entre el sistema y el usuario sobre los canales de control, entender la supervisión de la llamada, examinaremos el intercambio de mensajes entre el sistema y el usuario mientras una llamada esta en progreso sobre un canal de voz, entender los pasos fundamentales en el proceso de handoff.

### Arquitectura del Sistema



### Originación, Terminación



### Handoff

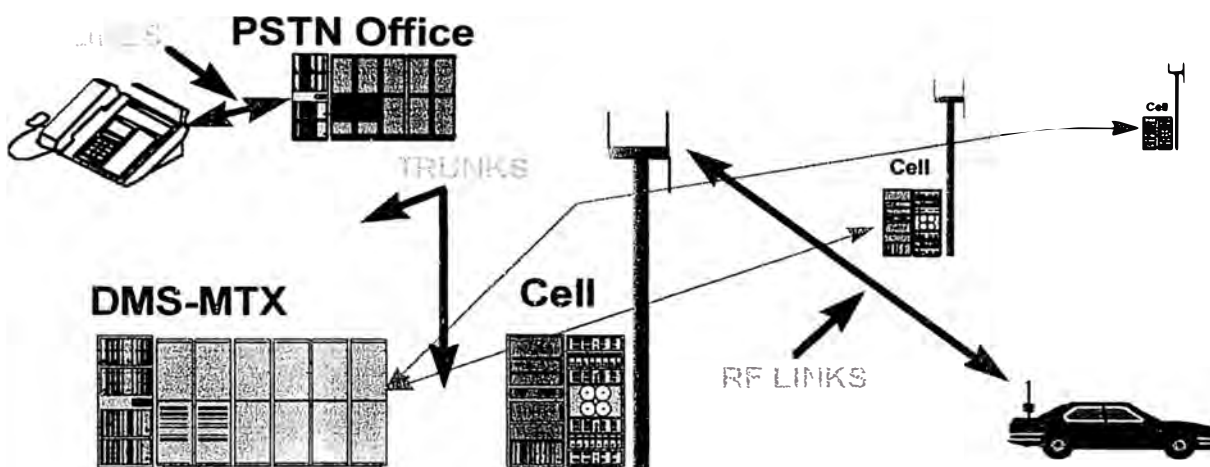


Figura 4.1

## 4.2 Estructura Básica y Características de un Sistema Celular

Las comunicaciones móviles son establecidas a través de una red de estaciones radio bases ( cell site).

La red de radios es conectado al PSTN ( Public Switched Telephone Network).



**Figura 4.2**

Debemos tener en cuenta en la arquitectura de un sistema celular y procesamiento de llamada lo siguiente :

- \* Tener una capacidad substancial, es decir tener una adecuada asignación de frecuencia ( 395 canales por sistema) ; tener una capacidad expandible a través del reuso de frecuencia.
- \* Permitir una transparente originación y recepción de llamada de un usuario es decir no debe existir la intervención de una operadora.
- \* Proveer una total y transparente movilidad es decir transparencia en el handoff de una celda a otra, transparencia en el roaming.
- \* Proveer servicios y características en las llamadas.

### 4.3 El Espectro Celular

Hablaremos sobre el Espectro Celular AMPS ; La telefonía celular provee comunicaciones full-duplex es decir la conversación requiere transmisión simultáneo en ambas direcciones ( 25 Mhz de banda de frecuencia usado para la transmisión del móvil en “Uplink” y 25 Mhz de banda de frecuencia usado para la transmisión de la cell site en “ Downlink”), La banda celular esta dividido en partes iguales entre los operadores competidores.

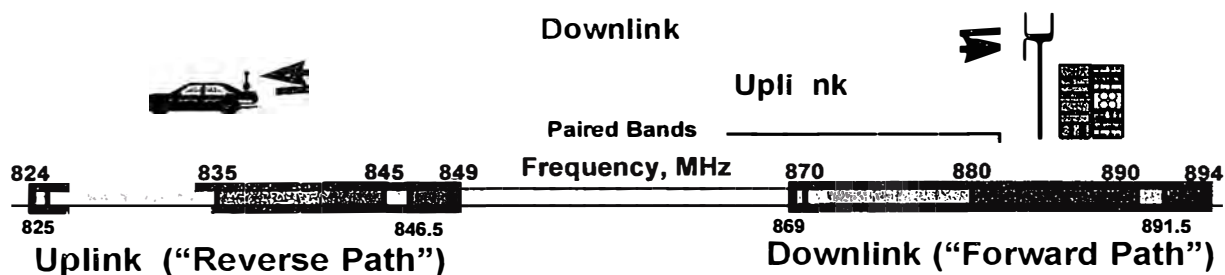
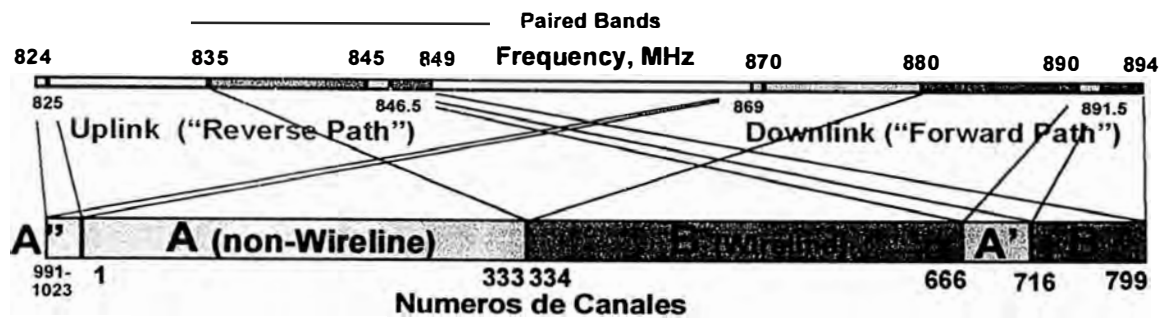


Figura 4.3

Las bandas de Uplink y Downlink son imágenes idénticas cada canal celular incluye dos frecuencias, un Uplink y un Downlink, los canales están espaciados cada 30 Khz.

La asignación original del spectrum por la FCC incluye sólo canales de la 1-666 el bloque A ( ch 1 - 333 ) & bloque B ( 334 - 666). Después se tuvo el espectro expandido, se adicono los canales 667 - 799 & 991 - 1023.





**Figura 4.4**

Cada canal es correctamente definido por dos frecuencias :

$F \text{ ( Mhz)} = 0.03C + 870$	Downlink, canales 1 - 799
$F \text{ ( Mhz)} = 0.03(C-1023) + 870$	Downlink, canales 991 - 1023
$F \text{ ( Mhz)} = 0.03C + 825$	Uplink, canales 1 - 799
$F \text{ ( Mhz)} = 0.03(C-1023) + 825$	Uplink, canales 991 - 1023

Hay dos tipos de canales

Canales de control ( llamado también “setup”, “paging”, “access”)

- \* En el downlink es el que envía la información del sistema y entrada de notificación de llamada (pages).
- \* En el uplink, usado por los móviles para requerir acceso al empezar una llamada.
- \* normalmente incluye los canales mas cercanos a la mitad de la banda : 21 en A, 21 en B.
- \* Hay otros canales de control digitales dedicados los cuales también pueden ser usado por sistemas TDMA.

Canales de Voz

- \* Usado para la conversación de los usuarios después de establecerse la llamada.
- \* Usado intermitentemente por el sistema para necesarios mensajes de control mientras la llamada esta en progreso.

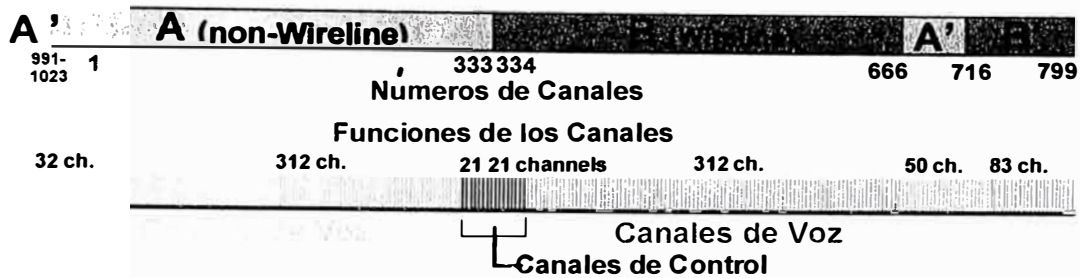


Figura 4.5

Un canal de Control es un par de frecuencias usado para solo propósito de señalización.

✓ **Forward Control Channel FOCC "Downlink"** desde Cell Site a Usuarios (Un continuo flujo de datos)

- "broadcast" información acerca de la identidad del sistema, configuración necesaria por todos los usuarios
- "paging" información para alertar al móvil a cerca de una llamada entrante

✓ **Reverse Control Channel RECC "Uplink"** desde Usuarios a Cell Site (intermitente bursts desde el usuario)

- requerimiento de acceso
  - iniciación de la llamada, responder el page
  - registraciones

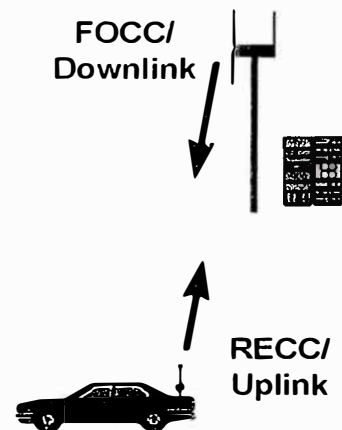


Figura 4.6

#### 4.4 Elementos de Radio Celular

Entre los elementos de Radio Celular se nombra los siguientes :

##### 4.4.1 Canal de Control :

\* FOCC siempre transmitiendo ; Envía información general del sistema, envía al móvil mensajes específicos ( Ej. page).

- RECC usado por el móvil para acceder al sistema.

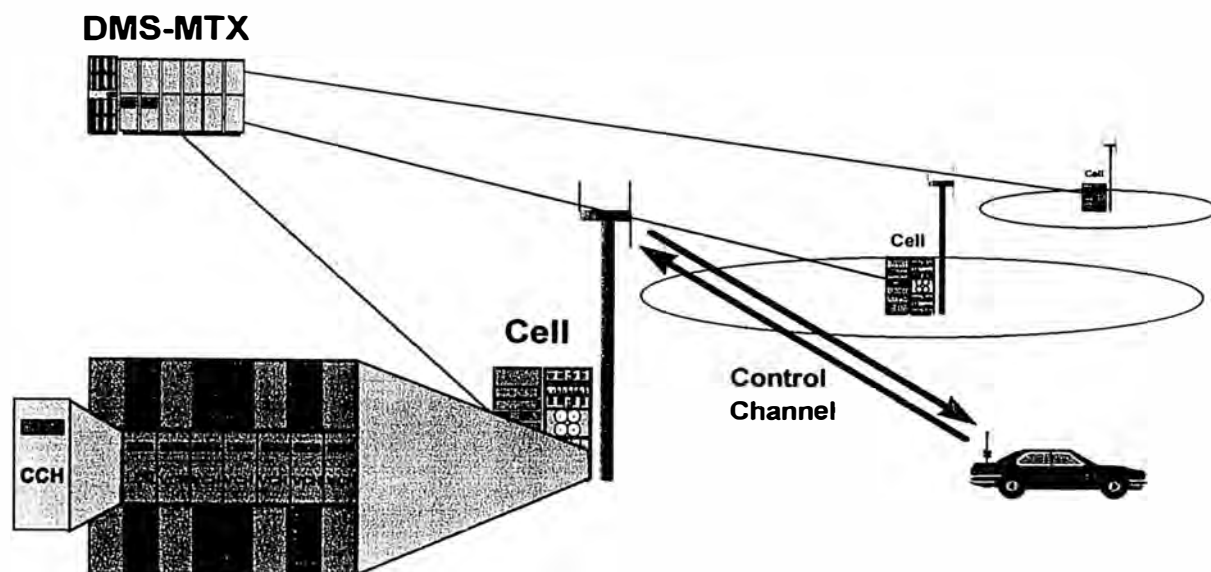


Figura 4.7

#### 4.4.2 Canal de Voz :

- \* Audio Duplex ( voz) entre el móvil y la celda.
- \* Todas las comunicaciones con la central durante una llamada ; mensajes de datos, orden de handoff, control de potencia

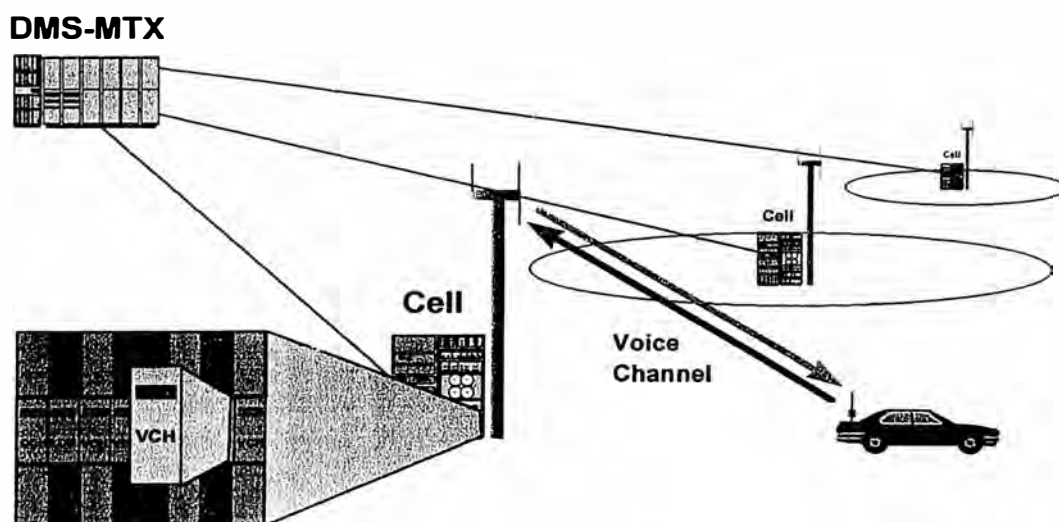


Figura 4.8

#### 4.4.3 Receptor Locate :

- \* No transmite sólo recibe.
- \* Mide el RSSI del reverse voice channel.
- \* Usa las mediciones de RSSI para el proceso de handoff.
- \* Puede medir algunas frecuencias de canales de voz.

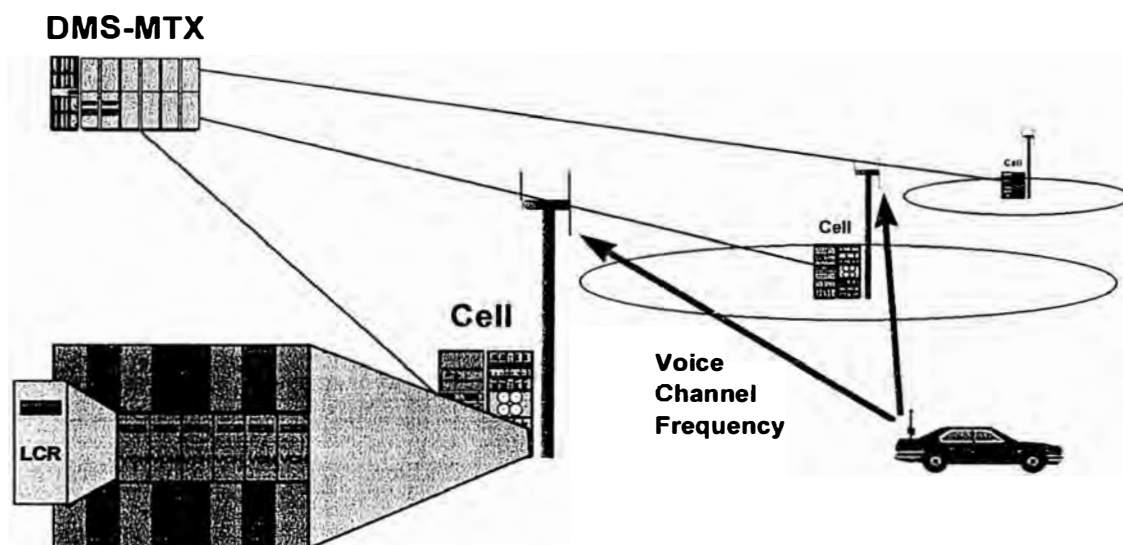


Figura 4.9

#### 4.5 Procesamiento de la Llamada

- \* La unidad de los subscriptores (móvil, transportables, o hand-held) contienen algoritmos estándar e información dentro de su memoria no volátil.
- \* La información básica es programado en la unidad : Algunos hecho en fábrica y otros cuando la unidad fue puesta en servicio por el operador.
- \* Los tipos de información que incluyen son :
  - Número de identificación del móvil (MIN).
  - Número serial electrónico (ESN).
  - Identificación del Home del sistema (SID).

\* La secuencia del procesamiento de la llamada empieza cuando la unidad del subscriptor es primero encendido.

Al momento de encenderse el teléfono se debe obtener respuestas a algunas preguntas básicas.

Quién Soy Yo ?

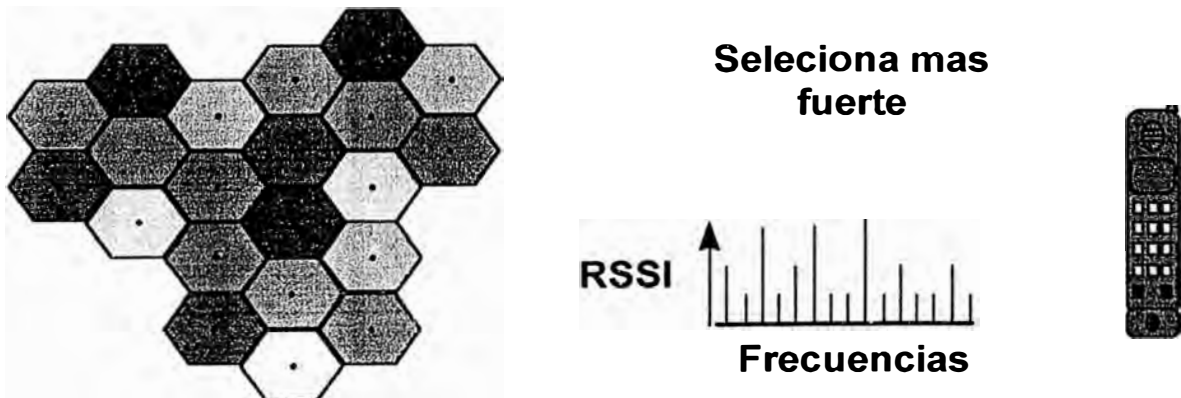
Lo primero que realiza es un auto Test :

- \* Hace un diagnostico básico.
- \* Ve el número serial electrónico.(MIN), ESN, SID.
- \* establece a cual station class mark pertenece.
- \* Cuál banda escanea primero, etc.

Donde estoy ?

Escanea el apropiado frecuencias del canal de control.

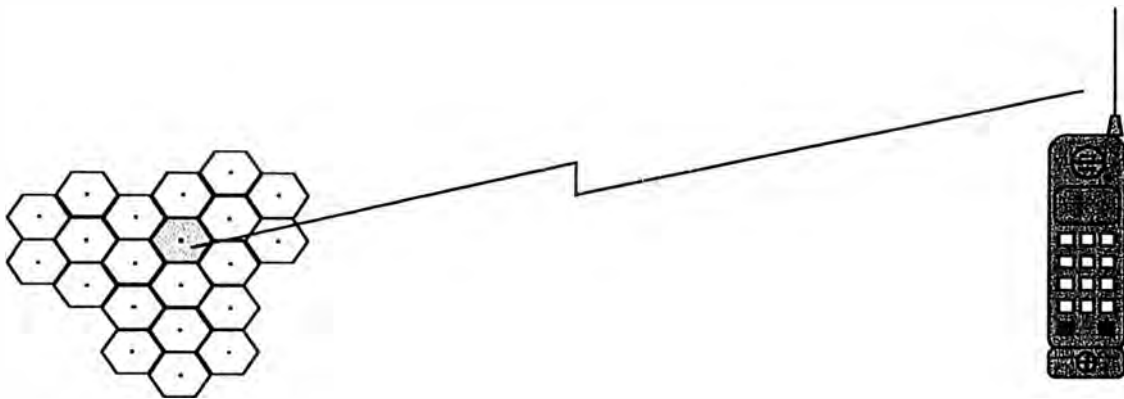
Determina cuál es él más fuerte ( eso me dirá a cual site estoy mas cerca)



**Figura 4.10**

Una vez que escucha el canal de control más fuerte en el tren de mensajes en la cabecera intenta decodificarlo, eso nos dará bastante información que necesitamos tales como :

- \* Si estoy en HOME o ROAMER.
- \* Cuál canal de control escuchar para los pages.
- \* Cuál canal de control escucho para el acceso.
- \* Si yo debería Auto registrarme.



**Figura 4.11**

En la actualidad muchas empresas usan el Autonomous Registration, el móvil sabe si o no registrarse por monitorear el canal de control que viene como mensaje en la cabecera.

El Móvil :

- \* Espera por un bit busy/idle para indicar idle.
- \* Transmite el mensaje de registración requerida.

El Sistema :

- \* Chequea el dato del móvil contra el dato de la base.
- \* Introduce a la unidad dentro de la lista de unidades activas, graba sus localización.
- \* Envía un mensaje de retorno de aceptación al móvil .

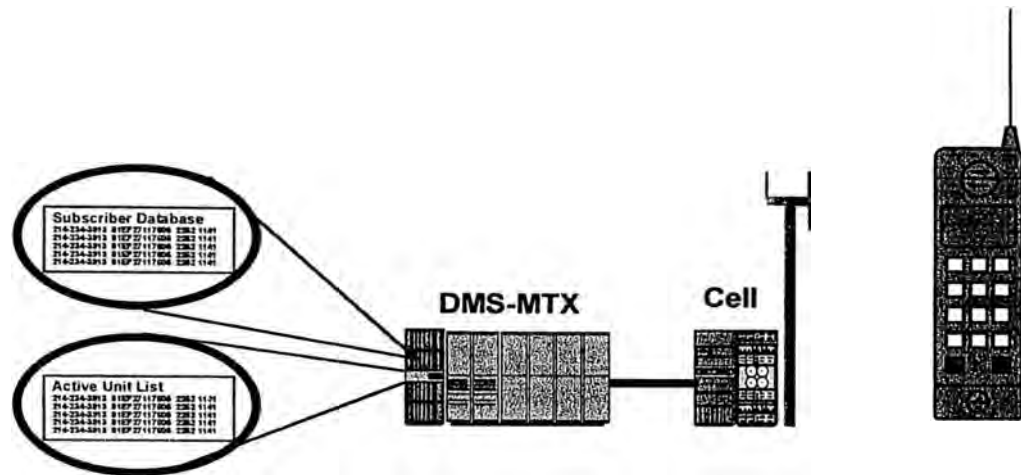


Figura 4.12

#### 4.5.1 Llamada desde una Línea Fija ( Terminación del móvil)

**MTX** Cuando dentro una llamada desde el PSTN, chequea base de datos de las unidades móviles, nota la localización del móvil.

- ✓ Envía mensajes a las radios de canal de control en zona del móvil diciendo que ha transmitido un paging al móvil.

(El mensaje de Paging incluye el M.I.N. del móvil más unos cuantos bits para decirle al Móvil que hay una llamada)

(NOTE: Si el MTX no está usando la capacidad de zone paging, El page es transmitido por radios de canal de control de todas las celdas dentro del área de servicio.)



Figura 4.13

Después de oír el mensaje de paging....

\* Rescanea los canales de control.

\* Observa el bit busy/idle ; Cuando esta en idle transmite un mensaje de respuesta del page en el RECC.

Después de recibir el mensaje de respuesta del page....

\* Determina la localización del móvil ( en cual celda).

\* Empieza el proceso de configuración del enlace del canal de voz al móvil.

El MTX identifica y selecciona una radio de voz libre ( disponible)en la celda., luego envía un mensaje a la radio de voz (VCH) diciéndole que despierte y empieza a transmitir una frecuencia de SAT ; el mensaje enviado a la radio del canal de control diciéndolo para transmitir un mensaje IVCD al móvil ( el mensaje IVCD dice al móvil cambiar a una frecuencia de canal de voz y escuche por la frecuencia de SAT).

Después de recibir el mensaje IVCD.....

\* Vuelve a sintonizar para designarle un canal de voz, escucha por el SAT.

\* Si el SAT está correcto empieza a transmitir el mismo SAT de retorno al VCH.

Después de recibir el correcto SAT.....

\* Envía mensaje al MTX, informando si ese enlace RF ha sido configurado.

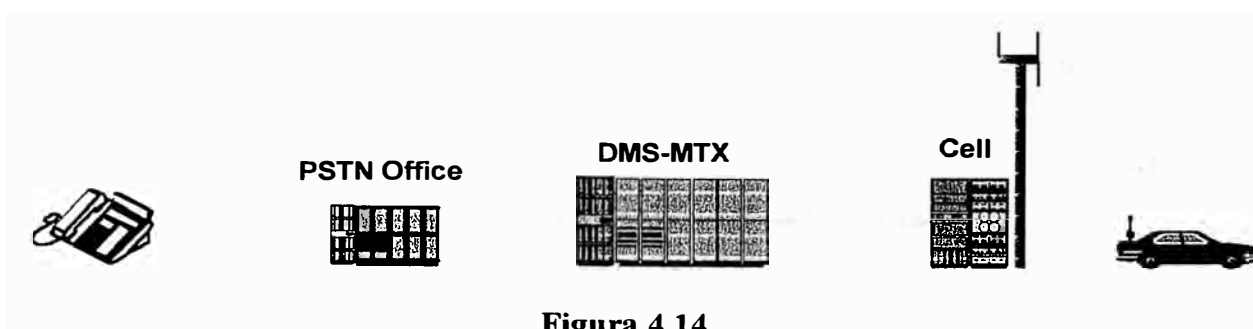
Luego el MTX envía mensaje al VCH, diciéndole para enviar mensaje de ALERT ORDER al móvil (envía mensaje al PSTN para empezar enviando el ringback del calling party.

En el móvil después de recibir el ALERT ORDER....

\* Inicia el ringing y transmite 10 Khz S.T al VCH.

\* Cuando el subscriptor responde, para el ringing y para el S.T.





**Figura 4.14**

En el Canal de Voz cuando la señal S.T paro, envía un mensaje al MTX diciendo que el subscriptor ha respondido.

En el MTX una vez que se ha notificado que el subscriptor ha respondido, completa la conexión cruzada en la central de la red para establecer el camino de voz desde el PSTN al móvil.

Veamos que significan los siguientes términos :

SAT :

- \* Confirma la continuidad de la llamada para el sistema.
- \* Integridad : se pregunta si es el correcto usuario ?.
- \* Calidad : la calidad es adecuada ?

Señalización en el canal de voz análoga

- \* usa el método blank and burst, un FSK similar al FOCC/RECC.

Signaling Tone :

- \* El ST es transmitido por el móvil sobre el canal de voz reverse para dar conformidad de los comandos y ordenes recibidos por la estación base.
- \* Unos 50 ms de ST da conocimiento de una orden de handoff.

#### 4.5.2 Llamada Saliente a una Línea Fija ( Originación del Móvil).

Después de originar y esperar, se asume que el suscriptor desea hacer una llamada a un suscriptor de línea fija.

El suscriptor inicia la acción para entrar el número deseado, entonces presiona el botón SEND.

Entonces el móvil scanea los canales de control, observa el bit busy/idle ; cuando esta en idle transmite el mensaje de requerimiento de originación.

El canal de control después de recibir el mensaje de requerimiento de originación, envía mensaje a la MTX informándolo del requerimiento.

El MTX chequea la identificación del móvil llamante contra la base de datos, identifica y selecciona una radio de canal de voz disponible en la celda, envía mensaje al VCH diciéndole préndete y empieza a transmitir la frecuencia de SAT, envía el mensaje al CCH diciéndole transmite un mensaje IVCD al móvil.

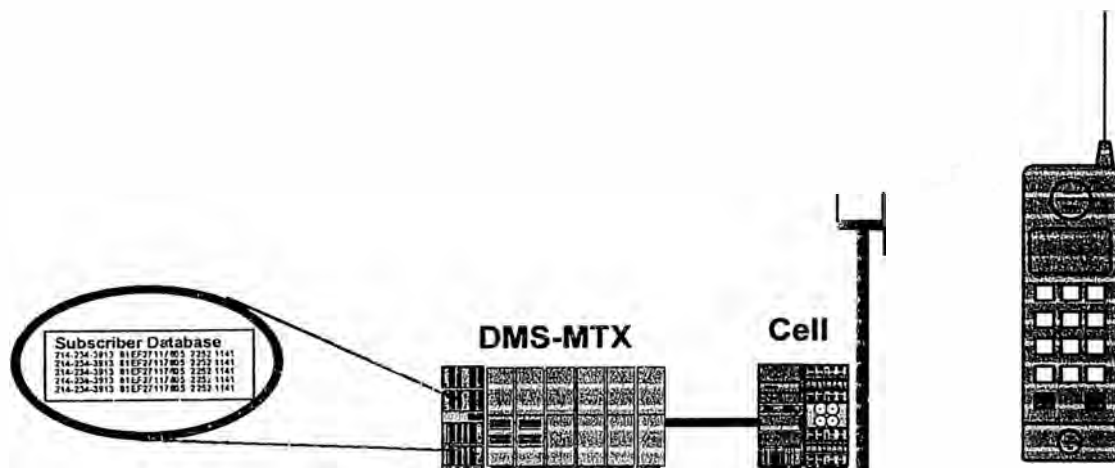


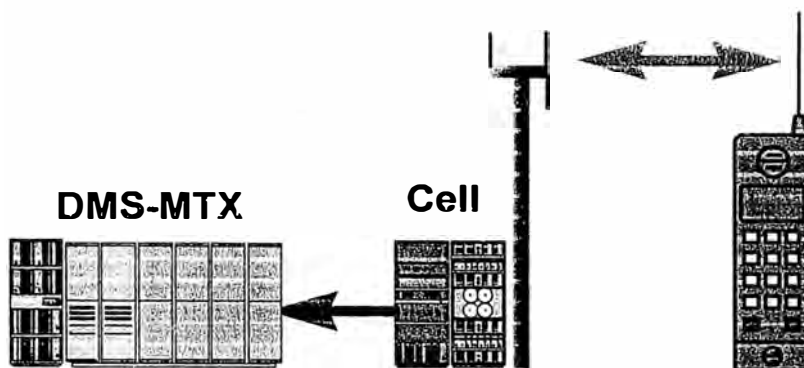
Figura 4.15

El móvil después de recibir un mensaje IVCD....

\* Resintoniza para designar un VCH, escucha el SAT. Si el SAT esta correcto transmite el mismo SAT de regreso al VCH.

Después de recibir el correcto SAT desde el móvil.....

\* Envía mensaje al MTX diciéndole si ese enlace RF ha sido establecido.



**Figura 4.16**

En el MTX

\* Traduce la llamada, si es satisfactorio en ruta la llamada hacia el PSTN. Envía señales apropiados ( ringback, tono de ocupado etc.) al móvil.

\* Cuando el otro lado responde, se completa la conexión cruzada en la central de la red para establecer una camino de voz desde el PSTN al móvil

#### **4.6 Introducción al Handoff**

En los sistemas inalámbricos FDMA requiere que un usuario celular siempre este servido por la celda mas fuerte disponible con algunas excepciones.

Ventajas :

\* Minimiza la interferencia por preservar el C/I.

\* Da la mejor capacidad de tráfico del sistema, asumiendo apropiados niveles de potencia en el diseño.

### Desventajas / Requerimientos Especiales

- \* Incrementa la actividad de procesamiento del sistema, requiere más recursos.
- \* Cada handoff involucra molestia de silencio y pequeños picos de drop.
- \* Requiere agresiva atención para asegurar el handoff cuando necesite pero no en innecesarios handoff.

Porque se tiene que dar el proceso de handoff

- \* Para garantizar la continuidad de la llamada ; el reuso de frecuencia dicta que celda radiante son pequeñas, la llamada debe hacer handoff entre sistemas.
- \* Evitar la interferencia ; Mantener el deseado C/I, evitar el dar y recibir interferencias en otras celdas.
- \* Por razones operacionales ; mantenimiento sobre el VCH en casos limitados para balancear el tráfico.

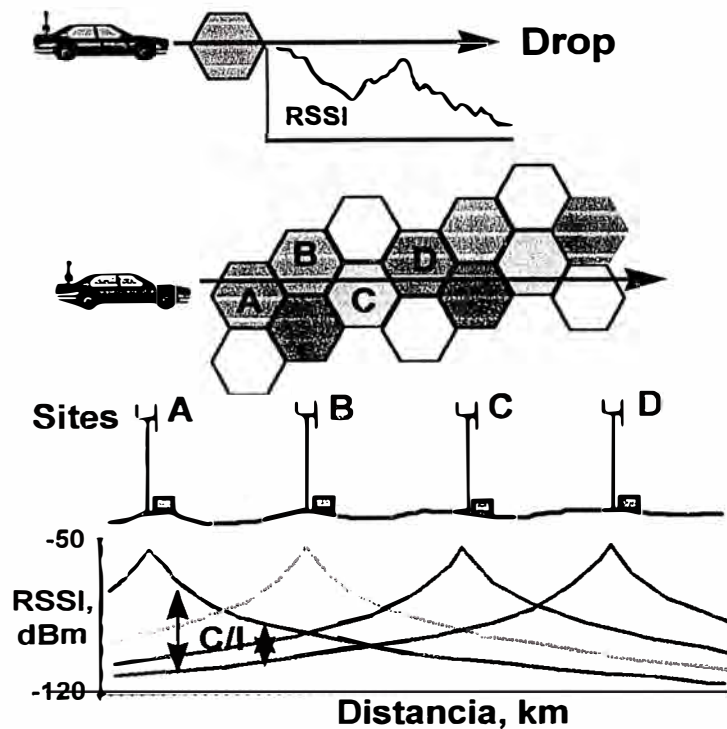
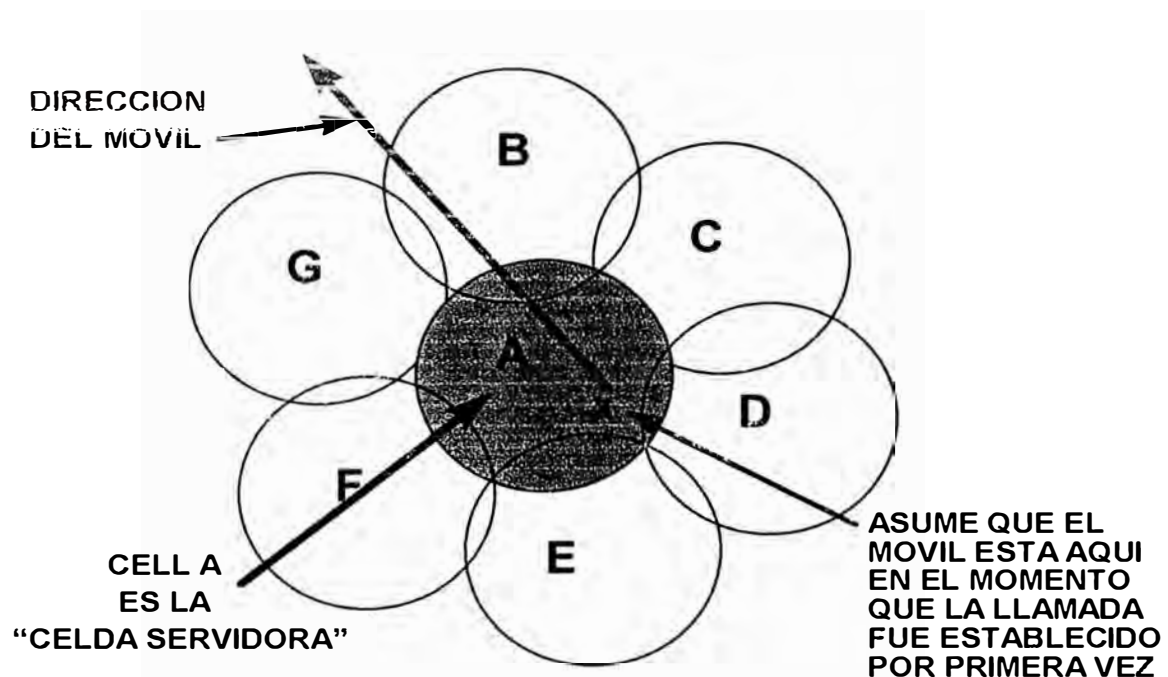


Figura 4.17

Describiremos una típica secuencia de handoff:

- \* En los circuitos de la radio de canal de voz constantemente mide la señal más fuerte recibida desde el móvil.
- \* Como la fuerza de la señal se deteriora, el sistema usa comandos de “power up” para incrementar la fuerza del móvil.
- \* En algunos puntos, la fuerza de la señal se deteriora a la magnitud que el móvil se convierte a un candidato para handoff.
- \* En este punto, el sistema empieza la secuencia de handoff.



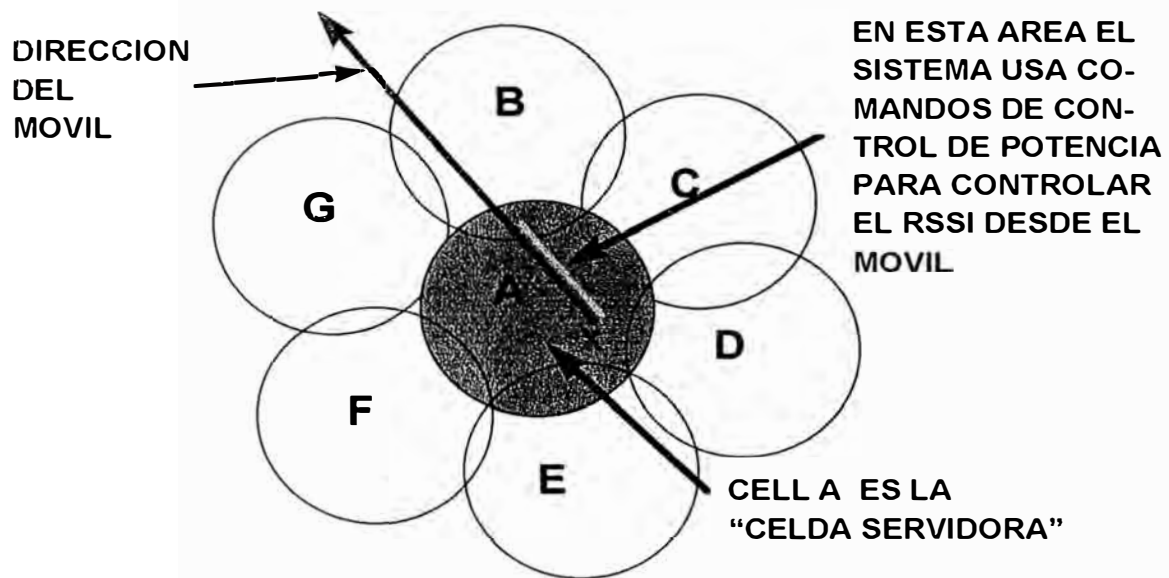


Figura 4.18

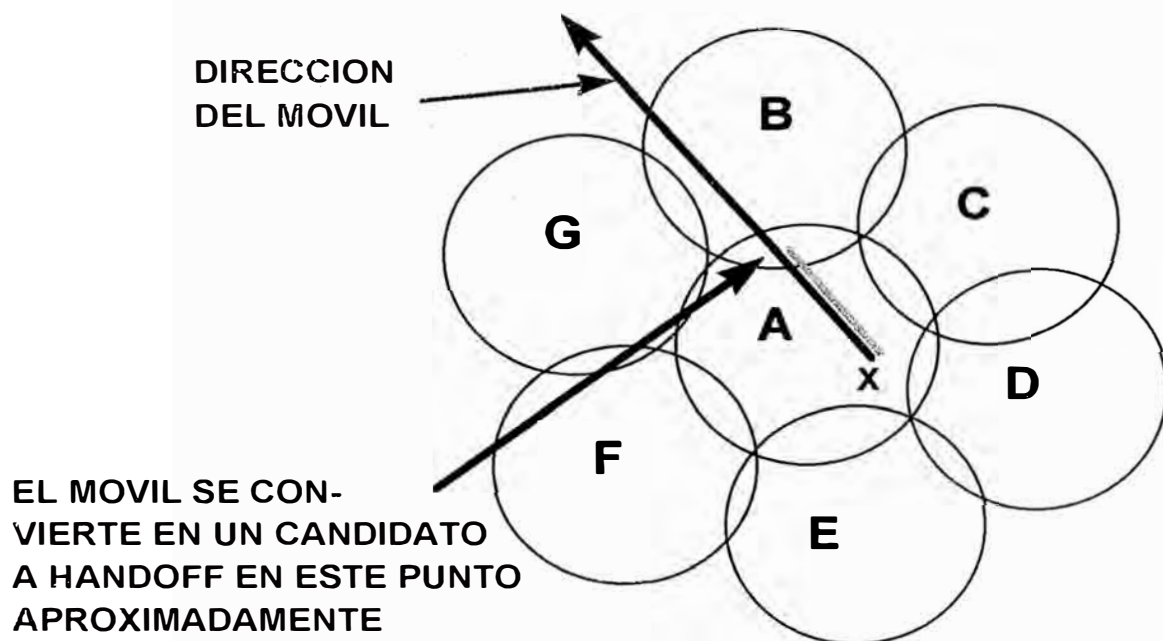


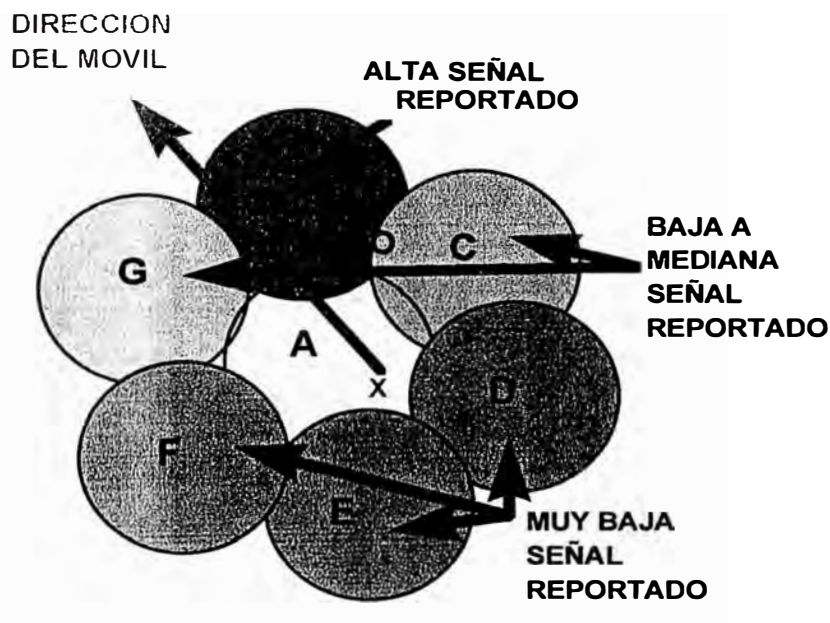
Figura 4.19

Cuando el móvil se convierte en un candidato para handoff, el sistema sabe que se está alejando de la celda pero no sabe en que dirección.

Para averiguar la dirección del móvil ( y así seleccionar la celda destino para el handoff), el MTX envía mensajes a los LOCATE RECEIVERS en toda las celdas adyacentes ( celdas B,C,D,E,F y G), instruyéndolos para sintonizarse a la frecuencia del móvil (canal) y medir y reportar la fuerza de la señal.

En nuestro caso los receivers ( receptores) en las celdas D,E y F reportarían muy baja señal ; los receptores en las celdas C y G deberían reportar mas nivel, pero el receptor en la celda B reportaría mayor fuerza.

Ahora el MTX conoce que la celda B es la celda destino para handoff.



**Figura 4.20**

Una vez que la celda destino es identificado, el MTX chequea si hay un canal de voz disponible en la celda destino.

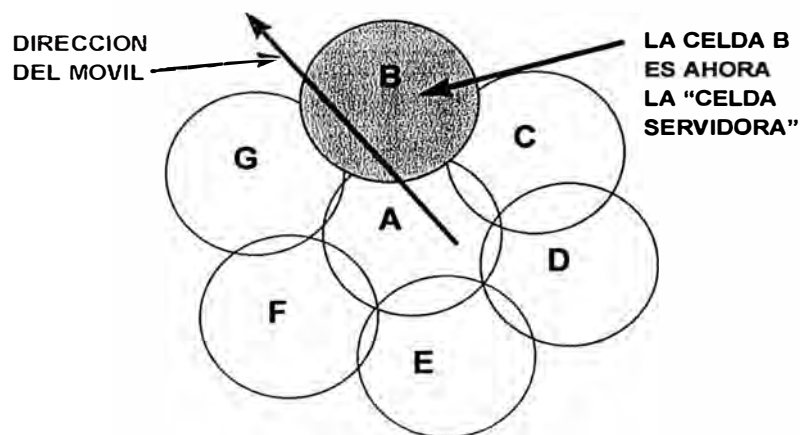
Si lo hay, el MTX envía un mensaje a la radio de canal de voz diciéndole despierta y empieza a transmitir un específico SAT.

El MTX entonces envía un mensaje “ BLANK AND BURST” a través del canal de voz en la celda A diciendo al móvil que se sintonice a la nueva frecuencia del canal de voz (celda B) y esperar oír el SAT siendo transmitido por el canal de voz de la celda B.

El móvil responde con 50 ms de ST, entonces sintoniza al canal de voz de la celda B y escucha por el SAT. Si el SAT es correcto el móvil transmite el mismo SAT de retorno al canal de voz de la celda B.

Cuando el canal de voz de la celda B oye su propio SAT, retornado desde el móvil, envía un mensaje al MTX diciéndole que hay ahora un enlace RF en la celda B al móvil.

Cuando el MTX sabe que el enlace RF de la celda B es correcto cambia la conexión en la Red de la Central para conectar la troncal al PSTN a la nueva radio de voz (celda B).



**Figura 4.21**



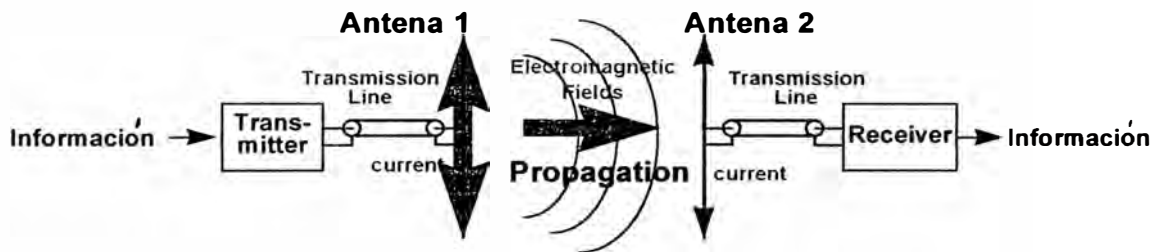
## CAPÍTULO V

### PROPAGACIÓN Y LINK BUDGET

#### 5.1 Elementos Básicos de un Enlace de Radio

La propagación es la ciencia de como las señales de radio viajan ( propagan) de una antena transmisión a una antena de recepción.

La propagación es parte de cada enlace de radio.



**Figura 5.1**

#### Elementos y Parámetros de un Enlace de Radio

**Transmisor :** Genera la energía RF en una frecuencia deseada. Modula la energía RF para transmitir información.

**Antenas :** Convierte la energía RF dentro del campo electromagnético y viceversa. Concentra la energía en la dirección deseada (ganancia).

**Receptor :** Filtra la salida e ignora las señales en la frecuencia no deseada. Amplifica la señal que es lo suficientemente débil para poder procesarla, Demodula la señal para recuperar la información.

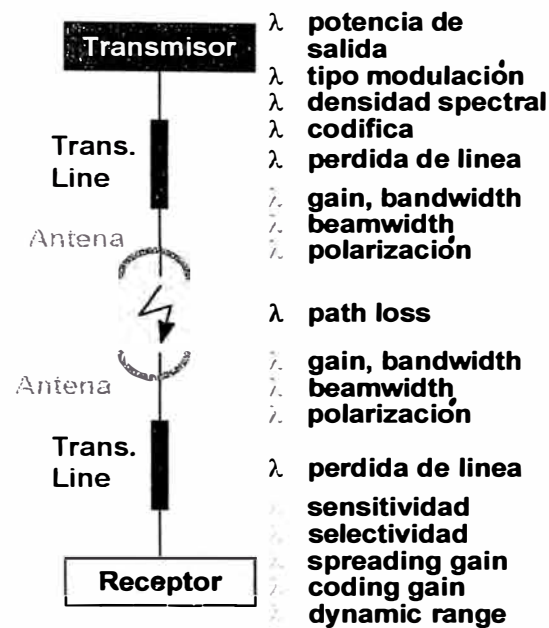


Figura 5.2

## 5.2 El Rol de la Frecuencia en la Propagación

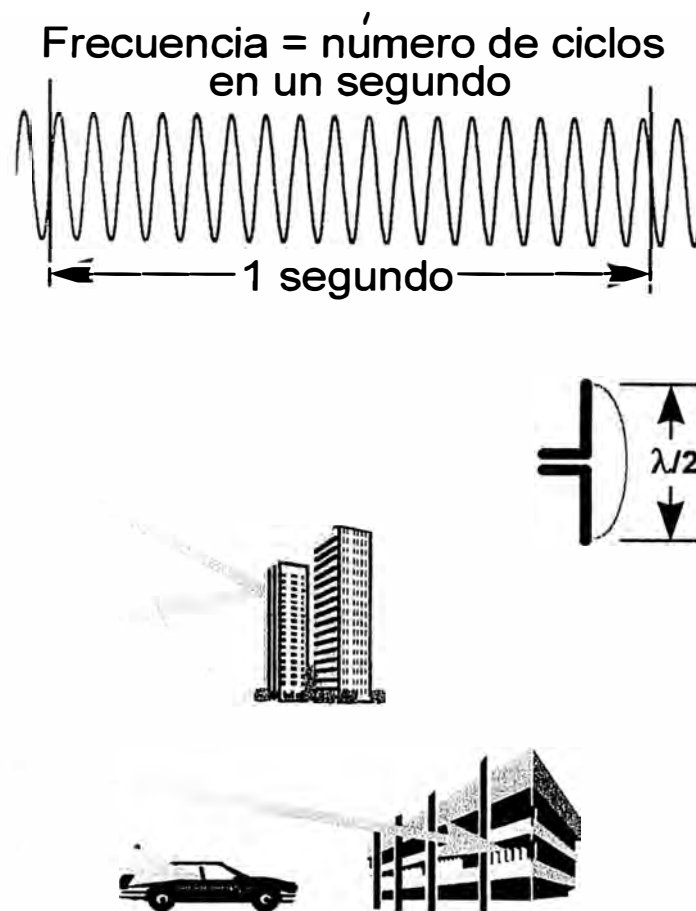
\* La frecuencia de una señal de radio determina mucho de su característica de propagación.

\* La frecuencia y la longitud de Onda están inversamente relacionados.

- Los elementos de la antena están típicamente en el orden de  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{2}$  longitud de onda en tamaño.

- Los grandes objetos que una longitud de onda pueden reflejar o obstruir la energía RF.

- La energía RF puede penetrar dentro de un sitio cerrado ( edificio, vehículos, etc.).



**Figura 5.3**

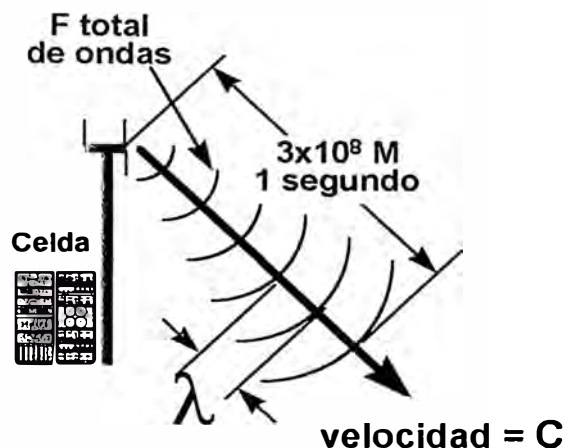
### 5.3 La Relación entre la Frecuencia y la Longitud de Onda

La señal de radio viaja a través del espacio vacío a la velocidad de la luz (C).

La frecuencia (F) es el número de ondas por segundo (unidad : Hertz).

La longitud de onda ( $\lambda$ ) (longitud de una onda) es calculado como distancia viajado en un segundo/ ondas en un segundo.

$$\lambda = \frac{C}{F}$$



### Ejemplos:

AMPS cell site  $f = 870 \text{ MHz}$

$$\lambda = 0.345 \text{ m} = 13.6 \text{ inches}$$

PCS-1900 site  $f = 1960 \text{ MHz}$

$$\lambda = 0.153 \text{ m} = 6.0 \text{ inches}$$

Figura 5.4

## 5.4 Modos Básicos de Propagación

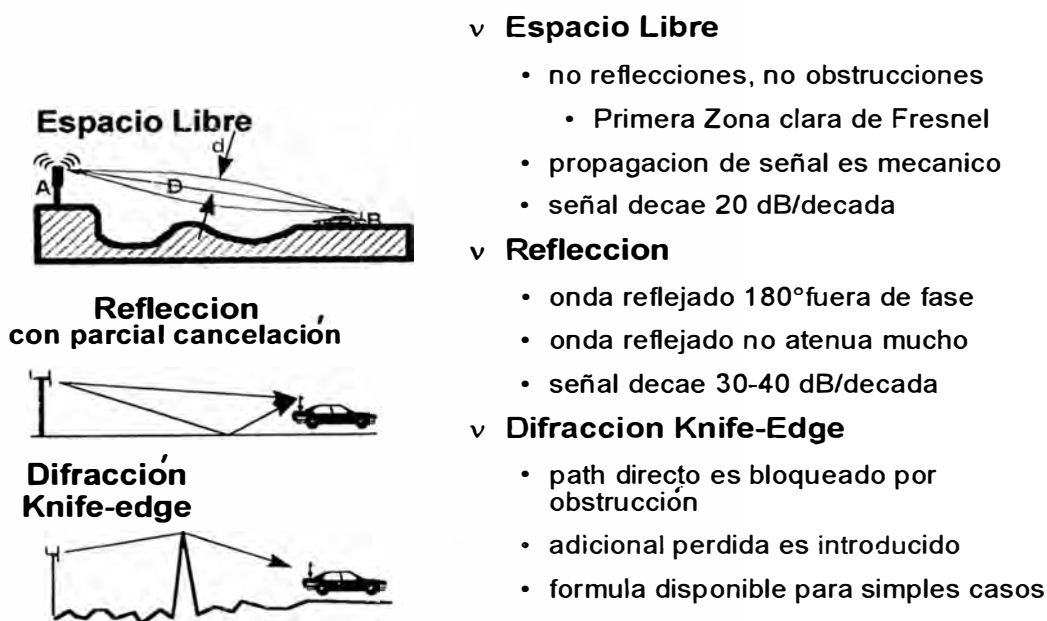


Figura 5.5

### 5.4.1 Propagación libre - espacio



∞ Libre Espacio"

La pérdida de energía interceptado por el cuadrado rojo es proporcional a  $1/r^2$

#### v El Modo de Propagación Simple

- Imagine una antena transmisora en el centro de una esfera. Cada pequeño cuadrado de superficie intercepta su parte de la energía radiada
- Path Loss, dB (entre dos *antenas isotropicas*)  
=  $32.44 + 20\text{Log}_{10}(F_{\text{MHZ}}) + 20\text{Log}_{10}(\text{Dist}_{\text{Km}})$
- Path Loss, dB (entre dos *antenas dipolo*)  
=  $28.12 + 20\text{Log}_{10}(F_{\text{MHZ}}) + 20\text{Log}_{10}(\text{Dist}_{\text{Km}})$
- Notar la razón como decae la señal:
- **6 dB por octava** de cambio de distancia, el cual es **20 dB por decada** de cambio de distancia

#### v Cuando se aplica libre espacio?

- Solo hay un path de señal (no reflexiones)
- El path no es obstruido (primera zona de Fresnel zone no es penetrado por obstaculos)

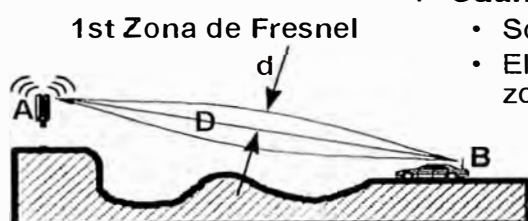


Figura 5.6

### 5.4.2 Propagación con Reflexión y Cancelación Parcial

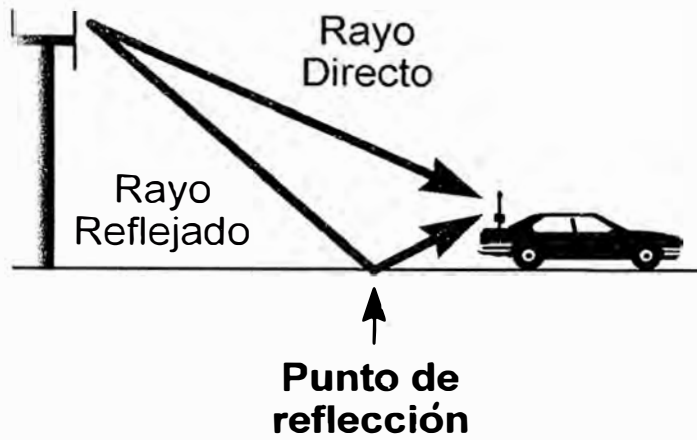
Suposiciones :

- \* La distancia del path es substancialmente largo que la altura de las antenas.
- \* No hay otras obstrucciones y el rayo reflejado no está bloqueado.

Si estas suposiciones fueran cierto entonces :

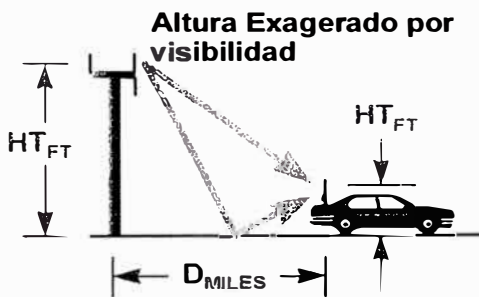
- \* El punto de reflexión estará muy cercano al carro, como máximo unos cuantos de cientos de metros alejado.
- \* La diferencia en las longitudes del path esta más influenciado por la altura de la antena del carro o las ligeras variaciones del piso.

El rayo reflejado tiende a cancelar el rayo directo, dramáticamente reduciendo el nivel de la señal recibida.



✓ Analisis:

- Físico de la cancelación por reflexión predice que la señal decae aprox. 40 dB per decada de distancia
- Dos veces más rápido que libre espacio!
- valores observados en sistemas reales es de 30 a 40 dB/decada



Path Loss, dB =

- ✓  $172 + 34 \times \text{Log}_{10}(D_{\text{MILES}})$
- ✓  $-20 \times \text{Log}_{10}(\text{Base Ant. Ht}_{\text{FEET}})$
- ✓  $-10 \times \text{Log}_{10}(\text{Mobile Ant. Ht}_{\text{FEET}})$

Altura a Escala

**Comparacion de Modos de Propagacion Libre espacio y Reflecion**

suposiciones: tierra plana, TX ERP = 50 dBm @ 1950 MHz Base Ht = 200 ft, Mobile Ht = 5 ft.

Distance <sub>MILES</sub>	1	2	4	6	8	10	15	20
FS usando libre-Espacio <sub>DBm</sub>	-52.4	-58.4	-64.4	-67.9	-70.4	-72.4	-75.9	-78.4
FS usando Reflecion <sub>DBm</sub>	-69.0	-79.2	-89.5	-95.4	-99.7	-103.0	-109.0	-113.2

Figura 5.7

### 5.4.3 Difracción Knife - Edge ( Filo de Cuchilla)

- \* Algunas veces una simple obstrucción bloquea el camino. Este caso es medianamente fácil para analizar y puede ser usado como una herramienta manual para estimar los efectos de la obstrucción individual.
- \* Primero calcular el parámetro de difracción de la zona de Fresnel  $v$
- \* Luego consultar la tabla para obtener la perdida de obstrucción en dB.
- \* Adicionar está perdida a los otros casos y determinar la perdida de trayectoria total.
- \* Otras perdidas tales como cancelación por reflexión son aplicados pero son calculados independientemente par las secciones de trayectoria antes y después de la obstrucción.

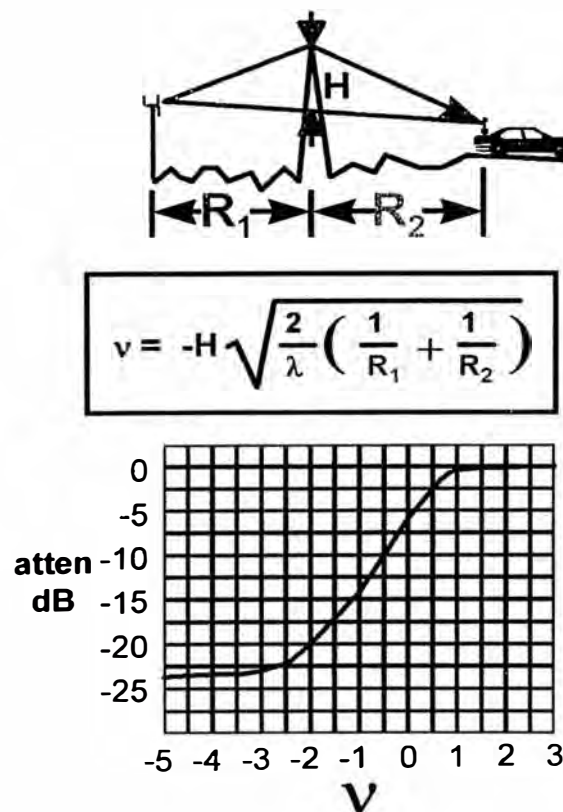


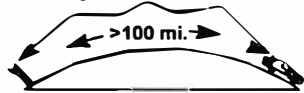
Figura 5.8

### 5.4.4 Adicionales Modos de Propagación

#### Refracción por las capas atmosféricas



#### Canalización por capas atmosféricas



#### ✓ Refracción: común problema cerca al agua

- el frente de onda puede rebotar cuando encuentra capas atmosféricas de diferente densidad
- señal (o interferencia) se puede generar más allá de la línea de vista
- Poco frecuente, pero ocurre a largos cuerpos de agua y desiertos

#### ✓ Canalización: un fenómeno atmosférico

- ondas "atrapados" entre las capas atmosféricas y/o superficie de la tierra
- la señal puede propagarse cientos de km
- Poco frecuente pero puede ser relativamente estable por horas bajo inusuales condiciones climáticas

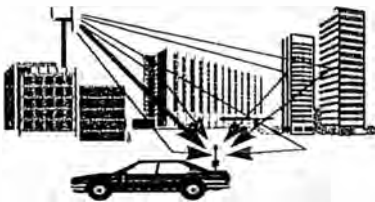
Figura 5.9

### 5.5 complicaciones de la Vida - Real

#### Obstrucción por Clutter



#### Propagation Multi-Path



#### Penetración en Edificios y Vehículos



#### ✓ Obstrucción por el ambiente del clutter

- Este es el modo común en ciudades
- absorción aleatoria, pérdida adicional
- reflexión aleatoria causa retardo

#### ✓ Propagación Multi-Path

- común en los móviles
- docenas o cientos de componentes de señal llegan aleatoriamente en amplitud y fase
- substancial retardo

#### ✓ Penetración en Edificios y Vehículos

- difracción, absorción causa extra pérdida
- altamente estadístico y difícil para predecir
- debe ser dirigido a servicios confiables

Figura 5.10



## 5.6 Efectos de la Propagación Multi - Path

- ✓ Los niveles de señal varían según se mueva el usuario
- ✓ lentas variaciones vienen de Obstrucciones y ocultamientos por largos objetos como lomas y edificios
- ✓ Rapida caída debido a señales recibidas de varios caminos dentro y fuera de fase
  - cancelación, de fase ocurre, causando rapidas caídas que son ocasionalmente profundas
  - las caídas son casi  $\lambda/2$  :
    - ✓ 7 pulgadas a 800 MHz
    - ✓ 3 pulgadas a 1900 MHz
  - el llamado **Rayleigh fading**, es el modelo estadístico que lo describe

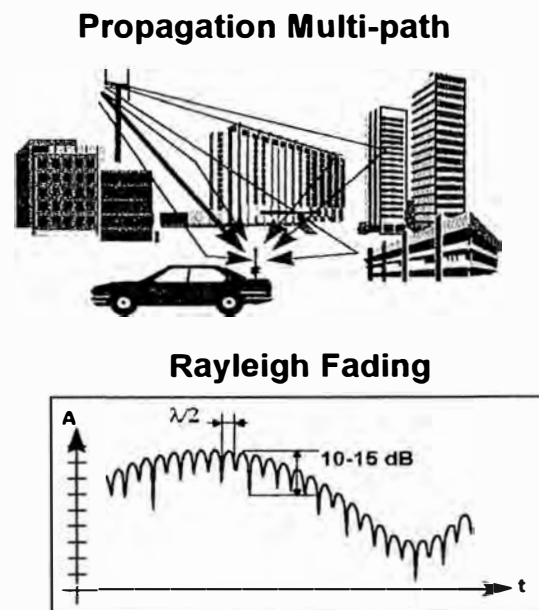
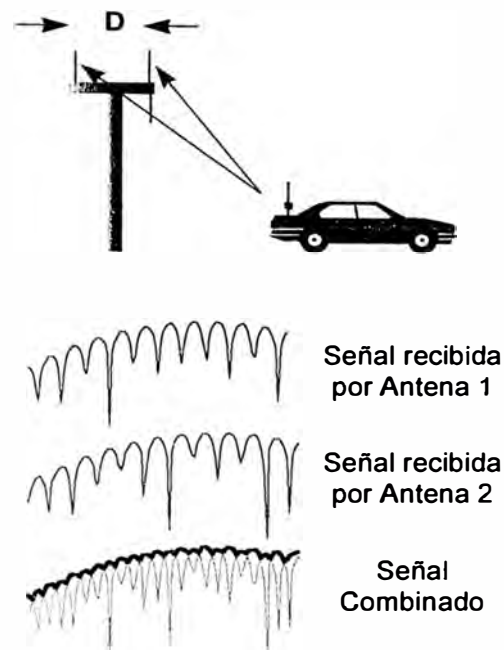


Figura 5.11

### 5.6.1 Diversidad de Espacio

Es un método para combatir el fading de Rayleigh. Afortunadamente los fading de Rayleigh son muy cortos y duran poco tiempo. Dos antenas separadas por varios longitudes de onda no generarán desvanecimiento al mismo tiempo.

La diversidad de espacio puede ser obtenido usando dos antenas receptoras y escogiendo a cada instante cuál es el mejor nivel, la separación requerida  $D$  para una buena correlación es  $10-20 \lambda$



**Figura 5.12**

La diversidad de espacio puede ser usado sólo en la recepción final de un enlace.

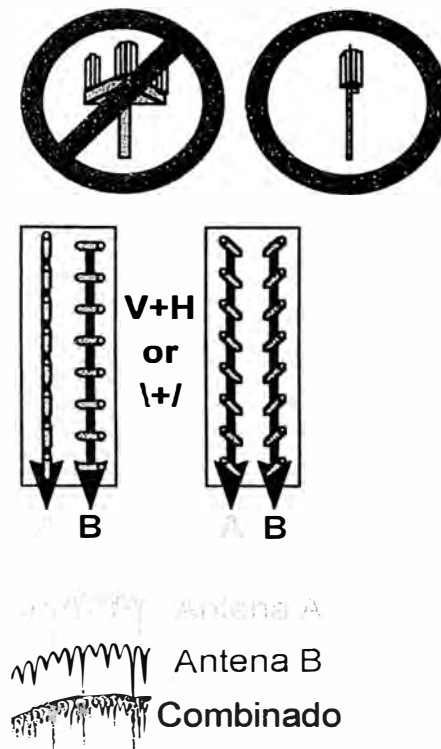
Transmisión en dos antenas fallará para producir diversidad, desde que las dos señales se combinan para producir un valor de nivel de señal en un punto dado la diversidad no resulta.

Por lo tanto, La Diversidad de Espacio es aplicado sólo para el Uplink ( reverse path).

### **5.6.2 Diversidad por Polarización**

Algunas veces por no dañar la estética de la zona se tiene que usar este tipo de antenas. El par de antenas de Polarización Dual son las más populares, contrariamente a la señal de recepción de las antenas polarizadas los cuales se desvanecen independientemente.

El par de antenas pueden ser polarizados V - H o diagonalmente, cada arreglo individual tiene su propio línea de alimentación independiente.



**Figura 5.13**

### 5.6.3 Penetración en Edificios

El principal mecanismo es la Difracción. El cálculo de intentos basado en la geometría del indoor, trazado del rayo, ventanas, puertas, escaleras, tipos de materiales de construcción no son muy efectivos; Si no son usados los métodos estadísticos.



**Figura 5.14**

### **5.7 Modelos de Propagación**

Porque necesitamos usar los modelos de Propagación ?

Usando la física de propagación, aún nuestros mejores cálculos no pueden darnos toda las respuestas que necesitamos.

Nosotros no podemos calcular cada uno de los caminos reflejados, cada obstrucción. Nosotros hasta queremos generar respuestas sin conocer específicos paths.

Nosotros podemos hacer mediciones pero no podemos hacer mediciones en cada punto que queramos.

Así, Nosotros debemos tomar mediciones y usar ambos la física y la estadística para encontrar conclusiones generales.

Nosotros formalizamos nuestros procesos de cálculos y los llamamos modelos.

### **5.7.1 Tipos de Modelos de Propagación y sus Usos**

#### **\* Modelo de Analítica Simple**

- Usado para entender y predecir paths individuales y específicos casos de obstrucción.

#### **\* Modelo de Área General**

- Primeros manejos : estadística.

- Usado para Dimensionamiento de sistemas que inician (conteo de celdas, etc.)

#### **\* Modelos Punto a Punto**

- Primeros manejos : Analítica.

- Usado para análisis de cobertura detallada y planeamiento de celdas.

#### **\* Modelo de Variabilidad Local**

- Primer manejo : Estadístico.

- Características de fluctuaciones de nivel microscópico en un escenario dado ;  
probabilidad de confianza de servicio.

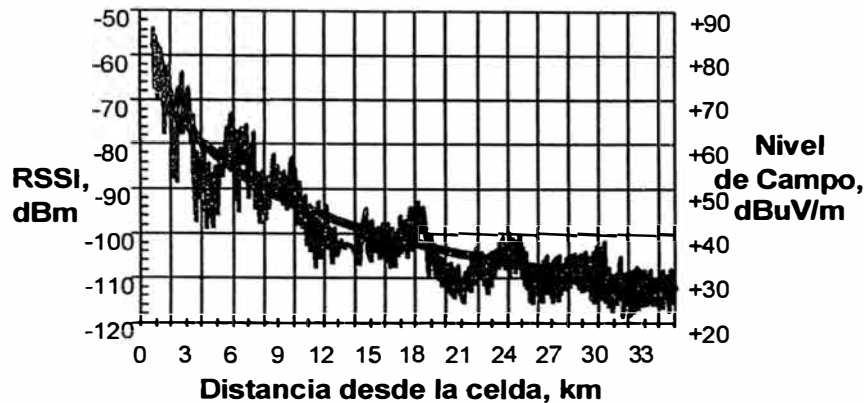
### Ejemplo de Varios Tipos de Modelo

v <b>Analítica Simple</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• libre espacio</li> <li>• cancelación por reflexión</li> <li>• difracción knife-edge</li> </ul>
v <b>Área</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Okumura-Hata</li> <li>• COST 231</li> <li>• Walfisch-Betroni/Ikegami</li> </ul>
v <b>Punto-a-Punto</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trazado del Rayo               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Metodo de Lee, otros</li> </ul> </li> <li>• Tech-Note 101</li> <li>• Longley-Rice, Biby-C</li> </ul>
v <b>Variabilidad Local</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribución de Rayleigh</li> <li>• Distribución Normal</li> <li>• Mezcla de Tecnicas de probabilidad</li> </ul>

**Figura 5.15**

### 5.7.2 Principio General de Modelo de Área

- \* Un modelo de área sigue a un path promedio en una área definida.
- \* Basado en datos medidos aisladamente, sin considerar path individuales o mecanismos físicos.
- \* Las entradas típicas usada por el modelo son :
  - Frecuencia.
  - Distancia desde el transmisor al receptor.
  - Actual o efectiva altura de la estación y móvil.
  - Promedio de la elevación del terreno.
  - Perdida por corrección de Morfología ( Urban, Suburban, Rural, etc)
- \* Los resultados puede ser diferentes que los observados en individuales paths en el área.



- ✓ Trazo Blue muestra la actual medida de señal en un drive test radial, determinado por la física del mundo real.
- ✓ Trazo Red muestra la predicción de Okumura-Hata para el mismo radial. La curva suave es un buen ajuste para el dato real. Sin embargo, el nivel de señal en un punto específico en la radial puede ser mucho más alto o más bajo que la predicción.

Figura 5.16

### 5.7.3 Técnica Estadístico - Concepto de Distribución Estadístico

Un modelo de área predice la señal Nivel vs Distancia sobre un área.

Esta es la media o la más probable nivel de señal en cada una de las distancia desde la celda, el nivel real de señal en sitios reales es determinado por física y será alto o bajo.

Es factible determinar la media de nivel de señal  $M$  y la desviación standard  $\sigma$ .

Es factible aplicar  $M$  y  $\sigma$  para encontrar la probabilidad de recibir un nivel de señal arbitrario en una distancia dado.

### Nivel de señal Predecido vs. Observado

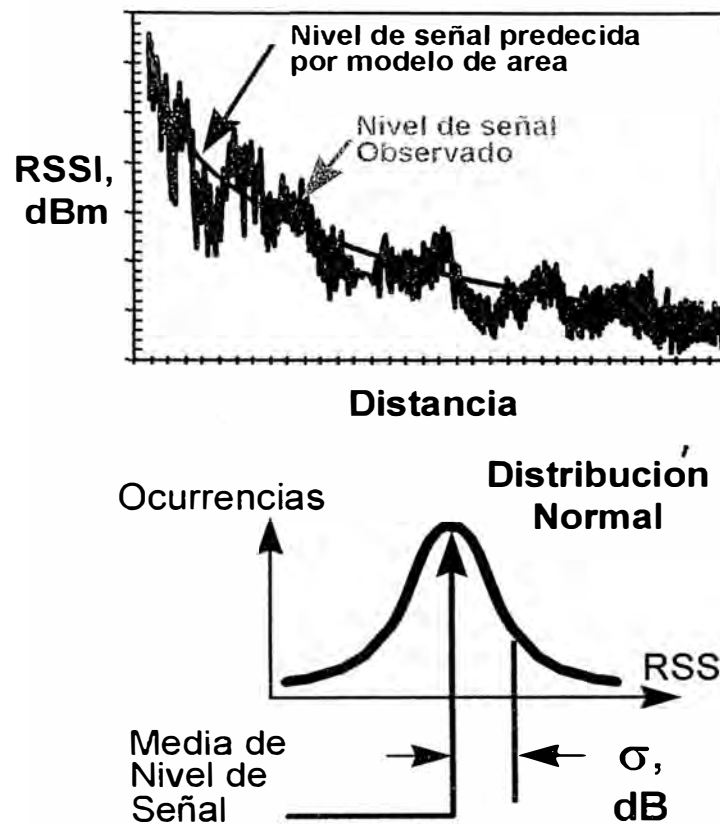


Figura 5.17

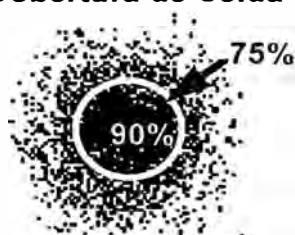
#### 5.7.4 Disponibilidad de Área y Probabilidad de Servicio en el Borde de la Celda

La probabilidad global de servicio es la más cercana a la estación y decrece con el incremento de la distancia alejándose de la estación.

Para un 90% del total la probabilidad caerá dentro del área de cobertura, y el 75% caerá en el borde de la celda.



### Vista Estadística de Cobertura de Celda



**Disponibilidad de Área**  
**90% del total dentro del área**  
**75% en el borde del área**

**Figura 5.18**

Para la Penetración en Edificios ( Caracterización Estadístico) es difícil caracterizarlo analíticamente, hacerlo con técnicas estadísticas son mas efectivos.

Usualmente modelado como adicional “ Perdida de Penetración” más la existente perdida de trayectoria Outdoor ; el valor medio estimado/ muestreado determina la distribución estadística, la desviación estándar es estimado o medido.

Típicos valores se encuentran en la siguiente tabla.

### Penetracion Edificios Penetracion Vehiculo

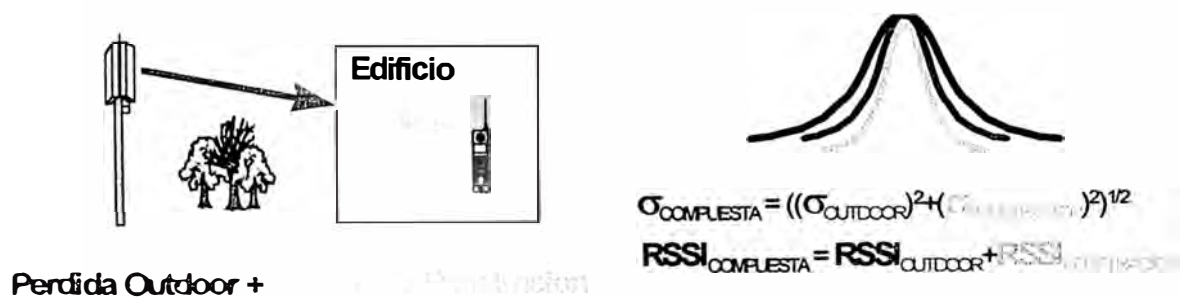


Typical Penetration Losses, dB comparado con nivel de la calle		
Tipo de entorno ("morfología")	Median Loss, dB	Std. Dev. $\sigma$ , dB
Denso Urbano	20	8
Urbano	15	8
Suburbano.	10	8
Rura	10	8
Tipico Vehiculo	8	4

**Figura 5.19**

La Probabilidad Compuesta de Servicio con Múltiples Mecanismos de Atenuación para un usuario en un edificio con el actual nivel de señal incluye el regular atenuación por trayectoria Outdoor más pérdida de penetración del edificio. Tanto el Outdoor y las pérdidas de penetración tienen sus propias variabilidades son su propia desviación estándar.

El total de usuarios de la probabilidad compuesta de servicio debe incluir factores de media compuesta y desviación estándar.



**Figura 5.20**

## APÍTULO VI

### MÉTODOS Y HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN Y PROPAGACIÓN

#### 6.1 Introducción

Trataremos de consideraciones Prácticas y herramientas para la obtención de los datos de medición para el modelamiento o caracterizar las áreas morfológicamente.

Los datos medidos pueden ser coleccionados manualmente, pero es algo tedioso obtener cantidades estadísticas a mano.

En la actualidad se cuenta con muchos sistemas de colección de datos que están disponibles y automatizan el proceso de colección.

En la actualidad hay modernos software de predicción de propagación y tienen la capacidad de importar datos medidos compararlos con los valores previstos y genera salidas estadísticos ( mean error, desviación estándar etc.).

<b>Comercial Sistemas de Medicion</b>
<b>•Grayson Electronics:</b> •CDMA tool, CellScope
<b>•MLJ</b> •CW test transmitters, receivers
<b>•Qualcomm</b> •Mobile Diagnostic Monitor, QCP-1900
<b>•SAFCO</b> •SmartSAM , SmartSAM Plus, PROMAS, CDMA OPAS32
<b>•COMARCO</b> •NAS-150, NAS-250, NAS-350
<b>•LCC</b> •Cellmate, RSAT; "Walkabout," RSAT 2000 w/expansion channels TDMA/AMPS, GPS
<b>•ZKSAM</b>
<b>•Rohde &amp; Schwarz:</b> GSM Tools

Figura 6.1

## 6.2 Elementos de los Típicos Sistemas de Colección de Datos

### Medición de Nivel de Campo :

- \* Preciso colección en tiempo real.
- \* multi canal, capacidad de promediar.

### Ubicación de los Métodos de Colección de datos :

- \* Sistema de Posicionamiento Global (GPS).
- \* Dead reckoning sobre Base de datos de mapa digitalizado usando un compas y contador de revoluciones de la rueda.
- \* una combinación de ambos métodos es recomendado para mejores resultados.

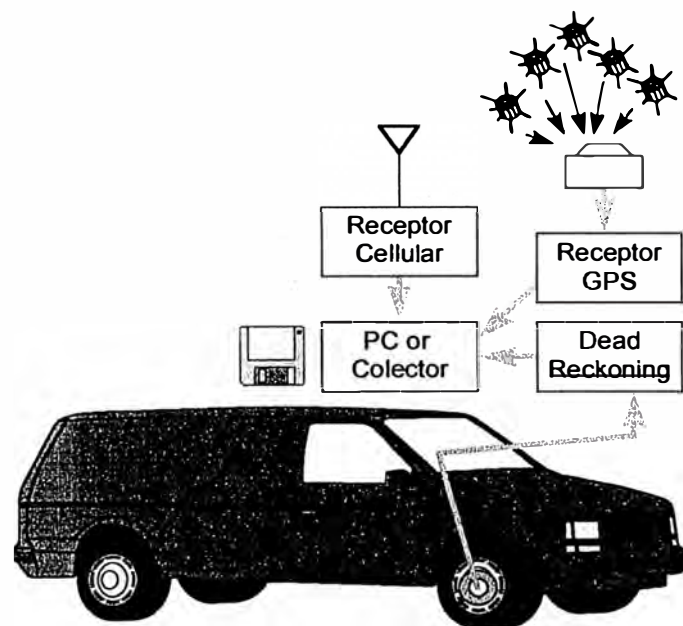


Figura 6.2

## 6.3 Herramientas de Predicción de Propagación

Los Modelos de Predicción de Propagación están basados en métodos determinísticos

- \* Usa datos de terreno para construir un profile de trayectoria.
- \* Análisis del path ( trazado del rayo) por obstrucción y análisis de reflexión.
- \* Se aplican mejores algoritmos para mejor emulación de la base física.
- \* Puede incluir algo de técnica estadístico.
- \* Análisis automatizado punto a punto para que aparezcan suficientes puntos en una larga área de cobertura en un barrido o grid radial.

Recursos comúnmente usados

- \* Database del terreno.
- \* Database de la Morfología/ clutter.
- \* Database de sitios existentes y pensados.
- \* Database de las características de las antenas.
- \* Modelo de Propagación únicos definidos por el usuario.

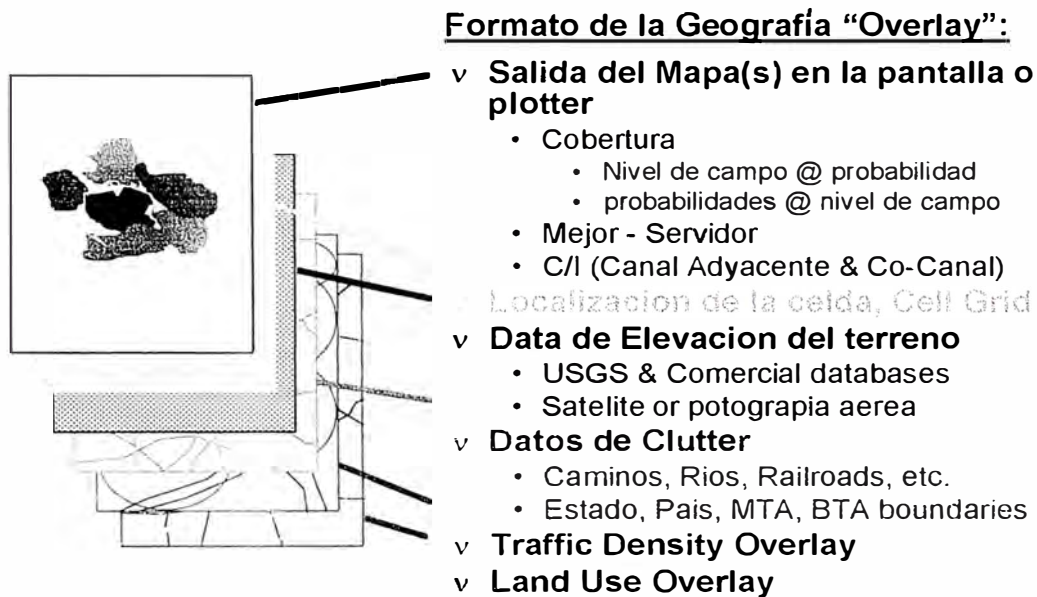
### **6.3.1 Características de los paquetes de Propagación**

Entre las características más notables son :

- \* El área de cobertura esta dividido en pequeños rectángulos (“bins”), para el cuál varios atributos son atribuidos.
- \* Entre los atributos son la elevación, obstrucciones y clutter.
- \* El programa crea un profile del terreno entre cada bin y la celda basado en los atributos de todos los bins entre ellos.
- \* Dependiendo de las circunstancias como la distancia y la claridad de la zona de Fresnel, el software calcula la perdida por trayectoria entre la celda y el bin, y crea un nivel de recepción para el bin.

\* La salida del programa puede ser ploteada o impresa usando diferentes colores que representan el nivel de señal.

La herramienta de predicción de propagación tiene como estructura de datos lo siguiente :



**Figura 6.3**

Hay una variedad de software que están disponibles para la predicción de la propagación y diseño del sistema. Algunas herramientas están desarrolladas para plataformas PC/DOS/Windows o mas potentes sobre UNIX entre los fabricantes más conocidos están los siguientes

<b>Comercial Sistemas de Prediccion</b>		
<b>•Qualcomm</b>		
•QEDesign CDMA Tool		(Unix)
<b>•MSI</b>		
•Planet		(Unix)
<b>•LCC</b>		
•CellCad		(Unix)
•ANet		(DOS PC)
<b>•CNET</b>		
•Wings		(Unix)
•Solutions		(mainframe)
<b>•Comsearch</b>		
•MCAP		(Unix)
<b>•AT&amp;T</b>		
•PACE		(DOS PC)
<b>•Motorola</b>		
•proprietary		(Unix)
•TEC Cellular:		Wizard (DOS)
•Elebra:		CONDOR, CELTEC

Figura 6.4

Como ejemplo de como son las pantallas de estos software muestro la del software PLANET.

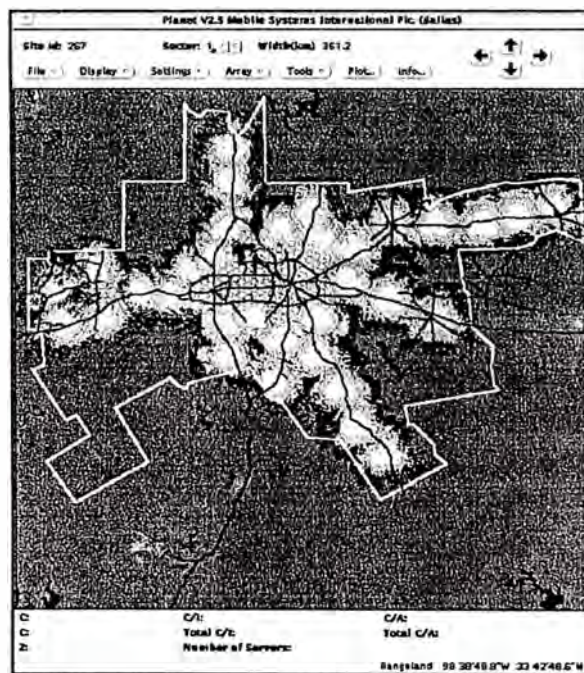
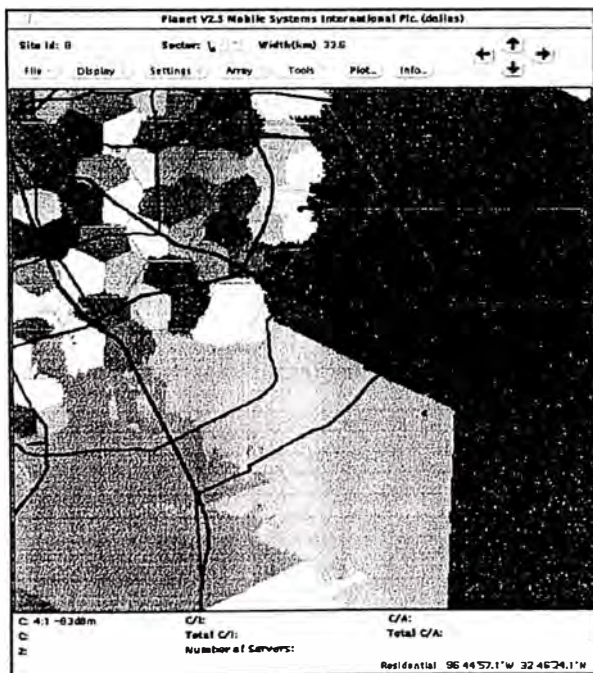
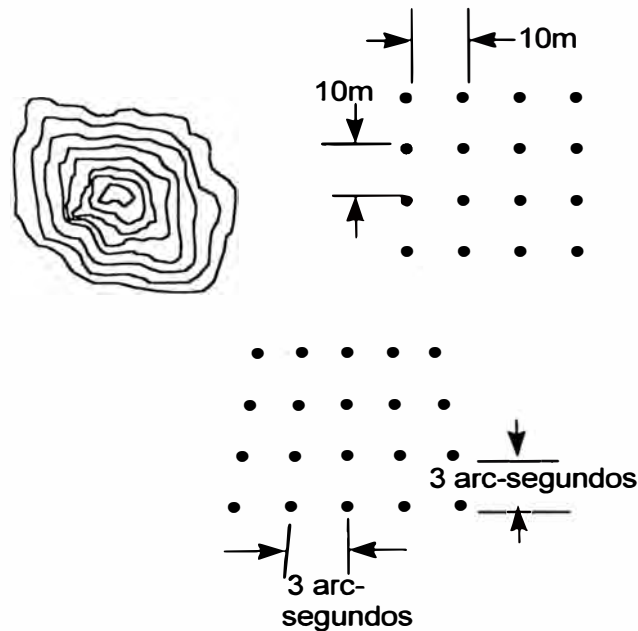


Figura 6.5

### 6.3.2 Resolución de la Base de Datos del Terreno

La elevación del terreno puede ser almacenados en varios formatos :

- \* Contorno de vectores : línea de constante elevación en forma de segmento de vector, digitalizado desde un mapa topográfico.
- \* Puntos de muestra de elevación en un grid rectangular con separación fijo.
- \* Puntos de muestra de elevación en longitud - latitud grids con separación de un número fijo de arc - segundos.
- \* Los datos pueden ser convertidos de un formato a otro.



**Figura 6.6**

Algunas veces es útil conocer el espaciamiento horizontal en metros entre muestras de puntos en una base de datos de terreno usando arc-segundos. Ej. : espaciamiento latitud - longitud.

El espaciamiento Norte - Sur es constante en cualquier parte del planeta



\* 1 arc - segundo = 30.89 metros.

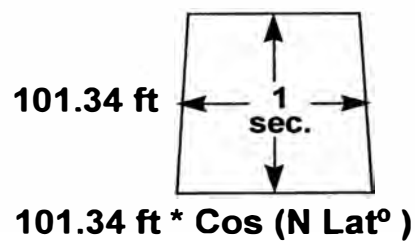
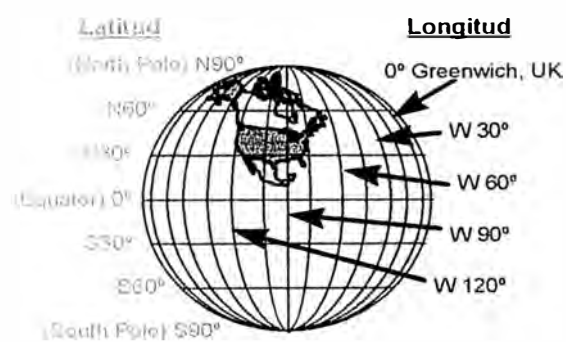
\* 1 grado = 111.20 Km.

El espaciamento muestra Este - Oeste varia con el coseno de la latitud norte.

\* = 101.34 feet/arcsegundo en el ecuador.

\* = 0 feet/arcsegundo en el polo.

\* =  $101.34 \text{ feet} * \text{Cos} (\text{N lat})$  por arcsegundo, en cualquier lugar.



**Figura 6.7**

## **CAPÍTULO VII**

### **SISTEMA DE ANTENAS**

#### **7.1 Comunicaciones Móviles**

En los últimos años fuimos espectadores de un gran avance tecnológico en el campo de las comunicaciones móviles debido a la llegada de nuevas redes de comunicaciones móviles (CDMA/ TDMA/ PCS).

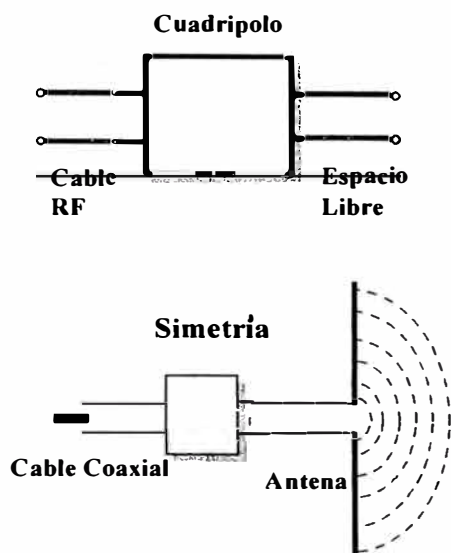
Las exigencias en antenas para las redes en expansión van siendo continuamente incrementadas :

- Diagramas de radiación estrictamente definidos para la planificación de redes es cada vez más precisa.
- Constante preocupación en relación a niveles de intermodulación debido a muchas frecuencias portadoras siendo emitidas en una sola antena.
- Polarización Dupla.
- Downtilt eléctrico en los diagramas verticales.
- Proyecto sin obstrucciones.

#### **7.2 Teoría de Antenas**

Las antenas transforman ondas propagadas vía alambres en ondas propagadas en el espacio. Estas reciben ondas electromagnéticas y las pasan para un receptor o estas transmiten ondas electromagnéticas que fueron producidas por un transmisor.

Al principio todas las características de antenas pasivas pueden ser aplicadas para transmisión y recepción de la misma forma (recíprocamente)

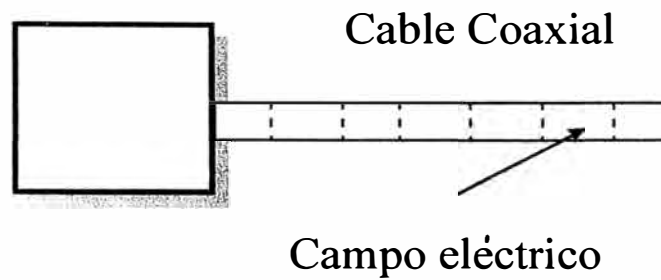


**Figura 7.1**

El principio de una antena es siempre basado en un dipolo que puede ser representado abriéndose las puntas de un cable coaxial.

- a) Un transmisor envía una onda de alta frecuencia en un cable coaxial. Un campo eléctrico pulsante es creado entre los alambres del cable coaxial el cuál no consigue librarse de cable.

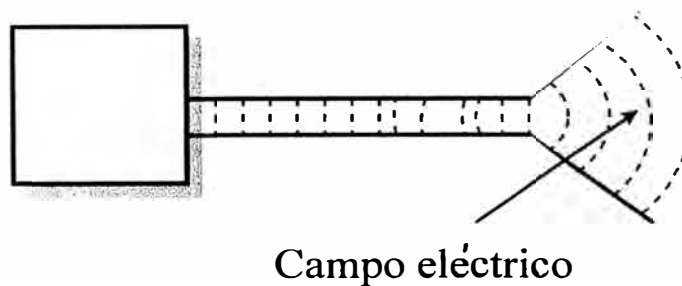
Trasmisor



**Figura 7.2**

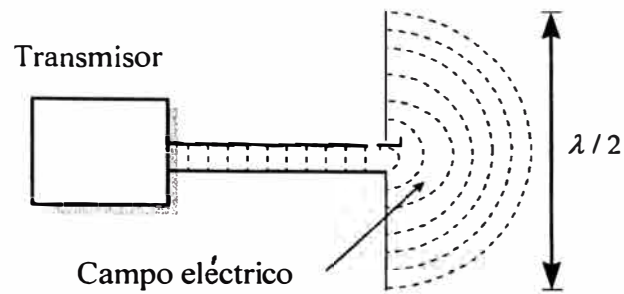
- b) El final del cable es dejado abierto (no cortocircuitado) y las líneas de campo se transforman en mayores y son ortogonales a los alambres.

Trasmisor



**Figura 7.3**

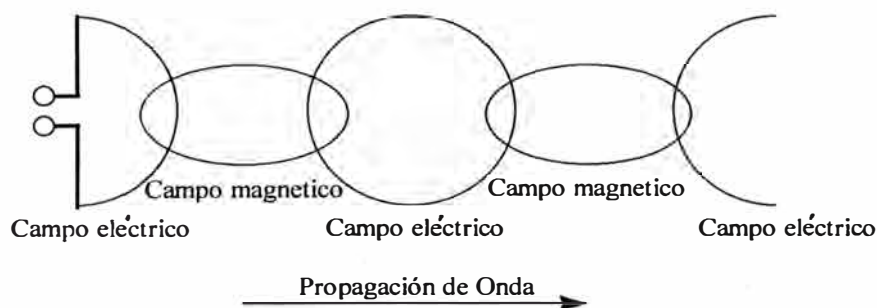
- c) Los extremos del cable son doblados en ángulos rectos. Las líneas de campo alcanzan ahora una longitud, que permite que la onda se libere del cable y el equipamiento irradie una onda electromagnética, donde la longitud de las dos puntas dobladas corresponden a la mitad de la longitud de la onda.



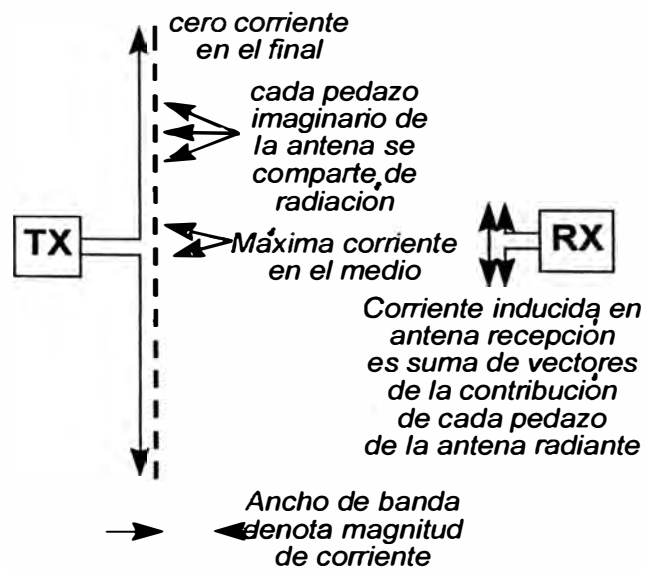
**Figura 7.4**

Esta explicación simplificada describe el principio básico de prácticamente cualquier antena - el dipolo de  $\frac{1}{2}$  onda. No solamente el campo eléctrico (E) fue creado por el potencial de tensión  $U$  sino también un campo magnético (H) que está basado en la corriente  $I$ .

La distribución de la amplitud de los dos campos corresponden a la distribución de la tensión y corriente en el dipolo. La libre propagación de la onda del dipolo es alcanzada por la permanente transformación de la energía magnética para eléctrica y viceversa. De esta forma los campos eléctrico y magnético están dispuestos de forma perpendicular a la dirección de la propagación.



**Figura 7.5**



**Figura 7.6**

## 7.3 Definiciones

### 7.3.1 Polarización

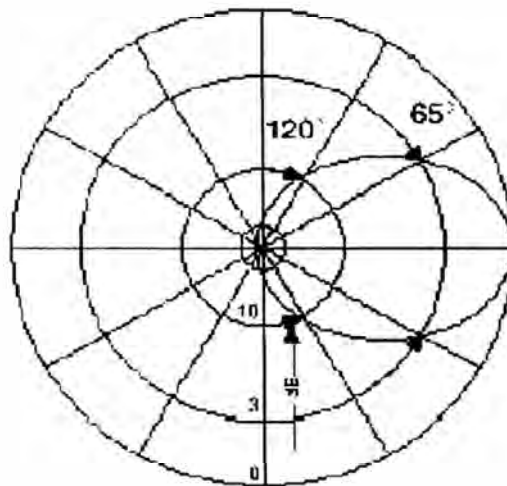
La polarización puede ser definida como la dirección de la oscilación del vector campo eléctrico. Generalmente en las comunicaciones móviles la polarización vertical. En sistemas de radio difusión la polarización es horizontal o circular

### 7.3.2 Diagramas de Propagación

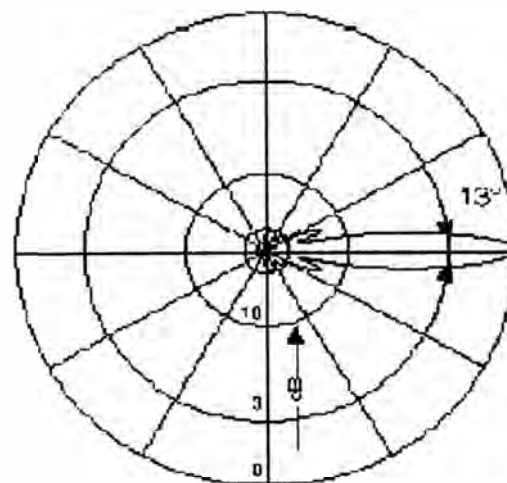
En la mayoría de los casos la característica de propagación de una antena puede ser descrita por intermedio de elevaciones a través de los diagramas de radiación horizontal y vertical.

En comunicaciones móviles esto es definido por las componentes del campo magnético (plano H) y de las componentes del campo eléctrico (plano E).

Frecuentemente una descripción tridimensional es utilizada para describir una antena compleja.



**Diagrama Horizontal**

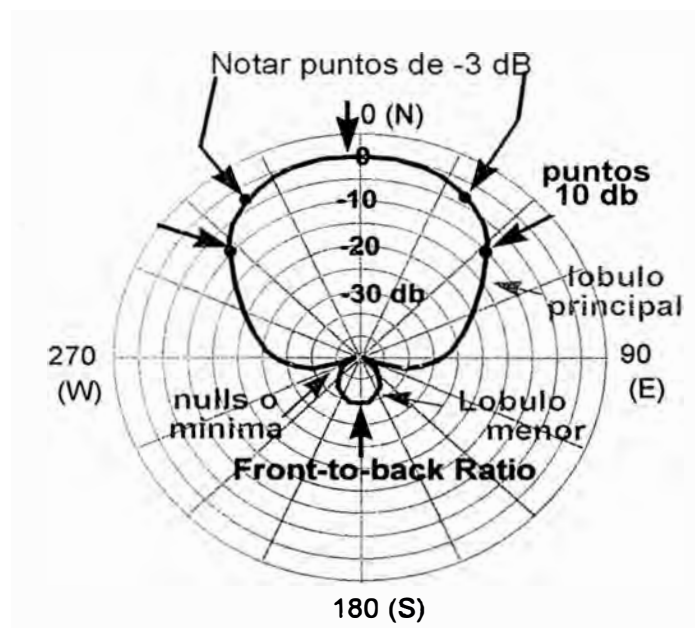


**Diagrama Vertical**

**Figura 7.7**

### 7.3.3 Ángulo de Media Potencia

Este termino define la abertura de la antena. El ángulo de media potencia es definido por los puntos en el diagrama horizontal y vertical, donde la potencia irradiada alcanza la mitad de su amplitud en relación a la dirección principal de radiación. Estos puntos también son conocidos como puntos de 3 dB.



**Figura 7.8**

### 7.3.4 Ganancia

En la realidad una antena no alcanza un incremento de energía por la ganancia de la antena. Una antena sin ganancia irradia energía en todas las direcciones. Una antena con ganancia concentra la energía en un ángulo segmentado en el espacio tridimensional. El dipolo de media onda es usado como referencia para definir la ganancia. En frecuencias altas la ganancia es frecuentemente definida con referencia al irradiador isotópico. El irradiador isotópico es definido como una antena ideal no



existente, que también es una antena omnidireccional con características en el plano E (vertical) y en el plano H (horizontal).

La ganancia es definida como siendo la relación entre la potencia irradiada por una antena en su lóbulo principal y la potencia eléctrica en ella inyectada, siendo expresado en dB.

Cuando el objetivo de las antenas es el aumento de la concentración de energía, este efecto es obtenido a través del ordenamiento de dipolos en fase adecuada.

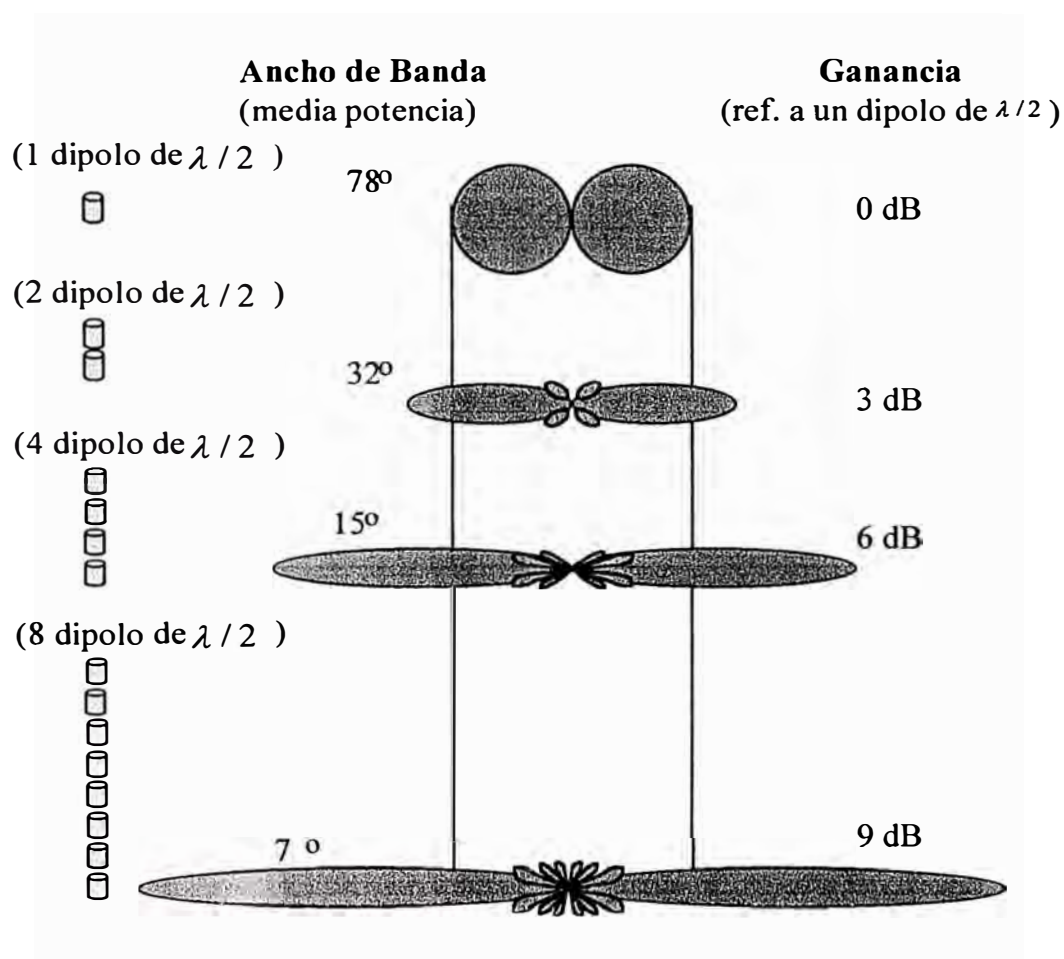


Figura 7.9

### 7.3.4.1 Referencias de Ganancia : dBd o dBi

dBi definase como la referencia de ganancia contra un irradiador isotópico y es más utilizado en las especificaciones de fabricantes europeos.

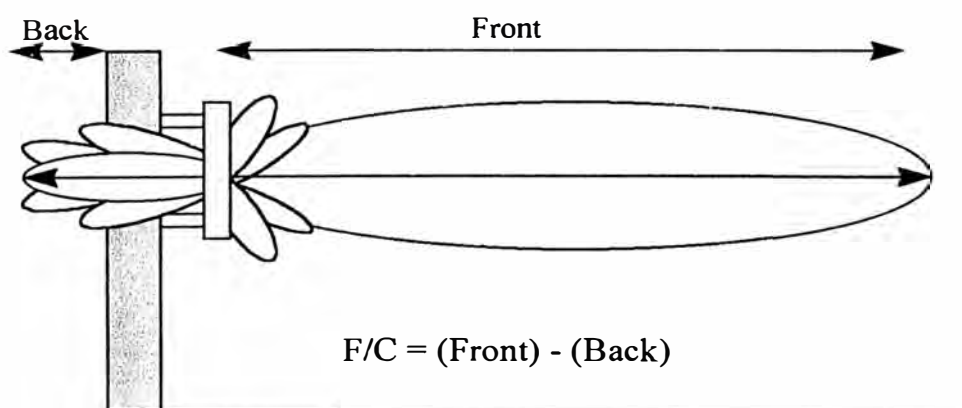
dBd definase como la referencia de ganancia contra un dipolo de  $\frac{1}{2}$  onda y es más usado en las especificaciones de fabricantes americanos.

$$dBi = dBd + 2,15$$

### 7.3.5 Relación Front / Back (F/B)

Es la relación de la ganancia del lóbulo principal comparado a la ganancia del lóbulo de atrás.

En cuanto mayor sea el valor (medido en dB) de la relación F/B será mejor el aislamiento atrás de la antena exigido para impedir señales de entrada de otras o evitar interferencias de su ERB con las otras.



**Figura 7.10**

### 7.3.6 Impedancia

La impedancia es una de las más importantes características en sistemas de transmisión, especialmente en cables y conectores. En términos eléctricos ella es la relación de la tensión entre los conductores y la corriente pasando en el mismo conductor. En cables coaxiales homogéneos la impedancia características es constante para la longitud total del cable.

Es importante especificar la impedancia características porque el cable debe ser terminado con una impedancia igual a está. En comunicaciones vía radio la impedancia característica mas común es 50 Ohm.

#### Matched Condition

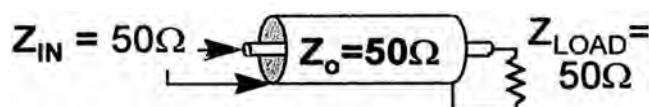


Figura 7.11

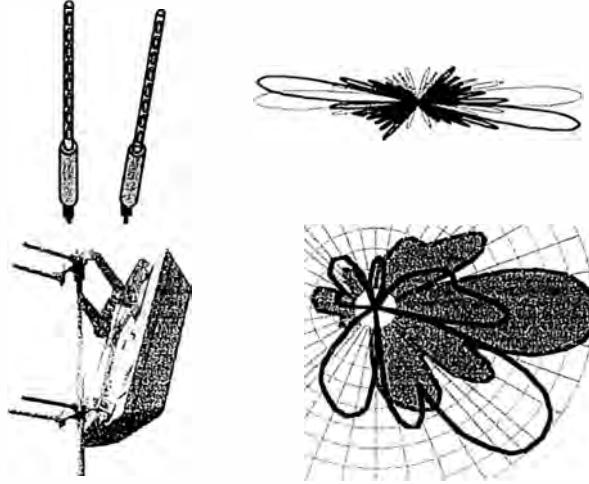
### 7.3.7 Downtilt (inclinación del haz)

El haz de radiación de cada sector de una ERB debe ser delineado de forma a no dejar que la señal penetre dentro del territorio de otra cédula causando interferencias destructivas.

Para controlar el haz de radiación de la antena de forma a controlar donde va a caer en el suelo, utilizase un artificio llamado Downtilt.

**El Downtilt puede ser mecánico :**

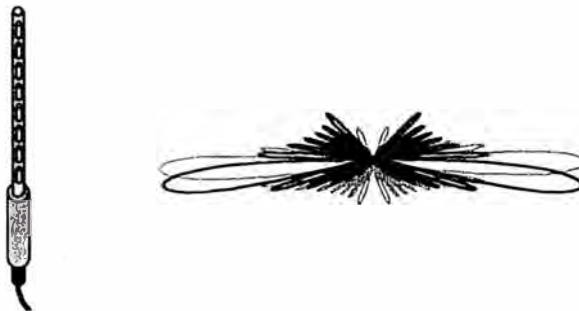
- Basta inclinar la antena con el ángulo deseado.



**Figura 7.12**

**El Downtilt puede ser eléctrico :**

- La antena es ajustada en fábrica con el haz inclinado con un ángulo standard que puede ser de 3, 6, 9 y 12 grados.



**Figura 7.13**

**Existen antenas que tienen Downtilt eléctrico variable :**

- Así en la parte trasera de la antena existe una manivela y una escala graduada.

Comparación entre Downtilt Eléctrico y Mecánico.

### **MECÁNICO**

La distribución de la energía es deformada debajo del azimut.

El ángulo de media potencia horizontal aumenta con el aumento del ángulo de Downtilt.

La ganancia es reducida así que la energía alcanza el suelo.

Dificulta la precisión del comportamiento del diagrama en el software de predicción, en la planificación de la cobertura celular.

### **ELÉCTRICO**

La distribución de la energía es constante y controlada.

El ángulo de media potencia horizontal es constante independiente de cuál Downtilt es utilizado.

La reducción de ganancia también ocurre y es idéntica para todas las direcciones de azimut.

Esta mucho más próximo de la realidad en términos de distribución de energía para software de predicción en la planificación de la cobertura celular.

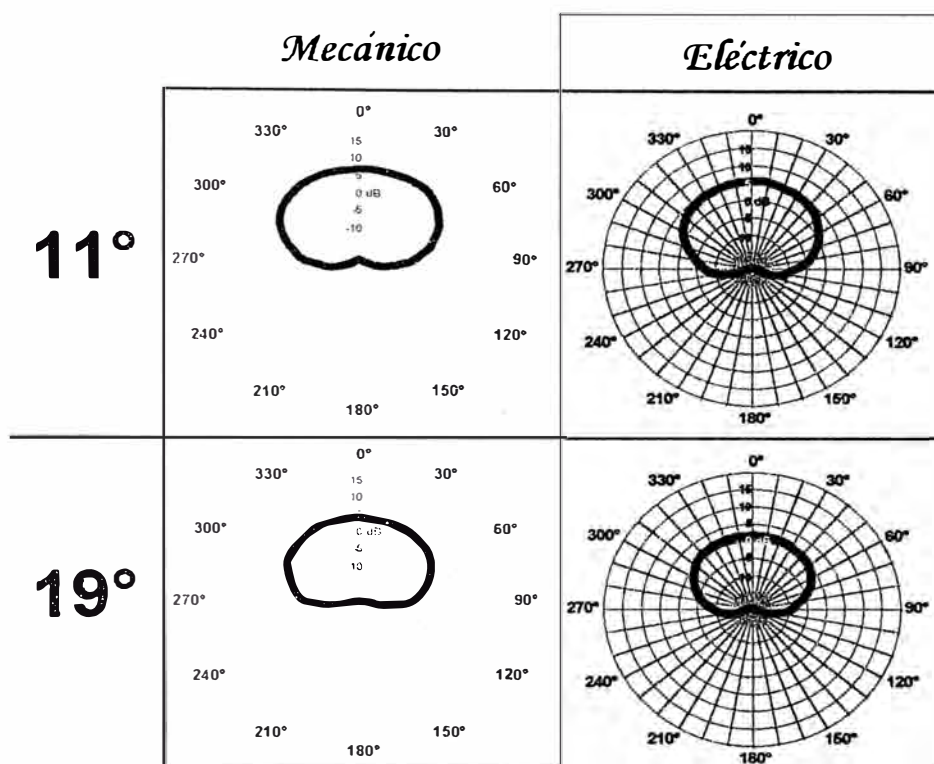


Figura 7.14

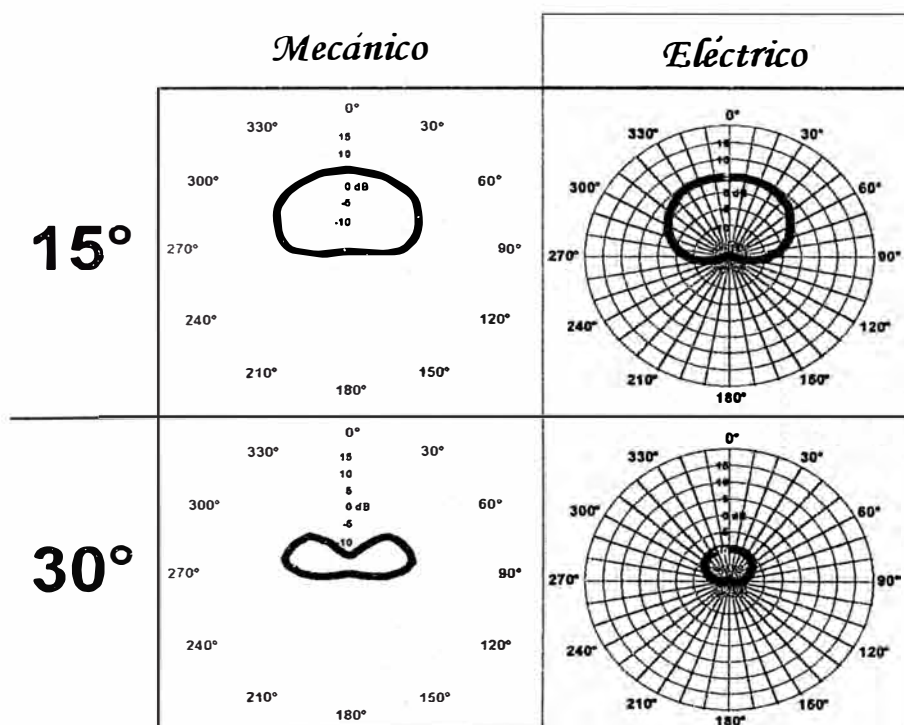
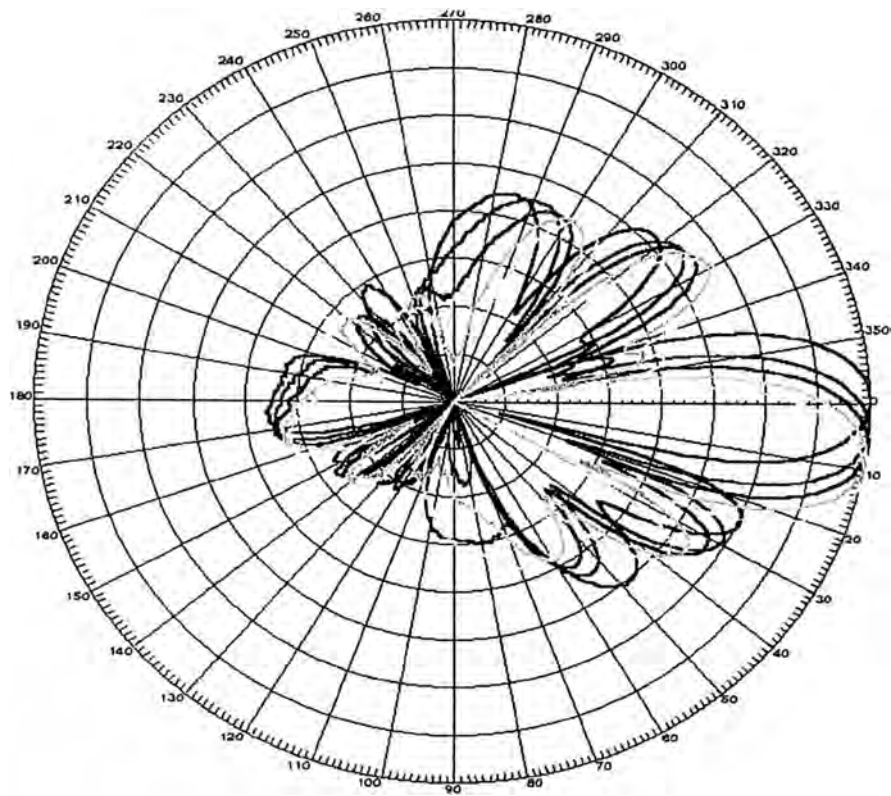


Figura 7.15



**Figura 7.16**

### **7.3.8 Intermodulación**

Con la evolución de las tecnologías en las comunicaciones móviles y con la llegada de la transmisión digital (CDMA, TDMA, GSM) uno de los parámetros que los ingenieros más se preocupan es de la intermodulación.

Qué es la Intermodulación ?

Intermodulación Pasiva es generada por los elementos pasivos como duplexadores, filtros, combinadores, conectores, cables y antenas de un sistema de radio comunicación. La Intermodulación es generada en los puntos de conexión no-lineales de las interfaces.

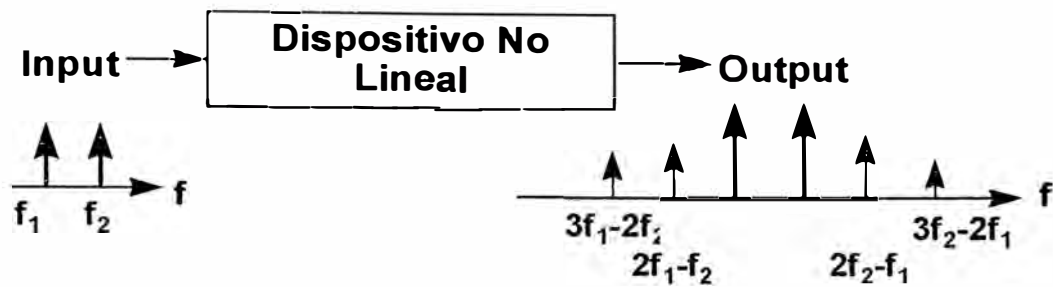


Figura 7.17

El espacio para los equipos es limitado en las torres de las ERBs, es necesario de combinar diversas señales de transmisores y receptores en el mismo cable de alimentación y equipamiento. Radios de transmisión simultánea en alta potencia tienen la tendencia de inter actuar en los puntos no lineales, causando interferencia de intermodulación en los canales de recepción. Características pobres de intermodulación pueden provocar serias degradaciones en numerosos canales de recepción. Intermodulación pasiva está relacionada al sistema de comunicación con transmisores duplexadas.

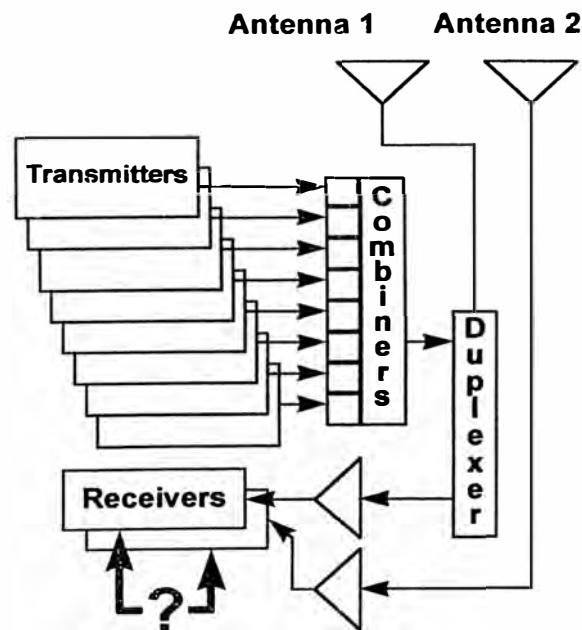


Figura 7.18



La no linealidad genera frecuencias armónicas; Las combinaciones con frecuencias fundamentales y sus armónicas producen intermodulación. Todos los contactos removibles como conectores son fuentes potenciales de intermodulación.

Las causas de no linealidad de conectores pueden ser por ejemplo :

- Materiales ferromagnéticos.
- Dieléctricos no lineales
- Desigualdad de los materiales de los contactos.
- Superficie oxidada o inadecuada de los contactos
- Corrosión, suciedad, polvo etc.

## **7.4 Antena para Estaciones Radio Bases**

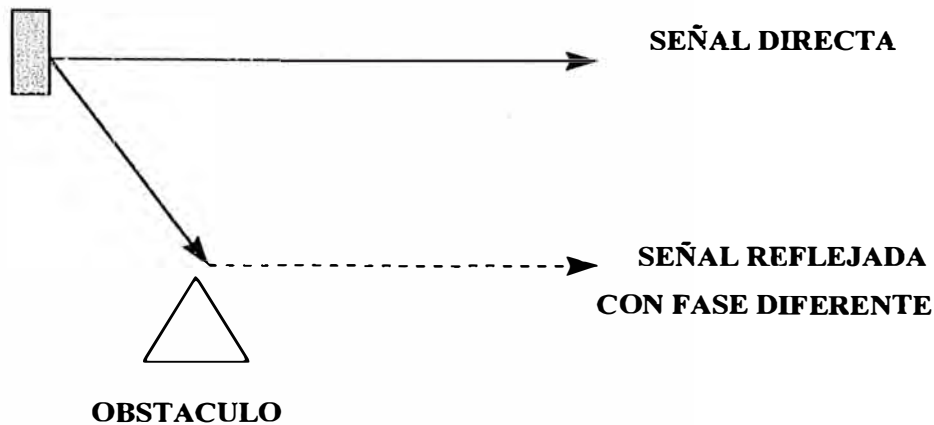
### **7.4.1 La influencia de las reflexiones en los modelos de radiación**

Los modelos de radiación vertical y horizontal normalmente encontrados en prospectos técnicos son apenas aplicables en ambientes libres de reflexión (propagación en el espacio libre).

En instalaciones reales, esta condición es a veces difícil de obtener. Obstáculos existentes como postes en tejados planos, o edificios próximos ocasionan señales aleatorias, afectando el diagrama de radiación en el espacio libre de la antena.

En ciertas direcciones la señal directa proveniente de una antena es superpuesta, por una señal compleja que fue creada por reflexiones.

El vector resultante total depende de la amplitud y fase de la onda reflejada. La amplitud y fase es determinada por el rendimiento de la reflexión en el obstáculo así como la diferencia en distancia (tiempo transcurrido)



**Figura 7.19**

### **Antenas Direccionales con Panel Reflector (Paneles)**

Paneles irradian su energía apenas en ciertos segmentos del espacio, y tienen una correspondiente relación F/B de 20 dB o más. Esto significa que la radiación trasera es relativamente baja y reflexiones en esta área tienen muy poca influencia en el diagrama de radiación.

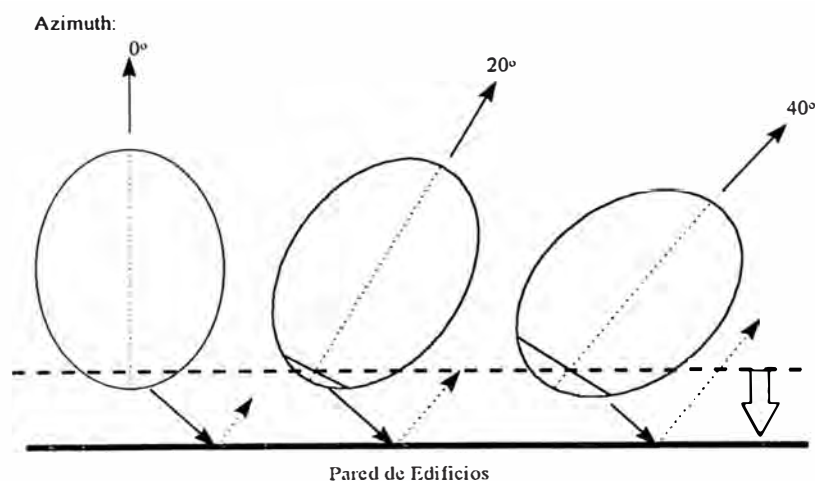
Por lo tanto, antenas direccionales con montaje lateral muestran diagramas de propagación muy próximos del espacio libre y de acuerdo con los prospectos técnicos.

### **Montaje en Paredes**

Frecuentemente la instalación de antenas en redes celulares y WLL es realizada en paredes de edificios, que no son adecuados con la dirección de las células a ser cubiertas.

Un ancho plano atrás de la antena es terriblemente iluminado por una significativa y amplia gama de radiación con un nivel de energía, cuya influencia no es suficientemente reducida para ser desconsiderada en el diagrama de radiación.

La rotación de la antena aumenta la energía irradiada en la dirección de la pared y por lo tanto aumenta también las reflexiones resultantes.



**Figura 7.20**

En las páginas siguientes, una serie de diagramas horizontales de radiación son mostradas para esta situación. El espaciamiento, el ángulo y la longitud de media onda de la antena sufren variación.

Los cálculos consideran la pared como idealmente reflexiva. Esto corresponde a la situación real, una vez que paredes de concreto o aluminio cubren las paredes.

Este método de cálculo no puede ser aplicado a paredes de ladrillos por ejemplo, ya que el factor de reflexión puede variar de acuerdo con las lluvias etc.

De acuerdo con los cálculos (que fueron confirmados por mediciones), los diagramas son más y más dañados con el incremento :

- Espaciamiento
- Ángulo
- Longitud de media onda.

Los siguientes criterios pueden por lo tanto ser considerados para antenas direccionales con montaje en paredes

- Reducir lo mínimo el espaciamiento con la pared (pequeña diferencia de fase entre la señal directa y la reflejada)
- Una rotación máxima angular de aproximadamente 20 grados perpendicular a la pared.
- Una longitud de media onda horizontal máxima de 65 grados (apertura horizontal)

## 90° Patrón Horizontal 0.5 $\lambda$ Diámetro Obstáculo en 0°

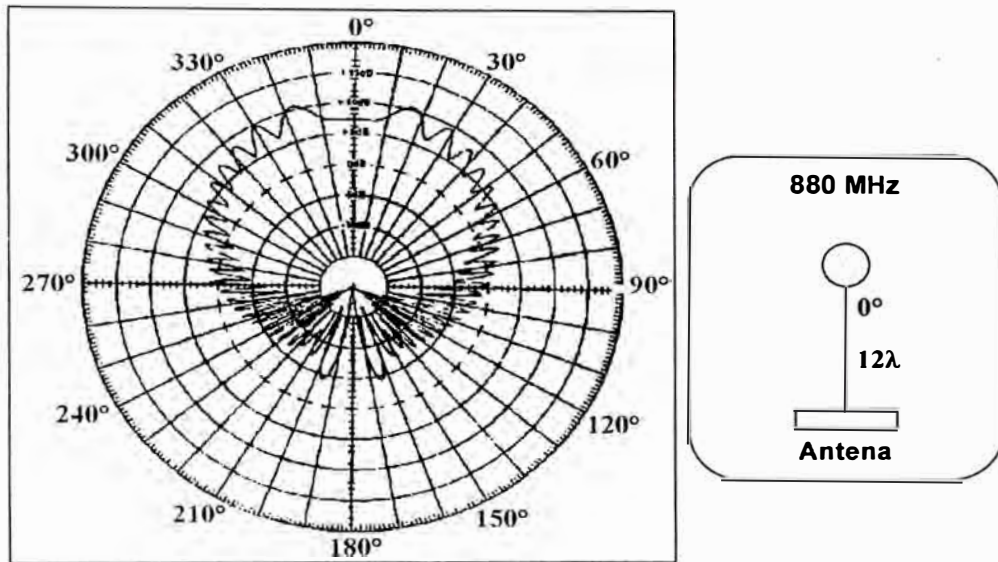


Figura 7.21

## 90° Patrón Horizontal 0.5 $\lambda$ Diámetro Obstáculo en 45°

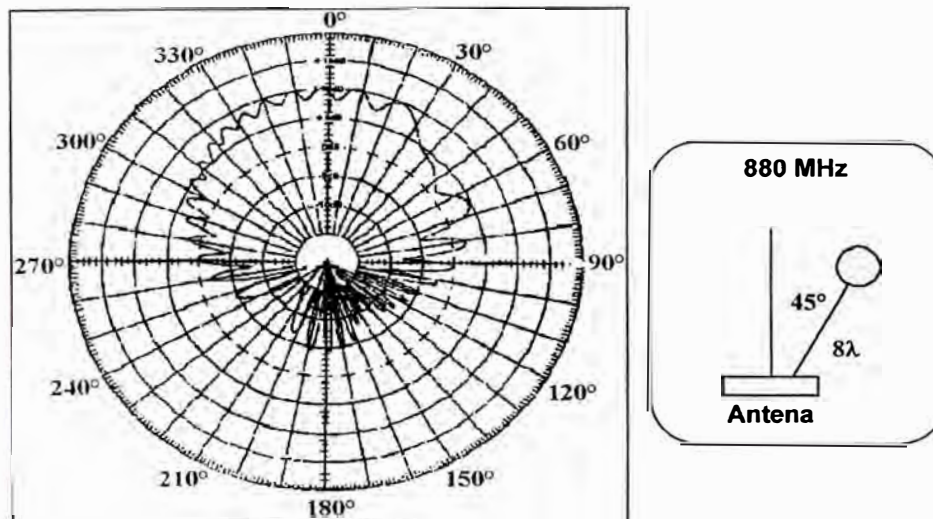


Figura 7.22

## 90° Patrón Horizontal 0.5 $\lambda$ Diametro Obstaculo en 60°

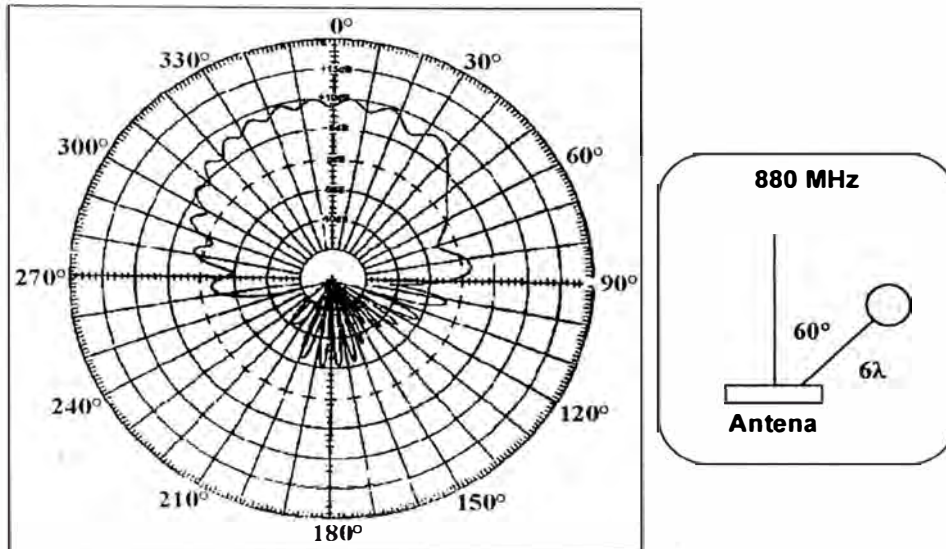


Figura 7.23

## 90° Patrón Horizontal 0.5 $\lambda$ Diametro Obstaculo en 80°

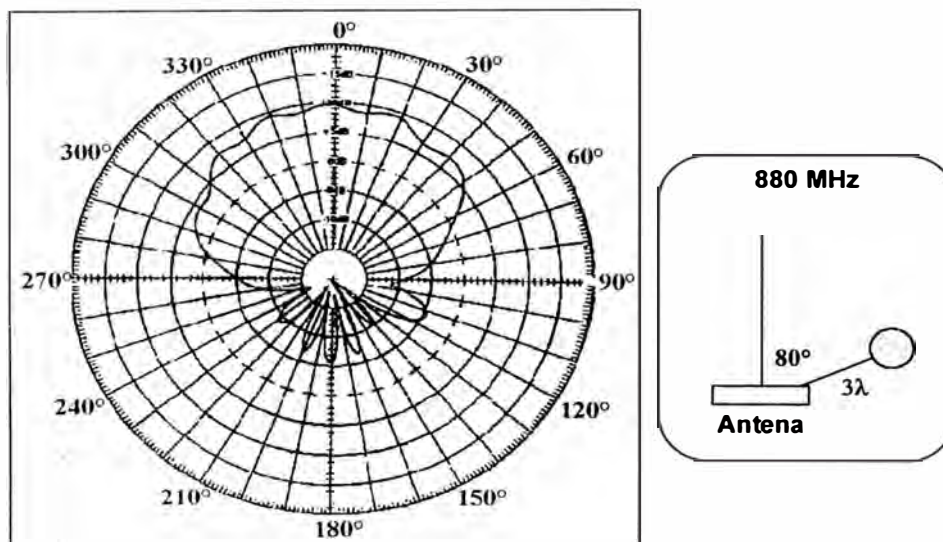
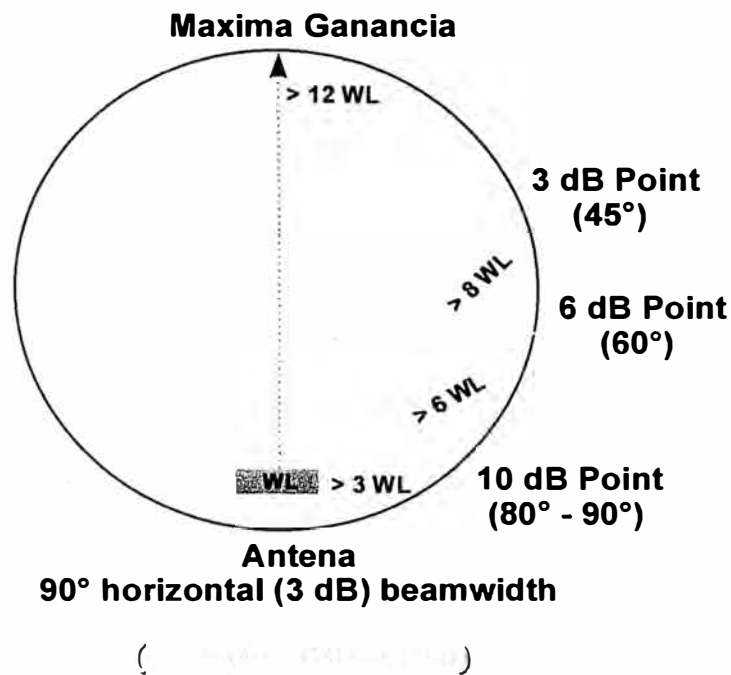


Figura 7.24

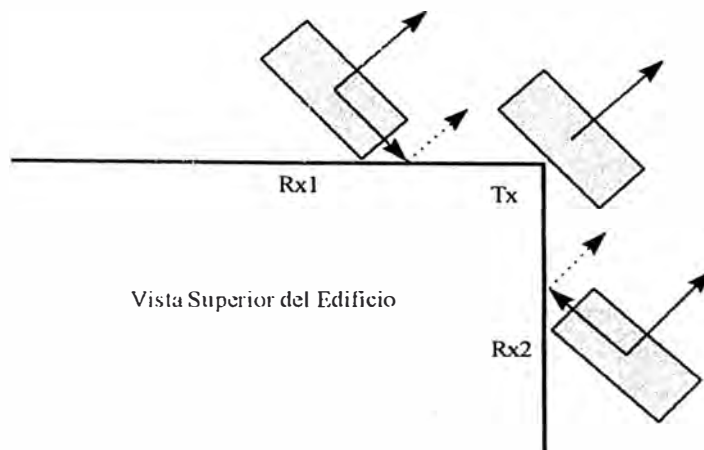
## Area necesaria de libre obstrucción (> 0.57 WL)



**Figura 7.25**

A veces es sugerido montar el sistema de antenas en la parte superior de los edificios a fin de mejorar la situación. Sin embargo esta configuración no es recomendada por las siguientes razones :

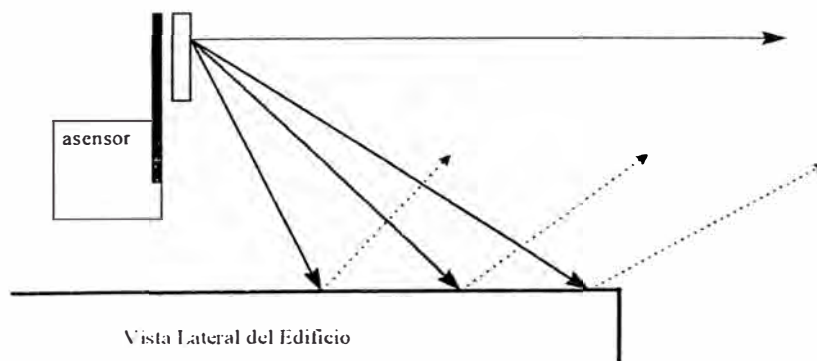
- El diagrama de radiación de ambas antenas de RX son encubiertas por el cambio radial de la antena de TX.
- Reflexiones dispersadas producen diagramas de radiación RX desiguales, cuya influencia negativa afecta el rendimiento de la diversidad en el sistema.



**Figura 7.26**

### Montaje sobre un plano reflexivo

Antenas son frecuentemente montadas sobre tejados planos. Para este tipo de instalación es recomendado localizar las antenas en los vértices del tejado, por otro lado, por razones ópticas a veces las antenas son colocadas en el plano del tejado, como por ejemplo encima de una cabina de ascensor.



**Figura 7.27**

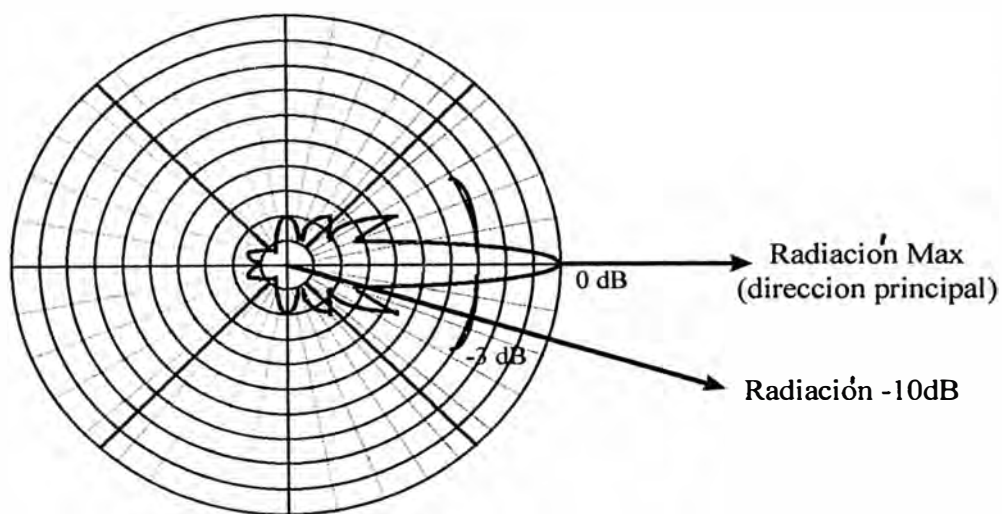


Dependiendo del diagrama de media potencia vertical, el plano entre la antena y el tejado crean reflexiones, que causan un uptilt del diagrama final resultante.

Para evitar este efecto, la energía irradiada en la dirección del tejado necesita ser limitada, esto significa que la antena debe ser montada con suficiente altura encima del tejado.

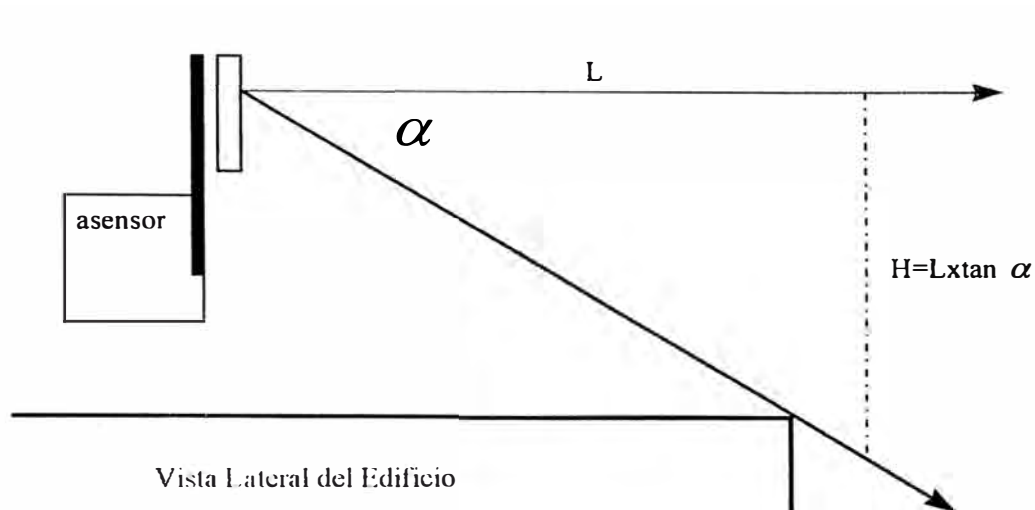
En la práctica la siguiente regla es aplicada :

La energía irradiada en la dirección en el plano del tejado debe ser 10 dB menor que la máxima energía irradiada por el lóbulo principal.



**Figura 7.28**

En el gráfico la energía irradiada (ganancia) es reducida de 10 dB a un ángulo  $\alpha$  de  $12^\circ$  con relación a la máxima energía. La altura necesaria de la antena puede ser calculada de acuerdo con la relación geométrica descrita en la figura.



**Figura 7.29**

Ejemplo :

Para un espaciamiento  $L$  de 14m desde el límite del tejado la altura de la antena tiene que estar por lo menos 3m encima del tejado.

### **Efectos Adicionales en Antenas con Polarización Cruzada (X-pol)**

Hasta ahora hemos hablado de los efectos en antenas con polarización vertical. Estos tipos de antena son patrón en redes de comunicación móviles a 800 Mhz y 1900 Mhz usando diversidad en el espacio.

Las llamadas antenas X-pol, tienen dos modos de polarización a +45 y -45.

Estas polarizaciones pueden ser separadas en componentes verticales y horizontales de igual longitud. Dependiendo de la orientación de los obstáculos, estas componentes son afectadas diferentemente. Estructuras orientadas verticalmente como torres o paredes de edificios tendrán grande influencia en componentes verticales, por otro lado un tejado plano ira alterar más las componentes horizontales.

## 7.5 Técnicas Particulares Usadas en Redes Celulares

### 7.5.1 Diversidad

La diversidad es usada para aumentar el nivel de la señal de la Estación Móvil para la estación radio base (up-link). El problema de este sentido (up-link) es el hecho de que el teléfono móvil solamente trabaja con potencias muy bajas y tiene una antena de baja ganancia. La diversidad es aplicada en la parte de la recepción de la ERB.

Una señal transmitida raras veces encuentra al usuario a través de un camino directo. La señal recibida es en la mayoría de las veces de combinación de ondas electromagnéticas reflejadas y/o directa.



**Figura 7.30**

Las ondas reflejadas tienen diferentes características de fase y polarización. Como resultado debe haber una amplificación o en casos extremos el cancelamiento total de la señal en localidades específicas. No es desconocido que la intensidad de la señal de recepción puede variar de 20 a 30 dB en pocos metros.

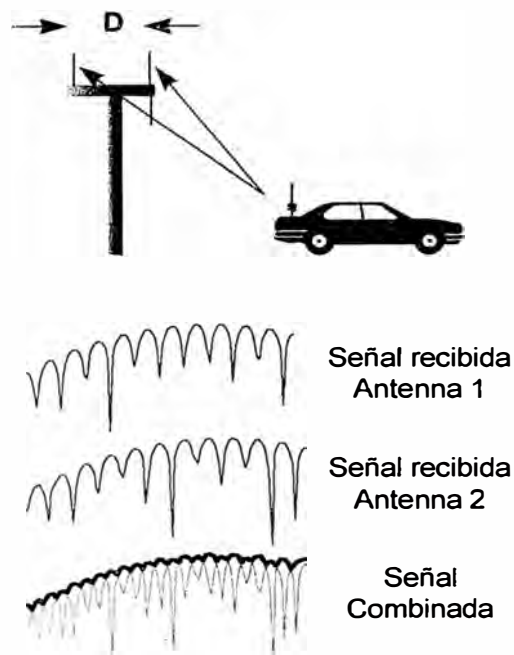
La operación en calles tipo pasajes/barríos muchas veces es sólo posible utilizándose esas reflexiones. Estas reflexiones de edificios, postes o árboles son

comunes, una vez que comunicaciones móviles utilizan predominantemente la polarización vertical.

### 7.5.2 Diversidad en el Espacio

Este sistema es formado por dos antenas de recepción espaciadas a una determinada distancia. El principio básico define que una antena tiene intensidad de campo máxima y mínima en relación al área de cobertura, la otra antena tiene la misma característica, por otro lado totalmente diferente de aquella que esta en la otra posición (espaciada de algunos metros). La intensidad de campo mínima de una de las antenas seria completamente compensada por el máximo de la otra.

La mejora en la señal promedio alcanzado por este método es llamado ganancia en diversidad.



**Figura 7.31**

### **7.5.3 Diversidad por Polarización**

Las reflexiones que ocurren en áreas urbanas no siempre tienen la misma polarización; componentes horizontales también puede existir. Por otro lado, un teléfono móvil nunca es colocado verticalmente, lo que significa que todas las polarizaciones entre vertical y horizontal son posibles. De esa forma tiene sentido lógico que estas señales también pueden ser utilizadas. La diversidad en el espacio utiliza dos antenas polarizadas verticalmente en la recepción y compara la intensidad de la señal. La diversidad por polarización utiliza dos antenas ortogonalmente polarizadas y compara las señales resultantes.

### **7.5.4 Polarización Horizontal y Vertical**

Los dipolos de los dos sistemas de antenas son polarizados de forma horizontal y vertical respectivamente. Una separación espacial no es necesaria, lo que quiere decir que dipolos con polarizaciones diferentes pueden ser instalados en una estructura común. Un aislamiento suficiente puede ser alcanzado, mismo si estos dipolos están intercalados en una única unidad desde que las dimensiones de una antena duplamente polarizada no sea mayor que una antena de polarización única (común/normal).

### **7.5.5 Antenas con Polarización Dupla**

Es un hecho conocido que en sistemas móviles celulares los teléfonos (handsets) tienen una potencia de transmisión considerablemente menor que los transmisores de la ERB ( Estación Radio Base). Por ese motivo la transmisión de un

teléfono móvil para la ERB (uplink) es mucho más desfavorable, debilitada en relación a la transmisión de la ERB para el teléfono móvil (Downlink). Para compensar, un medio de mejorar la cualidad de la recepción en la ERB tuvo que ser proyectado.

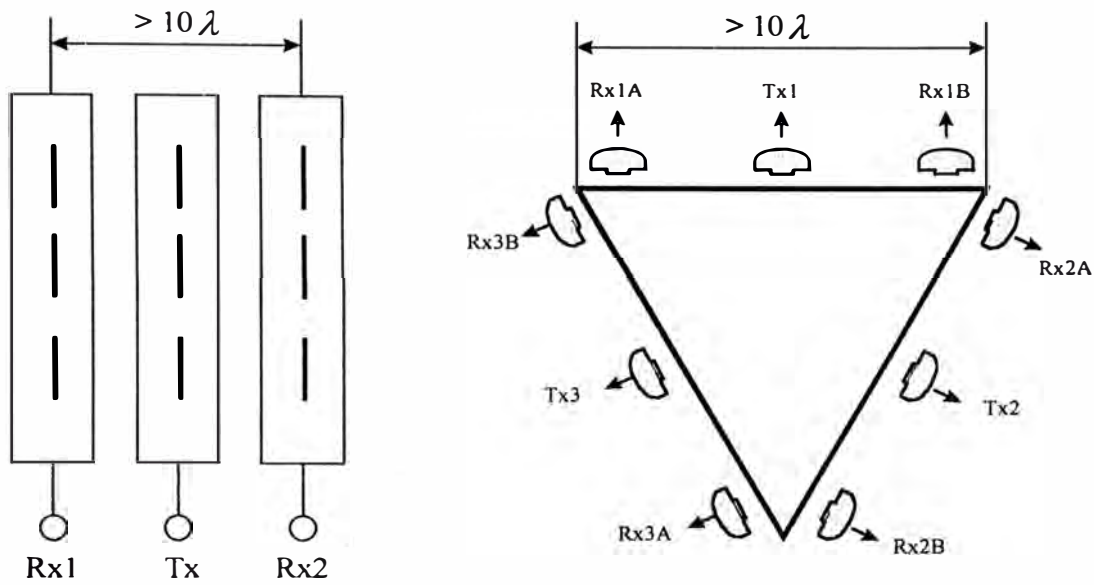
Debido a la propagación de señales de radio en múltiples caminos, que especialmente ocurren en áreas urbanas, se introdujo la llamada Recepción por Diversidad en el Espacio la cual está dando buenos resultados en la práctica.

Recepción por Diversidad en el espacio es originada en la siguiente idea :

La señal transmitida por el teléfono móvil es multi-reflejada en el campo de la propagación y llega a la ERB por direcciones diferentes. La señal que llega a la antena receptora de la ERB es la suma de varios vectores con diferentes amplitudes, fases y polarizaciones.

Si dos antenas de recepción están localizadas a una cierta distancia horizontal (o vertical) entonces es muy probable que una de ellas proporcionara la señal necesaria (principio de señales descorrelacionadas). Una unidad lógica permanentemente garantiza que la señal de nivel más alta de las dos antenas de recepción sea la alimentación del sistema de recepción.

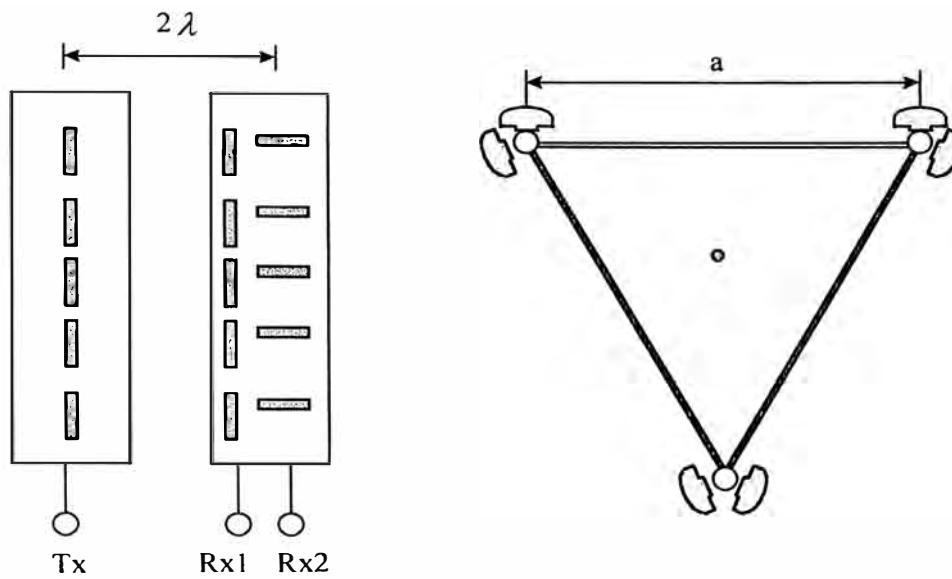
Dependiendo de la situación individual en el área de propagación, el uso del sistema de Recepción de Diversidad en el Espacio producirá una ganancia de división de 3 - 5 dB, cuando comparado al uso de solamente una antena para recepción.



**Figura 7.32**

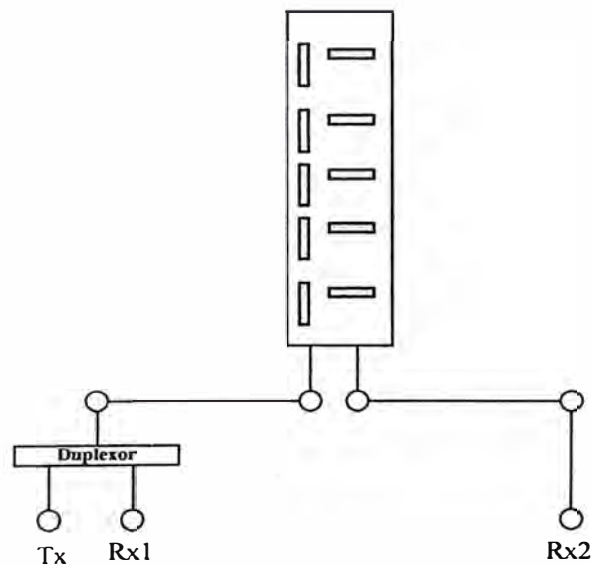
La configuración de antenas con diversidad en el espacio normalmente da buenos resultados eléctricos. Pero el número de antenas necesarias es un factor negativo en relación a la estética y costos ; necesidad creciente de espacio, cantidad mayor de hardware mecánico y de cables de alimentación.

Amplias investigaciones indicaron que la recepción por diversidad de Polarización es equivalente o casi equivalente a la Recepción por Diversidad en el Espacio. Recepción por Diversidad de Polarización significa que los niveles de recepción de dos antenas ortogonalmente polarización son comparadas y entonces la señal más fuerte es llevada al receptor.



**Figura 7.33**

El objetivo del desarrollo era proyectar una antena con Polarización dupla que tenga las mismas dimensiones externas que antenas con polarización única y también con valores equivalentes de ganancia y diagramas de radiación. El número de antenas individuales pueden ser considerablemente reducido, con mejora en la estética, reduciendo espacios y piezas de hardware mecánico.



**Figura 7.34**



Generalmente es válido, y eso naturalmente también aplicase a las antenas con polarización dupla, donde el aislamiento entre antenas vecinas de transmisión, bien como entre antenas de transmisión y recepción, es lo mínimo de 30 dB para evitar :

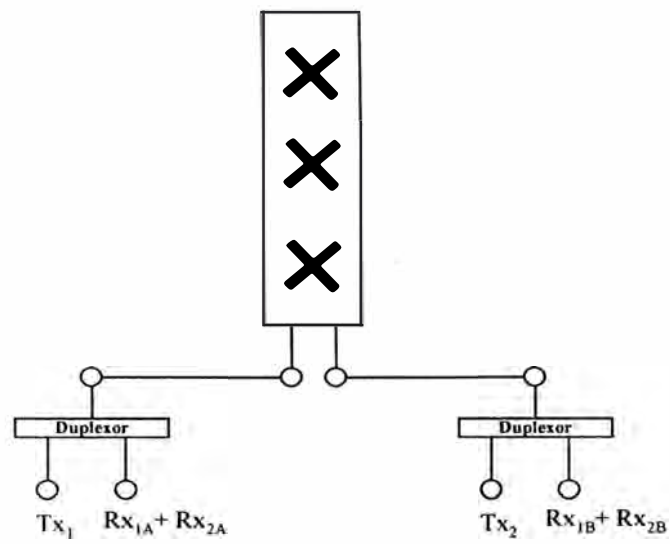
- Productos de intermodulación.
- Bloqueo de los receptores.
- Activación de sistemas de supervisión de VSWR de un transmisor por un transmisor adyacente.

Esta necesidad de 30 dB de aislamiento es también válido para antenas con polarización dupla. Inicialmente antenas con polarización dupla (horizontal y vertical) eran preferidas una vez que este concepto de antenas fácilmente proporciono el aislamiento exigido de 30 dB entre el sistema polarizado horizontalmente y el sistema polarizado verticalmente.

Resultados prácticos con antenas con polarización dupla (horizontal / vertical) fueron altamente positivos. Aún existe, también un punto débil. Como antenas de estación móvil (Ej. en autos o teléfonos móviles) predominantemente operan en el modo verticalmente polarizado, la eficiencia de la propagación es mas favorable al sistema vertical de una antena para ERB con polarización dupla (horizontal vertical) de que para el sistema horizontal. Por lo tanto, polarización horizontal no es realmente adecuada para objetivos de transmisión.

Aún, en antenas con polarización dupla cruzada con +45/-45, ambos sistemas son equivalentes con respecto a su eficiencia en la propagación. Los dos sistemas, por lo tanto, pueden ser usados con buenos resultados también para el propósito de transmisión y recepción. Además de eso, el concepto de está antena deja realizar

transmisiones simultáneas de dos transmisores sin el uso de un combinador de transmisión



**Figura 7.35**

## **CAPÍTULO VIII**

### **FACTORES QUE AFECTAN LA PERFORMANCE RF**

#### **8.1 Objetivos**

Características de los Equipos que afectan la Performance RF

Elementos y Parámetros de un Radio Enlace

Transmisor : Genera la energía RF a una frecuencia deseada, se modula la energía RF para convertirlo en información.

Antenas : Convierte la energía RF a un campo electromagnético y viceversa, enfoca la energía en una dirección deseada (ganancia).

Receptor : Filtra la salida e ignora las señales de las frecuencia no deseadas, amplifica el pico de señal recibida para poder procesarla, De modula la señal para poder recuperar la información.

#### **8.2 Performance del Transmisor**

La característica de performance más obvia del transmisor es su potencia de salida. El tipo de modulación esta muy relacionado a la especificación aplicable al sistema inalámbrico es decir el tipo de modulación empleado tiene gran importancia para la performance a la interferencia debido al impacto en el ancho de banda.

Las salidas espurias y el filtrado son más de las características del transmisor, nosotros debemos evitar la radiación de niveles de señales no deseadas que pueden causar interferencia.

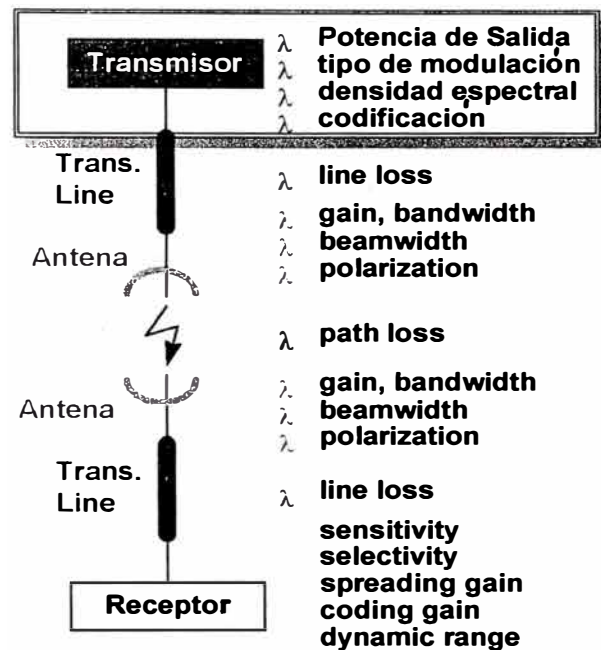


Figura 8.1

### 8.3 Performance del Receptor

La característica más conocida del receptor es su sensibilidad. La sensibilidad está definida como la mínima señal que el receptor puede detectar.

La selectividad es una medida de que tan bien un receptor oye una señal para excluir de los otros. La selectividad es crítico en un sistema FDMA como IS-54 desde que muchas señales están muy próximos en frecuencia y nivel.

El rango dinámico es una medida de la razón de la mínima señal detectable del receptor entre la señal más baja que se puede recibir sin distorsión.

Esto es la clave por la cuál nosotros evitamos irradiar más potencia de lo necesario en el sistema celular.

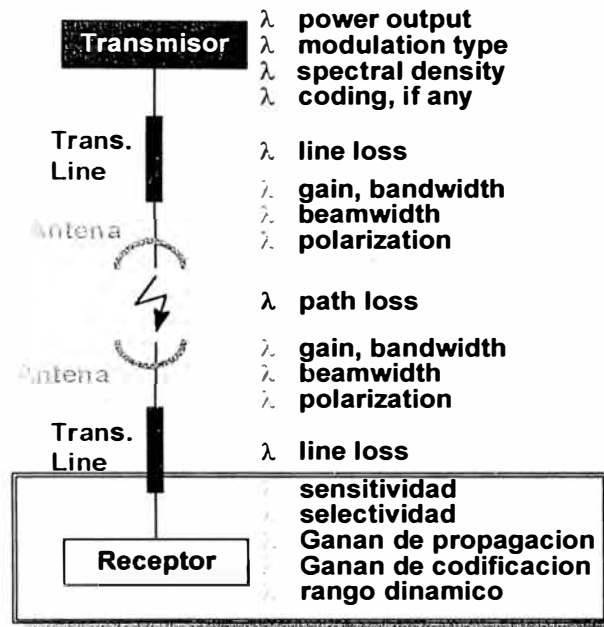


Figura 8.2

## 8.4 Intermodulación

### 8.4.1 Principio Básico de Intermodulación

Cada dispositivo (amplificador, etc.) tiene una relación entre la entrada y salida.

Normalmente la salida es una replica lineal de la entrada, excepto

- Cuando la entrada es tan bajo que se encuentra debajo del piso de ruido.
- Cuando la salida esperada es tan fuerte que la capacidad del amplificador y la compresión ocurre.

Incluso al parecer los dispositivos pasivos (cables, conectores, antenas) tienen piso de ruido y puntos de compresión.

### Característica de Transferencia de Potencia de un típico amplificador o otro dispositivo

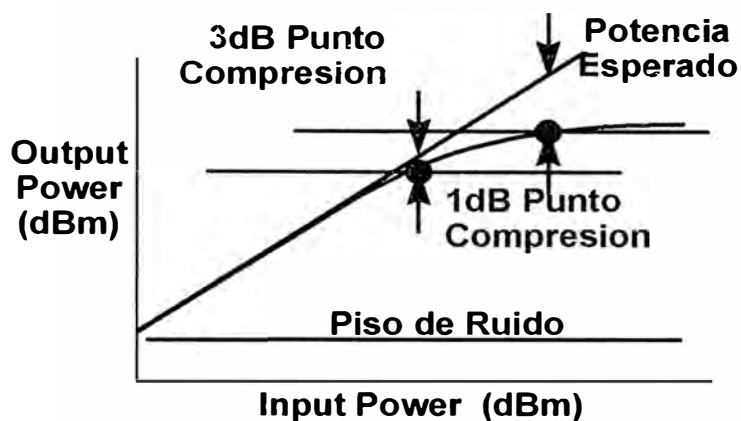


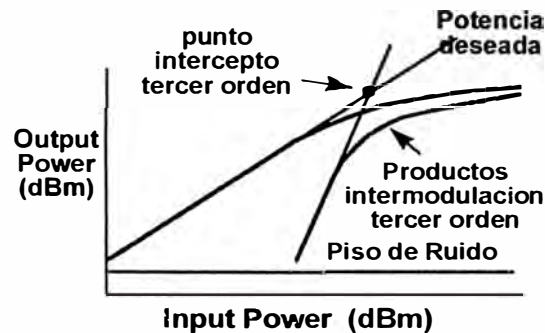
Figura 8.3

Si tenemos un dispositivo no lineal el cuál está siendo alimentado con dos señales, su salida incluirá las dos frecuencias de entrada y señales adicionales debido a la distorsión de intermodulación. Los productos de intermodulación recibirán el nombre de orden.

#### 8.4.2 Punto de Intercepción de Tercer Orden

El intercepto de intermodulación de tercer orden es un nivel de señal definiendo el rango dinámico de la libre interferencia de un amplificador o un dispositivo

### Característica de Transferencia de Potencia de un típico amplificador o otro dispositivo



<p><b>Potencia de tercer orden intermodulado:</b>  <math>P_3 = 2P_1 + P_2 - 2P_{3i}</math> (dBm) (for <math>2f_1 \pm f_2</math>)  <math>P_3 = 2P_2 + P_1 - 2P_{3i}</math> (dBm) (for <math>2f_2 \pm f_1</math>)  <b>Donde:</b>  <math>P_1</math> = Potencia de salida @ <math>f_1</math>  <math>P_2</math> = Potencia de salida @ <math>f_2</math>  <math>P_{3i}</math> = Punto intercepto 3er orden</p>
--

**Figura 8.4**

Los problemas de intermodulación podemos clasificarlos en tres generales categorías cada una con su propias consideraciones y métodos de resolución :

**a) Internamente - Generado dentro del sistema :** Identifica mal ajustes o componentes defectuosos, lo encuentra y reemplaza ; evita excesivo configuración de potencia en los multiacopladores de recepción, usa recomendaciones del fabricante para preservar el rango dinámico.

**b) Relacionado al diseño del sistema en casos de sobrecarga :** No sobrecarga el receptor final del usuario, cuidadosamente configura y optimiza los parámetros de DPC, usa filtros de pasabanda si lo necesita para atenuar los usuarios cercanos.

**c) Casos Externos que Involucran mezcla en Sistemas de Antenas o Proximidades :**

Selecciona cuidadosamente antenas con performance de intermodulación específico, tener cuidado para diferentes uniones de metal en tu antena y cercanos, cuidadosamente sellar todas las conexiones RF externas y regularmente inspeccionarlas.

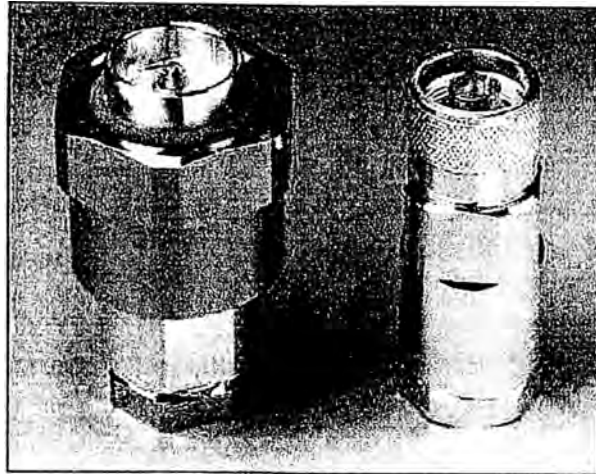
## **8.5 Falla de Equipos que Afectan el Correcto Funcionamiento del Sistema**

### **8.5.1 Efecto de los Conectores**

Los conectores pueden ser una fuente de intermodulación. La interface 7/16 DIN es superior al tipo N respecto a IM por varias razones

- El mecanismo de acoplamiento del 7/16 DIN provee alta presión de contacto.
- Una especial zona de contacto es provista en la punta del contacto interno el cuál asegura un confiable contacto de 360 grados.
- La dimensión del 7/16 DIN permite para fácil limpieza de las superficies de contacto para remover la suciedad y el aumento de óxido.
- Los conductores más grandes son más fuertes y durables, el cuál mejora a largo plazo la confiabilidad.





**a la izquierda, 7/16 DIN. a la derecha, Type N.**

**Figura 8.5**

### **8.5.2 Efecto de los Combinadores**

Sintonizar una cavidad de un combinador requiere una buena separación de frecuencia entre los canales para una total eficiencia ( potencia de salida) y existen de dos maneras

#### **\* Sintonización de la Cavidad - Manual:**

La mínima separación de frecuencia es de 21 canales requerido para 17 dB de aislamiento.

La pérdida de inserción es de 1.5 dB para hasta 16 entradas.

#### **\* Sintonización de la cavidad - “ Auto - Tune”**

La mínima frecuencia de separación es de 21 canales requerido para 17 dB de aislamiento.

Rápido ajuste automático.

Las pérdidas de inserción es de 1.5 dB para hasta 16 entradas.

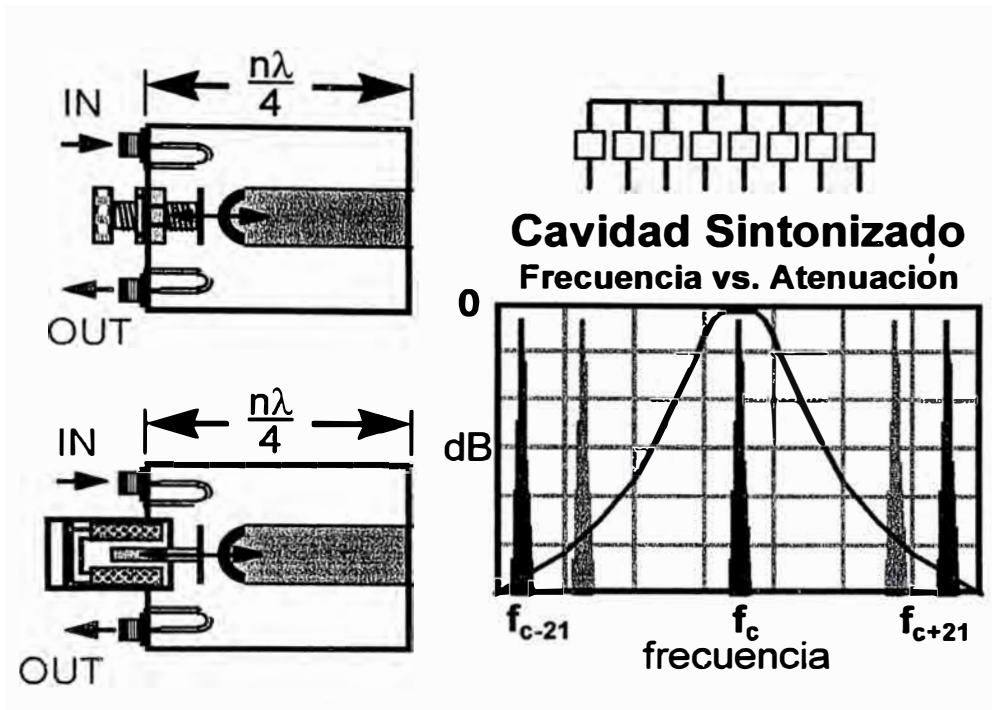


Figura 8.6

### 8.5.3 Duplexores

El número de antenas de una celda es limitado se tiene en cuenta el costo, espacio, zona y la estética.

Es deseable combinar muchos transmisores como fuera posible en una antena para ello también hay que considerar la intermodulación y el aislamiento del transmisor.

El duplexor permite usar unas cuantas antenas pero debería chequearse periódicamente para asegurarnos que el ruido no se este metiendo en los receptores.

### Diagrama de Bloques RF de una Celda

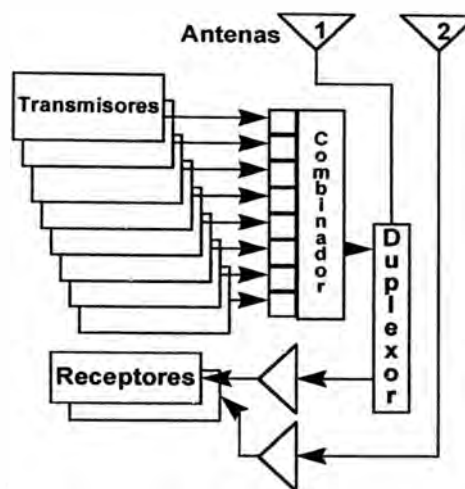


Figura 8.7

### 8.6 Interferencia Electromagnética

Interacción entre las Celdas Inalámbricas y las Estaciones de las Emisoras AM

#### Cuando es afectado la emisora :

La torre del sistema inalámbrico puede interceptar y re irradiar suficiente energía AM para alterar el patrón de cobertura AM especialmente si la emisora ya es direccional y tiene cuidado en controlar la forma del patrón.

#### Cuando es afectado el sistema inalámbrico

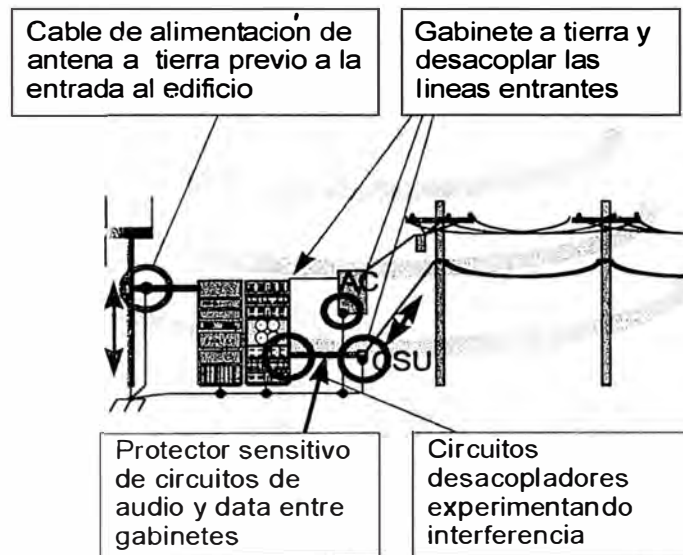
La señal fuerte interceptado por el cableado de la celda puede causar audible cruce ( crosstalk) con el programa de la radio sobre un circuito de voz análogo o un errático operación del E1 y circuitos de datos.

#### Eliminando el Crosstalk debido a una Emisora AM

El crosstalk ocurre cuando un alto nivel de la señal AM es rectificado en sensitivo circuito de audio.

El RF AM restablece el mecanismo : Cada llegada de cable es una antena receptora AM.

Identificar los circuitos donde la interferencia está presente : Identificar el probable mecanismo de acoplamiento RF, Desacoplar las líneas externas usando redes L-C o stubs sintonizados, Use cableado blindado para sensitivo circuitos de audio y data entre gabinetes.



**Figura 8.8**

### **8.6.1 Interacción entre Sitios Inalámbricos y Estaciones FM**

#### **Sistema Inalámbrico Perjudicado**

- Una señal fuerte FM sobrecargar a los receptores celulares produciendo intermodulación.

- Una señal fuerte FM puede crear productos de intermodulación en cercanos objetos de metal.
- Una señal fuerte FM interceptado por el cableado de una celda puede causar ruido blanco o audibles crosstalk de programación de radio en un circuito de voz análoga y operaciones erráticas de EI's y circuitos de datos.
- Posible larga exposición al peligro cerca a antenas FM de alta potencia

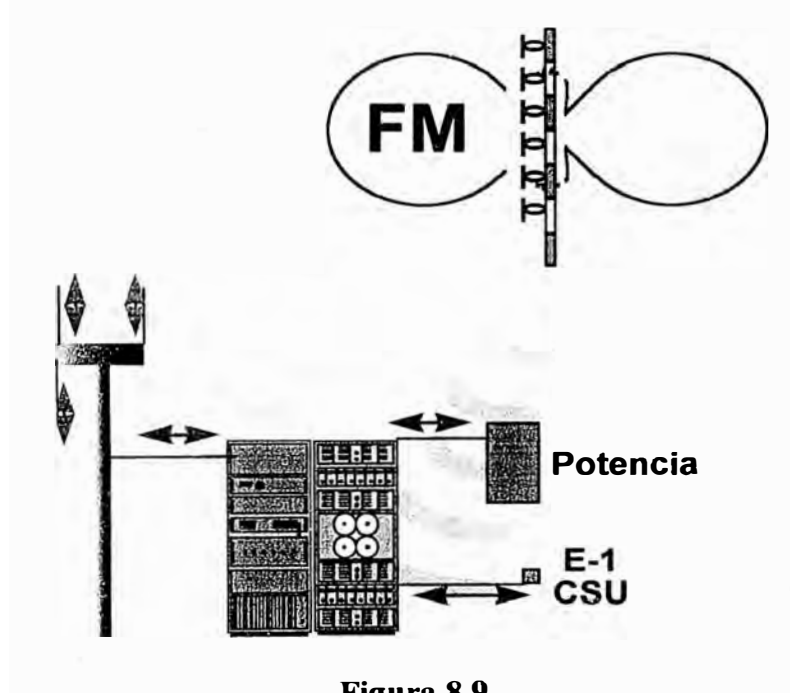


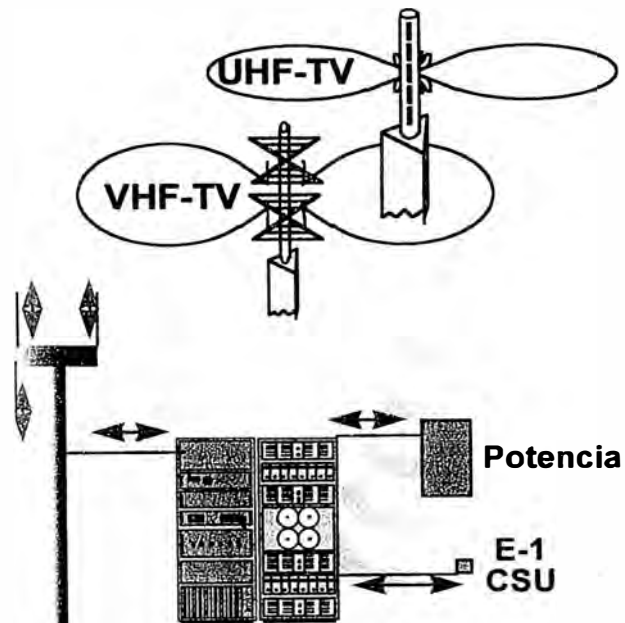
Figura 8.9

### 8.6.2 Interacción entre sitios Inalámbricos y Estaciones de TV

#### Sistema Inalámbrico perjudicado :

- Una señal fuerte de TV interceptado por el cableado de una celda puede causar “sincronismo de zumbido” en un circuito analógico, errática operación de EI's y circuito de datos.
- Una señal fuerte de TV puede crear productos de intermodulación en cercanía de objetos metálicos.

- Una señal fuerte de TV puede sobrecargar los receptores inalámbricos, produciendo intermodulación el cuál causa “sync buzz” en específicos canales.



**Figura 8.10**

# **CAPÍTULO IX**

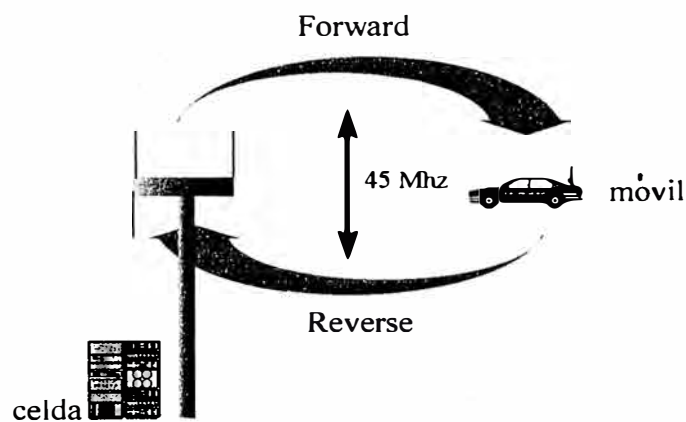
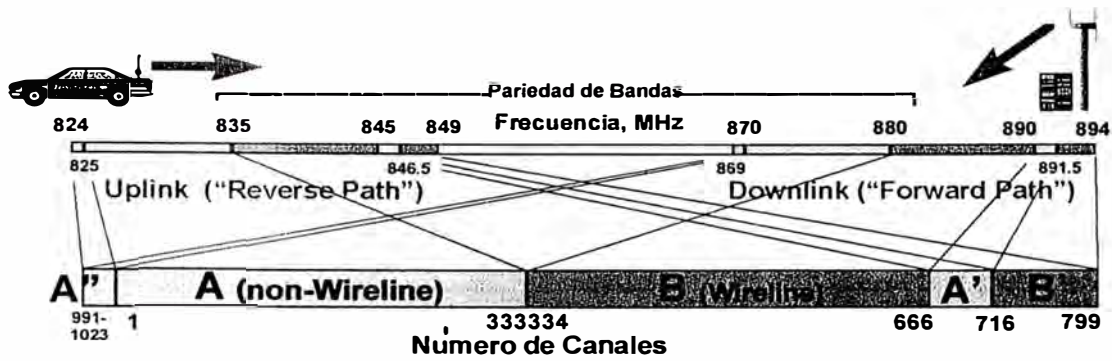
## **PLANEAMIENTO DE FRECUENCIA**

### **9.1 Introducción**

Planeamiento de Frecuencia quiere decir optimizar el espectro usado, mejorar la capacidad de canales, y reducir interferencia. El FCC provee las licencias para operar los sistemas de comunicaciones celulares sobre una banda y frecuencias dadas. Puesto que los sistemas de comunicaciones celulares es un sistema múltiple, los operadores tienen que cumplir con las regulaciones. Esta conformidad requiere apropiados plan de frecuencia y control de spectrum y también involucra numeración de canales, agrupar canales en sub grupos, planeamiento de celdas, y asignamiento de canales. Un plan de frecuencia debe asegurar adecuado separación de canales para evitar solapamiento de energía entre canales, así la interferencia entre canales adyacentes es reducida al mínimo.

### **9.2 Paridad de Canales Transmisión/Recepción**

Las comunicaciones celulares es un sistema full-duplex en el cuál cada banda es dividida en dos mitades iguales ; Una mitad es para canales forward y la otra para canales reverse. Una banda de guarda de 45 Mhz es provista para evitar interferencia entre canales Tx/Rx.

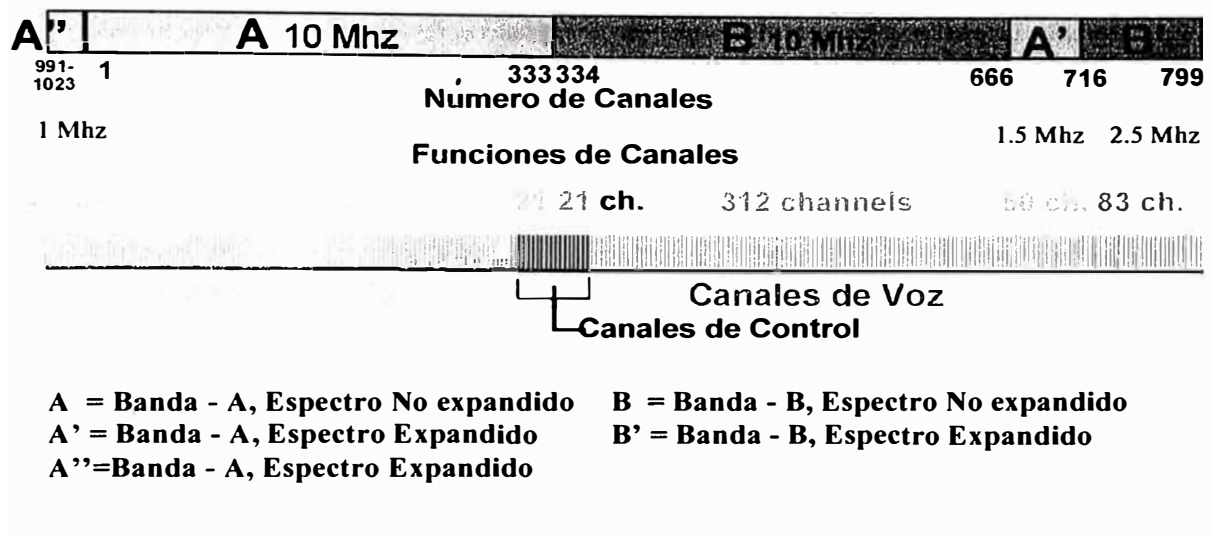


**Figura 9.1**

### 9.3 Asignación de Banda de Frecuencia y Numeración de Canales.

El planeamiento de frecuencia empieza con la asignación de banda de frecuencia por las autoridades regulatorias. Esto es mostrado en la figura. Para la Banda A y Banda B, cada banda ocupa 12.5 Mhz, de los cuales 10 Mhz está en el spectrum no expandido (NES) y 2.5 Mhz en el spectrum expandido (ES).





**Figura 8.2**

Con 30 Khz de espaciamiento, este arreglo provee  $10 \text{ Mhz}/30\text{Khz} = 333$  canales por banda en el NES y  $2.5\text{Mhz}/30\text{Khz} = 83$  canales por banda en el NES. El número total de canales por banda es por lo tanto  $333+83=416$  en cada banda. De los cuales, 21 canales son usados para canales de control y el resto de canales 395 son usados para canales de voz. Notar que los canales de control son usados para asignamiento de canal, paging, mensajes, etc.

$$\text{Frecuencia Transmitida por la Base} = (0.03N + 870) \text{ Mhz} \quad (\text{NES})$$

$$= 0.03(N - 1023) + 870 \text{ Mhz} \quad (\text{ES})$$

$$\text{Frecuencia Recivida por la Base} = 0.03N + 825 \text{ Mhz} \quad (\text{NES})$$

$$= 0.03(N - 1023) + 825 \text{ Mhz} \quad (\text{ES})$$

Donde N es el número de canal (1,2,3.....1023). Conociendo el número de canal, obtenemos el asociado par de frecuencias.

### 9.4 Agrupamiento de Canales y Plan de Reuso

Las comunicaciones celulares es un sistema de múltiple-acceso en el cuál varios canales no-interferentes son combinados para formar un grupo de canales y asignados a una cell-site. Puesto que el número de canales es limitado, estos grupos de canales son reusados a una distancia regular. Esto es una importante tarea de ingeniería porque determina la capacidad del sistema y performance.

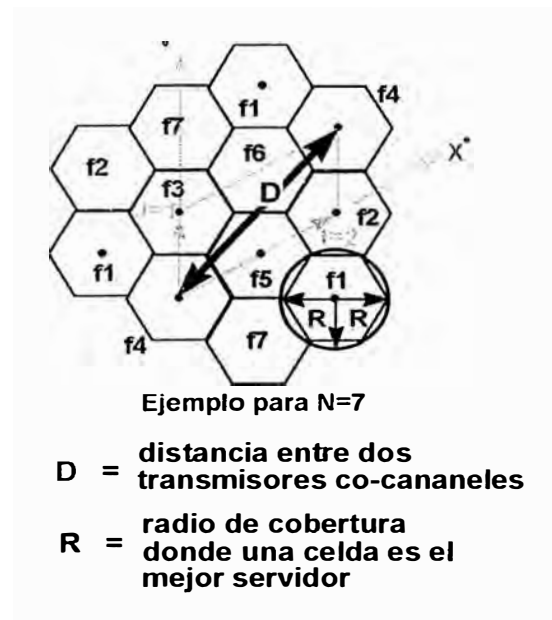
La más principales técnicas de planeamiento de frecuencia son las siguientes.

N=7 Plan de Reuso de frecuencia.

N=9 Plan de Reuso de frecuencia.

N=4 Plan de Reuso de frecuencia.

N=3 Plan de Reuso de frecuencia.



**Figura 9.3**

Para el reuso de frecuencia hay una razón de distancia D/R que está dado como

$$\frac{D}{R} = \sqrt{3N}$$

Donde N es el número de celdas en el patrón de reuso de frecuencia.

N	Canales por Celda*	D/R
1	395	1.732
2	198	2.449
3	132	3.000
4	99	3.464
5	79	3.873
6	66	4.243
7	56	4.583
8	49	4.899
9	44	5.196
10	40	5.477
11	36	5.745
12	33	6.000

\*Asumiendo el uso de 395 canales de voz incluyendo el espectro expandido

**Figura 9.4**

### 9.5 Plan de Frecuencia OMNI N=9

La interferencia es la mayor preocupación en un sistema de comunicaciones celulares. Está generalmente determinado por la interferencia cocanal, el cual depende del plan de frecuencia y la ingeniería de antenas. El más popular plan de frecuencia conocido hoy es el plan N=7, el cual es también conocido por exponer la interferencia adyacente.

A pesar que el plan de frecuencia N=9 ha sido pasado por alto por las industrias celulares. Recientemente, una técnica de asignamiento de frecuencia fue propuesta para sistemas N=9 y N=12 para minimizar la complejidad y aumentar la capacidad de tráfico.

### 9.5.1 Consideraciones C/I

La interferencia cocanal en un entorno urbano está dado por

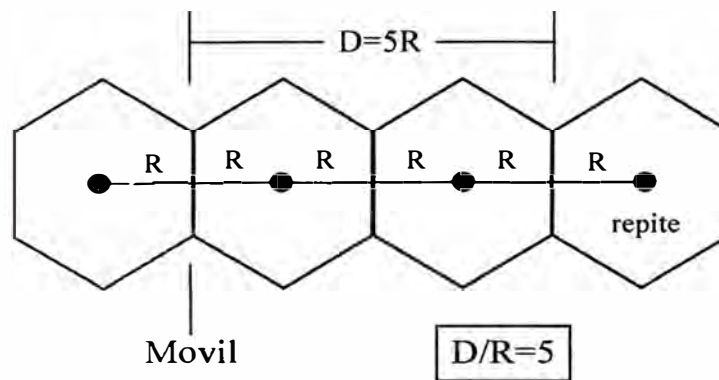
$$\frac{C}{I} = 10 \log \left\{ \frac{1}{6} \left[ \left( \frac{D}{R} \right)^{\gamma} \right] \right\} \quad \text{asumiendo 6 interferentes}$$

Resolviendo para la relación de distancia, obtenemos :

$$\left( \frac{D}{R} \right)^{\gamma} = 6 \left[ 10^{\frac{1}{10} \left( \frac{C}{I} \right)} \right]$$

Con  $C/I = 17$  dB ; La mínima razón de distancia queda como  $D/R = 5$ .

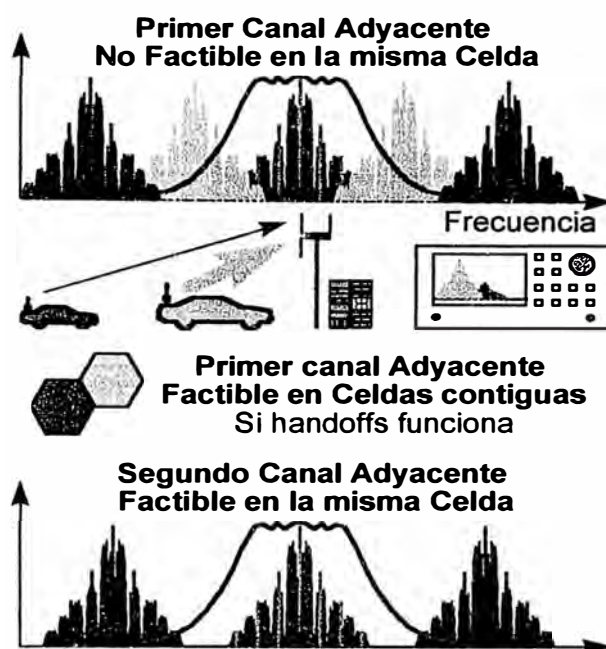
Esto significa que un cluster de celda dado debe asegurar una distancia a repetir  $\geq 5$ . Esto está ilustrado en la figura . Esto indica que un cluster de celdas debe estar formado por medio de un arreglo de celdas 3x3 resultando en el patrón N=9.



**Figura 9.5**

### 9.5.2 Consideraciones ACI

La interferencia de canal adyacente (ACI) ocurre debido al solapamiento de energía entre los canales adyacentes. Puede ser minimizado o removido cambiando los canales adyacentes y reasignandoles en otro lugar. Esto puede ser conseguido por medio del siguiente canal alternativo. El cuál asegura aislamiento de canal adyacente.



**Figura 9.6**

### 9.5.3 El Plan N=9 para OMNI

El plan de frecuencia N=9 está basado en la división de los canales disponibles entre 9 o grupos de frecuencia múltiples de 9. Este plan provee  $333/18 = 18$  canales por grupo en el NES y  $416/18=23$  canales en el ES. La separación dentro de un grupo es  $18 \times 30$  Khz., el cuál es generalmente adecuado para aplicación celular.

El básico cluster de celdas N=9 usa un alternado distribución de canales el cuál forma un arreglo 3x3 de nueve grupos de frecuencia. Esto es mostrado en la figura. La forma rómbica del cluster es debido a la forma hexagonal de la celda. A diferencia del plan de frecuencia N=7, este plan de frecuencia no tiene canales adyacentes dentro del cluster de celdas. Por consiguiente, la performance del ACI de este plan es mejor de los planes existentes.



**Figura 9.7**

#### 9.5.4 Plan de Crecimiento OMNI N=9

Debido al patrón rombico, sólo expansiones verticales y horizontales son posibles en esta planificación. Esto está basado en repetitivas secuencias vertical y horizontal mostrado en la figura.

Desde que cada celda puede ser visualizado como una celda central rodeado por 6 celdas, un plan de frecuencia N=7 puede ser fácilmente trasladado a un plan de frecuencia N=9 sin la reubicación de la celda.



**Figura 9.8**

#### 9.5.5 Evaluación de Interferencia Cocanal

La interferencia cocanal originado por el reuso de frecuencia. Esto puede ser calculado por medio de distancia de frecuencia repetido asociado con este plan. Así, cuatro canales interferentes desde una distancia repetida de :

$$D / R \approx (3 \times 9)^{1/2} \approx 5.2$$

Así la interferencia cocanal puede ser obtenido como

$$C / I = 10 \log[0.25(5.2)^\gamma]$$

con  $\gamma = 4$  obtenemos :

$$C/I=22.6 \text{ dB}$$

### 9.5.6 Evaluación de Interferencia de Canal Adyacente

El más cercano canal adyacente en N=9 esta aproximadamente 3R de la base servidora, donde R es la radio de la celda. Así ACI puede ser evaluado por medio de la siguiente ecuación

$$ACI = -[10 \log\{(d_c / d_i)^{-\gamma}\} + \text{atenuacion por radio}(\geq 26\text{dB})$$

En la región de Handoff,  $d_i / d_c = 2$  con  $\gamma = 4$  esto se traduce en :

$$ACI \leq -38\text{dB}$$

El cuál es más bajo que del plan N=7.

### 9.5.7 Capacidad OMNI N=9

Hay 18 grupos de frecuencia en el plan de frecuencia N=9. Estos grupos de frecuencia son eventualmente distribuidos entre 9 celdas, 2 grupos de frecuencia por celda. De los 21 canales de control, solo 18 son necesitados en este plan. Los

restantes 3 canales de control pueden ser usados como canales de voz. El número de canales de voz es  $(333-18)=315$  en el NES y  $(416-18)=398$  en el ES. Entonces la capacidad de canal puede ser calculado como

Capacidad de canal NES =  $315/9 = 35$  canales de voz por celda.

26.4 Erlang @ 2% GOS

Similarmente con ES, la capacidad de canal es :

Capacidad de canal ES =  $398/9 = 44$  canales por celda

34.7 Erlang @ 2% GOS.

## 9.6 Sectorización 120 Grados

La sectorización de 120 grados se obtiene dividiendo la celda en tres sectores de 120 grados cada uno, cada sector es tratado como una lógica antena Omni donde las antenas direccionales son usados en cada sector por un total de tres antenas por celda.

Puesto que las antenas direccionales son usados en celdas sectorizados, los canales pueden ser reusados mas frecuentemente, así mejorando la capacidad de canales. Además, los componentes multipath son también reducidos debido a la direccionalización, por lo tanto mejorando la performance.

### 9.6.1 Plan N=7/21, 120 grados Sectorizado

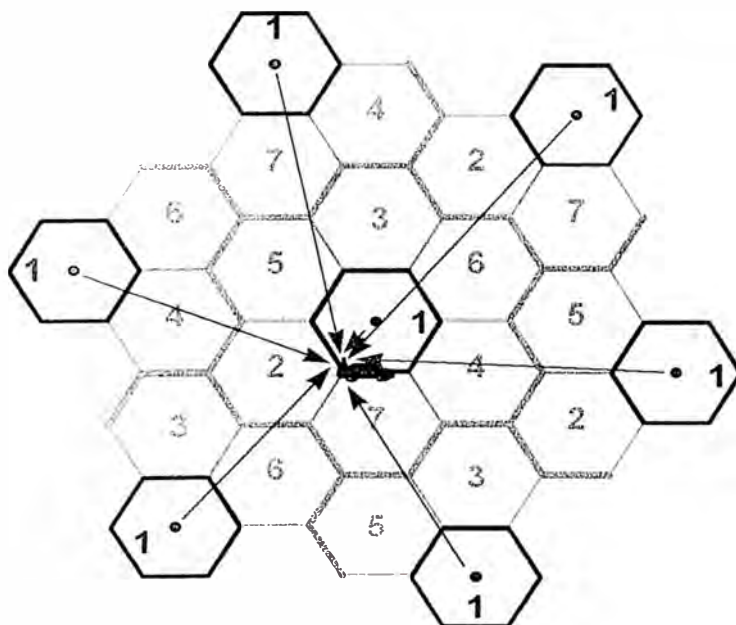
El N=7/21, plan de sectorización de 120 grados está basado en la distribución de un grupo de frecuencia por sector con tres grupos de frecuencia por celda para un



total de 21 grupos de frecuencia por cluster. La distribución de canales está basado en  $(N, N+7, N+14)$  donde  $N=1, 2, \dots, 7$ . Por lo tanto para  $N=1$ , celda 1 usa el grupo de frecuencias 1 para sector 1, grupo de frecuencia 8 para sector 2, y grupo de frecuencia 15 para sector 3

### 9.6.2 Interferencia Cocanal en $N=7/21$ , 120 grados.

La sectorización de 120 grados es realizado dividiendo una celda en tres sectores con antenas direccionales usados en cada sector. Así la configuración de antenas y su directividad juega un importante rol en determinar la performance C/I. Para ilustrar mejor esto , consideremos el diagrama mostrado en la figura , en el cuál las antenas direccionales son usados para el presente análisis. Downtilt de la antena está también provisto por aislamiento adicional, el cuál debe ser tomado en cuenta.



**Figura 9.9**

Estas suposiciones modifican la ecuación de predicción C/I como .

$$\frac{C}{I} = 10 \log \left[ \frac{1}{j} \left( \frac{D}{R} \right)^\gamma \right] + \Delta dB \text{ (debido al downtilt de la antena)}$$

Con  $j=6$ ,  $\gamma = 4$ ,  $D/R=4.58$ , y  $\Delta dB \approx 6dB$  , obtenemos

$$C/I=24 \text{ dB}$$

El performance puede ser mejorado más usando una antena que tiene un ancho de haz vertical angosto.

### 9.6.3 Capacidad en N=7/21, 120 grados

En el N=7/21, configuración de sectorización de 120 grados, la capacidad de canales está medido por los canales disponibles por sector, traducido en Erlangs. Como resultado una perdida de capacidad ocurre debido a la ineficiencia del trunking. Esto puede ser evaluado notando que el número de canales de voz por sector está dado por  $(333-21)/21=14$  en el NES y  $(416-21)/21=18$  en el ES. La capacidad de canales por sector puede ser evaluado como

Capacidad de canales NES= 14 canales de voz por sector.

$$= 8.2 \text{ Erlangs por sector @ 2\% GOS.}$$

$$= 3 \times 8.2 = 24.6 \text{ Erlangs/cell @ 2\% GOS.}$$

Similarmente con el ES, la capacidad de canales se convierte en :

Capacidad de canales ES = 18 canales por sector.

$$= 11.5 \text{ Erlangs por sector @ 2\% GOS.}$$

$$= 3 \times 11.5 = 34.5 \text{ Erlang/celda @ 2\% GOS.}$$

## 9.7 Planeamiento del SAT

El supervisory audio tone (SAT) es un conjunto de tres frecuencias : 5970, 6000, 6030 Hz. Estos tonos son generados en la Estación Base y transmitidos al móvil sobre los canales de voz. Después de recibir el tono de SAT, el móvil lo retorna a la Estación Base como un reconocimiento. El propósito del tono de SAT es distinguir entre cocanales. Esto significa que el mismo SAT no puede ser reusado en un lugar cocanal.

Sólo hay tres tonos de SAT :

S0=5970 Hz

S1=6000 Hz

S2=6030 Hz

Su patrón de distribución está restringido a sólo dos versiones, como se describe a continuación.

### **Versión 1 :** Distribución Alternado del SAT dentro de un Cluster.

En el plan de frecuencia  $N=7$ , los canales disponibles son eventualmente distribuidos entre 7 celdas sin repetición. Por lo tanto, si nosotros asignamos SAT-0 en la celda del centro, el patrón de los que están alrededor sería S1,S2,S1,S2,S1,S2. Similarmente, si S1 es asignado en la celda central, el patrón de los que están alrededor sería S0,S2,S0,S2,S0,S2. Asimismo si S2 como celda central. Este principio es ilustrado en la figura y el plan de crecimiento está dado en la figura.

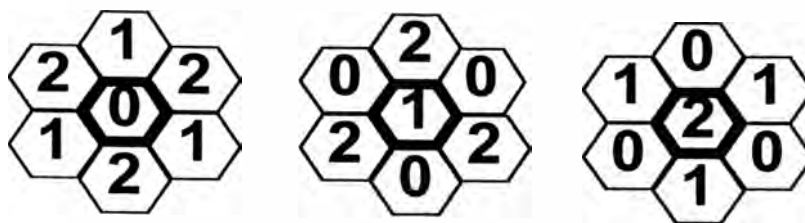


Figura 9.10

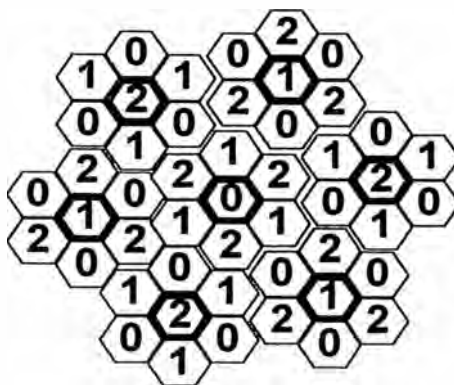


Figura 9.11

**Versión 2 :** Reuso de SAT dentro un cluster.

Es también posible usar el mismo SAT dentro el mismo cluster como se muestra en la figura. Una detallada inspección revela que esta configuración no permite reuso de canales de voz dentro del mismo cluster desde que los SAT son idénticos.

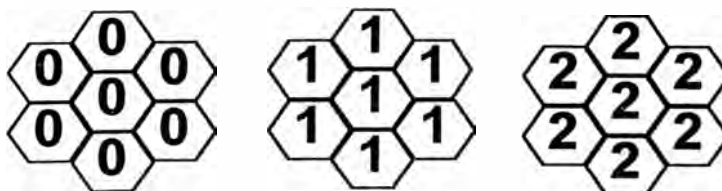
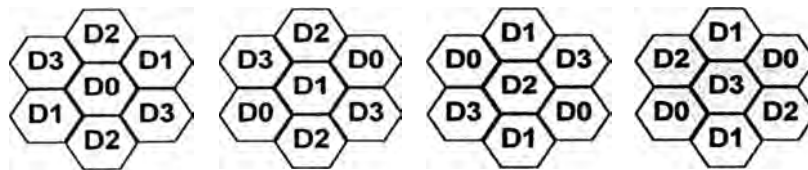


Figura 9.12

### 9.8 Planeamiento del Digital Color Code

El Digital color Code es un código de 2-bit usado para identificar el canal de control. Estos códigos son también generados en la estación Base y transmitidos al móvil sobre el canal de control. El propósito del DCC es diferenciar entre canales de control en sitios cocanales. Esto significa que el mismo DCC no puede ser reusado en un site cocanal.

Puesto que hay solo 4 DCCs ( $D0=00$ ,  $D1=01$ ,  $D2=10$ ,  $D3=11$ ), su patrón de distribución está restringido. Un comúnmente patrón de distribución usado es descrito en la figura. El principio es como sigue, si  $D0$  es asignado a la celda central, los que están al rededor serán  $D1, D2, D3, D1, D2, D3$  Y asimismo para los otros casos.



**Figura 9.13**

# **CAPÍTULO X**

## **INGENIERÍA DE TRÁFICO**

### **10.1 Introducción**

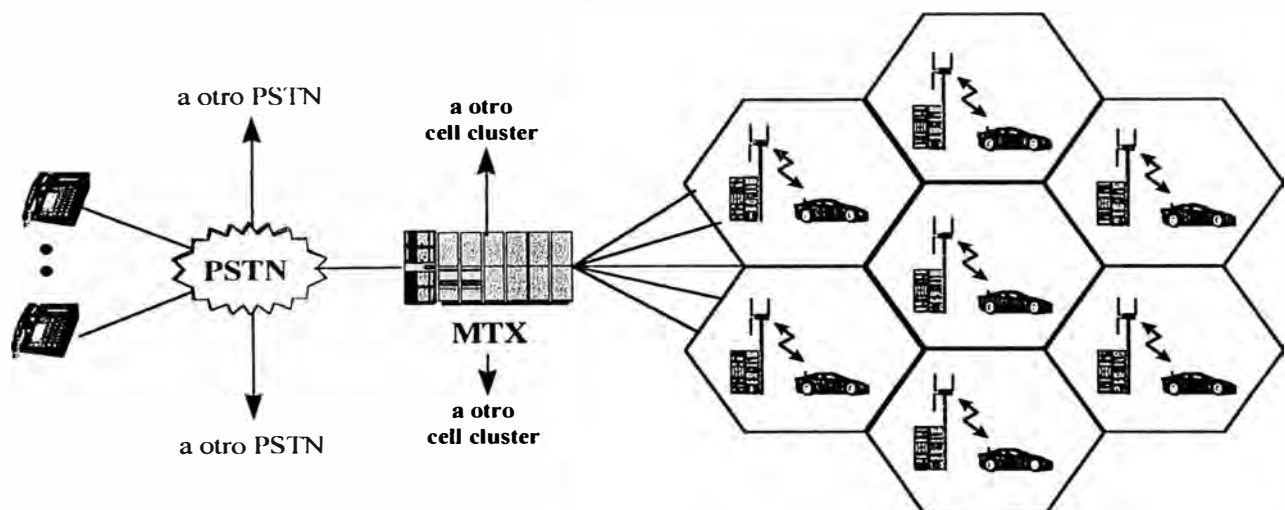
Ingeniería de tráfico es una rama de la ciencia que tiene que ver con el aprovisionamiento de circuitos de comunicaciones en un área de servicio dado, para un número dado de suscriptores, con un grado de servicio. Es también un proceso de predicción de renta. Un sistema sobre abastecido garantiza 100% de disponibilidad del sistema, pero no es costo efectivo. Por otro lado, un sistema sub abastecido, que tiene muchos suscriptores por canal, es responsable por bloqueo de llamadas, servicio ocupado para muchos suscriptores. Un buen compromiso entre estos dos es donde interviene la ingeniería de tráfico.

La ingeniería de tráfico para una red celular involucra.

1. Adquirir datos demográficos.
2. Transformar los datos demográficos en tráfico (erlangs) por kilómetro cuadrado.
3. Mapear un grid hexagonal sobre el patrón de distribución de tráfico en una área dado.
4. Asignar un apropiado número de canales por celda.
5. Estimar el número total de celdas y
6. Provisionar el número de centrales.

Esto es una desafiante tarea para el diseñador, requiriendo un buen entendimiento de distribución de tráfico, crecimiento de tráfico, requerimientos de clientes, y una cuidadosa planificación del sistema .

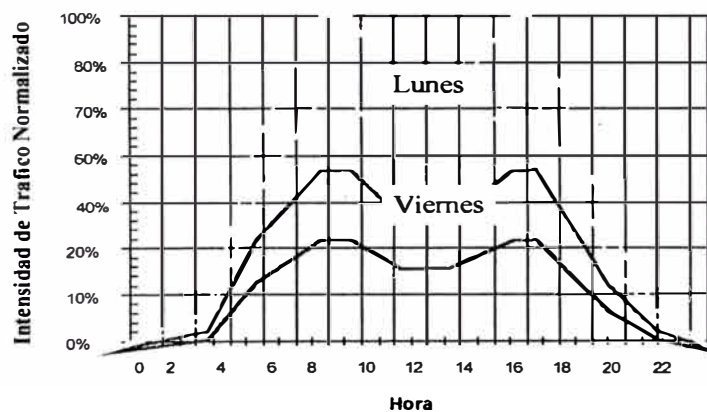
Esto puede ser explicado por medio del diagrama de sistema mostrado en la figura donde el tráfico celular está comprendido de llamadas de fijo a móvil, móvil a fijo, llamadas móvil a móvil. El segmento celular es mostrado como un cluster de siete celdas hexagonales. Un cluster de siete celdas es ampliamente usado donde el número total de 416 canales disponibles son eventualmente distribuidos entre siete celdas. Cada una de las celdas es esencialmente un centro de comunicación de radio en el cuál un móvil establece una llamada con un teléfono fijo a través de la central al PSTN. Esta mezcla de plataformas nos habilita para comunicarnos con cualquiera y en cualquier momento desde cualquier lugar dentro del área de servicio.



**Figura 10.1**

## 10.2 Características del Tráfico

Todo las ingenierías de tráfico están basados en el promedio del tráfico en la hora pico en el transcurso de un día. Esta hora pico es generalmente consistente y por lo tanto predecible. Un típico patrón de distribución de tráfico celular esta dado por la figura. Tiene dos picos : antes del medio día y antes de la noche. Estos picos son conocidos como el tráfico de la hora pico. El tráfico es generalmente bajo durante la noche y crece rápidamente en las mañanas cuando abren las tiendas oficinas y empresas. La variación de la intensidad de tráfico durante el medio día y la tarde se le conoce como variaciones de cada hora. La intensidad de tráfico varia durante la semana y feriados es conocido como variaciones día a día.



**Figura 10.2**

Hay otras variaciones

- Variación del tiempo de sostenimiento de la llamada (call holding) : es el promedio de la duración de la llamada. Típicas variaciones de call holding varia entre 120 y 180 seg.



- Variaciones de temporada : en fiestas es necesario tener provisión de más circuitos.
- Variaciones en largos periodos : el crecimiento gradual de suscriptores en un periodo de años. Estas variaciones tiene que ser tomado en cuenta para crecimientos en periodos largos y planificación del sistema.

### 10.3 Intensidad y Unidades de Tráfico

La Intensidad de Tráfico es medido en Erlangs, donde 1 Erlang - un circuito en uso por 1 hr. (3600 seg.), también puede ser medido en CCS (circuit centum seconds) por hora, donde 1 CCS = 1 circuito en uso por 100 sec.

La relación entre Erlangs y CCS puede ser definido como sigue :

1 Erlang = 1 circuito en uso en 3600 seg.

1 CCS = 1 circuito en uso en 100 seg.

Por lo tanto, Erlangs/CCS = 36 o 1 Erlang = 36 CCS. Estas unidades de tráfico son definido como

$$Erlang = \frac{\text{Número de llamadas} \times \text{Tiempo promedio de call holding (seg)}}{3600}$$

$$CCS = \frac{\text{Número de llamadas} \times \text{Tiempo promedio de call holding (seg)}}{100}$$

Cada Erlang o CCS puede ser usado para determinar el número total de canales requeridos para encontrar objetivos de servicios para una razón de bloqueo.

Número de llamadas es número total de canales que pueden ser manejados por un Erlang o CCS dado.

#### **10.4 Grado de Servicio**

El grado de servicio (GOS) esta definido como la probabilidad de falla de la llamada. Eso significa que una llamada estará perdido debido a la congestión de transmisión ( Ej. : cuando todos los canales disponibles están ocupados, algunas llamadas adicionales estarán con acceso denegado al sistema de comunicación). El GOS varia entre 0 y 1

$$0 < GOS < 1$$

Todas las llamadas fallaran si GOS=1. (Esto significa sin servicio en todo, cero ingresos). Todas las llamadas pasaran si GOS=0 ( Esto es sobre abastecimiento, pobre ingreso Típicamente GOS=0.02 en sistemas celulares.

#### **10.5 Cálculos de Tráfico ( Distribución de Poison)**

La distribución de Poison es un proceso estadístico que aplica a una secuencia de eventos que toma lugar en intervalos regulares de tiempo o completamente un continuo intervalo de tiempo. Una distribución de Poison tiene muchas aplicaciones importantes ; por ejemplo, podemos estar interesado en el número de clientes llegando por un servicio de gasolina, el numero de llamadas entrando a la central. El modelo matemático que describe muchas situaciones como estos es la distribución de Poison. Si N es el número total de troncales (canales), T el tráfico ofrecido en Erlangs.

Entonces la probabilidad de todas los canales estando ocupados estarán dado por la siguiente distribución de Poisson :

$$P(N;T) = \frac{T^N e^{-T}}{N!}$$

Donde  $P(N;T)$  es la razón de bloqueo o GOS. Así para una capacidad de tráfico dado y razón de bloqueo, el número de radios puede ser calculado. La tabla de Erlang como se muestra en el Apéndice provee una lista de tráfico ofrecido en Erlang como función de la probabilidad de bloqueo. Observar que la tabla más usada para telefonía es Erlang B. Asume que las llamadas bloqueadas son liberadas y que el llamador intenta otra vez después. Hay otras tablas tales como Erlang C, el cuál asume que la llamada bloqueada están reintentando hasta que la llamada se establezca.

Ejemplo :

Tenemos 20 subscriptores, cada uno de los cuales generan 0.1 Erlang/h, y 4 canales hay disponible, Cuál es la probabilidad que los 4 canales serán ocupados ?

Respuesta :

$$N=4$$

$$E=0.1 \times 20=2$$

$$P(4;2) = \frac{2^4 e^{-2}}{4!} = 0.09$$

Hay una probabilidad del 9% que 4 canales estén ocupados o GOS = 0.09

## 10.6 Eficiencia de Troncales

La Eficiencia de Troncales (eficiencia en la utilización de canales es conocido como una medida de la eficiencia de la celda. Es determinado por la cantidad de tráfico por canal definido como

$$Eficiencia(\%) = \frac{Tráfico\ en\ Erlangs}{Número\ de\ Canales} \times 100$$

De la tabla de Erlang con GOS=2% aplicando la formula anterior se puede obtener que la eficiencia se incrementa como el numero de troncales (circuitos de voz) aumenta.

Una celda que tiene 15 canales es generalmente ineficiente, menos costo efectivo, y genera una pobre renta.

Para ilustrar más esto, consideremos una celda OMNI con 48 canales, el cuál es sectorizado en tres sectores. Aunque el número total de canales es el mismo, la capacidad de tráfico de la Omni es alta que el sectorizado debido a la eficiencia de la troncal.

## **CAPÍTULO XI**

### **OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA PARA LA PERFORMANCE RF**

#### **11.1 Optimización RF de la Tecnología TDMA (850 MHz):**

El proceso para la optimización del sistema puede incluir muchos pasos diferentes, algunos de ellos van a depender de la situación particular. Por ejemplo, el proceso de optimización debe o no debe incluir un Drive Testing. Quizás el paso mas importante sea revisar los servicios de medición esto puede hacerse sin drive testing y es una representación estadística del subscriptor actual.

En este capítulo vamos a tratar de la detección y análisis de las interferencias Cocanales y Adyacentes, los Dropped Calls, Análisis de Cobertura, Análisis de Plan de Frecuencia.

Hay dos maneras como he estado detectando las interferencias Cocanales y Adyacentes en el Downlink.

##### **11.1.1 Interferencia por Co-Canal**

**Primero :** Realizando un recorrido (Drive Test ; en está oportunidad para el almacenamiento de datos se usara el equipo Walkabout de la marca Safco la cuál consiste de un scanner, una interface para el teléfono y un GPS para que nos vaya mostrando el recorrido en tiempo real ) por una zona previamente trazada el recorrido como se muestra en la figura, de está manera podemos detectar si la llamada en

progreso tiene interferencia, esto lo podemos apreciar en el teléfono o en una de las ventanas del programa el cuál nos muestra la presencia de BER ( Bit Error Rate) que es el indicador de interferencia o en ciertas ocasiones problemas con la Radio Digital de la Celda Lucent Technologies.



**Figura 11.1**

La siguiente figura que nos muestra el programa del equipo de colección de datos contiene los siguientes parámetros :

**Canal :** Es el valor de un canal del grupo de frecuencia asignado a la celda 33 alfa, para nuestro caso si la celda esta sectorizado en tres sectores el primer sector con azimuth 80 grados Norte se la llamara Alfa, el segundo sector con azimuth 200

grados Norte se la llamara Beta y el tercer sector con azimuth 320 grados Norte se la llamara Gama, además cada celda tiene un CELL ID y un DVCC.

**DVCC** : Digital Verificación Color Code, es un código digital de 8 bits que es usado para la generación del CDVCC similar al SAT en el sistema AMPS, sólo en el DTC (Digital Traffic Channel).

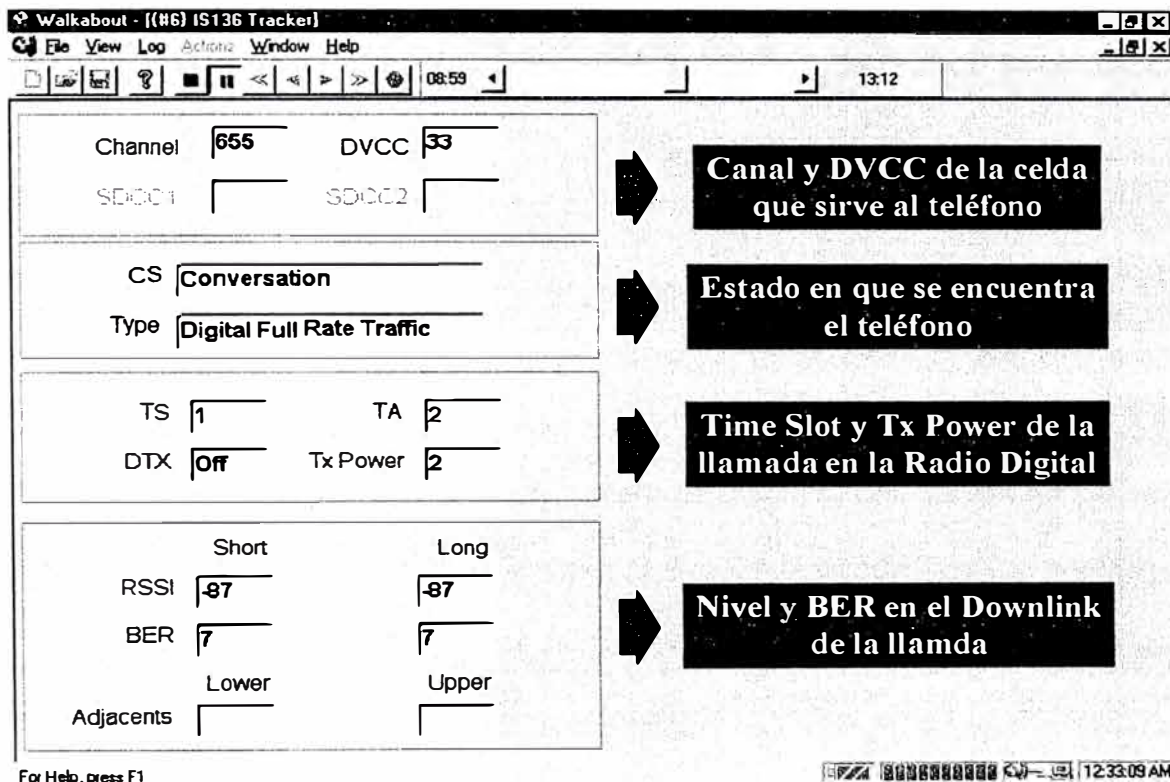
**Type** : Indica el estado del teléfono si está en Camping o en conversación digital o analógica.

**TS** : Time Slot, indica uno de los tres slot que está compuesto una radio digital TDMA es decir una de las conversaciones multiplexadas en el tiempo que se establecen en una misma radio.

**Tx Power** : Representa el VMAC ( Voice Mobile Attenuation Code) del teléfono es la atenuación en el Uplink que sufre el móvil para poder permanecer dentro de la ventana de nivel configurada de acuerdo al DPC ( Dinamic Power Control) en el Uplink ; un móvil tendrá mas atenuación en el Uplink si esa más cerca de la celda.

**RSSI** : Indica el valor del nivel de potencia que esta recibiendo el teléfono desde la celda (Downlink).

**BER** : Indica el error de los bits en la trama de la llamada posiblemente ocasionada por una interferencia debido al reuso de frecuencia en el sistema.



**Figura 11.2**

En la figura anterior se muestra un ejemplo de posible interferencia en el downlink en la radio 655 de la celda 33 con BER = 7 en un punto del recorrido ; en el siguiente gráfico mostramos la ruta trazada en el drive testing por un GPS conectado junto con el equipo colector de datos



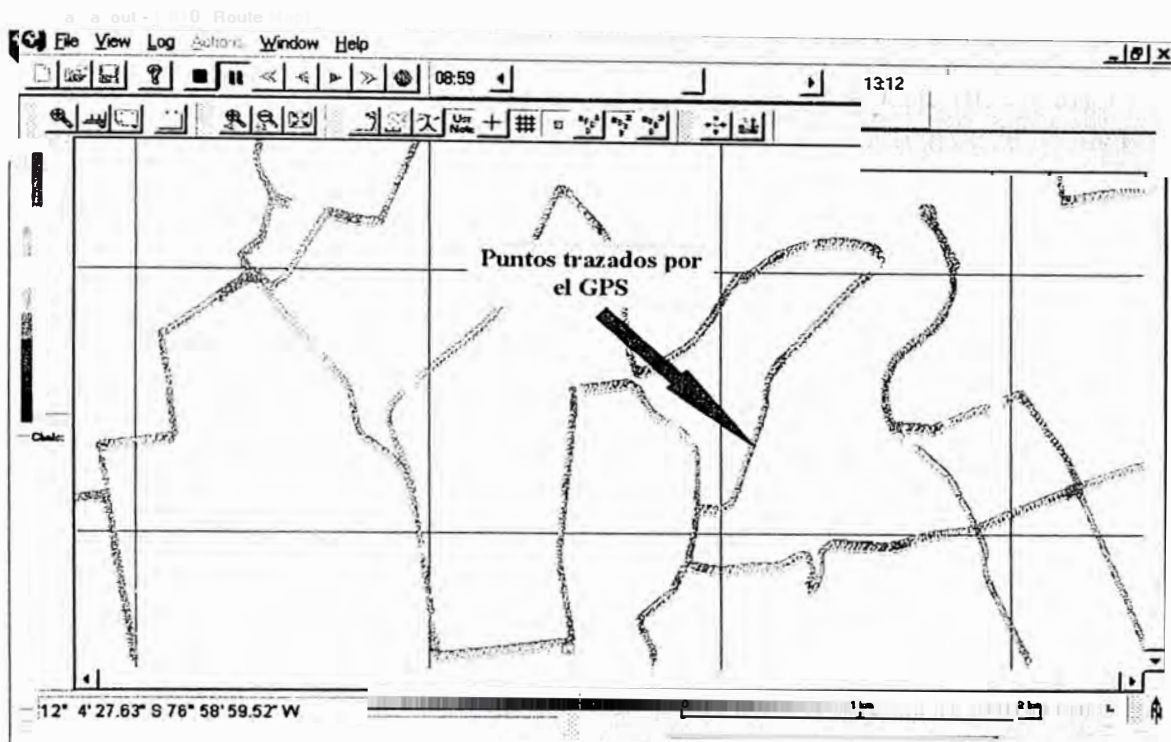


Figura 11.3

Debido a que la interferencia se detecto en la radio de voz 655 la cuál pertenece al grupo que tiene como canal de control (DCCH) el 601 ; enfocaremos el análisis en este canal, para ello utilizaremos el scanner para que nos muestre cuál era el nivel del DCCH en ese punto.

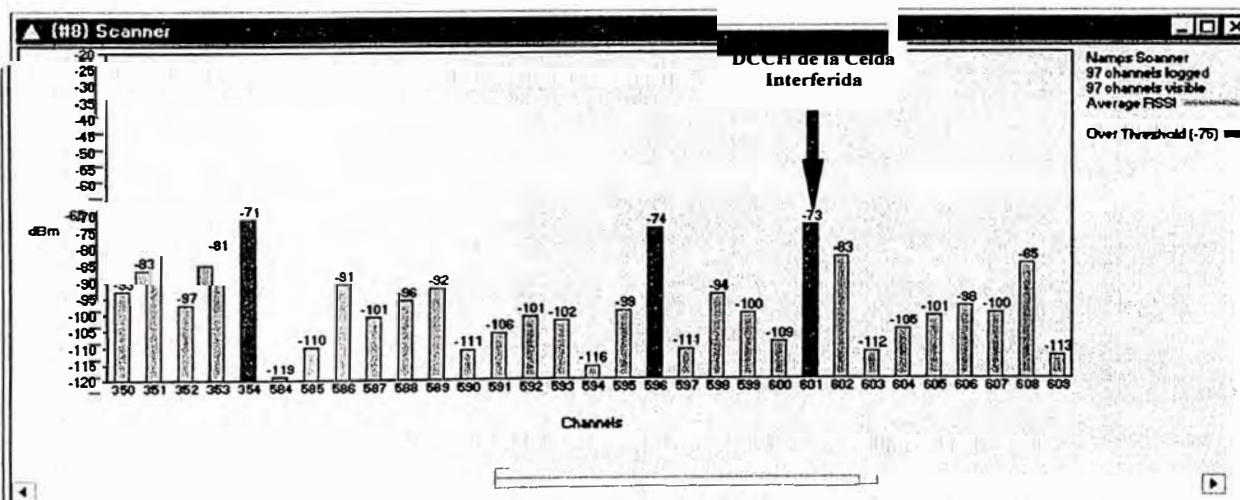
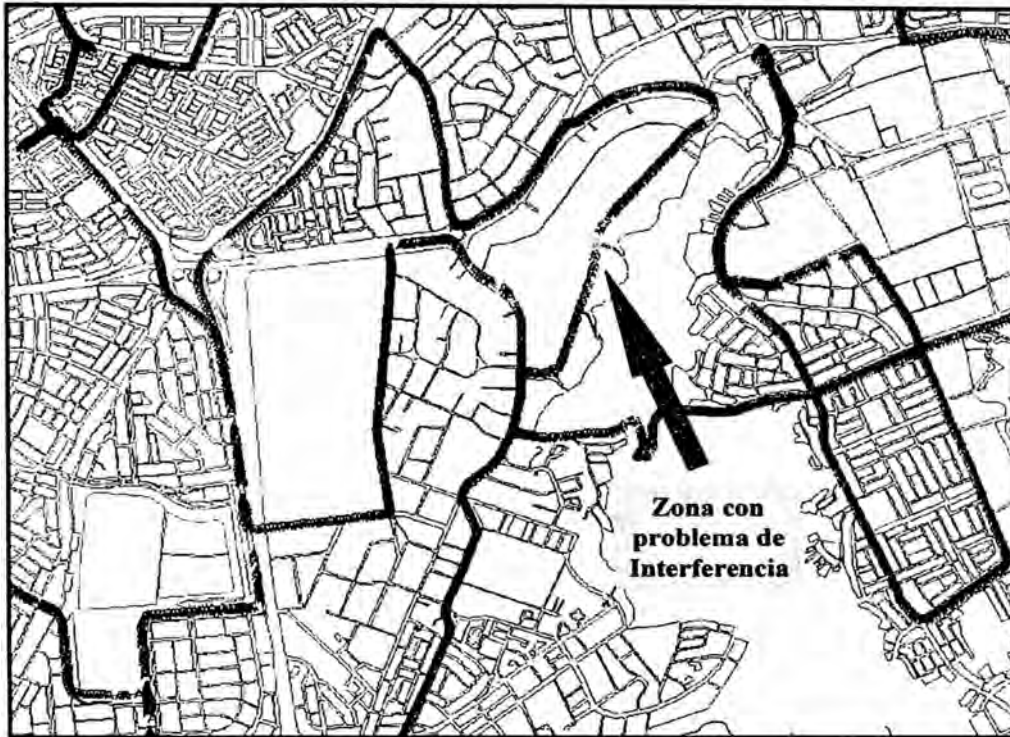


Figura 11.4

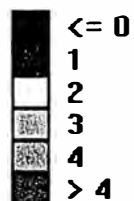
Además la siguiente figura nos muestra la zona con problemas de interferencia que queremos analizar y solucionarlo.



**Figura 11.5**

Para ello usamos la siguiente escala de colores para representar la magnitud de BER.

**Color Legend - 1:Long BER  
Color Scheme - ber**



**Figura 11.6**

Después de observar dicho canal por un tiempo determinado desde un punto escogido de tal manera que tengamos el mejor nivel pero con más alto valor de BER, obtuvimos un promedio de -70 dBm en el canal 601, pero además mostramos un gráfico con los valores de RSSI durante el recorrido por esta zona.

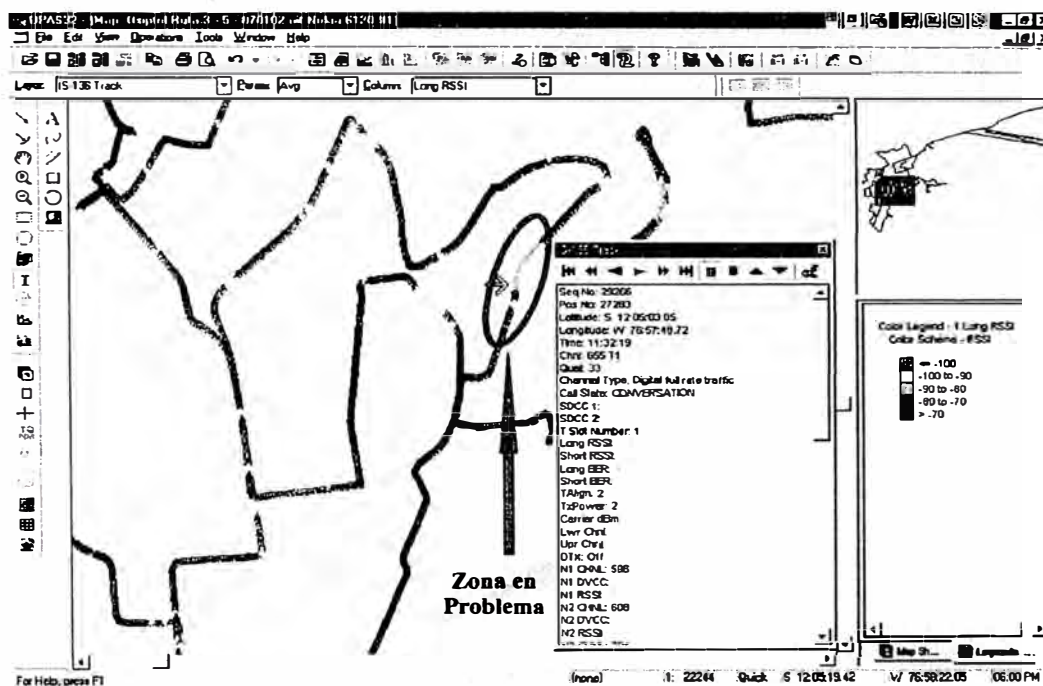
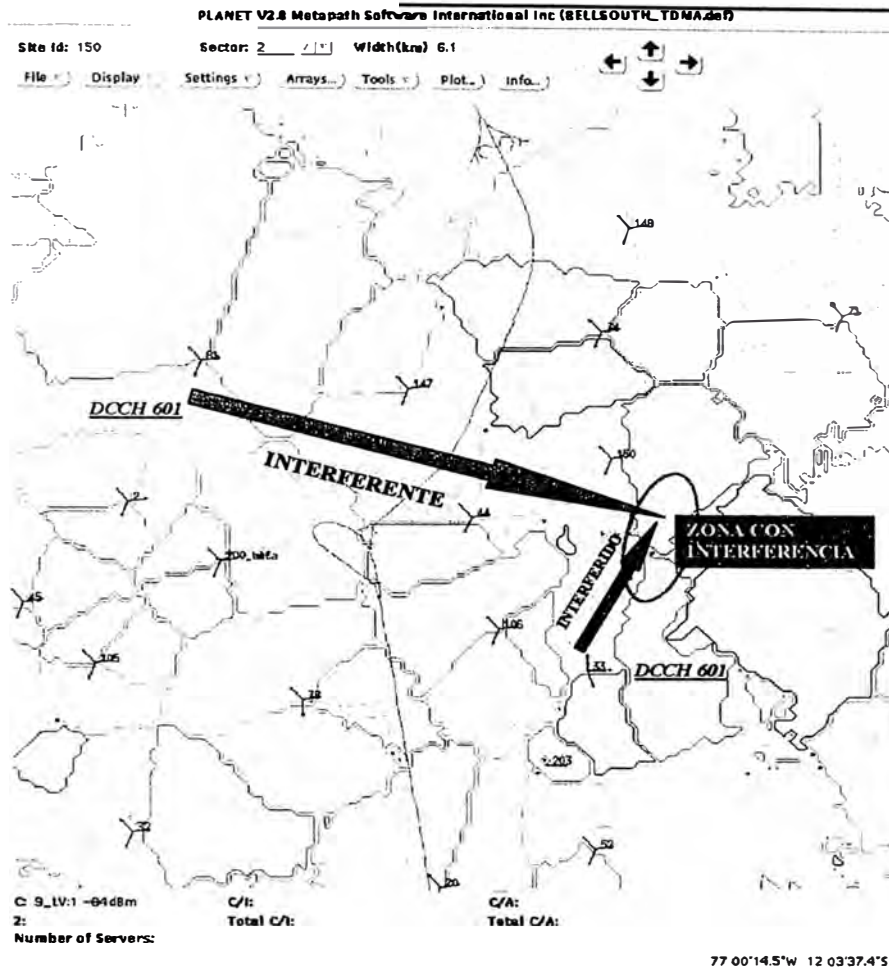


Figura 11.7

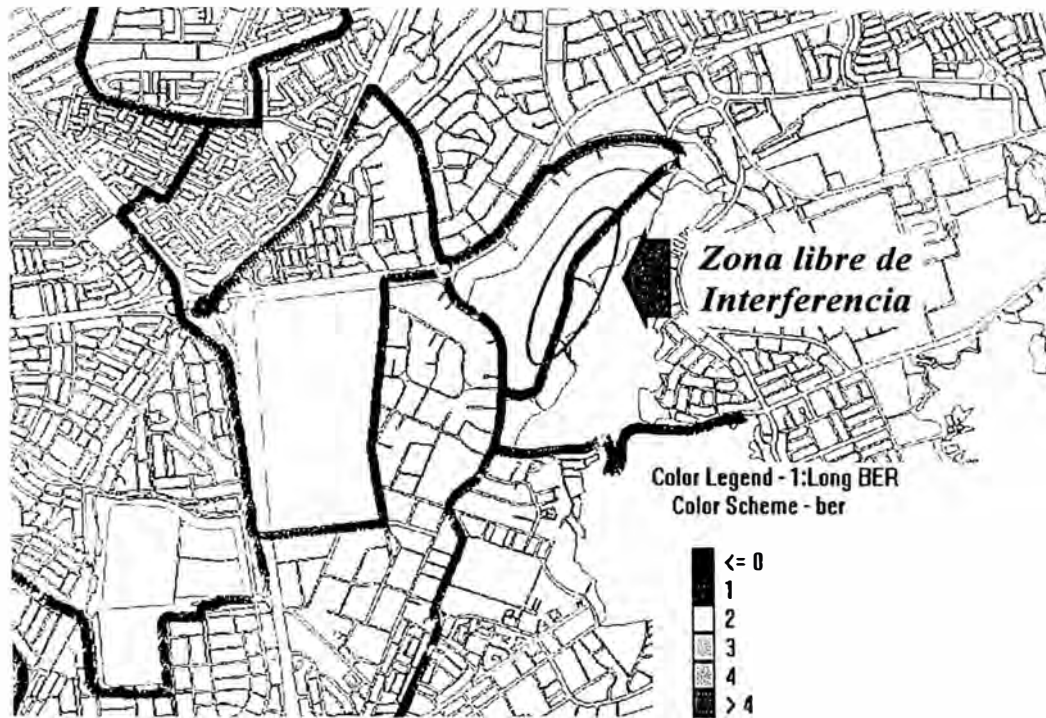
El siguiente paso es buscar cuál es el posible sector de alguna celda que este interfiriendo a esta celda y que este usando este grupo de frecuencia, para ello nos sacamos fuera de servicio este canal de la celda 33, lo que obtuvimos fue nivel en este canal todavía lo que significaba que había un interferente, se empezó a ver quienes tenían este canal y se le empezó a sacar de servicio, después de esto se obtuvo que la celda 81 fase beta era la interferente, es una celda que esta muy cerca a la 33 como se puede apreciar en el siguiente gráfico.



**Figura 11.8**

Una de las soluciones a este problema sería tildar la antena de esta fase, pero después de algunas pruebas con varios valores de tilt no se obtuvieron buenos resultados debido a que la interferencia está llegando de los lóbulos laterales y si lo tildamos más el patrón de radiación de esta antena es muy probable que se esté expandiendo a los costados del patrón de radiación, por lo tanto no nos conviene seguir esta solución; la otra solución que es definitiva para eliminar el problema es cambiando de frecuencia al interferente en este caso, que posiblemente para otros casos el interferido será a quien se le cambie el grupo de frecuencia.

Después del cambio de frecuencia la zona quedó libre de interferencia como se puede apreciar en este gráfico.



**Figura 11.9**

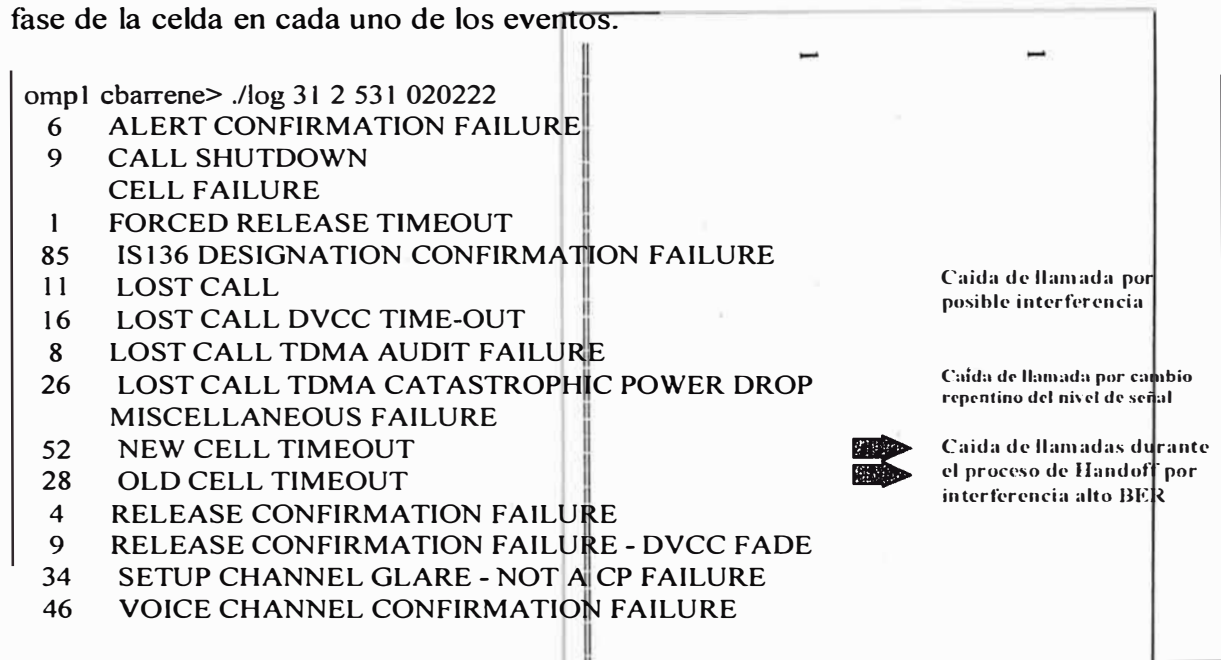
**Segundo :** Desde los reportes de la central se generan una lista de celdas que han tenido los más alto porcentaje promedio de BER, como ejemplo damos el siguiente tabla.

**DOWNLINK**

<b>C-F-S</b>	<b>HIGH MOBILE BER</b>
<b>7 - 1 - 0</b>	<b>2.75</b>
<b>33 - 1 - 0</b>	<b>2.47</b>
<b>31 - 2 - 0</b>	<b>2.45</b>
<b>150 - 3 - 0</b>	<b>2.22</b>

**Figura 11.10**

Luego de tener una relación de celdas con BER se busca identificar los posibles problemas que están generando o que evento esta haciendo que la llamada tenga BER, en el siguiente gráfico se muestra la cantidad de fallas que ha reportado la fase de la celda en cada uno de los eventos.



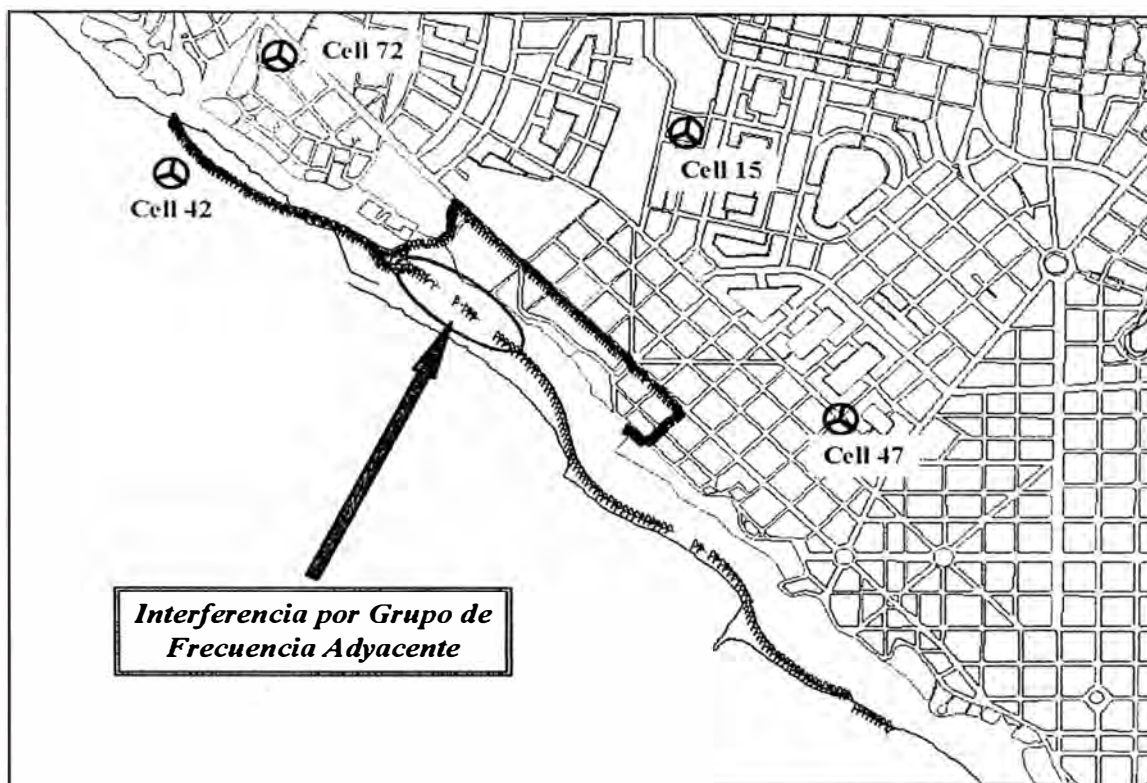
**Figura 11.11**

Con estos datos se organiza realizar un drive testing por la cobertura de está celda para detectar si existe algún problema con el hardware de la celda o se trata netamente de un problema de interferencia ocasionado por el reuso de plan de frecuencia y que alguna otra celda con el mismo grupo de frecuencia esté llegando a la cobertura de está celda.

**11.1.2 Interferencia por Canal Adyacente**

Además de los problemas de interferencia Cocanal es decir que el interferido y el interferente están reusando el mismo grupo de frecuencia, hay otro tipo de

interferencia que es por adyacencia, mostraremos el caso de dos sectores de dos celdas distintas que son adyacentes en grupo de frecuencia y que en un tramo dado de la cobertura de una de ellas se presentan problemas de BER ; primero mostramos un gráfico con un recorrido dentro de la cobertura de cada uno de ellas y observar la existencia de interferencia (BER ).



**Figura 11.12**

Después de realizar el drive testing pudimos observar que no se puede evitar la interferencia por canal adyacente entre 15 Beta y 42 Beta a pesar que una tiene cobertura en la parte Baja del Circuito de Playas y la otra sirve en la parte alta ; las frecuencias de estos sectores esta configurado de la siguiente manera : El sector de 15 Beta tiene como grupo de frecuencia F3 con DCCH = 588 y VCH's = 615, 750, 777

y 42 Beta tiene como grupo de frecuencia F3 con DCCH = 776 y VCH's = 749, 614, 587, a pesar de que se les asigno DCCH opuestos la interferencia se presenta en un punto crítico. Este punto crítico es cuando la frecuencia del interferente es mayor en 14 dBm a la del servidor, esto podemos observar en la siguiente figura del scanner, donde se ve que el interferente es mayor que el servidor por lo tanto cuando 42 Beta en este caso tenga estos niveles será vulnerable a interferencia.

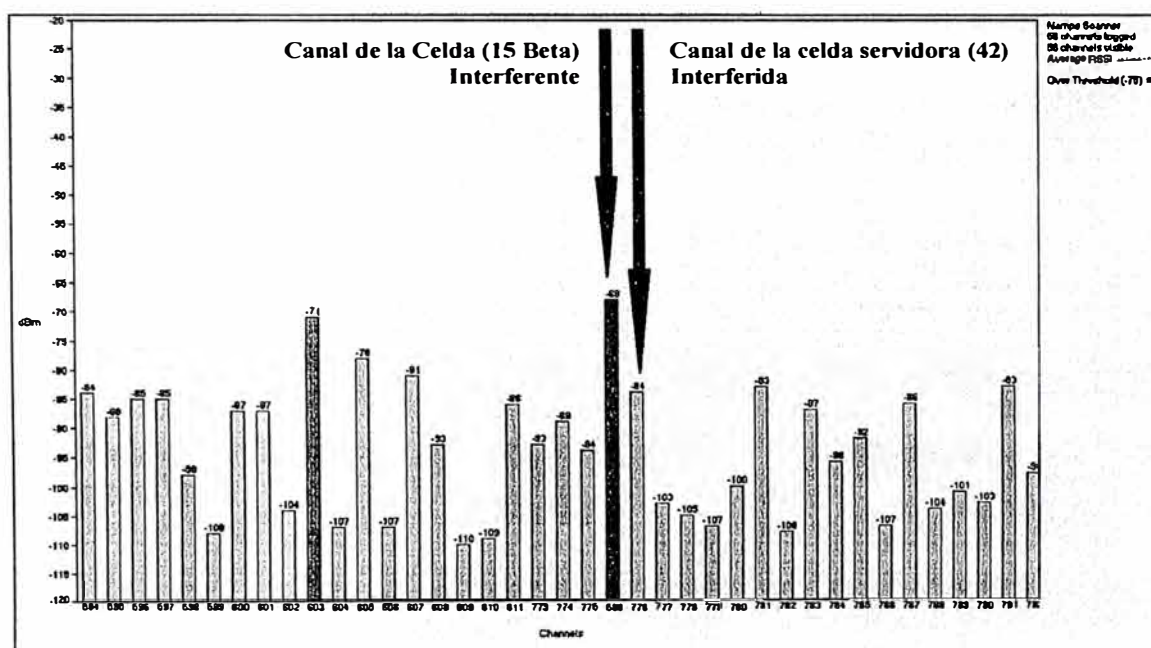
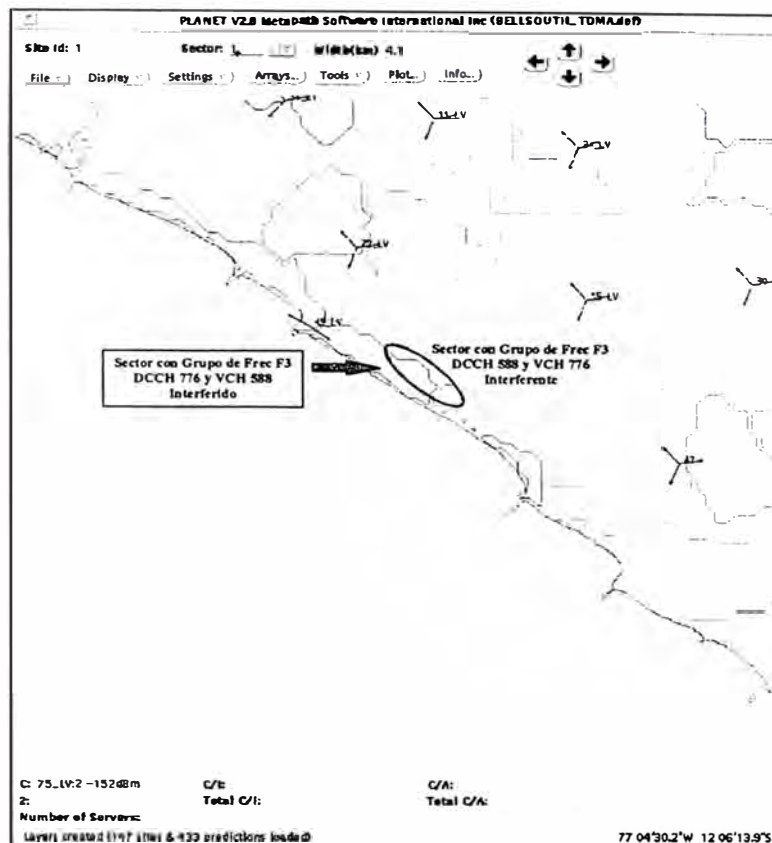


Figura 11.13

La región encerrada en Rojo es donde se presenta el problema ; para poder solucionar la interferencia no queda otra que cambiarle de grupo de frecuencia a cualquiera de los sectores para poder evitar esta interferencia por canal adyacente.





**Figura 11.14**

### 11.1.3 Dropped Calls ( Caída de Llamadas)

Las Caídas de las Llamadas pueden ocurrir por interferencia, bajo nivel o fallas en el sistema mismo de la Red ; dentro de los Drop Calls algunas serán percibidas por el usuario y otras simplemente serán notadas y calificadas como tal por la central de la Red.

Los Drop Calls por caso de interferencia es cuando el interferente tiene alta incidencia sobre el servidor, lo cuál hace que la llamada tenga bastante BER y por lo tanto el móvil y la celda no se entenderán y se cortara la llamada ; ya se trato en una

parte del trabajo los casos de Interferencia, ahora sólo mostraremos el reporte de fallas de una celda y separaremos cuales son Drop Calls en el Downlink y Uplink

ompl cbarrene> ./log 71 2 571 020321		
Ⓘ 9	CALL SHUTDOWN	
Ⓙ 1	FORCED RELEASE TIMEOUT	
Ⓚ 33	IS136 DESIGNATION CONFIRMATION FAILURE	➔ Problema de Interferencia en el canal de Control
Ⓛ 4	LOST CALL	➔ Caída de llamada, genera este peg-count despues de un prob. de HO.
Ⓜ 14	LOST CALL DVCC TIME-OUT	
Ⓝ 11	LOST CALL TDMA CATASTROPHIC POWER DROP	➔ Caída de llamada ocasionada por una caída de nivel
1	MISCELLANEOUS FAILURE	
Ⓟ 6	NEW CELL TIMEOUT	
Ⓠ 2	OLD CELL TIMEOUT	➔ Drop calls en el momento del proceso del Handoff, el peg-count lo hace en la celda servidora y candidata.
3	RELEASE CONFIRMATION FAILURE	
Ⓡ 8	RELEASE CONFIRMATION FAILURE - DVCC FADE	➔ Problema de Interferencia en el Uplink
Ⓢ 12	SETUP CHANNEL GLARE - NOT A CP FAILURE	
Ⓣ 52	VOICE CHANNEL CONFIRMATION FAILURE	➔ Problema de Interferencia en el Uplink.

**Figura 11.15**

A continuación mostramos el significado de cada uno de estos mensajes reportados por la central para una celda determinada

**I :** Es el número de llamadas con fallas CALL SHUTDOWN en el Handoff, originación o terminación cuando la llamada esta siendo servida por una radio TDMA. La celda no puede apagar la radio indicada después de un error interno para la llamada.

**II :** El número de fallas de Forced Release Timeout se presenta cuando la celda no respondió después de una orden de Forced Release que fue enviado por el indicado radio. Como resultado , la llamada fue abortada. Un Forced Release Timeout indica un problema en los Data Links.

**III :** Es cuando el mensaje de asignamiento del canal de tráfico IS136 DCCH que es enviado desde la celda al móvil no es recibido por el móvil. Esto difiere del

Voice Channel Confirmation Failure, el cuál ocurre cuando el móvil recibe el mensaje de asignamiento del canal de tráfico pero falla al re sintonizarse al canal de tráfico.

**IV :** La celda no puede apagar la radio después que el móvil desaparece ( time-out released)

**V :** El DVCC fue perdido para el intervalo de tiempo de fade TDMA. Consecuentemente, todas las recursos asociados con esta llamada fueron liberados.

**VI :** La falla de potencia catastrófica indica que hubo una caída súbita del nivel de la señal en el up-link. La mas probable causa de esté problema es la perdida de potencia en el móvil aunque una falla de este tipo también puede ocurrir debido a condiciones de interferencia en el down-link. En la mayoría de los casos, está falla no afecta el servicio.

**VII :** Cuando orden de setup para un handoff es enviado a la celda ( celda receptora, aquí llamada nueva celda), la celda activa el designado transmisor. La celda envía la confirmación de activación de un transmisor al MTSO. El MTSO entonces instruye al móvil en la vieja celda a re sintonizarse al nuevo canal. La nueva celda espera para recibir un SAT en el transmisor activado y entonces verifica que el nivel de señal está arriba del umbral de protección de interferencia. Cuando la nueva celda esta satisfecho de haber recibido estas indicaciones, reportara una confirmación de handoff del canal de voz al MTSO.

Cuando ocurre un New Cell Timeout, el MTSO no ha recibido un mensaje de confirmación de la nueva celda en el tiempo aceptable. La llamada puede o no puede ser recuperable en la vieja celda.

**VIII :** Cuando una orden de handoff es enviado a la celda ( celda servidora, llamada vieja celda), la celda realiza normalmente las siguientes funciones :

- \* Envía el asignamiento del canal de voz sobre el canal de voz forward.
- \* Espera por un tono de señalización desde el móvil para confirmar el handoff.
- \* Envía un mensaje de confirmación de handoff al MTSO.

Con old cell timeout, el MTSO no recibe la confirmación desde la celda servidora después que una orden de handoff es enviado a la celda. El handoff es abortado si no hay una confirmación de canal de voz en la nueva celda, y el sistema intentara continuar la llamada en la celda original ( servidora).

**IX :** Durante el tiempo establecido para el DVCC, la celda no puede apagar el indicado radio después que el móvil falla para responder a una orden de Forced Release. La llamada es abortada. Esto es un mensaje solo TDMA. Una posible causa de falla es la radio de voz digital.

**X :** Un móvil intento originar una llamada, y la simple originación es reportado por múltiples celdas. Esto es un síntoma de interferencia Co canal y Co DCC. El sistema intenta ordenar al móvil en un canal de voz en cada una de las celdas competidoras esperando que una celda indique la confirmación del canal de voz y las otras celdas fallen. Este mensaje indica que la falla de una celda competidora para indicar la confirmación del canal de voz ; no indica una falla de la llamada en si. El intento de llamada en las celdas reportadas es abortado. La otra celda competidora continua con su intento de progresar la llamada.

**XI :** Después de recibir el asignamiento de un canal de voz, el móvil normalmente responde con un SAT sobre el canal. Durante el call setup, está fallá ocurre si

La celda no recibe un SAT desde el móvil dentro del tiempo establecido por el móvil para seguir al indicado radio o El nivel del móvil está abajo del umbral de protección de interferencia.

Los mensajes VII y VIII que corresponde a problemas en el HandOff de la llamada se explican mejor con el siguiente ejemplo. Se reportaron el mismo mensaje de fallá para la celda 44, para el cuál se hizo un listado de teléfonos que presentaron dicha fallá, al hacer una búsqueda a uno de los teléfonos con está fallá la central nos muestra el siguiente reporte como se muestra en el gráfico y cada fallá numerado en circulo :

```

omp1 cbarrene> /busq 855-7010 020321
-----
03/21/02 11:35:06 #835059
A 35 REPT CELL 44 CP FAILURE, ANSWERED HANDOFF
NEW CELL TIMEOUT
DCS 1 TG 544 TM 11 SG 0 ANT 1 RA 51
DN (716) 855-7010, MIN 7168557010, IMSI Not Active
SN X778e5a90 SCM 0b
ALW AMPS TDMA, ASGN TDMA, 3
(1)

03/21/02 11:35:07 #835060
-----
03/21/02 11:35:07 #835060
35 REPT CELL 106 CP FAILURE, ANSWERED TERMINATION
LOST CALL
DCS 1 TG 606 TM 65 SG 0 ANT 3 RA 59 TAS 0
DN (716) 855-7010, MIN 7168557010, IMSI Not Active
SN X778e5a90 SCM 0b
ALW AMPS TDMA, ASGN TDMA, 2
(2)

03/21/02 11:35:07 #835061
-----
03/21/02 11:37:04 #835206
A 37 REPT CELL 33 CP FAILURE, ANSWERED ORIGINATION
RELEASE CONFIRMATION FAILURE - DVCC FADE
DCS 1 TG 533 TM 38 SG 0 ANT 2 RA 41 TAS 1
DN (716) 855-7010, MIN 7168557010, IMSI Not Active
SN X778e5a90 SCM 0b
ALW AMPS TDMA, ASGN TDMA, 1

```

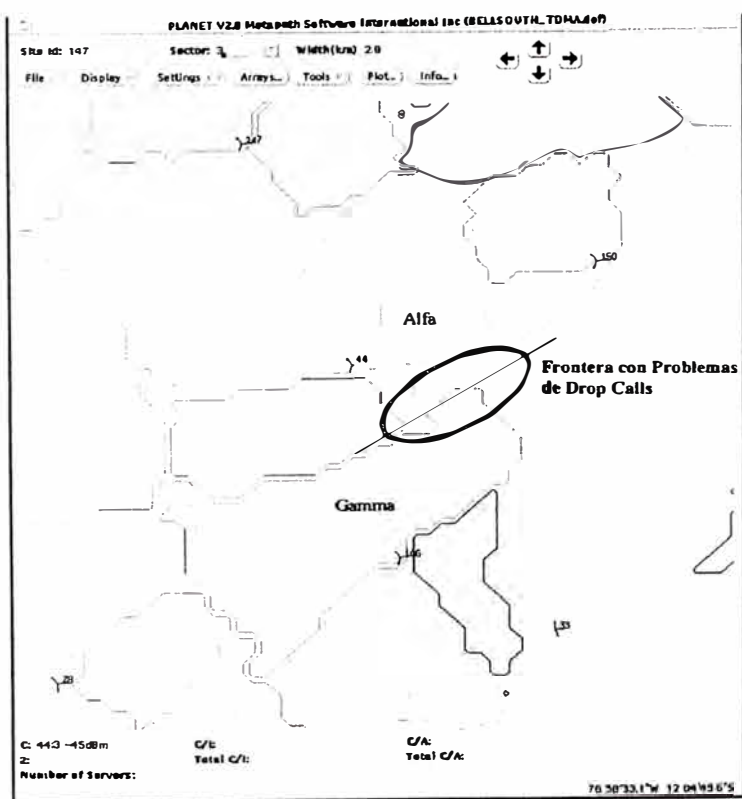
**Figura 11.16**

1- Presento New Cell Timeout en la celda 44 fase Alfa (ANT 1) el 03/21/02 a las 11 :35 :06 en la radio 51 (RA 51).

2- A las 11 :35 :07 la llamada calificó como LOST CALL en la celda 106 gama (ANT3)

Esto significa que hay un problema de Handoff de la 106 gama hacia la 44 alfa como la llamada no finalizó en 44 ( probablemente por interferencia en dicha fase de la celda) hizo que la llamada se pierda ; esté par de mensajes es común que aparezcan juntos la cuál nos va indicar cuál era el sentido del handoff y será mas fácil solucionar el problema.

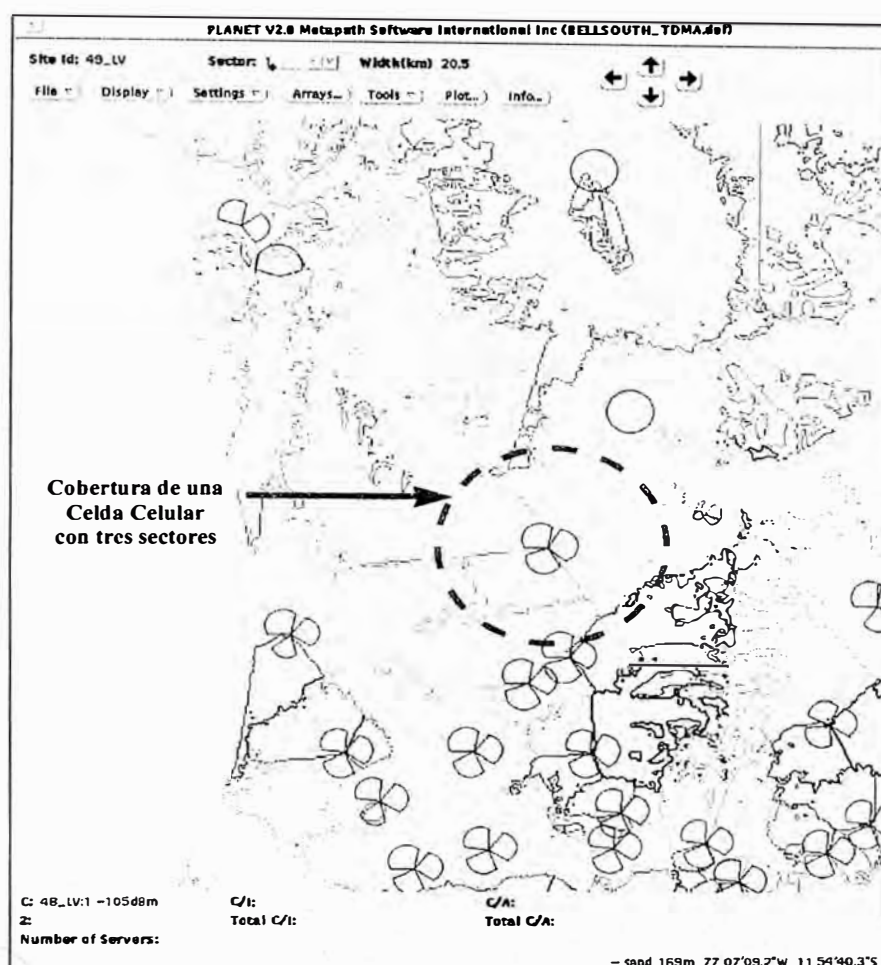
A continuación tenemos una figura que nos muestra la frontera de las fases de dichas celdas en cuestión.



**Figura 11.17**

#### 11.1.4 Análisis de Cobertura

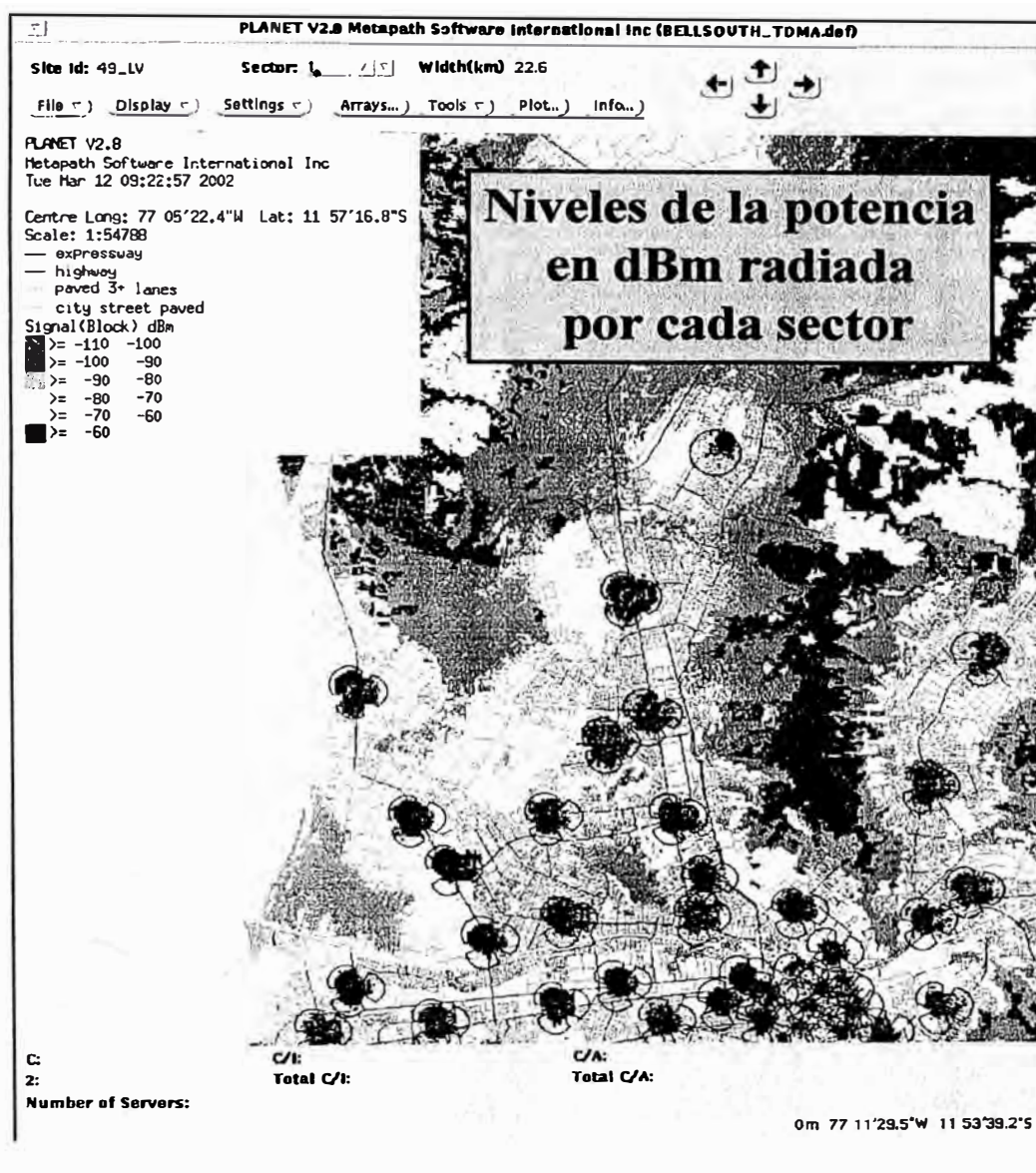
La cobertura de las celdas en una Red Inalámbrica es muy importante porque de esta manera podremos saber cuánto estamos cubriendo una zona ; en una ciudad generalmente se tienen cubierto con mayor número de celdas las partes mas importantes, las que generan mayor tráfico y las zonas que están a los extremos de esta tendrán menor número de celdas pero muchas veces hay la necesidad de dar cobertura a los sótanos o en general a todos los pisos de un edificio para ello nos vemos en la necesidad de instalar unas microceldas de tal manera que la cobertura que se le tiene que dar al edificio no tiene que salir hacia el exterior ; Muchas veces para las zonas que están a los extremos de las ciudades y tienen poca población en vez de instalarles una celda se da una solución mas barato que es instalar un repetidor celular de tal manera que podamos repetir la señal de la última celda y expandirla hacia el pueblo que queremos darle cobertura, muchas razones pueden ser por lo que el pueblo no tiene cobertura por ejemplo : está puede estar ubicada detrás de un cerro (obstrucciones geográficas), está un poco alejada de la última celda y que la señal no es lo suficientemente fuerte como para dar una buena cobertura para los clientes, así mismo veremos situaciones donde tendremos que limitar la cobertura de una celda para ello aplicaremos algunas técnicas, tocaremos el tema de huecos de cobertura ( en algunos casos es porque no se tiene nivel o porque es la convergencia de fronteras vecinas por lo tanto no se tiene a un mejor servidor) ; en esta parte del capítulo trataremos de desarrollar cada uno de estos casos, empezaremos presentando unos gráficos de las coberturas de algunas celdas celulares, los niveles de potencia que irradian las celdas.



**Figura 11.18**

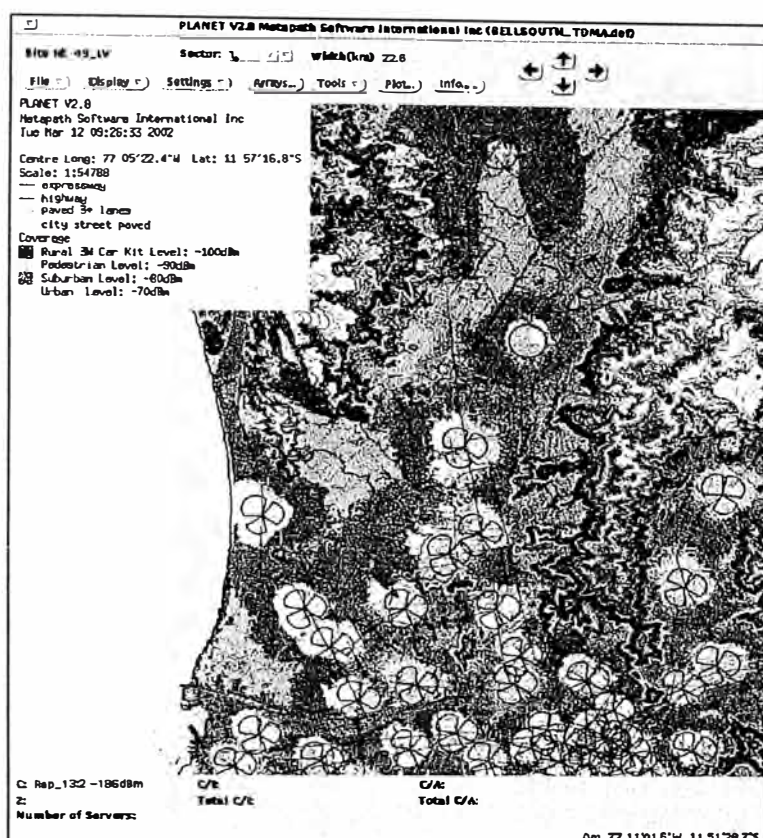
El siguiente gráfico nos muestra el mejor servidor, para ello los niveles de señal de cada cobertura de las celdas esta pintado de un color como se indica en la leyenda ( rango de colores), este gráfico nos muestra con que valores de señal estamos cubriendo una determinada zona, por lo tanto con esto podremos evaluar si es necesario instalar alguna nueva celda para poder cubrir alguna zona con bajos niveles de señal.





**Figura 11.19**

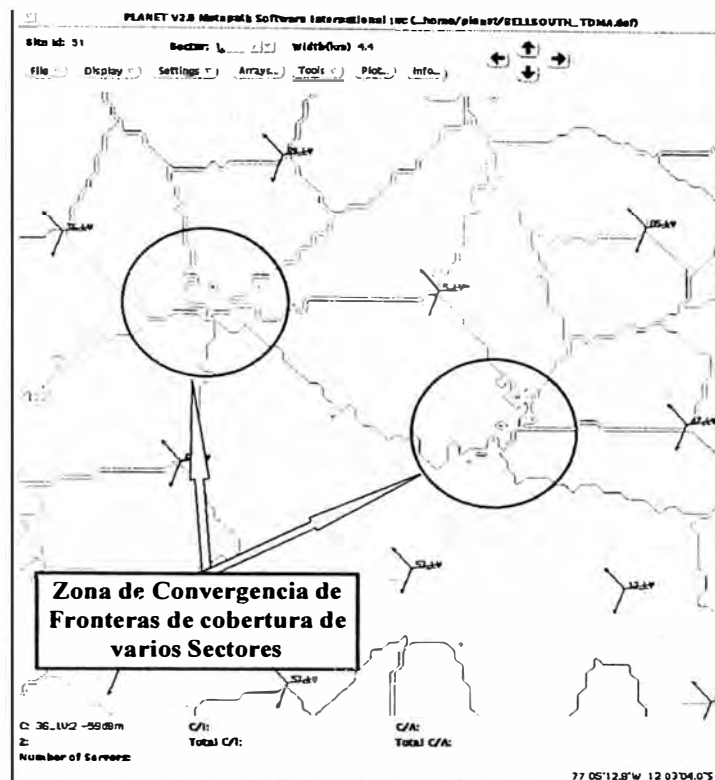
La siguiente gráfica nos muestra otro tipo de leyenda, donde cada rango de valores de nivel de señal esta representado por un tipo de zona.



**Figura 11.20**

A veces se presentan casos de cobertura que no necesariamente es un hueco de cobertura pero por la forma como convergen sus fronteras de cobertura en una zona dada significa que no existe un mejor servidor y todos los sectores vecinos llegan con niveles que pueden ser bajos por lo tanto una llamada puede experimentar el efecto de ping pong al momento de hacer Handoff esto significa que si un móvil a pesar de que este estático puede estar servidos por tantos sectores que pueden estar llegando ; este caso se puede solucionar sacando a algunos sectores de dicha zona y tratando de dejar el mas fuerte esto se lograría trabajando con el tilt de las antenas, otra solución seria instalar alguna celda en dicha zona pero esta decisión se tomara si

es que es necesario hacer dicha inversión, el siguiente gráfico presenta dos casos de convergencia de cobertura.

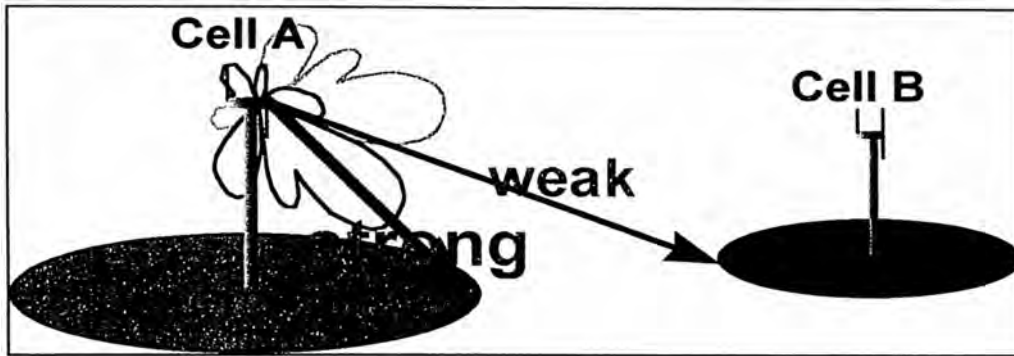


**Figura 11.21**

Como se menciona anteriormente que el tildar una antena podría sacar a un sector de una zona donde hay convergencia de cobertura, ahora presentamos dos razones por lo que uno tilda

### **I.- Reducir la Interferencia :**

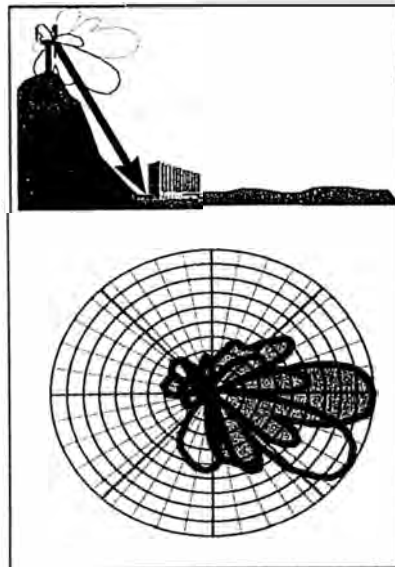
Haciendo un tildado reducimos la radiación hacia una celda Co-Canal distante, esto significa que solo tendremos una fuerte señal dentro de la cobertura de la celda servidora.



**Figura 11.22**

## II.- Prevenir el “Overshoot” Que llegue mas de lo debido :

Es cuando queremos cubrir a una zona que este debajo de la celda y no queremos que llegue a más, para ello se tiene que hacer un downtilt calcular el ángulo vertical hacia el objetivo, observar los nulos del patrón y a que parte de la tierra llegaran, elegir una antena de baja ganancia con patrón vertical ancho.



**Figura 11.23**

### III.- Huecos de Cobertura

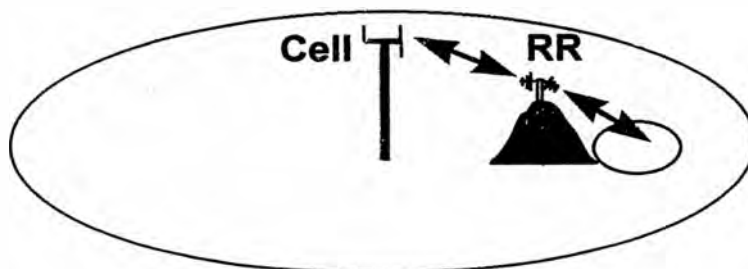
Como se menciono anteriormente los huecos de cobertura se presentan porque en una zona determinada no tiene señal o tiene pésima señal, hablando en términos de Ingeniería con la finalidad de brindar servicio a estas zonas existe la solución de instalar equipos Re-radiadores como “Boosters”, “Repetidores” los cuales adicionan cobertura a una celda.

Estos Re-radiadores son transparentes al sistema inalámbrico, un radiador amplifica la señal RF en ambas direcciones uplink y downlink, el sistema no controla a los Re-radiadores y no tienen conocimiento de lo que ellos hacen a la señal que amplifican.

Se tiene que tener mucho cuidado en usar Re-radiadores cuando sea para resolver problemas de cobertura, conseguir la deseada mejora de cobertura y evitar crear interferencia.

Dos tipos de Re-radiadores son usados para resolver dos tipos de situaciones

\* Rellenar Huecos dentro del área de cobertura de una celda, valle, localizaciones obstruidas, centros de convención etc., para estos propósitos se usan radiadores de baja potencia.



**Figura 11.24**

\* Expandir el área de servicio de una celda a lo largo de áreas fuera de su natural cobertura, para ellos se usan Re-radiadores canalizados de alta potencia.

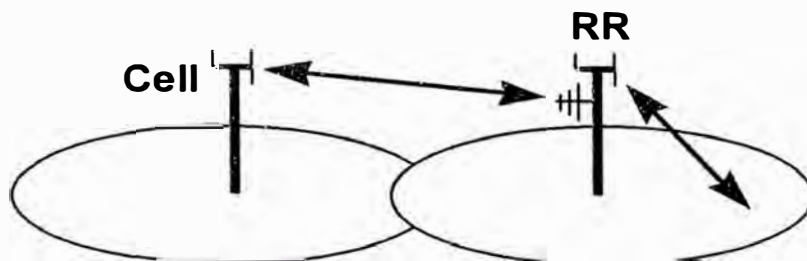


Figura 11.25

Además hay que tener algunas consideraciones de propagación del Path Loss.

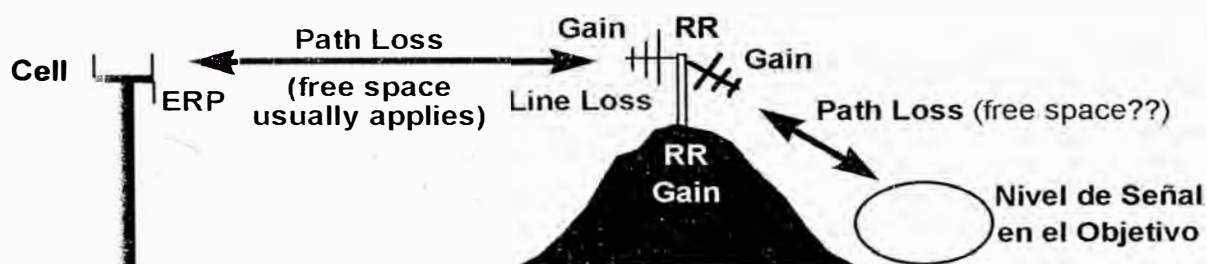


Figura 11.26

#### IV.- Re-radiadores Inalámbricos Pasivos

En algunos casos resulta usar unos Re-radiadores pasivos es decir no se requiere del uso de un amplificador pero para ello se tiene que tener ciertas consideraciones

La celda donadora debe estar cerca, la antena que mira hacia la celda donadora debe tener una ganancia alta, el usuario no debe estar muy alejado. A continuación graficamos un ejemplo.

<b>Re-radiador Pasivo</b>		
<b>Ejemplo de Link Budget</b>		
Donor cell EIRP	+52	dBm
Path Loss Donor<>RR	-102	dB
RR Donor Ant. Gain	+22	dB
Signal Level into Line	-28	dBm
RR Line Loss	-6	dB
RR Serving Ant. Gain	+12	dB
Path Loss RR<>User	-69	dB
Signal Level @ User	-91	dBm

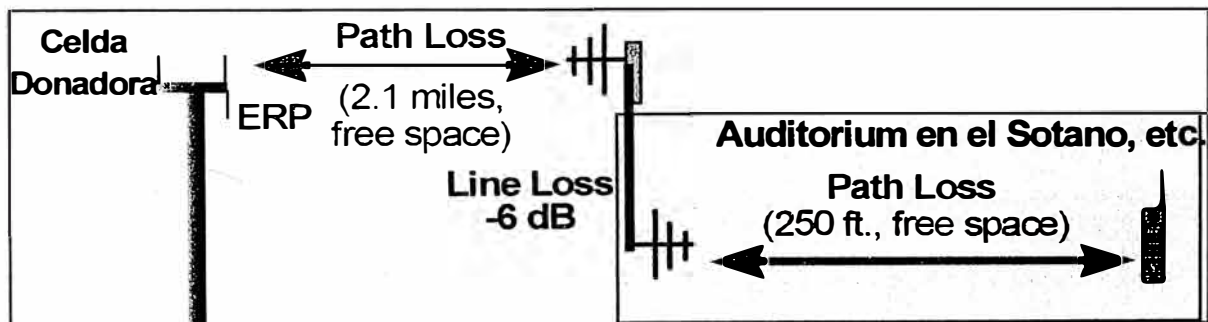
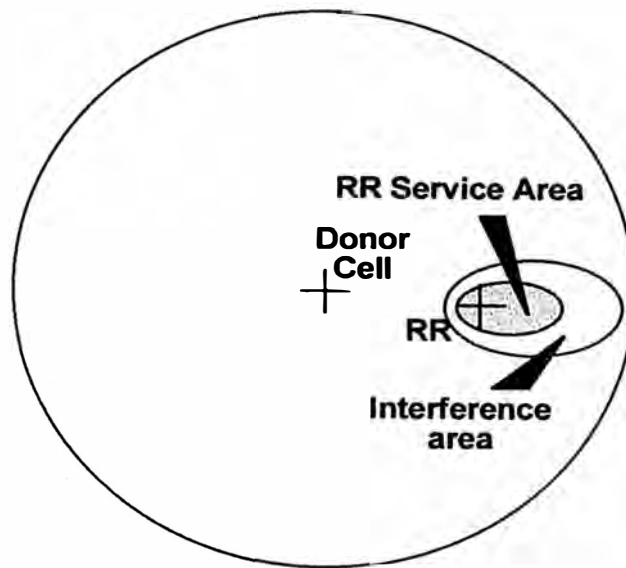


Figura 11.27

Los Re-radiadores de banda ancha inevitablemente crean un área de interferencia multipath donde ninguna de las dos señales es dominante ni la del Re-radiador ni de la celda ; esto puede ser minimizado con un cuidadoso diseño, la interferencia es molesto para AMPS, NAMPS, TDMA y GSM, pero el retardo multipath es beneficioso para CDMA



**Figura 11.28**

### **V.- Re-radiadores Canalizados**

En este tipo de radiadores como por ejemplo el EAC 2000 de Allen telecom hacen una traslación de frecuencia es decir la entrada y salida tienen diferentes canales, sus amplificadores de alta potencia pueden producir potencia como una celda ; cuales son los inconvenientes

- \* El móvil no se encuentra en el canal que el sistema está pensando.
- \* El Re-radiador debe trasladar todo los mensajes del sistema al móvil.
- \* La capacidad de las radios podría ser un limitante en estos equipos y dependiendo del fabricante cada equipo tiene una característica de trabajo diferente ( a nivel de tarjetas y radios).



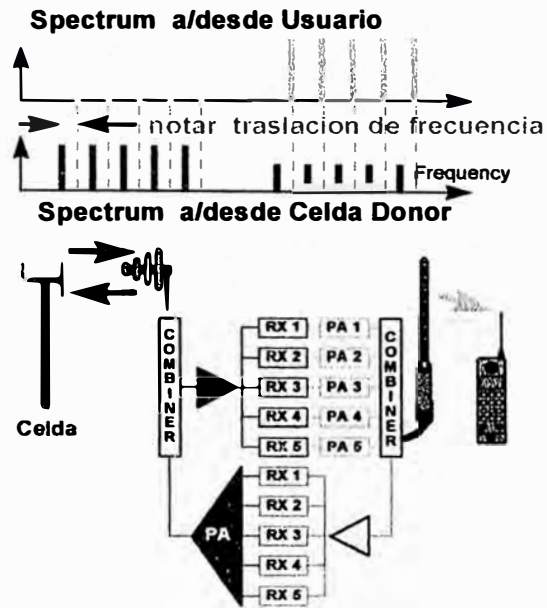


Figura 11.29

Link Budget típico de un Re-radiador Celular Canalizado

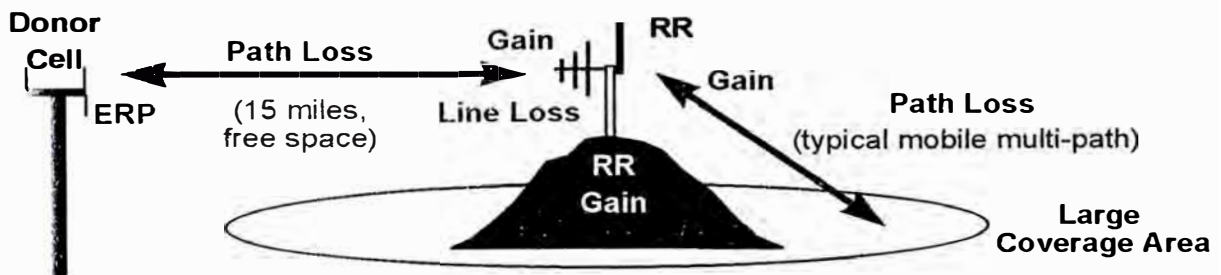


Figura 11.30

### 11.1.5 Análisis de Plan de Frecuencia

Cuando se llega a la necesidad de modificar el plan de frecuencia de una celda es porque ya se han probado con otras alternativas de Ingeniería y no queda mas que hacer un cambio de frecuencia, esto hablando para un sistema AMPS/TDMA ; este

cambio de frecuencia se hace porque debió haberse presentado alguna interferencia ya sea por Co-canal o Canal adyacente por el reuso de frecuencia que se hace en el sistema. Es probable que dos celdas que tiene el mismo grupo de frecuencia y que distan lo suficiente y los usuarios que están hablando a nivel del suelo dentro de la cobertura de una de las dos celdas no experimente interferencia pero un usuario que este ubicado en un edificio por ejemplo puede experimentar interferencia debido a que la optimización de la red en un principio se hace para los usuarios que no se encuentran ubicados a alturas muy elevadas y para ello es seguro que se han tildado las antenas de manera que el lóbulo principal de estas no tenga una cobertura mas allá de lo planeado pero esto ocasiona que los lóbulos superiores secundarios de la antena queden mirando al horizonte y posiblemente un usuario a pesar de que tenga línea de vista con una antena muy cerca al edificio donde se encuentra le puede estar llegando el lóbulo superior secundario de otra celda que es Cocanal y que es muy seguro que está antena no tenga ninguna obstrucción hacia el edificio del usuario por lo tanto se producirá Interferencia.

Otro caso puede ser que el usuario no se encuentre en un edificio como del siguiente ejemplo : En la gráfica observamos que la celda 33 Alfa y 49 Alfa tienen el mismo grupo de frecuencia (están coloreados del mismo color), estos dos sectores no tienen interferencia a nivel de suelo pero como dentro de la cobertura de 33 Alfa hay una pista que empieza a aumentar de altura y en un punto de dicha pista se presenta interferencia por parte de 49 Alfa donde su lóbulo superior secundario tiene línea de vista con dicha pista a una determinada altura.

Además hay un gráfico del perfil del terreno donde podemos observar la diferencia de alturas entre la celda Interferente y la posición del móvil sobre la pista

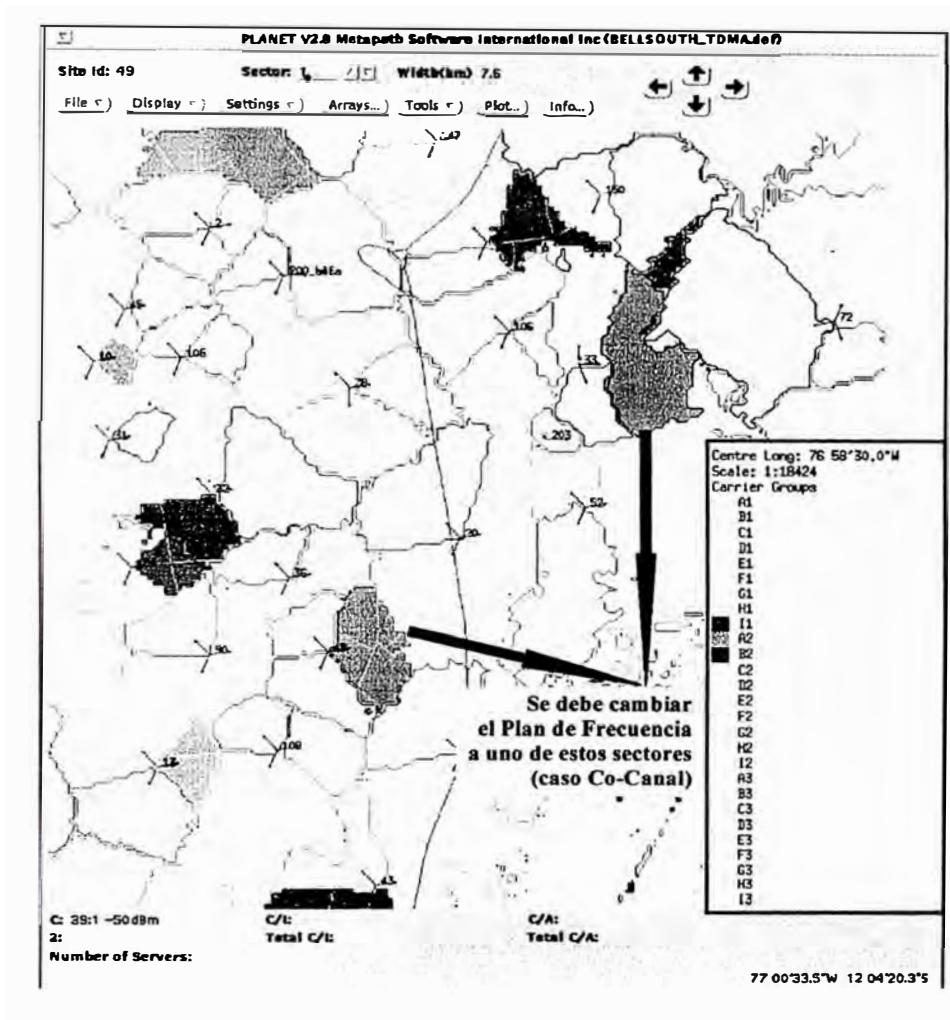
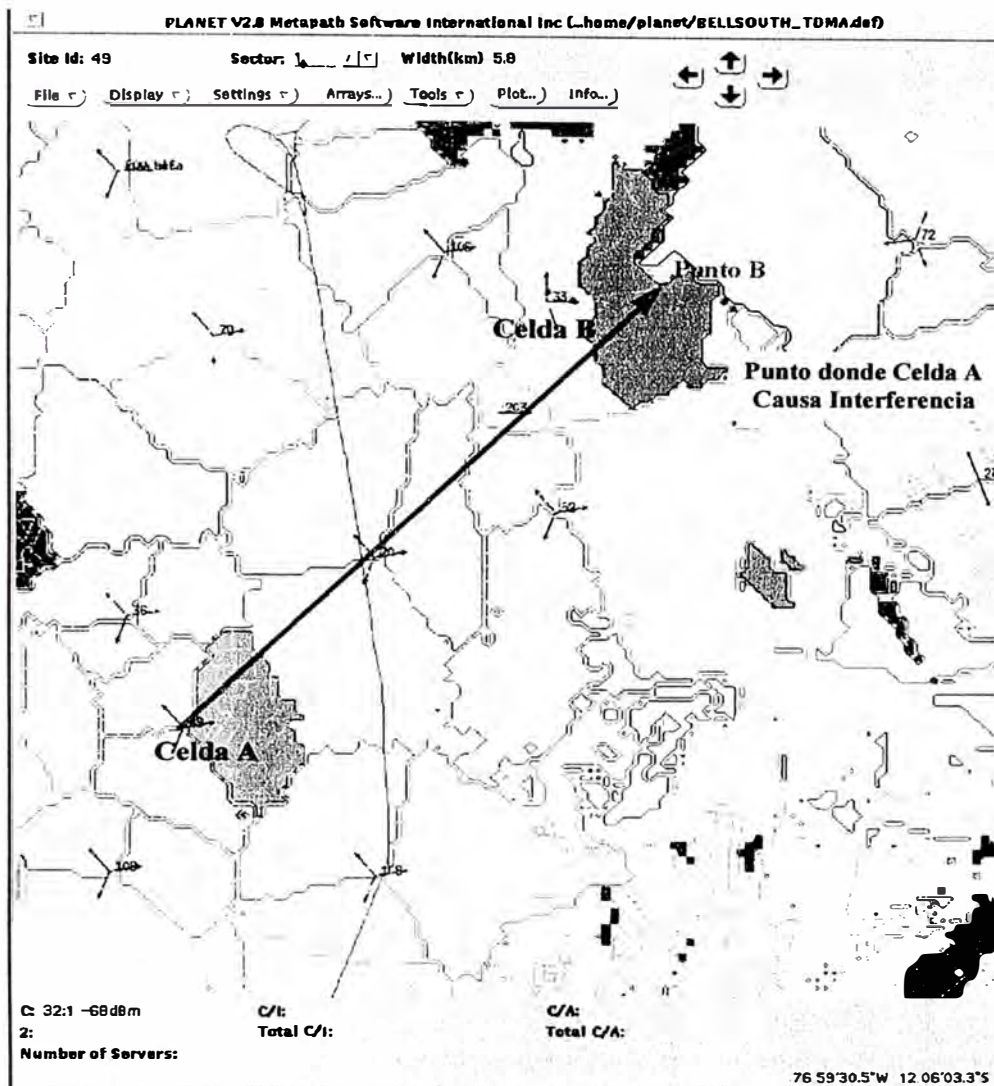


Figura 11.31

En el siguiente gráfico se muestra el lugar (punto B) donde la Celda A causa interferencia debido a que dicho punto se encuentra en un terreno más elevado que la Celda A.



**Figura 11.32**

Como se vera en este gráfico que es un perfil del terreno ( desde la Celda A hacia el Punto B) y se puede apreciar la diferencia de altura, la cual podemos representarlo como la altura de un edificio.

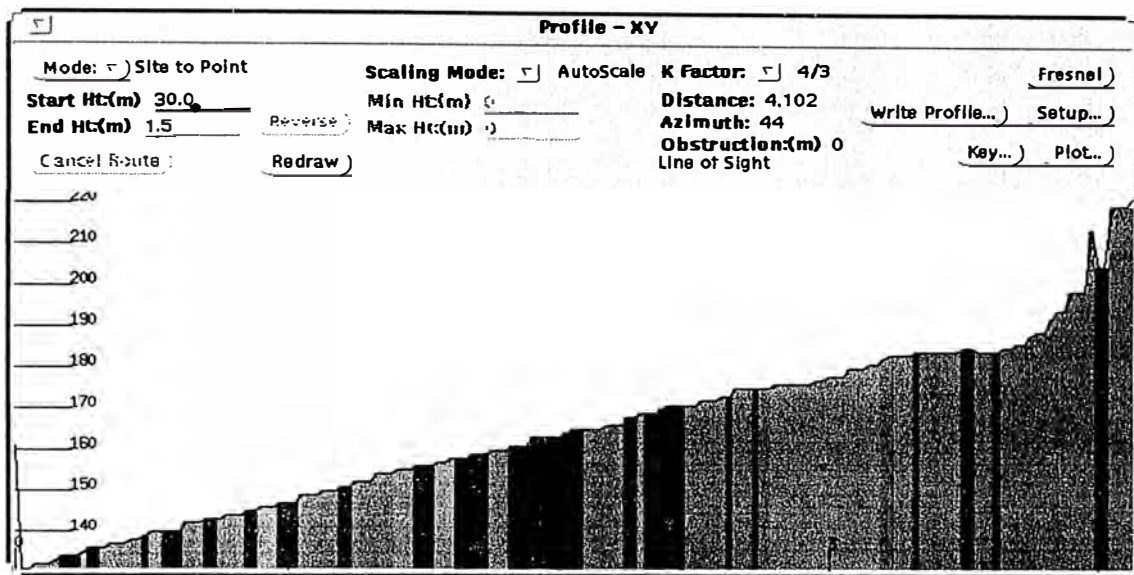


Figura 11.33

Además mostramos el patrón de radiación de la antena que está colocado en la Fase Alfa de la Celda A ( celda 49 inicialmente nombrado con ese número), como la antena de esta fase tiene un donwtilt los lóbulos superiores secundarios quedarían en línea de vista con el Punto B y es muy seguro que no exista ninguna obstrucción por parte de alguna construcción por lo tanto se presentara la interferencia.

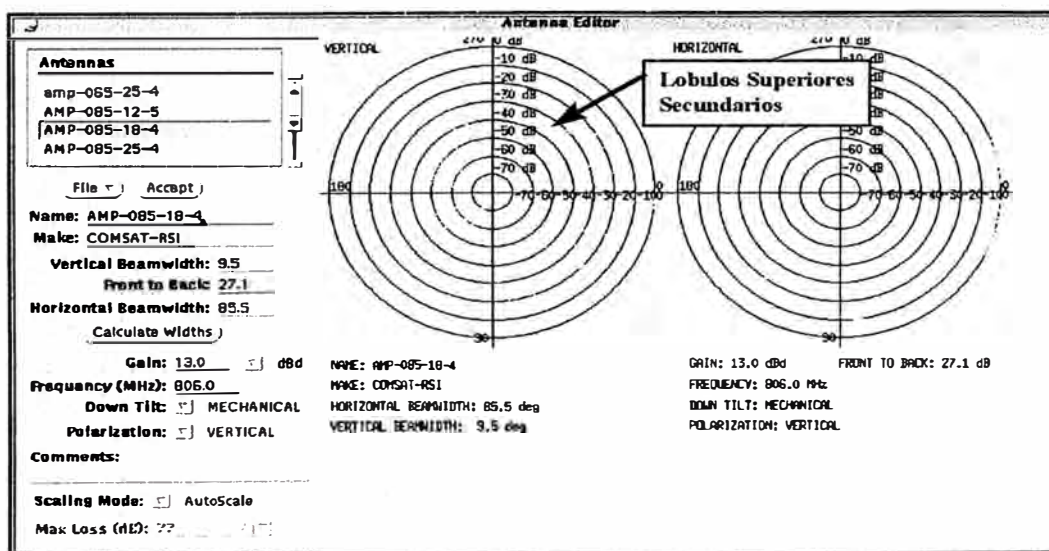


Figura 11.34

El primer pasó para solucionar el problema seria tildar más la Fase Alfa de 49 pero esto traería como consecuencia reducir mucho la cobertura de está fase a nivel de suelo y por lo tanto podríamos tener problemas de cobertura Indoor ( interior a un domicilio), otra posibilidad seria cambiar las antenas existentes por unas que tiene los lóbulos superiores suprimidos y la última opción es cambiarle el grupo de frecuencia a este sector y eso fue lo que se hizo.

## **11.2 Evaluación de la Calidad de voz Mediante el MOS**

### **11.2.1 Generalidades**

La empresa SAFCO desarrollo un programa para estudiar la performance del mercado. Estos estudios provee un punto de vista objetivo, imparcial de la calidad de servicio para cada mercado evaluado. SAFCO combina la tecnología t habilidad para proveer un reporte comprensivo, imparcial que produce la información necesaria para perdurar en el mercado inalámbrico de hoy. La inspección provee métricas comparativas y validación estadística con presentaciones gráficas de los parámetros más importantes de la red, la inspección está subdividido en las siguientes secciones.

### **11.2.2 Descripción del Equipo de Colección de Datos**

La tecnología del sistema de medición usado para coleccionar los datos de calidad de llamada e ingeniería es el sistema Voiceprint de Safco. Un diagrama del sistema es mostrado abajo.

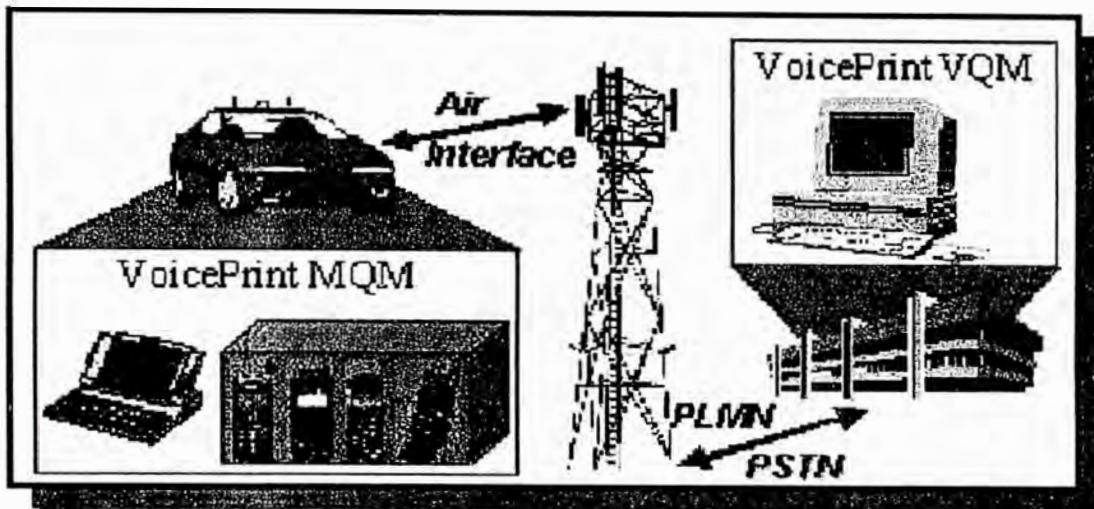


Figura 11.35

#### Componentes del Equipo

El VoicePrint esta compuesto por los siguientes cuatro componentes básicos :

1. **El Mobile Quality Module (MQM)** : Está el vehículo para el drive test con GPS, computadora para la colección datos, handsets de especificas tecnologías, y el modulo del VoicePrint con software para calificación del enlace Forward.
2. **La Red Inalámbrica** : La tecnología de radio de cada carrier, ubicación de las celdas, planeamiento del trafico, el switching involucrado para el handoff al PSTN.
3. **El PSTN** ; La porción alambica de la red de telefonía publica.
4. **El Voice Quality Module ( VQM)** : Una computadora, software para la calificación del enlace de reverse y tarjetas para las entradas de las líneas telefónicas

### **11.2.3 Algoritmo de Calificación del EMOS del VoicePrint**

El VoicePrint es un innovador método para probar el path de transmisión de una entera red celular. Rastrea una llamada desde un teléfono a la celda, a través de la red de voz, y retorno mediante el downlink al subscriptor. El sistema realiza las llamadas, guarda las estadísticas de la llamada y provee información de la calidad de voz. El cálculo de las mediciones son realizados en ambos lados, en el móvil y en la parte fija mientras el dato es colectado en la unidad del móvil del vehículo.

El método del VoicePrint permite medir un enlace de audio fin a fin que no depende de los parámetros de colección que son particulares a una específica interface aérea. Ejemplo de los parámetros de la tecnología de la interface área de la red que son algunas veces usados para predecir la calidad del enlace de audio son RSL para AMPS, VER para TDMA, RxQual para GSM, SQE para iDEN, y FER para CDMA. Estos tipos de parámetros no son útil cuando intentas comparar las mediciones en GSM y CDMA o para determinar cuál sistema es mejor o peor.

#### **I.- Calidad de Voz**

La calidad de voz es la característica de una muestra de un diálogo que es típicamente evaluado solo en términos de dificultad para medir, preferencias subjetivas. El sistema de VoicePrint provee una única manera para medir la calidad subjetiva de la conexión de audio a través de un teléfono celular de la red. Estas mediciones han sido automatizado y verificados para proveer consistentes resultados objetivos.

Previamente, la única manera de obtener estos datos era grabar las conversaciones, tocar las grabaciones a un grupo de oyentes y el grupo calificaba la



calidad de lo que escuchaban. Este sistema de evaluación es altamente subjetiva y consume tiempo. Es también imposible obtener resultados en tiempo real usando esta técnica.

## **II.- Técnicas de Medición**

Los ingenieros de SAFCO miden la Calidad de Voz inyectando una forma de onda de un dialogo dentro de la red celular y lo compara con lo que está recibiendo. Una comparación del estímulo y respuesta es usado para determinar que distorsión la red adiciona. Esta distorsión es entonces mapeado matemáticamente dentro de la percibida calidad de la transmisión.

Un tono de sincronización que es enviado desde el teléfono MQM, seguido por una muestra de un dialogo. Es recibido por el VQM, donde la calidad de voz es calculado. Ese cálculo es enviado de regreso al MQM, seguido por un tono de sincronización, seguido por un nuevo dialogo. El MQM calcula la calidad de voz del nuevo dialogo. Esto produce una medición de calidad de voz para ambos canales Forward y reverse.

Las mediciones de voz fin a fin es proporcionado porque esto es lo que el usuario celular experimenta. El cliente celular basa sus opiniones de la calidad subjetiva de la red en los siguientes factores

- \* Si ellos pueden realizar una llamada.
- \* Si tiene drops en medio de una llamada.
- \* Cuan buena suena la conversación.

La inteligibilidad y aceptabilidad del enlace del dialogo son parámetros importantes.

La interface aérea de todas las tecnologías proveen un path para el speech. Cada tecnología provee únicamente diferentes métodos para cumplir con está tarea. La vieja tecnología análoga tal como el AMPS usa speech de banda limitada para modular la frecuencia de carrier RF directamente ; es entonces transmitida. La señal recibida es demodulado y el audio es suministrado al teléfono. La interface digital área, por otro lado digitaliza el speech y codifica esta representación digital antes de modular el carrier RF. Cada tipo de interface área adiciona distorsión que es especifico a la técnica aplicado al audio transmitido.

El proceso de codificación y decodificación en redes digitales es hecho por los vocoders. En redes análogas la calidad de voz está altamente correlacionado a la razón señal a ruido y la respuesta en frecuencia del canal. Estos clásicos objetivos de medición no son significativo cuando aplicas a sistemas que usan avanzados vocoders que sacan provecho a las propiedades del sistema de auditoria. La calidad de voz debe ser derivado por la medición de la distorsión percibida, un parámetro subjetivo.

### **III.- Opciones de Algoritmos**

Muchos algoritmos para la medición de la calidad de voz han sido propuestos. Variando métodos y niveles de performance han sido documentados. El nivel de la performance está indicado por la correlación al MOS ( Mean Opinion Score). La correlación es una medida del acuerdo entre dos forma de ondas. El rango está entre +1 y -1 con +1 indica perfecto acuerdo, 0 indica no relación y -1 indica una exacta oposición.

#### IV.- Parámetros de Calidad de Voz

La calidad de transmisión de un dialogo a través de la red está calificado en el rango de 5 a 1 basado en los siguientes cinco categorías : excelente, bueno, aceptable, pobre y insatisfactorio. Estas categorías corresponden a aquellos usados por el Mean Opinion Score por un grupo humano de oyentes. El sistema VoicePrint analiza la distorsión de la forma de onda recibida y mapea esto dentro del familiar escala de MOS.

El MOS refiere a un procedimiento general que es ampliamente usado por sistemas que evalúan teléfonos. El material de dialogo ( típicamente oraciones) es tocado a través del sistema de voz de interés y presentado a oyentes para la calificación. Los oyentes asignan calificación a una escala de cinco puntos. Después de que cada oyente a calificado la forma de onda y lo ubica en una de las cinco categorías, el peso promedio de todos los oyentes es calculado. El resultado es el Mean Opinion Score (MOS) de esta forma de onda. El criterio para evaluar y categorizar la distorsión de una muestra de un dialogo son escuchados en la siguiente tabla.

Rating	Speech Quality	Nivel de Distorsión
5	Excelente	Imperceptible
4	Bueno	Solo Perceptible pero no molesto
3	Aceptable	Perceptible y ligeramente molesto
2	Pobre	Molesto pero no inaceptable
1	Insatisfactorio	Muy molesto y inaceptable

**Tabla 11.1**

#### 11.2.4 Descripción de la Metodología de la Colección de Datos

En esta sección discutiremos las tecnologías de medición, selección de área y caminos, lugar de llamadas, técnicas de análisis, evaluación de la red.

##### I.- Técnicas de Análisis

1. Las llamadas son iniciadas desde el MQM al VQM para cada una de las redes / tecnologías mediante el reconocimiento a lo largo del mercado o área de interés.
2. El MQM satisfactoriamente accede al sistema y establece comunicación sincronizada (vía DTMF) con el VQM. Entonces dos comunes oraciones de diálogos Harvard conteniendo ambos masculino y femenino forma de ondas son transmitidos y calificados por ambos enlaces Forward y Reverse a lo largo de la duración de la llamada.

##### II.- Clasificación de la Llamada

- \* **NO SERVICE** : Si el teléfono esta fuera del área de servicio, la llamada está clasificado como no service. En otras palabras, la llamada no está completado debido al una falta de sincronización en el canal de control.
- \* **BLOCKED** : Si el MQM es denegado el acceso al sistema y es incapaz establecer comunicación con el VQM, la llamada es clasificado como llamada bloqueado. Un intento de llamada bloqueado no tiene canal de voz asignado dentro el intervalo de call setup ( típicamente 20 segundos).

- \* **DROPPED** : Si la llamada finaliza prematuramente después que un canal de voz ha sido asignado, la llamada es clasificado como una llamada caída. Estas incluyen las llamadas que son desconectados desde el PSTN.
- \* **COMPLETED** : Si la llamada finaliza correctamente al final del especificada llamada, la llamada es clasificado como una llamada completada. Aunque la llamada es clasificado como completado, esté es considerado el mínimo estándar de operación. La calidad percibida por el usuario es definido por el EMOS y es categorizado por el enlace Forward, reverse, así como una combinación de Forward y reverse.

### III.- Evaluación de la Red

Safco usa las siguientes cuatro descriptivos criterios para la comparación de redes inalámbricas. Hemos provistos definiciones y ejemplos para la clarificación de la técnica de calificación.

Cobertura	- Ocurrencias de No servicio.
Capacidad	- Tasa de llamadas bloqueadas.
Performance	- Tasa de llamadas caídas.
Calidad de Voz	- EMOS ( Electronic Mean Opinion Score)

#### 1. Cobertura

Cada una de las existentes tecnologías inalámbricas han especificado una o varias parámetros como indicadores de la cobertura. Comúnmente estos parámetros están directamente relacionados al RSL. La única excepción a esto es IS-95 CDMA donde uno de los fundamentales indicadores de la cobertura es la calidad de ;a señal

del Piloto. A pesar que cada una de las tecnologías proveen cobertura, el indicador comparación de redes desarrollando diferentes tecnologías no es directa. Por esta razón , el indicador elemental para la cobertura es la habilidad del teléfono para detectar la presencia de la red. Si el teléfono reconoce que hay una red en una ubicación específica, entonces esa ubicación es considerada cubierta. Casos donde el teléfono no puede detectar la presencia de la red ( no service) representa ubicaciones fuera de la región de cobertura. Esto puede decir que una red con RSL de -100 dBm no provee la misma calidad de cobertura como uno que tiene -60 dBm. En ambos casos el teléfono detecta la presencia de la red y es permitido hacer una llamada. La red que tiene alto RSL puede esperar tener mejor confiabilidad en la llamada con alta calidad de voz que estará reflejado en la calificación de toda la red.

## **2. Capacidad**

Como un indicador fundamental de la capacidad de la red, la tasa observada de llamadas bloqueados o el Grado de Servicio Observado (OGOS) es usado como indicador. La definición exacta de GOS requiere que las mediciones serán tomadas durante la hora pico. Comúnmente la data es colectado sobre varias horas y midiendo la tasa de blocking no representa el GOS.

## **3. Performance**

Hay muchos indicadores de performance usados por la ingeniería cada día. Muchos de ellos son tecnologías específicas y no pueden ser aplicadas significativamente con todos los sistemas celulares. La tasa de dropped calls es usado

como el indicador desde que esté reporte enfatiza la performance desde el punto de vista del cliente ( quién en muchos casos no tiene preferencias tecnológicas).

#### **4. Calidad de Voz**

Una vez que la llamada es establecida, la percepción de la calidad de red se hace equivalente a la calidad de la señal de voz. Una medición práctica de la calidad de voz es el EMOS ( electrónicamente produce MOS). En el proceso de calificación del EMOS, la original señal de voz ( no distorsionado) conteniendo componentes de varón y mujer en tiempo real a la salida de la señal de voz en ambas forward y reverse como el proceso de la llamada en la red. La distorsión introducido por la red es analizado desde el punto de vista sico acústico y mapeado dentro de la calificación, altamente correlacionado a la calificación del MOS ( validado por los laboratorios COMSAT). EMOS es tecnológicamente independiente y es buen indicador de la calidad de la señal de voz, como los usuarios de las redes inalámbricas lo percibirían.

La calificación del MOS fue originalmente desarrollado con la idea de calificar la calidad de transmisiones alámbricas. El MOS es una forma de industria aceptado de mediciones de calidad de comunicación. Sin embargo, cuando el EMOS equivalente al MOS es usado para calificar la transmisión inalámbrica, los resultados tienden a ser conservativos. La definición exacta para el MOS están provistos en la siguiente tabla de referencia.

<b>Mean Opinion Score Rating</b>		
<b>Rating</b>	<b>Calidad de. Speech</b>	<b>Nivel de Distorsión</b>
5	Excelente	Imperceptible
4	Bueno	Solo perceptible pero no molesto
3	Aceptable	Perceptible y levemente molesto
2	Pobre	Molesto pero no inaceptable
1	Insatisfactorio	Muy molesto y Inaceptable

**Tabla 11.2**

Basado en los límites teóricos para los vocoders usados en las redes inalámbricas, limitaciones de equipo, y efectos de entorno en la transmisión aérea, una calificación de EMOS de aproximadamente 4 se convierte como el más duro limitador con la mayoría de las llamadas cayendo dentro de 2 y 4. La calificación de la red basado en EMOS usando los rangos anteriormente definidos, aunque conservativos, aun provee un imparcial, relativo medida definible para comparar la red desde el punto de vista de la percepción de la calidad de un cliente.

### **11.2.5 Experimentación y Análisis de Correlación del MOS ( Mean Opinion Score)**

#### **I.- Experimentación del MOS**

Un laboratorio de audio provee el experimento del MOS para las muestras de dialogo distorsionado. Esto provee los datos requeridos para seguir la exactitud del automatizado calificación de la calidad de voz para actuales resultados de pruebas



subjetivas. Este paso es requerido para asegurar un conocido referencia de datos para comparar con los resultados del automatizado sistema de calidad de voz. Las pruebas de escucha del MOS son realizados por los laboratorios de COMSAT de acuerdo con los estándares de la UIT.

Los individuos seleccionados por la prueba del MOS son oyentes no especializados quienes representan al potencial usuario de celular. No son expertos en evaluar los niveles de los parámetros de distorsión y sus efectos en la calidad. Este grupo puede, sin embargo, subjetivamente evaluar el material presentados a ellos.

El material fuente usado por esta fase del proyecto es un subconjunto de la TIA North American English Speech Database. Esto asegura que una suficiente diversidad de material fuente es usado. El material fuente es no repetitivo y consiste de hombre y mujer. Adicionalmente, el material de referencia está incluido en la prueba así que la sesión de prueba llevado puede ser detectado y cuantificado. Este material de referencia incluye un MNRU ( Modulated Noise Reference Unit) subconjunto de datos y material que hace referencia a vocoders ( GSM, IS-54 etc). Estas precauciones son prácticas estándar por las pruebas subjetivas de los oyentes.

Las muestras de diálogo grabado son provistos para evaluación a los oyentes en distinto orden. La reproducción en desorden ayuda a eliminar la parcialidad debido a la presentación en orden. Sesenta y cuatro oyentes son incluidos en el grupo de oyentes. El grupo está balanceado entre hombres y mujeres. Este grupo es suficientemente grande como para reducir la diferencia de los resultados y asegurar que un nivel de repetición pueda ser mantenida.

El material grabado es presentado a los oyentes, quienes están sentados en una habitación acondicionado acústicamente. El material es tocado mediante un monofónico audífonos en un nominalmente constante nivel. El equipo reproductor tiene suficiente Señal a Ruido y niveles de fidelidad tanto como para adicionar despreciable distorsión a las muestras grabadas.

La calificación es hecha por cada individuo después de escuchar cada una de las grabaciones. La categoría de las calificaciones son recolectados y una mezcla de MOS es calculado para cada muestra. La calificación del MOS son recolectados en todas las muestras, así como también el material adicional de referencia.

El significado del análisis estadístico es realizado para determinar la variación de los datos e intervalos de confianza. Estos resultados proveen un significado de exactitud y variabilidad del MOS. También es realizado el análisis en los resultados para determinar si en las pruebas existe parcialidad.

## **II.- Análisis de Correlación**

Un análisis de correlación es usado para validar que las mediciones de calidad de voz automatizada son cercanos a los MOS obtenidos de la prueba subjetiva de los oyentes.

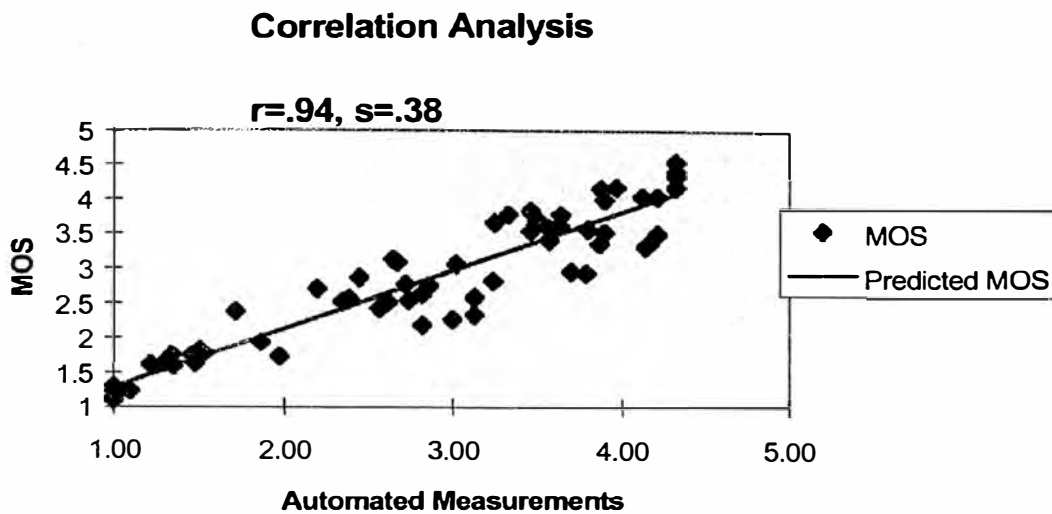
Para entender la relación entre los dos procesos, aplicamos un modelo de matemática cuantitativo. En particular nuestro interés esta en investigar el grado de asociación entre las dos mediciones, MOS y VoicePrint. Un análisis estadístico es realizado sobre los datos recolectados y grabados y nos da la correlación (similaridad) y variabilidad ( diferencia cuantitativa) entre los dos procesos.

Para este método de análisis de correlación para ser aplicable, debemos iniciar con muestras aleatoriamente independientes desde la medición de la población. Muestras aleatorias independientes de diversas calidad de voz son garantizado pero usando otro parámetro que la calidad de voz como criterio de selección. El parámetro seleccionado para usar es el nivel de señal recibida. Esta señal no está directamente correlacionado a la calidad de voz pero en muchas instancias es un indicador de lo que se esperaba. El error de medida debe ser despreciable en comparación con la variación de la calidad de voz sobre muestras individuales del dialogo.

El análisis de correlación es exacto si hay suficiente independencia estadísticamente de las muestras. Hemos elegido para coleccionar y usar mas de 200 mediciones en el análisis. Nuestro resultado serán exactos para mejores que 10% con un 95% de confianza porque hemos tomado mas de 130 muestras.

Los resultados del análisis de correlación son los coeficientes de correlación y el error RMS. Estos dos números representan el grado de relación entre los dos métodos y la variabilidad de la diferencia entre sus resultados. El coeficiente de correlación es importante en el sentido de que indica la capacidad de las mediciones automatizadas se han un buen predictor de la calidad subjetiva como los calificados por el grupo de oyentes. El error RMS indica la exactitud de esta estimación.

El siguiente gráfico nos muestra las mediciones y sobre ellas esta una regresión lineal que resalta la relación entre los métodos.



**Figura 11.36**

Los valores obtenidos incluyen el dato coleccionado desde las conexiones fijas e inalámbricas. El MOS estimado fueron obtenidos usando una simulación del algoritmo del VoicePrint.

El coeficiente de correlación es  $r=0.94$  y el RMS es  $s=0.38$ . esto muestra una alta correlación de VoicePrint y la actual prueba de MOS. Un bajo error RMS también indica que el método del VoicePrint provee similar resultado dentro de una pequeña tolerancia.

### **III.- Medida de la Calidad Voz**

La performance de las redes inalámbricas pueden ser evaluadas de varias mediciones. Alguna de estas mediciones como el Grado de Servicio GOS, el número de llamadas caídas, el nivel de señal recibida (RSL), etc., son altamente cuantificable y pueden ser grabadas con convencionales mediciones RF. De otro lado, la

cuantificación de la calidad de la señal del diálogo y la fidelidad de su transmisión no son altamente cuantificable; Es frecuentemente estimado usando indirectos parámetros. Los más comúnmente usados son:  $S/I$ , BER, FER. Aunque éstos se asocian a la calidad de la señal de voz, hay situaciones donde pueden producir falsos resultados, además para un mismo valor de algún parámetro puede tener diferentes niveles de calidad de voz a través del espectro de varias tecnologías inalámbricas (ejemplo diferentes niveles de FER para diferentes Vocoders - TDMA).

Los dos tipos de prueba son usados en la evaluación de la calidad de la señal del diálogo. El primer tipo es el experimento altamente estandarizado donde el humano evalúa la bondad de la señal del diálogo. Esta clase de prueba es comúnmente referida como una prueba subjetiva. Aunque este tipo de prueba produce una indicación verdadera de cuál sería la calidad de voz, la prueba subjetiva tiene varios inconvenientes. Son caros, dificultad para administrar, alta inexactitud, culturalmente parcial y no se puede repetir. Este método es difícil de realizarlo en tiempo real en conjunto con la recolección de datos, por lo tanto limita su uso para el mantenimiento y optimización de la red.

La segunda estrategia está basada en que existe una medición objetiva que está altamente correlacionado a la percepción subjetiva de la calidad del diálogo. Esta clase de prueba es referida como una prueba objetiva. Todas estas pruebas tienen el mismo principio, básicamente, conocidas las muestras estas son enviadas sobre el canal y al final de recepción se hace la comparación entre la muestra transmitida y la

recibida. Entonces una métrica es usado para medir la distorsión entre la que fue transmitida y la que actualmente es recibida. Un procedimiento de calibración es usado para relacionar las mediciones objetivas de la distorsión de la señal a la percepción subjetiva de la calidad. El algoritmo usado por el sistema VoicePrint de SAFCO pertenece a un grupo de objetivos algoritmos psicoacústico, los cuales son calibrados para predecir el MOS subjetivo.

#### a) Evaluación del MOS

El Mean Opinion Score (MOS) es uno de las pruebas subjetivas frecuentemente usadas para evaluar la calidad de la señal del dialogo. En este método un grupo de oyentes es invitado para evaluar la calidad de una muestra particular para calificar la muestra en una escala de cinco puntos.

<b>Mean Opinion Score Rating</b>		
<b>Rating</b>	<b>Calidad de. Speech</b>	<b>Nivel de Distorsión</b>
5	Excelente	Imperceptible
4	Bueno	Solo perceptible pero no molesto
3	Aceptable	Perceptible y levemente molesto
2	Pobre	Molesto pero no inaceptable
1	Insatisfactorio	Muy molesto y Inaceptable

**Tabla 11.3**

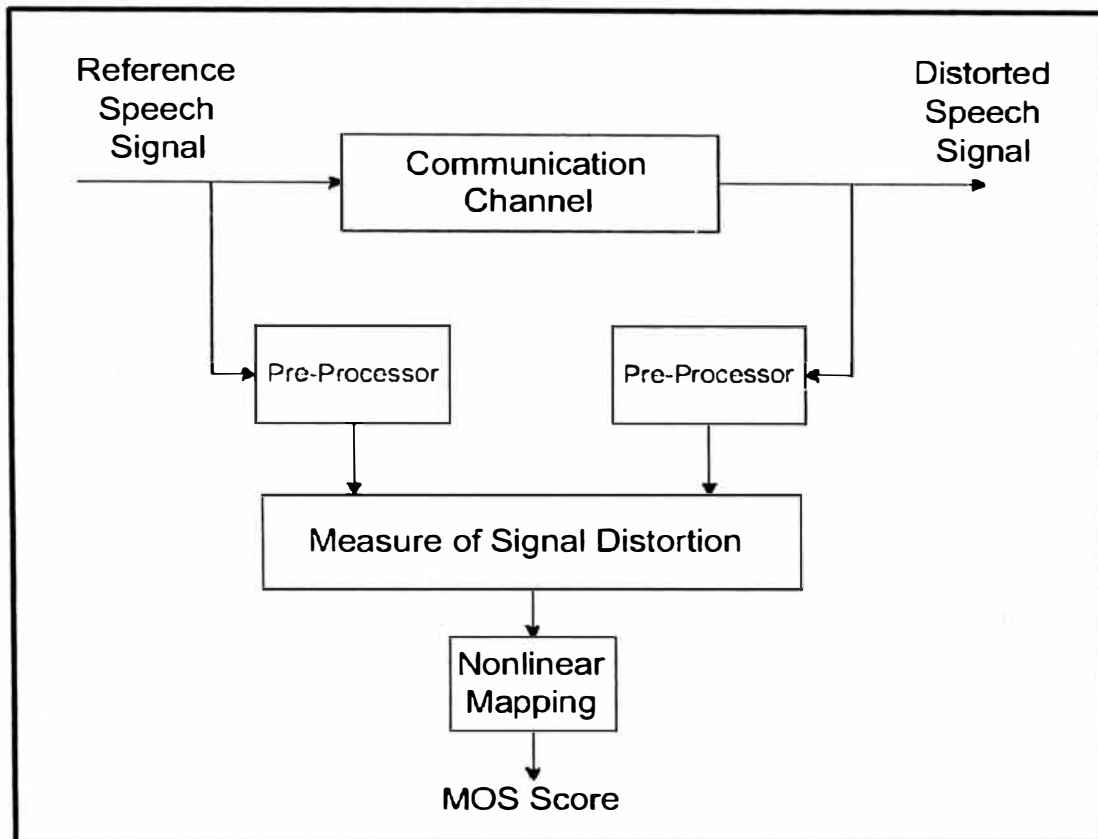
Este experimento comúnmente consiste de dos fases

1. **Familiarización** : En la fase de Familiarización, los oyentes son presentados varias muestras de conocidos MOS evaluados. Este proceso es comúnmente referido a como **fijar**, desde que los oyentes son entrenados para reconocer diferentes categorías de calidad de la tabla.
2. **Evaluación** : En esta fase las muestras son presentadas aleatoriamente. Basado en su experiencia y en la escala de la tabla, los oyentes realizan la evaluación de calidad de las muestras que están siendo probadas. Al final todas las calificaciones para una muestra en particular son promediadas y esto transforma al Mean Opinion en lo bueno para esta muestra en particular.

#### **b) Medición Objetiva de la Calidad de Voz**

Un dispositivo ideal para la medición objetiva de la calidad sería capaz de evaluar el nivel de distorsión de una señal pero observando una porción del dialogo y no todo. En principio, esto modelaría nuestra capacidad para juzgar exactamente la calidad de la señal solo escuchando lo que se ha recibido. Para realizar esta tarea , la señal recibida tendría que ser procesada de una manera que emularía al procesamiento del cerebro humano. Eso significa que el procesamiento de la señal tendría que tener en cuenta todo los niveles de la percepción humana. Actualmente el estudio del procesamiento del cerebro humano está siendo desarrollado y tomara algo de tiempo. Por ahora la aproximación tomada por la mayoría de algoritmos es modelar el dialogo en el nivel de forma de onda en un esfuerzo para examinar la distorsión introducida por el canal de comunicación y consecuentemente mapear esta información en una

percepción de calidad subjetiva. Esta aproximación es ilustrado en el siguiente gráfico. Como se muestra el procesamiento involucra el uso de la señal original y la replica distorsionada. Los métodos que se usan hoy difieren principalmente por el procedimiento usado para calcular la distorsión y como se realiza el mapeo no lineal.

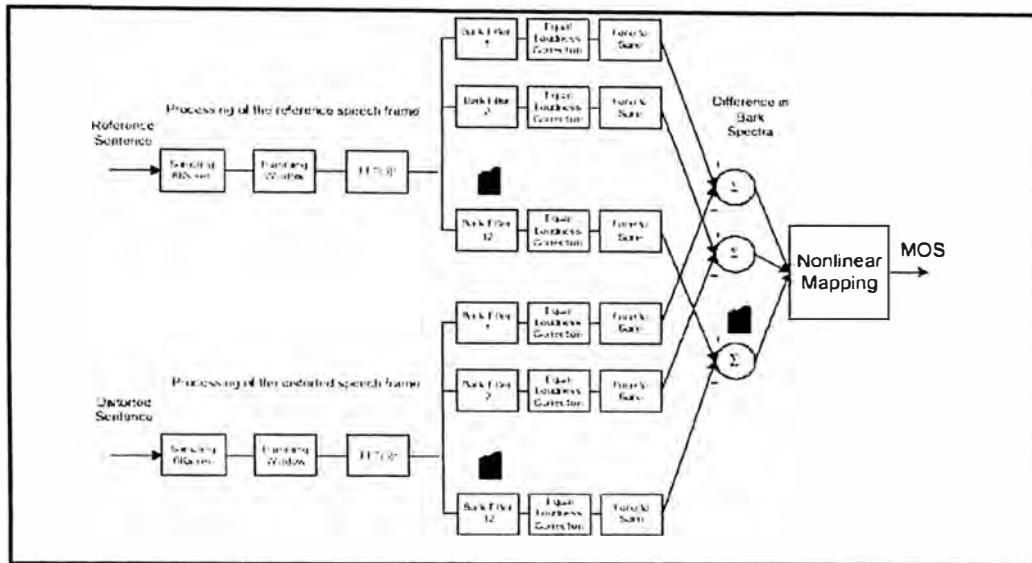


**Figura 11.37**

#### **IV.- Descripción del Algoritmo E-MOS de la Distorsión del Bark Spectrum**

Para el proceso de la medición de calidad objetiva, el sistema de VoicePrint usa el Bark Spectrum Distortion (BSD). El algoritmo tiene tres partes separadas de procesamiento que intenta modelar el mecanismo más importante del aparato auditivo humano.

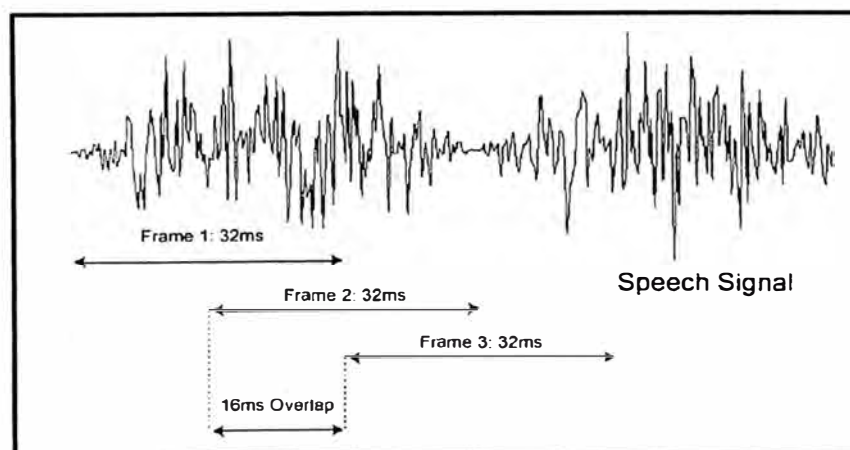




**Figura 11.38**

### a) Muestreo

El primer paso en el procesamiento de la señal es muestrear. Ambas señales son muestreadas a razón de 8000 muestras por segundo y digitalizadas. Las señales son divididas en pequeños frames que tienen una duración de 32 ms. hay un traslape de 16 ms entre los dos consecutivos frames.



**Figura 11.39**

## b) Transformación al dominio de la frecuencia

Cada frame es transformado al dominio de la frecuencia vía la Transformada Rápida de Fourier. Antes de aplica FFT, cada una de los frames son filtrados con la ventana de Hamming. Sólo uno de los dos lados simétricos del espectro de Fourier es retenido y usado en posteriores procesamientos.

## c) Bark Spectrum Distortion

El BSD es calculado como el cuadrado de la distancia euclidiana entre el espectro Bark de la referencia y la señal distorsionada.

$$BSD = \sum_{k=1}^N (L_{ref,k} - L_k)^2$$

Donde ;

*BSD* – Bark Spectrum Distortion.

*N* – Numero total de criticas salidas del filtro.

*L<sub>ref,k</sub>* – Salida del filtro *k*<sup>th</sup> para el frame de referencia

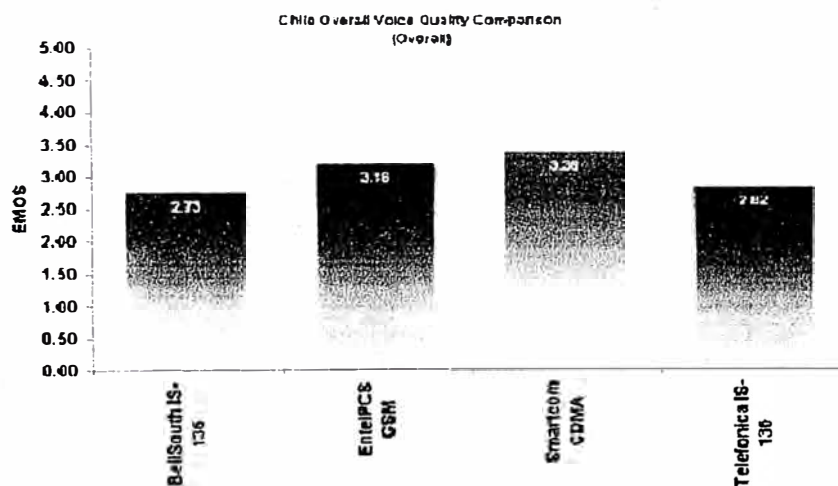
*L<sub>k</sub>* – Salida del filtro *k*<sup>th</sup> para el frame distorcionado

## d) Mapeo del BSD a MOS

Hay una proporcionalidad directa entre el BSD y el MOS. Sin embargo, este mapeo es no lineal. Durante el desarrollo del BSD basado en mediciones objetivas un número considerable de señales fue evaluado. Basado en estas mediciones, el mapeo no lineal  $\Psi: BSD \rightarrow MOS$  fue desarrollado como un Least Mean Square (LMS) para ajustar los resultados medidos.

Como ejemplo de lo anteriormente mencionado, presento el caso de un estudio y pruebas realizadas en el País de Chile. Hay cuatro operadoras y se obtuvo valores de EMOS en el Forward y Reverse para cada uno de ellos

Network Quality Performance (By Category)			
Carrier/Technology	Average Forward Link EMOS	Average Reverse Link EMOS	Average Both EMOS
BellSouth IS-136	2.82	2.67	2.73
EntelPCS GSM	3.19	3.17	3.18
Smartcom CDMA	3.30	3.40	3.36
Telefónica IS-136	3.50	2.33	2.82



**Figura 11.40**

El siguiente gráfico muestra los porcentajes de cada uno de las clasificaciones de las llamadas

Network Call Performance (By Category)					
Carrier/Technology	Total Access Attempts	Completed Calls	Blocked Calls	Dropped Calls	No Service
BellSouth IS-136	1305	95.4%	1.5%	0.2%	3.0%
EntelPCS GSM	1362	94.0%	0.7%	0.3%	5.0%
Smartcom CDMA	1429	88.3%	5.2%	3.9%	2.6%
Telefonica IS-136	1483	84.4%	4.7%	2.4%	8.4%

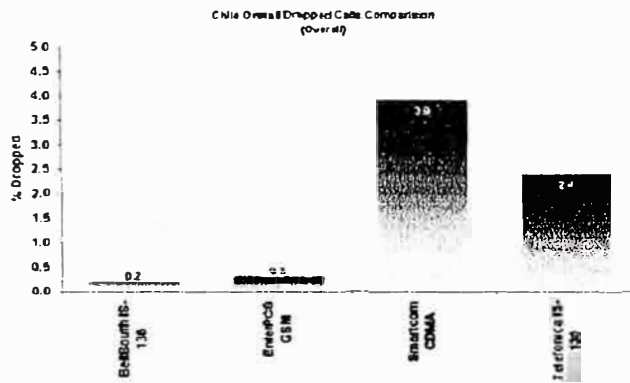


Figura 11.41

Valores de Mos en Forward y Reverse en la ciudad de Santiago

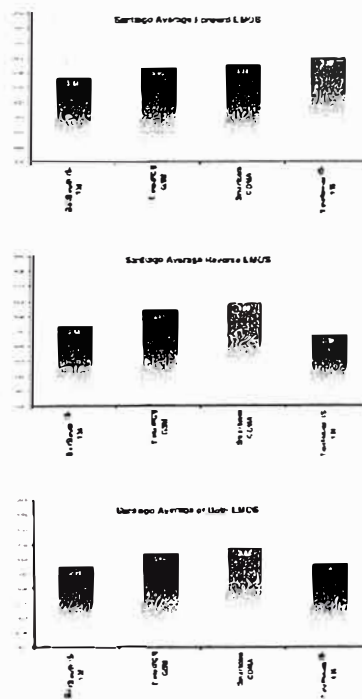


Figura 11.42

El siguiente gráfico muestra los recorridos (Drive Testing) para Calidad de Voz que se hicieron en las ciudades importantes de Chile, las cuales están graficadas de acuerdo a las leyendas de Potencia Transmitida y Señal recibida en los teléfonos para la Tecnología GSM de la Operadora Entel PCS

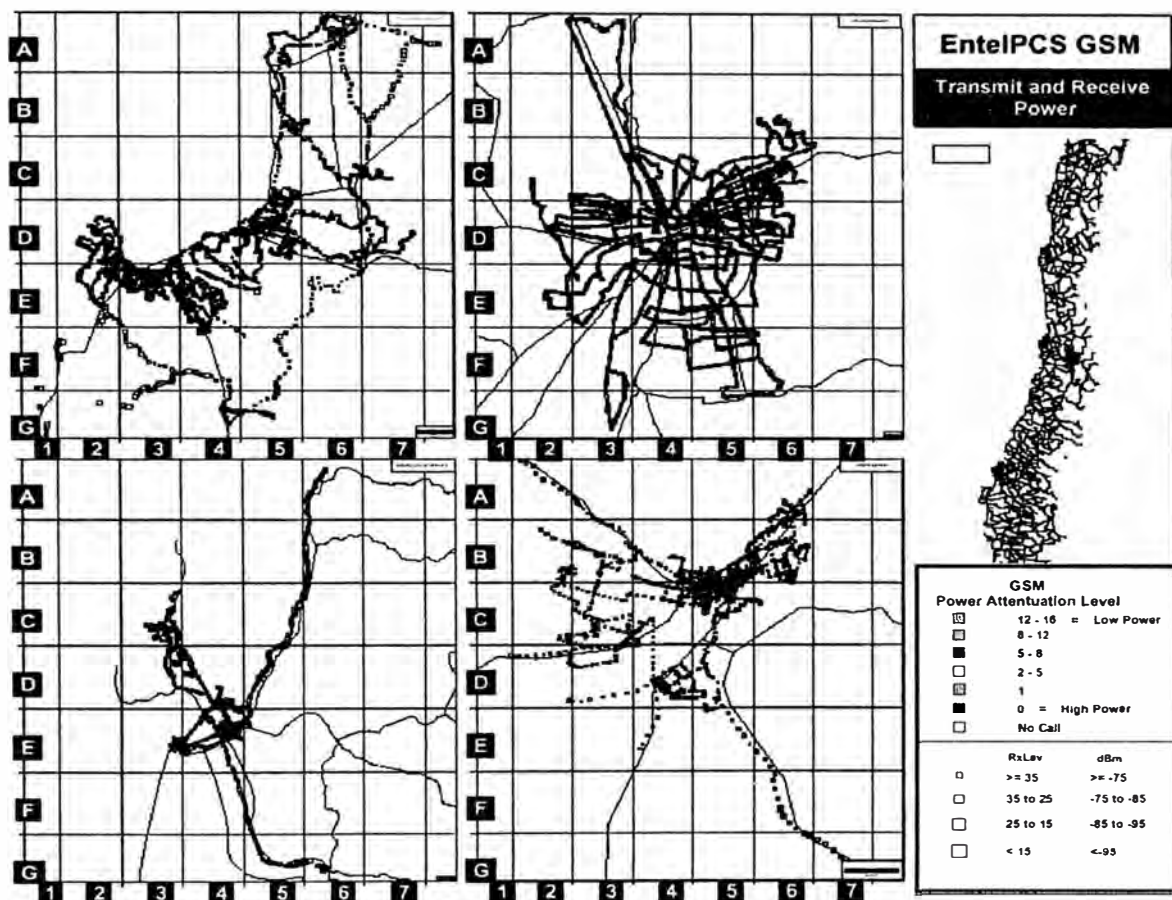


Figura 11.43

Este gráfico nos muestra la Estadística de la Llamada en la Red para la operadora SmartCom con tecnología CDMA, aquí vamos a tener los diferentes parámetros de clasificación de una llamada como anteriormente lo hemos detallado.

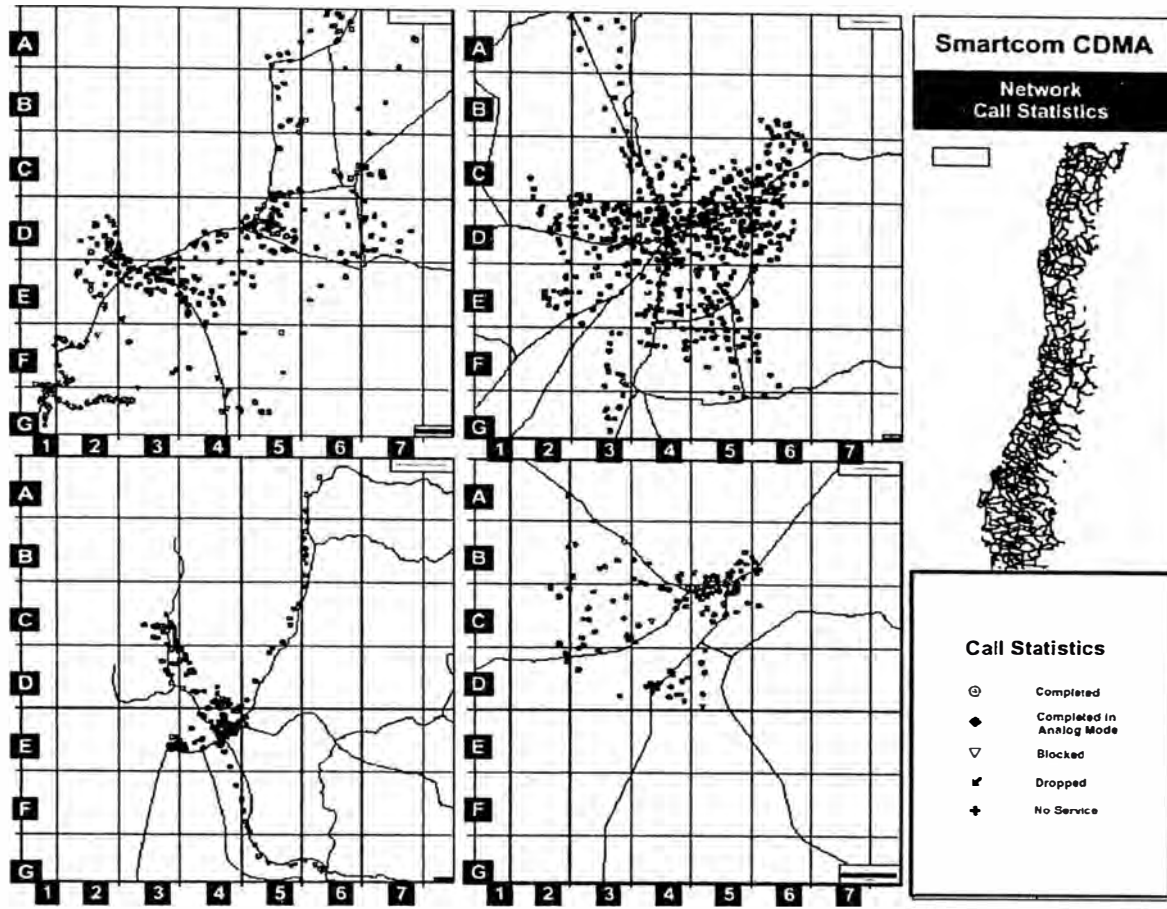


Figura 11.44

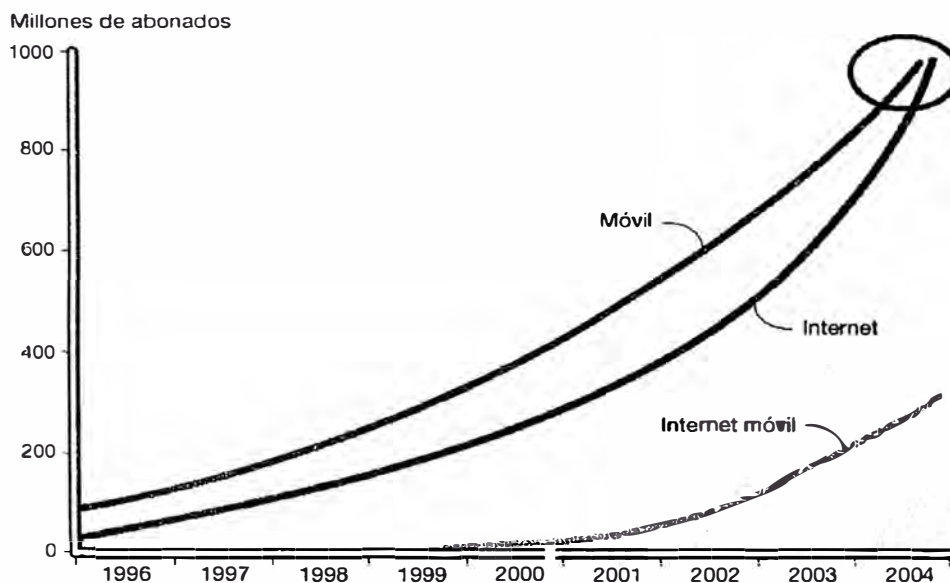
## **CAPÍTULO XII**

### **NORMAS DE ACCESO DE RADIO DE TERCERA GENERACIÓN**

#### **12.1 Introducción**

EL acceso de radio de segunda generación ha sido una característica que ha tenido mucho éxito en la industria global de las telecomunicaciones. La tasa de crecimiento de la telefonía móvil de segunda generación indica que las comunicaciones móviles está bien en camino hacia la penetración total en el mercado en masas. Gracias al tremendo crecimiento de la internet, el multimedia esta también penetrando al mercado en masas a un explosivo ritmo. Combinando el celular digital y el servicio multimedia de la internet forma la básica comunicación inalámbrica del mañana y los sistema de acceso del multimedia.

La transición a capacidades de tercera generación deben estar basados en un camino de migración que defina una manera de integración multimedia, conmutación de paquetes y ancho de banda del acceso de radio dentro del dominante sistema de segunda generación de nuestros días.



**Figura 12.1**

## 12.2 Normas de Segunda Generación

Distintas normas celulares digitales fueron desarrollados en varios cuerpos de normas regionales durante fines de la década de 1980 y principios de 1990. Las normas de la primera generación han sido desarrollados diez años antes.

### GSM

El desarrollo de la nueva norma celular digital Pan - Europeo comenzó en 1985. El GSM ha evolucionado desde entonces a ser la principal norma global de segunda generación, en términos de número de suscriptores y área de cobertura.

GSM es un sistema TDMA de ocho slots con 200 KHz de espaciamiento de portadora. En términos de servicio GSM es un móvil ISDN ( Red Digital de servicios Integrados), con soporte para una variedad de servicios. El apoyo de red Inteligente (IN) ha sido definido también para GSM por ejemplo el entorno de virtual home. Hoy gracias al GPRS el acceso de paquetes puede ser integrado dentro del GSM.



## **TDMA/ IS136**

Las especificaciones del TDMA/IS136 fueron definidos en USA en 1988 por la Asociación Industrial de Telecomunicaciones (TIA) fue desarrollado con el objetivo de traducir a la forma digital el servicio AMPS. Para mantener la compatibilidad con el AMPS, las especificaciones del TDMA estipula 30 KHz de espaciamento de portadora en una solución de TDMA de tres slots.

## **PDC**

El desarrollo de las especificaciones del celular digital personal (PDC) fue un proyecto del RCR ( 1990), el cuál después se convirtió en la Asociación de industrias de radio y broadcasting (AIRB). Para asegurar compatibilidad con el sistema análogo japonés un espaciamento de portadora de 25 KHz fue mantenida en solución del TDMA en tres slot.

## **CDMA / IS 95**

Las especificaciones de la banda estrecha del CDMA IS 95 estipula 1.25 Mhz de espaciamento de portadora para servicios de telefonía. TIA comenzó definiendo esta especificación en 1991.

Cada uno de los normas de segunda generación esencialmente define un sistema de telefonía móvil que es un sistema que provee telefonía por conmutación de circuitos a usuario finales. Aparte de servicio de voz , estos sistemas soportan servicios de datos de bajas tasas de datos.

**CUADRO A, ABREVIATURAS**

3GPP/3GPP2	Third-generation (3G) Partnership Project	ISDN	Integrated services digital network
BPSK	Binary phase shift keying	ITU	International Telecommunication Union
AMPS	Advanced mobile phone service	ITU-R	ITU Radio Communication Sector
ANSI-4*		ksp/s	Kilosymbols per second
ARIB	Association of Radio Industries and Broadcasting	MC	Multicarrier
BSS	Base station subsystem	Mbps	Megachips per second
CC	Call control	MM	Mobility management
CDMA	Code-division multiple access	OHG	Operators Harmonization Group
cdma2000		PCS	Personal communication services
CDMAIS-95	Digital cellular standard IS-95	PDC	Personal digital communication
CN	Core network	RACE	R&D in advanced communications technologies in Europe
CODIT	Code-division testbed (RACE II mobile project R2020)	RCR	Research & Development Center for Radio Systems (Japan)
DECT	Digital enhanced cordless telecommunication	RLC	Radio link control
DS	Direct sequence	RNC	Radio network controller
ECSD	Enhanced circuit-switched data	SIR	Signal-to-interference ratio
EDGE	Enhanced data rates for GSM and TDMA/36 evolution	TDD	Time-division duplex
EGPRS	Enhanced GPRS	TDMA	Time-division multiple access
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	TDMA/136	Digital cellular standard IS-136
FDU	Frequency-division duplex	TD-SCDMA	Time-division synchronous CDMA
HMA2	HAMAS Multiple Access 2	TFCI	Transport format combination indicator
GMSK	Gaussian minimum-shift keying	TIA	Telecommunications Industry Association
GPRS	General packet radio services	TPC	Transmit power control
GPS	Global positioning system	UMTS	Universal mobile telecommunication system
GSM	Global system for mobile communication	UTRA	UMTS terrestrial radio access
HCS	Hierarchical cell structure	UTRAN	UTRA network
IMI-2000	International mobile telecommunication	UWCC	Universal Wireless Communications Consortium
IN	Intelligent network	VoIP	Voice-over-IP
IP	Internet protocol	WBTB	Wideband Test Bed
		WCDMA	Wideband CDMA

**Tabla 12.1****12.3 Impulsores del Desarrollo de Tercera Generación**

A pesar de que la segunda generación trajo capacidades a la telefonía móvil de mercado de masas, la tercera generación introducirá valor que extiende mas allá de la telefonía básica. El crecimiento de la internet ha creado un mercado en masa base para el multimedia y servicios de información. El desafío es unir la cobertura de la telefonía móvil y el usuario asociado con la internet y otras aplicaciones multimedia. Para encontrar exitoso este reto , la tercera generación debe dar

- \* Gestión multimedia flexible.
- \* Acceso a Internet.
- \* Servicios Flexible de portador y

\* Acceso por paquetes de coste eficaz para servicios de mejor esfuerzo.

Los Nuevos servicios de multimedia serán ofrecidos vía internet . Por lo tanto, una característica de la tercera generación es que provee internet móvil. El multimedia requiere considerable flexibilidad, o sea la capacidad de coste eficaz de apoyar diversos servicios de portadora con muy diferentes requerimientos, tal como diferentes tasas de bit ( constante o variable), tiempo real o servicio de mejor esfuerzo y servicio de conmutación de paquetes o circuitos.

Además la tercera generación debe proveer cobertura total ( como el servicio de segunda generación con el servicio de voz), servicio de tasa de bit de un alto máximo ( cobertura de área completa 384 kbit/s, 2 Mbit/s de cobertura local) y cualquier tipo de mezcla de servicio. Y Finalmente la tercera generación de acceso de radio debe usar el espectro de radio y los recursos de red de una manera de coste eficaz.

### **12.3.1 Migración**

Las normas de tercera generación deben facilitar la migración eficaz de acceso de radio de segunda generación para tener éxito. La introducción de multimedia a la comunicación móvil se llevara a cabo de forma gradual al pasar el tiempo. Así se debe atender a un plan de migración paso a paso que comienza con el estado de los sistemas de segunda generación de hoy.

Dado que hay cuatro normas separadas de segunda generación (GSM, TDMA, PDC y IS 95), se deben ofrecer distintos caminos de migración.

### 12.3.2 Asignación de Espectro

El espectro es asignado de forma distinta en distintas partes del mundo. La disponibilidad de espectro varía además mucho de operador a operador. En muchas regiones del mundo se debe asignar nuevo espectro dentro de partes de la banda de frecuencias IMT-2000 de 2GHz como se define por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Europa asignará 1920 – 1980 MHz y 2110 – 2170 MHz para la operación de dúplex de división de frecuencia (FDD), y 1900 --1920 MHz y 2010 – 2025 MHz para la operación de dúplex con división en el tiempo (TDD), según la recomendación de la UIT. En Japón se ha hecho una asignación idéntica para la operación de FDD, pero no se ha hecho ninguna asignación para la operación de TDD. La asignación de espectro en los Estados Unidos es distinta a la de Europa y Japón, ya que partes de la frecuencia de 2 GHz ya han sido asignadas para uso por servicios de comunicación personal (PCS).

Aún cuando se ha reservando espectro en ciertas partes del mundo para servicios IMT-2000, no significa esto que no se pueden dar servicios similares en otras bandas. Por ejemplo, EDGE ( que es un camino de migración para GSM y TDMA/IS136) y el portador múltiple cdma2000 ( que es un camino de migración para IS-95) apoya la mayoría de los servicios IMT 2000. Por consiguiente podemos esperar ver los siguientes desarrollos en el mercado:

\* A los operadores se les asignará nuevo espectro, o bandas apareadas (FDD) o no apareadas (TDD); y

\* Los operadores migraran el espectro existentes de segunda generación, añadiendo apoyo para servicios de tercera generación.

En resumen, las normas de tercera generación deben atender de forma eficaz a los requisitos de multimedia y flexibilidad, de migración de segunda generación a tercera generación, y asignación de espectro.

#### **12.4 Familia de Normas Armonizadas de Tercera Generación**

Durante toda la década pasada el Sector de Comunicaciones de Radio (UIT-R) ha elaborado en un marco para normas globales de tercera generación. Al mismo tiempo, y desde principios de la década de 1990, la industria ha estado investigando activamente el acceso de radio de tercera generación.

Cuando la UIT – R hizo una llamada para propuestas en 1998, se presentaron diez candidatos terrestres. Varios de los candidatos eran bastante similares, aun cuando derivados de distintos cuerpos de normas.

El Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI) respondió con el interfaz de acceso de radio terrestre UMTS (para IMT 2000).

En paralelo con las actividades de banda ancha CDMA (WCDMA) en Europa, se estaba realizando un extenso trabajo de WCDMA de tercera generación en Japón, Corea y los Estados Unidos. Los cuerpos de normalización presentaron cada uno sus propias variantes de WCDMA como candidatos para IMT 2000. Se debe tomar nota, sin embargo, de que se llevo a cabo mucha cooperación y coordinación entre los proponentes de WCDMA, por lo que al final fueron más o menos idénticas las cuatro

variantes de WCDMA. Hoy sólo hay una norma WCDMA, ya que los cuerpos regionales de normalización – ETSI (Europa), TIPI (Estados Unidos), ARIB/TTC (Japón) y TTA (Corea) han juntado sus fuerzas en el proyecto de Asociación 3G (3GPP).

La UIT recibió también otras propuestas CDMA:

- \* La especificación cdma2000 propuesta por los cuerpos de normalización en los Estados Unidos y Corea (las propuestas cdma2000 contenían dos modos: un modo de dispersión directa por toda la banda de 5 MHz, y un modo de portador múltiple con tres portadores IS-95 en un formato de portador múltiple en el enlace descendente); y

- \* La especificación UWC – 136 ( EDGE y un modo de banda ancha TDMA) propuesta por TIA ( Estados Unidos).

La UIT recibió en total tres familias de propuestas PDD (WCDMA , cdma2000 y UWC-136) y tres propuestas TDD (UTRA/TDD, TDD-SCDMA y DECT – Europa, China y Europa respectivamente).

Después de haber presentado estas propuestas a la UIT, la industria y los cuerpos de normas han coordinado sus esfuerzos para armonizar los candidatos IMT 2000 y llegar a un juego mas pequeño de normas de tercera generación.

La actividad de armonización mas reciente fue iniciada por el Grupo de Armonización de Operadores (OHG), un grupo de operadores principales de todas partes del mundo que operan distintas variantes de sistemas de segunda generación (GSM, PDC, IS-136 e IS 95). El foco de las discusiones de este grupo ha estado en los sistemas de tercera

generación basados en CDMA: UTRA FDD y TDD, cdma2000 ( dispersión directa y portador múltiple) y TD-SCDMA. La OHG fijo el marco en su primera reunión para las normas de tercera generación:

1. Deben haber tres modos de interfaces de radio basados en CDMA:

- \* CDMA de dispersión directa (DS).
- \* Portador Múltiple CDMA (MC) y
- \* Dúplex de división en el tiempo (TDD).

2. Deben haber dos tipos de núcleo de la red;

- \* Núcleos de la red basados en GSM, inclusive GSM en modo circuito y GPRS de conmutación por paquetes; y
- \* Núcleos de la red basados en ANSI-41, inclusive redes en modo circuito y de conmutación por paquetes.

3. Todos los modos de red de acceso de radio deben poder conectar a cualquiera de los tipos de núcleo de la red.

### **12.5 Familia Armonizada de Cuatro**

La familia de normas de acceso de radio debe atender a cada espectro y escenario de migración para que los operadores puedan dar servicios de tercera generación. La principal tarea de armonizar los sistemas de acceso de radio de tercera generación para alcanzar este objetivo ha sido de reducir a un mínimo el número de técnicas distintas de interfaz de aire.

Siguiendo las propuestas tempranas de Ericsson, la industria y los procesos de normalización globales han establecido ahora un escenario de acceso de radio de tercera generación, que nosotros denominamos la familia armonizada de cuatro. En breve, los criterios de espectro y migración dan cuatro categorías principales de requisitos incompatibles para normas de acceso de radio.

1. Espectro nuevo, o modificado, en bandas dúplex pareadas para áreas que cubren servicios móviles de tercera generación. Esta categoría requiere una técnica de acceso de radio nueva y flexible que ha sido perfeccionada lo mas posible para multimedia y que puede utilizar de forma mas eficaz bandas de espectro nuevas o modificadas (por lo menos 2.5 MHz, preferiblemente 2.15 – 20 MHz por operador). La técnica mas apropiada para esto es la solución armonizada WCDMA que se esta desarrollando por la 3GPP.
2. Espectro no pareado nuevo, o modificado TDD es la única opción factible para bandas no pareadas.
3. Solución de migración de espectro TDMA. EDGE, que fue definido para apoyar la migración de bandas TDMA ( o GSM o TDMA/136) hacia la comunicación móvil de tercera generación introduce modulación de alto nivel y técnicas de adaptación de enlace que estimulan de modo significativo las capacidades de tasa de bit de TDMA usando las mismas frecuencias. EDGE, en combinación con agregación de segmento de tiempo y conmutación por paquetes, llega a ser una herramienta especialmente



eficaz para la migración de acceso de radio de tercera generación a los sistemas TDMA (GSM o TDMA/136).

4. Solución de migración de espectro CDMA/IS 95. Para introducir servicios de banda ancha al espectro IS-95 existente, una solución de superposición de espectro utiliza o un portador de 1.25 MHz (1X) o tres portadores de 1.25 MHz (3X) para el enlace descendente. Esta estrategia de superposición de espectro permite que puedan coexistir servicios de segunda generación y de tercera generación en las mismas frecuencias.

## **12.6 Secuencia Directa**

WCDMA ha sido elegida como la tecnología básica de acceso de radio para UMTS/IMT-2000 en todas las áreas principales del mundo. Aparte de servicios de alta tasa de bit, el interfaz de radio WCDMA ofrece mejoramientos importantes sobre CDMA de banda estrecha de segunda generación, inclusive

\* Mejor cobertura y capacidad, gracias a mayor ancho de banda y mejor detección coherente de enlace ascendente.

\* Apoyo para traspaso entre frecuencias, lo que es necesario para estructuras de células jerárquicas de gran capacidad (HCS).

\* Apoyo para tecnologías de refuerzo de capacidad, tales como antenas adaptivas y detección de usuario múltiple; y

\* Un protocolo rápido y eficaz de acceso por paquetes. UTRA incluye los modos FDD y TDD. El modo FDD esta basado en WCDMA puro, mientras que el modo TDD incluye un componente adicional TDMA según la propuesta TDC/CDMA.

### **12.7 Edge**

Dos de las normas principales de segunda generación, GSM y TDMA/136, han formado las bases de las cuales ofrecemos un acceso de radio global común para servicios de datos. Al explotar una capa física común (EDGE), sigue cada norma el mismo camino de migración hacia dar servicios de tercera generación.

EDGE da tasas de bit y eficacia espectral mucho mas altas al comparar con los servicios de datos disponibles actualmente GSM y TDMA/136.

EDGE fue propuesto por primera vez a ETSI a principios de 1997, como un medio de evolucionar GSM. EDGE reutiliza el ancho de banda y la estructura de segmento de tiempo de GSM y da una manera eficaz de aumentar las tasas de bit, facilitando así la evolución de sistemas celulares existentes hacia capacidades de tercera generación.

Al desarrollar su tecnología sin hilos de tercera generación, opto la comunidad TDMA/136 por basar su propuesta en la evolución de sistemas de segunda generación. El consorcio Universal de Comunicaciones sin Hilos (UWCC) adopto en enero de 1998 a EDGE como el componente exterior del interfaz de radio de alta

velocidad 136 para dar servicios de datos de 384 kbit/s. Los argumentos en favor de este enfoque son que la tecnología se aplica tanto a los sistemas GSM como TDMA/136 y que prepara el camino para itinerancia global. EDGE ha sido desarrollada desde entonces al mismo tiempo por ETSI y la UWCW para garantizar un alto grado de sinergia para GSM y TDMA/136 de la misma forma

### **12.7.1 EDGE Fase I**

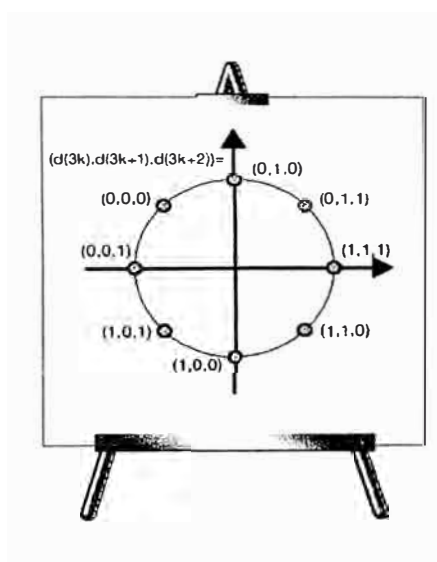
EDGE trata principalmente con el mejoramiento del interfaz de radio. Sin embargo, en un contexto mas general, puede ser considerado también como un concepto de sistema que permite que las redes de acceso de radio GSM y TDMA/136 ofrezcan un juego de nuevos portadores de acceso de radio a sus núcleos de la red.

Parámetros básicos de la interfaz de radio:

El interfaz de aire EDGE esta destinado a facilitar tasas de bit mas altas que las que se pueden alcanzar actualmente en los sistemas celulares de hoy. Para aumentar la tasa de bit total se introduce modulación lineal de alto nivel. El sistema de modulación de manipulación por desplazamiento de ocho fases fue elegido por sus altas tasas de datos, alta eficacia espectral e implementaron moderadamente compleja. La modulación de manipulación por desplazamiento mínimo Gaussiana (GMSK) definida en GSM es también parte del concepto de sistema EDGE. La tasa de símbolos de cada modulación es de 271 ksps lo que da una tasa de bit total por segmento de tiempo ( inclusive dos señalizaciones por robo de bit por ráfaga) de 22.8

kbit/s para GMSK y 69.2 kbit/s para 8PSK. La forma del impulso 8PSK es GMSK linealizada, lo que significa que 8PSK encaja en la máscara de espectro GSM.

Muchos parámetros de capa física EDGE son idénticos a los de GSM. El espaciamiento de portador es de 200 KHz y la estructura de trama TDMA de GSM no está cambiada. El formato de ráfaga 8PSK es además similar: una ráfaga incluye una secuencia de entrenamiento de 26 símbolos en el medio, 3 símbolos de cola en cada extremo y 8.25 símbolos de guardia en un extremo. Cada ráfaga lleva 2.58 símbolos de datos, cada uno de los cuales está compuesto de tres bits.



**Figura 12.2**

### **Transmisión de conmutación por paquetes – EGPRS**

La norma actual GSM/ GPRS apoya tasas de datos de 11.2 a 22.8 kbit/s por segmento de tiempo. EGPRS, por contraste, permitirá tasas de datos de 11.2 a 59.2 kbit/s por segmento de tiempo, lo que en una configuración de segmentos múltiples de una tasa de datos de bien por encima de 384 kbit/s.

Debido a la tasa de bit mas alta y la necesidad de adaptar la protección de datos a la calidad de canal, esta algo cambiado el control de enlace de radio EDGE del protocolo correspondiente GPRS. Los cambios principales implicaron un mejoramiento del sistema de control de calidad de enlace. El control de calidad de enlace es, como se ha mencionado arriba, un termino común para técnicas que adaptan la robustez del enlace de radio a calidad de canal variable. Ejemplos de técnicas de control de calidad son adaptación de enlace y redundancia incremental.

### **12.7.2 EDGE Fase II**

El foco principal de EDGE fase II se encontrara en servicio de tiempo real entregados por medio del protocolo Internet (IP); Ej. voz por IP. La introducción de estos servicios tendrá un impacto en el acceso de radio, la arquitectura del sistema, y el núcleo de la red. Así evolucionara una red de núcleo único para el acceso de radio UTRA y EDGE.

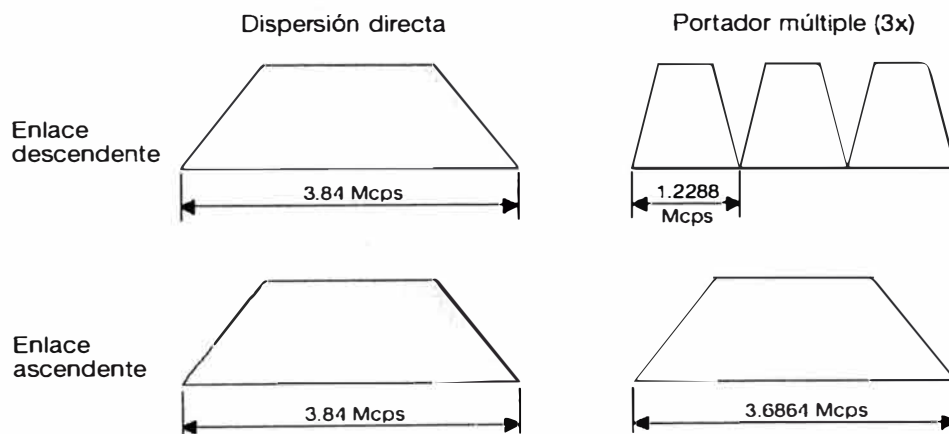
### **12.8 Portador Múltiple**

La especificación cdma2000 contenía originalmente las variantes 1X, 3X y dispersión directa. Después de la armonización, se basara el portador múltiple global de dispersión directa en WCDMA, poniendo así un fin al trabajo en cdma2000 DS.

Para usar la superposición de espectro en servicios actuales IS-95, debe reutilizar la solución muchas de las capas bajas de IS-95. La señal de portador múltiple (1X,3X) debe mantener también la otorgonalidad a los portadores IS-95 en el enlace descendente. Se usa un portador de 1.25 MHz para 1X. Sin embargo se han

reforzado varios aspectos de 1X para que sean mas apropiados a los servicios de tercera generación.

El uso de 3X triplica las capacidades de ancho de banda de alcanzar las tasas de bit mas altas que se proyectan para el acceso de radio de tercera generación. Esto se lleva a cabo con multidifusion de la señal de banda ancha en tres portadores de 1.25 MHz en el enlace descendente. Para evitar una complejidad de terminal innecesaria asociada con la transmisión de estos portadores, se usa también dispersión directa para el enlace ascendente 3X.



**Figura 12.3**

El modo 1X es banda estrecha evolucionada IS-95 con ancho de banda de 1.25 MHz. La operación regular del modo de operador múltiple usa tres portadores en paralelo (3X), lo que corresponde a un ancho de banda de 3.75 MHz aproximadamente. Sin embargo también se puede normalizar también otros modos (6X,9X,12X) con aumentos correspondientes en ancho de banda

Debido a que cada portador del enlace descendente del portador múltiple debe tener las mismas características que un portador de enlace descendente IS-95, se necesita una estrecha sincronización entre células, típicamente por medio de recepción de satélite de posicionamiento global (GPS). Esto no se aplica al modo de dispersión directa, que está basado en WCDMA asincrónico.

El modo de dispersión directa consiste de portadores CDMA de banda ancha en el enlace ascendente y en el enlace descendente. El modo de portador múltiple consiste de un portador CDMA de banda ancha en el enlace descendente y numerosos portadores paralelos de banda estrecha CDMA en el enlace descendente. La tasa de chip de los portadores en el enlace descendente del portador múltiple es idéntica a la de IS-95. La tasa de chip de los portadores en el enlace ascendente del portador múltiple es exactamente tres veces la de los portadores de enlace descendente.

### **12.9 La Revolución UMTS : La tercera generación de móviles .**

Como sistema de móviles de tercera generación, UMTS proporcionará a los usuarios terminales multimodo y multibanda, con cámara incorporada, pantalla en color y gran memoria. Y gracias a una interfaz de aire flexible, aportará roaming mundial entre diferentes países y también con sistema de segunda generación.

UMTS evoluciona para integrar todos los servicios ofrecidos por las distintas tecnologías y redes actuales (GSM, DECT, RDSI, INTERNET...) y se podrá utilizar con casi cualquier tipo de terminal (teléfono fijo, inalámbrico, celular, terminal multimedia ...) tanto en ambientes profesionales como domésticos, ofreciendo una mayor calidad de los servicios y soportando la personalización por parte del usuario y

los servicios multimedia móviles en tiempo real . Todas estas posibilidades brindaran excelentes oportunidades de negocio, creando un nuevo modelo comercial, a la industria de tecnologías de la información y las comunicaciones.

El área de las comunicaciones móviles, junto con Internet , es la de crecimiento más rápido dentro del sector de las comunicaciones en todo , el mundo había 450 millones de usuarios móviles celular y la previsión es alcanzar los mil millones en el año 2004

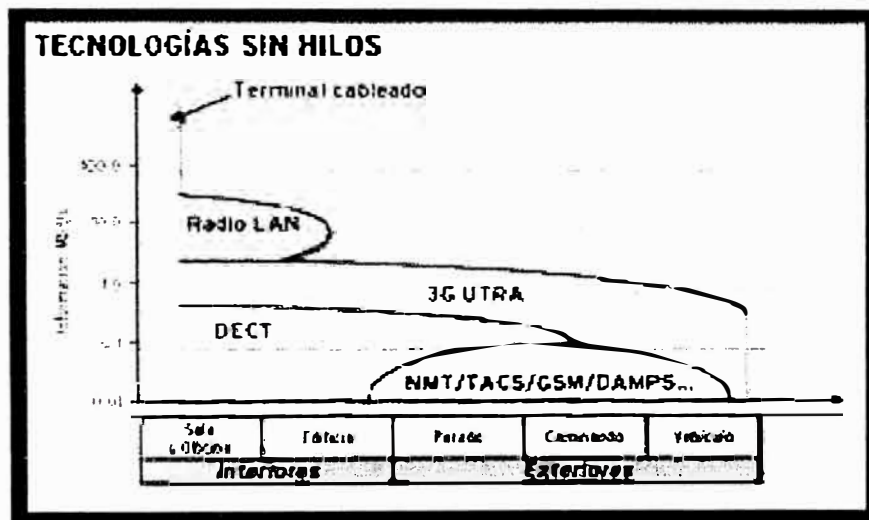


Figura 12.4

Este crecimiento tan espectacular y rápido lleva aparejado el desarrollo e implantación de diferentes tecnologías analógicas como FDMA y digitales como TDMA y CDMA y estándares AMPS, TDM, NMT, TACS, GSM, DECT o PHS muchas veces coexistiendo en el mismo país, lo que hace que resulte complicado, además de costoso, dotar de movilidad universal a los usuarios en sus desplazamientos.



### 12.9.1 Mayor Velocidad y Mejores Servicios

La tercera generación de móviles, denominada 3G, evoluciona para integrar todos los servicios ofrecidos por las distintas tecnologías y redes actuales, como GSM, TACS, DECT, RDSI e Internet, utilizando cualquier tipo de terminal, sea un teléfono fijo, inalámbrico o celular, tanto en un ámbito profesional como doméstico, ofreciendo una mayor calidad de los servicios y soportando la personalización por el usuario y los servicios multimedia móviles en tiempo real. La velocidad de transferencia de datos que la UIT requiere en su solución IMT-2000 va desde los 144 kbit/s sobre vehículos a gran velocidad hasta los 2 Mbit/s sobre terminales en interiores de edificios (cifra al menos 60 veces superior a la que se tenía hasta hace poco utilizando un módem y la RTC), pasando por los 384 kbit/s para usuarios móviles en el extraradio, o vehículos a baja velocidad.



Figura 12.5

Los servicios 3G combinan el acceso móvil de alta velocidad con los servicios basados en el protocolo IP. Pero esto no sólo conlleva una conexión rápida con la World Wide Web, sino que implica además nuevas formas de comunicarse, de acceder a la información, de hacer negocios, de aprender y de disfrutar del tiempo libre, dejando a un lado las conexiones lentas, los grandes terminales y los puntos de acceso fijos. Con la 3G se pueden realizar múltiples conexiones simultáneamente desde un mismo terminal móvil. Así, por ejemplo, un usuario podría conectarse a una base de datos remota para obtener información sin necesidad de interrumpir una sesión de videoconferencia.

Para que los usuarios utilicen los servicios 3G hará falta nuevos teléfonos y otros dispositivos capaces de proporcionar los servicios que se deseen, desde los de telefonía móvil hasta los de multimedia (voz, datos y vídeo). Además, en las redes móviles es necesario introducir nuevos sistemas de transmisión por radio, cambiar parte de las plataformas de conmutación y de transmisión, e incorporar los nodos de servicio que hagan posibles las prestaciones 3G; algo que ya está empezando a suceder en las redes actuales con la introducción de tecnologías intermedias como WAP o GPRS.

Si el paso de los sistemas de primera generación (analógicos) a los de segunda consistió, básicamente, en el cambio de terminal, el paso de la segunda a la tercera generación significará, además del cambio de terminal, el cambio de modelo de negocio. En este nuevo modelo las aplicaciones personalizadas/localizadas y multimedia serán las protagonistas, tanto para los ciudadanos residenciales como para

los empresariales, viendo los operadores como se incrementa el tráfico en sus redes y se crean nuevas oportunidades de negocio.

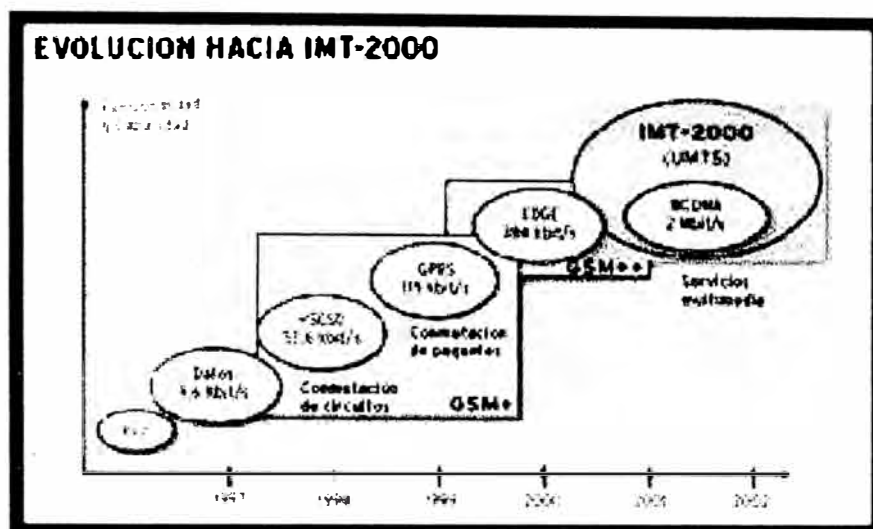


Figura 12.6

Existen, además, razones evidentes que explican la necesidad de introducir la 3G. Por una parte se encuentra la capacidad de las redes móviles actuales que sólo permiten albergar un número determinado y limitado de usuarios, con un patrón de consumo similar al actual, y que en cuanto se sobrepasa la congestión de la red se manifiesta de manera insoportable para los usuarios. Por otra parte, se encuentra el incremento de tráfico motivado por la sustitución del tráfico fijo por el móvil, en cuanto el coste de las llamadas se reduzca y los hábitos de los usuarios se modifiquen, necesiándose entonces más espectro. Y, por último, la aparición de nuevos servicios, muchos de ellos personalizados, donde la convergencia con Internet y el aumento de aplicaciones multimedia supondrá un aumento significativo de tráfico; tanto es así que

los analistas estiman que supondrá en torno a un 30% de tráfico adicional en tan sólo dos o tres años.

Los fabricantes de infraestructura y terminales móviles están haciendo un gran esfuerzo para disponer de los equipos de 3G, ya que ven en ella una gran oportunidad para el desarrollo de su negocio y supervivencia a largo plazo. Así, todos los grandes, como Alcatel, Ericsson, Lucent, Motorola, Nokia, Nortel o Siemens, enfocan su estrategia en esta línea y se esfuerzan por desarrollar los estándares y fabricar los equipos para que estén a tiempo, además de impulsar el desarrollo de aplicaciones mediante la alianza con terceros.

### **12.9.2 Prestaciones 3G**

Para asegurar el éxito de los servicios 3G, se ha de proporcionar a los usuarios unas comunicaciones muy eficientes, con una alta velocidad y calidad y fáciles de utilizar. Los sistemas de 3G deben ofrecer:

- \* Transmisión simétrica/asimétrica de alta fiabilidad.
- \* Hasta 384 kbit/s en espacios abiertos y 2Mbit/s con baja movilidad.
- \* Uso de ancho de banda dinámico, en función de la aplicación.
- \* Soporte tanto de conmutación de paquetes como de circuitos.
- \* Acceso a Internet (navegación WWW), videojuegos, comercio electrónico, y vídeo y audio en tiempo real.
- \* Diferentes servicios simultáneos en una sola conexión.

- \* Calidad de voz como en la red fija.
- \* Mayor capacidad y uso eficiente del espectro.
- \* Personalización de los servicios, según perfil de usuario.
- \* Servicios dependientes de la posición.
- \* Incorporación gradual en coexistencia con los sistemas actuales de 2G.
- \* Itinerancia o roaming, incluido el internacional, entre diferentes operadores.
- \* Economías de escala y un estándar global y abierto que cubra las necesidades de un mercado de masas.
- \* Cobertura mundial, con servicios terrestres y por satélite.

### **12.10 Promesas de la 3G en Brasil**

Los servicios con características de tercera generación llegarán primero a través de las operadoras ya existentes. De la manera como esta siendo implementada en Europa, la 3G exige la concesión de nuevas bandas de frecuencia entre 1.9 Ghz y 2.2 Ghz. En Estados Unidos se debe utilizar la banda de 1.8 Ghz.

Además de la implantación de las operaciones de 3G, existe la posibilidad de realizar la migración de las operaciones actuales. El primer paso en esta edición sería la adopción de tecnologías de paquetes en alta velocidad, como el CDMA 1XRTT (radio transmission technology) y el GSM/GPRS. El GPRS ya funciona

comercialmente en algunos países de Europa mientras que el 1XRTT se encuentra en fase de prueba en Estados Unidos y en Asia y deben ser lanzados a finales del 2001.

Tecnologías como el GPRS y el 1XRTT se consideran pertenecientes a la generación 2.5 y deben adoptarse en Brasil. Para las empresas con TDMA la situación es mas complicada.

No hay tecnología disponible de generación 2.5. La tecnología de paquetes que existe en el mercado, denominada CDPD no ofrece alta velocidad, llegando solamente a 14,4 kbps. El GSM/GPRS ofrece servicios de datos que tienen velocidades entre 115 kbps y 160 kbps, mientras el CDMA 1XRTT alcanza los 144 kbps.

Para el TDMA la alternativa seria pasar para lo que , en el caso del GSM, ya seria un segundo paso. Se trata de la plataforma EDGE , que ofrece velocidad de 384 kbps. En este caso la migración solamente seria posible en el 2002, cuando los equipos lleguen al mercado. Para el CDMA el segundo paso seria el sistema 1XEV (evolution), que tiene una velocidad de datos de 2Mbps.

### **12.10.1 Paquetes y ..... Paquetes**

Para el segundo semestre del 2001 las operadoras en Brasil comenzaron sus operaciones ofreciendo servicios de datos con la tecnología GPRS, además del GSM normal. Al mismo tiempo, las operadoras de CDMA comenzaron la adopción del 1XRTT.

Entonces, Cual será la diferencia para el usuario ? En primer lugar las tecnologías de paquetes harán económicamente factibles las aplicaciones corporativas utilizando la plataforma WAP.

En las tecnologías de paquetes como el GPRS y el CDMA 1XRTT el cliente estará siempre conectado al servicio de datos y pagara tan solo por el volumen de datos transitados. La tecnología de paquetes permitirá ofrecer nuevos servicios a través de infraestructura celular como, por ejemplo, localización, orientación y gestión de flota, telemetría y tele alarma.

### **12.10.2 Trayecto Difícil**

En el camino de migración para la 3G las mayores incertidumbre se presentan para las operadoras con redes TDMA. A fines del 2000 AT&T (la tercera mayor operadora de Estados Unidos con 15 millones de abonados) anuncio la superposición de una red GSM sobre su red TDMA. La elección del GSM se debe a la disponibilidad inmediata del GPRS, tecnología de datos en alta velocidad, lo que no sucede con TDMA.

La operadora norteamericana piensa construir su red sobrepuesta de GSM/GPRS como máximo hasta el 2002. En 2003, AT&T deberá migrar hacia el EDGE. Además del servicio de datos mas rápido, la empresa comenzara a ofrecer roaming para usuarios europeos, utilizando la banda de 1.9 Ghz en los Estados Unidos y 1.8 Ghz en Europa.

Esta alternativa de superposición debe ser seguida por Brasil. Otra posibilidad sería la superposición de una red CDMA sobre la infraestructura TDMA. La hipótesis

menos probable sería el simple mantenimiento de la red TDMA a la espera del EDGE, que solamente llegara este 2002, una solución válida tal vez para los mercados menores en los que no hay mucha demanda por servicios de datos.



## CONCLUSIONES

Este informe se escribió con la idea de brindar mayor conocimiento a las personas que están orientados a las Telecomunicaciones respecto a las Redes Celulares Inalámbricas, el trabajo se le dividió en doce capítulos con la finalidad de abarcar la mayoría de los conceptos que se manejan en el ámbito de las redes celulares, no se tocó la parte de la central ni las redes ATM (redes de fibra óptica) que forman parte de la red de datos del sistema; Se empezó hablando de la visión global de los servicios de radio, los métodos de modulación que hasta el momento se emplean o emplearon en estos sistemas, se explicó brevemente sobre el procesamiento de una llamada desde la central pasando por la radio base hasta el usuario y viceversa, se tocó el tema de los factores que afectan la performance RF del sistema así mismo los métodos y procedimientos para su optimización a nivel de Radio Frecuencia (RF) y por último se quiso brindar un panorama sobre los conceptos de tercera generación.

En la actualidad no habrá ningún país que no tenga una Red Inalámbrica Celular, la más antigua como la Europea predomina la tecnología Digital Global System for Mobile Communications (GSM), en América del Norte y luego en el resto de América empezaron con la tecnología Analógica (AMPS) para luego cambiar a la etapa digital de estas redes; Cada operador de estos países tuvo que elegir por una tecnología digital ya probada en los estados unidos como era el TDMA (IS-136) o una tecnología digital como el CDMA IS-95 (Code Division Multiple Access) donde Motorola lo estaba probando, En el Asia especialmente

Japón siempre intentó trabajar con su propia tecnología ( estándar) por ello empezó a trabajar con la tecnología PDC.

En la década de los noventa el campo de las telecomunicaciones más aún el celular tuvo un crecimiento muy importante a nivel económico e ingeniería, todos los países empezaron a implementar y hacer crecer sus redes , se empezó brindando el servicio Post Pago y con la aparición “del que llama paga” se libero más aún el mercado por ese entonces el tener un teléfono celular era de algunos a diferencia de la actualidad, luego en algunos países se implemento el servicio de Pre-Pago donde se obtuvo muy buenos resultados a nivel de ingresos económicos, aumento el tráfico y por ende el número de usuarios, esto servicio fue y es importante para todo los operadores celulares como ejemplo citaremos a Brasil que un alto porcentaje de usuarios son Pre-Pagos.

Toda Red siempre tiene que ser monitoreado y/o optimizado y las redes celulares no son una excepción, de tal forma en este informe se quiso mostrar la optimización a nivel de Radiofrecuencia debido a las interferencias causadas por el reuso de frecuencias las cuales son percibidas en mucho de los casos por los usuarios, así mismo la supervisión constante de las radio bases , sus antenas y cableados que conforma la parte operativa; Las estadísticas del tráfico son una preocupación constante mas aún en estos tiempos con el problema económico global a hecho que en el mercado de las telecomunicaciones no se invierta mucho no sólo en los operadores si no también en los proveedores de tecnología que han llegado a reducir sus plantas de producción.

La industria inalámbrica ha dedicado un gran esfuerzo durante los últimos años al desarrollo de soluciones para sistemas inalámbricos de tercera generación.

Los sistemas 3G proporcionan a los suscriptores capacidades avanzadas, la más notables de las cuales son servicios de Internet y de multimedia de gran velocidad. La International Telecommunication Union (ITU), trabajando en conjunto con entidades industriales en todo el mundo, implemento el programa IMT-2000 para desarrollar estándares para estos sistemas 3G. La evolución a los servicios CDMA2000 3G no está limitada a los actuales operadores cdmaOne. El CDMA2000 es sumamente atractivo para los operadores TDMA porque ellos ya usan la misma red núcleo que los operadores cdmaOne ( el estándar ANSI-41). Para los operadores GSM, el estándar CDMA-MC a GSM MAP (IS-833) define como la interfaz aérea CDMA2000 puede operar en la red GSM MAP, haciendo esto un enfoque técnicamente factible y económico para ofrecer servicios 3G de manera oportuna.

El CDMA2000 no está restringido sólo a la banda IMT; esta definido para operar en todos los espectros existentes asignados para telecomunicaciones inalámbricas, por tanto optimizando la flexibilidad para los operadores. Más aún, el CDMA2000 entrega servicios 3G ocupando una cantidad muy pequeño del espectro (1.25 MHz) por carrier, protegiendo así este precioso recurso para los operadores. El CDMA2000 está evolucionando para continuar cumpliendo con las demandas futuras del mercado inalámbrico. Los estándares CDMA2000 1xEV proporcionaran canales optimizados para datos, ofreciendo velocidades de transmisión de datos muy en exceso de los requerimientos de 2 Mbps del ITU IMT-2000.

Por otro lado, la red integrada Edge/GSM y WCDMA es la evolución natural a tercera generación (3G) más desplegada a nivel mundial. Para impulsar la transición desde 2G a 3G, las redes GSM pueden ser utilizadas para proveer servicios de 3G en todas las áreas de cobertura. El Edge es una alternativa a GPRS. El nombre

de la estandarización del Edge es Enhanced GPRS (EGPRS). El Edge es un mejoramiento de GPRS entre la interfaces de radio, la terminal y la radio de la estación base.

Datos reciente dicen que Qualcomm esta buscando activamente integrar infraestructura, conmutadores y teléfonos portátiles para crear “una segunda opción natural” para la migración de los operadores GSM a 3G. Esta iniciativa se llama GSM-1x que será el resultado de combinar la tecnología inalámbrica CDMA2000-1x con infraestructura GSM.

## **ANEXO**

# **AVANCES E IMPACTO DE LA TERCERA GENERACIÓN (3G)**



**Lucent Technologies**  
Bell Labs Innovations



# **CDMA2000 Packet Data Migration to High Speed Data**

# CDMA2000 1X & 1xEV-DO... PERFECT TOGETHER

## CDMA2000 1X



**WAP Phone**

Text Display + Voice  
Average Data Usage (Kb/mo.)  
500  
Data Access Revenue/ Sub:  
\$10 ('01) ~ \$7.50 ('07)  
Key Data Applications  
Info Services (Low Interaction)  
Messaging  
Limited E-commerce  
Email  
Mp3/walkman

## CDMA2000 1xEV-DO



**PDA**

Pocket LCD Display  
Average Data Usage (Mb/mo.)  
10  
Data Access Revenue/ Sub:  
\$10 ('01) ~ \$7.50 ('07)  
Key Data Applications  
Info Services (Interactive)  
Web Browsing/e-commerce  
E-mail  
Mp3  
Low-fi Video



**Laptop**

Full Multimedia  
Average Data Usage (Mb/mo.)  
30  
Data Access Revenue/ Sub:  
\$25 ('01) ~ \$20 ('07)  
Key Data Applications  
VPN Corporate Access  
E-mail  
Mp3  
Web Browsing/e-commerce  
Video/audio  
Info Services

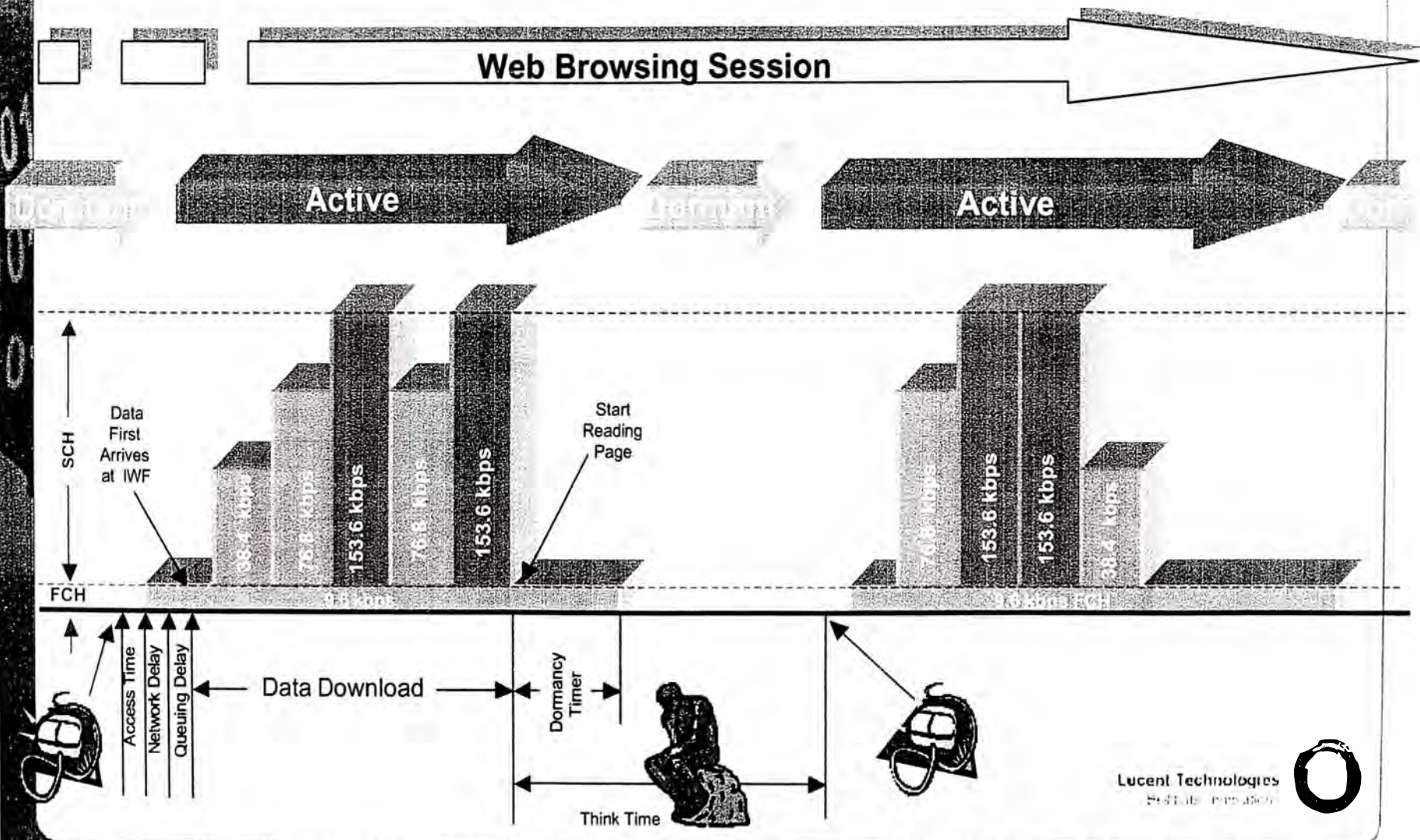
# CDMA2000 1X Packet Data

- **High Data Rates**
  - Initial 144 Kbps Forward
  - 3G Simple IP Data IWF
  - Software Upgrade of the Existing 2G Packet IWF
  - Support Mixed 2G and 3G Subscribers
    - New Channel Cards Support Simultaneous 2G & 3G Data Services
  - Software Upgradeable to Mobile IP
  - Leverage 2G Packet Billing, Provisioning Systems and Application Servers (Such As WAP)
- **Begin to Adopt Internet Model for Wireless Data**
  - Simple IP Offers ISP Like Implementation/billing
  - Logical Path to Mobile IP
  - IP Application Transparency
  - “Always On” Internet Capability





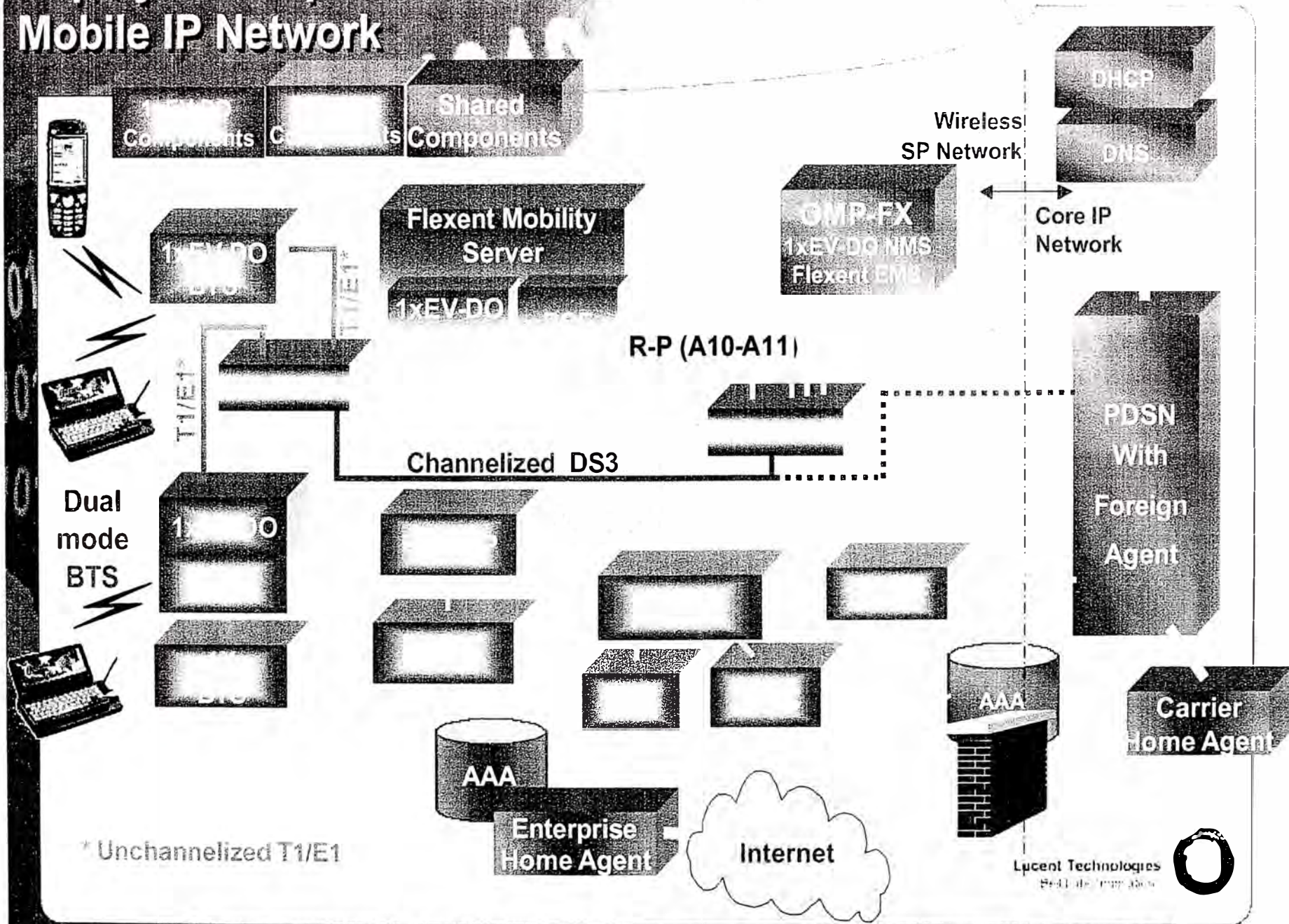
# CDMA2000 1X Packet Data (Bursts)



- **Highest Data Throughput of Any Accepted Mobility Standard**
  - 2.4 Mbps Forward, 153 Kbps Reverse
- **Low Cost Overlay End-to-end IP Network Interface**
  - Shares PDSN With 1xEV
  - Shares AAA, DNS, DHCP, Etc.,
- **Powerful Data Complement to 1X**
  - CDMA2000 1xEV Dedicated Channel Optimized for Data Only
    - 6x Data Capacity of 1X
    - No Impact From Voice Demands
  - CDMA2000 1X Carriers Optimized for Maximum Voice Traffic
    - Double Voice Capacity of cdmaOne, 50% Longer Battery Life
    - No Impact From Data Demands
  - Coverage Equal to ANSI 95, CDMA2000 1X



# Deployment Options: CDMA2000 1X and 1xEV-DO Mobile IP Network



# 1xEV-DO & CDMA2000 1X Interoperability

## 1xEV-DO/cdmaOne/CDMA2000 1X Interworking Relies on

- **PDSN Providing Seamless Data Service for multi-mode Terminals.**
  - Standard PDSN Shared With CDMA2000 1X Data Users
  - Supports Mobile-IP Internet Hand-Off between 1X-EV & CDMA2000 1X
- **Multi-mode Access Terminals (AT) That Can Receive Notifications for Mobile Terminated Voice Calls**
  - Multi-mode 1xEV-DO / CDMA2000 1X / cdmaOne AT
  - Monitor the IS-2000 Common Channels While Exchanging 1xEV-DO Data
    - Performs Separate Registration, Authentication and Signaling / Data Exchange
      - 1xEV-DO System Based on the 1xEV-DO Air Interface (HAI)
      - 3G-1X System Based on the IS-2000 Air Interface
- **Other IS2000-IS41 Services**
  - I.E. Short Message Service – SMS via the IS95/IS2000 Air Interface.



---

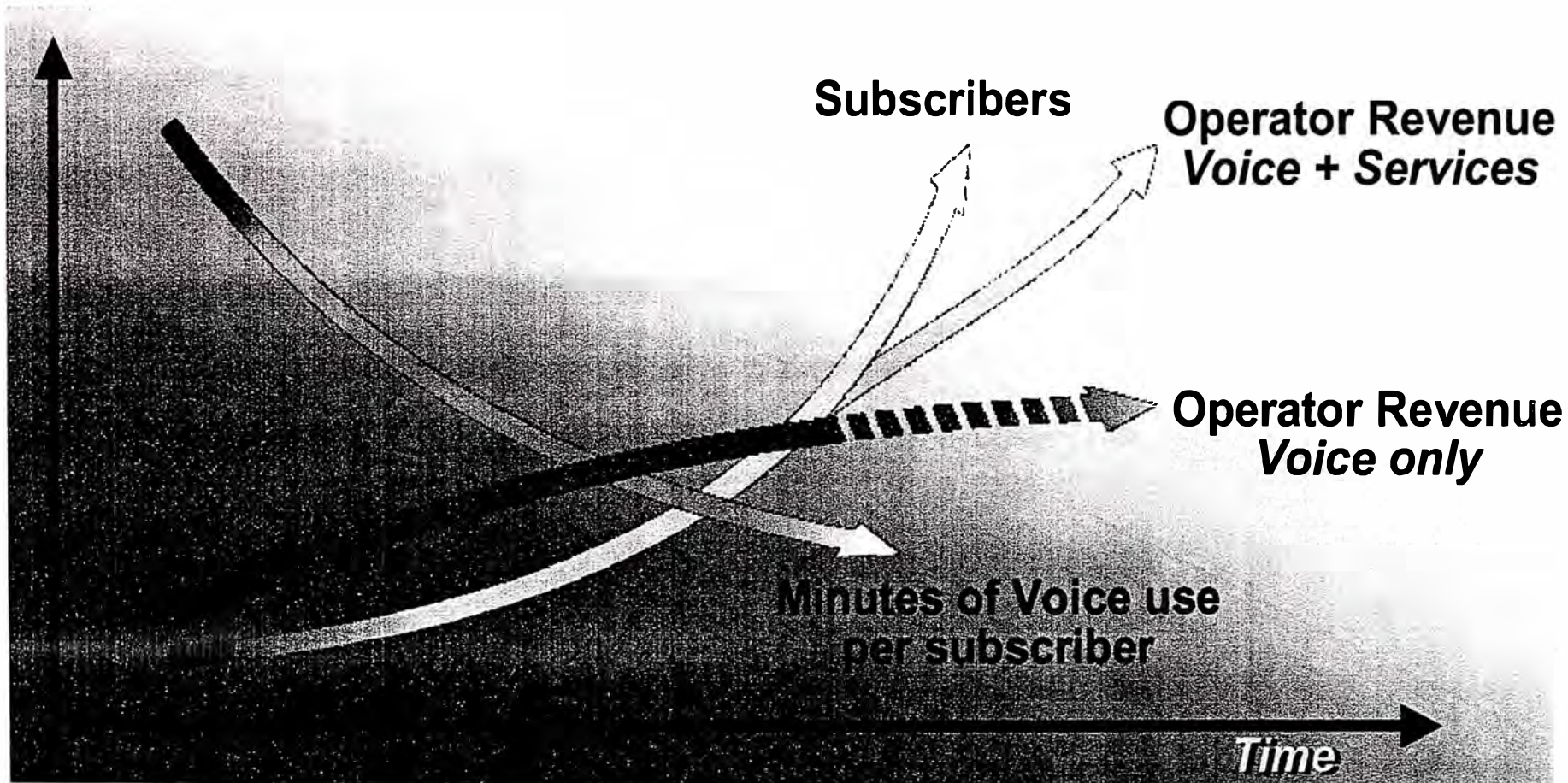
# The Role of CDMA in 3G

September 7, 2001

---

**Motorola**  
**Neal Campbell**  
**Vice-President, Global Marketing**

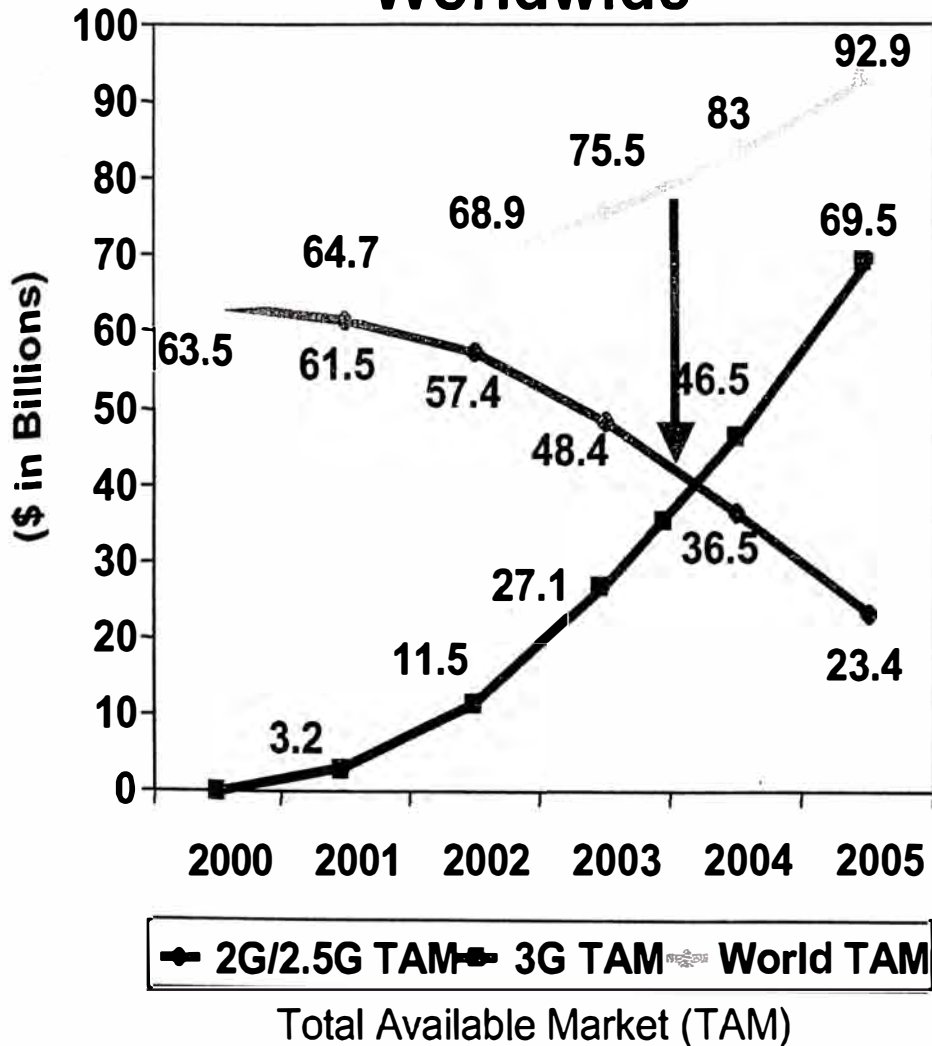
# Wireless Market Trends



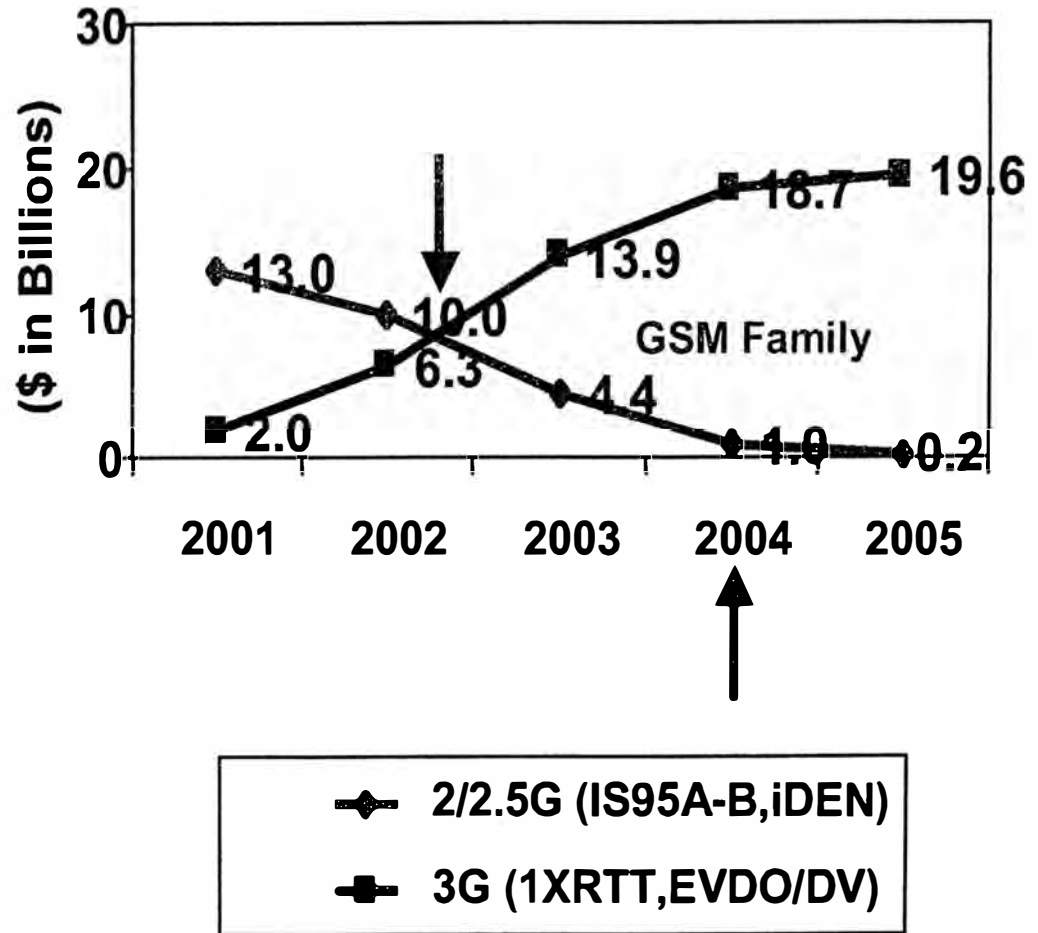
➤ **Future Growth Will Be Driven by Non-voice Services, Increasing Network Complexity and New Revenue Generation**

# 3G/CDMA Overtakes 2G in 2002

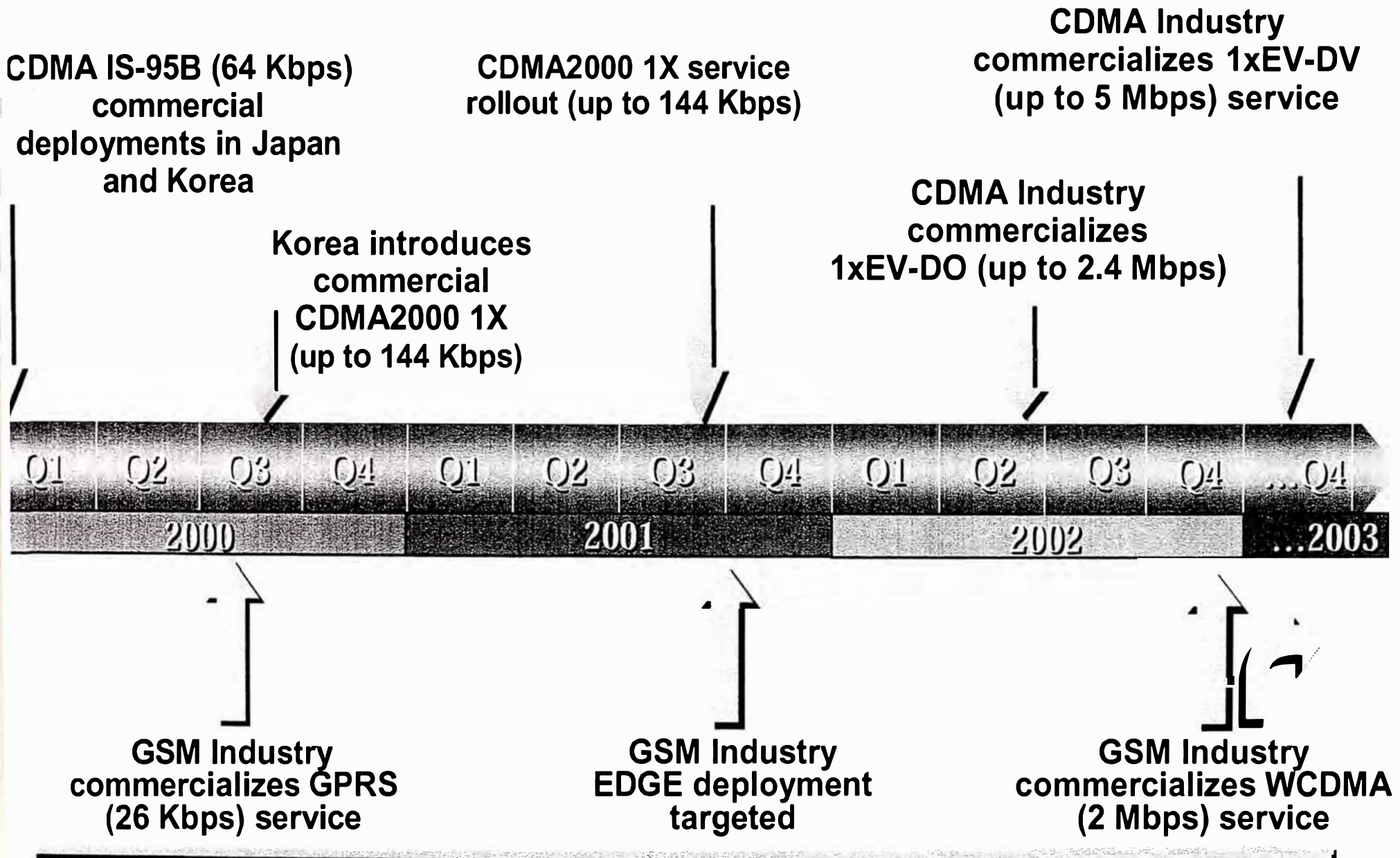
## Worldwide



## CDMA Family



# CDMA vs. Other Technologies





# The Wireless Internet Begins...

Data penetration still less than 10% but growing rapidly.

60% Mobile Internet penetration already in Japan.

Sprint, BT Cellnet, DoCoMo, J-Phone, KDDI, Nextel, and Verizon all exceed 1 million data subscribers.

Over 15% of all telecom service revenue will come from Mobile Internet in 2005.

## Mobile Internet Subscribers

Carrier	Subs (M)
DoCoMo*	23.0
KDDI*	7.2
J-Phone*	6.7
BT Cellnet	1.3
Shinsegi (Korea)	0.5
Sprint PCS	1.5
Verizon	1.0
AT&T	0.6
Nextel	1.1
Telefonica	0.5
Omnitel	0.1
TIM	0.1
France Telecom	0.7
Others	1.65
<b>Total*</b>	<b>46.0</b>

Source: *Company and Industry Reports, Japan Telecommunications Carriers Association*

\* As of 4/30/01

# IS-95 Success

## IS-95A

**2G CDMA network standard, focused on voice**

**Significant market presence in:**

**Americas—particularly US**

**Asia—particularly Korea and Japan**

**China Unicom's adoption may lead to a large presence in China**

**International roaming becomes much more common**

**To compete with GSM as a global roaming technology, more CDMA**

**operators sign roaming agreements**

## IS-95B

**Introduced packet data in IS-95 networks (64 Kbps)**

**Commercially deployed in select markets (Japan)**

**Large degree of success in these markets**

# Today CDMA2000 1X Provides...

## Support of CDMA2000 1X Air Interface

Enables new revenue generating data opportunities

Nearly doubles voice capacities

## Orderly Migration Path

Maximizes re-use of existing equipment

Minimizes risk to existing voice services

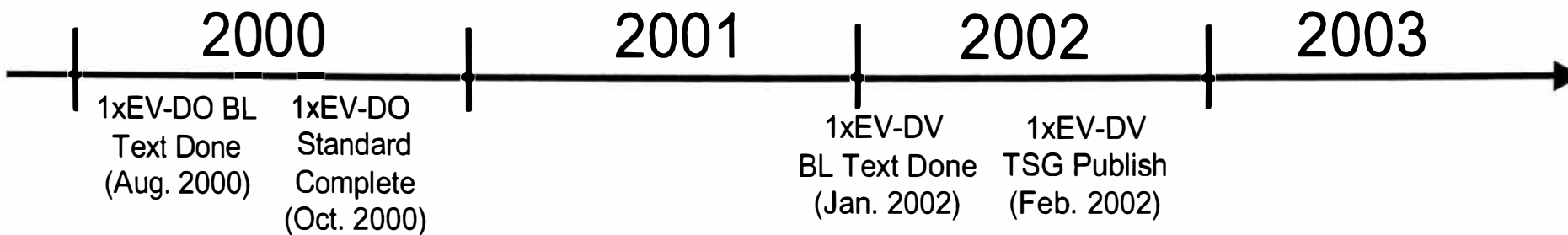
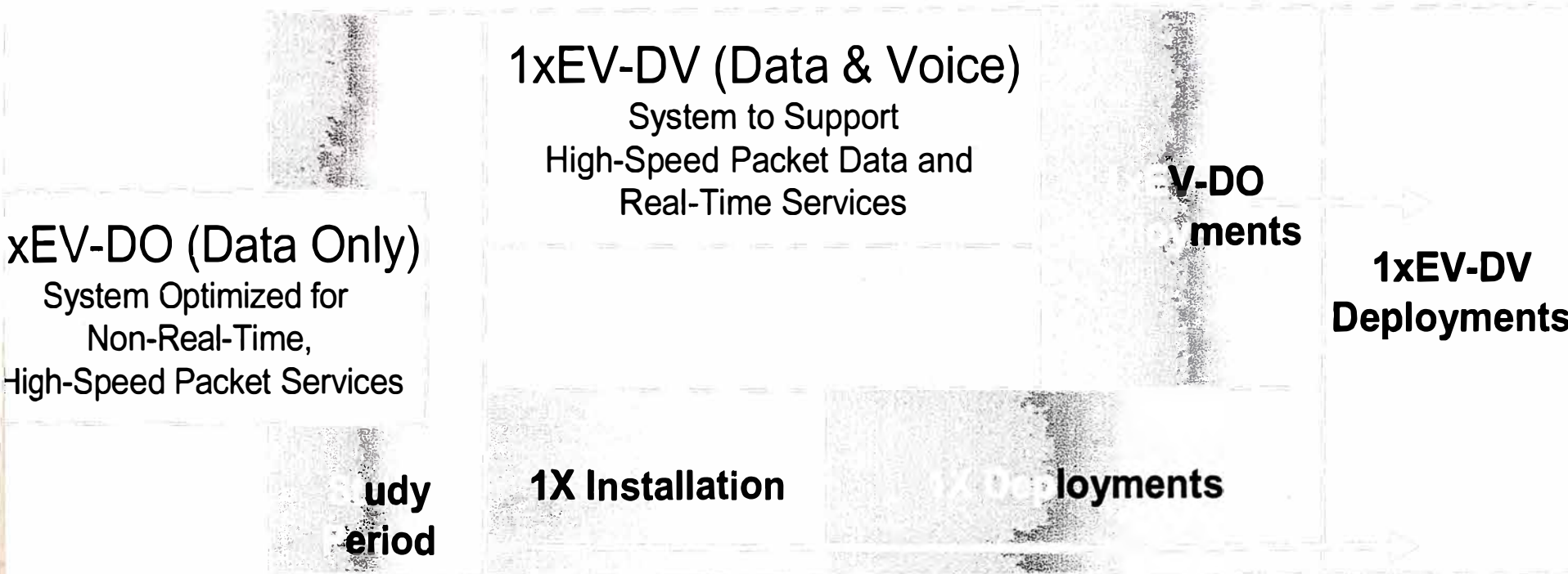
Simplifies BTS upgrades

## Introduction of Packet Components

Packet Data Service Node

Authentication, Accounting, and Authorization Server

# Motorola's Cost Effective, Smooth 3G Migration Path



# 1xEV-DO Overview

**Optimized for Data Services**

**New Air Interface**

**Forward Link Instantaneous Peak Data Rate = 2.4 Mbps; Average Throughput = 644 Kbps**

**Reverse Link Peak Data Rate = 153 Kbps**

**Non-Real Time**

**Supports Concept of “Always On” Sessions**

**Requires Data-Only Dedicated Carrier**

**A1 Signaling Interface is Not Required**

**No impact on MSC Capacity for Data Traffic**

# 1xEV-DV Overview

**Peak Data of 4.8 Mbps-Unmatched Data Capacity of 1.0 Mbps within 1.25 MHz**

**Reverse Link Peak Data Rate = 614 Kbps**

**1.38 Mbps Reverse Link Peak Rate Under Investigation**

**Backward Compatible with IS-95A/B, and 1X**

**Supports Voice, Mixed Voice/Data, and Real-Time 2-Way on a Single Carrier**

**Flexibility to Deploy Data Only Carriers to Maximize End-User Data Rates**

**Background, Interactive, Streaming, and Real-Time/2-Way Services**

**WCDMA/HSDPA and 1xEV-DV Share Common CDMA Technology**

# 1xEV-DV: 2-Way, Simultaneous Data & Voice



Talk to Each Other

See Each Other



Be Totally Connected

# A number of factors are driving the wireless Internet and wireless information...

## Societal trends

- Emerging computer literate society
- Increasing travel and mobility
- Desire for entertainment
- Need for enhanced productivity

## Technology enablers

- High speed, cost effective mobile systems
- Integrated multimedia applications
- Small, powerful, application-rich user devices

## Market trends

- Rapid growth in mobile
- Rapid Internet adoption
- Accelerating pace of electronic commerce (aka M-commerce)
- Rapid growth of portable and palmtop computers





# ...enabling exciting vertical and horizontal applications

## Enterprise Workgroup



- Specific IT Applications
- Business Verticals
- Group Chat, Email, Instant Messaging
- Wide Area Intranet
- Mobile Workforce Management (dispatch), Telematics

## Mobile Professional



- Business General
- Horizontal Business
- Internet / Intranet
- Email, Chat, Instant Messaging
- Personal Information Management

## Consumer



- Personal Interest
- Horizontal Consumer
- Internet
- Entertainment, Infotainment, Lottery, Sports
- Navigation, Map Search
- Electronic Cash (M-Commerce)

***Weather, Travel, News, Gaming, Stock Quotes***








***Email, Intranet Access, Legacy Applications Access, Vertical Applications***

# Easy Migration from cdmaOne to CDMA2000 Gives Early Availability and Lower Initial Cost

cdmaOne Handsets → Pin Compatibility: → 3G Handsets



Over 45 manufacturers

 <p>MSM3000 San Diego, CA USA</p>	IS-95A to 1X	 <p>MSM5000 San Diego, CA USA</p>
 <p>MSM3100 San Diego, CA USA</p>	IS-95A/B to 1X	 <p>MSM5105 San Diego, CA USA</p>
 <p>MSM3300 San Diego, CA USA</p>	IS-95A/B to 1X	 <p>MSM5100 San Diego, CA USA</p>
 <p>MSM5100 San Diego, CA USA</p>	1X to 1xEV	 <p>MSM5500 San Diego, CA USA</p>

**RF Compatibility:**  
No changes required for  
RF Front-end



**Commercial  
CDMA2000 1X  
handsets  
available now**

# A Wide Variety of Applications...

## Mobile Text Communications

Enhanced email

Enhanced instant messaging



## Mobile Chat

Group conferencing

Video conferencing



## Position Location Services

Navigation assistance

Friend finder

Emergency services



## Entertainment

Downloadable & streaming music

Internet radio

Streaming video

Info. services

e-Books



## Games

Off- and on-line  
Multiple-player  
3D motion, video,  
music



# Technology developments

## The CDMA industry continued to advance the technology and mechanisms needed to make it available

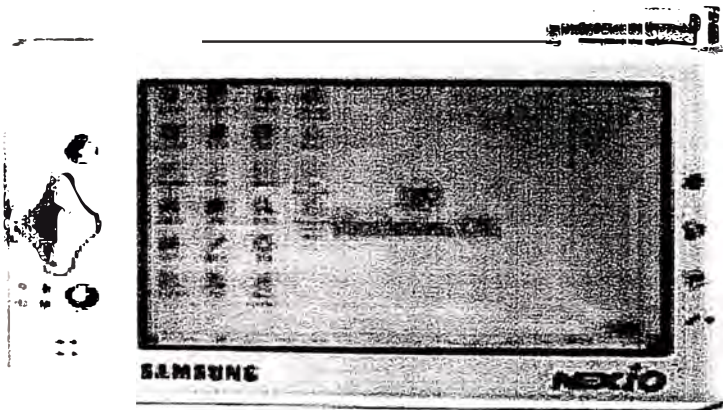
- Continued the evolution of CDMA2000
  - ITU recognition of CDMA2000 1xEV-DO
  - 3GPP2 development of CDMA2000 1xEV-DV (plan 1Q02 / 2Q02 completion)
- Development of standards for all-IP core network
- Launch of applications initiative and definition of applications download requirements to facilitate seamless applications usage
- International roaming
  - Completion of UIM standard
  - Execution of China Unicom MoU (14 signatories)
  - Continued deployments

# Technology developments (continued)



2001 saw the introduction of a variety of new and exciting devices...

- New and evolved PCMCIA cards (including 3G)
- PDA modules
- Memory sticks
- Color displays



# Technology developments (continued)



## ...as well as new applications

- Navigation assistance
- Instant messenger
- Advanced email
- Electronic wallet
- Friend finder
- Offline games
- Online multi-player games
- Interactive virtual newscaster
- Internet radio
- Music player
- Music video
- Personal information manager
- CRM and other business database applications
- Banking
- Jokes & trivia
- Local information content

## Latin America continues to be the fastest growing region for CDMA

- Jamaica and Puerto Rico: New operators Centennial and Verizon International launch CDMA services
- Peru: Telefonica Servicios Moviles launched region's first IS-95B network
- Brazil: Telesp deployed region's first 3G network
- Venezuela: Movilnet will overlay its TDMA network with CDMA2000



# Commercial launches of 3G networks



## 9 operators have commercially launched 3G networks

- 8 on CDMA2000, 1 on WCDMA



Commercial  
4Q 2001



Commercial  
4Q 2001



Western Wireless  
Limited Commercial  
3Q 2001



Commercial 4Q 2001

First in Mobile



Commercial 2Q 2001



Commercial 4Q 2000



Commercial 4Q 2000



Commercial 4Q 2001



Commercial 4Q 2001



...as does the availability of 3G devices



Devices: more than 30 CDMA2000 products in the market



# The future is CDMA



## CDMA2000 will show continued expansion in 2002

- 16 operators have announced they will deploy CDMA2000 this year
- CDMA2000 offers TDMA operators a fast path to 3G

<b>Country</b>	<b>Operator</b>	<b>CDMA2000 Launch Date</b>
Brazil	Global Telecom	1H 2002
Canada	Bell Mobility	1Q 2002
Canada	Telus Mobility	1Q 2002
Chile	SmartCom PCS	1Q 2002
Dominican Republic	Centennial Dominicana	1Q 2002
India	Reliance Infocom Limited	2002
Jamaica	Centennial Digital Jamaica	3Q 2002
Japan	KDDI	1H 2002
New Zealand	Telecom Mobile Limited	1H 2002
Ukraine	CST Invest Limited	1Q 2002
United States	ALLTEL Communications	1Q 2002
United States	Sprint PCS	Mid 2002
United States	US Cellular	1Q 2002
United States	Verizon Wireless	1H 2002
Venezuela	Movilnet	1H 2002
Vietnam	Saigon Postel	2H 2002

# The future is CDMA (continued)

## **CDMA2000 will continue to evolve to meet operators' needs**

- CDMA2000 1xEV-DO (Data-Only) was accepted by ITU as part of the IMT-2000 standard in 2001
  - 1xEV-DO will launch commercially this year, offering data at speeds up to 2.4 Mbps
- CDMA2000 1xEV-DV (Data-Voice) will go through the standards process in 2002

## **BIBLIOGRAFÍA**

Allen Telecom Group , Antenna Theory ( Basic Principles for Daily Applications), 1997.

Ericsson Review , Normas de Acceso de Radio de Tercera Generacion, 1999 .

Frecuencia Latinoamerica Magazine , TDMA esta viva y Pataleando, July 2001.

Kathrein Mobilcom Brasil , Guia Practica de Antenas, November 1999.

Lucent Technologies , Autoplex System 1000 Serie II Cell Site Maintenance, January 2001.

Lucent Technologies , Design and Performance Engineering of TDMA Cellular Systems, March 2000.

MSI , Planet Student Guide, August 1998.

Nortel telecom , RF Engineering Overview, December 1997.

Nortel Telecom , IS-136 Digital PCS ( Overview & Deployment), December 1997.

Nortel telecom , Optimization Guidelines for 800 Mhz Cellular Systems, September 1997.

Nortel Telecom , System Optimization Concepts - Call Performance, October 1996.

Nortel telecom , Digital Transmission Techniques, September 1996.

Nortel Telecom , Cellular Intermediate RF Engineering, Issue 1.04, April 23, 1995.

Safco Technologies , Competitive Network Survey, January 2000.

Soleh Faruque , Cellular Mobile Systems Engineering, British Library, 1996.

Telepress Latinoamerica Magazine , Promesas de la 3G, March 2001.

William C. Y. Lee , Mobile Cellular Telecommunications ( Analog and Digital Systems), McGraw-Hill, 1995.

Agilent Technologies	<a href="http://www.agilent.com">www.agilent.com</a>
División of EMS Technologies	<a href="http://www.emswireless.com">www.emswireless.com</a>
International Data Group	<a href="http://www.idg.es/comunicaciones">www.idg.es/comunicaciones</a> .
Lucent Technologies	<a href="http://www.lucent.com">www.lucent.com</a>
Norma TDMA - Edge	<a href="http://www.tdma-edge.org">www.tdma-edge.org</a>
Radio Frequency Systems	<a href="http://www.rfsworld.com">www.rfsworld.com</a>
Telecommunication Magazine	<a href="http://www.wirelessreview.com">www.wirelessreview.com</a>
The CDMA Development Group	<a href="http://www.cdg.org">www.cdg.org</a>