

24  
201-



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN**



V N A M

**SISTEMA DE TELEFONIA CELULAR**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERA MECANICA ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A  
ANA BERTHA MEJIA CARRILLO**

**DIRECTOR DE TESIS:  
ING. JOSE LUIS RIVERA**



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

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

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

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

## I N D I C E

Prefacio

Prólogo

### CAPITULO I

#### INTRODUCCION.

- 1.1. Historia.
- 1.2. Sistemas Celulares en el Mundo.

### CAPITULO II

#### SISTEMAS DE TELEFONIA MOVIL CELULAR.

- 2.1. Principios de operación de un sistema de telefonía móvil celular.
- 2.2. Partes de un sistema telefónico celular.
  - 2.2.1. La oficina de conmutación de telefonía móvil (MTSO).
  - 2.2.2. La célula local.
  - 2.2.3. La unidad móvil.

### CAPITULO III

#### MEDIOS DE TRANSMISION DE UN SISTEMA DE TELEFONIA MOVIL CELULAR.

- 3.1. Portadora
- 3.2. Microondas
- 3.3. Antenas

**CAPITULO V      SISTEMA DE TELEFONIA MOVIL CELULAR CMS 88.**

- 4.1.    Introducción al sistema de telefonía móvil celular CMS 88.
- 4.2.    Central AXE 10 equipada con MTS.
  - 4.2.1   Sistema de procesamiento de datos AMZ.
  - 4.2.2   Sistema de procesamiento de datos APZ.
- 4.3    Subsistema de Telefonía móvil (MTS).
- 4.4    Estación radio base (BS).
  - 4.4.1   Grupo de radio canal.
  - 4.4.2   Interface de radio central (ERI).
  - 4.4.3   Fuente de potencia.

**CONCLUSIONES.**

**BIBLIOGRAFIA.**

# C A P I T U L O I

## INTRODUCCION

### 1.1 Historia.

Un enlace de radio comunicación móvil es por definición, cualquier enlace de comunicación entre dos terminales, de las cuales una o ambas pueden estar en movimiento o detenidas en lugares no del todo especificados. En la mayoría de los casos, una de estas terminales puede estar fija, como lo es una estación base. Por una terminal móvil podemos referirnos a vehículos en tierra o bien, a barcos, aviones y satélites de comunicación, en los que un sistema puede incluir varios de tipos de terminales.

Los sistemas de radio móvil pueden clasificarse en: radiófonos, sistemas de despacho, sistemas de radio búsqueda, sistemas de radio móvil por paquetes y radio teléfonos.

A continuación se da un breve resumen de cómo han evolucionado los sistemas de radio comunicación móvil desde los trabajos iniciales de Hertz, en 1880, hasta el estado actual de los sistemas celulares de radiotelefonía móvil.

Después de dichos trabajos, Marconi también realizó una labor experimental que desembocó en una transmisión por radio hacia un barco en 1897. Durante la primera Guerra Mundial, los sistemas de radio-comunicación móvil tuvieron un uso muy limitado. Fue hasta 1921 cuando el Departamento de Policía de la Ciudad de Detroit en los E.E.U.U. instaló el primer sistema de radiotelefonía móvil (sistema de despacho). Este sistema operaba en la banda de los 2MHz sin embargo, a medida que los adelantos tecnológicos y la demanda de servicio fueron aumentando, se tendió hacia el uso de mayores frecuencias.

En los años 30 se usaron varios canales sobre una base experimental hacia mediados de los años 40 se instalaron nuevos sistemas comerciales en las bandas de los 33 y 15 MHz la operación de estos sistemas iba en un sólo sentido y se requería de una operadora para poder colocar la llamada además el usuario tenía que buscar manualmente un canal que se encontrara libre.

En 1958, el sistema Bell propuso un sistema de 75 MHz a 800 MHz.

En 1960 un sistema que integraba el radio móvil y el servicio de telefonía común fue puesto en operación. Este sistema fue llamado MTS (Servicio de Telefonía Móvil) y daba la posibilidad a los usuarios de hacer y recibir llamadas en sus coches.

A mediados de los 60s se contaba con nuevos sistemas en la banda de los 150 MHz que operaban en ambos sentidos, tenían búsqueda automática de canales, así como marcación de y hacia la estación móvil. Sistemas semejantes aparecieron hacia finales de esa década en la banda de los 450 MHz, ejemplos de estos sistemas son el sistema MK (en la banda de los 150 MHz) y el sistema MJ (en la banda de los 450 MHz) diseñados por la Bell Telephone. Estos sistemas fueron predecesores de lo que posteriormente se llamo IMTS (Sistema de telefonía móvil mejorado), que reemplazaba el MTS y permitía a un abonado móvil marcar directamente un número telefónico. El objetivo de diseño de estos sistemas era maximizar el rango de operación para un usuario de teléfono móvil, una serie de canales se usaba para cubrir tanto área como fuera posible; para facilitar esto, se usaba un transmisor de alta potencia operando a relativa baja frecuencia.

En 1978 comenzó a instalarse en Chicago, en su fase experimental, el sistema AMPS (Sistema de telefonía móvil avanzado), en la banda de los 900 MHz, donde la capacidad total era de 666 canales. Este sistema, el cual es ya un sistema celular, cubrió en dicha fase experimental una extensión de aproximadamente 5,400 KM<sup>2</sup> con una célula y 136 canales para 2000 abonados. En 1983 se instaló en forma comercial con los 666 canales y con una capacidad inicial de 30,000 abonados.

Actualmente entre otras características, el trabajo de investigación y desarrollo está orientado hacia una nueva generación de sistemas celulares que utilizan esquemas de modulación digital en la transmisión y una cobertura más amplia.

## 1.2. LA BANDA DE 800 MHz.

La decisión de la FCC para escoger la frecuencia de los 800 MHz fue hecha debido a severas limitaciones del espectro en bandas de más baja frecuencia (el servicio de radio FM, en la vecindad de 100 MHz, y el servicio de televisión que inicia en 41 MHz y se extiende hasta 96 MHz).

Los sistemas de tierra aire usan 118 a 136 MHz, el servicio militar usa 225 a 400 MHz. El servicio marítimo móvil se localiza en la vecindad de los 160 MHz, también los servicios de estación fija se localizan en porciones de la banda de los 3 a los 100 MHz. Así, era difícil para la FCC dar un espectro en las porciones de la banda de 30 a 400 MHz puesto que el servicio de esta banda ha llegado a estar saturado. Por otro lado, la radio transmisión móvil no puede aplicarse en 10 MHz o arriba por las pérdidas severas en la ruta de propagación, desvanecimiento multiruta y actividad de lluvia que hacen el medio inapropiado para comunicaciones móviles.

Afortunadamente, la banda de 800 MHz fue asignada originalmente a canales de TV educacionales. El servicio de cable-visión llegó a ser un factor importante a mediados de los 70s y aminoro la carga de los canales de TV. Esta situación abrió la banda de 800 MHz para algunas otros usos y la FCC permitió un sistema de ancho de banda de 40 MHz a 800 MHz para sistemas de radio celular.

De hecho en 1958, el sistema BELL propuso un sistema de ancho de banda 75 MHz a 800 MHz. En 1970 la FCC decidió tentativamente poner una portadora a 75 MHz inalámbrica común. En diciembre de 1971 Bell aseguró que podría diseñar un sistema móvil celular.

En 1974 la FCC asigno un espectro de 40 MHz para un sistema celular. Había incertidumbre acerca del futuro que tendría el mercado celular, sin embargo, la FCC estratégicamente coloco reservas de servicio de 20 MHz.

En 1980, la FCC reconsidero su estrategia de mercado y estudio la posibilidad de crear competencia en los mercados existentes de una sola portadora; entonces dividió las frecuencias en dos grupos de 20 MHz identificados como bloque A y bloque B o llamados banda A y banda B.

Dos bandas sirven para dos grupos diferentes, dando el mismo servicio, una compañía telefónica ya establecida (Teléfonos de México) y otra de reciente formación. Cada célula operaría con su propia banda, (ver tabla 1). Puesto que la banda especificada es de 20 MHz, cada banda consiste de 333 canales.

BANDA		MOVIL		BASE
A	824-835	845-846.5	869-880	890-891.5
B	835-845	846.5-849	880-890	891.5-894

Tabla 1 Frecuencias de transmisión del Móvil y la Base.

## 1.2. SISTEMAS CELULARES EN EL MUNDO.

### JAPON.

La corporación Nipona telegráfica y telefónica (NTT) desarrollo un sistema de telefonía terrena de 800 MHz que puso en servicio en el área de Tokio en 1979.

La operación en general del sistema es similar al sistema AMPS. Alimenta aproximadamente a 40,000 abonados en 500 ciudades. Cubre el 75% de todas las ciudades japonesas, 25% de áreas inhabitadas y 60% de la población.

A partir de febrero de 1985 se pusieron en operación nueve centros de conmutación para automóviles (ASCs), 51 estaciones de control móvil (MCSs), 465 estaciones de base móvil (MBSs) y 39,000 estaciones de abonado móvil (MSS).

La configuración de la red de servicio de telefonía móvil Japonesa se muestra en la fig 1.2.1. En el área metropolitana de Tokio se atienden alrededor de 30,000 abonados.

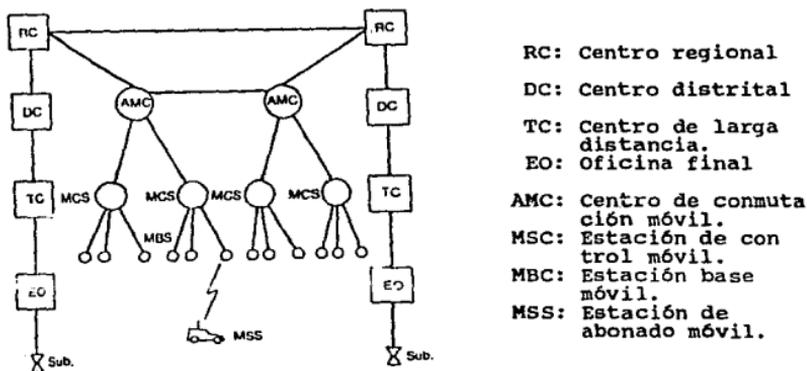


Fig.1.2.1 Configuración de la red de servicio de telefonía móvil japonesa.

## **INGLATERRA.**

En junio de 1982 el gobierno de Inglaterra anunció la puesta en marcha de dos redes de radio celular nacionales. El sistema UK llamado TACS (Sistema de comunicaciones de acceso total) con una capacidad total de canales de 1000, con un ancho de banda de 25 MHz por canal.

En este caso 600 canales se asignan y 400 son reservados. Las dos compañías que operan en Inglaterra son Cellnet y Vodaphone. Cada sistema de red tiene sólo canales de 300 espectros. El sistema Cellnet inicio sus operaciones en Enero de 1985. Cellnet cuenta con alrededor de 200 celulas locales, cubriendo el 82% del Reino Unido.

Vodaphone, que inició después, cubre las mismas áreas que Cellnet.

## **CANADA.**

En 1978, fue diseñado un sistema llamado AURORA por el gobierno de Alberta (AGT). El sistema proporciona servicio de telefonía móvil local a 400 MHz.

El sistema AURORA 400.

Esta dirigido a 40,000 abonados que viven en un área aproximada de 1920 x 960 km. El sistema AURORA 400 tiene 40 canales y se espera que aumente en 20 canales con el reuso de frecuencia y un plan de agrupamiento de siete células. Un sistema totalmente implementado tiene 120 células. El sistema 400 MHz no tienen capacidad para intercambio.

**El sistema AURORA 800.**

El sistema AURORA 800 es verdaderamente transparente en frecuencia. Para reunir las secciones de la radio frecuencia (RF) en la célula local, la unidad móvil puede ser operada en cualquier banda móvil RF hasta 800 MHz. En este sistema se implanta la capacidad de intercambio.

#### **SISTEMA NORDICO.**

Este sistema fue construido en su mayor parte para las ciudades escandinavas (Dinamarca, Suecia y Finlandia) en cooperación con Saudi Arabia y España y es llamada red NMT.

Es un sistema sencillo de 400 MHz, pero se espera implementar pronto otro de 800 MHz puesto que el concepto de frecuencia transparente del AURORA 800 se usa para convertir el sistema de 450 MHz a el de 800 MHz.

El ancho de banda es de 10 MHz con 200 canales con un ancho de banda de 25 MHz por canal. El sistema tiene capacidad para Intercambio Y Transferencia, también usa repetidores para incrementar la cobertura en áreas de bajo tráfico. El número total de abonados es de alrededor de 100,000.

#### **SISTEMAS CELULARES EUROPEOS.**

Todas las generaciones actuales de redes celulares europeas son incompatibles en el cruce de frontera. Además de las redes NTM y las del Reino Unido las otras son:

## **RED CIUDAD-BENELUX.**

Los países bajos se sirven de la red ATF2 (la misma red NTM450) desde principios de 1985. Tienen una cobertura amplia de 50 celdas locales en dos diferentes tamaños de celdas, de radios de 20 y 5 km. La capacidad actual del sistema es de 15,000 a 20,000 abonados. En Alemania PT&T inicio usando un conmutador Ericsson AXE10. Luxemburgo inicio en 1985, y en 1986 Bélgica se une a la red; la red opera a 450 MHz y es compatible en las tres ciudades.

## **FRANCIA.**

El sistema opera con teléfonos de coche de marcación directa a 160 MHz y se puede acceder al sistema en 10 áreas regionales. La red sirve a 10,000 abonados. Para fines de 1984 entro en operación una red de 450 MHz. Después fue introducido el sistema Radicom 2,000 (de señalización digital), operando a 200 MHz pero sin la función de Transferencia.

## **ESPAÑA.**

Usa una red celular NMT 450 MHz introducida en 1982. Fue el primer sistema celular en Europa. El número de células en servicio es 13; hay tres redes separadas operando con 104 canales, cada canal operando con 25 KHz.

## **AUSTRIA.**

En Austria se usa una nueva red NMT llamada Autotelefonnetz que tiene dos centrales de conmutación móviles y suficiente capacidad para 30,000 abonados.

La PT&T Austriaca ha distribuido 222 canales duplex en rangos de 451.7 MHz a 455.7 MHz y 461.3 a 465.7 MHz, con ancho de banda por canal de 20 KHz.

Actualmente Austria y España están usando sistemas NTM 450, sus sistemas no son compatibles debido a las diferentes distribuciones de frecuencia, espaciamiento de canales (ancho de banda), y protocolos por diferentes PT&Ts.

#### **ALEMANIA.**

Un sistema celular 450, de cobertura nacional total fue instalado en septiembre de 1985 con 100 células. Otras 75 células locales fueron instaladas a mediados de 1986. También, Alemania y Francia están trabajando en la posibilidad de tener una compatibilidad en el cruce de frontera en sistemas de radio celular para lo cual proponen un sistema celular CD-900.

#### **SUIZA.**

LA PT&T SUIZA decidió instalar un NTM 900 MHz celular que tienen una capacidad de 12,000 abonados. Actualmente se cuenta con un sistema piloto con 20 transmisores (células locales) instalado en Zurich desde 1986.

#### **ESTADOS UNIDOS.**

Estados Unidos lleva la delantera en cuanto a la rapidez de penetración comercial de los sistemas celulares. Hoy día, las redes celulares tendidas por las compañías AT&T, Ericsson y Motorola, entre otras, cuentan con más de 800,000 unidades en servicio y se prevé que su país alcance en este año 3.5 millones de suscriptores.

Actualmente, el mercado de teléfonos celulares en Estados Unidos se encuentra dominado por compañías de ese país y japonesas. En 1987, los sistemas de Japón predominaban en la proporción de ventas en Estados Unidos, en 1988 tal proporción mostró mejores resultados para algunas compañías norteamericanas, como es el caso de Uniden (de 3.2% en 1987 pasó al 11.6% en 1988).

La venta de equipos celulares en Estados Unidos está repartida en varios mercados, en cada uno de los cuales existen dos compañías con licencia para operar.

El precio es un factor de competencia entre las diferentes empresas fabricantes de sistemas celulares. Los costos sufren variaciones dependiendo de la región (en E.U.) pudiendo llegar a triplicarse. El precio actual de un teléfono móvil es más alto de lo que el público general paga por un producto que le proporcione cierta comodidad; los usuarios más comunes de este tipo de artefacto son hombres de negocios, agentes de ventas, médicos y personas que pasan mucho tiempo fuera de sus oficinas pero que necesitan comunicarse por teléfono constantemente. A medida que los aparatos se perfeccionan y alcanzan precios accesibles el mercado se expandirá con mayor rapidez, y esto a su vez redundará en una nueva baja de costos.

Uniden es una de las compañías más fuertes dentro del mercado estadounidense. Sus esfuerzos están dirigidos a lograr la captación masiva de suscriptores por medio de accesibilidad en los precios de sus aparatos, así como facilidad en su uso.

## **MEXICO.**

En México se establecen ocho redes telefónicas celulares regionales, que se suman al programa de desarrollo telefónico más grande en su tipo después de Europa, con ello se subraya la penetrante actividad liberalizadora del mercado de las telecomunicaciones en el país.

Sin embargo, la mayoría de los 80 millones de personas que viven en México, carecen de los recursos económicos que tienen en los países industrializados, de modo que no se espera que la demanda alcance los niveles que se dan en éstos últimos. Los analistas afirman que pasaran unos ocho años, antes de que los ocho consorcios ganadores de la concesión puedan recuperar la cantidad agregada que invirtieron, alrededor de 1,000 millones de dolares en cuotas por concesiones y gastos de construcción.

El significado de una concesión para sistemas celulares en México, representa para muchas compañías una base estratégica en América Latina, región considerada con un potencial de telecomunicaciones mayor que el de Europa Oriental.

El servicio telefónico celular en México, además de sus aplicaciones móviles usuales, será administrado en aplicaciones fijas para numerosos negocios y hogares, con el objeto de mejorar o complementar el servicio conmutado público de Telmex, que actualmente es deficiente.

De acuerdo con previsiones de Teléfonos de México (Telmex), se tenía calculado ofrecer este nuevo servicio en seis ciudades del país (México, Monterrey, Guadalajara, Tijuana, Puebla y Ciudad Juárez) hacia finales de 1988.

Sin embargo, no fue sino hasta el año siguiente cuando entró en funcionamiento, pero sólo en Tijuana y la ciudad de México.

En la capital, la primera compañía encargada de instalar y explotar el sistema de telefonía celular fue Servicio Organizado Secretarial, misma que empezó a prestar el servicio durante la segunda quincena de septiembre de 1989, con una inversión inicial de 200 millones de dólares y un mercado de 100 mil usuarios potenciales. A los seis meses de estar operando, ya atendía a 8 mil abonados a través de su filial Iusacell.

Un mes después de que Iusacell comenzó a operar en el Distrito Federal, Telmex inició la prestación del servicio en Tijuana por medio de su filial radio móvil DIPSA Telcel.

En su primera fase, Telcel operó en la zona conurbana comprendida entre Tijuana y Rosarito, en el tramo de la Carretera Tijuana Ensenada. Por ello, Telmex instaló una central celular a la que están enlazadas cinco radio-bases, con capacidad para atender a 3 mil abonados, el número de usuarios podría llegar a 16 mil en un lapso de cinco años.

Telcel comenzó a operar en la zona metropolitana de la capital del país a partir de febrero de 1990, es decir, seis meses después de que lo hiciera Iusacell. La infraestructura de Telcel en el Distrito Federal consta de 26 "radio-bases" con capacidad para atender a 25 mil abonados en los próximos cinco años. Sin embargo, al parecer la demanda rebasará la capacidad instalada, puesto que un mes después de ofrecer el servicio la compañía contaba con 7 mil abonados.

Por otro lado, se estima que en el corto plazo la telefonía celular estará cubriendo gran parte del territorio nacional. El pasado 6 de marzo, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.) dio a conocer los nombres de las empresas seleccionadas para instalar y explotar el servicio en las ocho regiones que para tal efecto fue dividido el país. Se excluyó el Distrito Federal y su área conurbana, zona que ya había sido concesionada a Iusacell y Telcel en las frecuencias A y B, respectivamente.

La tecnología que respalda a la telefonía celular en México esta dada por: Ericsson de Suecia con su sistema MCS-88, Northern Telecom de Canada con su sistema DMS - MTX y Motorola de Estados Unidos.

La Asociación llamada AMCEL (Asociación Mexicana de Concesionarios de Radio Telefonía Celular) agrupa a las empresas que prestan sus servicios de radio telefonía celular en la totalidad de las regiones celulares del país utilizando la banda A.

Los usuarios de las empresas que forma AMCEL pueden usar el servicio de telefonía celular como abonados residentes o visitantes en todas las ciudades de la República Mexicana que cuenten con servicio de telefonía celular.

AMCEL proporciona 100 % de cobertura nacional.

Las compañías miembros de AMCEL son: NORCEL, BAJA CELULAR, CODETEL, TELECOM, PORTACEL, CONCEL, MOVITEL, IUSACELL Y PORTATEL.

La banda B se concesiono a TELCEL compañía formada por una asociación entre TELMEX y ERICSSON.

Las regiones celulares fueron concesionadas de la siguiente forma:

Región	Area de Concesión	Emp. prestadoras del servicio celular en Junio de 1991.	Proveedores de Infraestructura.
1	Baja California Norte y Sur.	Baja Celular Banda A	Motorola
		Telcel Banda B	Ericsson
2	Sonora y Sinaloa	Movitel Banda A	Northern Telecom
3	Chihuahua y Durango	Norcel Banda A	Motorola
4	Nvo. León, Coahuila y Tamaulipas.	Cedotel Banda A	Northern Telecom
		Telcel Banda B	Ericsson
5	Jalisco, Nayarit y Colima.	Comcel Banda A	Motorola
		Telcel Banda B	Ericsson
6	Querétaro, Guanajuato, S.L.P., Zacatecas y Aguascalientes	Portacel Banda A	Northern Telecom
7	Puebla, Tlaxcala, Veracruz, Oaxaca y Guerrero.	Telecom Banda A	Northern Telecom
8	Yucatán, Quintana Roo, Campeche, Tabasco y Chiapas.	Portacel Banda A	Motorola
9	Distrito Federal, Edo. de México, Morelos e Hidalgo.	Iusacell Banda A	Northern Telecom
		Telel Banda B	Ericsson

## C A P I T U L O II

### 2.1. OPERACION DE UN SISTEMA DE TELEFONIA MOVIL.

Tradicionalmente en los sistemas convencionales de radio móvil se seleccionan una o más regiones del espectro de frecuencia disponible para usarse en zonas geográficas autónomas, como se muestra en la fig. 2.1.1. Por consiguiente, el área que ha de cubrirse se planifica para que ésta sea lo más grande posible. Un abonado que comienza una llamada en una zona reinicia la llamada cuando se traslada a una zona distinta, ya que cada una de las áreas de servicio son independientes, como se muestra en la fig. 2.1.1.

En este tipo de sistemas, el número de usuarios que pueden tenerse activos en un momento dado está limitado al número de canales asignados a la zona. Por otra parte, estos sistemas tienen la desventaja de que una llamada puede quedar incompleta cuando el usuario haya salido de la zona, que puede cubrirse en un radio de 30 a 35 km del transmisor. Sin embargo, la señal aún puede causar interferencia perceptible entre 90 y 150 km de la estación transmisora. Esto implica que otro transmisor que utilice la misma frecuencia debe estar bastante separado. Todo lo anterior redundaría en una baja eficiencia en el uso del espectro. Por otra parte y a pesar de lo caro del servicio, el número de clientes que puede ser atendido es muy limitado.

Todos estos inconvenientes son superados por los sistemas de telefonía móvil celular, por lo cual se establecieron los siguientes objetivos.

1. Capacidad para atender una gran cantidad de usuarios.
2. Uso eficiente del espectro.
3. Calidad del servicio telefónico.

Para lograr estos objetivos se desarrollo el concepto celular, cuyas características principales se bazan en los conceptos de reuso de frecuencia, subdivisión de celdas, Intercambio y Transferencia.

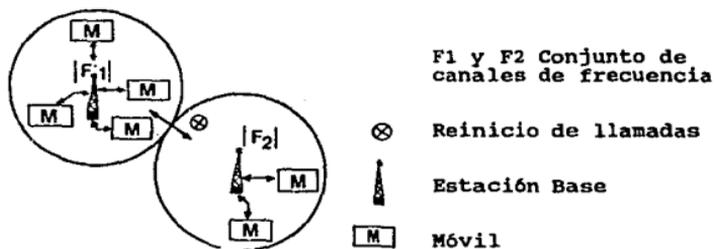


Fig. 2.1.1 Sistema convencional de radio móvil.

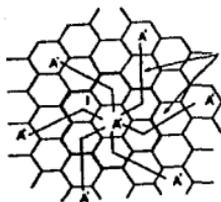
### 2.1.1. REUSO DE FRECUENCIA.

En los sistemas celulares el área total donde se presta servicio se divide, en un conjunto de polígonos, a los que se les llama celdas. Cada celda tienen su propio equipo (estación base, BS) para transmitir y recibir hacia y desde los móviles. Aunque un sistema celular podría usar celdas cuadrangulares o rectangulares (las cuales no tienen traslape), se han escogido celdas de forma hexagonal porque permiten cubrir un área mayor con un número menor de estaciones base (BS). La BS de cada celda puede colocarse en el centro de la celda o en las esquinas de los hexágonos. En el primer caso, la BS utiliza antenas omnidireccionales para comunicarse con los móviles, mientras que en el segundo, se utilizan antenas direccionales con un ancho de lóbulo de radiación de 120°, que permiten cubrir parte de tres celdas adyacentes.

La utilización de BS situadas en el centro es útil cuando se usan en ciudades pequeñas, porque son más económicas. No obstante, en ciudades grandes la utilización de BS en las esquinas es más apropiada porque esto permite tener diversidad y menor interferencia entre canales de la misma frecuencia.

A cada celda se le asigna un número fijo de canales, puesto que cada BS cubre nominalmente sólo una celda, el grupo de canales asignado a cada celda puede usarse en otra celda cuando están separados por una distancia adecuada. Esta técnica se conoce como reuso de frecuencia y determina una de las características esenciales de los sistemas celulares, entonces, en lugar de cubrir el área total mediante un transmisor de gran potencia y situado a una gran elevación, se puede proporcionar el servicio mediante varios transmisores de potencia moderada distribuidos de manera adecuada en toda el área, como se muestra en la fig. 2.1.1.1. Esto permite un gran incremento en la capacidad del sistema.

El reuso de frecuencia ocasiona que se pueda tener interferencia entre canales que usan la misma frecuencia.



Bloque de celdas

$i = 1$

$j = 2$

A = Conjunto de  
frecs de una  
celda.

**Fig. 2.1.1.1** Area Geográfica a la que ha de darse servicio cubierta con un grupo de celdas de menor tamaño.

El reuso de frecuencia es el concepto central del sistema de radio móvil celular. En este sistema de reuso de frecuencia, el usuario en diferentes localizaciones geográficas (diferentes células) puede usar simultáneamente el mismo canal de frecuencia (ver fig. 2.1.1.2 ). El sistema de reuso de frecuencia puede incrementar drásticamente la eficiencia del espectro, pero si el sistema no está diseñado apropiadamente, pueden ocurrir serias interferencias. Las interferencias debidas al uso común del mismo canal son llamadas interferencias cocanal.

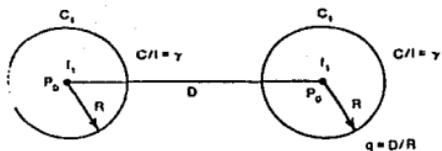
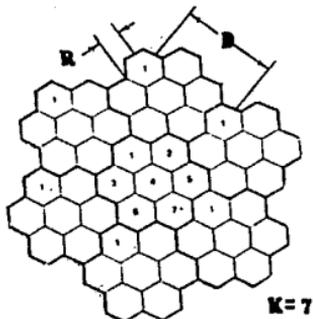
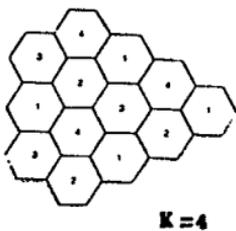


Fig. 2.1.1.2 El radio de D/R

El concepto de reuso de frecuencia puede usarse en el dominio del tiempo y en el dominio del espacio. El reuso de frecuencia en el dominio del tiempo resulta de ocupar la misma frecuencia en diferentes ranuras de tiempo. A este método se le llama multiplexación por división de tiempo (TDM). El reuso de frecuencia en el dominio del espacio puede dividirse en dos categorías:

1. La misma frecuencia asignada en dos diferentes áreas geográficas, tales como estaciones de radio AM o FM que usan la misma frecuencia en diferentes ciudades.
2. La misma frecuencia usada repetidamente en una misma área general en un sistema (el esquema se usa en sistemas celulares). Hay muchas celdas cocanal en el sistema. La distribución del espectro total de frecuencia se divide en  $K$  patrones de reuso de frecuencia, como en la fig. 2.1.1.3  $k=4,7,12$  y 19.



Configuración inicial de un patron de 12 celdas.

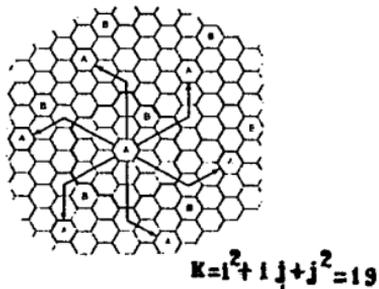


Fig. 2.1.1.3 Patrones de reuso de N celdas.

Por otro lado la distancia mínima entre celdas que permite que la misma frecuencia se reuse dependerá de muchos factores tales como el número de celdas cocanal en la vecindad de la celda central, el tipo de zona geográfica, la altura de la antena y la potencia transmitida por cada celda local.

La distancia D de reuso de frecuencia puede determinarse de:

$$D = \sqrt{3K} R$$

donde K es el patrón de reuso de frecuencia mostrado en la fig. 2.1.1.3 entonces

	3.46R	K= 4
D =	4.6 R	K= 7
	6 R	K=12
	7.55R	K=14

Si todas las celdas locales transmiten a la misma potencia, entonces K se incrementa y la distancia de reuso de frecuencia D se incrementa también, este incremento de D reduce la posibilidad de que ocurra la interferencia cocanal.

Teóricamente una K grande se desea, sin embargo, el número total de canales permitido es fijo. Cuando K es demasiado grande, el número de canales asignado a cada uno de las K celdas llega a ser pequeño, normalmente el número total de canales en las celdas se divide cuando K aumenta, resultando un ineficiente uso de troncales, el principio se aplica a la ineficiencia del espectro si el número total de canales se divide en dos sistemas de redes que sirven a la misma área, la ineficiencia del espectro se incrementa.

Aquí lo importante es obtener un número más pequeño de K que puede hacer que el sistema continúe funcionando en óptimas condiciones. Para esto es necesario estimar la interferencia cocanal y seleccionar la distancia D para reducir la interferencia cocanal. Los valores más pequeños de K es K=3, obtenido con los valores i=1, j=1 en la ecuación  $K=i^2+j^2$  (ver la fig. 2.1.1.3).

### 2.1.2. SUBDIVISION DE CELDAS.

Cuando se incrementa el tráfico en un área, se divide la celda para reusar la frecuencia. Esto involucra la reducción del radio de la celda a la mitad y la división de la celda en pequeñas celdas.

Las dos técnicas de división de celdas se describen abajo.

**División permanente.** La subdivisión en pequeñas células es un trabajo duro; la antena puede montarse en un monópolo o levantarse en un arreglo de mástil. Esta subdivisión puede ser fácilmente manejada cuando la división de la celda grande a pequeñas celdas tiene lugar durante un período de poco tráfico. La asignación de frecuencia deberá seguir la regla basada en el radio de la distancia de reuso de frecuencia con la potencia ajustada.

**Subdivisión dinámica.** En muchas situaciones, tales como el día de las madres hay una gran cantidad de tráfico telefónico entonces, la pequeña celda local ociosa puede ser puesta a operar para incrementar la capacidad de tráfico de la celda.

La división de celdas deberá proceder gradualmente sobre un sistema celular, operando, para evitar la caída de llamadas. Supóngase que el área exactamente a la mitad entre dos viejos sectores 2A requiere incrementar la capacidad de tráfico como se indica en la fig. 2.1.2.1. Podemos tomar un punto medio entre los dos viejos sectores 2A y llamarlos nuevo 2A. El nuevo sector puede encontrarse girando la vieja línea 1A - 2A en el sentido de las manecillas del reloj 120°. Entonces se determina la orientación de las siete celdas divididas.

Para mantener el servicio mientras se hace la división de celdas se dejan los canales asignados en el viejo sector 2A separados en dos grupos.

$$2A = (2A)' + (2A)''$$

Donde (2A)' representa los canales de frecuencia usados en la nueva y la vieja celda, y (2A)'' representa los canales de frecuencia usados sólo en las vieja celda.

Al inicio de la división, sólo unos cuantos canales están en (2A)', gradualmente más canales se transfieren de (2A)' a (2a)''. Cuando ningún canal permanece en (2A)'' el proceso de división de celdas se termina.

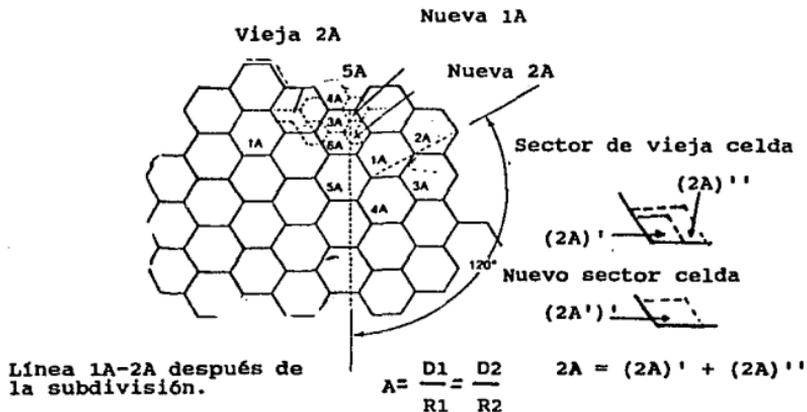


Fig. 2.1.2.1 Técnicas de división de celdas.

### 2.1.3. Transferencia de llamadas.

Un móvil al que se le da servicio puede trasladarse por las distintas celdas de toda el área de servicio y su comunicación no debe interrumpirse. Para lograr esto, cada vez que el móvil pase de una celda a otra (fig. 2.1.3.1), la llamada debe transferirse de la estación base perteneciente a la celda a la que esta actualmente el móvil enlazado a la estación base de la celda a la que esta pasando.

Hay dos tipos de transferencia:

1. La que se basa en la señal fuerte y la que se basa en la relación señal-ruido. El criterio de transferencia es diferente entre estos dos tipos. En el tipo 1 el nivel de umbral de señal-ruido para intercambio es 100 dB, en sistemas limitados en ruido y 95 dB en sistemas limitados en interferencia.

2. En el tipo 2, el valor de C/I en las células vecinas para la transferencia será de 18 dB para tener calidad de voz.

El tipo 1 es fácil de implementar, el receptor de localización en todas las células locales mide todas las señales fuertes de todos los receptores en la celda local, sin embargo, la señal fuerte recibida (RSS) por sí misma incluye interferencia.

$$RSS = C + I$$

Donde C es la señal de la señal portadora e I es la interferencia.

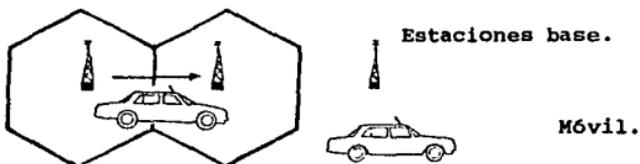


Fig. 2.1.3.1. Proceso de transferencia de llamadas.

Supongase que se establece un nivel de umbral para RSS; entonces, debido a la I, que es en ocasiones muy fuerte, el nivel de RSS es más alto y esta lejos del nivel de umbral de transferencia. En esta situación la Transferencia teóricamente debería tener lugar pero no sucede así. Otra situación es cuando I es muy bajo pero RSS es muy bajo también; en esta situación, la calidad de voz es buena aunque el nivel RSS sea bajo, a pesar de esto no necesariamente ocurre una Transferencia. Así este resulta ser un método fácil pero no muy seguro de determinar la Transferencia.

La Transferencia puede controlarse usando la relación señal-ruido C/I, en la ecuación.

$$\frac{C + I}{I} = \frac{C}{I}$$

Se pone un nivel basado en C/I, donde C es función de la distancia pero I depende de la localización. Si la Transferencia depende de C/I, y si la relación señal a ruido cae, entonces los siguientes parámetros determinan la Transferencia (1) distancia de propagación o (2) interferencia. En los sistemas celulares de hoy, es difícil medir C/I durante una llamada debido a la modulación análoga. Algunas veces se mide el nivel I después de que la llamada se conecta, y el nivel C+I durante la llamada así  $(C+I)/I$  se obtiene.

En general en todas las celdas locales, la señal fuerte se monitorea siempre desde un canal inverso de voz. Cuando la señal fuerte llega a tener el nivel de Transferencia, entonces la celda local envía un requerimiento de nivel de conmutación a la estación base para una Transferencia en la llamada. La celda local deberá tener cuidado de no realizar la transferencia demasiado antes o demasiado tarde.

Las siguientes aproximaciones se usan para hacer una Transferencia exitosa y para eliminar todas las Transferencias innecesarias. Se supone que 100 dBm es un nivel de umbral en la vecindad de la celda en la cual tendrá lugar una Transferencia. Dado este escenario, se tendrá que tener nivel más alto que -100 dBm, es decir,  $-100 \text{ dBm} + \Delta \text{ dB}$  y cuando la señal recibida llegue a este nivel se inicie la requisición de una Transferencia, si el valor de  $\Delta$  es fijo y grande, entonces el tiempo que toma desde  $100 \text{ dBm} + \Delta$  a  $-100 \text{ dBm}$  es más largo.

Durante este tiempo, muchas situaciones, tales como el regreso de la unidad móvil hacia la celda local o su paro puede ocurrir como resultado de la dirección y la velocidad de los vehículos móviles.

Entonces las señales nunca caeran por debajo de -100 dBm, así muchas Transferencias innecesarias pueden ocurrir debido al hecho de que se lleve la acción demasiado antes. Si es pequeño, entonces no hay suficiente tiempo para que la llamada se transfiera en la celda local y muchas llamadas podrían perderse. Así, deberá variar de acuerdo a la pendiente de la ruta de pérdida de la señal fuerte recibida y a la velocidad de cruce de nivel (LCR) de la señal fuerte como se muestra en la fig. 2.1.3.2

Si el valor de  $\Delta$  es 10 dB. Esto significa que el nivel de umbral para requerir una Transferencia será de -90 dBm. Entonces se puede calcular la velocidad V de la unidad móvil basada en el LCR predicho a un nivel de 10 dBm el cual es de -90 dBm así:

$$V = \left\{ \begin{array}{l} \frac{n}{\sqrt{2\pi} (0.27)} \quad \text{ft/s} \\ n \lambda \quad \quad \quad \text{a } -10 \text{ dB} \end{array} \right.$$

Donde n es el LCR (cruce por segundo contando pendientes positivas y  $\lambda$  es el largo de onda pico).

Esta ecuación puede simplificarse así:

$$V(\text{mi/h}) = n (\text{cruzamientos/seg}) \text{ a } 850 \text{ MHz} \\ \text{y a } -10 \text{ dB de nivel.}$$

Aquí la velocidad del vehículo V y la pendiente de pérdida de ruta pueden usarse para determinar el valor de  $\Delta$  dinámicamente por lo que el número de intercambios no necesarios pueden reducirse y el intercambio requerido puede completarse exitosamente.

Hay dos casos donde los intercambios son necesarios pero no pueden hacerse:

1.- Cuando la unidad móvil esta localizada en un hoyo de señal fuerte de una celda pero no en la vecindad (ver fig 2.1.3.2).

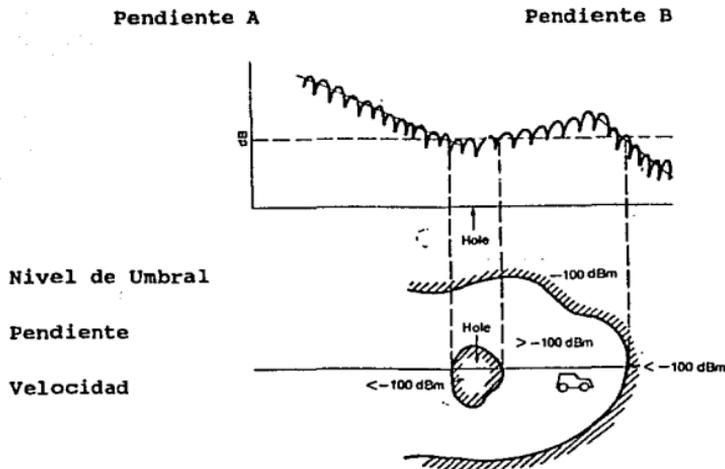


Fig. 2.1.3.2 Parámetros para manejar una Transferencia.

2. Cuando la unidad móvil se aproxima a una celda vecina pero no hay ningún canal disponible en la celda vecina.

En el caso 1 la llamada debe conservarse en la anterior frecuencia hasta que cae como resultado de un nivel de señal inaceptable.

En el caso 2 la nueva celda debe reasignar uno de sus canales de frecuencia en un periodo corto razonable de tiempo o la llamada se caera.

El MTSO controlará la frecuencia asignada a cada celda y podrá reasignar el canal o celda dividida cuando sea necesario.

Puesto que el mecanismo de Transferencia de llamada tiene un efecto pequeño en la interferencia entre canales de la misma frecuencia, ya que esta se controla principalmente por la separación física de las celdas que utilizan el mismo grupo de frecuencias. Esto se cumplirá si el algoritmo de transferencia de llamada permite confinar a los móviles, que sirve, a una estación base dentro o alrededor de las fronteras de la celda asociada.

Los diferentes algoritmos que existen son:

**ALGORITMO NIVEL TRANSFERENCIA DOS**.-En muchos casos se usa el algoritmo de Nivel - transferencia - Dos. El propósito de crear dos niveles requeridos de Transferencia es aumentar la posibilidad de tener una Transferencia exitosa. Una transferencia se retrasa si ninguna celda pudiera tomar la llamada.

Un esquema de una señal fuerte con dos niveles de Transferencia y un nivel de umbral se muestra en la fig. 2.1.3.3

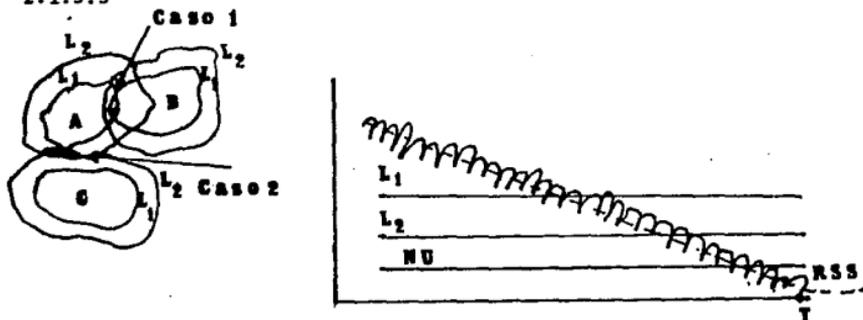


Fig.2.1.3.3. Esquema de transferencia de dos niveles.

Cuando la señal fuerte cae por debajo del primer nivel de Transferencia, se inicia una requisición de Transferencia. Si por alguna razón la unidad móvil está en un hoyo o una celda vecina esa ocupada, se requerirá la Transferencia periódicamente cada 5 seg. En el primer nivel de Transferencia, esta tendrá lugar si la nueva señal es más fuerte. Sin embargo cuando el segundo nivel de Transferencia se alcanza, la llamada será transferida sin ninguna condición.

La estación base siempre maneja las llamadas de Transferencia primero y las llamadas originadas después. Si ninguna celda vecina esta disponible después de que se llevo al segundo nivel, la llamada continua hasta que la señal fuerte cae por debajo del nivel de umbral; entonces la llamada se cae.

**ALGORITMO DE ESPERA DE TRANSFERENCIA.**- Este algoritmo es más efectivo que el algoritmo anterior. La estación base creará los requerimientos de transferencia de llamada en lugar de rechazarla si la nueva celda local esta ocupada. Un esquema de espera viene a ser efectivo sólo cuando la requisición de transferencia llega a la estación base en tandas. Si la requisición de transferencia llega a la estación base uniformemente entonces el esquema de espera no se necesita.

**ALGORITMO DE TRANSFERENCIA POR DIFERENCIA DE POTENCIAL.**- Un mejor algoritmo se basa en la diferencia de potencial ( $\Delta$ ) de una señal móvil recibida por dos celdas locales residentes y la  $\Delta$  Transferencia puede ser negativa o positiva. La transferencia ocurre dependiendo de un valor preestablecido de

$\Delta$  = la señal móvil medida en la celda local visitada - la señal móvil medida en la celda local residente.

Por ejemplo estos casos pueden ocurrir:

$\Delta > 3$ dB	Requerimiento de transferencia.
$1$ dB $< \Delta < 3$ dB	Preparación de una transferencia.
$-3$ dB $< \Delta < 0$ dB	Monitoreo de la señal fuerte.
$\Delta < -3$ dB	No transferencia.

Estos números pueden ser cambiados para ajustarse a la capacidad del procesador de conmutación. Este algoritmo no se basa en el nivel de señal fuerte recibida, sino en una medición relativa (diferencia de potencial). Así, cuando se usa este algoritmo, todas las llamadas transferidas por diferentes vehículos pueden ocurrir en la misma localización general a pesar de la diferencia de ganancia de las antenas móviles o alturas.

#### 2.1.4. INTERCAMBIO (ROAMING)

El termino Roaming significa: moviéndose alrededor de o caminando alrededor. Esta palabra se adopta para usarse en telefonía celular y se usa para describir el hecho de que el abonado móvil puede moverse en una área de servicio de un lado a otro reteniendo el servicio. El servicio para abonados móviles puede proporcionarse de forma automática o con asistencia de un operador, es decir, existen dos tipos de Intercambio.

- Intercambio automático.
- Intercambio manual.

Cuando se usa intercambio en la red la estación base proporciona servicio a abonados visitantes y se le llama estación base visitada. En el caso de intercambio automático la transferencia de información entre estaciones base, llamada señalización de intercambio, tiene lugar cuando se usa un canal de señalización común.

Desde el punto de vista de la estación base, el abonado que tienen su suscripción en esta MSC se toma como abonado residente y la estación base como conmutador residente. Los abonados residentes que se localizan en el área de servicio de una estación base visitada son tomados como abonados transferidos o visitantes. Desde el punto de vista de la estación base visitada los abonados que tienen sus suscripciones en otra estación base pero están presentes en el área de servicio del MSC cooperativo son tomados como abonados visitantes.

Para el enrutado de llamadas de un abonado intercambiado se tiene un número de intercambio. Una serie de números de Intercambio se especifican inicialmente en la estación base como números de serie internos. Cuando un nuevo visitante llega un nuevo número de intercambio se escoge y se selecciona para ser el número de la estación móvil visitante. Las llamadas del móvil visitante son tratadas por la estación base visitada en la misma forma que a los abonados residentes.

Un abonado que tienen una subscripción en una estación base al mismo tiempo que en otra es llamado abonado no residente. Un abonado no residente puede ser identificado con diferentes números de abonado dependiendo de la localización esperada. Los sistemas no proporcionan ninguna información de la localización de un abonado.

## 2.2. Partes de un sistema de telefonía móvil celular.

Un sistema celular consiste de varios bloques ensamblados para formar una red de comunicaciones, dichos bloques son:

- La oficina de conmutación de telefonía móvil (MTSO).
- La célula local (un sistema que soporta multiples células locales).
- Los teléfonos celulares.

La fig. 2.2.1 ilustra un sistema típico celular. Un sistema telefónico celular es totalmente automático y de programa almacenado. Se diseña para proporcionar servicio de telefonía tal como comunicar terminales fijas y móviles.

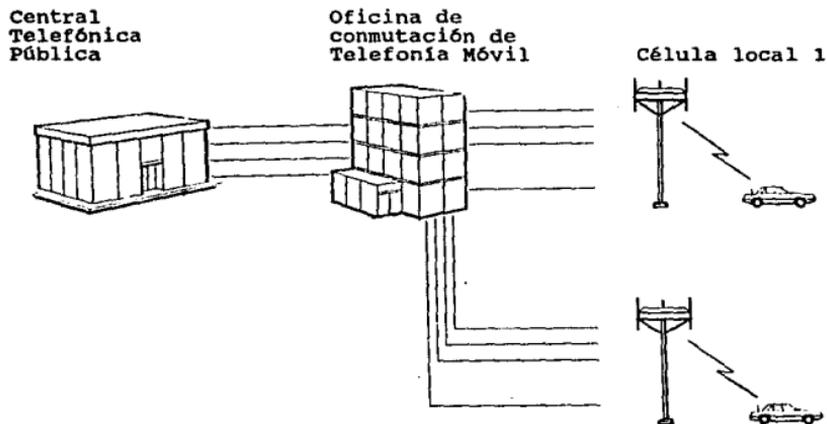


Fig. 2.2.1. Configuración de un sistema celular típico.

## 2.2. PARTES DE UN SISTEMA DE TELEFONIA MOVIL CELULAR.

Un sistema celular consiste de varios bloques ensamblados para formar una red de comunicaciones, dichos bloques son:

- La oficina de conmutación de telefonía móvil (MTSO).
- La célula local (un sistema que soporta multiples células locales).
- Los teléfonos celulares.

La fig. 2.2.1 ilustra un sistema típico celular. Un sistema telefónico celular es totalmente automático y de programa almacenado. Se diseña para proporcionar servicio de telefonía tal como comunicar terminales fijas y móviles.

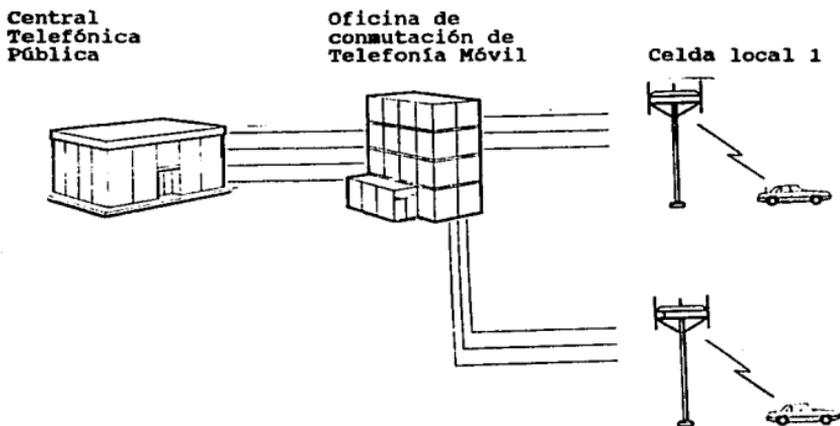
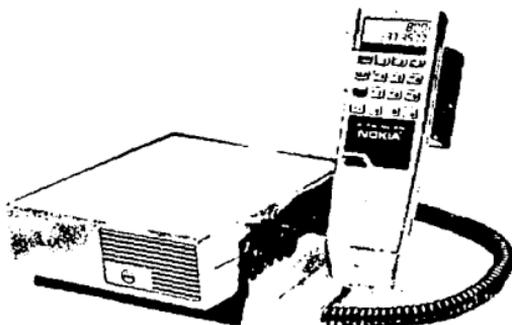


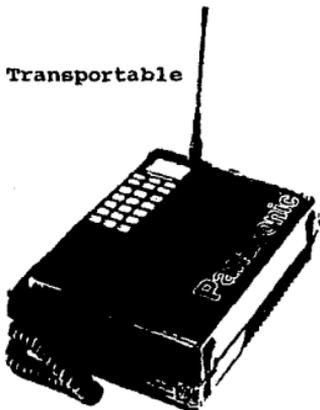
Fig. 2.2.1. Configuración de un sistema celular típico.

Un sistema celular diseñado apropiadamente permite la comunicación entre unidades móviles, portables y teléfonos normales, otras unidades celulares y otros dispositivos electrónicos (tales como computadoras, redes de datos, correo de voz, sistemas de mensaje, etc.) que son capaces de interfazarse con la red de conmutación telefónica pública. La fig. 2.2.2. muestra los tres tipos de teléfonos celulares que son sólo para automóvil, transportables y portables manuales.

Sólo para automóvil



Transportable



Portables manuales.



Fig. 2.2.2. Tipos de teléfonos celulares.

### 2.2.1. DESCRIPCION DEL MTSO.

El MTSO es el corazón del sistema móvil celular, el propósito de un MTSO es proporcionar las funciones de conmutación para la operación de telefonía celular y para interfazarse con la red de conmutación telefónica pública.

Las más modernas MTSO digitales emplean multiplexación por división de tiempo (TDM) y técnicas de modulación por código de pulso (PCM). A continuación se describen las funciones del MTSO:

1. CONMUTACION DE CANALES DE VOZ PARA ENLAZAR CONVERSACIONES TERMINAL A TERMINAL PARA LLAMADAS ENTRE TERMINALES TIERRA-MOVIL, MOVIL-TIERRA Y MOVIL-MOVIL. Esta conmutación facilita el proceso de transferencia y permite la continuación de la conversación cuando las terminales móviles viajan de una célula a otra. También proporcionan localización dinámica de canales, lo cual mejora las características de manejo de tráfico transitorias del sistema.
2. CONTROL Y DETECCION DE SEÑALES PARA Y DESDE LA RED DE CONMUTACION TELEFONICA PUBLICA. Esto suministra control y dirección de conversaciones tierra-móvil y móvil-tierra.
3. CONTROL Y COORDINACION DE SEÑALES DE INFORMACION Y SUPERVISION PARA LAS TERMINALES MOVILES. La comunicación con terminales móviles se controla en el MTSO.
4. CONTROL Y COORDINACION DE LLAMADAS EN PROCESO ACTIVAS PARA EL MTSO Y LA CELDA LOCAL.
5. CONTROL DE ACTIVIDADES DE DIAGNOSTICO, MANTENIMIENTO Y ADMINISTRACION EN LINEA. Las células locales y el estado del MTSO así como las condiciones de operación son controladas por el MTSO.

6. CONTROL DE FUNCIONES VERTICALES Y OTROS SERVICIOS ABONADOS CELULARES. La programación del MTSO controla el seguimiento de llamadas, las llamadas en espera, conferencia y acceso a servicios especiales tales como estado de cuentas y condiciones de tráfico. Los módulos de función vertical de la programación de conmutación son diseñados para funciones adicionales puedan añadirse cuando sea necesario.

7. CONTROL DE ENLACE DE DATOS ENTRE EL MTSO Y LAS CELDAS LOCALES. Estos enlaces pueden ser desde líneas terrenas de cobre hasta estaciones de microondas y cables de fibras ópticas. Las líneas terrenas de cobre ofrecen la ventaja de ser fáciles y baratas de instalar. La portadora celular simplemente conecta al proveedor de servicio de línea terrena y ordena las líneas. La responsabilidad y el mantenimiento es del proveedor del servicio de línea terrena.

Una alternativa para el servicio de telefonía móvil es instalar sus propias líneas ya que el servicio que se le proporciona es costoso. Resulta económico recurrir a una estación de microondas. También las fibras ópticas pueden ser económicamente atractivas en ciertas situaciones. Un cable sencillo de fibra óptica tiene teóricamente la capacidad de manejar 10 millones de conversaciones.

8. CONTROL DE LA BASE DE DATOS DEL SISTEMA. Esta base de datos contiene información de abonados tal como número telefónico, número de serie electrónico, etc. La base de datos también contiene estadísticas de tráfico y otra información relevante para el operador del sistema.

### 2.2.2. DESCRIPCION DE UNA CELDA LOCAL.

Una celda local es la porción de un sistema de conmutación de telefonía móvil celular que se comunica con la terminal móvil y se interfaza con el MTSO (ver la fig. 2.2.2.1).

Su función es permitir la distribución geográfica de la cobertura de RF a la terminal móvil. La mayoría de las celdas locales son estructuras autocontenidas, remotamente localizadas y conectadas a el MTSO vía cualquier número de métodos de comunicaciones.

Estos métodos pueden incluir, líneas terrenas, microondas y cables de fibra óptica. Las más modernas celdas locales incluyen lo siguiente:

1. FACILIDADES PARA MONITOREAR Y CONTROLAR TERMINALES MOVILES Para monitorear adecuadamente el estado de las terminales, una celda local (con ayuda del MTSO) pueden determinar cuando, intercambiar una conversación y cuando liberar el canal al termino de una llamada.

2. CONTROL DEL NIVEL DE POTENCIA DEL MOVIL. Para reducir el nivel de potencia de una terminal en situaciones tales como interferencia cocanal, etc.

3. CONTROL DE CANAL DE CELDA LOCAL. El canal de voz asignado se controla usualmente en la celda local. Para distribuir las demandas del procesador donde se necesiten, las demandas del procesador MTSO se reducen, y el sistema y la capacidad de manejo de tráfico se mejora.

4. TRANSMISION, DETECCION Y REPORTE DE TERMINALES MOVILES SATs (supervisores de tonos de audio). Estos tonos permiten a el MTSO y a la terminal móvil determinar con cual celda local se comunica un móvil, puesto que el mismo canal puede reusarse un número de veces con el mismo CGSA. Se pueden usar tres tonos SAT por el MTSO.

5. TRANSMISION DE SUPERVISION, DIRECCION E INFORMACION DE SENALIZACION A TERMINALES MOVILES.

6. FORMATOS DE MENSAJES LLAMADA-CANAL Y CONTROL DE TRANSMISION.

7. MONITORES Y REPORTE DEL ESTADO DEL SISTEMA ASI COMO ALARMA LOCAL.

8. CONTROL DE DATOS Y ENLACE DE VOZ

9. PROCESAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO DEL AUDIO Y VOZ PARA TRANSMISION Y RECEPCION DESDE TERMINALES MOVILES. Uno de los procesos importantes a realizarse en el canal de voz es comprimir.. Esta técnica comprime la voz durante la transmisión y la expande después en la recepción usando un amplificador lineal de ganancia variable. El resultado es un mejoramiento significativo de la relación señal a ruido de la señal de voz. Este procedimiento es similar a el usado en Dolby DBX par reducir la relación señal a ruido para grabar en alta fidelidad. El proceso de compresión de amplitud silábica suprime el ruido intersilábico e incrementa la desviación RMS de la portadora de FM. Para trabajar efectivamente la característica de ganancia del transmisor debe ser igualada en el receptor. Si no se realiza una apropiada igualación no se degrada la relacion senal-ruido.

Una celda local contienen usualmente el siguiente equipo:

1. Equipo de canal de voz. Este es el equipo de radio que comunica con la terminal móvil. La mayoría de la demanda de tráfico y la mayoría de los canales de voz se tienen en una celda local. Cada conversación requiere un canal de voz.

2. Equipo de control de canal. El equipo de control de canal proporciona canales de acceso y llamada. Los canales de control se incrementan si la demanda de tráfico así lo requiere. Puesto que un canal de control se usa sólo durante el acceso a la conversación, un canal de control soportará algunas conversaciones. Cada celula local normalmente contiene uno o dos canales de control.

3. Equipo de localización de canal. Este equipo se usa para determinar la localización física aproximada de una terminal móvil.

4. Equipo de distribución de potencia. Este equipo proporciona la potencia apropiada a los varios componentes de una celda local. También asegura protección en el caso de falla de un circuito.

5. Equipo de interface de troncal. Este equipo proporciona la distribución de las señales de voz en el MTSO.

6. Interface de enlace de datos. Esta interface conecta una celda local a el MTSO para que los datos pertinentes puedan transmitirse entre el MTSO y la celda local.

7. El equipo de antena consiste de cableado, torres y antena. Puesto que las señales a alta frecuencia tienden a propagarse a lo largo de la superficie de un conductor, un cableado muy confiable debe usarse para conseguir que la señal RF se transmita desde la celda local hasta la antena.

Las antenas son montadas en torres existentes y levantadas especialmente para esto. En áreas de alta densidad existen torres indicando la localización de la celda local.

Las antenas receptoras de diversidad de espacio consisten de dos antenas con un dispositivo selector para seleccionar la antena con la mejor señal. Ofrecen una recepción significativamente mejor que una antena simple, debido a que es mejor tener dos antenas ubicadas en diferentes lugares.

Es posible utilizar otros metodos tales como frecuencia o diversidad de tiempo. La diversidad de frecuencia es utilizada para transmitir la misma información en más de un canal. A pesar de ser efectivo no es de espectro suficiente. La diversidad de tiempo involucra transmisión de la misma información más de una vez.

8. Combinadores de RF. Estos permiten que varios canales se transmitan desde una antena. Esto se hace por razones de economía.

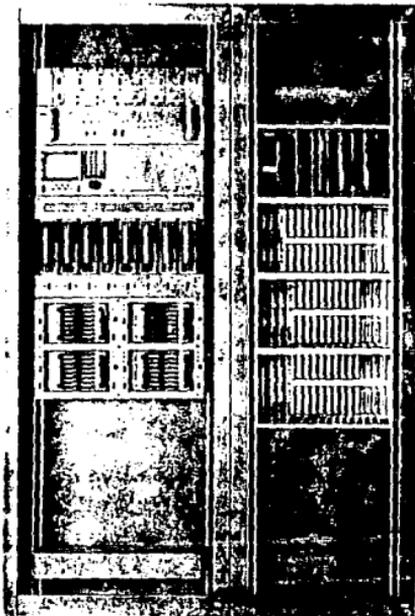


Fig 2.2.2.1 Una celda local.

### **2.2.3 TELEFONOS CELULARES.**

Los teléfonos celulares se dividen en tres categorías básicas:

- 1. Móviles solamente.**
- 2. Transportables.**
- 3. Portables manuales.**

#### **2.2.3.1 TELEFONOS CELULARES PORTABLES MANUALES.**

Los teléfonos celulares portables manuales son muy similares a los transportables en concepto. Hay dos diferencias principales, una de ellas en el tamaño. La segunda diferencia es la potencia de salida. Los teléfonos portables manuales se diseñan para operar a 0.6 watts, este teléfono es similar a los teléfonos inalámbricos.

Las funciones que son importantes en un teléfono transportable son similares para una unidad portable manual por tanto no hay necesidad de volver a mencionarlas.

### 2.2.3.2 TELEFONO CELULAR SOLO MOVIL.

Los teléfonos celulares sólo móviles son diseñados para instalarse en un coche. Se diseñan para operar a 3 watts. Los teléfonos van de simples a sofisticados. En la fig 2.2.3.1 se pueden observar varios ejemplos de teléfonos celulares sólo móviles. Un teléfono celular se compone de las siguientes partes:

1. Un transreceptor.
2. Una cabeza de control.
3. Un cable de datos (para conectar el transreceptor a la cabeza de control).
4. Un cable de alimentación.
5. Un micrófono para manos libres (opcional).
6. Una bocina para manos libres (opcional).

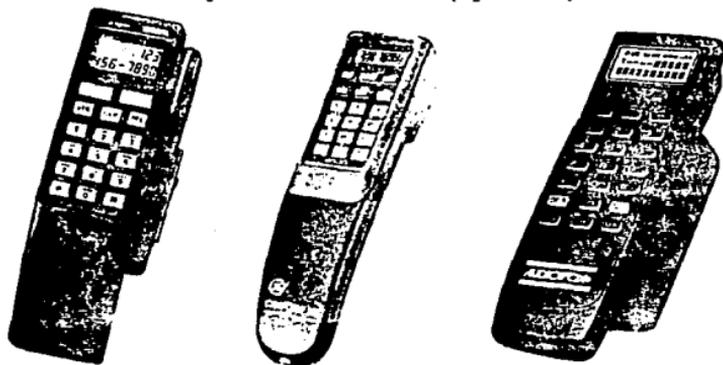


Fig. 2.2.3.2.1 Teléfono celular solo móvil.

La fig. 2.2.3.2.2 muestra un diagrama a bloques de un teléfono celular típico sólo móvil. A continuación se hace una descripción de las partes del teléfono.

1. Transreceptor. Este contiene la mayoría de la electrónica de el teléfono sólo móvil. El radio, el audio y el procesador son contenidos usualmente en el transreceptor.
2. Cabeza de control. Esta contiene la interfase hombre-máquina, la cual incluye el teclado, el micrófono-bocina, el display y los ajustes de volumen. La cabeza de control es el dispositivo con el cual el usuario tiene el mayor contacto.
3. Cable de datos, este conecta la cabeza de control a el transreceptor. El cable permite a las dos piezas comunicarse y que tenga lugar la conversación.
4. Cable de alimentación, este proporciona alimentación al teléfono desde la batería del coche.

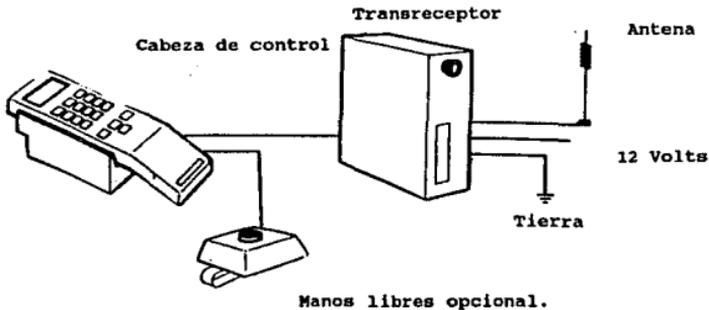


Fig. 2.2.3.2.2 Diagrama a bloques de un teléfono celular sólo móvil

### 2.2.3.3 TELEFONO CELULAR TRANSPORTABLE.

Los teléfonos celulares transportables fueron desarrollados para llenar el hueco que había entre las unidades sólo móviles y las portables manuales. Estas unidades permiten la posibilidad de usar teléfonos celulares fuera del vehículo. Su potencia de salida es de 3 watts y tienen su propio sistema de baterías.

Un teléfono transportable es básicamente un transreceptor celular muy pequeño con auricular, batería y colgador. Estos teléfonos van de lo simple a lo complicado. Algunas unidades son sólo teléfonos móviles en una bolsa. Las funciones que son importantes en un teléfono sólo móvil son también importantes en un teléfono transportable. A continuación se describen las funciones de un teléfono móvil.

#### Funciones de un teléfono celular.

Los teléfonos celulares se venden con una amplia variedad de funciones, algunos teléfonos ofrecen sólo las funciones básicas. A continuación se hace una descripción de las funciones más comunes de un teléfono celular.

#### Memoria de marcación rápida.

Es una de las más importantes funciones en un teléfono celular. La memoria de marcación rápida permite al usuario almacenar un número telefónico en el teléfono. En lugar de marcar frecuentemente a un número telefónico el número puede ser almacenado en la memoria del teléfono. La mayoría de los teléfonos celulares asignan dos números telefónicos en esta localización y puede llamarse más tarde son sólo dos dígitos. Es decir el usuario presiona el botón rellamar (RLC), seguido de los dos dígitos y la tecla SEND. Los más sofisticados teléfonos celulares ofrecen 100 localizaciones para almacenar números telefónicos.

#### Sistema de selección manual.

Da al usuario el control manual sobre que portadora se usa cuando hay Intercambio, esta función no es importante mientras opera se opera en el área residentes del usuario, pero cobra importancia cuando el usuario quiere usar el teléfono en otras ciudades. Cada ciudad tienen dos proveedores de servicio. El usuario puede escoger de que portadora obtendrá el servicio. El interruptor A/B o interruptor selector de sistema, permite al usuario escoger manualmente una portadora. Algunas unidades permiten al usuario saber que sistema esta siendo explorado indicando el tipo de portadora en el display. Otros fabricantes hacen que la luz ROAM parpadee cuando el sistema esta explorando otro sistema que no es el residente.

#### Expansor de canales.

Este servicio se ofrece por la mayoría de fabricantes de teléfonos celulares. En los inicios del servicio de telefonía celular se ofrecieron sólo 666 canales. El FCC tenía el espectro en reserva. En los grandes mercados, la FCC tiene asignado este espectro adicional, por lo que un total de 832 canales esta disponible. Los primeros teléfonos celulares no tenían esa posibilidad.

La mayoría de los equipos de hoy es capaz de usar los canales adicionales. Para los usuarios que tienen esta funciones es difícil que una llamada se caiga por bloqueo en un sistema ocupado. Muchos modelos viejos pueden ser adaptados por el fabricante para acomodar los nuevos canales.

#### Teclado luminoso y display.

Son importantes, puesto que los teléfonos celulares son usados también de noche.

#### Manos libres.

Es un importante, segura y conveniente función en un teléfono celular. Una unidad de manos libres es un teléfono altoparlante que esta desarrollado para usarse en un coche. Las leyes de tránsito establecen que ambas manos deben estar en el volante mientras se conduce un auto. Por tanto esta función es muy importante.

La función manos libres consiste de un microfono que esta montado normalmente en el visor. La bocina en la cabeza de control permite a el conductor escuchar a la parte que llama sin levantar el auricular. La conversacion del conductor la recoge el micrófono.

#### Operación alfanúmerica.

Es una función que se encuentra en teléfonos más caros. Permite rótulos con letras que se asocian con un número telefónico. En lugar de almacenar un número telefónico en la localización de memoria 58, el número puede ser almacenado como PEPE. El usuario de teléfono celular sólo tiene que recordar el nombre de la persona a la que llamara y entonces sacará el nombre de la memoria. Un almacenamiento alfanumérico de números telefónicos puede llegar a ser hasta de 100 localidades de memorias.

#### Tiempo de duración de la llamada.

Permite al usuario saber el costo de sus llamadas antes de que llegue el recibo. La mayoría de los teléfonos ofrecen al menos dos tipos de tiempos de duración de llamada, última llamada y total. El tiempo de última llamada es el tiempo de duración de la última llamada. el tiempo de llamada total es el tiempo acumulativo.

#### Indicador de señal fuerte.

Puede ser una útil función celular ya que permite al usuario determinar si hay suficiente señal para hacer una llamada. La mayoría de las unidades tienen indicadores para decirle a el usuario si estan fuera de rango, esto es una mejora en ese aspecto. El indicador de señal fuerte da el usuario alguna idea del nivel de la señal presente. Algunos fabricantes desplagan un número relativo y otros desplagan un número de barras. El indicador puede evitar que una llamada que se haga tenga alta probabilidad de caerse.

### **Interruptor mute.**

Este interruptor desconecta momentaneamente el micrófono desde el circuito de audio del teléfono. Esto permite a el conductor de el carro decir algo a un pasajero sin que la persona en el otro lado del teléfono escuche lo que se habla.

### **Tono de timbrado.**

Puesto que el nivel de ruido en un coche no es constante, el nivel de timbrado necesita ser ajustado para hacer frente a los cambios. Cuando las ventanillas estan abajo o el estereo esta tocando fuertemente esta función es muy útil.

### **Cerradura.**

Los primeros teléfonos celulares tenían la habilidad de cerrarse automáticamente. Esto aseguraba que cualquier otro usuario no autorizado hiciera llamadas. Actualmente los teléfonos celulares ofrecen variaciones de está función a saber:

1. Cerradura completa. El teléfono celular no hará o recibirá llamadas, el teléfono esta abierto para que entre un código de llave que se programa en el teléfono durante su instalación.
2. Sólo recepción, esto permite a el usuario recibir llamadas pero no hacerlas.
3. Llamadas desde la memoria, esta función tienen muchas aplicaciones en negociación. El teléfono puede usarse para hacer llamadas desde la memoria de marcación rápida. No permitirá al usuario marcar para hacer otra llamada. El teléfono puede recibir llamadas.

Algunos teléfonos permiten a los usuarios cambiar su propio código de cerradura electrónica. Esto se hace con el código de seguridad que se programa por el fabricante.

#### **Display numérico.**

Hay dos tipos básico de display que estan en uso. El primero son display de LED son fácilmente legibles de cualquier ángulo y tienen buena visibilidad en la noche. El segundo tipo es el display LCD, la más importante ventaja es que se tienen buena visibilidad con la luz del sol.

Muchos viejos modelos celulares desplegaban sólo siete dígitos. Si se marcaba una larga distancia el código de área desaparecía. Actualmente los nuevos diseños ofrecen display con diez dígitos. Existen algunos teléfonos que hacen grupos de números para su mejor lectura.

#### **Control de volumen.**

Estan convenientemente localizados para su fácil uso, estos controles controlarán no solo el volumen en el espacio aéreo del teléfono sino también el volumen de la bocina. Además algunos fabricantes los usan para control de timbrado y volumen de manos libres.

#### **Indicador de llamadas en ausencia.**

Dice a el usuario que alguien llamo mientras estaba lejos de su vehículo.

#### **Botón limpiar.**

Limpiar un dígito o el display entero de números telefónicos mal marcados.

#### **Alerta en silencio.**

Deshabilita el timbre del teléfono y da una indicacion visual cuando hay una llamada.

#### **Despliegue del número telefónico.**

Esta función ayuda a conocer cual es el número telefónico de una unidad celular cualquiera.

## C A P I T U L O III.

### MEDIOS DE TRANSMISION DE UN SISTEMA DE TELEFONIA CELULAR.

La calda local recibe los datos desde el MTSO para controlar el proceso de llamadas de las unidades moviles. Tambien capta los procesos de llamadas de las unidades moviles. También capta los datos desde el canal inverso de voz de las unidades moviles activas e intenta enviarlas a el MTSO. Hay dos tipos de enlaces de datos para telefonía movil: (1) Línea normal (portadora T1) y (2) Microondas.

#### 3.1. LINEA NORMAL (portadora T1).

En Estados Unidos las actividades precursoras en el campo la realizo Bell System durante los años sesentas, al introducir un sistema digital PCM para transmisión de voz para corto alcance.

El sistema T1, como lo llamo, encontro una amplia aceptación en Estados Unidos, Canada y Japon. Esta es la base para una completa jerarquizacion de los sistemas multicanalizados de orden superior utilizados ya sea para transmision de larga distancia, o para las transmisiones en areas urbanas altamente pobladas. También constituye la base la transmision de sistemas puramente digitales. La velocidad de muestreo de 8 Hhz, así como la cuantización de 8 bits, son la base de la mayoría de los sistemas PCM digitales de voz que se emplean en todo el mundo, tanto para las comunicaciones terrestres como para las de Satellite. En los sistemas T1 se multicanalizan, muestran y codifican 24 canales telefonicos en PCM a 1544 Mbts/s para transmisión por portadora, o para multicanalización posterior a mayores distancias.

Desde el desarrollo del sistema T1, los estandares mundiales indican la utilizacion de sistemas PCM de 30 canales, multicanalizados por division de tiempo con 2048 Mbts/s para transmision, que se han desarrollado y construido en muchas partes del mundo. Debido al temprano desarrollo del sistema T1 de 24 canales y a su subsecuente adopción en ciertas partes del mundo, existen ahora estandares. Deben emplearse apropiadas interfaces para que las señales telefonicas de PCM se conviertan de los sistemas de 24 canales a los de 30.

El sistema T1 tal como fue originalmente concebido, usaba 2 = 128 niveles de cuatización para cada uno de los 24 niveles de voz multicanalizados. Recientemente, se ha aumentado el número a 256 niveles, lo que ha dado lugar a un sistema con menor ruido y menor distorsión. El formato de señalización para el sistema agrupa 24 palabras PCM de 8 bits, cada una de las cuales corresponde a una muestra codificada de PAM, muestreada a una velocidad de 8,000 bit por segundo, mas un bit de la estructura para la que se tiene un tiempo de 125 us, es entonces de 1,544 Mbits/s. Cada sexta estructura, el octavo bit (el menos significativo) de cada canal se elimina disponiéndose en su lugar un bit de señalización. La secuencia de bits de señalización, uno de cada seis estructuras, aparece entonces a una velocidad de alrededor de 1,330 bits/s y se usa para transmitir pulsos de discado, así como señales de colgado y descolgado del teléfono. La forma de la escritura presenta el formato que se muestra en la fig. 3.1.1.

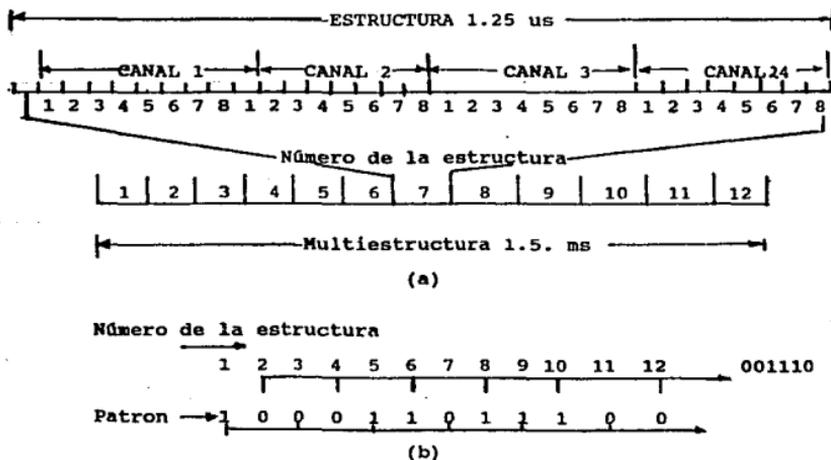


Fig. 3.1.1. Formato de señalización del sistema T1.

El conjunto de bits de las estructuras, una al comienzo de cada una de ellas, constituye un patrón de bits que se usa para mantener la sincronía de aquellas. Una secuencia 1010..., que alterna cada siguiente estructura, se emplea con este propósito. Otro patrón de seis bits de estructura, 000111, al comienzo de las otras, se emplea para identificar la presencia de una estructura en seis que contiene bits de señalización. La estructura resultante de los patrones se muestra en la fig. 3.1.2.

El sistema T1 consta de dos componentes básicos: la terminal de PCM llamada el banco de canales D3 y una línea T1 para la transmisión de la señal de datos compuestos de 1,544 Mbits/s. El banco de canales es el dispositivo que realiza el muestreo, la multicanalización y las operaciones de cuantización no lineal que se requieren para la transmisión de señal de datos T1, así como las operaciones de recepción, en el sentido inverso, que constituyen la señal analógica de voz en cada uno de los 24 canales.



Fig. 3.1.2. Señal bipolar ( los unos alternan su polaridad )

Algunas de las operaciones de PCM en el banco de canales D3 se llevan a cabo canal por canal, para cada uno de los 24; las restantes se realizan en común. Específicamente, el filtrado para la limitación de banda y el muestreo que se hace por medio de las compuertas de muestreo para generar las señales de PAM, se hacen canal por canal, empleándose una velocidad de muestreo de 8,000 muestras por segundo. Cada canal se muestrea en secuencia y las muestras de PAM se pasan a la parte de transmisión del equipo común. En ese instante cada muestra se retiene un momento mientras un codificador de PCM se aproxima a ella y la convierte en una palabra codificada de 8 bits. Todo esto representa el proceso de conversión A/D. La cuantización no lineal, que usa la característica de compresión no lineal de la ley  $\mu$ , se utiliza también. Los equipos comunes generan el formato bipolar de la señal, agregan bits de la estructura al final de ella e insertan los bits de señalización en lugar de los de la estructura, una vez cada seis.

En la recepción, una unidad receptora común procesa la señal que llega para extraer el patrón de bits, la información del reloj y la sincronía de la estructura, decodifica las palabras de PCM en muestras de voz PAM, utilizando las características de expansión inversa no lineal y, a continuación, dirige la muestra de PAM al canal adecuado. Se emplean filtros pasabajas de reconstrucción para cada canal con el objeto de suavizar la secuencia de muestras de PAM que entran y para permitir la salidad de la señal analógica deseada.

### 3.2 MICROONDAS

La transmisión por microondas se distingue de otras transmisiones de radio por su rango de frecuencias y por el uso de antenas altamente directivas. Estas características distintivas son aplicables a ambos sistemas terreno y por satélite, pero el diseño es diferente. Las aplicaciones terrenas son principalmente de naturaleza punto a punto y usan rango de frecuencias de 1 GHz a 40 GHz.

Las ventajas del radio sobre el sistema de cable para transmisión de voz, datos o video varían de caso a caso.

Probablemente la ventaja más común es el requerimiento de comunicaciones en terreno inaccesibles o accidentados. Otra de las ventajas es el tiempo de instalación. Los problemas de adquisición de terreno tienden a minimizarse puesto que los sistemas de radio requieren un pequeño terreno cada 30 ó 50 Km. Si hubiera necesidad los sistemas de radio pueden ser reconfigurados geográficamente. En sistemas celulares este tipo de comunicación es muy útil sobre todo en áreas rurales.

Todo los sistemas de radio son redundantes con un interruptor automático para casos de falla. Un sistema de alarma reportará las condiciones de emergencia de cualquier local de microondas a la estación central de alarmas en el MTSO. Los convertidores de potencia redundantes se ha incluido en cada célula local. La ruta de microondas será una ruta clara de línea de vista entre dos puntos. Cada ruta será calculada y estudiada para cada campo de acción.

### 3.2.1 DISEÑO DE ENLACES DE MICROONDAS Y REQUERIMIENTOS DIVERSOS

Hay tres consideraciones básicas. Primero, la ruta de propagación es siempre más larga que la ruta de propagación celular, 25 millones o más. Segundo esta de 100 a 200 pies por encima de la superficie de la tierra. Tercero, la transmisión de microondas es un enlace de línea de vista. La fig 3.2.1 muestra en reemplazo del cable T1 por radio de microondas.

Sin embargo, los enlaces de microondas vuelven al sistema susceptible a una clase de desvanecimiento multiruta, en el cual la transmisión de microondas se afecta por cambios en la mas baja atmosfera, donde las condiciones atmosféricas permiten propagación multiruta.

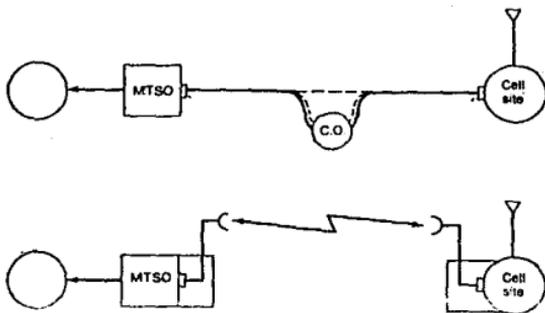


Fig 3.2.1 Reemplazo de cables de portadora T1 por enlace microondas.

Aunque los desvanecimientos profundos son raros, hay suficientes para causar problemas de interrupcion en sistemas de comunicaciones de alta confiabilidad. Una señal se dice que está en un desvanecimiento de  $20 \log L$ ; esto es la envolvente ( $20 \log L$ ) de la señal está abajo del nivel  $L$ .

$$20 \log \quad < \quad 20 \log L$$

Usualmente, los desvanecimientos profundos por debajo de  $-20$  dB son importantes.

$$20 \log L < -20 \text{ dB} \quad \text{o} \quad L < 0.1.$$

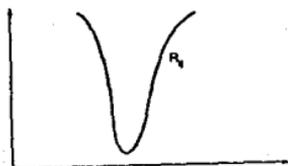
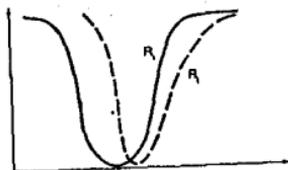
De datos experimentales, el número de desvanecimientos puede relacionarse así:

$$N = \begin{cases} 6410L/60.88 = 105.29L/\text{día} & (\text{en la banda de } 6 \text{ GHz}) \\ 3670L/60.88 \text{ días} = 60.28L/\text{día} & (\text{en la banda de } 4 \text{ GHz}) \end{cases}$$

La desviación promedio de desvanecimientos es

$$t = \begin{cases} 490L \text{ s} & (\text{en la banda de los } 6 \text{ GHz}) \\ 408L \text{ s} & (\text{en la banda de los } 4 \text{ GHz}) \end{cases}$$

Para reducir los desvanecimientos, dos métodos pueden usarse: una diversidad de espacio y una diversidad de frecuencia. Para usar los esquemas de diversidad, tenemos que recoger algunos datos adicionales. Las dos señales obtenidas individualmente de los dos canales pueden usarse para medir el número de desvanecimientos individuales, como se muestra en la fig. 3.2.1.2.



**Fig 3.2.1.2 Formación de un desvanecimiento simultaneo.**

Si la separacion de frecuencia o la separacion de espacio son muy grandes, el número de desvanecimientos simultaneos pueden reducirse drasticamente. Así el número de desvanecimientos simultaneo de dos senales debe ser pequeño para obtener buena diversidad en la recepción.

Se define un parametro  $F_n$  como el radio de  $N_i$  a  $N_{ij}$  donde  $N_i$  es el numero de desvanecimientos simultáneos de los dos canales indi viduales.

$$F_n = \frac{N_i}{N_{ij}}$$

El radio  $F_n$  debe ser grande. Para desvanecimientos profundos,  $F_n$  es:

-2

$$F_n = 1/2qL \quad \text{para } L \geq 0.1$$

La q es un parametro definido por las siguientes ecuaciones.

1.- Para separaciones en frecuencia.

$$q = \frac{1}{4} \left( \frac{\Delta f}{f} \right) \quad (\text{en la banda de 6 GHz})$$

$$q = \frac{1}{2} \left( \frac{\Delta f}{f} \right) \quad (\text{en la banda de 4 GHz})$$

Donde f es la frecuencia de separacion y f es la frecuencia de operacion.

2.- Para separacion en el espacio,

$$q = (2.75)^{-1} \left( \frac{s}{d} \right)^2$$

Donde  $s$  es la separación de la antena vertical, es el largo de onda, y  $d$  es el largo de ruta. Todos los valores son medidos en las mismas unidades.

El término mejorado  $F$  ha sido usado para describir el radio de el tiempo total  $T_i$  usado en desvanecimientos de tiempo total  $T_{ij}$  usado en desvanecimientos simultaneos. Para desvanecimientos profundos.

$$F = \frac{T_i}{T_{ij}} \quad 2Fn \quad L < 0.1$$

El tiempo de desvanecimiento total  $T_i$  en un año con 6 Ghz de propagación puede obtenerse de las ecuaciones 3.2.1.1. y 3.2.1.2.

$$T_i = N_t = \begin{cases} (37904.4L/\text{año}) & (490Ls) \\ 1857 \text{ s/año} & \text{a } L= 0.01 \text{ (0 -40 dB)} \\ 31 \text{ min/año} & \text{a } L= 0.01 \text{ (0 -40 dB)} \end{cases}$$

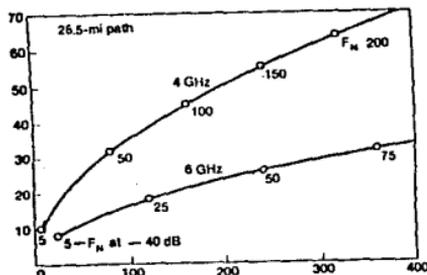
Podemos usar la misma etapa para obtener el tiempo de desvanecimiento total  $T_i$  en propagación de 4 GHz.

(22002 L/año) (408L s)

$T_i = N_t = 897.68 \text{ s/año a } L = 0.01 \text{ (0 -40 dB)}$

15 min/año a  $L = 0.01 \text{ (0 -40 dB)}$

Los valores de  $F_n$  a -40 dB se muestran a lo largo de las curvas de la fig. 3.2.1.2 para 4y 6 GHz, respectivamente. Para  $1u3$   $F_n = 5$  en 4 GHz, debemos usar una separación en el espacio vertical de 10 ft, o la separación de frecuencia sera de 8 MHz.



Separación en frecuencia MHz.

Fig. 3.2.1.2 Separación en espacio y en frecuencia que suministra igual valor de  $F_n$ .

### 3.3 ANTENAS.

Una antena es un dispositivo que convierte energía eléctrica en ondas electromagnéticas la luz, los rayos x, las microondas y las ondas de radio son todas formas de radiación electromagnética.

Los parámetros eléctricos básicos de una antena son los patrones de radiación, la ganancia, directividad, polarización, frecuencia o ancho de banda y ruido de temperatura.

#### Patrones de radiación

Los patrones de radiación de una antena son su distribución espacial de energía radiada. Los patrones de radiación más comunes son: Omnidireccional y Unidireccional.

#### La antena omnidireccional.

En el estricto sentido de la palabra esta antena tiene un patrón de radiación exactamente esférico. En el sentido práctico, para antenas localizadas cerca del plano de la tierra, es una antena la cual tienen un patrón de radiación intensa hemisférico. En dos dimensiones una antena donde la intensidad de la radiación es uniforme en el plano horizontal es llamada omnidireccional.

#### La antena unidireccional

Tiene un patrón con radiación máxima para coordenadas angulares específicas ( $\theta, \phi$ ) como en la fig 3.1.1.

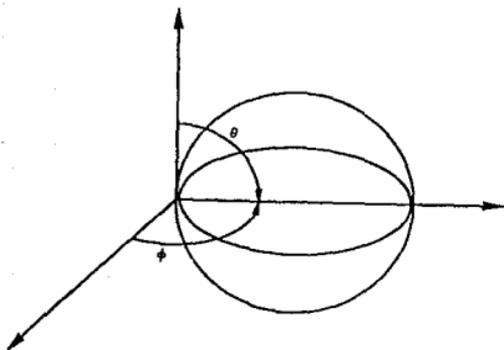


Fig. 3.1.1 Patrón de intensidad de campo de una fuente unidireccional con máxima radiación en 90 grados.

#### Ganancia y directividad.

La ganancia de potencia  $G(\theta, \phi)$  en una dirección específica o  $(\theta, \phi)$  se define por el radio de la densidad de potencia radiada en la dirección de la densidad de potencia la cual será radiada por una antena isotropica con la misma potencia de entrada aceptada en sus terminales. Matematicamente la ganancia se expresa como:

$$G(\theta, \phi) = \frac{4 \pi \phi(\theta, \phi)}{P_o}$$

el producto de sus directividad y eficiencia

La directividad de la antena es una medida de el grado con el cual se concentra la potencia radiada en una direccion simple. Para antenas directivas la directividad es inversamente proporcional a el producto  $\theta_3, \phi_3$  donde  $\theta_3$  y  $\phi_3$  representan la media del ancho de rayo en dos planos ortogonales. Las eficiencias tipicas de antenas directivas van desde 50% a 80%.

Una regla conveniente para predecir la ganancia de un antena directiva de baja perdida.

$$G = 10 \log \left( \frac{C}{\theta_3, \phi_3} \right)$$

Donde C es una constante y  $\theta_3, \phi_3$  son como se definio antes. El valor correcto de C para una antena depende de la eficiencia de la antena, pero los valores tipicos van desde 27,000 hasta 35,000. Esta aproximación de la ganancia se deriva de la que la mayoría de la potencia radiada de una antena esta en el rayo principal. El valor C tendra un valor de 41,253 para una antena con 100% de eficiencia.

#### Polarizacion

A gran distancia de una antena radiando, los vectores de campo electrico E y magnetico H del campo radiado son ortogonales uno del otro y en la direccion de propagacion. Los dos campos oscilan en una relacion tiempo constante, y la relacion de sus magnitudes E/H, o n, en una constante 120, la impedancia intrinseca del espacio libre.

La polarización de un campo electromagnético se describe en términos de la dirección en el espacio del vector de campo eléctrico  $E$ . Si el vector que describe el campo eléctrico en un punto en el espacio es siempre paralelo a una línea de orientación fija se dice que el campo será polarizado linealmente. En general sin embargo, la dirección angular del vector eléctrico varía con el tiempo, y sus terminos trazan una elipse. En este caso se dice que el campo está polarizado elípticamente. La polarización circular es un caso especial de la polarización elíptica en la cual el trazo de el vector de campo eléctrico  $E$  es un círculo. El campo se dice que es circular en el sentido del reloj o en el sentido contrario de las manecillas del reloj dependiendo de la rotación del campo eléctrico  $E$  cuando el campo es visto hacia la dirección de propagación.

Las antenas exhiben las propiedades de polarización en relación a los campos que ellas radian o reciben. Si una antena está en modo de recepción no será igualada en polarización en el campo incidente. La polarización debe igualarse para extraer la máxima potencia de el campo y tener una polarización eficiente de la antena.

Si la polarización de la antena es ortogonal en el campo de polarización debe igualarse para extraer la máxima potencia de el campo y tener una polarización eficiente de antena. Si la polarización de la antena es ortogonal en el campo de polarización, la antena extraera potencia cero, y su eficiencia de polarización es consecuentemente cero.

Una medida de la calidad de una antena es el nivel de el ortogonal ó componente de polarización cruzada en los patrones de radiación se requiere de una polarización cruzada baja que se ere requiere para minimizar los efectos de senales de interferencia y para máxima eficiencia.

## Frecuencia de operación

Generalmente, el funcionamiento de una antena se especifica en bandas de frecuencia. La banda de frecuencia se define como baja y alta frecuencia o por una frecuencia central. Muchas antenas típicas son inherentemente de banda angosta mientras otras son de banda ancha.

## Ruido de temperatura

La medida de la resistividad de una antena receptora incluye los efectos de ruido generado en el sistema de recepción por sí mismo y los efectos de ruido generando en el ambiente entero en el cual el sistema está inmerso. La potencia del ruido generada por estos elementos puede representarse por un parámetro llamado ruido de temperatura.

Generalmente, el ruido de temperaturas del sistema TX puede ser considerado como la suma de tres componentes: (1) La contribución de la antena, resultante de la recepción de ruido de fuentes externas, (2) el ruido térmico de pérdidas disipativas en la línea de transmisión/recepción por sí misma, y (3) el ruido de las fuentes internas tales como el amplificador y el receptor. La contribución de la antena, TA, en la recepción de ruidos de fuentes externas, se compone principalmente de ruido del cosmos, la ionosfera, la troposfera, la tierra, el mar y otros sólidos.

Otras formas de ruido externo son ruidos artificiales (sistemas de ignición, descargas, etc). Normalmente estos ruidos tienen componentes de baja frecuencia y son solo de interés para operación de antena por debajo de las bandas de frecuencia de microondas.

El ruido de antena efectiva TA puede ser cuantificado en un ambiente particular por métodos bien conocidos. El procedimiento exacto para cuantificar la temperatura de ruido efectiva de una antena en particular no es complicado. Si una antena tiene un patrón unidireccional que no es extremadamente ancho como en la mayoría de las antenas que trabajan con frecuencias arriba de los 100 MHz, el ancho del haz y la ganancia tienen poco efecto en la temperatura de ruido bajo circunstancias ordinarias.

En un sistema celular los patrones de la antena pueden ser omnidireccional, direccional o de cualquier forma en los planos horizontal y vertical. La ganancia de la antena se compensa por la potencia transmitida, los diferentes patrones de antenas y la ganancia de la antena en la celda local. Las unidades móviles afectaran el funcionamiento del sistema y deben ser consideradas en el diseño del sistema.

Los patrones de antenas vistos en sistemas celulares son diferentes de los vistos en los patrones del espacio libre por ejemplo si una unidad móvil viaja alrededor de una celda local en áreas con muchos edificios, la antena omnidireccional no duplicara los omnipatrones además si la relación frente espalda de la antena direccional es de 20 dB en el espacio libre sera solo de 10 dB en la celda local.

### 3.1.1. Antenas de celda local

En un sistema inicial, una omnicelda, todas las antenas de transmisión son omnidireccionales. Cada antena de transmisión puede transmitir señales desde transmisores de radio 16 simultaneamente usando un combinador de 16 canales cada celda puede tener normalmente tres antenas transmisoras las cuales sirven a 45 transmisores de radio voz simultaneamente. Cada señal enviada se amplifica por su propio canal amplificador en cada radio transmisión, entonces 16 canales (radio señales) pasan a través de un combinador de 16 canales y transmiten señales por medio de una antena transmisora.

Dos antenas receptoras pueden recibir, todas las 45 señales de radio voz simultaneamente. Entonces en cada canal, dos idénticas señales recibidas por dos antenas receptoras pasan a través de una división de receptores de este canal. La configuración de la antena receptora en la antena poste se muestra en la fig. 3.1.1.1.

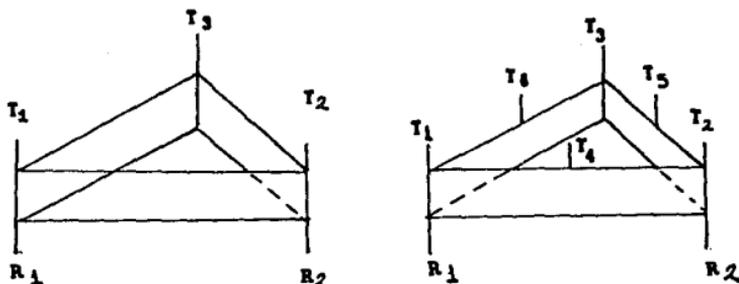


Fig 3.1.1.1 Configuración de una antena receptora.

Configuración de antena abnormal .- Normalmente el tráfico de llamadas en cada celda se incrementa cuando el número de usuarios se incrementa, algunas celdas requieren un mayor número de radios para manejar el incremento de tráfico. Una local omnidireccional puede equiparse con 90 radios de voz. En tales casos seis antenas transmisoras se usaran como se muestra en la fig. 3.1.1.1.

Entre tanto el número de antenas receptoras sigue siendo de dos para reducir el número de antenas transmisoras, un combinador de timbrado híbrido puede combinar dos señales de 16 canales se encuentran.

Esto significa que solo tres antenas transmisoras son necesarias para transmitir 90 señales de radio, el combinador de anillo tiene una limitación para manejar potencia a 600 W con una pérdida de 3 dB.

Si el tráfico de llamadas se aumenta gradualmente, hay una ventaja económica al usar el sistema celular ya existente en lugar de usar el nuevo sistema de división de celda. De esta forma cada celda es capaz de crear más radios. En celda patron  $K=7$  con sectores de  $120^\circ$ , se usan dos antenas transmisoras en cada sector (fig 3.1.1.2) cada antena sirve a 16 radios

Las dos antenas transmisoras en cada sector son colocadas relativamente cerca de las antenas receptoras. En el caso de antenas de transmisión simple esto puede causar algún grado de desintonización en los receptores.

En general se pueden combinar 32 canales en un combinador; Así, solo una antena transmisora se necesita en cada sector, sin embargo, esta antena transmisora debe ser capaz de resistir un alto grado de potencia transmitida. Si cada canal transmite 100 W la potencia total que la antena receptora puede soportar es 3.2 Kw.

El combinador de 32 canales tiene una limitación de potencia que se especifica según el fabricante. Dos antenas receptoras en cada sector de  $120^\circ$  sirven igual para usarse en una diversidad ad de espacio.

En cada celda local una localización de recepción se conecta a las antenas de localización respectivas. Esta antena puede ser omnidireccional o direccional. El receptor de localización puede sintonizar un canal de los 333 existentes.

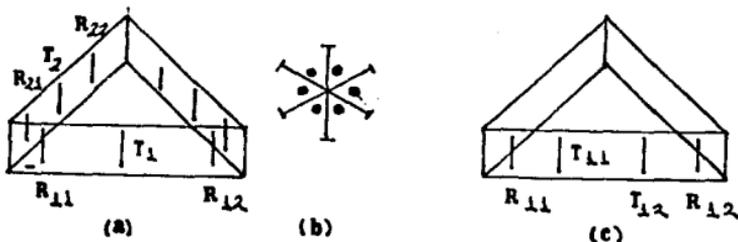


Fig 3.1.1.2 Arreglo de antena direccional  
 (a) Sector de  $120^\circ$ , (b) sector de  $60^\circ$ , (c) sector  $120^\circ$  (90 radios)

Cuando se usa un esquema de reuso de frecuencia, ocurre una interferencia cocanal. El factor de reducción de interferencia cocanal  $q=D/R=4.6$  se basa en que el terreno es plano. Debido a que el terreno rara vez es plano. Se debe incrementar el uso de antenas direccionales.

Pueden usarse en una celda sector de 120 un reflector de esquina de 120 o un reflector plano de 120. En cambio en un sector celda de 60 debe usarse un reflector de 60. Un patron típico para la antena direccional de 120 de ancho de haz se muestra en la fig 3.1.1.3.

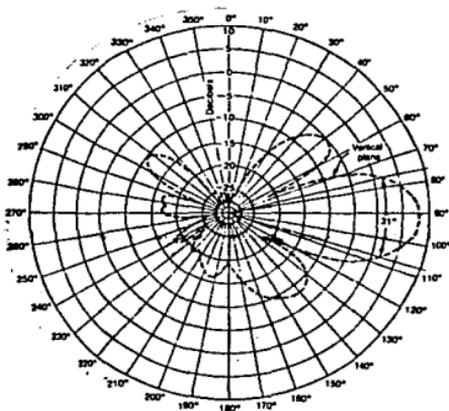


Fig. 3.1.1.2 Un típico patron de antena direccional de 8 dB.

## Configuración de una antena normal.

1 -  $K=7$  celdas patron (sectores de  $120^\circ$ ) En los patrones celda  $k=7$  para reuso de frecuencia, si se usan 333 canales. Cada celda tendrá alrededor de 45 radios por cada sector de  $120^\circ$ .

También tendría una antena transmisora y dos antenas receptoras y serviría a 16 radios. Las dos antenas receptoras son usadas para dar diversidad.

2 -  $K=4$  celdas patron (sectores de  $60^\circ$  ). No se usa  $K=4$  en un sistema onmicelda debido a la distancia de ruido del cocanal que no es adecuada. Así, en un patron de  $K=4$  celdas, se usan los sectores  $60^\circ$  . Hay 24 sectores en estos sistemas de patron de  $K=4$  celdas, se usan dos aproximaciones.

a) Sectores transmisión recepción  $60^\circ$  . Cada sector tiene una antena transmisora portando su propia serie de radios de frecuencia y manejando frecuencias de otros sectores vecinos u otras celdas. Este es un sistema de celdas-patron  $K=4$  lleno. Si se usan 333 canales, con 13 radios por sector de recepción, seis antenas se seleccionan para una diversidad de ángulo para cada radio canal.

b) Los sectores de recepción de  $60^\circ$  . Las antenas de recepción de seis sectores se usan solo para localizar unidades móviles y manejar celdas vecinas con un alto grado de precisión. Todas las antenas transmisoras son omnidireccionales en cada celda, la diversidad de ángulo de cada radio canal se usa también en este caso.

### 3.1.2. ANTENA MOVIL

Existen tres tipos de antenas moviles

- 1.- Antena montada en vidrio
- 2.- Antena montada en alfombra
- 3.- Antena de alta granancia

#### 3.1.2.1 Antena montada en vidrio

La antena montada en vidrio es la más popular de las antenas moviles su mas significativa ventaja es su facil instalacion. Una antena montada en vidrio, como su nombre lo indica, se monta directamente en una de las ventanas del vehiculo normalmente el vidrio de atras. Un cable coaxial se conecta a el transmisor y de ahi a una caja de acoplamiento que se monta en el vidrio de atras con adhesivo de silicon.

La caja de acoplamiento usa el vidrio como capacitor para acoplar la energía a la antena, esta caja se monta en la parte de afuera de la antena.

Existen dos estilos de sistemas montados en vidrio en la fig 3.1.2.1.1, se muestra el estilo avante. La antena mostrada en esta figura se diseno con un radiador colineal lo que le da una mayor resistencia a el ambiente particularmente rudo de una antena movil

También se necesita mantener una relación aceptable de corriente de fase. Un circuito de acoplamiento de base ancha fue diseñado para acoplar eficientemente la senal RF atravez de la ventana del vehiculo.

El acoplador acopla capacitivamente a la caja interna de la antena y alimenta la base del radiador. Esta caja se sujeta a el interior del vidrio con un adhesivo y acopla la senal de RF a la antena montada en la parte de afuera de la ventana.

El uso de las placas de acoplamiento en serie con la base de la antena introducen un efecto capacitivo que recorta la parte eléctrica del elemento de la antena.

Esto permite que la antena sea más corta, estas placas de acoplamiento se operan a muy alta impedancia (entre 25 K y 100 K ohms). La Placa interna se integra a la unidad de acoplamiento. La placa externa esta en la superficie interna de el esamble de la antena que proporciona soporte físico además de acoplar la antena al transreceptor a las señales de 800 MHz.

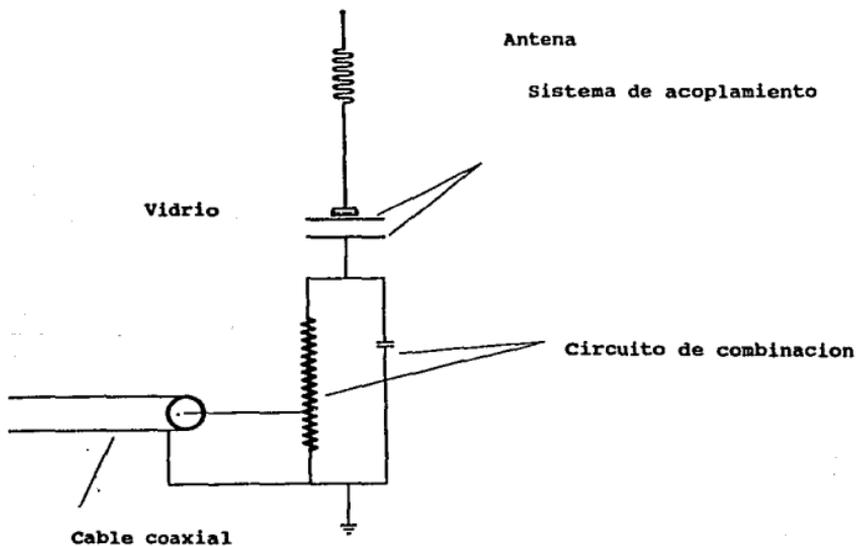


Fig 3.1.2.1.1 Antena montada en vidrio estilo avante.

La superficie de acoplamiento facilita la transferencia de energía a la antena. Si la antena se sintoniza adecuadamente la pérdida de señal es muy poca.

La única desventaja de este sistema de antena en particular es un efecto colateral en el acoplamiento de alta impedancia. La alta impedancia provoca que este tipo de antenas este sujeto a variaciones en su característica de impedancia y radiación cuando se montan inapropiadamente.

Sin embargo, si se tiene cuidado de seguir las instrucciones de montaje del fabricante la antena operara adecuadamente. En la fig. 3.1.2.2. se muestra una antena tipo avante.

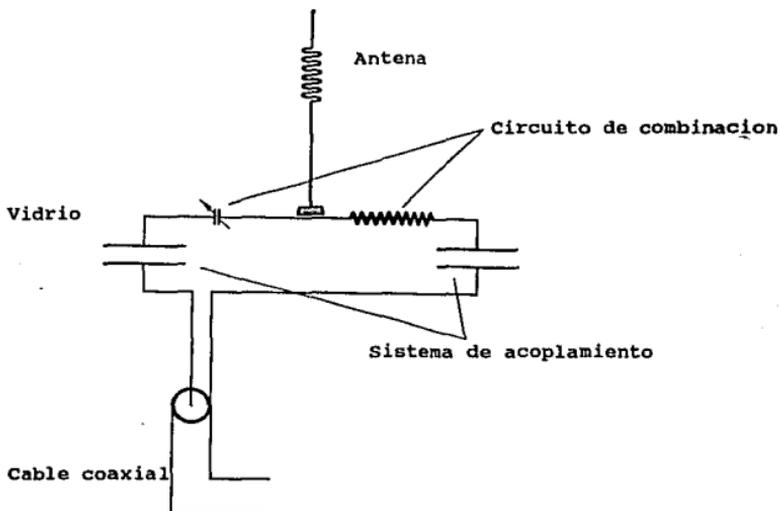


Fig. 3.1.2.1.2 Variación de la antena montada en vidrio estilo avante.

Este diseño de antena montada en vidrio alimenta la energía de RF directamente a través de la ventana usando placas de acoplamiento. La señal de baja impedancia a través del par de salida de las placas se transforma en la impedancia de el punto de alimentación de la antena por una red de combinación montada fuera del vehículo. El fabricante menciona varios beneficios. El primero es que la energía de RF que aparece en las placas de salida es de baja impedancia y así reduce los efectos de acoplamiento inducidos por cuerpo extraño (lluvia, ruido de motor, etc.) El segundo es que los campos electromagnéticos llevados por la línea de transmisión tienden a estar contenidos entre las placas más que a dispersarse en un patrón no contenido alrededor de un simple par de placas.

Este método de acoplamiento de placas en la línea de transmisión más que en la antena permite a la antena cargarse pero resulta ser una antena más grande a pesar de que esto es malo para alejar el punto central de radiación más allá de la línea del techo y mantiene el patrón de radiación omnidireccional.

### 3.1.2.2. ANTENA MONTADA EN ALFOMBRA.

Las antenas montadas en alfombra son vendidas en varias variedades. Las mas comunes son antenas de alta ganancia 0 dB, 3 dB y 5 dB ( ver fig. 3.1.2.2.1.). La mayoría son una variación de las antenas tipo Marconi. Las antenas montadas en alfombra requieren de un plano de tierra para llegar al maximo de ganancia, el plano de tierra actua como una imagen de espejo para la antena de un cuarto de onda montada en la alfombra. Debido a que el plano afecta la ganancia de la antena es importante tener area suficiente para reflejar la señal. Aproximadamente 5 pulgadas en todos los sentidos son suficientes a 800 MHz.



Fig. 3.1.2.2.1. Antena de alfombra.

**Existen algunas reglas que deben seguirse al seleccionar antenas de alfombra:**

**1.- Generalmente , no se recomiendan antenas de ganancia 0-dB. Se usan solo en situaciones donde se requiere de una antena corta.**

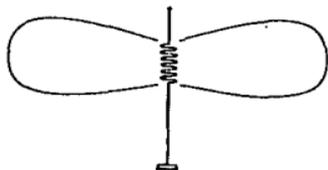
**2.- La mayoría de las antenas de alfombras son antenas de 3 dB de ganancia. Se usan en situaciones donde el cliente requiere del mejor funcionamiento posible y esta dispuesto a sacrificar un poco la estetica de su automovil.**

**3.- Las antenas de ganancia de 5 dB no son muy usuales en aplicaciones urbanas se recomiendan su uso en areas rurales debido a que su ganancia en aproximaciones verticales es baja.**

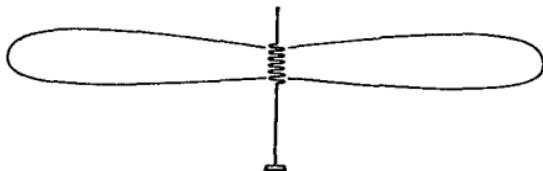
### 3.1.2.3. ANTENA DE ALTA GANANCIA.

La mayoría de las antenas de alta ganancia son antenas colineales de cinco octavos de onda, no requieren de un plano de tierra. Al igual que las antenas montada en vidrio, las antenas de alta ganancias son diseñadas para proporcionar a el usuario cierta cantidad de ganancia. La mayoría de las antenas de este tipo se diseñan para proporcionar 3 dB de ganancia. Unos cuantos fabricantes ofrecen modelos de ganancias de 5dB. El instalador debera tener cuidado cuando selecciona las ganancias de las antenas, en la fig. 3.1.2.3.1 pueden verse que la antena de ganancia 5 dB ofrece mas ganancia horizontal. Sin embargo, la ganancia de la antena disminuye cuando la antena radia a mas altos angulos.

Las antenas de alta ganancia son altas cuando se comparan con las antenas de un cuarto de onda o antenas colineales de cinco octavos de onda montadas en alfombra.



Patron de radiación  
de 3 dB de ganancia.



Patron de radiación  
de 5 dB de ganancia.

Fig. 3.1.2.3.1 Patrones de radiación de antenas de alta ganancia a 3 dB y 5 dB.

## C A P I T U L O   I V

### SISTEMA DE TELEFONIA MOVIL CELULAR CMS-88

#### 4.1 Introducción

Debido a que la frecuencia de banda del sistema es de 880 MHZ el sistema es llamado CMS 88. El primer CMS 88 fue fabricado por Ericsson para operar en USA en 1984. En 1986 Ericsson diseño un sistema telefonico celular llamado CMS 88 para operar en Inglaterra comercializado por Racal-Vodafone Ambos sistemas son llamados CMS 88.

Además de estos sistemas Ericsson cuenta con otros dos sistemas que son utilizados por la Administración de Telefonía Movil Nordica (NMI).

-- CMS 45 introducido en 1981 en la banda de 45 MHZ.

-- CMS 89 introducido en 1986 en la banda de 900 MHZ.

Enseguida se enlistan los diferentes sistemas y algunas ciudades donde han sido instalados:

CMS 8800 (FCC spec) Australia, Nueva Zelanda, Norte America (sirviendo a casi 40 ciudades en los USA y Canada incluyendo Los Angeles, San Francisco, Chicago, Toronto, Montreal y Vancouver)

CMS 8810 (TACS spec) Irlanda, Inglaterra y China.

CMS 45 Indonesia, Luxemburgo, Holanda, Malasia, Oman, Ciudades Nordicas, España, Audi Arabia y Tunez.

El sistema CMS 8800 y el sistema CMS 8810 tienen diferencias una de ellas es el area del localizacion.

El CMS 8800 permite a una estación móvil moverse libremente en el area de servicio del MSC sin informar a la central telefonica acerca de su localización. El MCS no sabe la localización exacta de la estación móvil y consecuentemente la llamada del abonado debe enviarse via todas las celulas (voceo) en el area de servicio.

En el CMS 8810 cada area de servicio se divide en areas de localización ver fig. 4.1.1. La estación móvil, cuando va de una area de localización a otra, debe informar al MSC de su nueva localización. Esto se conoce como registro de localización de area o como registro forzado. El voceo de la estación móvil se hace via todas las celdas en esta area de localización.

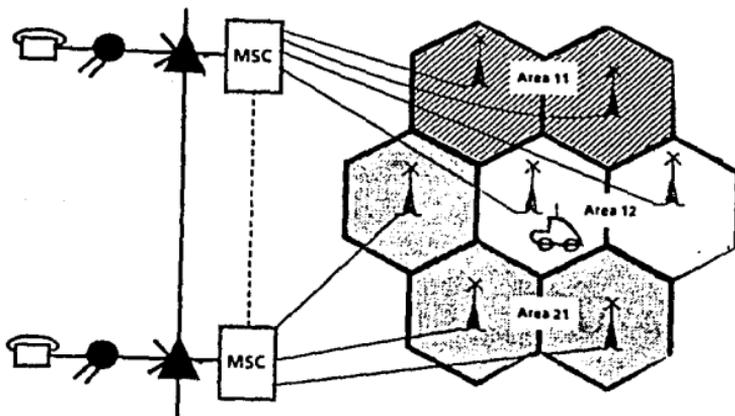


Fig. 4.1.1 Areas de localización (CMS 8810)

Con el sistema de telefonía móvil automática de Ericsson cada unidad móvil informa continuamente a la central telefónica sobre su posición las diferentes centrales telefónicas del sistema intercambian datos sobre un abonado móvil que sale o entra en sus zona de cobertura. Este procedimiento de seguimiento denominado roaming en Inglés puede extenderse también a través de fronteras internacionales.

De esta forma, un abonado que llama no necesita conocer la posición del abonado móvil.

El establecimiento de una conexión entre una unidad móvil y otro abonado está basado en el establecimiento con una línea fija ordinaria.

Para garantizar una buena calidad del habla durante toda la llamada, dicha calidad se supervisa. Si la calidad empeora el sistema conmutará automáticamente a una conexión de radio en mejores condiciones.

En grandes zonas urbanas los canales disponibles están con frecuencia totalmente ocupados. Para aumentar el número de canales disponibles puede usarse la técnica de celdas pequeñas. Esta técnica implica que la potencia de salida de una unidad móvil se reduzca automáticamente a distancia al entrar esta en una zona de celdas pequeñas. Siendo esta una técnica que aumenta en alto grado la capacidad del sistema en zonas muy pobladas.

Finalmente la tasación puede llevarse a cabo tanto si se usa una tarifa dependiente de la posición o una tarifa por período de tiempo. Cuando se llama a través de fronteras internacionales se usa una tasación especial. Se puede usar toll ticketing.

Todas estas facilidades hacen que la telefonía móvil sea tan fácil de operar como la telefonía con circuitos fijos.

Un sistema de telefonía móvil de Ericsson comprende tres elementos:

1.- Una o varias AXE, cada una equipada con el subsistema MTS (denominadas MTX).

2.- A cada MTX se conecta un número de estaciones de base (BS); Que pueden comunicar a las unidades móviles via canales de radio.

3.- La unidad de abonado móvil (MS).

La fig. 4.1.2. muestra como puede organizar una red de sistema

En la siguientes secciones se hace una descripción de cada uno de los elementos mencionados.

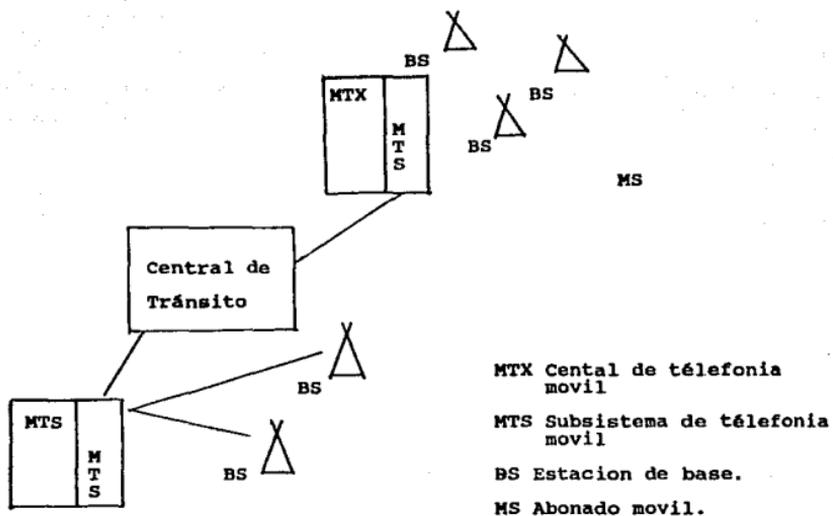


Fig. 4.1.2. Organización de la red de sistema.

#### 4.2. CENTRAL AXE 10 EQUIPADA CON MTS.

El AXE 10 consiste de una serie de subsistemas, cada uno de los cuales tiene una función específica en la central telefónica. Cada subsistema se diseña con un alto grado de automatización y se conecta a otros subsistemas vía interfaces estándar. Esta arquitectura de sistema permite que varios subsistemas puedan combinarse en diferentes formas para conseguir los requerimientos de diferentes tipos y tamaño de centrales telefónicas.

El AXE 10 consiste de dos sistemas:

- Sistema de conmutación APT
- Sistema de procesamiento de datos APZ

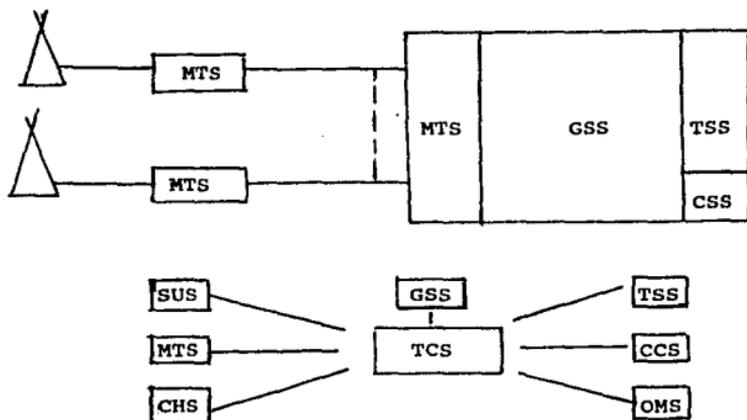
Cada uno de estos sistemas se compone de varios subsistemas.

##### 4.2.1 SISTEMAS DE CONMUTACION APT

El sistema de conmutación conmutante implementado en el MSC es el sistema APT 210 08. Sus subsistemas se muestran en la fig. 4.2.1.1. Estos subsistemas son implementados en software y un hardware y algunos solo en software.

##### SUBSISTEMA DE SEÑALIZACION Y TRONCAL.

Este subsistema supervisa el estado de la troncal de la central pública y las de otros MSC. La señalización entre el MSC y estos dos se manejan también por el TSS como lo indica la CCITT No. 7 sin embargo la información de señalización es traída y enviada por el subsistema de señalización de canal común.



- TSC Subsistema de señalización y troncal.
- CCS Subsistema de señalización de canal común
- GSS Subsistema de conmutación de grupo.
- MTS Subsistema de telefonía móvil.
- SUS Subsistema de servicio de abonado.
- CRS Subsistema de carga.
- CMS Subsistema de operación y mantenimiento.

Fig. 4.2.1.1 Subsistemas en el APT.

#### SUBSISTEMA DE SEÑALIZACION DE CANAL COMUN (CCS)

Este sistema hace las funciones de señalización, enrutado, supervisión y corrección de mensajes enviados de acuerdo en el CCIT No. 7. La señalización del MSC requiere del uso de señalización de canal común para esto se usa la señalización CCITT No. 7. Este tipo de señalización es hoy en día frecuentemente usada por las centrales PSTN y en tal caso también se usaría para la señalización del MSC al PSTN.

#### SUBSISTEMA DE GRUPOS DE CONMUTACION (GSS).

Este subsistema se controla por medio de el TCS: El GSS hace, supervisa y limpia conexiones a través del grupo de conmutación. También supervisa conexiones de tres participantes tales como llamadas en conferencias, etc. La selección de ruta a través del conmutador tiene lugar en el software.

#### SUBSISTEMA DE TELEFONIA MOVIL (MTS)

Cuando se implementa el MTS en la central de conmutación AXE-10 esta se convierte en un MSC. El MSC maneja todas las funciones de los abonados móviles las funciones de red celular también como la señalización con estaciones móviles el MTS. También le proporciona al subsistema señalización de canal común los datos necesarios para señalización con el MSC. La operación y funciones de mantenimiento especificadas por el sistema celular se implementan también en el MSC.

#### SUBSISTEMA DE MANTENIMIENTO Y OPERACION (CMS)

En general las funciones de mantenimiento y operación en el sistema de conmutación AXE-10 se incorporan en los CMS. Este subsistema registra si ocurren fallas, recolecta estadísticas de tráfico y maneja la administración de datos de iniciación por ejemplo por comandos.

#### SUBSISTEMA DE SERVICIOS A ABONADOS (SUS).

Todas las funciones para servicios de abonados son implementados en este subsistema.

#### SUBSISTEMA DE CONTROL DE TRAFICO.

Este subsistema controla la inicializacion y terminacion de las conexiones de habla, almacena y analiza los digitos recibidos desde el MTS y el TSS y la información básica almacenada acerca de categorías de abonado, enrutamiento y clase de tráfico siendo esto lo que decide como será manejada la llamada. El número interno de serie del MSC y el código de troncal MSC se almacenan también en el TSC. En el MSC, la mayoría de el control de tráfico se hace en cooperación estrecha con el MTS.

#### SUBSISTEMA DE CARGA (CHS)

Este subsistema se usa para cobro al abonado móvil. Las llamadas de salida son cobradas normalmente por medio del toll ticketing. Esto significa que los datos acerca de cada llamada tales como número marcado, número que marca, fecha, hora y duración de llamada, etc. se graban y almacenan por ejemplo en cintas magnéticas.

Si el sistema celular tiene más de un MSC, los datos de carga desde todos los MSC deben procesarse juntos, ya que el abonado móvil tiene un registro de llamadas en varias celdas. El CHS también mejora las facilidades de cargo entre el operador celular y el operador PSTN.

#### 4.2.2. SISTEMA DE PROCESAMIENTO DE DATOS APZ

Ericsson maneja dos tipos de procesadores centrales:

Procesador central APZ 211. Puede usarse para necesidades de centrales de tamaño mediano.

Procesador central APZ 212. Puede usarse para requerimientos externos tales como grandes áreas metropolitanas.

Los procesadores son totalmente compatibles de hecho puede instalarse un APZ 212 como respaldo de un procesador APZ 211 para el caso de crecimiento sin dejar el sistema fuera de servicio.

El sistema APZ puede dividirse en los siguientes subsistemas:

- Subsistema de procesador central (CPS).
- Subsistema de procesamiento regional (RPS)
- Subsistema de mantenimiento (MAS)
- Subsistema Entrada/Salida (IOS). Con los siguientes subsistemas como alternativa a IOS.
- Subsistema de comunicacion maquina-hombre (MCS)
- Subsistema de procesador de soporte (SPS)
- Subsistema de comunicacion de datos (DCS)
- Subsistema de manejo de archivo (FMS)

#### SUBSISTEMA DE PROCESADOR CENTRAL (CPS).

El CPS consiste de hardware y software. El hardware consiste de un par de procesadores centrales (CPS). Los CPS almacenan y ejecutan el software del procesador central para el sistema de conmutación que maneja las más complejas funciones.

#### SUBSISTEMA DE PROCESADOR CENTRAL (RPS)

El RPS consiste de hardware y software. El hardware localizado en el MSC es el procesador regional (RPS) y las terminales de señalización (STCS). El hardware localizado en las estaciones base es una extensión modular del procesador regional (EMRP) y terminales de señalización.

El software del RP y EMRP almacena y ejecuta el software para el sistema de conmutación, manejo simple, rutina, pruebas de alta capacidad.

El STC y STR manejan los datos de comunicación entre el MSC y la estación base.

#### SUBSISTEMA DE MANTENIMIENTO (MAS)

El MAS supervisa la operación correcta de el sistema procesador de datos, localiza las fallas de hardware y errores de software y hace acciones apropiadas para minimizar los efectos de tales fallas o errores.

#### SUBSISTEMA DE ENTRADA/SALIDA IOS, ALTI

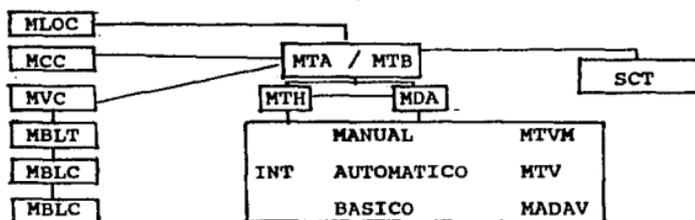
Este subsistema maneja la comunicación hombre-máquina, comandos, impresiones también como entradas y salida de datos en cintas magnéticas, enlace de datos, cintas de cassette y distribución de alarmas en los paneles de alarma visual.

#### 4.3 SUBSISTEMA DE TELEFONIA MOVIL (MTS).

En una local AXE 10, la interface entre los abonados ordinarios y las funciones de manejo interno de tráfico de la central de incorporan al Subsistema de Conmutación de Abonados (SSS). En el MSC, la SSS ha sido reemplazada por un subsistema de Telefonía Movil (MTS). La mayor diferencia es que no hay una línea de conexión fija en el MSC única que identifique a el abonado como en una central telefónica local. Esto es debido a que el número de la estación movil se envía a el MSC por todos los sistemas de acceso y el MTS vera que el abonado se identifique. En el caso de abonados visitantes, esto implicara un dialogo con otras MSC para tener estos requerimientos. Las funciones necesarias deben implementarse en el MTS.

Las más importantes funciones manejadas por el MTS son las siguientes:

- Procesamiento de llamadas, tales como recepción de llamadas originadas desde los abonados móviles, selección de canal de voz y voice de estaciones móviles. Así como señalización de datos a las estaciones móviles.
- Provision continua de canales de voz disponibles para establecer llamadas cuando el abonado se mueva entre celda. Esto también involucra señales de datos a las estaciones móviles.
- Guardar información acerca de la localización del abonado.
- Proporcionar datos para la comunicación continua entre MSCS.
- Administración de los datos de abonado movil también como la configuración de la red celular y parámetros de control de tráfico asociados.
- Conservación del funcionamiento de la red de radio en de estadísticas y registro detallado.
- Mantenimiento de las estaciones base.



\*Software regional y unidades de canal localizadas en las estaciones base.

Software y Hardware regionales localizados en el MSC.

- MLOC      Localización de telefonía móvil.
- MCC      Canales de control de telefonía móvil.
- MVC      Canales dde voz de telefonía móvil.
- MBLT     Terminal de línea de estación base de telefonía móvil
- MTA      Abonado A de telefonía móvil.
- MTB      Abonado B de telefonía móvil.
- MTH      Abonado local de telefonía móvil.
- MDA      Analisis digital de telefonía digital.
- MTVM     Abonado visitante de telefonía móvil.
- MDAV     Analisis digital para visitantes de telefonía móvil.
- MTV      Abonado visitante de telefonía móvil.

Fig. 4.3.1 Diagrama de software simplificado.

**TERMINAL DE LINEA DE LA ESTACION BASE DE TELEFONIA MOVIL (MBLT).**

El MBLT controla y supervisa la interface de Hardware (ETC) para las líneas de la estación base. También envía tonos audibles a los abonados involucrados tales como: Tono de ocupado, tonos de timbrado y congestión a la estación móvil y tonos de timbrado a la red pública. Hay dos versiones de MBLT:

- MBLT 24 Interfaz de 24 canales de líneas PCM (1.5 Mb/s)
- MBLT 32 Interfaz de 32 canales de líneas PCM (2 Mb/s)

El MBLT se implementa en el software central MBLTU, el software regional MBLTR y el hardware ETC. Cada canal PCM interfaz (dos direcciones) con un MBLT individual (fig 4.3.2). Por ejemplo, los primeros 32 canales de línea PCM se interfazan por los siguientes canales individuales: MBLT-0, MBLT-1,..... MBLT-63 así hasta la siguiente línea PCM.

Un MBLT individual marca ocupado (en datos) para cada conversación.

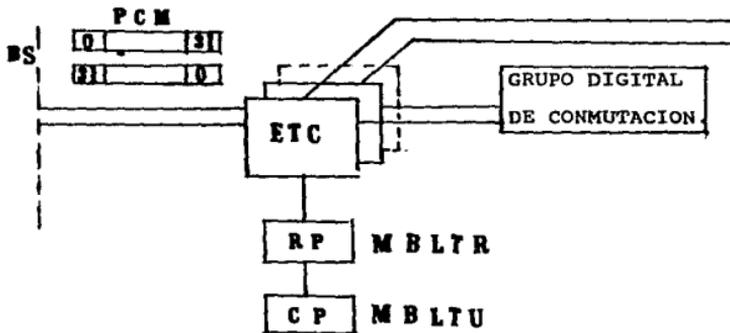


Fig 4.3.2 Estructura a bloques MBLT32

**CHEQUEO DE LINEA DE LA ESTACION BASE DE TELEFONIA MOVIL.**

El bloqueo MBLC maneja el chequeo continuo de la línea de voz antes de establecer la llamada. El chequeo continuo se hace en la siguiente forma: se envía un tono en un dispositivo MBLC y se transfiere a través del grupo de conmutación a el canal seleccionado de PCM, inicia en el canal de voz unitario en la estación base y al regreso se checa por el MBLC. Si hay el MBLC da información acerca de este hecho y otra línea de se selecciona. El MBLC se implementa en el software central MBLCU, en el software regional MBLCR y en Hardware TCD. Los cuatro dispositivos MBLC son asignados a cada gabinete.

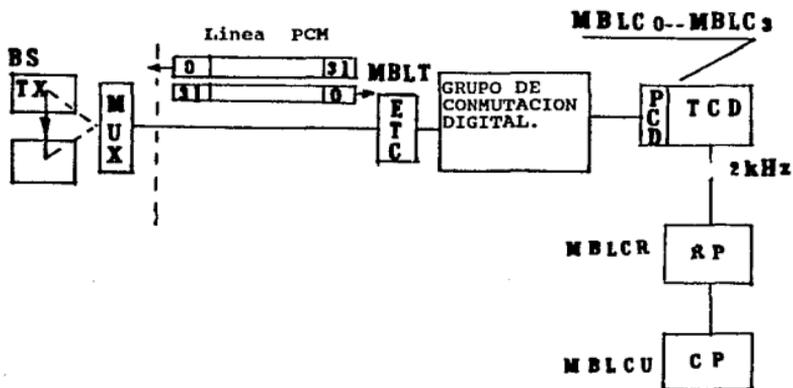


Fig. 4.3.3. El MBLC y el chequeo continuo.

## CANALES DE CONTROL DE TELEFONIA MOVIL (MCC)

El bloque MCC maneja la señalización del canal de control tal como envío de mensajes, da control de relleno también como a la estación móvil, voice, designación inicial de canal de voz, etc (ver fig. 4.3.1).

El MCC contiene tres archivos:

- Un archivo, que contiene entre otras cosas un registro con el número de canales de control en operación (NAC y NPC) y la información específica de si la estación móvil es requerida para enviar los números de serie, registro periódico de funcionamiento.

- Un archivo que contiene el registro individual de cada canal de control. Cada registro especifica el estado de el canal unitario (ocupado, bloqueado, etc).

- Un registro que contiene el registro de llamadas individuales. Cada registro contiene datos tales como el nivel de potencia recomendado para ser usado por la estación móvil para el sistema de acceso, la identificación del área de servicio (CMS8800), o área de identificación (CMS8810).

## CANALES DE VOZ DE TELEFONIA MOVIL (MVC)

El bloque MVC maneja los canales de voz (ver fig 4.3.4). Esto involucra la señalización a y desde las estaciones móviles principalmente en intercambio. La calidad de la voz se supervisa en la ruta de radio, se envían órdenes para cambiar la potencia de salida de la estación móvil y se inicia la requisición de un Intercambio.

MVC contiene un archivo de datos con la siguiente información:

-Registro individual para los canales de voz. Cada registro de canal de voz contiene la información específica de en cual celda operan los canales de voz, el número de canal, especificaciones de el MBLT individual asociado con la unidad de canal (en otras palabras, cual canal PCM se usa), la señal fuerte y la señal de ruido, el nivel inicial de potencia recomendado para la estación móvil que se usa en el canal de voz en cuestión, etc.

#### LOCALIZACION DE TELEFONIA MOVIL (MLOC).

El bloque MLOC controla las funciones de localización (ver fig 4.3.3.4). El hardware son los receptores de señal fuerte. El MLOC proporciona información acerca de donde la mejor calidad de radio transmisión se tiene para una llamada en proceso. Contiene todos los datos necesarios para las mediciones y la evaluación de resultados.

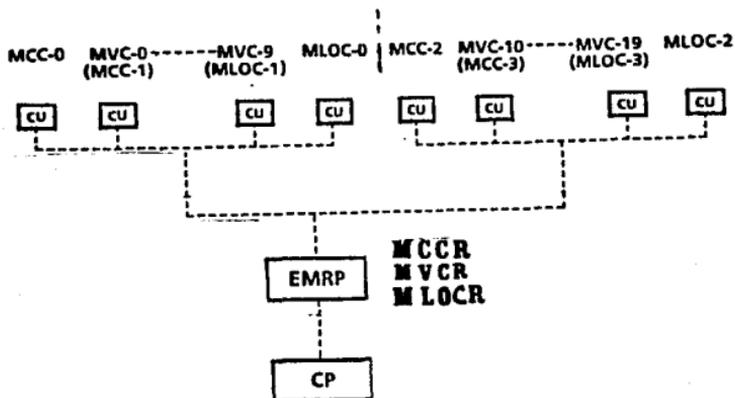
#### ESTRUCTURA DE LOS BLOQUES DE MCC, MVC, MLOC.

La fig 4.3.1.4 presenta la estructura a bloques. Los bloques son implementados en el software central (MCCU, MVCU, MLOCU) en MSC, en software regional. Por ejemplo: En EMRPs (MCCR, MVCR, MLOC), y las unidades de control (CUs).

Como se menciona arriba, el software central contiene los datos individuales de todas las estaciones base. Estos son llamados dispositivos de canal y son numerados con numeros consecutivos tales como: MCC-0, MCC-1, etc; MVC-0, MVC-1, etc; MLOC-0, MLOC-1, etc.

El software regional en las estaciones base maneja solo dispositivos de canal residentes. Cada EMRP puede controlar maximo 8 MCCs, 8 MLOCs y 32 MVCs.

Cada bloque contiene rutinas para administración de dispositivos de canal como por ejemplo: carga de el software en el CU, bloqueo/desbloqueo y mantenimiento como por ejemplo: exploración de dispositivos de canal residentes, etc.



- CU Unidad de control (dispositivo procesador).  
 EMRP Procesador regional modulo de extensión.  
 CP Procesador central  
 MCC Canal de control de telefonía móvil.  
 MVC Canal de voz de telefonía móvil  
 MLOC Canal de localización de telefonía móvil.

Fig 4.3.4.1 Estructura a bloques de MCC, MVC y MLOC.

#### ABONADO-A DE TELEFONIA MOVIL (MTA).

El bloque coordina las funciones de manejo de trafico para llamadas originadas por ejemplo cuando el abonado movil es el abonado A. El MTA decide las acciones apropiadas y distribuye las ordenes para los bloques relacionados con el MTS y otros subsistemas.

#### ABONADO-B DE TELEFONIA MOVIL (MTB).

El bloque hace funciones de manejo de trafico, en forma similar a el MTA pero para llamadas que terminan, por ejemplo cuando el abonado movil es el abonado B.

#### ABONADO RESIDENTE DE TELEFONIA MOVIL (MTH)

El bloque maneja datos del abonado relacionados con el MTS para los abonados moviles residentes. Cada registro en MTH contiene por ejemplo:

- Estado del abonado.
- Categorías.
- Localización del abonado (Localización de area para CMS 8810, identificación del MSC visitado si el abonado residente esta visitando otro MSC, etc).
- Número de serie.
- Referencia del dato de abonado permanente en subsistema TCS

Hay un registro de abonado para cada abonado residente. Cada MTH se enlaza a un SC (categoría de abonado) conteniendo el número de abonado y las categorías de abonado.

#### **ABONADO VISITANTE DE TELEFONIA MOVIL (MTV).**

El bloque maneja datos de abonado relacionados con el MTS para visitantes desde una central cooperativa con la red de Transferencia automática.

Cada abonado registrado en MTV contiene por ejemplo:

- Estado del abonado.
- Número de estación móvil.
- Categorías.
- Número de serie.
- Referencias a datos de abonado permanente en subsistemas TCS.

#### **ANALISIS DIGITAL DE TELEFONIA MOVIL (MDA).**

El bloque hace análisis de el número de estación móvil. El análisis puede dar uno de los siguientes resultados:

- Abonado residente. Se da en tales casos un apuntador al registro del abonado en MTH.
- Abonado visitante. Después de consultar MDAV, se da un apuntador a un registro de abonado en MTV.
- El número no se especifica en MDA. La estación móvil se considera como desconocida. Esto normalmente resultara en una conexión a una maquina contestadora o a un operador.

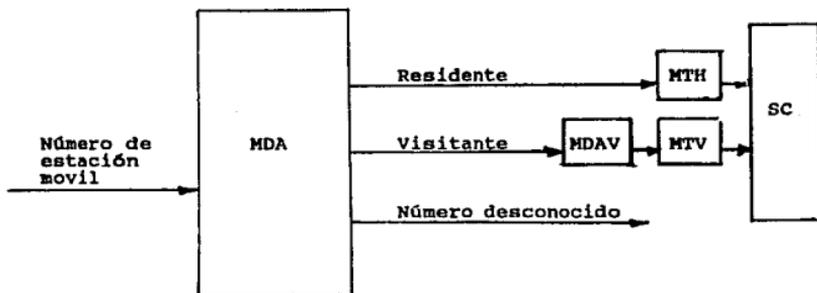


Fig. 4.3.4 Analisis digital numerico de la estacion movil.

#### ANALISIS DIGITAL PARA VISITANTES DE TELEFONIA MOVIL (MDAV).

El bloque recibe ordenes de MDA para saber si el visitante es nuevo. Cada número de estación móvil visitante se almacena en el MDAV lo cual en su momento se enlaza a un registro de abonado en MTV.

#### 4.4 ESTACION RADIO BASE (BS).

La estación radio base, o simplemente estación base (BS) se conecta a el MSC con circuitos punto a punto. La estación base maneja la radio comunicación con la estación móvil. Funciona principalmente como una estación transmisora para datos y señales de voz. La estación base también supervisa la calidad de la radio transmisión durante llamadas en progreso por medio de el tono supervisorio de audio (SAT) y por medio de la medición de la fuerza de las señales recibidas desde las estaciones móviles.

La estación base puede ser instalada por ejemplo en un edificio en las ciudades o en un contenedor en el campo. La estación base es una serie de equipos que sirven a un numero dado de celdas. Normalmente una omnidireccional o tres celdas sector.

La estación base comprende las siguientes unidades funcionales (ver fig 4.4.1).

- Grupo de radio canal (RCG).
- Interface de radio central (ERI).
- Fuente de potencia.

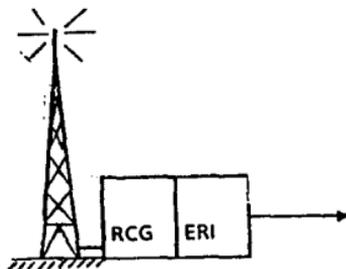


Fig 4.4.1 Estación base unidades funcionales

#### 4.4.1 GRUPO DE RADIO CANAL (RCG).

La fig 4.4.1.1 representa un diagrama funcional de un RCG. La configuración del equipo (un canal de control, un número de canales de voz y un receptor de señal fuerte) es una configuración típica requerida para servir a una celda.

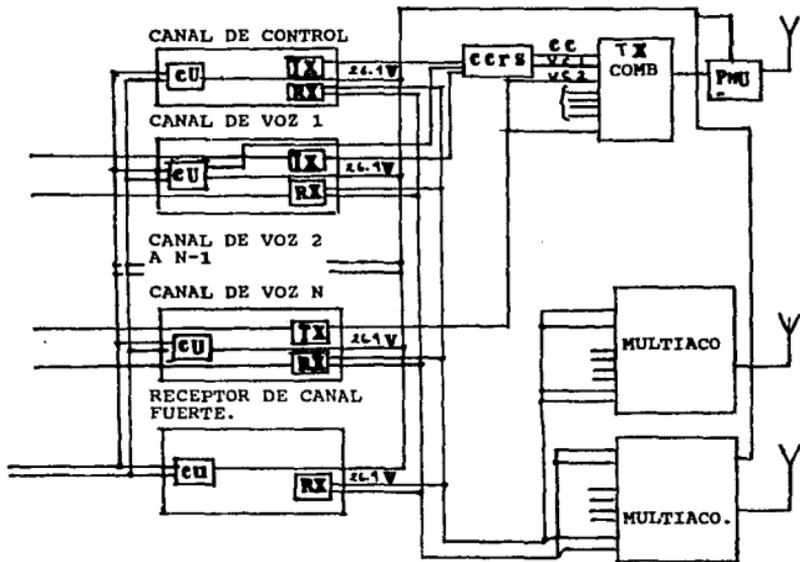


Fig 4.4.1.1 Diagrama de bloques funcional de un RCG.

Todos los equipos es la estación base local se montan en gabinetes de 19 pulgadas. Hasta 8 dispositivos de canal pueden montarse con un gabinete junto con el otro equipo como de muestra en la fig 4.4.1.1.

El RCG sostiene todo el equipo necesario para manejar la radio comunicación con las estaciones móviles. El RCG comprende el siguiente equipo:

- Canales unitarios.
- Transmisor combinador (TX).
- Multiacoplador receptor (MC) y (RX).
- Multiacoplador de señal fuerte (SR).
- Oscilador de referencia (solo para CMS 8810).
- Interruptor de canal de control redundante (CCRS).
- Probador de canal (CT).
- Unidad de monitoreo de potencia (PMU).
- Sistema de antena.

Los canales unitarios para los canales de control y para los canales de voz son idénticos. Cada canal unitario consiste de un transmisor (TA), un receptor (RX), una unidad de control (CU) y un amplificador de potencia (PA) conectado a la salida TX.

Una de las tres versiones posibles de los amplificadores se montan durante la instalación:

- 10 W
- 25 W
- 50 W

La potencia de salida determina el tamaño de el área de el canal en cuestión. Para obtener la cobertura requerida, una de las unidades de potencia arriba mencionada se selecciona, pero también se hace un ajuste que puede ser manual.

Hasta 96 canales unitarios de los diferentes gabinetes pueden ponerse en un RCG. Una estación base puede consistir de uno o varios RCGs.

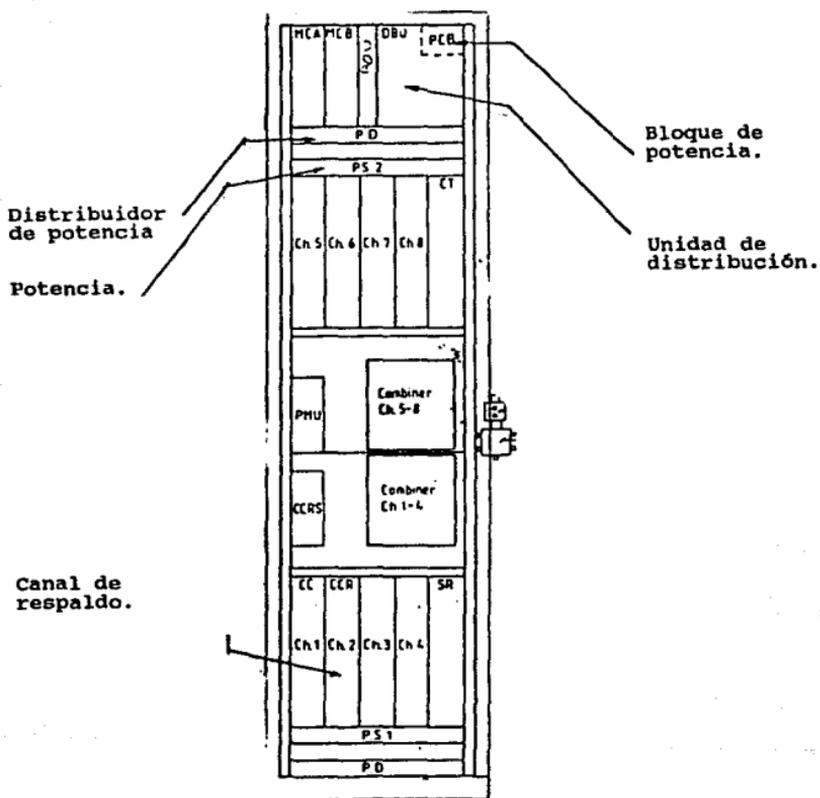
Los canales unitarios en el mismo RCG pueden asignarse por comandos del MSC a las diferentes celdas servidas por la estación base en cuestión. Las unidades de canal pueden también ser asignadas en la misma forma para operar como canales de voz, canales de control o como receptor de señal fuerte.

El receptor multiacoplador (MCA y MCB).

Con un multiacoplador pueden conectarse hasta 48 canales receptores y dos receptores de señal fuerte.

La ganancia del amplificador multiacoplador es suficiente para compensar las pérdidas de la red híbrida de potencia-dividida la cual distribuye la señal a los receptores en el sistema.

El receptor multiacoplador usa dos etapas de divisor de potencia. Cada división causa una pérdida de 6 dB la cual esta balanceada por la ganancia de un amplificador multiacoplador. Los divisores de potencia son completamente pasivos y no críticos en frecuencia. Proporcionan 30 dB de aislamiento entre puertos de salida.



- Ch1            Unidad de canal de control (CC).
- Ch2....Ch8    Unidades de canal de voz (VC).
- Ch2            Canal de control redundante (CCR).

Fig. 4.4.1.1 Gabinetes de radio.

El receptor de señal fuerte (SR) se implementa en un gabinete de canal de control. Consiste de una unidad de recepción y control. El receptor de señal fuerte mide la fuerza de la señal de recepción (desde las estaciones móviles) en cualquier canal relacionado con las celdas vecinas. El número de canal relevante se especifica por el MSC (comando especificado) y los canales son explorados continuamente uno por uno y muestras de las mediciones son almacenadas en la unidad de control.

Estos resultados son usados por el MSC durante un intercambio para determinar si una llamada en progreso se puede manejar por la celda en cuestión.

La unidad del oscilador de referencia (ROU) se usa solo en CMS 8810. Es un oscilador de alta estabilidad en una repisa separada de 19 pulgadas. Proporciona una señal de 35,250 Hz con 0.25 ppm de estabilidad en frecuencia. Esta señal se distribuye a los generadores de frecuencia en los transmisores (FGTX) y en los receptores (EGRX) en todas las unidades de control.

Hay dos versiones de ROU, una para conexiones digitales a MSC y una para conexiones analógicas a MSC. La versión para enlaces digitales utiliza como referencia externa el reloj PCM el cual se envía, vía el gabinete ERI originado desde MSC. Esta versión tiene un oscilador de frecuencia compensando por temperatura (TCXO) con 1.5 ppm de estabilidad de frecuencia

La versión para conexiones analógicas no tiene una referencia externa sino un oscilador de precisión interna con un cristal horneado el cual da la estabilidad requerida de 0.25 ppm.

Todos los FGTX y FGRX tienen su TCXO normal con 1.5 ppm de estabilidad lo cual será utilizado automáticamente en caso de una falla en el sistema ROU. Una ventaja con el sistema ROU es que el chequeo de frecuencia durante el mantenimiento anual necesita solo ser hecho a un oscilador en lugar de hacerlo a cada oscilador en cada canal unitario.

Hasta 16 transmisores pueden conectarse a una antena común.

Esto es de gran valor, debido a que puede hacer falta espacio en el mastil y torres usadas para soportar el sistema de la antena. En casos extremos, un mastil puede soportar hasta a 100 canales. El transmisor combina funciones usando los siguientes elementos:

- Un circulator con baja perdida en la direccion hacia adelante y alta ganancia en la direcci3n inversa.
- Filtros de cavidad resonante de alta eficiencia lejos de otras frecuencias.
- Lineas de transmision de red estrella.

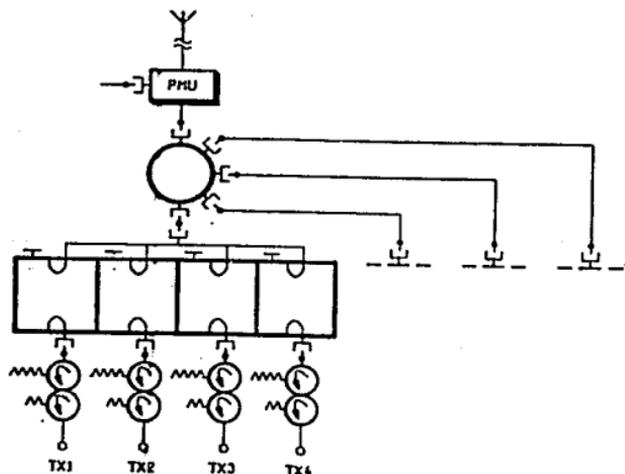


Fig 4.4.1.3 Combinador de 16 transmisores.

El filtro-combinador da el efecto de tener solo un transmisor conectado a la antena en cualquier frecuencia de operación dada. A una frecuencia lejana de la frecuencia resonante de el circuito de filtro, los transmisores estan electricamente aislados. La eficiencia y aislamiento obtenido de la cavidad resonante se incrementa cuando la separación de frecuencia se hace más grande. Cuando cada 21 canal se conecta a un punto común, un buen funcionamiento electrico con razonable calidad y precisión se ejecuta.

El circuito transmisor combinador se configura como sigue: Cada transmisor se conecta a una union común despues que la potencia de radio frecuencia ha sido pasada atravez de tres circuladores y un filtro de cavidad de alta Q.

El proposito de el circulator es suprimir la transmisión de potencia de los canales vecinos (normalmente multiples de 21 canales) en el amplificador de potencia del amplificador.

Las cavidades tambien suprimen las señales de canales es decir a mayor supresión mayor separación de frecuencia.

Estos circuladores y cavidades minimizan la producción de intermodulación productos que podrían causar interferencia o señales falsas a la estación movil que opere cerca de una estación base.

Estos productos de intermodulación son generados por el amplificador de potencia de otro canal.

El amplificador de potencia actuara como un mezclador de alto nivel con una perdida de potencia de solo 6 dB fuera de la suma y diferencia de las frecuencias de las dos señales. Cada regulador reduce este nivel por más de 25 dB. Este arreglo, junto con el circulator en el transmisor, reduce los productos de intermodulación por más de 80 dB.

La union estrella es un medio para la conexión paralela de varias cavidades. La longitud de la conexión de la línea de transmisión se ajusta a un par multiple de un cuarto de onda por lo que el corto circuito de la cavidad de resonancia se transforma en un circuito abierto en la union común. En el filtro pasabandas, la union estrella transforma la sección pareciendo ser un pedazo de línea de transmisión.

El probador de canal (CT) hara que el operador MSC controle las pruebas de los equipos. Los resultados de la prueba son enviados a el operador via un enlace de datos. La conexion a nueve transmisores y tres pares de antenas receptoras puede hacerse. Pueden probarse también los canales unitarios y los receptores de señal fuerte.

La unidad de monitoreo de potencia (PMU) se conecta a la salida del combinador. Supervisa la potencia directa, la reflejada y activa la alarma cuando por ejemplo la potencia reflejada es alta.

El sistema de antena.- Varias configuraciones de antenas pueden usarse dependiendo de la forma de la celda requerida. Las antenas estandard son omnidireccionales para celdas circulares y direccionales para celdas sector (ver fig 4.4.1.4).

Para la diversidad del sistema, dos antenas receptoras, para cada celda son arregladas con una separación de 3-5m.

Los receptores estan equipados con rapida diversidad para reducir la degradación de la calidad de habla debida a desvanecimientos causadas por multipropagación.

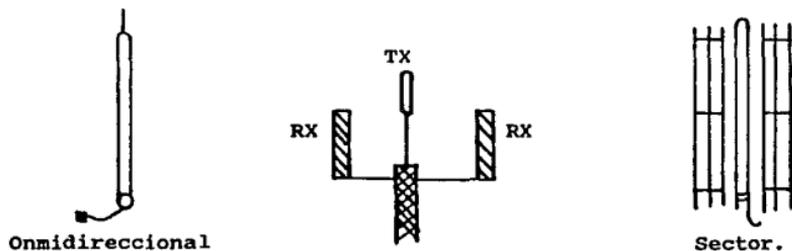


Fig. 4.4.1.4 Sistema de antena con dos receptores.  
Antenas y una transmisora (RX).  
Antenas (TX).

La fig 4.4.1.5 muestra como las señales de radio se mejoran con la diversidad del sistema.

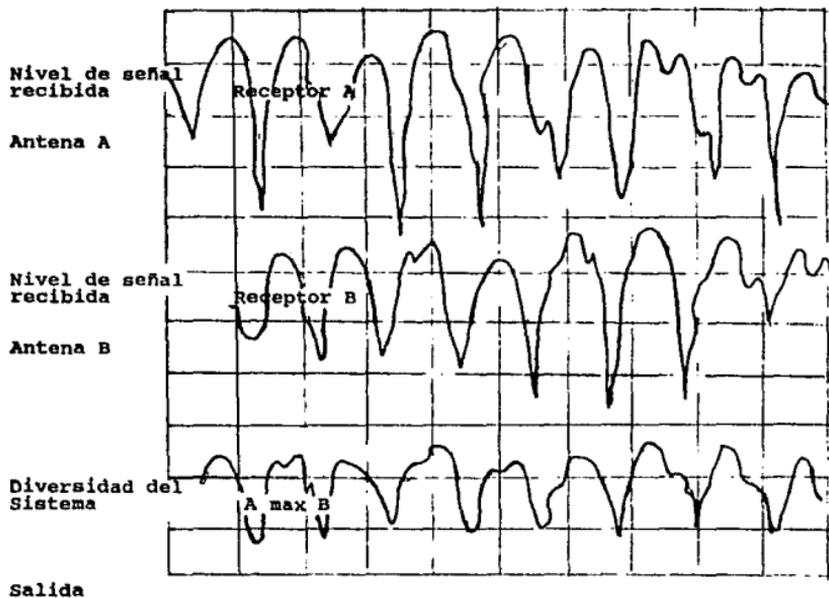


Fig. 4.4.1.5 Variaciones de los campos fuertes como resultado de desvanecimientos en la antena A y B y el resultado con un sistema de diversidad.

La propagación múltiple es el resultado de la reflexión a lo largo de la ruta de transmisión (la misma señal viaja con diferentes rutas). El desvanecimiento frecuentemente se manifiesta por sí mismo como grandes variaciones de campos fuertes frecuentemente de 20 a 30 dB, con una profundidad de hasta algunos milisegundos (dependiendo de la velocidad del vehículo). Hay dos antenas de entrada para el sistema de diversidad en cada receptor. La combinación de las señales se hace con un combinador de ganancia igual. La ganancia recibida con la diversidad de ganancia igual dependerá de la distancia entre las antenas receptoras. Con la distancia recomendada de 3-5 metros, puede conseguirse una ganancia de 10 dB aproximadamente.

#### 4.4.2 FUENTE DE PODER.

El voltaje de la fuente es de 26.4 V en la BS. Es proporcionado por medio de convertidores AC/DC. En caso de falla principal, las baterías de respaldo proporcionan a la estación base potencia para un cierto tiempo.

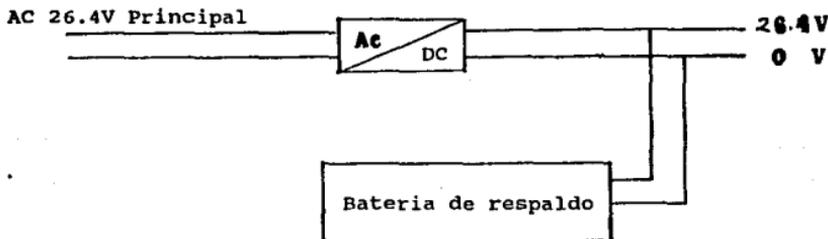


Fig. 4.4.2.1 Fuente de poder.

#### 4.4.3 INTERFACE DE RADIO CENTRAL.

Una de las unidades funcionales de la estación base es la interface radio central (ERI). ERI comprende las unidades dedicadas a la comunicación de datos. La fig 4.4.3.1 presenta un grupo de gabinetes denominado TSG 30 en los cuales puede ser instalada la configuración de control duplicada.

El gabinete de grupo TSG 24 se usa para el equipo PCM de 24 canales y TSG 23 para el enlace analogico con un modem. Estos no se muestran aquí.

Puesto que la estación base se alimenta con 24 V dc y el equipo de interfaz necesita -48V. Se asigna un convertidor DC/DC a este gabinete.

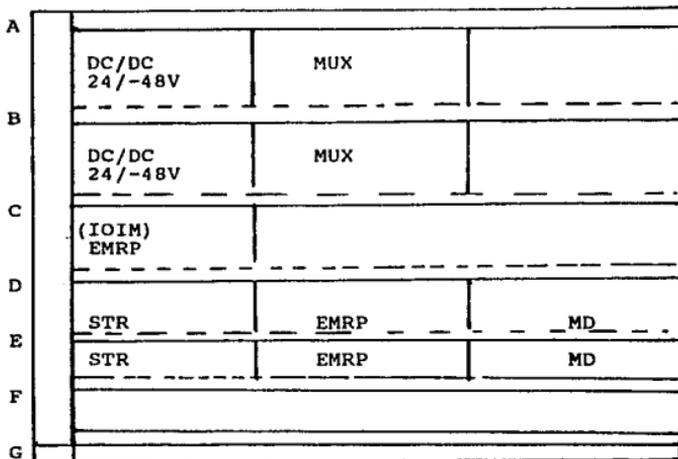


Fig 4.4.3.1 Gabinete de grupo TSG 30

## **C O N C L U C I O N E S .**

Durante la decada de los noventas México debera modernizar su planta instalada de telefonos. Ya que de ello dependera el desarrollo de su economia.

Para ello se han estado dando los primeros pasos. Entre los cuales estan la instalación de centrales totalmente digitales. Así como la instalación de redes de fibras opticas como cable troncalero y la instalación del Sistema de Telefonía Celular.

En esta tesis se expuso a grandes razgos el funcionamiento de un sistema movil celular.

Muchos aseguran que en lo futuro este sera el medio de comunicación de uso comun para todos los usuarios del servicio telefonico.

Son embargo aun hay que vencer muchos obstaculos ya que actualmente el costo de este servicio lo hace inaccesible para la mayor parte de la población en México.

El sistema CMS88 expuesto aqui, no es el de tecnologia más avanzada de hecho esta ya funcionando en Europa un sistema llamado CMS-99 que cuenta con 999 canales.

Pero aún estos son analogicos. El proximo paso sera el diseño de un sistema de telefonía movil celular totalmente digital. Que permitira una comunicación instantanea con cualquier abonado.

México es un país con grandes recursos entre los que se cuentan principalmente el recurso humano. Este gran recurso debera estar mejor preparado para enfrentar los retos del futuro. Y uno de los principales, para los futuros Ingenieros es el de crear Tecnología propia que nos permita dar un verdadero impulso al país.

**B I B L I O G R A F I A .**

**Cellular Mobile Telephone System. Autor: Bricom Telcom AB  
Editorial: Ericsson Telecom.**

**Information, Transmission, Modulation and Noise. Autor:  
Schwartz. Editorial: Mc Graw Hill.**

**Future Development in Telecommunications Autor: James Marthy.  
Editorial: Prentice Hall.**

**Digital Signal Processing. Autor: Alan V. Oppenhole and  
Ronald E. Schafer. Editorial: Prentice Hall.**

**Fundamental of Telephony. Autor: Arthur Lemuel Albert.  
Editorial: Mc Graw Hill Inc.**

**The Cellular Telephone Installation Handbook. Autor:  
Michael Losse. Editorial: Quantum Publishing, Inc.**

**Mobile Cellular Telecommunications Systems. Autor: William  
C. Y. Lee. Autor: William C. Y. Lee. Editorial: McGraw  
Hill International Editions.**