

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



RADIOTELEFONIA MOVIL CÉLULAR

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N
HECTOR MANUEL FORTIS SANCHEZ
GERARDO SERRANO ESCOBOSA
DIRECTOR DE TESIS: DR. RODOLFO NERI VELA
MEXICO, D. F. 1985



Universidad Nacional
Autónoma de México

UNAM



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.

INDICE

ANTECEDENTES Y RECONOCIMIENTOS	i
CAPITULO I CONCEPTOS GENERALES SOBRE COMUNICACIONES MOVILES	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Características principales de un sistema de comunicación móvil	10
1.3 Aplicaciones futuras de la telefonía móvil celular	13
CAPITULO II ESTADO ACTUAL DE LA RADIOTELEFONIA MOVIL EN MEXICO D.F Y RESTO DE LA REPUBLICA MEXICANA	16
2.1 Introducción	16
2.2 Empresas en operación	17
2.2.1 Servicio organizado secretarial (S.O.S.)	18
2.2.2 Radiomóvil DIPSA S.A. de C.V.	25
2.2.3 Descripción del sistema de radiotelefonía móvil convencional	33
CAPITULO III PRINCIPIOS SOBRE RADIOTELEFONIA MOVIL CELULAR	43
3.1 Introducción	43
3.2 Funcionamiento típico de una llamada móvil en un sistema celular	45
3.3 Características de una célula y redes celulares	48
3.4 Asignación de canales y división celular	69
3.5 Equipamiento y funcionamiento del sistema	79
3.6 Problemas técnicos en radiotelefonía móvil	108

CAPITULO 4	DISEÑO DE UN SISTEMA CELULAR PARA EL AREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE - MEXICO	112
4.1	Introducción	112
4.2	Area de servicio	113
4.3	Pronóstico de demanda de usuarios, horizonte estimado y parámetros de tráfico	113
4.4	Etapas de crecimiento	120
4.5	Asignación de canales	127
4.6	Estudio de Radiopropagación	137
4.7	Numeración	155
4.8	Señalización	159
4.9	Tasación	161
4.10	Facilidades al usuario	161
CAPITULO 5	CONCLUSIONES	162
APENDICE A		
APENDICE B		
APENDICE C		
APENDICE D		
APENDICE E		

CAPITULO I

CONCEPTOS GENERALES SOBRE COMUNICACIONES MOVILES

1.1 Antecedentes

Los sistemas de radio móvil surgieron a principios de siglo como una respuesta a la necesidad de comunicar a vehículos en movimiento - con la red telefónica fija y viceversa.

Este tipo de sistemas se vislumbró a finales del siglo pasado con la invención de la radio, siendo su desarrollo precario hasta la terminación de la Segunda Guerra Mundial. Posteriormente los sistemas progresaron en forma paralela principalmente en Europa y en los Estados Unidos de Norteamérica, extendiéndose después en el resto del mundo. La capacidad de los mismos y las técnicas utilizadas han sido diferentes y variadas de acuerdo a la tecnología - de la época y al diseño particular de cada sistema.

Los primeros sistemas trabajaban con frecuencias relativamente bajas y eran denominados equipos de radiocomunicación móvil, en donde los aparatos empleados eran más bien radios transmisores/receptores que utilizaban la técnica PTT (PUSH TO TALK) la cual no es muy familiar para los usuarios de un teléfono normal. El empleo de estos sistemas en Europa y en el caso particular de Alemania -

se originó en la Red de Ferrocarriles (Reichbahn), que inauguró un servicio telefónico público móvil en 1926 que funcionaba en la banda de ondas kilométricas con modulación en amplitud.

El servicio público alemán de radiotelefonos para otro tipo de vehículos comenzó en 1950 con varias redes manuales de cobertura limitada que operaban en la banda de 150 MHz y eran denominadas redes tipo A.

Entre 1958 y 1959 existían ya tres redes (A1, A2, A3) que funcionaban de manera uniforme en la banda de 156 - 174 MHz, la red A1, sirvió como red de ámbito nacional, la red A2 cubrió zonas de gran densidad de abonados y las rutas de tráfico más importantes y la red A3 se explotó en forma centralizada; estas redes alcanzaron su auge al principio de los 70's.

En esta época debido a la gran demanda del servicio móvil se desarrolló el sistema de red tipo B que maneja a una mayor cantidad de abonados, tiene cobertura nacional y es completamente automático. Este sistema opera también en la banda de 150 MHz y tiene un mediano alcance, ya que se estableció en algunos países europeos como Luxemburgo, Austria y los países bajos. El aumento de tráfico obligó a que el sistema B fuera reforzado con el sistema B2 en 1980, el cual aumentó la capacidad de toda la red pero no introdujo novedades en cuanto al funcionamiento y operación del sistema

móvil.

El servicio en la actualidad lo ofrece la red tipo C que trabaja en la banda de 450 MHz. Este sistema fue desarrollado por la compañía Siemens y entre otras ventajas pueden mencionarse :

- a) Mayor capacidad de tráfico (60 000 abonados)
- b) Automatización completa
- c) Supervisión continua de la calidad de transmisión de los canales radioeléctricos
- d) Control del asignamiento de canales para comunicación eficiente
- e) Posibilidad de transmitir datos en la red (4.8 Kbit/s)
- f) Mayor privacidad, utilizando diferentes técnicas de modulación
- g) Agrupamiento de frecuencia por zonas radioeléctricas

Esta red C involucra los conceptos modernos de la telefonía móvil celular y se espera que este en pleno uso en 1986.

Debido a la gran demanda que se tendrá de teléfonos móviles, se han comenzado ya estudios sobre una red en la banda de 900 MHz denominada red D que será capaz de atender a un millón de abonados. Por otro lado se espera que el desarrollo de la red se realice con la participación de las administraciones de telecomunicación

nes europeas, de tal suerte que el sistema sea utilizado en toda Europa; sin embargo esta red se concibe instalada hasta 1990. Esto es, en resumen el desarrollo de los sistemas móviles en Alemania.

Por otro lado la telefonía móvil en los Estados Unidos tuvo un desarrollo tecnológico similar al de Europa, no así en cuanto a la cronología se refiere, ya que este desarrollo ha estado regulado por la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC-Federal Communications Commission) que es el organismo gubernamental encargado del área, que ha tenido que enfrentar multitud de problemas y desacuerdos entre los diferentes usuarios del espectro así como con las compañías involucradas en el diseño y ofrecimiento de los servicios radioeléctricos. Esto trajo en consecuencia retardos en el desarrollo de los nuevos sistemas telefónicos móviles, que se iniciaron en los Estados Unidos alrededor de 1921 en Detroit utilizando una frecuencia de 2 MHz. En el año de 1940 se pusieron a disposición nuevos canales entre las frecuencias de 30 y 40 MHz. Estos sistemas operaban con frecuencia modulada y no estaban conectados a la red telefónica fija.

Inmediatamente después de la Segunda Guerra Mundial los Laboratorios Bell se avocaron a la tarea de suministrar un sistema público de comunicación, sobre la idea de ofrecer el servicio a un ma-

por número de usuarios utilizando las economías a gran escala; este proyecto se denominó "Servicio de Radio Móvil Público Doméstico" (DP LMRS - Domestic Public Land Mobile Radio Service). El primero de estos servicios fue inaugurado en 1946 en la ciudad de San Luis Mo. con tres canales en la banda de 150 MHz; poco tiempo después se instaló un sistema que operaba en las carreteras en el área de Nueva York. Ambos sistemas eran manuales y disponían de pocos canales, sin embargo debido a la demanda se siguieron instalando al grado que hoy en día todavía funcionan algunos de ellos.

Fue hasta 1964 que se desarrolló un sistema más eficiente, más barato y de canales múltiples que operaba en la banda de los 150 MHz y tenía ya incorporado su propio disco marcador en las unidades móviles; ese sistema fue identificado con las siglas MJ. En 1969 el sistema automático se extendió a la banda de 450 MHz y fue denominado MK. Ambos fueron parte del proyecto "Sistema Telefónico Móvil Mejorado" (IMTS - Improved Mobile Telephone System). Estos sistemas ofrecían un servicio comparable al obtenido con la red telefónica normal.

En la actualidad los sistemas móviles implantados ofrecen un servicio bastante eficiente, sin embargo el costo sigue siendo alto para los usuarios, debido a las características propias de los -

servicios. Los sistemas móviles actuales no celulares, en general requieren de una estación transmisora colocada a gran altura para radiar una área determinada con una intensidad de señal superior al ruido ambiental, este tipo de configuración tiene limitaciones en el número de canales que maneja y ofrece una calidad de señal que está en función del radio de alcance de la antena transmisora.

Es a mediados de los 70's que la FCC asigna canales en la banda de 850-900 MHz para la utilización de sistemas móviles celulares, dando lugar al desarrollo e implantación de estos en distintas ciudades de los Estados Unidos. Uno de los sistemas de mayor alcance y capacidad es el diseñado por la compañía AT&T denominado AMPS (Advanced Mobile Phone Service) el cual se analizará detalladamente en el transcurso de este trabajo.

A manera de resumen de esta introducción se tiene la siguiente tabla comparativa en orden cronológico. (Tabla 1.1).

TABLA 1.1

DESARROLLO DE LOS SISTEMAS MOVILES EN ALEMANIA Y LOS E.U.A.				
AÑO	E. U. A.		ALEMANIA FEDERAL	
	SISTEMA	FRECUENCIA	SISTEMA	FRECUENCIA
1918			Radioteléfono en tren de Berlín.	Del orden de KHz
1921	Radioteléfono para la policía de Detroit.	2 MHz		
1946	Primer sistema móvil Bell	150 MHz		
1947	Servicio móvil en autopistas	45 MHz		
1950			Servicio Público Manual (RED A).	30, 80 y 160 MHz
1956	Primer servicio manual de mayor frecuencia	450 MHz		

DESARROLLO DE LOS SISTEMAS MOVILES

(CONTINUACION)

AÑO	E. U. A.		ALEMANIA FEDERAL	
	SISTEMA	FRECUENCIA	SISTEMA	FRECUENCIA
1957			Cobertura nacional (RED A)	156-174 MHz
1960			Servicio automático (RED B)	146-156 MHz
1964	Sistema automático (MJ)	150 MHz		
1969	Sistema automático (MK)	450 MHz		
1977			Servicio automático internacional (RED B2)	150 MHz
1978	Desarrollo del Sistema Celular AMPS	850 MHz		

DESARROLLO DE LOS SISTEMAS MOVILES

(CONTINUACION)

AÑO	E. U. A.		ALEMANIA FEDERAL	
	SISTEMA	FRECUENCIA	SISTEMA	FRECUENCIA
1957			Cobertura nacional (RED A)	156-174 MHz
1960			Servicio automático (RED B)	146-156 MHz
1964	Sistema automático (MJ)	150 MHz		
1969	Sistema automático (MK)	450 MHz		
1977			Servicio automático internacional (RED B2)	150 MHz
1978	Desarrollo del Sistema Celular AMPS	850 MHz		

DESARROLLO DE LOS SISTEMAS MOVILES (CONTINUACION)

AÑO	E. U. A.		ALEMANIA FEDERAL	
	SISTEMA	FRECUENCIA	SISTEMA	FRECUENCIA
1982	Implantación del sistema AMPS	850 MHz		
1983	Sistema celular ARTS (American Radio - Telephone System) Motorola	900 MHz	Sistema móvil - celular (RED C)	450 MHz
1984	Sistemas celulares en todo el país			
1986			Servicio nacional e internacional 100% (RED C)	450 MHz
1990			Sistema móvil celular de gran capacidad implantación en toda Europa (RED D)	900 MHz

1.2 Características principales de un sistema de comunicación - móvil.

Los sistemas móviles de comunicación, han pasado por una serie de etapas que los han llevado a ser sistemas de gran capacidad. Entre los problemas que han tenido que superarse para diseñar sistemas de comunicación móvil celulares o no celulares podemos listar los siguientes :

- a) Poca disponibilidad de canales por saturación del espectro radioeléctrico
- b) Alcance limitado, debido a las características de la estación transmisora
- c) Ruido ambiental alto e interferencia
- d) Pobre calidad en el servicio
- e) Sistemas no conectados a la red telefónica fija de una manera automática y transparente para el usuario
- f) Peso y dimensiones mínimos requeridos en las unidades móviles
- g) Bajo consumo de energía de las unidades móviles
- h) Adaptabilidad en cuanto a la densidad de tráfico
- i) Compatibilidad con otros sistemas
- j) Costo alto

k) Garantía de disponibilidad

Si bien los sistemas actuales automáticos no celulares han superado la mayoría de los problemas anteriormente citados, todavía se tienen limitaciones debido al principio básico de funcionamiento. Un sistema de este tipo está compuesto principalmente de :

- 1.- Centro de Control: En el se controla y monitorea el tráfico y el enrutamiento de llamadas. Es el centro vital del sistema.
- 2.- Estaciones Base : Contienen a la antena y a los equipos transmisores/receptores.
- 3.- Unidades Móviles : Es el equipo portátil transmisor/receptor con antena y microteléfono.

El área de cobertura del sistema no celular, está determinada por la potencia de transmisión de los equipos, la altura y el tipo de antena; es por ello que su alcance tiene limitaciones.

Al crecer la demanda del servicio en todo el mundo, se hace necesario ofrecer una solución con un sistema que tenga una gran capacidad de tráfico y que opere con eficiencia en el estrecho ancho de banda que se le ha concedido a los sistemas móviles. Es así como surgen los sistemas celulares, cuya idea consiste en dividir una gran área de servicio en pequeñas áreas que son atendidas con

k) Garantía de disponibilidad

Si bien los sistemas actuales automáticos no celulares han superado la mayoría de los problemas anteriormente citados, todavía se tienen limitaciones debido al principio básico de funcionamiento. Un sistema de este tipo está compuesto principalmente de :

- 1.- Centro de Control: En el se controla y monitorea el tráfico y el enrutamiento de llamadas. Es el centro vital del sistema.
- 2.- Estaciones Base : Contienen a la antena y a los equipos transmisores/receptores.
- 3.- Unidades Móviles : Es el equipo portátil transmisor/receptor con antena y microteléfono.

El área de cobertura del sistema no celular, está determinada por la potencia de transmisión de los equipos, la altura y el tipo de antena; es por ello que su alcance tiene limitaciones.

Al crecer la demanda del servicio en todo el mundo, se hace necesario ofrecer una solución con un sistema que tenga una gran capacidad de tráfico y que opere con eficiencia en el estrecho ancho de banda que se le ha concedido a los sistemas móviles. Es así como surgen los sistemas celulares, cuya idea consiste en dividir una gran área de servicio en pequeñas áreas que son atendidas con

transmisores de baja potencia, lo que permite que a una cierta distancia se puedan reutilizar las mismas frecuencias sin tener interferencias que puedan ser detectadas por el usuario.

Del concepto de sistema celular se derivan dos atributos importantes para el desarrollo del mismo, estos son : la "Función de Transferencia Automática de Llamada (Hand off), mediante la cual se transfiere la señal de un canal a otro con mejores condiciones para la propagación de la misma, esto de una manera imperceptible para el usuario; la otra característica es la llamada "Localización" (Locating), que es el proceso de determinar si desde el punto de vista de la calidad de señal y de interferencia potencial conviene trasladar una conexión a otra estación base.

La idea de crear un sistema celular no es una idea nueva, sin embargo debido a la complejidad técnica que implica su implantación sólo se hizo posible con el desarrollo de la tecnología moderna en el área de la electrónica digital y las comunicaciones.

La implantación de los sistemas celulares hará que el servicio de telefonía móvil tenga un incremento considerable en lo que resta de la década de los 80's y se espera que en el futuro estos sistemas se extiendan por todo el mundo y formen parte integral de los servicios que se ofrezcan en un país cualquiera en materia de telecomunicaciones.

1.3 Aplicaciones futuras de la Telefonía Móvil Celular.

Con la introducción de los sistemas móviles celulares, se espera como se dijo antes, que el servicio se implemente en varios países en un futuro próximo formando parte de los medios de comunicación que en ellos se ofrezcan.

En cuanto a la tecnología utilizada no se prevén cambios drásticos, sólo mejoras en el diseño de unidades móviles más eficientes y pequeñas, además de la creación de nuevos métodos para el uso del espectro radioeléctrico. Si bien la investigación desarrollada alrededor de los sistemas celulares producirá conocimientos sobre el comportamiento físico de los canales de comunicación, nuevos tipos de codificación, distintas técnicas de modulación y de acceso, mejoras en los sistemas de control de señal y finalmente se generarán otros conceptos de arquitectura de sistemas.

Por otro lado el potencial que ofrecen los sistemas celulares al reutilizar las frecuencias, los hacen atractivos para reestablecer las comunicaciones en casos de desastre o llevárselas a zonas remotas en donde no existe infraestructura telefónica. Para esto se han propuesto varias soluciones, entre ellas :

- Acceso a través de un sistema de satélites.
- Acceso vía un sistema de radio HF compatible con el sistema celular.

La primera propuesta nos ofrece una cobertura nacional y se ha propuesto con el nombre de "Sistema Integrado de Satélites para Servicio Móvil y Terrestre".

(T/LMSS Terrestrial Land Mobile Satellite System), el cual nos proporcionará los siguientes servicios :

- Comunicación bidireccional para voz y datos a baja velocidad entre estaciones base y unidades móviles en áreas donde no hay servicio telefónico terrestre.
- Servicios similares en áreas urbanas que usen sistemas celulares convencionales.
- Interconexión para manejar el tráfico de larga distancia en varias áreas.

Este es un proyecto muy ambicioso y tiene un costo bastante elevado, por lo que llevarlo a cabo dependerá de factores políticos y económicos además de las consideraciones técnicas.

En cuanto al segundo sistema se refiere, es una idea desarrollada por el gobierno canadiense para proporcionar teléfono en zonas remotas sin utilizar satélites, utilizando un sistema de radiotelefonos HF de gran alcance que sea compatible con los sistemas celulares.

Otra aplicación que surge de una manera impactante en los últimos dos años (1984-1985) es la utilización de teléfonos portátiles, - aprovechando toda la infraestructura de los sistemas celulares.

Estos teléfonos portátiles funcionan igual que la unidad móvil de un vehículo pero con la ventaja de ser mucho más pequeños, esto brinda la posibilidad de extender el servicio al público en general y no limitarlo a unos cuantos usuarios, si bien los teléfonos de este tipo son actualmente caros el costo se abatirá cuando estos se popularicen.

Sin embargo estos teléfonos portátiles aún no están del todo liberados en los países en donde han surgido (Japón y los Estados Unidos), por ello no es posible determinar hasta el momento los beneficios o problemas que pudieran traer al ser adoptados por el público bastante extenso.

C A P I T U L O 2

ESTADO ACTUAL DE LA RADIOTELEFONIA MOVIL EN MEXICO D.F. Y RESTO DE LA REPUBLICA MEXICANA.

2.1 Introducción

En lo que se refiere a México, D.F. y ciudades de provincia, se ha observado una demanda creciente del servicio de Radiotelefonía móvil Terrestre con acceso a la Red Telefónica Pública (enlace Nacional e Internacional), que ha venido operando en las bandas de frecuencias de 132-136 MHz, 138-144 MHz, 370-400 MHz y 440-470 MHz - (la banda de 132-136 no se utiliza en las ciudades fronterizas), - por lo cual la Dirección General de Concesiones y Permisos de Telecomunicaciones de la SCT ha tenido que destinar bandas adicionales a dicho servicio en forma planificada, de manera de tener un aprovechamiento más eficaz del espectro de frecuencias radioeléctricas.

Después de evaluar diversas posibilidades y de hacer un análisis - del grado de saturación del espectro radioeléctrico, y tomando en cuenta las nuevas bandas atribuidas por la CAMR-79 al servicio móvil, la Dirección General de Concesiones y Permisos de Telecomunicaciones optó por considerar que las bandas de frecuencias compren

didas entre 470 MHz y 890 MHz eran las indicadas para satisfacer la expansión de este servicio.

2.2 Empresas en Operación.

La radiotelefonía móvil en México se proporciona a través de empresas prestadoras del servicio, como se indica en la Tabla 2.1

TABLA 2.1

Modalidad de la Radiotelefonía Móvil en México	
SERVICIO	EMPRESA
Radiotelefonía Móvil Bidireccional. Semiautomático y Automático Automático	Servicio Organizado Secretarial Radiomóvil DIPSA, S.A. de C.V.
Radiotelefonía Móvil Unidireccional Manual (portadora común)	Servicios Modernos, S. A.
Radiotelefonía portátil para localización de personas	Varios concesionarios
Radiotelefonía Móvil Marítima	Vía S.C.T.

Dado que el objetivo de este trabajo es analizar un sistema de radiotelefonía móvil terrestre con acceso a la red telefónica y no portadora común (sin acceso a la red), ni marítima, se describirán las dos primeras empresas ya mencionadas.

2.2.1 Servicio Organizado Secretarial (S.O.S.)

Esta empresa tiene su origen cuando el 3 de marzo de 1955 hace una solicitud para la instalación y operación de una estación radiotelefónica fija, en el sistema de Frecuencia Modulada en la ciudad de México D.F., para utilizarla con fines públicos, enlazando líneas telefónicas con la estación radiodifusora para comunicar a los posibles suscriptores a través de receptores previamente instalados en las unidades móviles.

El 1° de agosto de 1956 obtiene la concesión para operar en la banda de 132-144 MHz en toda la República Mexicana. Para esto contaba inicialmente en la ciudad de México D.F. con 4 equipos transreceptores marca Pye tipo PTC-D351 ubicados cada uno en las frecuencias de 141.1 MHz, 141.2 MHz, 141.3 MHz y 141.4 MHz, los cuales operaban de 7 A.M. a 4 A.M. (del día siguiente), dando servicio a 87 unidades móviles. En la tabla 2.2 se muestran las características del equipo.

Tabla 2.2

Características del equipo de radio móvil en S.O.S.	
EQUIPO MOVIL PYE	EQUIPO FIJO PYE
Banda 132-144 MHz	Banda 132-144 MHz
Potencia 1.5 Watts	Potencia 15 Watts
Antena 35 λ de Impedancia, - omnidireccional, verti- cal y 1/4 λ .	Antena 76 λ de Impedancia, - tipo coaxial, omnidi- reccional y direccio- nal, 1/4 λ .

El 23 de marzo de 1969, la SCT le solicitó a esta empresa que dejara de emplear la banda de 135.5-138 MHz, ya que por acuerdos internacionales se destinaría a los Servicios de Investigación Espacial (Telemetría y Telemedicación), y Meteorología por Satélite, por lo que la banda concesionada se redujo a 132-135.5 MHz y 138-144 MHz.

Más aún, el 16 de diciembre de 1971 la SCT hizo un nuevo comunicado a S.O.S. de que en la Conferencia Administrativa Mundial de Telecomunicaciones Espaciales (CAMTE), el gobierno mexicano había adquirido el compromiso de despejar la banda de 132-136 MHz por haberse destinado la misma al Servicio Aeronáutico, teniendo un año para despejarla en la zona fronteriza (esta banda se empleaba en las -

ciudades de Nuevo Laredo, Cd. Juárez, Mexicali y Tijuana) y pudiendo seguir empleándola en el interior de la República.

Finalmente en 1978, se le pidió que abandonase en forma definitiva la banda de 132-136 MHz y pasase a ocupar una parte de la banda de 138-144 MHz o en su defecto se colocara en las bandas de 420-430 MHz y 440-450 MHz. S.O.S. escogió la primera alternativa.

La estación base en el D.F. tiene la característica de que las antenas transmisoras están ubicadas en la Unidad Santa Fe y las antenas receptoras en el Cerro del Chiquihuite.

2.2.1a Estado Actual de S.O.S.

Para el sistema automático ésta utiliza la técnica IMTS (Improved Mobile Telephone System), que se implantó en los años 60's y cuyas características permiten que cualquiera de los canales disponibles en un área determinada puedan ser automáticamente asignados a cualquier usuario, reduciéndose el tiempo de espera para el servicio. Además presenta la característica de marcación automática y servicio duplex completo.

El sistema semi-automático entra en operación sólo para las llamadas procedentes de un abonado fijo (red telefónica), hacia un abonado móvil a través de una operadora.

Servicio Organizado Secretarial presta hoy en día el servicio de radiotelefonía móvil a cerca de 5000 usuarios en el área metropolitana de la Ciudad de México y otros 1000 usuarios en las 25 ciudades de provincia que se enlistan a continuación.

Tabla 2.3

Ciudades de provincia en las que opera S.O.S.			
1	Acapulco, Gro.	13	Nuevo Laredo, Tamps.
2	Chihuahua, Chih.	14	Oaxaca, Oax.
3	Cd. Juárez, Chih.	15	Pastaje, Edo. de Méx.
4	Cuernavaca, Mor.	16	Poza Rica, Ver.
5	Cullacán, Sin.	17	Puebla, Pue
6	Guadalajara, Jal.	18	Querétaro, Qro.
7	Jalapa, Ver.	19	San Luis Potosí, S.L.P.
8	León, Gto.	20	Tampico, Tamps.
9	Los Mochis, Sin.	21	Tijuana, B.C.N.
10	Mazatlán, Sin.	22	Toluca, Edo. de México
11	Mexicalte, B.C.N.	23	Villahermosa, Tab.
12	Monterrey, Nuevo León	24	Torreón, Coah.
		25	Mérida, Yuc.

Es conveniente señalar que desde 1979 hasta la fecha opera con 19 módulos de 8 canales cada uno, los cuales manejan individualmente de 200 a 250 abonados. En el área metropolitana emplea los 8 canales, así como en algunas ciudades importantes de provincia, y en las restantes va alternando canales pares con canales impares en las ciudades adyacentes; en las cuales la distancia entre una y otra, así como las características geográficas son insuficientes para evitar interferencias. En las ciudades de provincia que están alejadas una de otras se reutilizan las mismas frecuencias.



Figura 2.1 Distribución del Servicio de Radiotelefonía Móvil prestado por S.O.S.

2.2.2b Distribución de la Prestación del Servicio por S.O.S.

En la figura 2.2. se muestra la distribución del servicio de radio telefonía móvil de acuerdo al tipo de usuarios, tanto en el D.F. - como en las ciudades de provincia, pudiéndose observar que en el D.F. predomina la demanda por parte del gobierno no ocurriendo así en provincia.

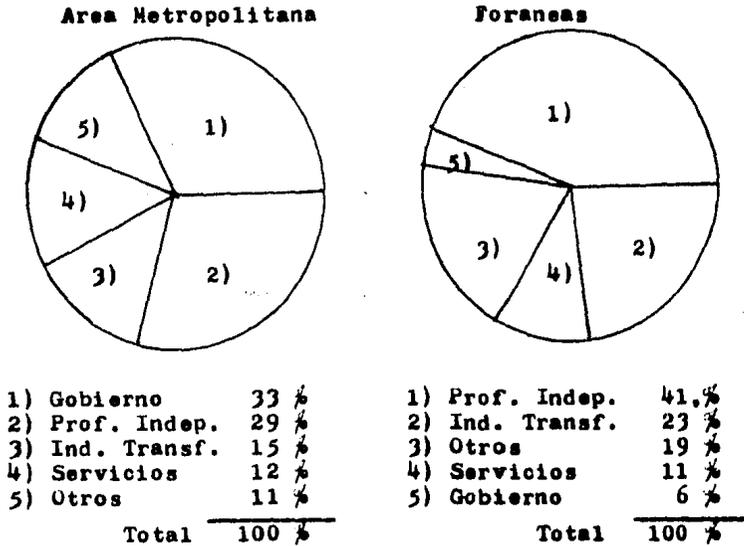


Figura 2.2 Distribución de acuerdo al tipo de usuario.

2.2.2 Radiomóvil DIPSA S.A. de C.V.

Esta compañía presta el servicio de radiotelefonía móvil en forma totalmente automática exclusivamente en el D.F. y zona metropolitana. El 21 de octubre de 1980 (Diario Oficial) obtuvo un permiso para operar, por parte de la SCT pero no fue sino hasta el mes de agosto de 1981 cuando inició el servicio con una capacidad de 600 unidades móviles, operando en la banda de 450-470 MHz con los 18 pares de frecuencia indicados en la tabla 2.4.

Tabla 2.4

Pares de Frecuencia Empleados por Radiomóvil DIPSA (MHz).		
CANAL	GRUPO 1	GRUPO 2
1		453.025 458.025
2	453.150 458.150	453.175 458.175
3	453.300 458.300	453.325 458.325
4	453.450 458.450	453.475 458.475
5	453.600 458.600	453.625 458.625
6	453.800 458.800	453.825 458.825
7	453.975 458.975	454.000 459.000
8	454.275 459.275	454.300 459.300
9	454.425 459.425	454.475 459.475
10	454.575 459.575	

La compañía instaló la Estación Base (antenas transmisoras y receptoras), y el Centro de Control en el Cerro del Chiquihuite con las coordenadas siguientes :

Latitud "N" 19° 31' 50"

Longitud "O" 99° 07' 45"

Se transmite con una potencia de 50 Watts, empleando antenas semidirreccionales con 9 dBs de ganancia para la cobertura del área metropolitana.

En febrero de 1982 ya contaba con 461 unidades móviles funcionando totalmente, y una demanda en puerta de aproximadamente 800 unidades más.

Dada la demanda existente, logró la concesión de 21 pares de frecuencia adicionales el 22 de septiembre de 1982 de acuerdo a la -
Tabla 2.5.

TABLA 2.5

Pares de Frecuencias Adicionales. (MHz).		
453.000	453.375	453.925
458.000	458.375	458.925
453.050	453.500	454.075
458.050	458.500	459.075
453.075	453.525	454.325
458.050	458.525	459.325
453.200	453.650	454.525
458.200	458.650	459.525
453.225	453.700	454.550
458.225	458.700	459.550
453.350	453.900	454.675
458.350	458.900	459.675
454.700	454.250	454.800
459.700	459.250	459.800

2.2.2a Estado Actual de Radiomóvil DIPSA.

Actualmente RADIOMOVIL DIPSA está operando en el área metropolitana en la banda de 450-470 MHz con 39 pares de frecuencia y cuenta con aproximadamente 1400 unidades móviles, las cuales de acuerdo - al tipo de usuario, tienen la distribución indicada en la Figura - 2.3.

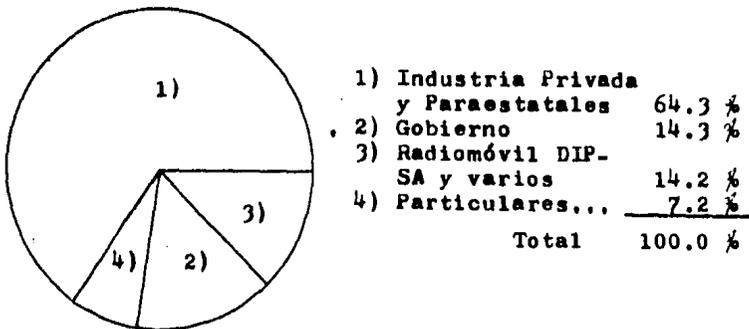


Figura 2.3 Distribución de usuarios de Radiomóvil DIPSA.

De la figura anterior se observa que el mercado del servicio de radiotelefonía móvil en México absorbido por Radiomóvil DIPSA se -

compone principalmente de :

- a) Industria Privada
- b) Empresas Paraestatales
- c) Gobierno
- d) Particulares (Incluyendo empresas prestadoras de servicios).

En la tabla 2.6 se muestra la expansión que ha mantenido la empresa hasta principios de 1985 y la programada para mayo del mismo año, con una nueva concesión de 34 pares de frecuencias adicionales.

TABLA 2.6

Expansión de la empresa Radiomóvil DIPSA,					
AÑO	1981	1982	1983	1984	1985
Total de abonados	600	600	1400	1400	2600
Ampliación	---	---	800	---	1200
Abonados en 450-470 MHz	600	600	1400	1400	1400
Abonados en 470-512 MHz	---	---	---	---	1200
Canales en 450-470 MHz	18	18	39	39	39
Canales en 470-512 MHz	---	---	---	---	34
Total de canales	18	18	39	39	73

Dada la cada vez mayor demanda del servicio de radiotelefonía móvil en todo el país, como lo demuestran las estadísticas de las - dos empresas que operan actualmente, éstas han solicitado más pa- res de frecuencias en la banda de 470-512 MHz mismas que les han - sido concedidas para que las empleen en cuanto el número de usua- rios lo justifique.

Por su parte Radiomóvil DIPSA hizo recientemente su ampliación en mayo de 1985 con 34 canales en la banda de 470-512 MHz, de acuerdo a la Tabla 2.7.

TABLA 2.7

Ampliación de Radiomóvil DIPSA en Mayo de 1985			
CANAL	Frec. Tx.	(MHz)	Frec. Rx.
1	470.025		480.025
2	470.275		480.275
3	470.525		480.525
4	470.775		480.775
5	471.025		481.025
6	471.275		481.275
7	471.525		481.525
8	471.775		481.775
9	472.025		482.025
10	472.275		482.275
11	472.525		482.525
12	472.775		482.775
13	473.025		483.025
14	473.275		483.275
15	473.525		483.525
16	473.775		483.775

GRUPO 1
Estación Base

TABLA 2.7 (Continuación)

Ampliación de Radiomóvil DIPSА en Mayo de 1985.

CANAL	Frec. Tx. (MHz)	Frec. Rx.	
17	470.050	480.050	GRUPO 2 Estación Base
18	470.300	480.300	
19	470.550	480.550	
20	470.800	480.800	
21	471.050	481.050	
22	471.300	481.300	
23	471.550	481.550	
24	471.800	481.800	
25	472.050	482.050	
26	472.300	482.300	
27	472.550	482.550	
28	472.800	482.800	
29	473.050	483.050	
30	473.300	483.300	
31	473.550	473.550	
32	473.800	483.800	
33	470.075	480.075	GRUPO 3
34	470.325	480.325	
			Estación Base

2.2.3 Descripción del Sistema de Radiotelefonía Móvil Convencional.

La descripción que se da a continuación, esta basada en el sistema que actualmente opera la empresa Radiomóvil DIPSA. Es necesario señalar que la compañía Servicio Organizado Secretarial opera con el mismo sistema, solo que con algunas variantes las cuales principalmente son que :

- Requiere de una operadora para las llamadas provenientes de un teléfono fijo.
- Emplea línea telefónicas en lugar de troncales
- Tiene en lugar diferente la antena transmisora y la antena receptora.

El sistema se compone de (véase la figura 2.4):

- Centro de Control de Unidades Móviles (MCC)
- Centro de Mantenimiento (MC)
- Estación Base Móvil (MBS)
- Unidades Móviles (MSS)

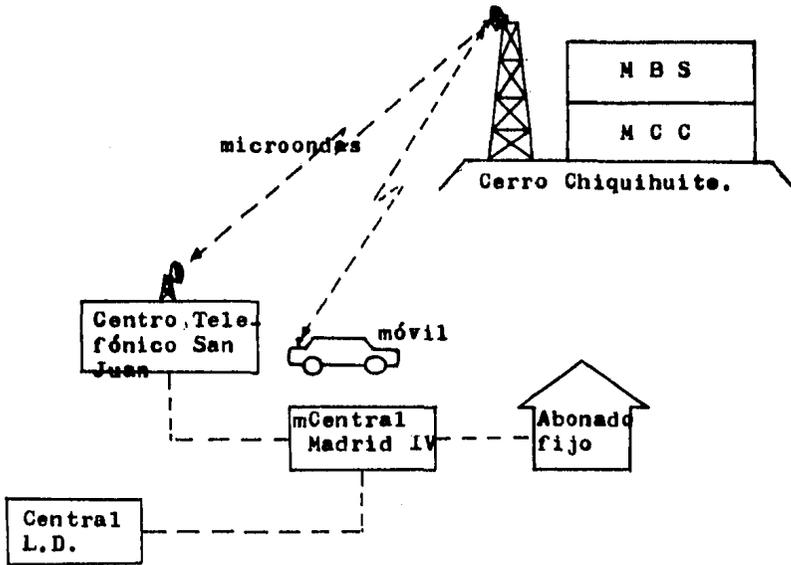


Figura 2.4 Sistema de Radiotelefonía Móvil.

El Centro de Control de Móviles (MCC) se forma de (veáse la figura 2.5) :

- Red de Conmutación, que se encarga de enrutar las llamadas desde y hacia las unidades (en base a ordenador.)
- Troncales Bidireccionales, que son el enlace hacia y desde los canales de radio (Tx,Rx), instalados en la Estación Base.

- Procesador Central, que se encarga de controlar y - dirigir todas las actividades del sistema.
- Teletipo, que permite tener acceso de comunicación - entre Hombre-Máquina, para pruebas y supervisión.

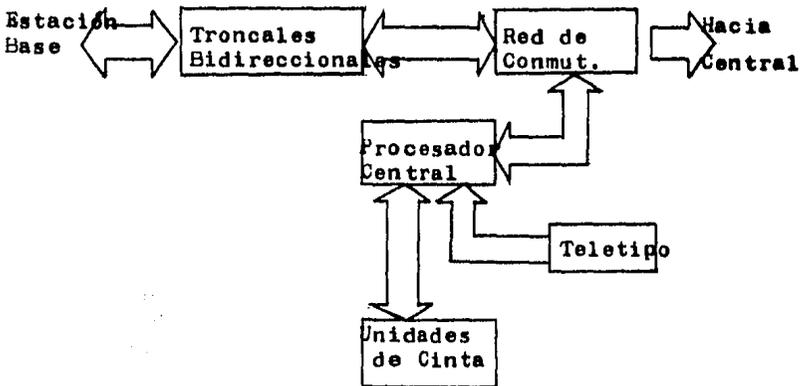


Figura 2.5 Estructura del Centro de Control de Móviles.

El Centro de Mantenimiento (MC) consiste de :

- Panel de Alarmas, que indica el estado de las principales partes de la central, además, incluye un tele-

impresor para imprimir y acceder directamente los programas de control general.

La Estación Base Móvil (MBS) se compone de (véase la figura 2.6) :

- Antenas, que constituyen el medio por el cual se transmiten y reciben las señales.
- Combinador, que permite manejar simultáneamente en una misma antena, tanto la transmisión como la recepción de varios canales de radio.
- Canales transmisores y receptores, que sirven de conexión con los usuarios de Radiotelefonía, utilizando radiofrecuencias, que son las que hacen las veces de hilos en una central normal. A través de estas se envían canales de control (buscador ó paging y de acceso) y canales de voz. Una vez lograda la conexión entre dos usuarios, el sistema tiene la capacidad para manejar 71 canales, en cada una de las 2 bandas en que opera actualmente pero en ambas bandas no emplea su capacidad total debido a que hay canales destinados a otros usos.

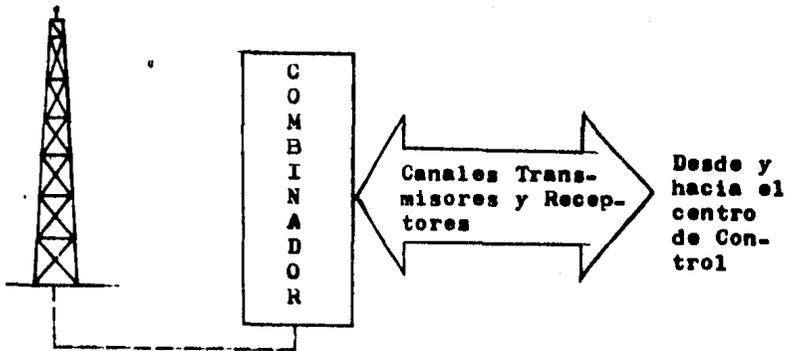


Figura 2.6 Estructura de la Estación Base Móvil.

Tipos de Llamadas

El sistema de Radiotelefonía Móvil de Radiomóvil DIPSA está conectada a la red pública de Telmex, a través de un enlace de microondas entre la Central Chiquihuite y el Centro Telefónico San Juan, el cual se conecta con la Central Madrid IV por medio de troncales, en la que se hace el enrutamiento de la llamada, pudiendo ser a nivel Nacional o Internacional (véase la figura 2.4).

Las clases de llamada móvil, son tres :

- a) Móvil - Móvil

b) Móvil - Fijo

c) Fijo - Móvil

Al hacer una llamada el usuario emplea el Canal Buscador para determinar si está dentro del área de cobertura, para lo cual emplea su microteléfono, observando su pantalla. Si se enciende la lámpara "ON", se encuentra en la zona de cobertura y en caso de encenderse la lámpara "OUT" se encuentra fuera de ésta. (figura 2.7).

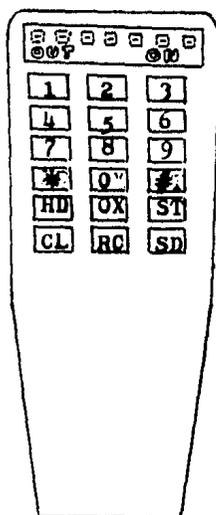


Figura 2.7 Caratula del Microteléfono.

Al oprimir la tecla 'SD', el abonado es transferido por el Canal

Buscador hacia el Canal de Acceso, el cual realiza el intercambio de Información entre la unidad móvil y la Central.

Al contestar el abonado (llamado), se realiza el cambio de un canal de Conversación (de no existir éste libre, el Canal de Acceso se convierte en Canal de Voz y el primer Canal de Voz que se desocupe, será Canal de Acceso).

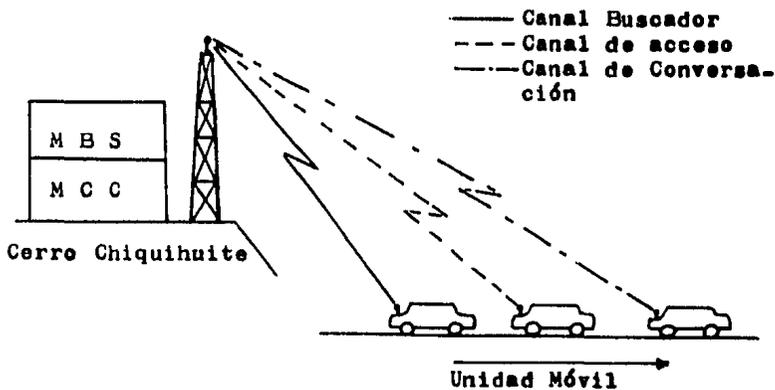


Figura 2.8 Secuencia de canales.

Llamada Móvil - Móvil

Aquí no hay intervención de la Red Telefónica de TelMex, ya que la

conexión se realiza a través de Radio Frecuencias, las cuales son controladas por la Central del Cerro del Chiquihuite. (véase la - figura 2.9).

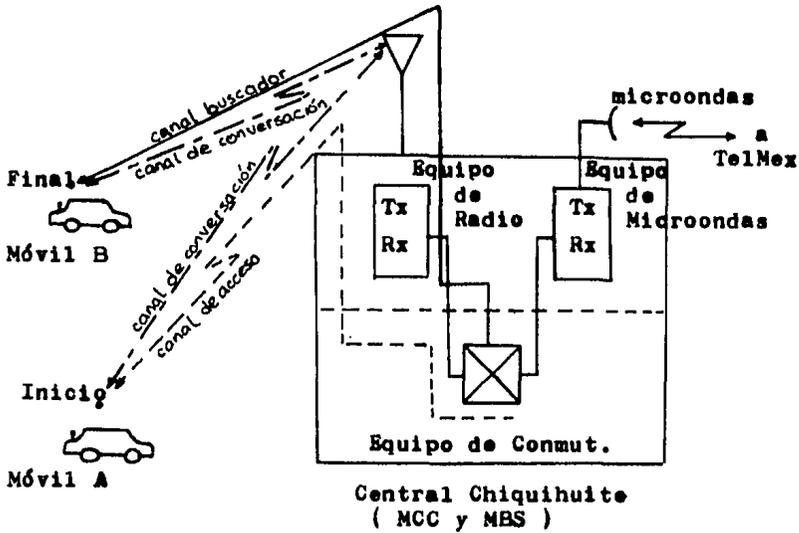


Fig. 2.9 Establecimiento de llamada Móvil-Móvil.

Llamada Móvil - Fijo

En esta clase de llamada el abonado móvil se conecta primeramente a la Central Chiquihuite por medio de Radio Frecuencias, esta a su vez realiza el enlace con el Centro Telefónico San Juan pasando posteriormente a la Central Madrid IV, y por último enlazar al abo

nado fijo (figura 2.10).

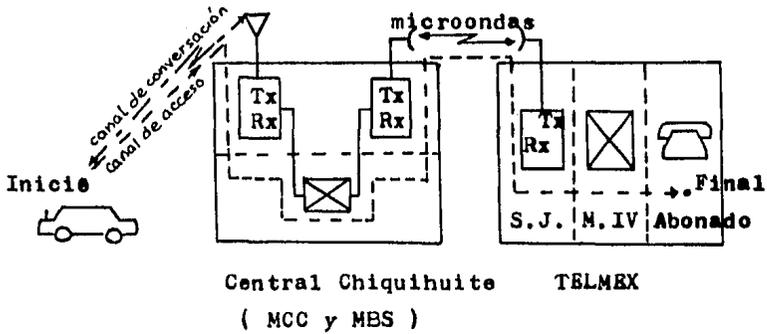


Figura 2.10 Establecimiento de un enlace Móvil-Fijo.

Llamada Fijo - Móvil

En esta clase de llamada el enlace se hace a través de la Central de TelMex Madrid IV, el Centro Telefónico San Juan y la Central -- Chiquihuite. Esta última es la que localiza al abonado móvil a -- través del Canal Buscador. (figura 2.11)

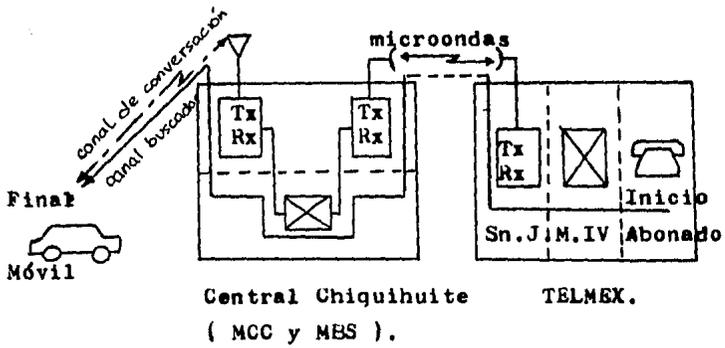


Figura 2.11 Establecimiento de llamada Fijo-Móvil.

3. PRINCIPIOS SOBRE RADIOTELEFONIA MOVIL CELULAR

3.1 Introducción

La saturación actual del espectro radioeléctrico restringe el número de frecuencias de radio disponibles. Esta es la principal causa que limita la cantidad de usuarios de la radiotelefonía móvil.

En 1958, los Laboratorios Bell concibieron la idea de un sistema capaz de reutilizar las frecuencias asignadas para la telefonía móvil. El concepto de radio móvil celular nació de la necesidad de aprovechar mejor la banda de frecuencias asignada para este tipo de servicio. En 1970 los Laboratorios Bell presentaron un reporte técnico indicando las características que debía tener un sistema celular.

La nueva tecnología celular puede dar servicio de telefonía móvil a un número de usuarios mayor del que se puede proporcionar con un sistema tradicional. En vez de unos cuantos cientos de usuarios en una zona de servicio con los sistemas tradicionales (aún en grandes ciudades como Nueva York el número de abonados móviles estaba limitado a 700), con un sistema celular se puede llegar a miles (algunos sistemas celulares como el AMPS y el NAMTS esperan dar servicio a 100,000 abonados móviles en las zonas metropolita-

nas de Chicago y Tokio respectivamente).

En un sistema celular, una gran área de servicio se divide en zonas más pequeñas o células, en las que se recibe y transmite con un cierto grupo de frecuencias (canales). Estos canales son diferentes entre las células vecinas para evitar problemas de interferencias, pero en las células que están suficientemente alejadas - se pueden usar las mismas frecuencias.

La reutilización de frecuencias es una de las principales características de un sistema celular. Así se puede lograr un número mayor de llamadas simultáneas que el número de canales en el espectro. Es por ello que a los sistemas celulares se les ha calificado como de alta capacidad o de alta densidad.

En lugar de tener una estación base de alta potencia a gran altura para cubrir toda el área de servicio, en un sistema celular se tienen bases de potencia moderada distribuidas por toda la zona. Cada estación base cubre primordialmente las partes cercanas a la misma, formando así una célula. (véase la figura 3.1).

La definición más amplia de célula es la de un "área en la cual una estación base en particular puede dar el servicio más adecuado de llamadas (recibidas y realizadas) a los abonados móviles de esa área". Las células no requieren tener cierta forma en parti-

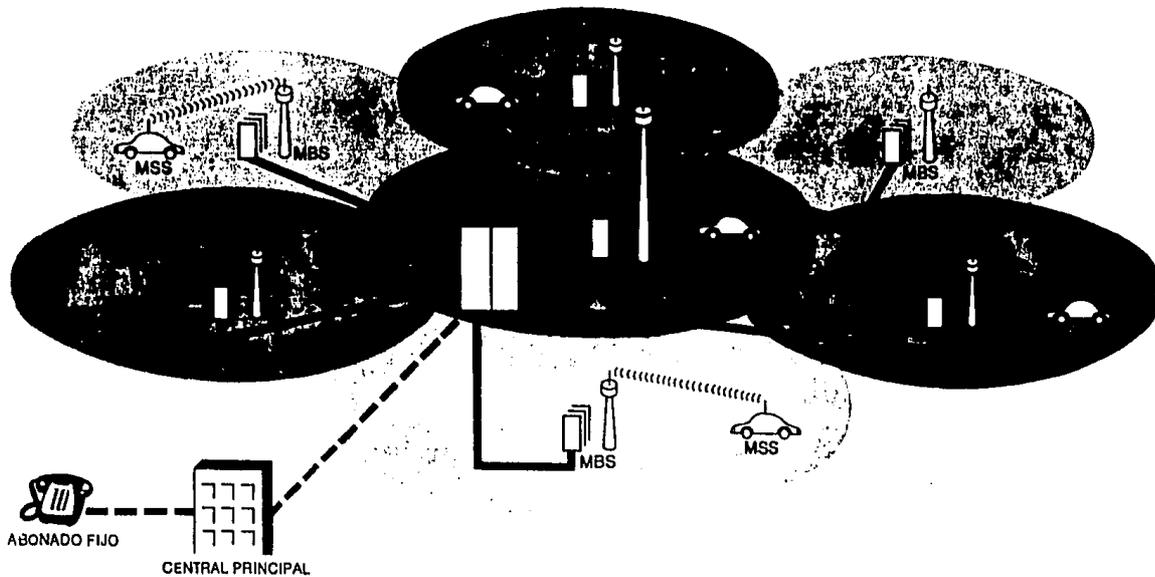


Figura 3.1 .- Sistema Radiotelefónico Móvil Celular .

cular y el espaciamento entre sitios celulares (estaciones base) no necesariamente debe ser regular. Sin embargo para propósitos prácticos, como se verá más adelante, se ha adoptado que la forma de las células sea hexagonal.

3.2 Funcionamiento Típico de una Llamada Móvil en un Sistema Celular.

Suponiendo que un abonado móvil en una célula se quiere comunicar con otra unidad móvil en otra célula, la primera unidad móvil comienza con la transmisión de datos de origen y destino de la llamada, que tiene la suficiente potencia para alcanzar la estación base más cercana.

Las estaciones base están conectadas a una central de conmutación de telefonía móvil que es donde se encuentra el centro de control del sistema. Este último manda una "señal de llamada" a cada una de las estaciones base hasta encontrar la unidad móvil del número marcado. Esta envía una señal de reconocimiento a su estación base correspondiente, sabiendo el centro de control que ambos usuarios están listos a llamar y la célula en que está cada uno. Durante este proceso las unidades utilizan canales especiales para comunicar datos digitales para iniciar la llamada (el primer usuario usa el canal de acceso y el segundo usuario el canal de bús-

queda), que son compartidos por todos los usuarios de una célula -
dada. El centro de control entonces asigna un par de canales a -
cada unidad móvil (no necesariamente el mismo par para ambos) que
son utilizados para la conversación mientras las unidades móviles-
permanezcan en sus celdas originales.

Durante la llamada el centro de control recibe información constan-
tamente del nivel de señal de las unidades móviles, a través de -
sus estaciones asignadas.

Como cada abonado se mueve a través del sistema, al llegar el ni-
vel de la señal a un valor mínimo, el centro de control pide a las
estaciones vecinas que monitoreen la señal, y busca la estación ba-
se que dará el mejor servicio al usuario. Luego se manda una ins-
trucción a la unidad móvil para que cambie a un canal distinto en
la nueva célula. A esta conmutación automática de canales se le -
conoce como "Transferencia automática" (Handoff). Esta tiene una
duración de milisegundos, lo cual es imperceptible para el usua-
rio.

Las células se conjuntan en grupos, en los cuales no hay dos célu-
las que utilicen el mismo conjunto de frecuencias. Estos grupos
de células se conocen como "patrones celulares" o "patrones de re-
petición". El número de células por patrón de repetición puede
ser 4, 7, 9, 12, 13, 16, 19, etc. pero generalmente son tres los -

que se utilizan : de 12, 7 y 4 células.

Un sistema celular tiene la ventaja de poder crecer, en área de cobertura y número de usuarios, conforme la demanda lo requiera, mediante la adición de nuevas células y/o la división de las mismas en células más pequeñas (división celular).

Con la división celular, en las zonas de mayor densidad de tráfico de llamadas, se puede colocar nuevas estaciones base de menor potencia, que den servicio a áreas menores y al aumentar el número de células también lo hace el número de canales del sistema. Teóricamente, si se quisiera tener un mayor número de usuarios lo único que habría que hacer sería reducir más y más el tamaño de las células. Sin embargo, existen factores que limitan la división celular, siendo uno de los más importantes el costo de las estaciones base.

El crecimiento del sistema y los patrones celulares que se utilizan se deben de establecer desde el diseño del mismo para evitar gastos adicionales que podrían surgir en las diferentes etapas de crecimiento que el sistema tendrá con el tiempo.

La asignación de frecuencias se hace de acuerdo a los patrones de repetición, todos los canales disponibles se pueden usar en un patrón celular pero en cada célula se usa sólo un grupo de frecuen-

cias y se va modificando en cada patrón con el crecimiento del sistema, cuidando siempre que un mismo grupo de canales sea utilizado a una distancia suficiente para que no ocurran problemas de interferencia cocanal, en algunos tipos de patrones celulares se procura que las células vecinas no tengan canales de frecuencias muy cercanas entre sí para evitar interferencia entre canales adyacentes. Al crecer el sistema las frecuencias se reasignan a las nuevas células.

Las frecuencias que se manejan en telefonía móvil celular, son cercanas a los 400MHz, 500MHz y 800MHz, aunque el rango de frecuencias depende de la asignación en el espectro que se haga en un país en particular para sistemas de radiotelefonía móvil celular.

En los sistemas de telefonía móvil se pueden utilizar distintas técnicas de modulación como son : FM de banda ancha, FM de banda angosta, PM, Banda Lateral Unica y modulación digital, siendo la más utilizada en los sistemas actuales la de FM de banda angosta.

3.3 Características de una Célula y Redes Celulares.

La definición más amplia de célula o celda es la de un área en la cual una estación base en particular puede dar el servicio más adecuado de llamadas (recibidas y realizadas) para los abonados móviles de esa área. Una célula es el área confiablemente servida por

una localidad transmisora en un sistema celular.

Como se mencionó anteriormente, en un sistema celular una gran área de servicio se divide en áreas más pequeñas llamadas células, que no requieren tener una forma y tamaño en particular y el espaciamiento entre éstas no necesariamente es regular. La figura 3.2 nos muestra como sería un sistema de este tipo.

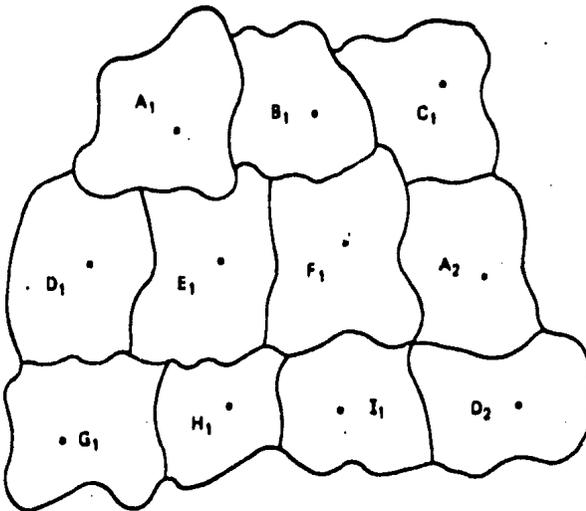
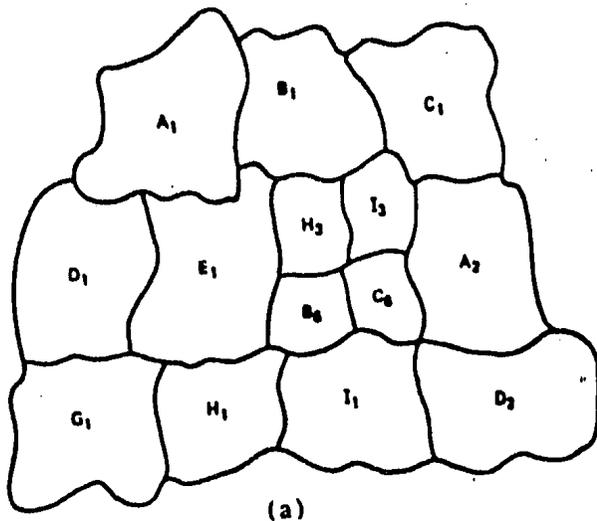


Figura 3.2 - Ejemplo de mapa celular con reuso de frecuencias.

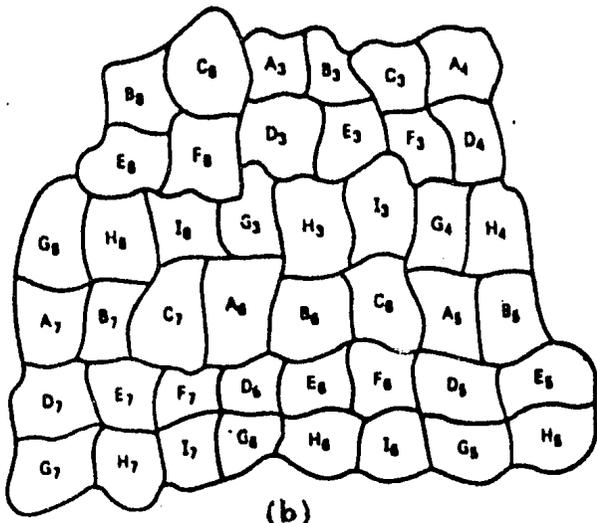
La misma figura 3.2 ilustra también la reutilización de frecuencias. Las letras representan grupos de canales asignados a cada

célula. Se puede observar que células suficientemente alejadas como A_1 y A_2 pueden usar el mismo conjunto de frecuencias.

Un sistema como el mostrado podría más o menos funcionar. Sin embargo la forma desordenada de su diseño pondría obstáculos al crecimiento del sistema (sobre todo en la división celular) a la que requeriría de estudios muy complicados (ver figura 3.3).



(a)



(b)

Figura 3.3.- Ejemplo de división celular (a)etapa temprana; (b)etapa madura .

y seguramente se haría un mal aprovechamiento del espectro (o por lo menos no sería el más adecuado).

Estudios de Ingeniería de sistemas demuestran que el uso de una red de figuras geométricas regulares es lo más adecuado para el diseño. Ahora bien, según las propiedades de propagación de las ondas electromagnéticas, se ha visto que para una antena omnidireccional (como las que se recomienda usar en las etapas iniciales del sistema) el patrón de radiación - esto es la figura descrita - en un plano por puntos con el mismo nivel de señal - en el plano horizontal se puede aproximar a un círculo.

La razón por la que no se usan círculos en un sistema celular es que de hacerlo así existirían en el plano de servicio regiones de ambigüedad donde no se sabría qué estación base daría servicio a dichas regiones, o habría otras áreas que quedarían sin servicio. Esto se ilustra en la figura 3.4.

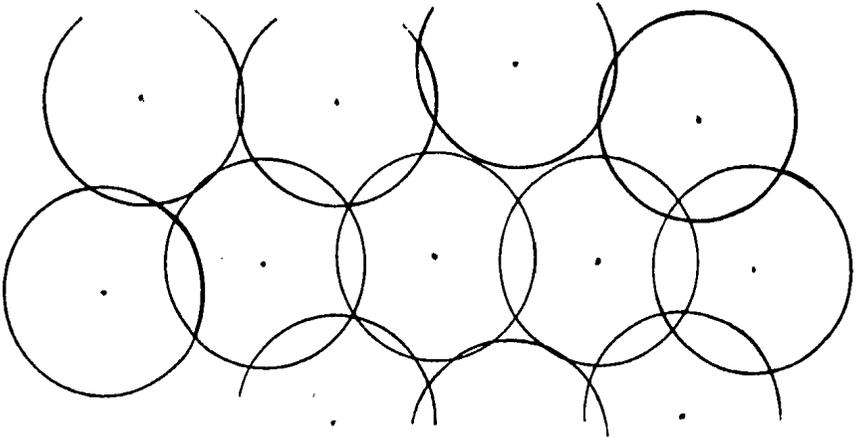
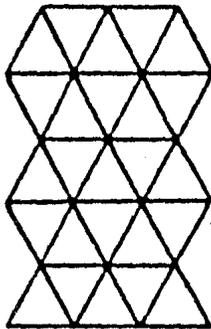
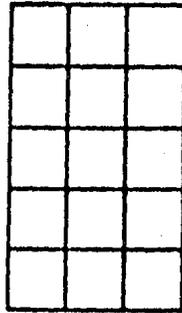


Figura 3.4.- Red de células circulares.

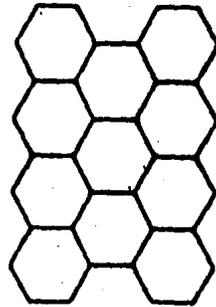
Las figuras geométricas regulares que se pueden aproximar a círculos y que en conjunto no dejan espacios ni traslapes entre ellas, son el triángulo equilátero, el cuadrado y el hexágono. (véase la figura 3.5)



(a)



(b)



(c)

Figura 3.5.- Redes : (a) triángular; (b) cuadriculada y (c) hexagonal.

La razón por la que se escogió el hexágono es de índole económica. Si a cualquiera de las tres figuras le fijáramos una distancia R desde el centro de las mismas hasta su vértice más lejano (radio de la célula R), veríamos que es el hexágono la figura que cubre más superficie de las tres. Esto implica que para un área de servicio que quisiéramos servir se requerirían menos estaciones base

con una red de hexágonos, y sería más económico.

Las propiedades de la geometría celular hexagonal se muestran en el apéndice A.

3.3.1 Sitios celulares omnidireccionales y direccionales.

En la figura 3.6 se ilustra un arreglo ideal de estaciones base o sitios celulares regularmente espaciados (representados por los puntos). Este arreglo de puntos tiene asociado un arreglo de hexágonos regulares que serían las células del sistema. Existen al menos dos maneras de imaginar esta red hexagonal: con células cuyos centros caen en los sitios celulares, células "excitadas centralmente", o células con sitios celulares en algunos de sus vértices, células "excitadas en esquina".

Como se verá más adelante, en realidad casi no es posible colocar un sitio celular en la posición que se le habría asignado idealmente.

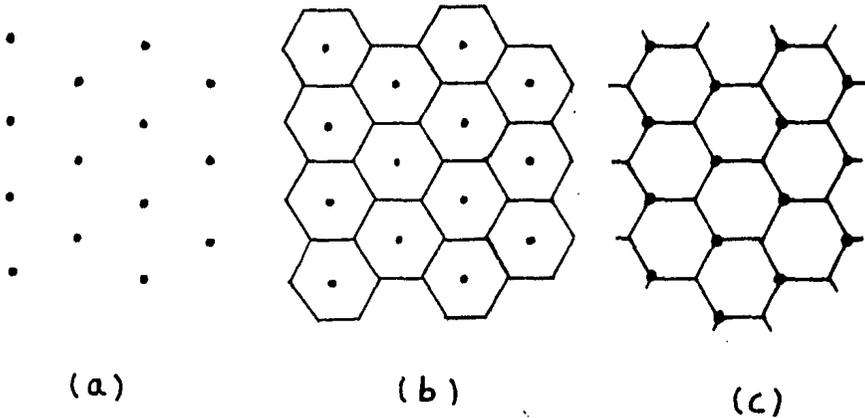


Figura 3.6.- (a) arreglo de sitios celulares; (b) células excitadas centralmente; (c) células excitadas en la orilla.

Las células excitadas centralmente, son un ejemplo de la definición que se había dado previamente de una célula como un área en la cual un sitio celular podría dar el mejor servicio de llamadas telefónicas móviles, que cualquier otra base. En cualquier llamada simple ni la unidad móvil ni las acciones del sistema podrían

definir la frontera de una célula, pero estudios sobre el comportamiento del sistema han revelado que la presencia de células excitadas centralmente satisfacen la definición anterior. Las células excitadas centralmente tienen estaciones base con antenas omnidireccionales y se les conoce como "sitios celulares omnidireccionales". Debido a los efectos aleatorios de la propagación ninguna célula real se aproxima a la forma de un hexágono, pero para propósitos de diseño y discusión es apropiado verlas a éstas como hexágonos regulares. El significado práctico de las células excitadas en esquina será explicado junto con la discusión sobre "sitios celulares direccionales".

El sistema AMPS (Advanced Mobile Phone Service) prevé el uso de sitios celulares con antenas omnidireccionales en los inicios del sistema celular y en los sistemas más maduros las células tendrán tres caras, esto es, cada canal de voz será transmitido y recibido por una de las tres antenas sectoriales de 120° que están en los vértices de los hexágonos. Las antenas están orientadas como lo muestra la figura 3.7 de manera que los lóbulos frontales de las mismas formen los lados de la célula hexagonal. Estas células son llamadas "excitadas en esquina".

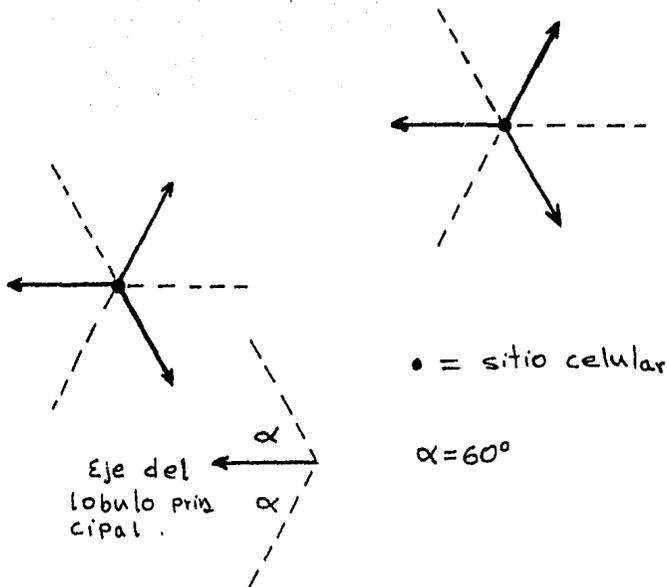


Figura 3.7.- Orientación de las antenas direccionales en sitios direccionales.

La causa por la que se usan antenas omnidireccionales en los inicios del sistema celular, es que el costo inicial de los sitios omnidireccionales es más bajo que el de los sitios direccionales.

Sin embargo, en los sistemas maduros el potencial de reducir costos disminuyendo el número de sitios necesarios para servir la demanda de tráfico telefónico es el principal motivo para usar si-

tos direccionales.

A diferencia de una antena omnidireccional, una direccional puede dar el mismo nivel de señal en la región a la que sirve causando menos interferencia con los canales que estén fuera del ancho de haz de 120° del lóbulo principal. De manera similar, una antena receptora en la estación base atenúa substancialmente la interferencia recibida de unidades móviles que estén fuera del lóbulo principal. Si sistemas direccionales y sistemas omnidireccionales tuviesen una relación señal/interferencia similares, el sistema direccional podría trabajar con una razón de reuso cocanal menor, es decir, con un espacio menor entre sitios celulares con los mismos canales.

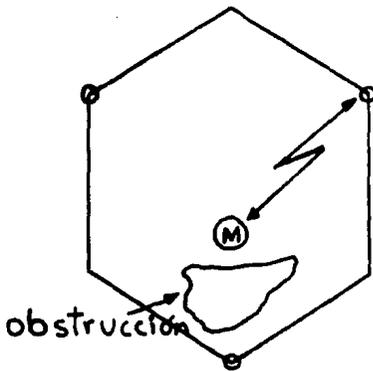


Figura 3.8.- Ventajas de una célula excitada en esquina cuando hay obstrucciones .

Otra ventaja de este tipo de excitación de células es que una unidad móvil puede usar un sitio celular secundario cuando una obstrucción bloquea la trayectoria al sitio celular más cercano (véase la figura 3.8). Además, las antenas direccionales son muy útiles en la localización de vehículos, ya que pueden indicar la dirección probable de una unidad móvil respecto al sitio celular.

3.3.2 Factores que influyen en el tamaño de las células.

Se recomienda que el radio de las células no sea menor a 1.6 km. ya que células más pequeñas requieren una velocidad de transferencia muy alta. El tamaño máximo de una célula está determinado por varios factores como las características de propagación, la altura de la antena de la estación base, la potencia radiada, las características del receptor y el grado de servicio deseado.

3.3.3 Patrones celulares de repetición

Como ya se indicó en la sección 3.2, en un sistema celular, las células se agrupan en conjuntos dentro de los cuales no hay dos células que utilicen el mismo conjunto de frecuencias. Dicho conjunto celular es conocido como "patrón celular de repetición" o "patrón celular". La razón por la cual se agrupan las células es para tener una distribución uniforme de frecuencias en toda el área de

servicio, con células apartadas lo suficiente para que no exista interferencia cocanal (debida al reuso de frecuencias), y también las células dentro del patrón celular se distribuyen de manera que la interferencia entre canales adyacentes sea la mínima. Los patrones celulares tienen determinada forma que se repite en el mapa celular.

La asignación de frecuencias, la forma y tamaño de los patrones celulares, está determinado por el espaciamiento D (en número de radios de una célula R) que se requiera entre sitios celulares que usarán las mismas frecuencias.

El número de canales disponibles en el espectro electromagnético para el servicio de telefonía móvil dividido entre el número de células por patrón celular (N), nos da el número de canales por célula. Las frecuencias se dividen en N grupos y cada grupo se le asigna a una célula dentro del patrón de repetición.

Una manera de ir construyendo los patrones celulares, es fijar dos números enteros i y j , llamados "parámetros de posición" ($i \geq j$). A partir de una célula hexagonal, a la que se le asigna una etiqueta y un grupo de canales, se avanza en cierta dirección i cantidad de células en la red celular, como se indica en la figura 3.9, se gira hacia la izquierda para avanzar j cantidad de células, y en esta célula - que forma parte de otro patrón celular - se asignará

el mismo grupo de canales. Así de cada lado del hexágono origen surge una célula con el mismo conjunto de frecuencias. Alrededor de estas células se van conjuntando las otras células, con otros grupos de frecuencias asociados de una manera idéntica a como se distribuirían alrededor de la célula origen. De esta manera se formarían los patrones de la red celular.

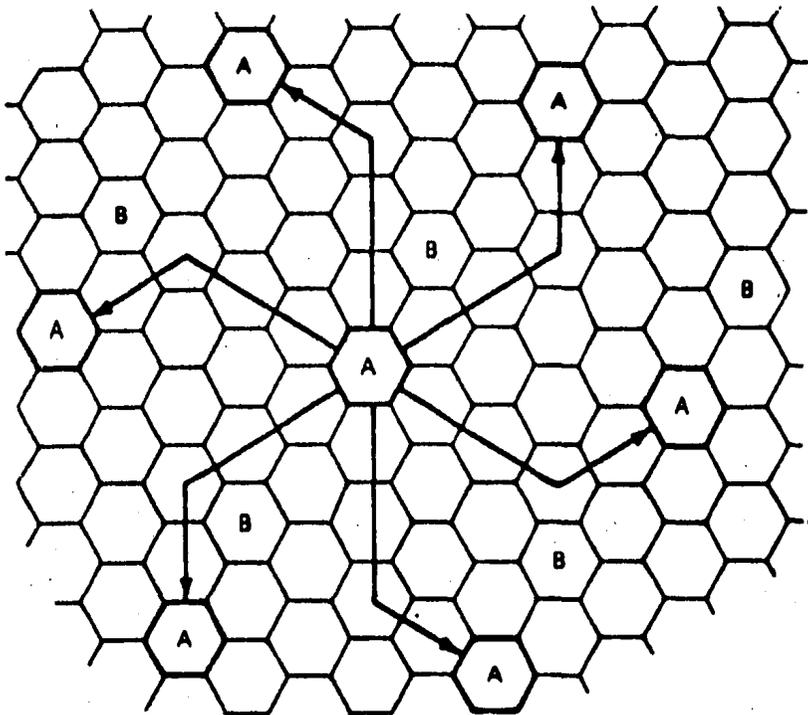


Fig. 3.9.- Determinación de células cocanal.
 $k=3$, $j=2$.

El número de células por patrón celular está dado por la siguiente

formula :

$$N = i^2 + i \cdot j + j^2$$

(véase el apéndice A), por lo que N puede ser 4, 7, 9, 12, 13, 16, etc.

El cociente D/R entre el espaciado entre células que usan los mismos canales, D, y el radio de la célula, R., también conocido como "la razón de reuso cocanal" - que como se verá más adelante es un parámetro muy importante está dado por :

$$D / R = \sqrt{3 \cdot N}$$

En la práctica el número de células por patrón está ligado con consideraciones de interferencia cocanal. Conforme aumenta N, la separación relativa entre celdas cocanal también aumenta y la posibilidad de que la relación S/I sea pobre disminuye, aunque con esto se disminuye el número de canales por célula.

3.3.4. Selección de parámetros clave de la red celular.

Para seleccionar los parámetros de diseño de una red celular se deben tener en cuenta algunos objetivos como son : restricciones de costo, buena calidad de transmisión y recepción, y una capacidad final de usuarios grande. En algunos casos habrá conflictos entre estos objetivos, y habrá que hacer ajustes entre ellos para que ningún objetivo sea perjudicado para beneficiar a otro.

a) Tolerancia en la posición del sitio celular.

Anteriormente se ha hablado de redes hexagonales con sitios celulares regularmente espaciados. Sin embargo, en la realidad la colocación de los sitios celulares es uno de los problemas más difíciles que se presentan en la ingeniería e instalación de los sistemas celulares.

La tolerancia de la posición tiene más impacto en la calidad de transmisión que en el costo o la capacidad del sistema. Se hizo un estudio de la relación señal/interferencia (S/I) en canales de voz en sistemas maduros y se encontró que el valor de S/I descendía gradualmente respecto a un valor deseado, conforme el sitio celular se iba alejando desde 0 hasta $1/4$ del radio de la célula (respecto al lugar ideal) y descendía bruscamente después de esta distancia. La tolerancia para la posición del sitio celular es pues, de $1/4$ del radio de la célula, para dar cierta libertad para colocar las estaciones base sin degradar mucho la calidad de la señal.

b) Radio máximo de la célula

El tamaño máximo de una célula está determinado por varios factores como las características de propagación, la altura y la ganancia de la antena del sitio celular, la potencia radiada, las caracte

terísticas del receptor y el grado de servicio deseado. El tamaño máximo de una célula en los inicios del sistema enfrenta a los objetivos de bajo costo y buena calidad de transmisión entre los que se debe lograr un acuerdo, pero sólo tiene un efecto indirecto en la gran capacidad final de usuarios.

La potencia de transmisión es un problema que también enfrenta costo y calidad de transmisión. En los sistemas actuales de telefonía móvil se ha considerado la potencia del móvil un orden de magnitud menor que la de la estación base. Sin embargo, en sistemas como el AMPS se ha considerado un sistema balanceado, donde el sitio celular y la unidad móvil tienen potencia de transmisión comparable para un diseño más económico.

En el inicio del sistema, elevar la potencia de transmisión del móvil y la base, manteniendo los demás parámetros constantes, mejoraría la calidad de transmisión elevando la relación señal ruido S/N, pero también eleva el costo del sistema. Sin embargo, desde una perspectiva más amplia el elevar la potencia puede usarse para reducir costos más que para mejorar la calidad de transmisión. Esto es, con una mayor potencia se pueden tener células más grandes con el mismo nivel de señal, teniendo así menos sitios celulares en el área de servicio. Si un aumento de potencia puede ahorrarnos la construcción de una estación base, entonces este aumento es deseado.

ble. Pero hasta cierto nivel el aumento de potencia deja de pagarse a sí mismo, y no sólo el costo por dB extra sino consideraciones prácticas de realización entran en ésto.

Los 10 Watts que se entregan a las antenas de base y de móvil están basados en una evaluación de costos, realización y flujo de potencia de los transmisores actuales en el rango de 800 a 900 MHz. Para suministrar 10 W a las terminales de la antena se requieren 12 W de la unidad móvil y 40 W del sitio celular, para compensar pérdidas en cables y combinadores.

La elevación y la ganancia de la antena del sitio celular influye en el acuerdo entre costo y calidad, de manera similar a la potencia. Al igual que en la potencia de transmisión, los valores seleccionados para ganancia y elevación son los máximos obtenibles sin un costo excesivo. El rango de ganancias para la antena es de 6 a 8 dB respecto a un dipolo; y el rango de elevación sobre el plano es de 30 a 60 metros.

Asumiendo que la potencia de transmisión, la ganancia de la antena y la elevación están establecidos, el acuerdo entre costo y calidad en las etapas tempranas del sistema está gobernado por el radio de la célula. Al aumentar el radio de la célula disminuye su costo pero también lo hace la calidad de transmisión. La calidad de transmisión debe ser similar al sistema telefónico fijo.

Para conocer la calidad de transmisión se hicieron pruebas subjetivas a usuarios de telefonía móvil en la banda de 800 a 900 MHz, y se demostró que con una relación S/N de RF de 18 dB, la mayoría consideraba el canal como bueno o excelente. El objetivo de calidad de transmisión del sistema AMPS fue cuantificado para propósitos de diseño, como un requisito de que una relación S/N de 18 dB fuese excedida en el 90% del área cubierta por el sistema.

Estudios sobre propagación y simulaciones con computadora hechos por los Laboratorios Bell para ver el comportamiento de un sistema celular para un ambiente como el de la ciudad de Filadelfia, dieron como resultado que : con célula de radio de 13 km se podía lograr el requerimiento de una relación S/N arriba de 18 dB sobre el 90% del área cubierta, aunque otros valores de radio máximo de la célula podrían resultar aceptables para lugares donde el ruido ambiental, la ganancia de la antena, su elevación y otros factores variaran substancialmente de los valores allí supuestos.

c) Radio mínimo de la célula

El radio mínimo de la célula - éste se da en el último paso de la

división celular - tiene poco efecto en el costo por usuario en la calidad de servicio, pero juega un papel muy importante en la capacidad final de usuarios. Cada etapa de división celular multiplica el número de sitios celulares en el área de cobertura de cada por un factor de 4, y el total de capacidad de tráfico también se incrementa por el mismo factor. En principio, la división celular podría repetirse un indefinido número de veces, pero los diseñadores del sistema citan un radio de 1.6 Km. como el mínimo práctico. Si se empieza con células 13 Km. de radio, tres etapas de división celular son posibles. No existe una barrera física - insuperable para tener células más pequeñas, pero grandes obstáculos prácticos son la tolerancia de posición del sitio celular y la carga de frecuentes transferencias automáticas. Como se había mencionado el sitio celular debe colocarse dentro de un cuadrado de radio de la célula respecto al lugar ideal, y una tolerancia de 400 metros (correspondientes a un radio de 1.6 Km.) es probablemente el requerimiento más restringido que se puede haber. La distancia media entre transferencias automáticas disminuye conforme el radio de la célula lo hace, y en un sistema compuesto por células de radio menor 1.6 Km., las transferencias consumirían una fracción significativa de la capacidad del procesador central del centro de control.

d) Razón de Reuso Cocanal.

La razón o cociente de reuso cocanal D/R , también tiene impacto en la calidad de transmisión y la capacidad final de usuarios del sistema. La influencia en la calidad de transmisión viene de que la razón D/R materialmente afecta las estadísticas de la interferencia cocanal y como esta razón determina el número de canales, pone un límite a la capacidad de tráfico de cada sitio y por lo tanto a la capacidad final del sistema.

El mínimo valor permitido de la razón D/R fue obtenido de manera similar al máximo radio de la célula. Haciendo D/R tan pequeño como se pueda, se cumplen objetivos de costo y gran capacidad. Por otro lado, haciendo D/R tan grande como sea posible, beneficia la calidad de transmisión.

Se hicieron pruebas para ver la calidad de transmisión, evaluando el efecto de la interferencia cocanal en las opiniones de las personas. Los resultados indicaron que la mayoría de las personas consideraban la calidad de transmisión de un canal como buena o excelente con una relación S/I de 17 dB. El sistema AMPS para satisfacer su objetivo de calidad debe proveer una relación S/I de 17 dB o mayor sobre un 90% de su área de cobertura. En pruebas de simulación hechas con datos de la ciudad de Filadelfia el sistema cumplía la relación S/I requerida si la separación entre sitios -

cocanal (D) era 4.6 radios de célula cuando se usaban antenas direccionales de 120° y 6.0 radios cuando se usaban antenas omnidireccionales. Estas razones de reuso corresponden a patrones de 7 células para sitios direccionales de 120° y patrones de 12 células para sitios omnidireccionales.

3.4 Asignación de Canales y División Celular.

El reuso de frecuencias y la división celular, son características esenciales del concepto celular. Las técnicas de reutilización de frecuencias y división celular permiten al sistema celular cumplir con los objetivos de servir a un gran número de usuarios mientras se usa una parte relativamente pequeña del espectro electromagnético.

3.4.1 Asignación de Canales.

El grado de anticipación con el que los grupos de canales sean definidos y usados puede afectar materialmente la calidad de transmisión, costo y facilidad de adaptación al crecimiento de tráfico telefónico del sistema.

En el diseño del sistema se deben de poner límites no sólo a la interferencia cocanal sino también a la interferencia entre canales adyacentes. Aunque los filtros de F.I de la unidad móvil atiendan

considerablemente los canales adyacentes, es importante evitar situaciones en las que el nivel de recepción de un canal adyacente sea mucho mayor que el del canal deseado.

Este caso podría darse, por ejemplo, en una célula donde una unidad móvil estuviera más lejos del sitio celular que otra unidad móvil con un canal adyacente en la misma célula. Si la relación entre distancias fuera de 10, el nivel de recepción del canal adyacente podría ser 40 dB mayor que el canal deseado. En presencia de desvanecimiento podría existir una gran interferencia de canales adyacentes menos que el filtro de F.I. pudiese atenuar grandemente el canal adyacente. Para permitir que los filtros de F.I. pudiesen rechazar la interferencia adecuadamente, se requerirían bandas de guarda mayores entre canales.

Afortunadamente en un sistema celular, sólo una parte de los canales disponibles pertenece a un grupo o conjunto de canales, por lo que es posible evitar el uso de canales adyacentes en la misma célula, conservando así la posibilidad de interferencia entre canales adyacentes baja y como no se requiere una atenuación severa de los canales adyacentes en F.I., no se requiere banda de guarda.

Los canales de voz del sistema AMPS tienen una desviación pico de FM de 12 kHz y un espaciamiento de 30 kHz. Con este espaciamiento se pueden tener 666 canales duplex dentro de un rango de 40 MHz en

el espectro. El uso de canales adyacentes en una misma célula requeriría mayor espaciamiento entre canales y se tendría un menor número de éstos en la banda disponible. En el AMPS se mantiene la máxima separación entre canales miembros de un conjunto. Supóngase que se numeran los canales de 1 hacia arriba y que la diferencia de frecuencia entre canales es proporcional a la diferencia algebraica de sus números. Si se requieren N conjuntos de canales (N células por patrón de repetición), el n -ésimo grupo ($1 \leq n \leq N$) tendría los canales $n, n+N, n+2N$, etc. Por ejemplo el conjunto 4 tendría los canales 4, 11, 18, etc. para $N = 7$.

En algunos casos se puede evitar una segunda fuente de interferencia de canal adyacente, evitando el uso de canales adyacentes en las células vecinas. La figura 3.10 muestra un patrón de 12 conjuntos disjuntos (12 células por patrón) que podrían usarse en etapas tempranas del sistema, con sitios celulares omnidireccionales. Sólo grupos con números adyacentes (incluyendo 12 y 1) contienen canales adyacentes. En la figura cada sitio está etiquetado con el número de grupo de canales.

Cuando se usan estaciones base con antenas direccionales de 120° en el AMPS, consideraciones de calidad de transmisión hacen que el patrón de 7 células sea el más adecuado. En este caso es imposible evitar el uso de canales adyacentes en células adyacentes. Sin --

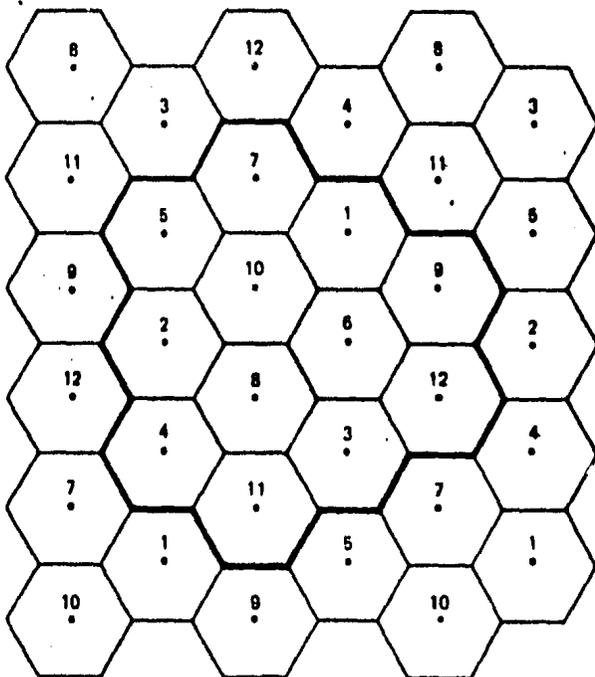


Figura 3.10 .- Distribución de conjuntos de canales con un patrón de repetición de 12 células.

embargo, es posible subdividir los conjuntos de canales y colocar los subconjuntos de tal manera que la interferencia de canal adyacente recibida en móviles y estaciones se atenue por la "relación frente - atrás" (front-to-back ratio) de las antenas direccionales de las estaciones. El plan de AMPS divide cada uno de los 7 conjuntos en tres subconjuntos. Por ejemplo, el conjunto 4 que tiene los

canales 4, 11, 18, 25, 32, 39, 46, 53, 60, etc. se divide en subconjunto 4a (canales 4, 25, 46); 4b (canales 11, 32, 53) y 4c (canales 18, 39, 60). Esta notación se puede simplificar si numeramos los subconjuntos del 1 al 21, de manera que el n -ésimo conjunto está subdividido en subconjuntos n , $n+7$, $n+14$.

La figura 3.11 muestra un buen patrón de asignación de subconjuntos de canales a las caras del sitio celular. Las células excitadas en esquina muestran sus lados que son proyecciones de los bordes de los lóbulos frontales de 120° de las antenas. Los subconjuntos con números secuenciales tienen canales adyacentes y son asignados a caras de tal manera que no cubran la misma celda excitada en esquina aunque pueden estar en celdas adyacentes. Este procedimiento atenúa la interferencia de canal adyacente por medio de la relación frente atrás de la antena del sitio celular, en situaciones que de otra manera causarían problemas. En la figura 3.11 suponiendo que un canal del subconjunto 6 sirviera a una unidad móvil en el punto M, la interferencia de canal adyacente que existe en ambos sentidos entre la unidad móvil y el sitio celular que usa el subconjunto 7, sería atenuada por la relación frente atrás de las antenas direccionales que transmiten y reciben con el subconjunto 7.

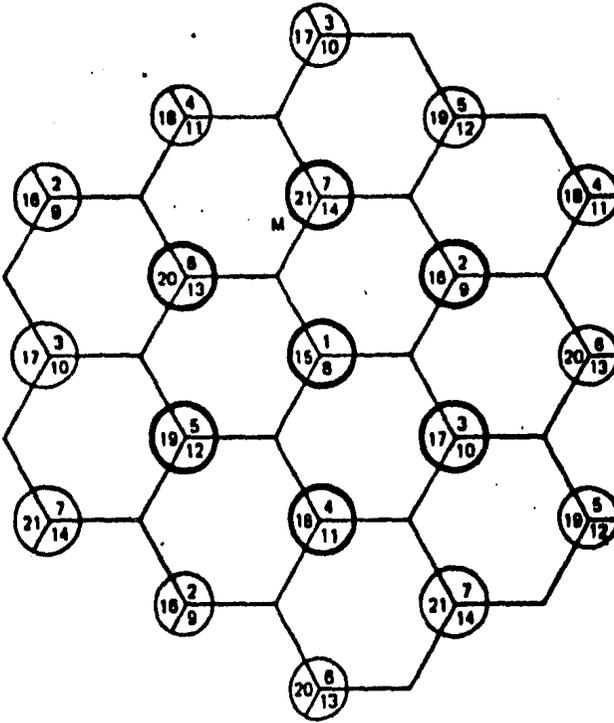


Figura 3.11 .- Distribución de subconjuntos de canales para un patrón de repetición de 7 células excitadas en esquina.

3.4.2 División Celular.

Como se ha dicho antes, la capacidad del sistema celular puede aumentarse disminuyendo el tamaño de cada celda. Esto se realiza instalando nuevas estaciones en regiones de máximo tráfico, formando así células de un radio más reducido. De este modo el tamaño

de las células puede adaptarse al volumen y a la distribución del tráfico radiotelefónico.

El significado práctico de la división celular es que la distancia entre sitios celulares adyacentes es cortada a la mitad. El área de cobertura nominal de los nuevos sitios celulares es reducida a la cuarta parte del área cubierta por los sitios anteriores. Al ocurrir la división celular se cuadruplica la densidad del sitio celular. El plan de división celular del AMPS da como posición ideal de los nuevos sitios celulares justo a la mitad entre dos estaciones base vecinas existentes, aunque pueden ponerse dentro de un rango de $1/4$ de radio de la célula pequeña. Los sitios celulares existentes junto con los nuevos forman un arreglo hexagonal.

En la transición de un sistema basado en 12 conjuntos de canales y antenas omnidireccionales a uno basado en 21 subconjuntos y antenas direccionales, puede ser necesaria una alteración gradual en la asignación de canales a los sitios celulares. Pero, una vez establecidas las antenas direccionales, la división celular no causa ninguna alteración posterior en la asignación de canales existentes.

La figura 3.12 muestra un arreglo de sitios celulares direccionales identificados por el número del conjunto de canales. En una zona se han agregado 6 nuevas células. La asignación de canales a

nuevos sitios se determina al observar que el nuevo sitio celular está en medio de sitios celulares con el mismo conjunto de canales, cada uno situado un poco más lejos que un diámetro de célula grande del nuevo sitio, y, a éste se le asignará el mismo conjunto de canales. En la figura se han marcado los sitios que usan el conjunto 2 para ilustrar esta relación geométrica. También se muestran los patrones celulares en las diferentes etapas de división celular. Cada etapa de división conserva las relaciones geométricas dentro del patrón, pero gira el nuevo patrón 120° .

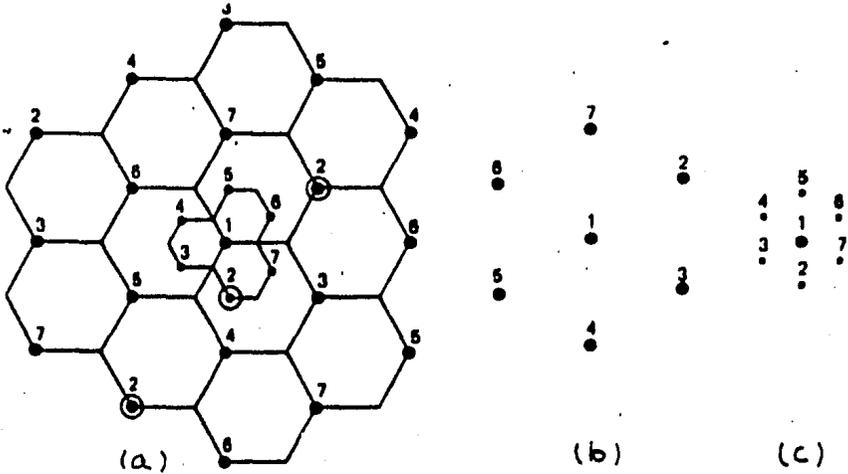


Figura 3.12 .- Distribución de conjuntos de canales con un patrón de 7 células de distintos tamaños. (a) arreglo completo; (b) orientación de los sitios celulares en el arreglo de células grandes; (c) orientación del patrón celular de células pequeñas.

3.4.3 El Concepto de Células Superpuestas.

En un área de cobertura con dos o más tamaños de células simultáneamente, se debe tener cuidado con conservar la distancia mínima D entre sitios cocanal. Como se ha visto se debe conservar la razón D/R , pero debido a los diferentes tamaños de radio de la célula R , tiene valor distinto según el sitio celular.

La figura 3.13 muestra algunas situaciones poco usuales que surgen al haber celdas de varios tamaños. El sitio A_1 cae dentro de las células grandes. Para un patrón de 7 células, los sitios cocanal más cercanos dentro del grupo de células grandes A_2 y A_3 están separados de A_1 4,6 radios de célula grande; dentro del grupo de células pequeñas, sitios cocanal como el A_4 y A_5 están separados de A_1 4,6 radios de célula pequeña o 2,3 radios de célula grande. La razón D/R se satisface para A_4 y A_5 porque el valor apropiado de R para estos sitios celulares es el radio de la célula pequeña. Los canales instalados en A_1 no causarían interferencia cocanal en las llamadas servidas por las estaciones bases A_4 y A_5 porque la unidad móvil servida por cualquiera de estas tendería a estar dentro del rango de un radio de célula pequeña.

Las dudas surgen en las llamadas atendidas por el sitio A_1 . Si este sirve un área de célula grande, entonces no puede usar los mismos canales que A_4 y A_5 , porque la razón D/R no se cumpliría para-

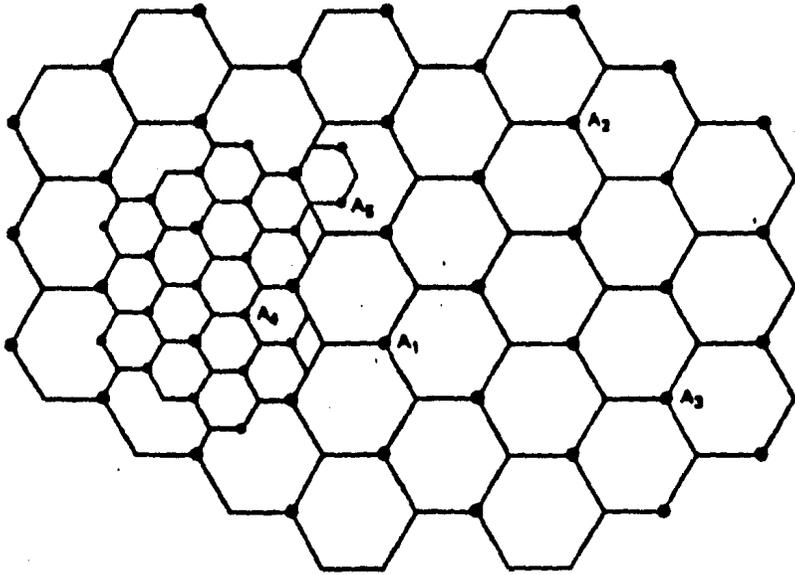


Figura 3.13.- Mapa celular con células de diferentes tamaños .

A_1 si se toma el radio de la célula grande como el valor de R . Este factor se cumpliría si el radio de la célula pequeña se pudiera aplicar de alguna manera a A_1 , pero, al restringir a A_1 a servir sólo un área de célula pequeña, podría significar una cobertura inadecuada para algunas áreas removidas posteriormente, del sitio celular.

Este dilema se resuelve con el concepto de superposición de células, el cual reconoce que cuando existen células de diferentes tamaños, es mejor ver el arreglo celular como la superposición de un arreglo fragmentario de células pequeñas sobre un arreglo completo de células grandes. El arreglo de células grandes no desaparece en una región sino hasta que el arreglo de células pequeñas está completo en dicha región.

La implementación del concepto de superposición de células, requiere que en las regiones donde existen dos tamaños de células, el subconjunto de canales asociado a la cara de un sitio celular deberá subdividirse en un grupo para células pequeñas y otro para células grandes. Cada cara del antiguo sitio celular usará algunos de los canales para cubrir el área de célula grande, como lo hacía antes y los canales restantes asignados a esa cara estarán restringidos a cubrir un área de célula pequeña. La subdivisión del subconjunto de canales en un grupo para células grandes y otro para células

Las pequeñas están de acuerdo a los requerimientos de los nuevos sitios vecinos cocanal. Por ejemplo, cada canal usado en A_4 y A_5 quedará restringido al uso de célula pequeña del sitio A_1 . La manera como se logra esta restricción es reasignando el canal en "software" a un grupo que es tratado como de servicio de célula pequeña. Cuando sea apropiado se hará la transferencia automática a un nuevo sitio celular o a un canal del grupo para célula grande en la misma cara donde se ha servido la llamada. Conforme el tráfico telefónico crezca y aumenten los nuevos sitios celulares, se deberán asignar más canales al grupo para célula pequeña en el viejo sitio celular reduciendo la capacidad de éste para servir al área de célula grande. Por esta razón no sólo el crecimiento del tráfico en el sitio celular, sino el crecimiento de tráfico telefónico en los sitios vecinos, forzará la división celular alrededor del viejo sitio celular.

Los procedimientos descritos para asignación de conjuntos de canales, desarrollo y división celular, permiten al sistema crecer gradualmente, según el crecimiento del tráfico radiotelefónico.

3.5 Equipamiento y Funcionamiento del Sistema.

Un sistema de radiotelefonía móvil celular, requiere de un complicado sistema de control. En esta sección se explica como se cons-

tituye el sistema, que funciones realiza el sistema y sus elementos. La mayoría de la información se basa en el sistema AMPS.

3.5.1 Interfaces del Sistema.

a) Interface con la red telefónica fija.- el AMPS da servicio en el "Área de Servicio Móvil" (MSA). La unidad móvil que recibe servicio dentro de un MSA específico, mientras está dentro de sus límites se le llama "móvil local" y fuera de esta área se le conoce como "vagabundo". El sistema AMPS da servicio entre móviles locales y otros teléfonos de la red fija y da acceso hacia y desde vagabundos. Para esto a cada usuario móvil se le asigna un número telefónico de 10 dígitos compuesto por tres dígitos que indican el área local y siete dígitos de número de directorio (Esto depende de la numeración adoptada por cada país). Esto permite al AMPS ser compatible con la red telefónica fija usando métodos troncales convencionales y permite que las llamadas sean enrutadas y señalizadas con técnicas convencionales.

b) Interface con el usuario .- el enlace de radio de la unidad móvil además de la comunicación de voz envía información de control. La identificación del usuario y los dígitos marcados (dirección de la red) son los datos que deben ser enviados por la unidad móvil en cada llamada. El discado preoriginado (preorigination dialing)

nos ahorra tiempo de transmisión eficaz al almacenar los dígitos que se marcan en la unidad móvil, y enviarlos todos juntos al sitio celular. Además tiene la conveniencia de que el usuario puede marcar lentamente sin estar amarrado a un canal de radio que es valioso, o puede borrar el número marcado si hay alguna equivocación y sólo hasta que el número está completo y almacenado se usa el canal enviando el número tan rápido como sea posible en forma codificada junto con otra información de procesamiento de llamada.

3.5.2 Elementos de Control del Sistema.

Los tres subsistemas que sirven como elementos de control son : la unidad móvil (UM), el sitio celular, y la oficina de conmutación de teléfono móvil (MTSO).

a) Unidad Móvil.- Además de enviar información de dirección de la red, la unidad móvil efectúa otras funciones de señalización y control que se verán más adelante. La unidad móvil se puede sintonizar a cualquiera de los canales disponibles para el sistema y a cualquiera de los cuatro niveles de potencia preprogramados. Para efectuar todas estas funciones de señalización y control la U.M. requiere tener un microprocesador.

b) El Sitio Celular.- Cada sitio celular procesa las señales en

viadas por la U.M., para hacerlas apropiadas para la transmisión entre las redes fija y de radio del sistema, y todas las U.M's conectadas a ésta. Esto requiere de control de tiempo real almacenado en programas. Además cada sitio celular realiza otras funciones de control y señalización que se verán más adelante.

c) Oficina de Conmutación de Teléfono Móvil.- La MTSO sirve como controladora y coordinadora del AMPS, y es la interface entre las redes fija y móvil. Toda la información que pasa por esta interface emplea señalización telefónica convencional. Por lo tanto se requieren técnicas convencionales de conmutación dentro de la MTSO. Además la MTSO debe :

- Administrar los canales de radio disponibles para el sistema.
- Coordinar la red de sitios celulares y unidades móviles.
- Mantener la integridad del sistema local como un todo.

Estas nuevas funciones requieren de programas extensos almacenados dentro de la MTSO.

3.5.3 Interconexión entre Subsistemas.

La conexión entre los tres elementos de control (subsistemas) se muestra en la figura 3.14. El teléfono móvil se comunica con un sitio celular cercano a través de un canal asignado a tal célula.

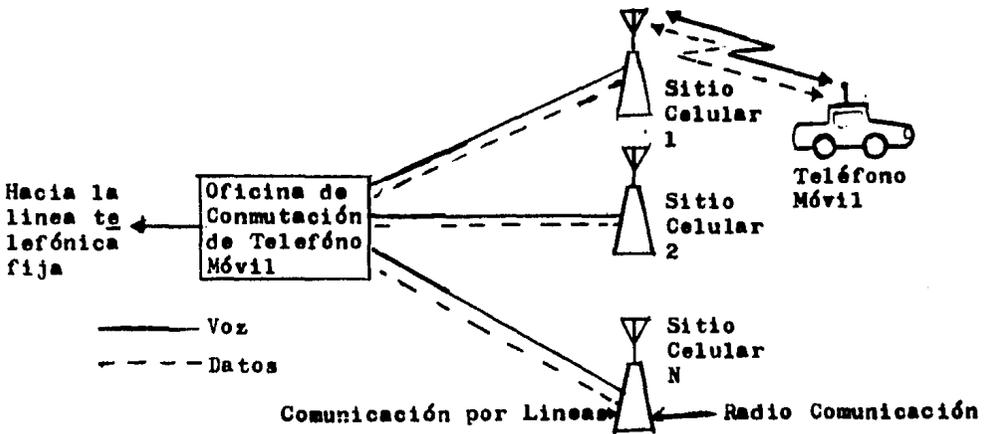


Figura 3.14 .- Interconexión entre Subsistemas.

Luego el sitio celular se conecta con la MTSO a través de líneas terrestres. Además existe gran cantidad de datos entre los subsistemas. El envío de información para establecer llamadas entre una U.M. y un sitio celular se realiza a través de canales especiales.

También los canales vocales llevan información para controlar y confirmar algunas acciones de las U.M's. Entre el sitio celular y la MTSO hay líneas troncales y de datos separadas, para enviar llamadas y datos.

3.5.4 Técnicas de Control

Esta sección describe varias importantes técnicas de control requeridas por el sistema celular.

a) Supervisión

La supervisión de telefonía móvil se define como la detección de cambios en el estado de colgado/descolgado causados por el usuario y el mantenimiento de la intensidad de la señal de R.F. en un nivel adecuado durante la llamada. El sistema AMPS usa una combinación de una ráfaga de tono conocida como "tono de señalización" (ST), y una modulación continua fuera de banda conocida como "tono de audio de supervisión" (SAT), para propósitos de supervisión.

- Tono de Audio de Supervisión.

Se pueden enviar tres SAT's de 5970, 6000 y 6030 Hz, pero sólo uno de éstos se emplea en una célula dada. Una unidad móvil recibe un SAT de un sitio celular y lo transponde de regreso. El sitio celular busca el SAT específico que envió para regresar, y si recibe

algún otro SAT, el sitio lo interpreta como la presencia de interferencia en la trayectoria base móvil o móvil a base.

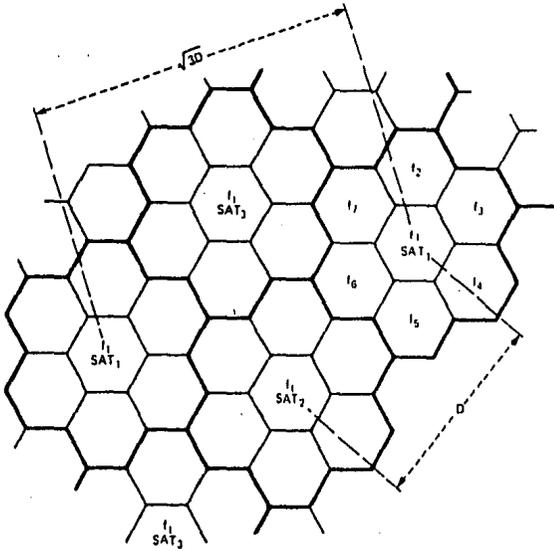


Figura 3.15 .- Distribución de los tres SAT's.

En la figura 3.15 podemos ver el uso de los tres SAT's multiplica la razón de reuso cocanal D/R por 3 para supervisión, por ejemplo si N=7, una celda con el mismo grupo de canales e igual SAT - está tan lejos como si N fuera 21. Esto reduce la probabilidad de malinterpretar por interferencia los tonos de supervisión.

* Esto significa pasar la señal a través de un transpondedor, que a grandes rasgos es un aparato que recibe una señal, la convierte de frecuencia, la amplifica y la retransmite al aire.

Las frecuencias del SAT son muy cercanas de manera que un filtro de seguimiento de fase asegurada (phase locked tracking filter) pueda amarrarse a cualquiera de las tres. Estos están separados de la banda de voz para que el filtrado del SAT y voz sea fácil (ambos se envían en el mismo canal), y sus productos de intermodulación sean controlables. La desviación de FM del SAT es ± 2 kHz.

- Tono de Señalización.

El tono de señalización (escogido para ser de 10 kHz) está presente cuando el usuario está: siendo alertado, siendo transferido, desconectándose o parpadeando para servicios de usuario de media llamada (p.e. llamada esperando).

El tono de señalización sólo se usa en el sentido móvil a base, la tabla siguiente muestra los estados de supervisión de la U.M. estando en el canal vocal, y como serían interpretadas por el sitio celular :

Tabla 3.1.- Estados de Supervisión de la U.M. canal vocal.

	SAT recibido	SAT no recibido
ST encendido.	Teléfono móvil colgado.	Móvil en desvanecimiento. o Transmisor móvil apagado
ST apagado.	Teléfono móvil descolgado	

- Localización.

Una función de supervisión que no tiene equivalente en telefonía fija es la localización. La localización y la transferencia automática sirven para mantener la intensidad de la señal en un nivel suficiente durante la llamada de manera que su S/I promedio sea adecuada para la comunicación, y otras U.M.'s no tengan alta interferencia cocanal o de canal adyacente.

La metodología de localización requiere de dos mediciones :

- Medir el nivel de la señal de R.F.
- Medir el retraso del SAT.

Véase al Apéndice B, algoritmo de localización. El análisis de esta información en la MTSO determina cuando se requiere cambio de canales o una transferencia de células.

b) Búsqueda y Acceso.

La tarea de localizar una unidad móvil requerida para una llamada entrante al sistema es llamada "Búsqueda" o "Buscapersonas" (paging), y su función complementaria de iniciar una llamada desde una U.M. es llamada "Acceso".

El sistema AMPS usa un grupo especial de canales llamados "canales de inicio" (set-up channels) para las funciones de búsqueda y

acceso. Estos canales son distribuidos en base a consideraciones de la relación S/I de manera parecida a los canales vocales.

Los planes para organizar los canales de inicio se basan en las suposiciones mostradas en la tabla 3.2, tomando en cuenta las demandas requeridas por la búsqueda y el acceso.

Tabla 3.2. Suposiciones de Tráfico:

Promedio de llamadas.	1 Llamada/usuario/hora-ocupada.
Promedio de respuestas.	1/2 de todos los intentos hacia el móvil.
Dirección de tráfico	60% originadas en móvil 40% completadas en móvil
Relación local/vagabundo	4 : 1
Promedio de llegada de llamadas	1/segundo en las células más densas

La información de búsqueda debe distribuirse en toda la MSA. Los requerimientos de capacidad de información de búsqueda se incrementan al crecer el número de usuarios, y la división celular no incrementará esta capacidad debido a que la información de búsqueda

se requiere en cada punto de la MSA. Los requerimientos de acceso también crecen con el sistema, pero la capacidad de acceso se incrementa con la división celular ya que una celda necesita información de acceso sólo de las unidades móviles dentro de ella.

1.- Requerimientos del Acceso

El proceso de acceso incluye las siguientes funciones: i) Informar al sistema de la presencia del móvil, ii) suministrar al sistema la identificación de la U.M. y los dígitos marcados, iii) esperar por la asignación del canal apropiado. Los requerimientos del acceso son los siguientes:

i) Capacidad para manejar los intentos de acceso relacionado con el número de usuarios. En áreas con tráfico saturado se espera que haya intentos aleatorios con un promedio de uno por segundo y esto se debe cumplir en celdas grandes o pequeñas. Basados en estadísticas se espera que el 60% de las llamadas en una hora sean iniciadas por acceso (llamadas originadas en vehículos).

ii) No se deberán poner demandas no garantizadas en el proceso samiento de tiempo real de la MTSO o los sitios celulares.

iii) Deberá ser exacto en presencia de a) interferencia cocanal de otras celdas y b) colisiones que se definen como la llegada simultánea de dos o más solicitudes.

lv) Debe ser estable, esto es, las situaciones raras de sobrecarga no deberán causar al sistema caer en un estado del cual no pueda salir.

2.- Requerimientos de Búsqueda.

El proceso de búsqueda deberá:

i) Ser capaz de manejar 0.8 búsquedas por usuario por hora ocupada, de la cual la mitad irán sin contestar (esta estimación está basada en una muestra de usuarios actual).

ii) Proveer flexibilidad en la numeración para permitir que una U.M. pueda viajar en toda la nación y para acomodarse en la numeración de 10 dígitos de los teléfonos (esta suposición requiere un número de 34 bits para identificación de la U.M).

iii) Ser capaz de servir la demanda futura (cientos de miles de usuarios) y siendo económico en pequeños poblados con cien usuarios o menos.

3.- Plan de Canales de Inicio.

Como los canales de inicio o control son valiosos en capital y en uso del espectro (son parte de los canales disponibles para el sistema), deben usarse cuidadosamente y en forma flexible, aunque la

densidad de tráfico para búsqueda y acceso en el futuro no se conozca con exactitud.

El plan prevé que las funciones de acceso y búsqueda compartan canales de inicio en los primeros años, cuando se usen grandes celdas y antenas omnidireccionales. Conforme crezca el sistema, se produzca la división celular y se utilicen antenas directivas, se requerirán más canales de inicio para la función de acceso. Las antenas omnidireccionales se seguirán usando para la búsqueda. De esta manera, acceso y búsqueda se separan cuando ocurre la primera división celular.

Los mensajes de búsqueda contienen el número de directorio de la U.M. en binario. Como una gran cantidad de información de búsqueda tiene que enviarse, para tener mejor eficiencia se ha organizado la información en un formato síncrono descrito posteriormente.

Otro tipo de mensaje llamado "Encabezado" (overhead word) es enviado periódicamente en el flujo de datos de búsqueda para dar al móvil cierta información sobre el sistema local. El encabezado incluye:

- i) La identificación de MSA (conocida como señal de llamada del área) para permitir la función de vagabundeo automática.

ii) Identificación del SAT de la celda.

iii) Un parámetro (llamado N) que especifica el número de canales de inicio en el conjunto de repetición (el factor de reuso de frecuencias para canales de inicio).

iv) Un parámetro llamado CMAX que especifica el número de canales de inicio disponibles cuando se quiera hacer una llamada.

v) Un parámetro (llamado CPA) que dice a las U.M's si las funciones de búsqueda y acceso comparten el mismo canal.

4.- Uso del Canal de Inicio

Las U.M's usarán los canales de inicio en la siguiente secuencia:

i) Cuando se energiza la unidad móvil y una vez por minuto, ésta explora los 21 canales más altos y toma el más fuerte en el cual lee el encabezado. Esto permite al móvil conocer si está en su "hogar" (móvil local) y recuperar el factor de reuso de frecuencia N. Para recibir sus búsquedas, vuelve a explorar el conjunto apropiado de N canales para encontrar el más fuerte. Como N varía de ciudad en ciudad, este es leído del encabezado que es enviado periódicamente en todos los canales de inicio hacia adelante (estos es, en la dirección base a móvil).

ii) Cuando una llamada se va a originar desde o completada en una U.M., la unidad debe repetir el proceso de exploración para colocarse a sí misma en el mejor sitio celular para acceso. En este caso examina CMAX canales.

iii) La unidad se sincroniza al patrón de palabras del canal de inicio escogido y determina si ese canal está desocupado y de ser así intenta un acceso transmitiendo la información necesaria al sitio celular:

- Si responde a una búsqueda, da su identificación.
- Si origina una llamada, da su identificación y los dígitos marcados.

La unidad entonces apaga su transmisor pero permanece sincronizado al canal de inicio elegido.

iv) Después que la parte fija del sistema ha procesado la información,, envía un mensaje de asignación de canal a la U.M., tal como si se enviara una búsqueda, en el canal de inicio que la U.M. había usado previamente. Al recibir este mensaje el móvil se sintoniza al canal asignado, y la parte de voz de la llamada puede proceder.

5.- Colisiones en el Acceso.

Como todas las U.M's usan los mismos canales de inicio deben tratar de minimizarse las colisiones para evitar la interrupción del sistema al ocurrir éstas. Se pueden usar varias técnicas para este propósito.

Primera.- En los canales de inicio hacia adelante (base a móvil) se pone un bit de "ocupado/libre" cada 11 bits. Durante todo el tiempo que el sitio celular recibe mensajes legítimos de acceso hacia éste, ve que el bit ocupado/libre es puesto ocupado.

Segunda.- La U.M. envía en su mensaje de acceso un "precursor" que dice a la parte fija del sistema con cuál sitio celular se quiere comunicar. Esto es particularmente necesario en sistemas con celdas pequeñas. La información provista en el precursor es el equivalente codificado digitalmente del SAT mencionado anteriormente; la U.M. obtiene este mensaje en el flujo de datos hacia adelante del canal de inicio usado, lo transmite de regreso al sitio celular en la mitad de regreso (móvil a base) del canal.

Tercera.- La U.M. antes de intentar acceder el canal de inicio espera un tiempo aleatorio, y esto elimina la periodicidad introducida en los accesos por el formato de los mensajes del canal de inicio.

Cuarta.- Después que la U.M. envía su precursor abre una ventana de tiempo en la cual espera ver el canal ponerse ocupado. Si no ocurre la transición de libre a ocupado durante esta ventana de tiempo, el intento de acceso es abortado instantáneamente.

Quinta.- Si el intento de acceso no tiene éxito por alguna razón, la U.M. lo intentará una y otra vez a intervalos aleatorios, pero existe un límite en el número de reintentos automáticos para **preve**nir colisiones continuas y sobrecarga al sistema.

3.5.5. Requerimiento de Datos y Formatos

Debido a las técnicas de control descritas se requiere intercambiar grandes cantidades de información entre pares de elementos de control del sistema. Los requerimientos de información del AMPS para varios canales se muestran a continuación.

Tabla 3.3. Requerimientos para transferencia de Información

Canal	Tipo de información	Número de bits
De Inicio:		
Adelante	Busqueda de móvil	24 ó 34
	Asignación del canal	11
	Nivel de potencia del móvil	2
	Encabezado (parámetros locales)	22 a 30
	Control del sistema	4
Reversa	Identificación	55 ó 66
	Dígitos marcados	64 (16 caracteres)
	Control del sistema	4
Vocal:		
Adelante	Ordenes	5
	Designación de canal	11
	Nivel de potencia del móvil	2
	Control del sistema	4
Reversa	Confirmación de órdenes	5
	Dígitos marcados (para servicio de llamada de usuario)	64 (16 caracteres)
	Control del sistema	4

Los canales de radio se diferencian de los canales de tierra (entre el sitio celular y la MTSO) no sólo en los requerimientos de capacidad sino en la manera como deben manejarse, debido a las diferencias de origen de los problemas de ruido. En esta sección se ven los requerimientos de datos y formatos para el canal de inicio-adelante, canal de inicio-reversa, canal vocal y línea terrestre de enlace de datos.

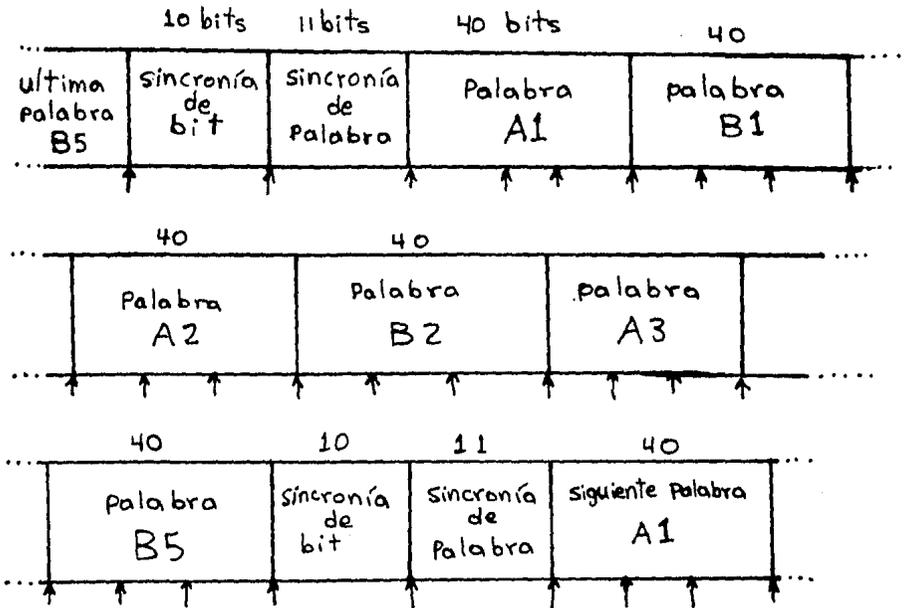
Los canales de radio del sistema AMPS transmiten a una velocidad de 10 Kbps, para dar un flujo de información total de 1200 bps. Todas las palabras de datos son codificadas y repetidas varias veces para combatir errores.

a) Canal de Inicio-Adelante

La información se transmite continuamente en un formato periódico, que se muestra en la figura 3.16 cada flujo básico tiene 463 bits compuestos por:

200 bits	-	palabra A (40 bits repetidos 5 veces)
200	"	- palabra B (40 " " 5 ")
10	"	- sincronía de bit
11	"	- sincronía de palabra
42	"	- bits ocupado/libre
<hr/>		
463 bits		

Las palabras A y B están alternadas y una U.M. sólo escoge uno de los dos flujos de datos A ó B para decodificarlos dependiendo si su identificación es par ó non.



↑ = punto de inserción del bit ocupado/libre.

A_i = i -ésima repetición (de un total de 5) del flujo de palabra A

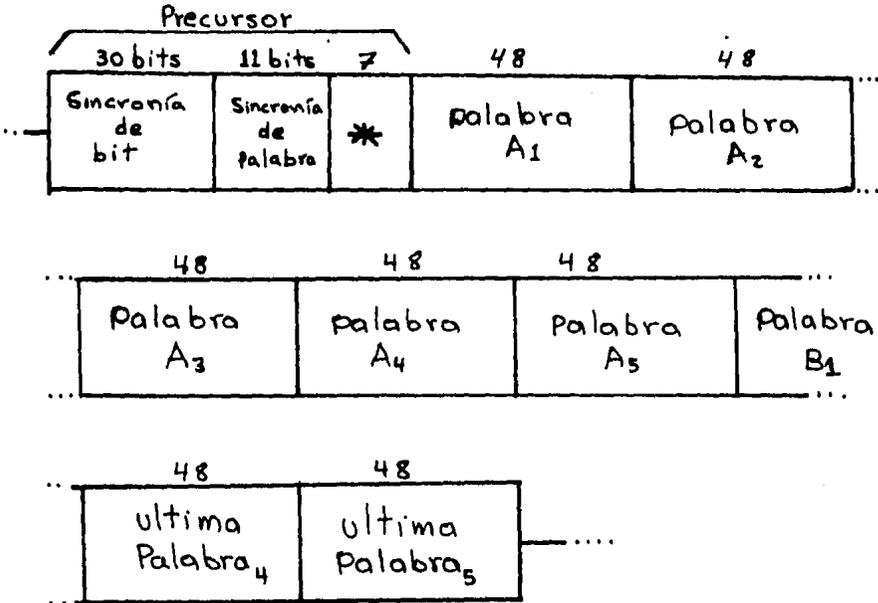
B_i = i -ésima repetición (de un total de 5) del flujo de palabra B

Figura 3.16 - formato de datos del canal de inicio-adelante.

b) Canal de Inicio-Reversa.

El inicio de llamadas desde una U.M. se hace en forma aleatoria y competitiva. El formato de este canal se muestra en la figura 3.17.

El mensaje comienza con el precursor de acceso de 48 bits. Cada mensaje consiste de 1 a 5 palabras de 48 bits cada una repetidas 5-veces.



* Una de cuatro secuencias para identificar el sitio celular que se está usando.

Figura 3.17 formato de datos. Canal de inicio-reversa.

c) Canal Vocal.

El uso principal del canal es para conversación. Pero también se

usa para enviar mensajes de datos (principalmente para la transferencia automática). La técnica usada es "Borrado y Rafaga", esto es, la señal de voz es borrada y los datos se envían rápidamente en una ráfaga que usa gran parte del ancho de banda del canal. El formato de datos del canal vocal se muestra en la figura 3.18. Nótese que los mensajes se repiten 11 veces hacia adelante pero sólo 5 veces en reversa, y esto se debe a que el mensaje de transferencia se considera de una función crítica y es enviado frecuentemente bajo

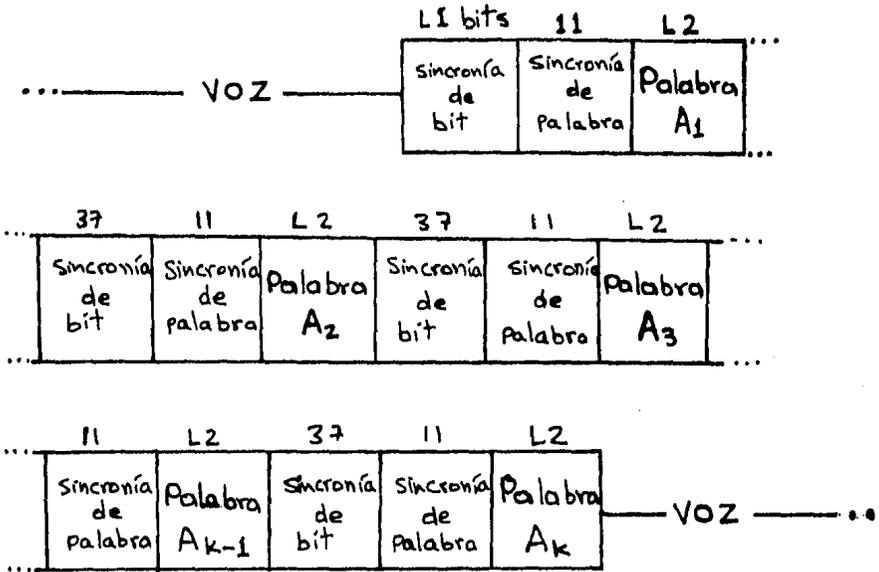


Figura 3.18. formato de datos. Canal vocal

condiciones de S/I bajas.

d) Línea de Enlace de Datos

La capacidad para transferir información entre un sitio celular y la MTSO debe ser lo suficientemente grande para encargarse de grande para encargarse de un gran número de funciones y ser suficientemente flexible para adaptarse a cambios en sistemas maduros. El uso de un canal de 2400 bps con capacidad de crecer a dos canales en sistemas maduros satisface estos requerimientos. La figura 3.19 muestra el formato de datos. Cada mensaje tiene 16 bits (comandos específicos, números a transmitir, medición de localización, etc), precedido por un mensaje de enrutamiento de 7 bits que puede tomar una de las tres formas:

- i) "Fuente". Identificación para mensajes enviados del sitio celular al MTSO (p.e. receptor de inicio, receptor de localización).
- ii) "Destino". Identifica los mensajes enviados de la MTSO al sitio celular (p.e. transmisor de inicio).
- iii) "AWC". (Additional word coming) viene otra palabra para mensajes multipalabra en cada dirección.

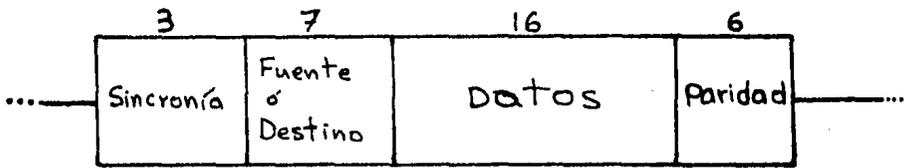


Figura. 3.19. Formato de datos. Línea de enlace de datos.

3.5.6. Secuencia de Llamadas.

Hasta ahora se han visto algunas de las funciones que realiza el sistema y sus elementos de control. Para ver de una manera más clara la forma como éstos trabajan juntos a continuación se describen secuencias de llamadas móviles y otras funciones.

a) Iniciación

Cuando se energiza un teléfono móvil, este explora los canales de inicio de acuerdo a un programa en su memoria y elige el de señal más fuerte. El teléfono móvil continúa observando el canal de inicio adelante por mensajes de búsqueda, y repite el proceso de iniciación a intervalos regulares, o cuando es necesario porque la señal es pobre o el vehículo hace o recibe una llamada.

b) Llamada Completada en Móvil

Las acciones de una llamada completada en móvil son las siguientes:

i) Búsqueda. Desde una central se enruta la llamada hasta la MTSO. Donde los dígitos recibidos se transforman al número de identificación y se ordena a los sitios celulares con canales de búsqueda que radíen la señal de búsqueda por toda el área de servicio para encontrar la U.M.

ii) Selección del sitio celular. Al recibir su señal de búsqueda, la U.M. explora los canales de inicio usados para acceso usando los datos del encabezado y selecciona el más fuerte.

iii) Respuesta a la búsqueda. La U.M. responde al sitio celular seleccionado a través del canal de inicio-reversa y el sitio celular reporta la respuesta a la MTSO por su línea de enlace de datos.

iv) Designación del canal. La MTSO selecciona un canal vocal libre (y su línea troncal asociada) en el sitio celular que tomó la respuesta y se le informa por la línea de datos. El sitio celular informa al móvil del canal asignado a través del canal de inicio-adelante. La U.M. se sintoniza al canal vocal y transponde el tono de supervisión SAT y al recibirlo de regreso el sitio celular pone la troncal asociada en un estado "descolgado" (off-hook), que la MTSO interpreta como comunicación exitosa.

v) Alerta. Bajo el comando de la MTSO, el sitio celular transmite un mensaje por el canal vocal para alertar un dispositivo en el teléfono móvil que indica al usuario que hay una llamada entrante. Un tono de señalamiento de la U.M. hace que el sitio celular ponga una señal de "colgado" en la troncal apropiada que confirma la alerta exitosa a la MTSO, y ésta provee el tono de llamada al teléfono que la inició.

vi) Conversación. Cuando el usuario contesta el sitio celular reconoce que el tono de señalamiento se ha quitado y restaura la troncal a un estado de "descolgado", que al ser detectado por la MTSO remueve el tono de llamada y establece la conexión para que la conversación comience.

c) Llamada Originada en Móvil.

Las acciones necesarias para establecer una llamada originada en una unidad móvil son:

i) Preoriginación. Usado el discado preoriginado, el usuario mete los dígitos marcados en la memoria de la U.M.

ii) Selección del sitio celular. Después que la U.M. está en un estado "descolgado", tiene lugar un proceso similar al descrito para llamada completada en móvil.

iii) Originación. Los dígitos almacenados junto con la identificación del móvil son transmitidos por el canal de inicio-reversa seleccionado por el móvil. El sitio celular asociado a este canal recibe esta información, y envía a la MTSO esta información a través de la línea de datos.

iv) Designación de canal. Al igual que en la llamada completada en móvil, la MTSO designa un canal vocal y establece comunicación de voz con el móvil. La MTSO también determina la información de enrutamiento y carga al analizar los dígitos marcados.

v) Pulsado digital. La MTSO completa la llamada a través de la línea telefónica usando técnicas de pulsado convencionales.

vi) Conversación. Cuando se termina el pulsado, la MTSO establece una conexión para conversación y esta comienza cuando el teléfono llamado contesta.

d) Transferencia Automática.

Las acciones durante el proceso de transferencia automática son:

i) Preparación del nuevo canal. La información de localización colectada por el sitio celular sirviente, así como por los sitios celulares circundantes, se transmite a la MTSO por las líneas de datos y al analizar la información la MTSO decide que se tiene que hacer una transferencia a otra celda. La MTSO selecciona un canal libre en el sitio celular receptor y le informa a éste que lo habilite y transmita un SAT.

ii) Móvil regresa comando. Se envía un mensaje al sitio celular sirviente informado del nuevo canal y el nuevo SAT, y esta información es transmitida al móvil por el canal vocal.

iii) Reconfiguración canal/trayectoria. La U.M. envía una ráfaga breve de señal de tono y apega su transmisor, para encenderlo en el nuevo canal y transporte el nuevo SAT. El viejo sitio celular al reconocer la ráfaga de tono de señalización pone una señal de colgado en la troncal a la MTSO, y ésta reconfigura la red conectando la otra parte a la troncal apropiada del nuevo sitio celular. El

nuevo sitio celular al reconocer el SAT transpondido pone una señal de descolgado en la línea troncal asociada. La MTSO interpreta ambas señales (colgado de la vieja troncal y descolgado de la nueva troncal) como una transferencia exitosa.

e) Desconectado.

El desconectado puede iniciarse por parte del móvil o por parte de la sección de tierra.

1.- Desconectado iniciado en móvil. Las siguientes acciones ocurren en el desconectado desde el móvil:

i) Liberación. La U.M. transmite un tono de señalización y apaga su transmisor. El tono de señalización es recibido en el sitio celular que pone una señal de colgado en la línea troncal correspondiente.

ii) Desocupado. En respuesta a la señal de colgado la MTSO desocupa todos los recursos asociados con la llamada y transmite las señales necesarias a través de la red fija.

iii) Apagado del transmisor. La MTSO ordena al sitio celular a través de su línea de datos, apagar el transmisor asociado con la llamada. Todo el equipo usado en estas llamadas puede ser usado para llamadas posteriores.

2.- Desconectado iniciado en el sistema. Las acciones ocurridas cuando la sección fija del sistema cuelga son:

i) Desocupado. En respuesta a la señal de desconectado recibida de la red fija, la MTSO libera todos los recursos de la central asociados con la llamada.

ii) Liberación ordenada. La MTSO envía la orden de liberación al sitio celular, el cual transmite la orden a la U.M. por el canal vocal. La U.M. confirma que ha recibido el mensaje de la misma manera que un desconectado iniciado en el móvil.

iii) Apagado del transmisor. Cuando la MTSO reconoce que la U.M. está libre (por la señal de colgado de la troncal), ordena al sitio celular apagar su transmisor como se ha explicado anteriormente.

3.6 Problemas técnicos en radiotelefonía móvil

Existen varios problemas técnicos que hacen que los canales de comunicaciones móviles se vuelvan complicados para los diseñadores. Estos problemas son inherentes a la transmisión y recepción y se describen a continuación.

3.6.1. Desvanecimiento Rápido ó de Rayleigh.

La señal viaja por diferentes trayectorias antes de llegar al usuario, al chocar ésta con diferentes objetos como edificios, postes, alambres, etc. El efecto de la diferente longitud de estas trayectorias es que en posiciones relativas, dependiendo de la fase de estas señales, pueden sumarse o restarse dando una variación del nivel de la señal que es errático e imprevisible en un rango de 20 a 30 dB.

Cuando el vehículo está en movimiento este efecto se hace notorio, mucho más cuando la velocidad del vehículo y las frecuencias de transmisión son altas. En dos señales de distinta frecuencia este tipo de desvanecimiento se da en forma independiente.

3.6.2. Desvanecimiento Lento.

Otro problema es el desvanecimiento lento, que ocurre cuando la señal rebota con grandes objetos (cerros, montañas o grandes estructuras). La amplitud de la señal tiende a seguir un comportamiento de distribución gaussiana medida en dB. El vehículo deberá viajar una gran distancia para que se note este efecto.

3.6.3. Efecto Doppler.

El efecto Doppler es un problema que se da en vehículos en movimiento.

Por ejemplo usando una frecuencia de transmisión de 900 MHz con una velocidad de 80 km/h, habrá una variación de la señal en ± 100 Hz. Esto en un receptor de FM puede ser oído como un murmullo conocido como FM aleatorio.

3.6.4. Interferencia.

Otro tipo de problema es la interferencia cocanal (por canales de la misma frecuencia) y de canal adyacente (por canales de frecuencias muy cercanas). En un sistema de banda angosta, la separación puede ser 25, 30, o 50 kHz. En un vehículo en movimiento, un transmisor y un receptor operando adyacentes o cercanos, físicamente pueden estar demasiado juntos. La selectividad del receptor debe ser extremadamente buena para evitar interferencia de la potente señal del transmisor. Este tipo de interferencia entre canales juega un importante papel en la determinación de la capacidad de cualquier sistema celular de banda angosta.

3.6.5. Problemas de Transmisión Digital.

La transmisión digital de datos tiene también problemas. Debido a las diferentes distancias de las distintas trayectorias de la señal, ésta no llega al receptor al mismo tiempo y este retraso puede causar interferencia entre símbolos (sobreposición de los distintos -- símbolos recibidos) haciendo más difícil al receptor al decodifica-

ción correcta de los símbolos. Este retraso puede variar de 3 a 10 μ seg, y limita las velocidades de transmisión digital al orden de 50 a 100 kbps a menos que se usen técnicas más sofisticadas.

4. DISEÑO DE UN SISTEMA CELULAR PARA EL AREA METROPO LITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO

4.1. Introducción.

Un sistema de radiotelefonía móvil celular presenta grandes ventajas sobre sistemas convencionales empleando básicamente la reutilización de frecuencias y la división celular, generando una multiplicación de la capacidad del sistema y un mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico que se ha venido saturando por la gran demanda de canales dentro de éste.

El presente diseño está desarrollado considerando que es de vital importancia la planeación de un sistema celular desde su etapa temprana o inicial, hasta su etapa de madurez o final.

Primeramente se delimita el área de servicio ó cobertura del sistema. Enseguida, se hace un pronóstico de demanda de usuarios que requerirán el servicio. Posteriormente, basándose en recomendaciones tanto de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.), de la F.C.C. (Federal Communications Commission), así como de Teléfonos de México, se definen algunos requerimientos técnicos. Además, se describen las etapas de crecimiento y la asignación de canales de todo el sistema. Se hace también un estudio de radiopropagación en base al "Método de Predicciones", y finalmente se mencio-

na la manera de considerar la señalización, la numeración, la forma de tasación y las facilidades que se proporcionan a los usuarios.

4.2. Area de Servicio.

Es muy importante definir el área que se pretende servir, debido a que en base a ésta se hace el cálculo del número de células que deberán cubrirla, así como el estudio de pronóstico de demanda.

Este proyecto considera a la cobertura deseada como la del área metropolitana de la ciudad de México, cuya superficie es de 1070.52 km², pudiendo observarse claramente en la figura 4.1.

4.3. Pronostico de Demanda de Usuarios, Horizonte Estimado y Parametros de Trafico.

Existen diferentes métodos para estimar el número de suscriptores potenciales que emplearían el sistema celular de la ciudad de México, entre los que destacan los siguientes:

- a) Considerar un porcentaje sobre el total de habitantes del área que se pretende servir.
- b) Considerar un porcentaje sobre el total de la población económicamente activa.
- c) Estimar un porcentaje sobre la venta anual de autos.

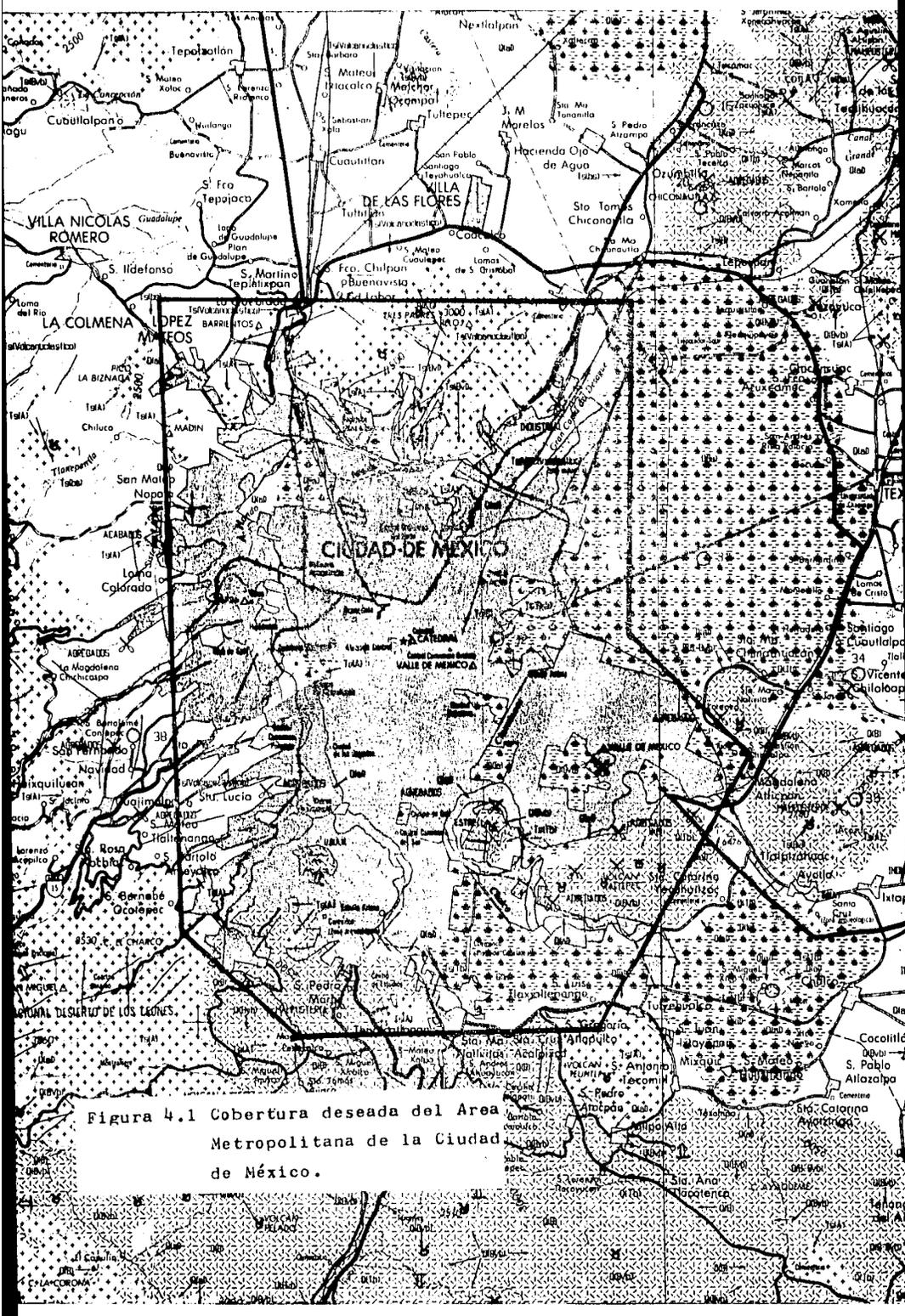


Figura 4.1 Cobertura deseada del Area Metropolitana de la Ciudad de México.

e) Estudiar el tráfico de vehículos.

f) Escoger un porcentaje sobre el total de aparatos telefónicos instalados en el área que se pretende dar servicio.

Para tener una mayor probabilidad en el acierto de la demanda sería conveniente evaluar todos los métodos anteriores y relacionarlos todos juntos. Pero debido a lo extenso y laborioso que resultaría, queda fuera del objetivo de esta tesis. El método que se escogió fue el último, porque se contó con la información suficiente. Este método se basa en:

- El análisis de la tendencia mundial y el lugar que le corresponde a México en ésta.
- El análisis del crecimiento de aparatos PBX (conmutadores) y comerciales en el área metropolitana de la ciudad de México.
- La comparación de la tendencia mundial con el índice de México y la distribución de la demanda de acuerdo al crecimiento de aparatos PBX y comerciales en el área mencionada.

La siguiente tabla muestra la relación entre radioteléfonos móviles (RTM) y los aparatos PBX y comerciales de diferentes países:

Tabla 4.1.- Tendencia mundial de RTM con relación a aparatos PBX y comerciales.

País	Total de aparatos (X 10 ⁵)	Aparatos PBX y comer. (X 10 ⁶)	% del total	Cantidad de RTM	RTM/PBX y comercia les/1000
E.U.	162.450	42.090	26.0	42,000	1.00
Inglaterra	24.780	10.060	40.6	8,000	0.80
Alemania	24.860	-----	----	9,000	----
Suecia	6.200	1.920	30.9	12,000	6.25
Japón	50.630	-----	----	6,000	----
Canadá	14.510	4.310	29.7	25,000	5.80

Hasta diciembre de 1984 México contaba con 1,817,778 aparatos comerciales y PBX, a los cuales les corresponde en base a la gráfica de la figura 4.2, 6.27 radioteléfonos móviles por cada 1000 aparatos comerciales y PBX. Por lo tanto, para este año la demanda de radio teléfonos móviles en todo el país sería:

$$1.817.778 \text{ aparatos} \times \left(\frac{6.27}{1000}\right) = 11,396.10 \text{ RTM}$$

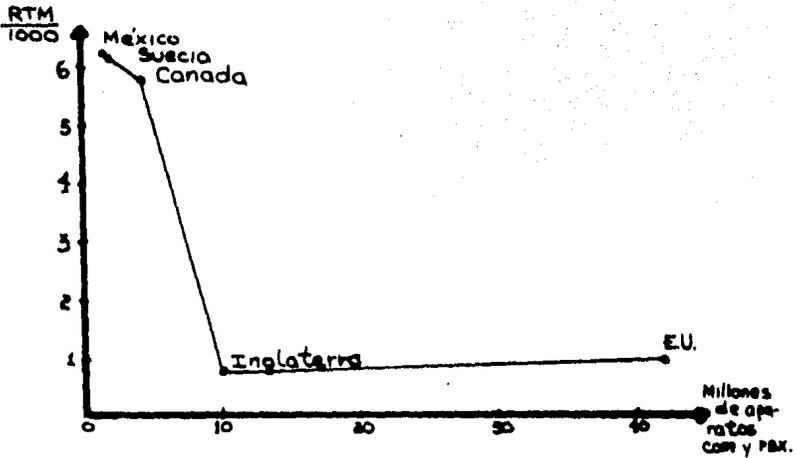


Fig. 4.2 Grafico de la Tendencia mundial

Horizonte Estimado

Este se considera a partir de diciembre de 1984 para terminar en el año 2010. Dado que se tienen sólo datos proporcionados por TELMEX del crecimiento esperado de aparatos PBX y comerciales hasta el año de 1989 (véase la tabla 4.2), se optó por extrapolar el compor

tamiento de demanda de RTM en los años siguientes empleando el método de ajuste a una recta por mínimos cuadrados (vease la tabla 4.3).

Además, se sabe que del total de aparatos en México, el 27.33% son aparatos PBX y comerciales, y de este porcentaje el 50.63% corresponde al área metropolitana. Con esto se generó la siguiente tabla:

Tabla 4.2.- Crecimiento esperado por TELMEX de aparatos comerciales y PBX hasta 1989.

Año	Total de aparatos en el país	Aparatos PBX y com. en el país	Aparatos PEX y com. en el área metro.	Factor	Radioteléfonos móviles
1984	6,650,920	1,817,696	920,300	6.27	5,770
1985	7,362,950	2,012,294	1,018,824	6.27	6,388
1986	8,053,290	2,200,964	1,114,348	6.27	6,987
1987	8,851,290	2,419,058	1,224,769	6.27	7,679
1988	9,706,290	2,652,729	1,343,077	6.27	8,421
1989	10,637,290	2,907,171	1,471,901	6.27	9,229

Tabla 4.3.- Extrapolación a partir de 1990 de RTM en base al comportamiento en los 6 años anteriores.

Año	RTM	Año	RTM
1990	9,821	2001	17,391
1991	10,509	2002	18,079
1992	11,197	2003	18,767
1993	11,885	2004	19,455
1994	12,574	2005	20,144
1995	13,262	2006	20,832
1996	13,950	2007	21,520
1997	14,638	2008	22,208
1998	15,326	2009	22,896
1999	16,014	2010	23,584
2000	16,703		

Por otro lado, es importante considerar en el diseño del sistema celular que los usuarios de radiotelefonía móvil cuenten con una calidad de servicio equivalente a la de un aparato fijo. Algunos factores que influyen en la calidad de servicio son: la inteligibilidad en la conversación; conversaciones libres de interferencia y privacidad de las comunicaciones al ser totalmente automático el servicio.

Es decir que el estudio se basa en los siguientes parámetros (véase apéndice C):

- Pérdida del 5% (ó grado de servicio), en la hora pico entre las unidades móviles y las estaciones base.
- Un tráfico por abonado de 0.023 Erlang.
- Un tiempo promedio de duración de llamada de 150 seg.

Ahora bien, con los pronósticos del número de usuarios y los parámetros anteriores es posible evaluar los requerimientos de canales radioeléctricos de la siguiente manera:

(Tráfico por abonado) X (total de abonados) = Tráfico total en Erlangs.

Con el dato de tráfico total en Erlangs y un grado de servicio de 5%, se pasa a las tablas de Erlang (apéndice C) y se tienen los valores buscados (vease tabla 4.4).

Tabla 4.4. Cantidad de canales requeridos de acuerdo al número de usuarios.

AÑO	Cantidad de abonados	Canales Requeridos
1984	5,770	137
1985	6,388	151
1990	9,821	227
1995	13,262	304
2000	16,014	364
2005	20,744	468
2010	23,584	530

4.4. Etapas de Crecimiento.

Todas las etapas de crecimiento del sistema deberán ser diseñadas desde el inicio. De esta manera, la evolución del sistema no se volverá complicada sobre todo en las divisiones celulares que existan.

Conociendo el área a servir, con los datos de demanda y el número de canales disponibles, se puede calcular el número de células para las diferentes etapas. Una vez definida la última etapa se deberán

rediseñar las primeras, y de hecho, el proceso de diseño del crecimiento se vuelve iterativo en ambos sentidos (de etapas iniciales a finales y viceversa) puliendo así el bosquejo original. Es importante trazar los mapas celulares de las diferentes etapas sobre un mapa donde esté definida el área de servicio para ver que se cubra bien ésta. También debe considerarse que las etapas de crecimiento deben ser flexibles, esto es, no es recomendable que se evolucione a pasos bruscos, debe permitirse que las diferentes etapas se den simultáneamente de ser posible, y deben aprovecharse las estaciones base construidas para etapas posteriores, ya que de no hacerlo sería un desperdicio.

Como se había dicho anteriormente, el área de servicio es de 1070.52 km^2 aproximadamente. La cantidad de abonados a fines de 1984 es 5770, y en el año 2010 se calcula que será 24,000 aproximadamente, pero cabe aclarar que la utilidad de estos datos es estimativa ya que no se puede saber con certeza qué ocurrirá en esos años, si habrá un crecimiento más acelerado o más lento, y estas posibilidades deben de tomarse en cuenta en nuestro diseño. El número de canales del espectro se considerará de 312, y la cantidad de usuarios por canal se considerará de 32. Otros parámetros que hay que tomar en cuenta son los tamaños máximo y mínimo recomendables del radio de la célula (13 km y 1.6 km respectivamen-

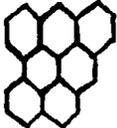
te) y los patrones celulares que se usarán (patrón de 12 células omnidireccionales, patrón de 7 células direccionales de 120°, patrón de 4 células direccionales de 60°).

Se planteó el desarrollo que tendrían diferentes opciones de sistemas hasta su crecimiento máximo. En la tabla 4.5 se comparan estas opciones mostrando la cantidad de células de cada etapa, el tipo de sitio celular, el radio de la célula, la máxima capacidad de usuarios (considerando que cada etapa se desarrolla completamente), y la configuración de las células en la primera etapa.

Se escogió la 4a. opción para estudiarla más a fondo, debido a que cubre mejor el área de servicio (otras estaban muy excedidas), es la más flexible en su desarrollo porque no tiene cambios bruscos (p.e. de 7 a 49 células) y da la posibilidad de que las últimas etapas se den simultáneamente conforme la densidad de tráfico telefónico de una zona lo requiera. Un ejemplo de varias etapas simultáneas se muestra en la figura 4.3. Para analizar el sistema se trazaron las células de las diferentes etapas sobre un papel albanene, para localizar las coordenadas geográficas de los sitios celulares y discriminar las células que se consideran no realizables (p.e. en el lago de Texcoco, el cerro del Chiquihuite, etc.).

Al final se llegó a un sistema donde se tienen las siguientes etapas de crecimiento:

Tabla 4.5.- Comparación de las diferentes opciones del sistema celular.

	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
c.c.	7	7	6	6	2.6
s.c.	Omni	Omni	Omni	Omni	Omni
r.c.	7.67km	7.67km	7.67km	7.67km	11.6km
c.u.	9,984	9,984	9,984	9,984	9,984
c.c.	49	49	6	6	2.6
s.c.	Dir 120°	Dir 120°	Dir 120°	Dir 120°	Dir 120°
r.c.	2.9km	2.9km	7.67km	7.67km	11.6km
c.u.	69,888	69,888	9,984	9,984	9,984
c.c.			42	24	10.5
s.c.			Dir 120°	Dir 120°	Dir 120°
r.c.			2.9km	3.84km	5.8km
c.u.			59,904	34,231	14,976
c.c.			42	96	42
s.c.			Dir 60°	Dir 120°	Dir 120°
r.c.			2.9km	1.92km	2.9km
c.u.			104,832	136,923	59,904
c.c.				96	42
s.c.				Dir 60°	dir 60°
r.c.				1.92km	2.9km
c.u.				239,616	104,832
					

c.c. = cantidad de células
s.c. = tipo de sitio celular
c.u. = capacidad máxima de usuarios
r.c. = radio de la célula
Omni = con antenas omnidireccionales
Dir 120° = con antenas direccionales de 120°
Dir 60° = con antenas direccionales de 60°

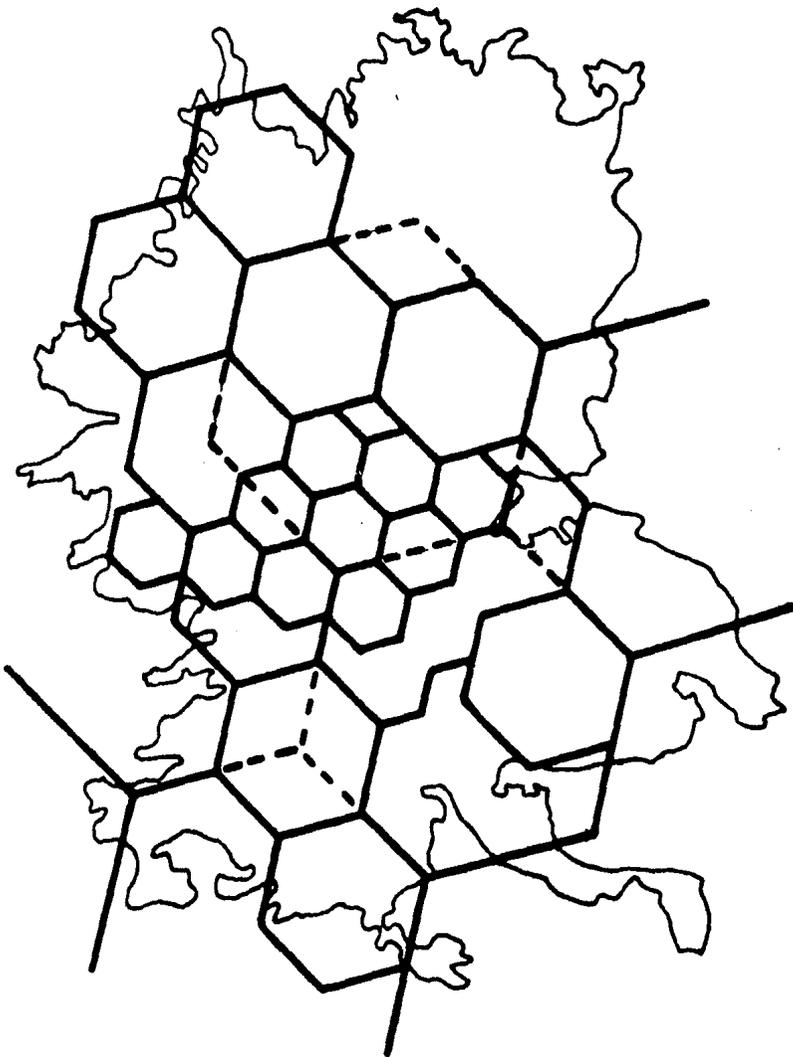


Fig. 4.3 Ejemplo de varias etapas simultaneas. Se incluye el contorno del Área Metropolitana.

1a. Etapa. 6 células de 7.67 km de radio con sitios celulares omni direccionales. Capacidad máxima 9,983 abonados. Vease la figura 4.5.

2a. Etapa. 6 células de 7.67 km de radio con sitios direccionales de 120° y una capacidad máxima de 9984 abonados. Esta es la etapa previa a la primera división celular. Vease la figura 4.6.

3a. Etapa. 1a. división celular. 23 células de 3.84 km de radio con sitios celulares direccionales de 120° , patrones celulares de 7 células, y máxima capacidad de 32,804 usuarios. Vease la figura 4.7.

4a. Etapa. 2a. división celular. 88 células de 1.92 km de radio con sitios direccionales de 120° , patrones de 7 células, y máxima capacidad de 125,513 abonados. Vease la figura 4.8.

Existe la opción de llegar a una 5a. etapa si se requirerá una densidad de tráfico mayor a la que nos puede proporcionar la etapa anterior, lo cual se considera improbable en el período considerado. En esta etapa se usarían las mismas 88 células, pero las antenas direccionales serían de 60° y los patrones de repetición serían de 4 células con lo que se tendría una mayor reutilización de frecuencias. Hay que aclarar que a partir de la etapa anterior no puede haber otra división celular donde los radios se reduzcan a

la mitad, porque se tendría un radio menor a 1.6 km, que es el mínimo recomendable. Sin embargo hay la opción de hacer crecer el sistema por adición de nuevas células.

4.5. Asignación de Canales.

El prever la asignación de canales a lo largo del crecimiento del sistema asegura un mejor aprovechamiento del espectro radioelétrico al definir las frecuencias que servirán a determinadas zonas de nuestra área de servicio.

Las bandas que ha asignado la FCC, y que son probables que adopte la SCT, comprenden las frecuencias de 825 MHz a 845 MHz para transmisión de estaciones móviles y de 870 MHz a 890 MHz para transmisión de estaciones base. Las frecuencias adyacentes deben tener una separación de 30 KHz, y entre frecuencias de transmisión y recepción la separación será de 45 MHz. Con esto se tiene 666 pares de frecuencias (canales full duplex) los cuales se muestran en el apéndice D. De estos 666 canales, 42 son canales de inicio o control y el resto son canales vocales. Aunque la FCC divide los 666 canales en dos bloques para que dos concesionarios puedan dar servicio en una misma zona, es probable que la SCT asigne todas las frecuencias a una misma compañía.

Aún así, en el sistema celular que se propone en esta tesis se considerarán 333 canales como máximo, para hacer un uso más eficiente del espectro. De no hacerlo así, probablemente no se requeriría un sistema celular en mucho tiempo.

De los 333 canales, 312 son vocales y los 21 más altos son de ini

clo. El total de canales se divide en 21 grupos de 15 ó 14 canales vocales más un canal de inicio, como se muestra en la tabla 4.6. La separación entre canales de un mismo grupo es de 630 kHz. Cada grupo servirá a un sector de 120° en las etapas direccionales.

Un sitio celular direccional de 120° radia con tres grupos de canales que forman un conjunto. A continuación se muestran los conjuntos y los grupos de frecuencias que comprenden:

Conjunto	Grupos de Canales
1	1 , 8 , 15
2	2 , 9 , 16
3	3 , 10 , 17
4	4 , 11 , 18
5	5 , 12 , 19
6	6 , 13 , 20
7	7 , 14 , 21

Si un sitio celular utiliza los canales del conjunto n , en las etapas direccionales, el grupo n estará orientado 132° en azimut (esto es respecto al norte verdadero), el grupo $n + 7$ tendrá un azimut de 252° y el grupo $n + 14$ radiará con una dirección de 12° en azimut. Vease la figura 4.4.

Tabla 4.6.- Asignación de canales de los 21 grupos.
* canal de inicio ó control .

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7
1	2	3	4	5	6	7
22	23	24	25	26	27	28
43	44	45	46	47	48	49
64	65	66	67	68	69	70
85	86	87	88	89	90	91
106	107	108	109	110	111	112
127	128	129	130	131	132	133
148	149	150	151	152	153	154
169	170	171	172	173	174	175
190	191	192	193	194	195	196
211	212	213	214	215	216	217
232	233	234	235	236	237	238
253	254	255	256	257	258	259
274	275	276	277	278	279	280
295	296	297	298	299	300	301
316 *	317 *	318 *	319 *	320 *	321 *	322 *

Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10	Grupo 11	Grupo 12	Grupo 13	Grupo 14
8	9	10	11	12	13	14
29	30	31	32	33	34	35
50	51	52	53	54	55	56
71	72	73	74	75	76	77
92	93	94	95	96	97	98
113	114	115	116	117	118	119
134	135	136	137	138	139	140
155	156	157	158	159	160	161
176	177	178	179	180	181	182
197	198	199	200	201	202	203
218	219	220	221	222	223	224
239	240	241	242	243	244	245
260	261	262	263	264	265	266
281	282	283	284	285	286	287
302	303	304	305	306	307	308
323 *	324 *	325 *	326 *	327 *	328 *	329 *

Grupo 15	Grupo 16	Grupo 17	Grupo 18	Grupo 19	Grupo 20	Grupo 21
15	16	17	18	19	20	21
36	37	38	39	40	41	42
57	58	59	60	61	62	63
78	79	80	81	82	83	84
99	100	101	102	103	104	105
120	121	122	123	124	125	126
141	142	143	144	145	146	147
162	163	164	165	166	167	168
183	184	185	186	187	188	189
204	205	206	207	208	209	210
225	226	227	228	229	230	231
246	247	248	249	250	251	252
267	268	269	270	271	272	273
288	289	290	291	292	293	294
309	310	311	312	313 *	314 *	315 *
330 *	331 *	332 *	333 *			

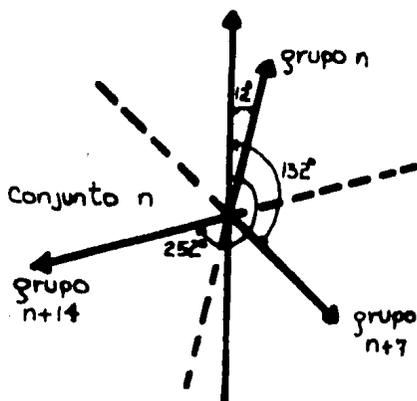


Figura 4.4. Dirección de radiación de los grupos del conjunto n.

Hay que aclarar que los grupos radiarán omnidireccionalmente en la 1a. etapa, y los canales de inicio se radiarán en forma omnidireccional en todas las etapas.

A continuación se muestra la asignación de canales durante el desarrollo del sistema. Las figuras a las que se hace mención muestran los conjuntos con que radiarán los sitios celulares, los patrones celulares y tipos de células de los patrones, para la etapa respectiva.

1a. Etapa (6 células omnidireccionales)

Células	Conjunto
I	6
II	7
III	1
IV	2
V	4
VI	3

Todas las frecuencias se radían omnidireccionalmente. Se pueden agregar los grupos 5, 11 y 17 a las células que tengan mayor densidad de tráfico pero se deberá prescindir de estos grupos al pasar a etapas posteriores a la 2a. Vease la figura 4.5.

2a. Etapa (6 sitios direccionales de 120°)

Sitio celular	Conjunto de canales
I	6
II	7
III	1
IV	2
V	4
VI	3

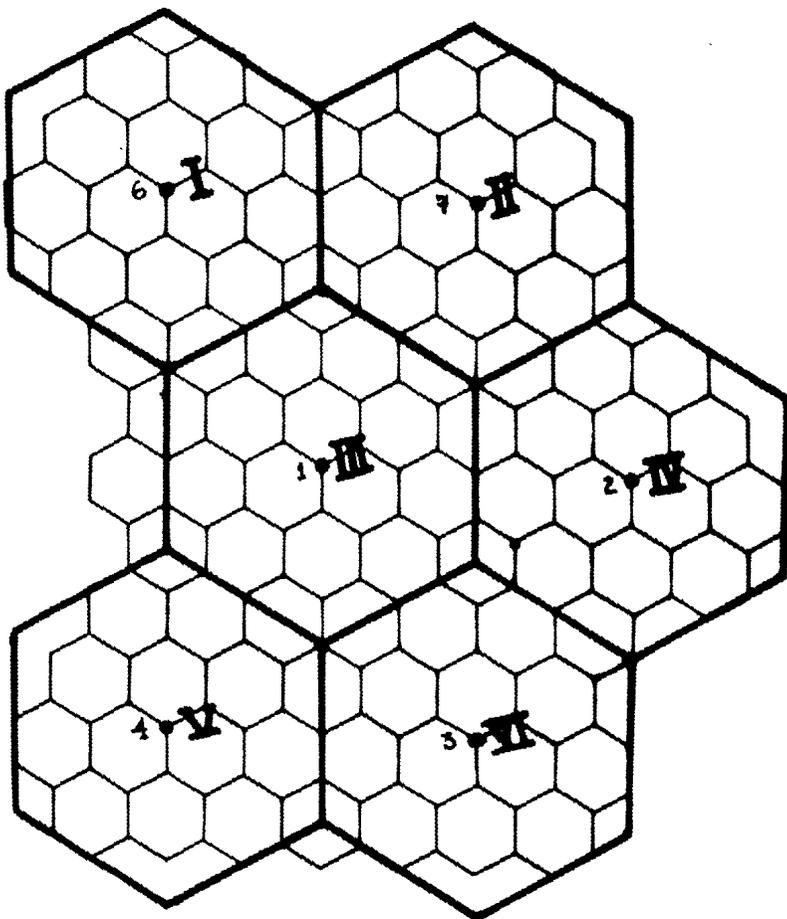


Fig. 4.5 Configuración de la Primer Etapa.

En esta etapa direccional también se podrían usar los grupos 5, 11 y 17 con la misma consideración de la etapa anterior. Vease la figura 4.6.

3a. Etapa (23 células direccionales de 120°)

Célula tipo	Grupo de canales que sirve a la célula.
A	6 , 9 , 18
B	2 , 14 , 19
C	4 , 12 , 15
D	7 , 11 , 17
E	1 , 13 , 21
F	5 , 10 , 20
G	3 , 8 , 16

Dado que existen 3.3 patrones se definen los grupos que radían sobre un tipo particular de célula. Vease la figura 4.7

4a. Etapa (88 células direccionales de 120°)

Célula tipo	Grupos que la sirven
a	2 , 10 , 15
b	3 , 14 , 18
c	1 , 11 , 19
d	7 , 8 , 20
e	5 , 9 , 21
f	4 , 13 , 16
g	6 , 12 , 17

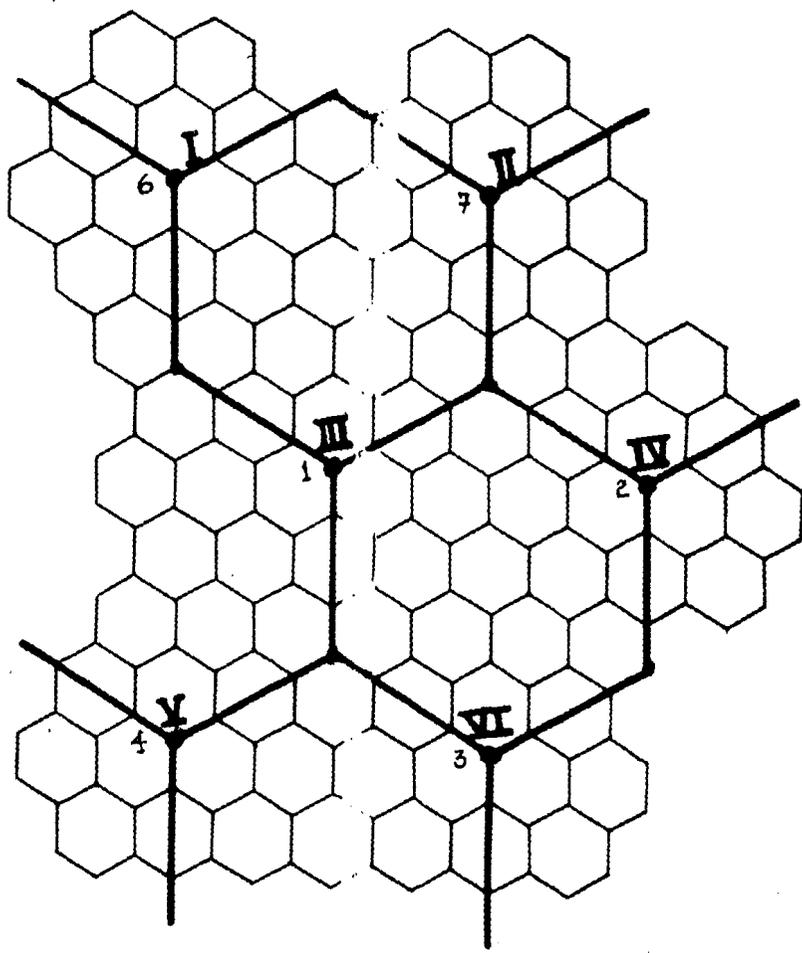


FIG. 4.6 Configuración de la Segunda Etapa.

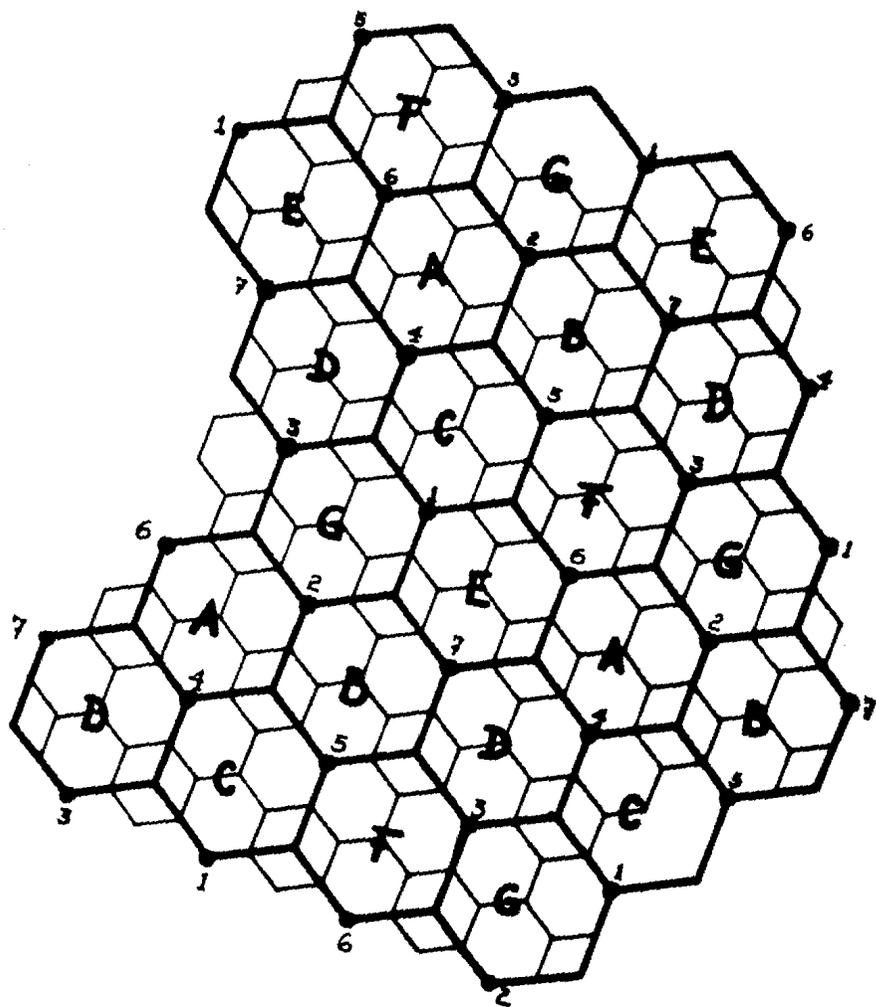


Fig. 4.7 Configuración de la Tercer Etapa.

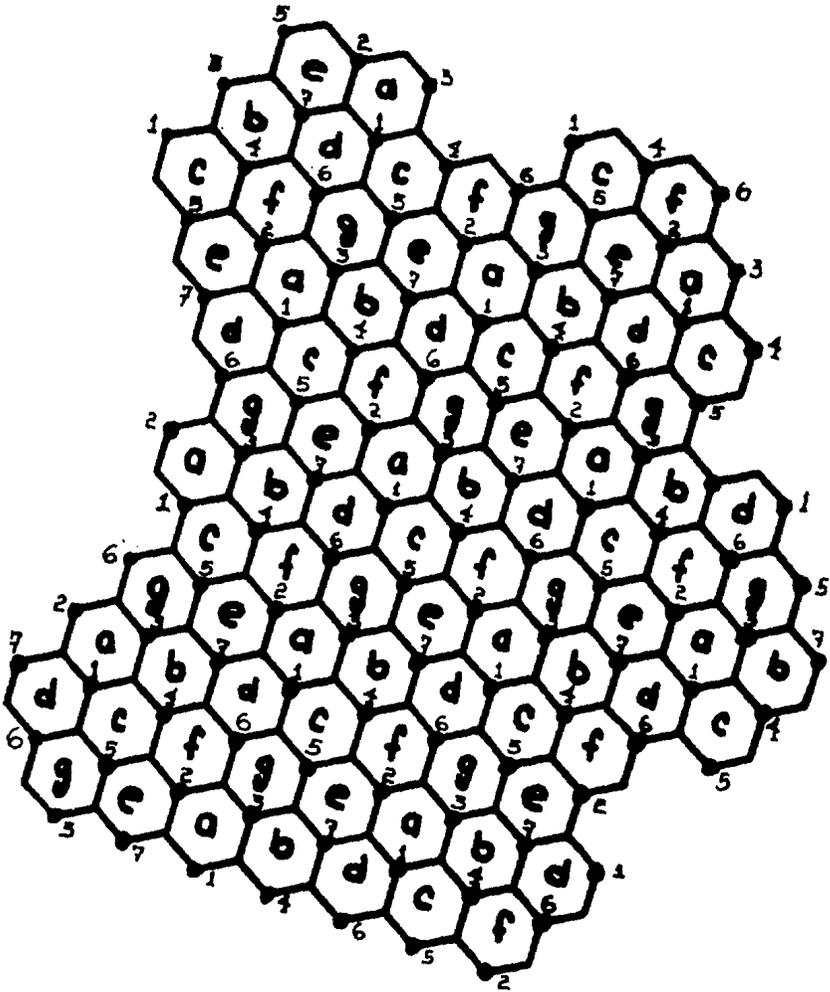


Fig. 4.8 Configuración de la Cuarta Etapa.

Al igual que en el caso anterior se definen los grupos que radían sobre cada uno de los 7 tipos de células. Véase la figura 4.8.

4.6. Estudio de Radiopropagación.

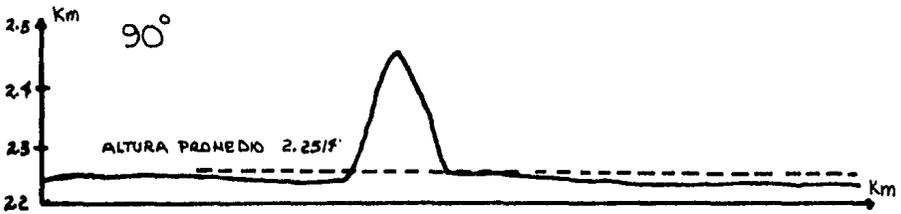
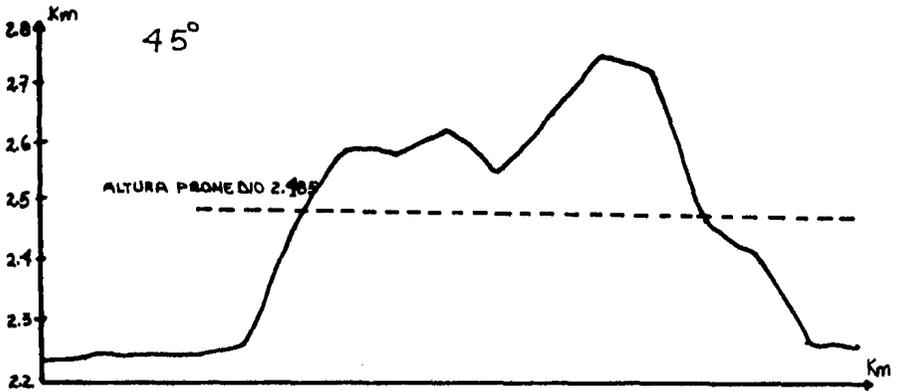
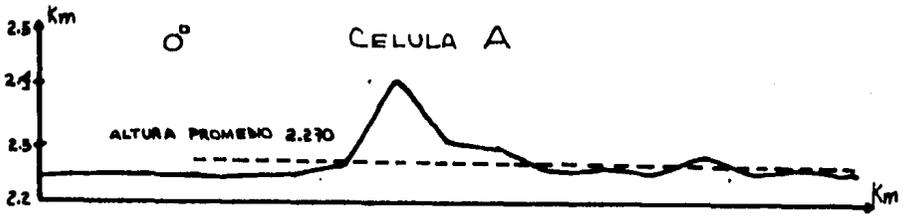
Puesto que una de las características de la tecnología celular es la de servir a zonas específicas o células, es necesario aplicar los criterios que recomiendan la SCT y la FCC, que nos dicen que dichas células deben estar limitadas por el contorno de 39 dBu, y que éstas deberán cubrir al menos el 75% del área que se busca servir. Esto se hará por medio del método de predicción de áreas de cobertura con normas y procedimientos aplicados actualmente a las estaciones de 450 MHz a 460 MHz dado que no existe aún una reglamentación específica para los sistemas celulares.

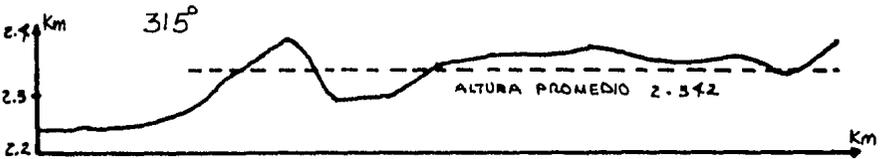
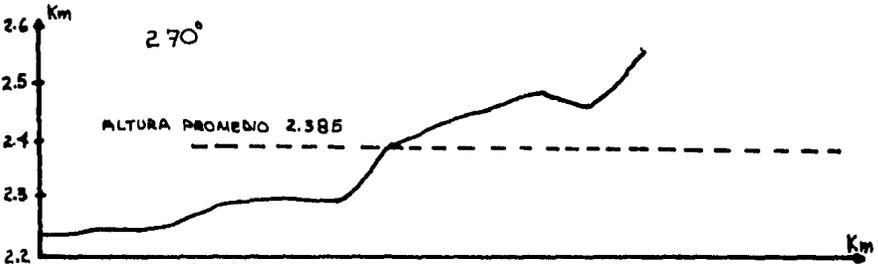
Perfiles topográficos- En los perfiles de cada célula se tiene el trazo de 8 radiales mostrando estos perfiles topográficos, trazados cada 45° uno del otro, a partir del azimut correspondiente a cero grados, entre el lugar de instalación y los 16 km (Véase las figuras correspondientes).

Tablas de predicción. Se muestran las tablas de predicción de las 6 células que corresponden a la primera etapa.

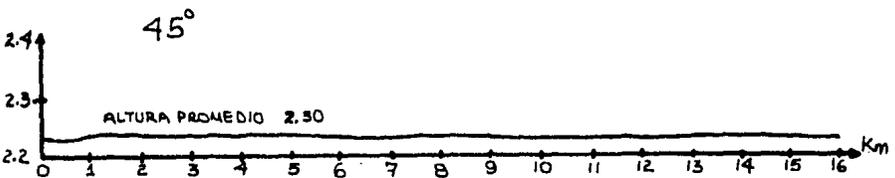
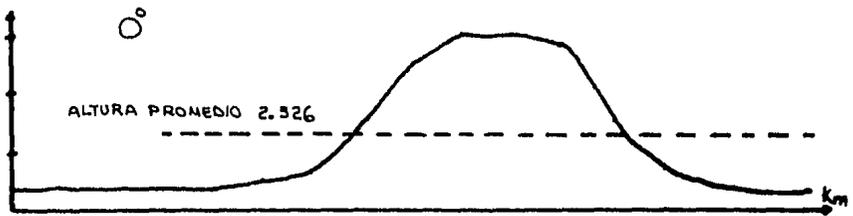
Contornos de intensidad de campo. En el mapa regional se han trazado los alcances que tendrán las estaciones base a los contornos de 39 dBu.

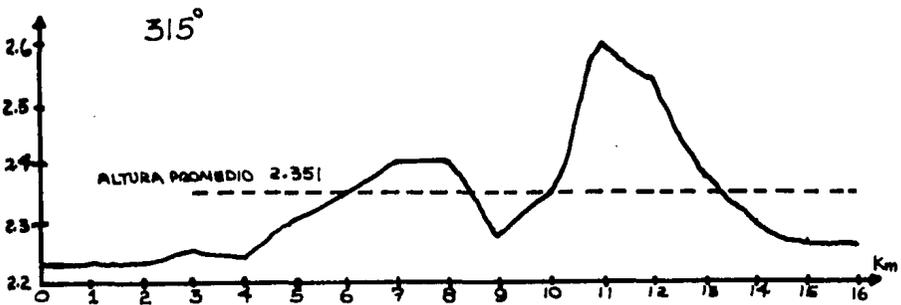
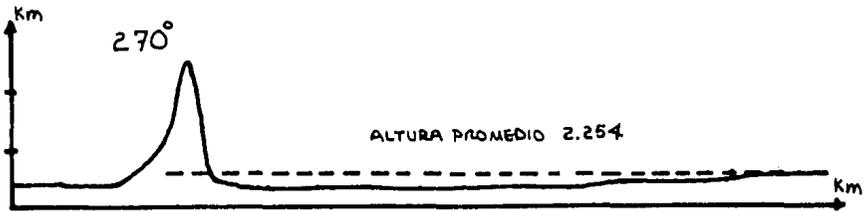
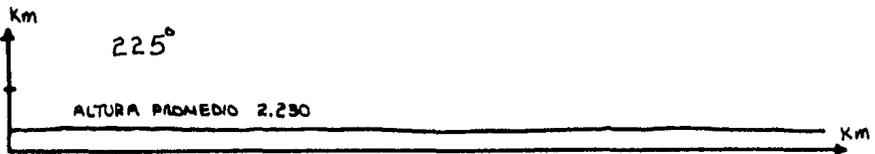
PERFILES TOPOGRAFICOS.



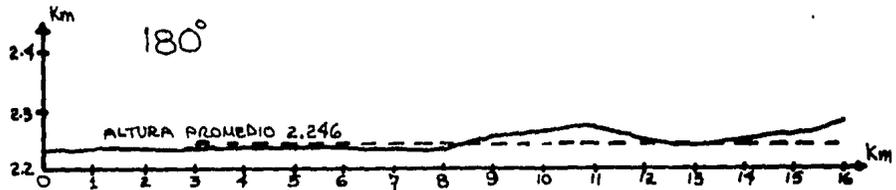
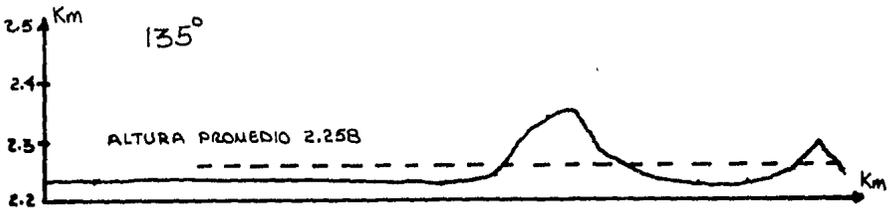
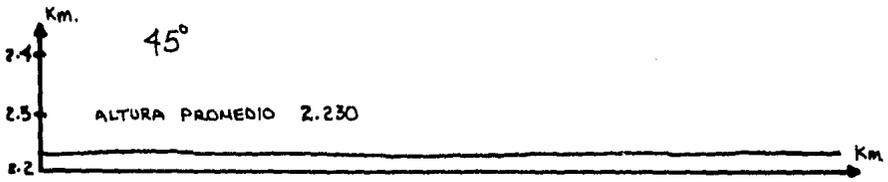
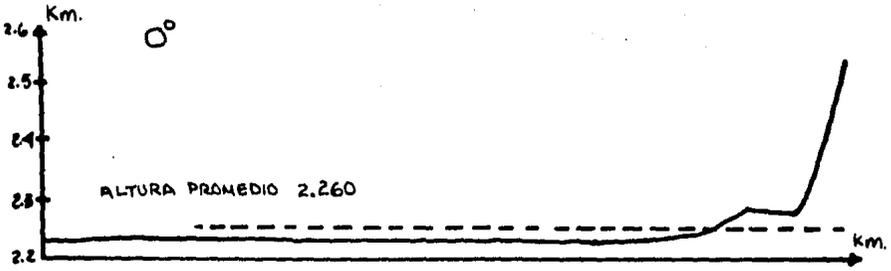


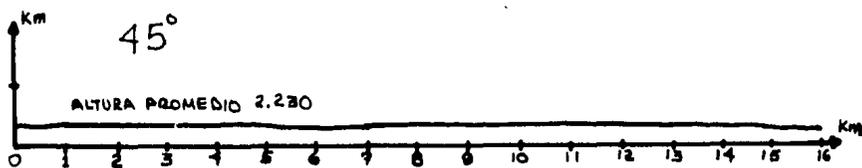
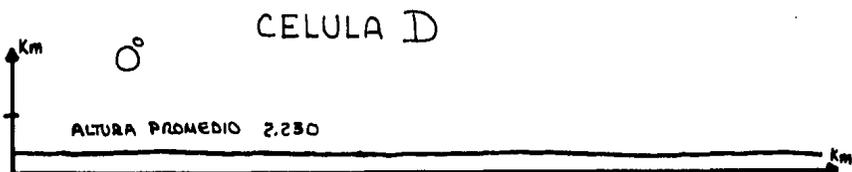
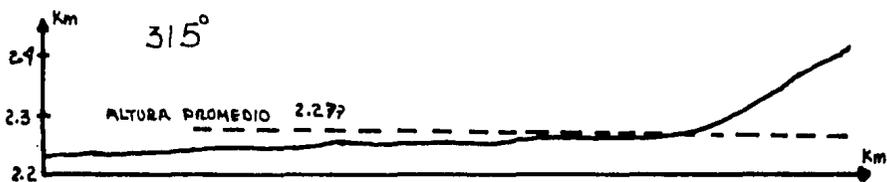
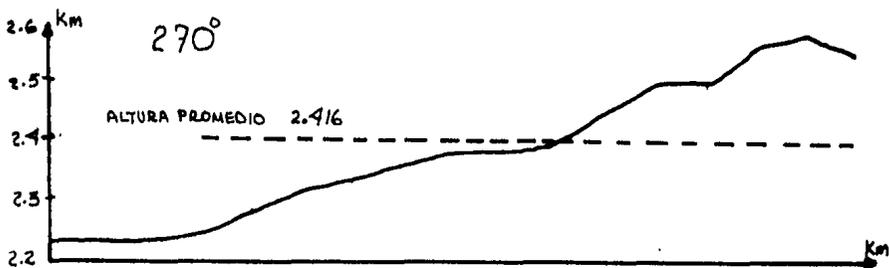
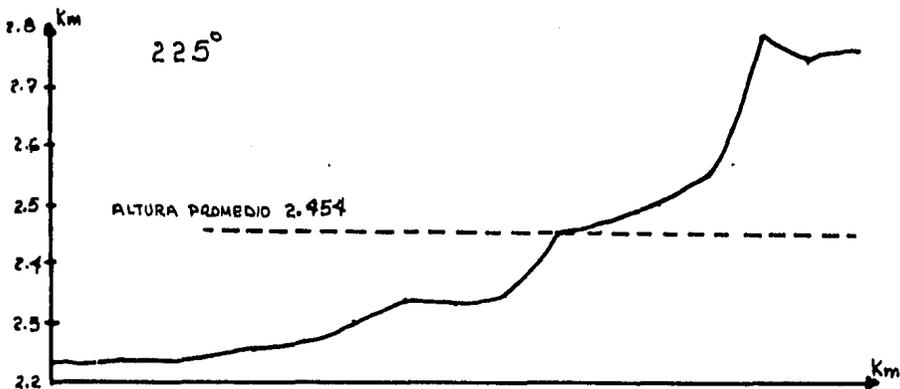
CELULA B

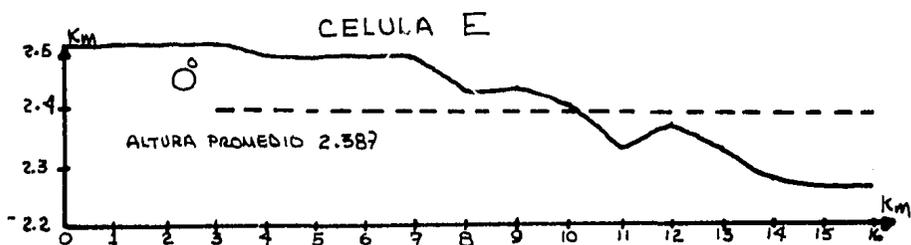
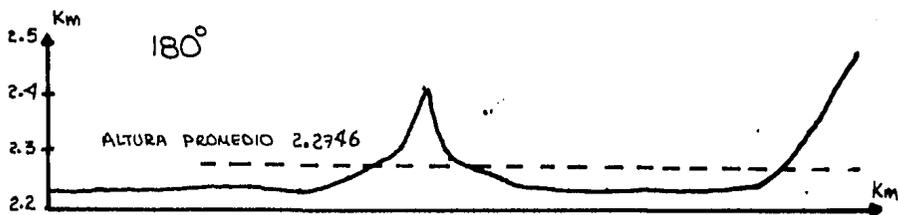
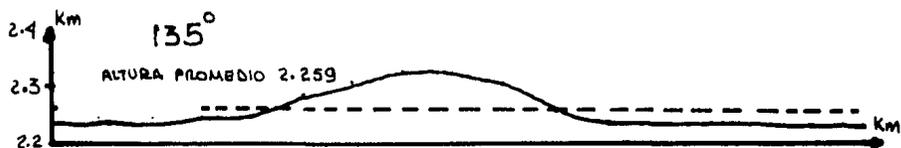
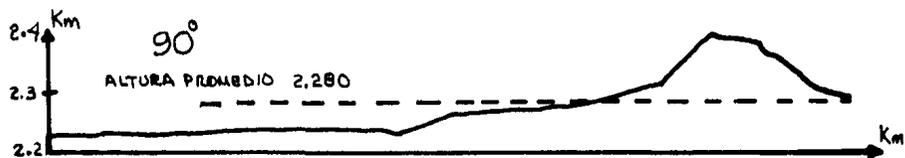


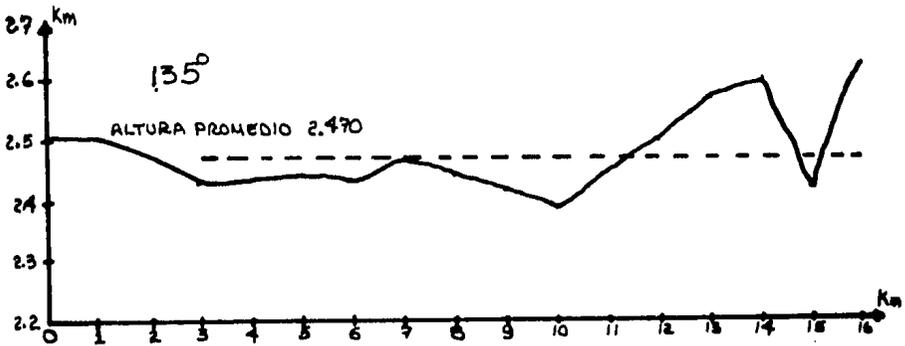
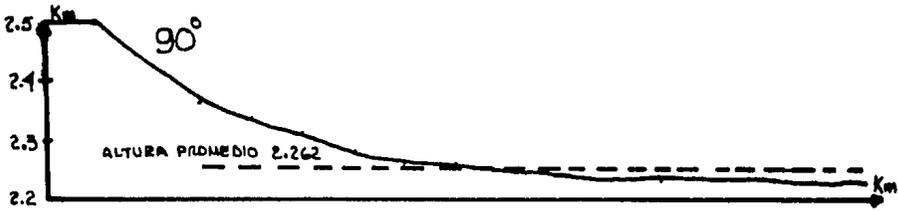
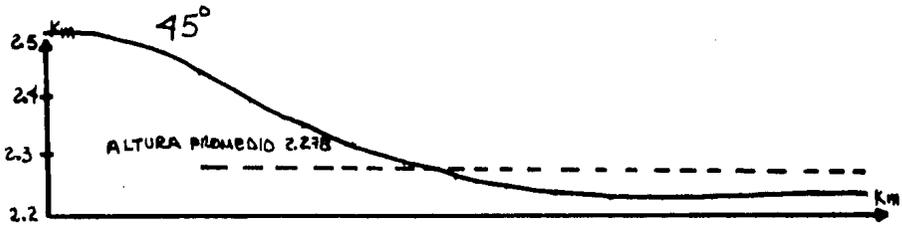


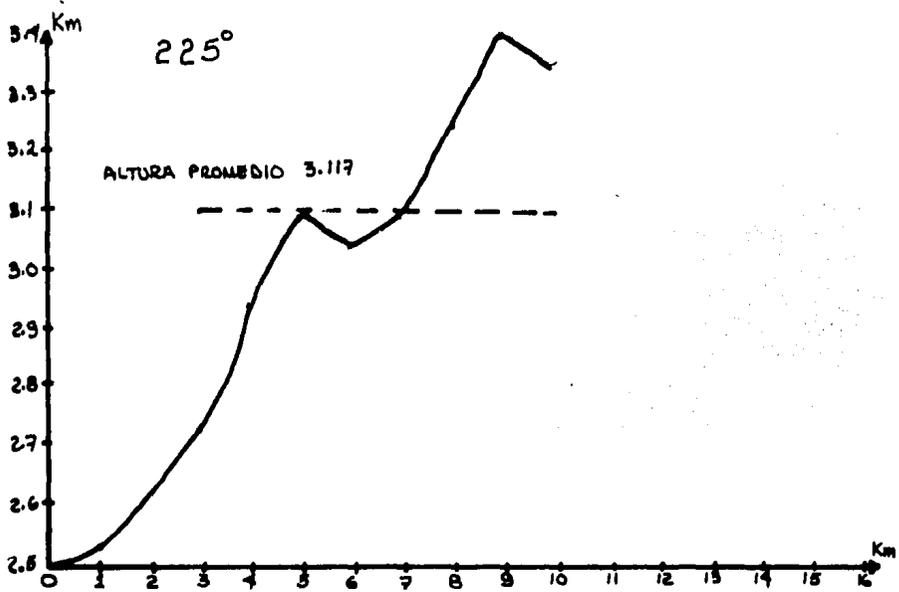
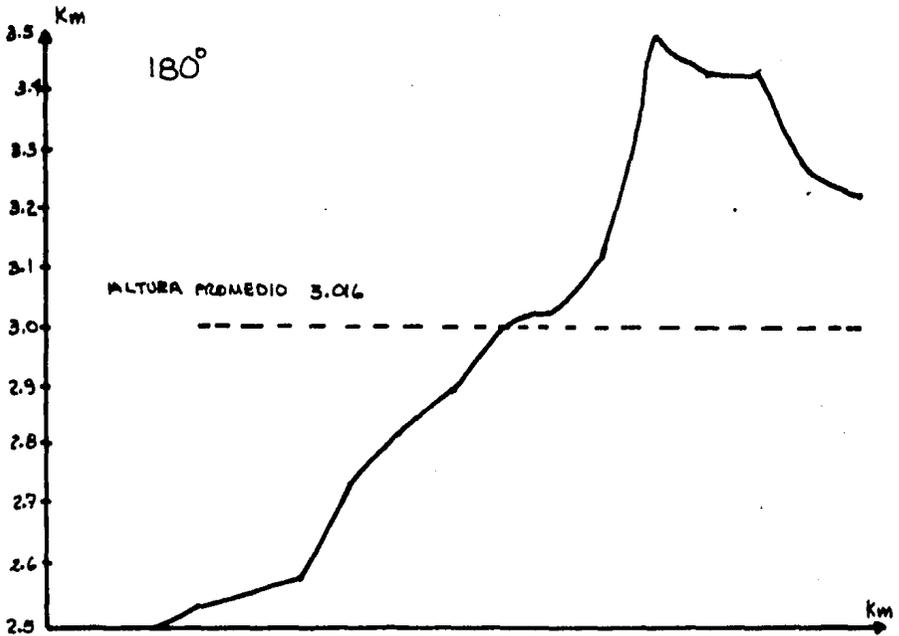
CELULA C.

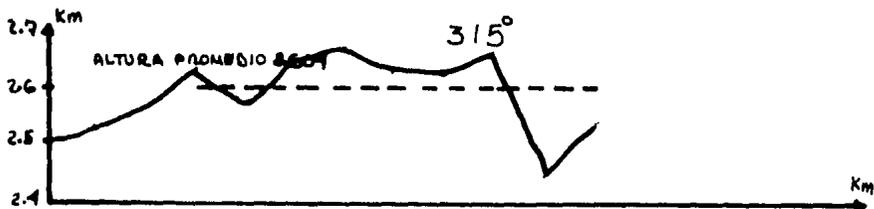
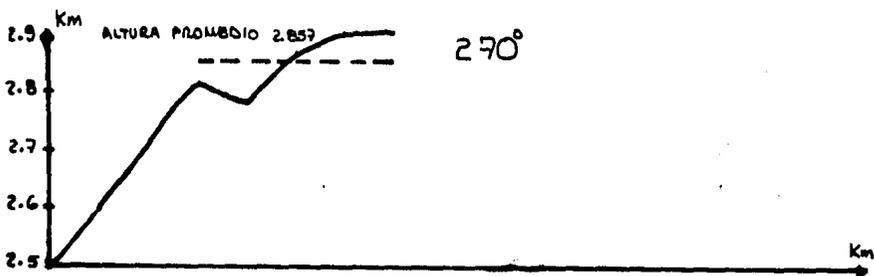




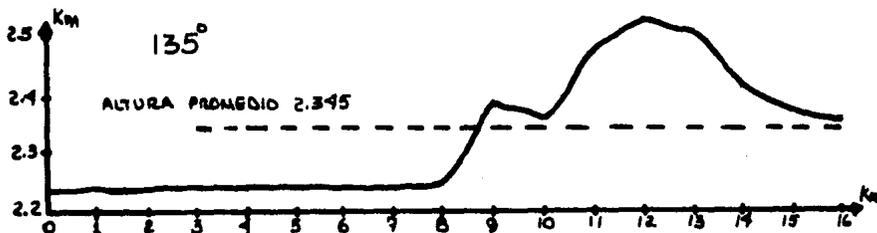
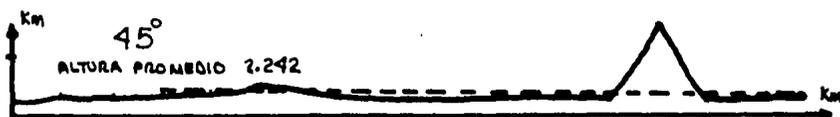
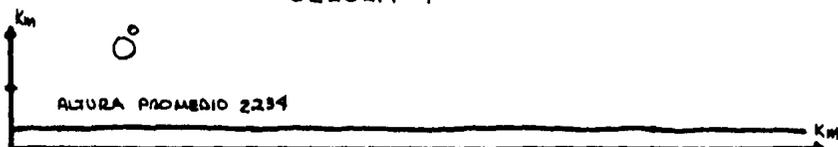


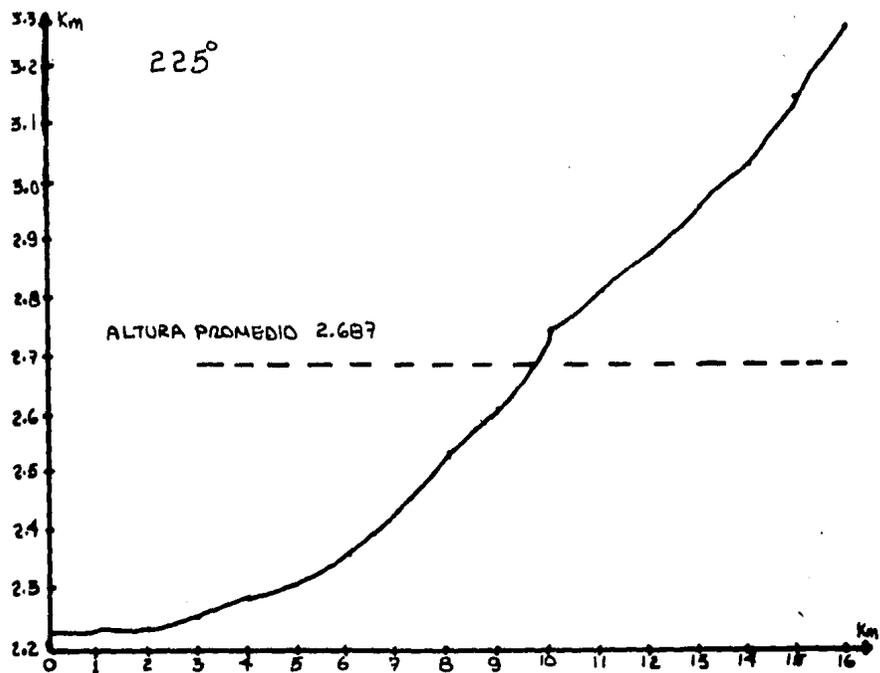
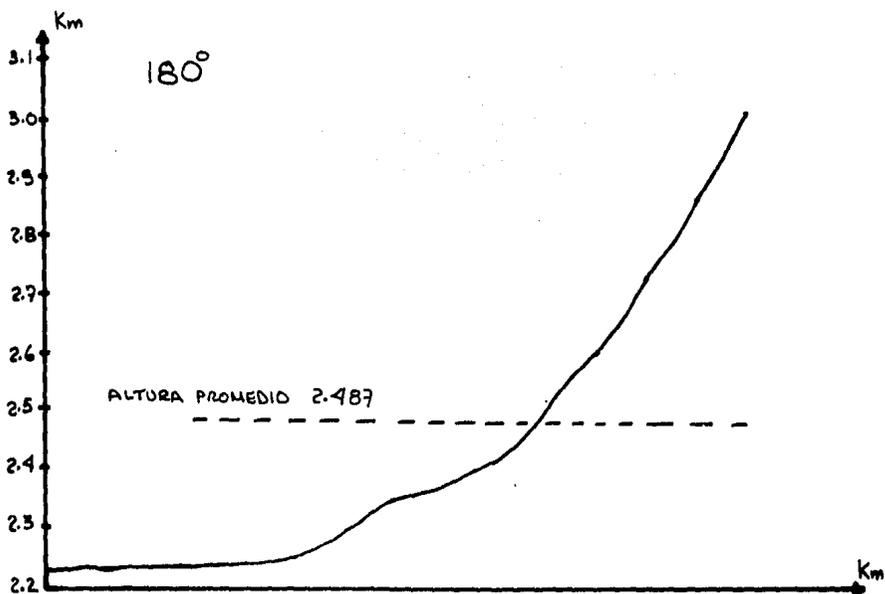






CELULA F





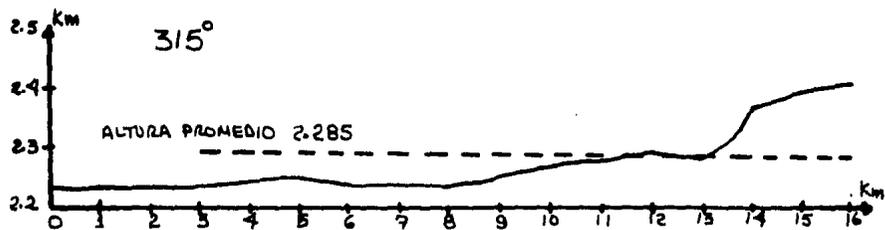
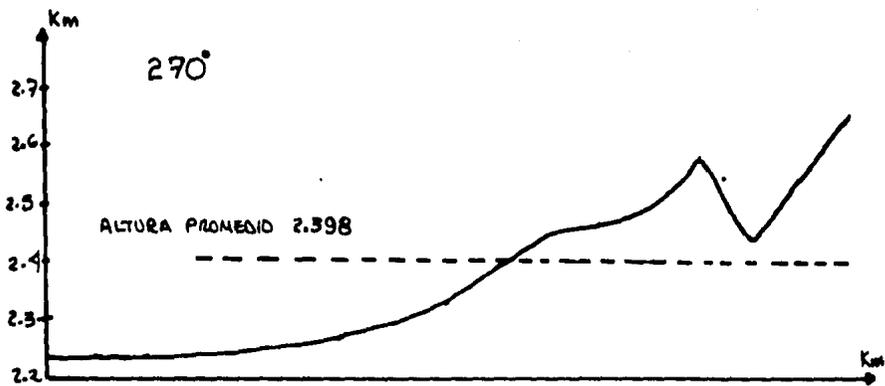


Tabla 4.7 .- " Tabla de predicciones " de la célula I . Tlalnepantla .
 (Altura del centro de radiación sobre el terreno = 60 m.)

Azimut del radiak (Grados)	Altura promedio en metros del radial sobre el nivel del mar .	Altura en metros del centro de radiación de la antena con relación al promedio que figura en la columna No. 2 .	Potencia radiada aparente en Watts	Distancia en km. prevista al contorno de intensidad de campo de 39 dBu .
0°-360°	2,269.28	30.72	5	6.3 *
45°	2,485.00	-----	5	4.35 *
90°	2,251.42	48.58	5	6.28 *
135°	2,230.00	70.00	5	9.98
180°	2,255.71	44.29	5	8.33
225°	2,330.71	-----	5	7.24 *
270°	2,385.00	-----	5	6.25 *
315°	2,342.14	-----	5	3.85 *

* Se limitó el contorno de intensidad de campo debido a obstáculos topográficos de naturaleza tal que se estima que éstos limitan el contorno definitivamente.

Tabla 4.8 .- " Tabla de predicciones " de la célula II . Sn Felipe de Jesús.
 (Altura del centro de radiación sobre el terreno = 30 m.)

Azimut del radial (Grados)	Altura promedio en metros del radial sobre el nivel del mar .	Altura en metros del contorno del radiación de la antena con relación al promedio que figura en la columna No. 2 .	Potencia radiada aparente en Watts	Distancia en km. prevista al contorno de intensidad de campo de 29 dBu .
0°-360°	2,326.42	-----	5	5.5 *
45°	2,230.00	30.00	5	7.2
90°	2,230.00	30.00	5	7.2
135°	2,238.57	21.43	5	7.2
180°	2,230.00	30.00	5	7.2
225°	2,230.71	29.29	5	7.2
270°	2,254.00	6.00	5	2.7 *
315°	2,351.43	-----	5	4.4 *

* Se limitó el contorno de intensidad de campo debido a obstáculos topográficos de naturaleza tal que se estima que éstos limitan el contorno definitivamente.

Tabla 4.9 .- " Tabla de predicciones " de la célula III . Centro Médico .
 (Altura del centro de radiación sobre el terreno = 60 m.)

Azimut del radial (Grados)	Altura promedio en metros del radial sobre el nivel del mar .	Altura en metros del centro de radiación de la antena con relación al promedio que figura en la columna No. 2 .	Potencia radiada aparente en Watts	Distancia en km. prevista al contorno de intensidad de campo de 39 dBu .
0°-360°	2,260.71	29.29	5	7.24
45°	2,230.00	60.00	5	9.65
90°	2,230.00	60.00	5	9.65
135°	2,258.82	31.18	5	7.24
180°	2,246.42	43.58	5	8.28
225°	2,454.28	-----	5	5.9 *
270°	2,416.42	-----	5	4.55 *
315°	2,277.85	-----	5	7.24

* Se limitó el contorno de intensidad de campo debido a obstáculos topográficos de naturaleza tal que se estima que éstos limitan el contorno definitivamente.

Tabla 4.10.- " Tabla de predicciones " de la célula IV . Zaragoza .
 (Altura del centro de radiación sobre el terreno = 30 m.)

Azimut del radial (Grados)	Altura promedio en metros del radial sobre el nivel del mar .	Altura en metros del centro de la radiación de la antena con relación al promedio que figura en la columna No. 2 .	Potencia radiada aparente en Watts	Distancia en km. prevista al contorno de intensidad de campo de 39 dBu .
0°-360°	2,230.00	30.00	5	7.24
45°	2,230.00	30.00	5	7.24
90°	2,280.00	-----	5	7.24
135°	2,259.28	0.72	5	4.85 *
180°	2,274.66	-----	5	6.00 *
225°	2,237.85	22.15	5	7.00 *
270°	2,232.14	27.86	5	7.24
315°	2,230.00	30.00	5	7.24

* Se limitó el contorno de intensidad de campo debido a obstáculos topográficos de naturaleza tal que se estima que éstos limitan el contorno definitivamente.

Tabla 4.11.- " tabla de predicciones " de la célula V . San Jerónimo .
 (Altura del centro de radiación sobre el terreno = 5 m.)

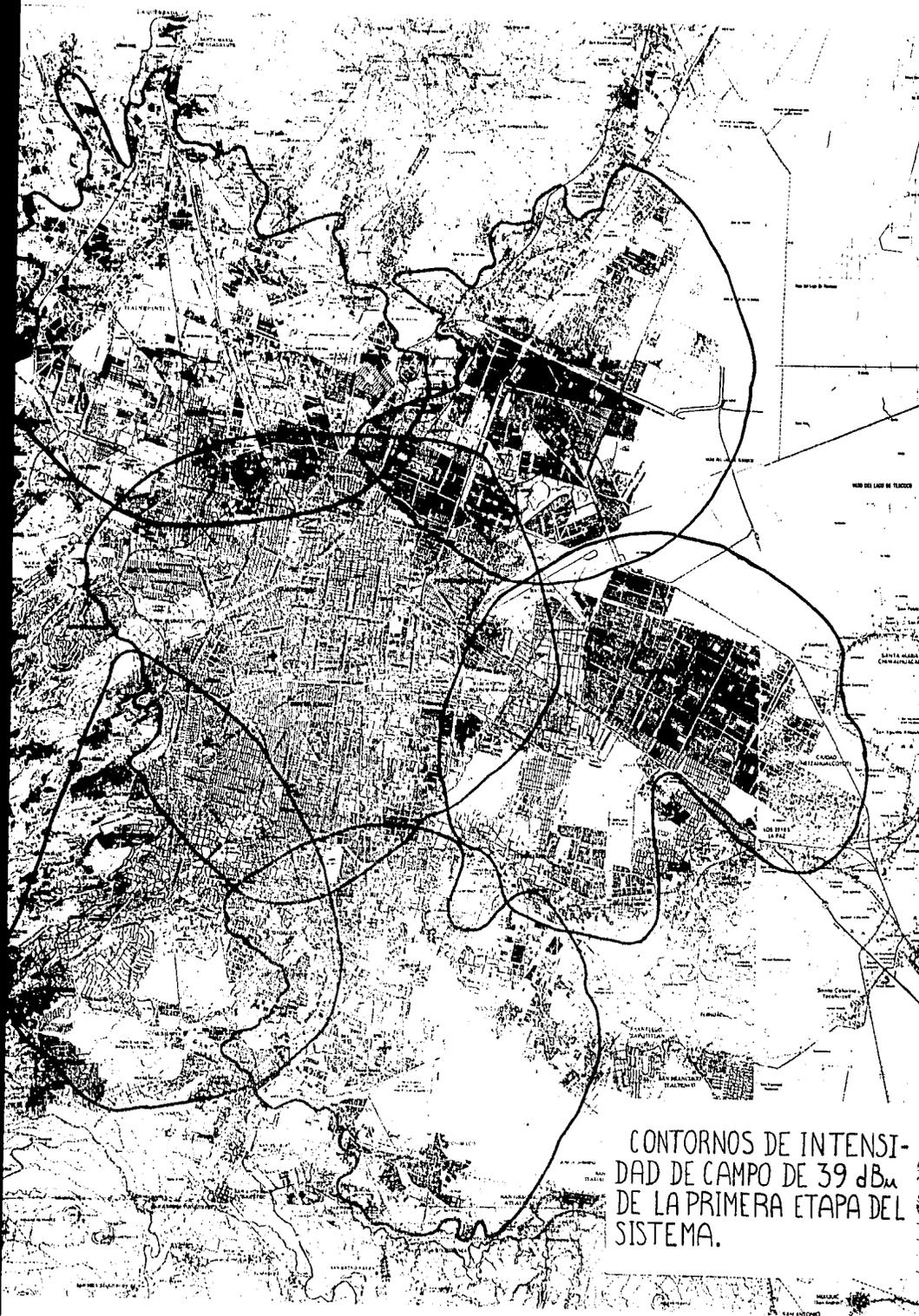
Azimat del radial (Grajos)	Altura promedio en metros del radial sobre al nivel del mar .	Altura en metros del centro de radiación de la antena con relación al promedio que figura en la columna No. 2 .	Potencia radiada aparente en Watts	Distancia en km. prevista al contorno de intensidad de campo de 39 dBu .
0°-360°	2,387.00	118.00	1	----- *
45°	2,278.57	226.43	1	10.8
90°	2,262.85	242.15	1	11.14
135°	2,470.00	35.00	1	6.71
180°	3,016.42	-----	1	----- *
225°	3,117.50	-----	1	----- *
270°	2,852.00	-----	1	----- *
315°	2,604.40	-----	1	----- *

* Se limitó el contorno de intensidad de campo debido a obstáculos topográficos de naturaleza tal que se estima que éstos limitan el contorno definitivamente.

Tabla 4.12.- * Tabla de predicciones * de la célula V1 . Villa Coapa .
 (Altura del centro de radiación sobre el terreno = 30 m.)

Azimut del radial (Grados)	Altura promedio en metros del radial sobre el nivel del metros .	Altura en metros del centro de radiación de la antena con relación al promedio que figura en la columna No. 2 .	Potencia radiada aparente en Watts	Distancia en km. prevista al contorno de intensidad de campo de 39 dBu .
0°-360°	2,234.00	30.00	5	7.2
45°	2,242.00	22.00	5	7.2
90°	2,234.28	29.72	5	7.2
135°	2,345.00	-----	5	7.2
180°	2,487.83	-----	5	3.25 *
225°	2,687.85	-----	5	3.25 *
270°	2,398.57	-----	5	4.80 *
315°	2,285.71	-----	5	7.20

* Se limitó el contorno de intensidad de campo debido a obstáculos topográficos de naturaleza tal que se estima que éstos limitan el contorno definitivamente.



CONTORNOS DE INTENSIDAD DE CAMPO DE 39 dB_m DE LA PRIMERA ETAPA DEL SISTEMA.

4.7 NUMERACION.

Dado que el servicio de radiotelefonía móvil celular debe ser lo más parecido posible al servicio telefónico fijo, tiene que haber compatibilidad con el plan de numeración de TELMEX. La forma de numeración dependerá de dónde se conecte nuestro sistema a la red pública de telefonía, y para esto existen dos alternativas:

A) Conectar a los abonados móviles a una oficina terminal ya existente y usar la serie local de ésta, pudiendo conectar así uno o varios grupos de mil. Tal es el caso actual de DIPSA cuyos abonados móviles tienen numeración de la Central Madrid. Con este tipo de conexión se tiene la ventaja de que no hay que establecer nuevas vías (finales o de alto uso) con las otras oficinas terminales y se optimiza el uso de las series de la central en las redes locales. De hacerse así tendría que dársele una prioridad especial a los abonados y habría que analizar el aspecto administrativo de tener dos tipos diferentes de abonados en una misma serie local. Además, hay que tomar en cuenta que habría que dejar una reserva de números para cubrir a "vagabundos" que anden "ruteando",* por lo que no sería tan eficiente el uso de este tipo de numeración -- sobre todo en redes locales con problemas en satisfacción de deman

* rutear = U.M. que pasa de una célula a otra.

da y congestión.

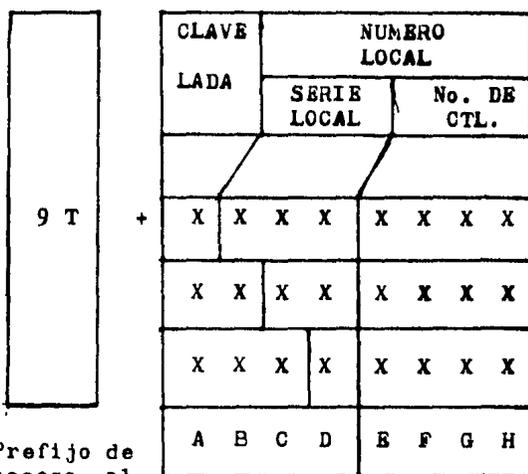
B) La segunda opción es asignar al servicio móvil celular una o varias series locales, con capacidad de 10.000 abonados cada una. Con esta alternativa se tendrían que establecer nuevas líneas con las demás oficinas terminales, pero, se facilitaría la administración de los números de los abonados al estar éstos en una sola serie local. La oficina terminal para el servicio de radio móvil celular tendría una prioridad especial para manejar a los abonados móviles y se reduciría la reserva para "vagabundos" que anden en "ruteo".

En base a lo mencionado anteriormente las capacidades del plan de numeración, así como las facilidades para la compañía que preste el servicio y los abonados, se considera conveniente utilizar centrales y series locales dedicadas a la prestación del servicio radio móvil celular, es decir los abonados móviles se asignarían a una oficina terminal dedicada.

Formato de numeración

Como cada central telefónica móvil se considera como una oficina terminal, su identificación numérica y la de los abonados móviles deberá ser congruente con el plan de numeración tanto a nivel local como de larga distancia (L.D.). El plan de numeración de

TELMEX tiene el siguiente formato para el No. nacional:



Prefijo de acceso al servicio LADA.

T = clave del servicio LADA .

NUMERO NACIONAL

De acuerdo a las recomendaciones del CCITT es conveniente usar un máximo de 11 dígitos a nivel mundial, y la clave internacional para México es 52, por lo que el sistema de numeración nacional tiene la oportunidad de crecer 10 veces (hasta 9 dígitos).

También se puede notar, que el plan de numeración de México es diferente al de E.U. de 10 dígitos (3 para área local y 7 de número de directorio) mencionado en el capítulo 3.

De lo anterior se ve que la oficina terminal móvil deberá tener - clave LADA y la serie local de la región urbana donde esté instala da. Para el caso particular de la Cd. de México se asignarían - series locales de 3 dígitos para el servicio móvil celular.

En las figuras 4.9 y 4.10 se muestran casos de marcación local y - L.D. para un abonado móvil en la región urbana de la Cd. de México.

Como ya se ha mencionado, las series locales tienen una capacidad de 10,000 abonados, y para el servicio móvil celular se requiere - tener una reserva para los abonados móviles "vagabundos" o en "ru- teo". La compañía L.M. ERICSSON ha sugerido un 40% de reserva por serie de 10,000 abonados para la red americana, y TELMEX recomien- da iniciar con este porcentaje modificándolo conforme se vaya ad- quiriendo experiencia.

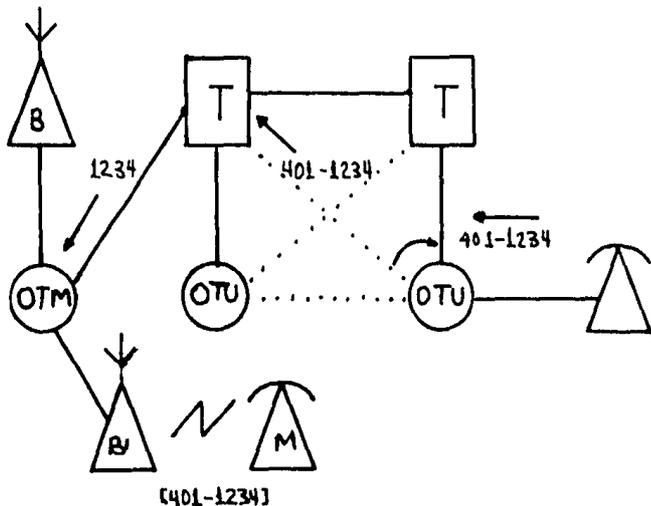
Considerando la movilidad intrínseca de los abonados del servicio- móvil celular, es necesario identificarlos en forma única para su- adecuado manejo cuando "ruteen", estén de "vagabundos" en otra re- gión urbana y para tarificarles los servicios que demanden. La prác- tica que están siguiendo los fabricantes a nivel mundial, es que - en fábrica se grave en forma indestructible una identificación úni- ca para cada aparato móvil, que para nuestro caso sería el número- nacional (C. LADA + No. local). Deberá considerarse una reserva - de dos o tres dígitos extra previendo cambios en la longitud del

De lo anterior se ve que la oficina terminal móvil deberá tener - clave LADA y la serie local de la región urbana donde esté instala da. Para el caso particular de la Cd. de México se asignarían - series locales de 3 dígitos para el servicio móvil celular.

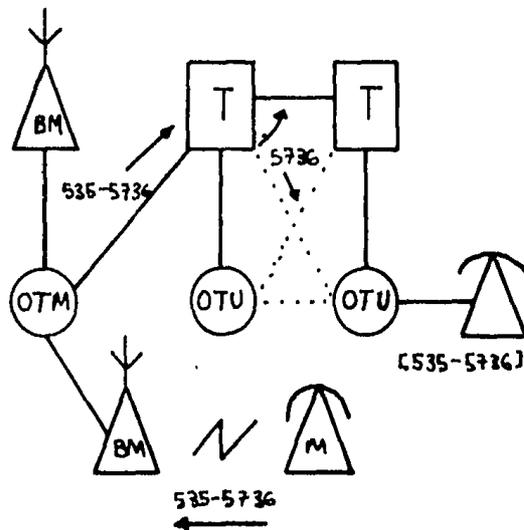
En las figuras 4.9 y 4.10 se muestran casos de marcación local y - L.D. para un abonado móvil en la región urbana de la Cd. de México.

Como ya se ha mencionado, las series locales tienen una capacidad - de 10,000 abonados, y para el servicio móvil celular se requiere - tener una reserva para los abonados móviles "vagabundos" o en "ru - teo". La compañía L.M. ERICSSON ha sugerido un 40% de reserva por serie de 10,000 abonados para la red americana, y TELMEX recomen - da iniciar con este porcentaje modificándolo conforme se vaya ad - quiriendo experiencia.

Considerando la movilidad intrínseca de los abonados del servicio - móvil celular, es necesario identificarlos en forma única para su - adecuado manejo cuando "ruteen", estén de "vagabundos" en otra re - gión urbana y para tarifarlos los servicios que demanden. La prác - tica que están siguiendo los fabricantes a nivel mundial, es que - en fábrica se grave en forma indestructible una identificación úni - ca para cada aparato móvil, que para nuestro caso sería el número - nacional (C. LADA + No. local). Deberá considerarse una reserva - de dos o tres dígitos extra previendo cambios en la longitud del

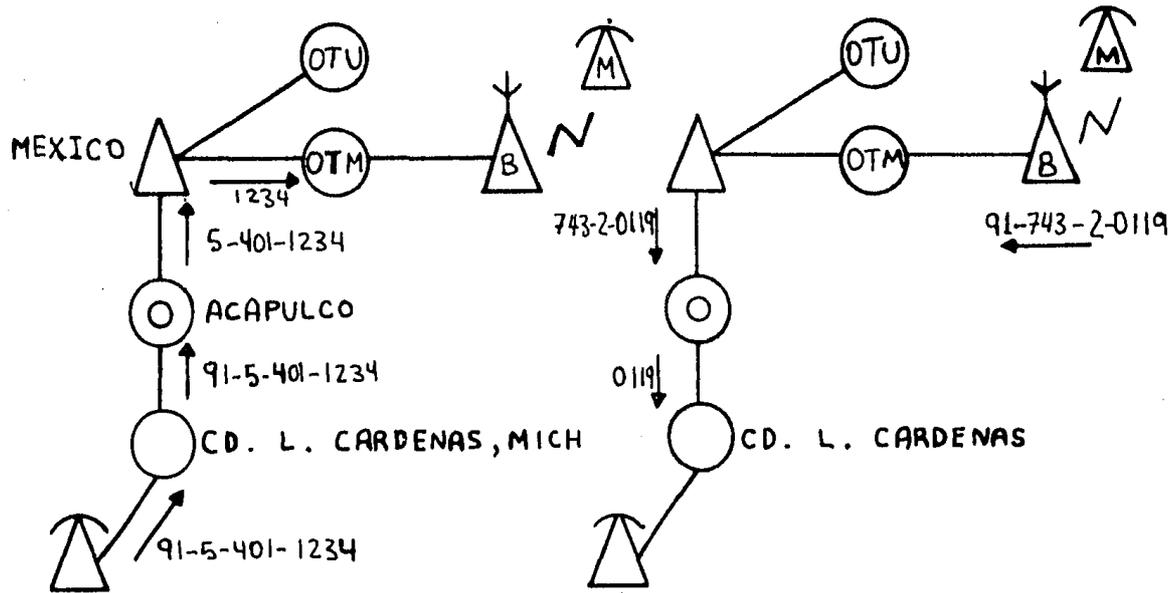


a) AB. FIJO A AB. MOVIL



b) AB. MOVIL A AB. FIJO

Figura 4.9 -- COMUNICACION LOCAL. No. DEL AB. FIJO (5) 535-57-36. No. DEL AB. MOVIL (5) 401-1234 (FICTICIO).



a) AB. FIJO A AB. MOVIL .

b) AB. MOVIL A AB. FIJO

Figura 4.10 .. COMUNICACION L.D. No. del AB. FIJO : (743)2-0119 (Cd. L. Cardenas , Mich). No. del AB. MOVIL : (5) 401-1234 (FICTICIO) (Cd. de México)

número nacional, así como para la identificación de los abonados - móviles en la faja fronteriza con los EE.UU.

4.8 Señalización.

Para que el sistema radio móvil celular sea compatible a la red -- pública de telefonía, deberá de satisfacer las especificaciones de señalización utilizadas por TELMEX.

Existen diferentes tipos de señalización, a saber : señalización - de usuario, señalización numérica y señalización de línea.

Señalización de usuario

La señalización de usuario tiene por objeto permitir a éste conocer en que fase del proceso de conexión se encuentra (llamando al abonado B, abonado B ocupado, línea congestionada). Para esto utiliza tonos de 425 Hz y -10 dBm de potencia con diferentes tiempos- de emisión y silencio según lo que se quiera indicar.

Señalización numérica MFC

Este tipo de señalización sirve para enviar información de marca- ción (dígitos), de origen, destino y tipo de llamada, también sirve para enviar comandos de una central a otra y para tener acceso- a servicios especiales.

La señalización numérica MFC, se basa en el sistema de señaliza --
ción R2 del CCITT; con ciertas adaptaciones que ha hecho TELMEX --
para una explotación eficiente de la red. Las señales MFC están -
compuestas por 15 señales de avance y 6 señales de mando.

Las señales de avance se envían hacia la central requerida por la -
marcación. Estas tienen un código de 2 de 6 frecuencias, es decir,
una señal de avance se compone de dos frecuencias simultáneas. Ca
da señal puede tener un significado primario, secundario o terciar-
rio, de acuerdo a una señal de mando enviada previamente, como - -
son: los dígitos del 0 al 9, llamada de operadora, de abonado o de
alcance, tiempo y costo, operadora de intercepción, etc.

Las señales de mando o retroceso se envían de la central requerida
hacia la central que origina la llamada. Estas tienen un código -
de 2 de 4 frecuencias, y también pueden tener significados prima--
rios secundarios o terciarios como son: envía primer dígito, envía
próximo dígito, congestión, línea de abonado libre con tasación, -
abonado interceptado, acceso automático de identificación de llamada
das maliciosas, etc.

Señalización de línea

Como su nombre lo indica, las señales de este tipo sirven para in-
dicar el estado de la línea, y para esto se basan en las recomendada

ciones del sistema #3 del CCITT. Este funciona a base de cambios de impedancia en el lado saliente y de polaridad en el lado entrante. Las señales pueden indicar de esta manera si la línea tiene un estado: libre, de toma, MFC, de contestación, liberación, desconexión, regreso al estado libre, bloqueo y desbloqueo.

4.9 Tasación

De acuerdo a políticas de tarificación es necesario que el sistema - que se va a introducir pueda almacenar el número del móvil llamado o del que llama, así como el tiempo total de uso del canal vocal, y grabarlo en cintas magnéticas compatibles con las utilizadas por TELMEX.

4.10 Facilidades al usuario

Algunas otras facilidades que se podrían proporcionar a los usua--rios con el sistema de radio móvil celular son:

- Abonado ausente.
- Marcación preoriginada.
- Reclamada automática.
- Búsqueda de abonado.
- Localización de personas.
- Llamada esperando.

5. CONCLUSIONES

En la sección de diseño del sistema no se mencionó la ubicación de la central de telefonía móvil o centro de control, ya que ésta podría ser ubicada en una de las centrales de TELMEX, o bien, como se requeriría establecer nuevas vías se podría ubicar la central en algún edificio independiente a TELMEX.

El enlace de las estaciones base se podría hacer con líneas subterráneas (cable telefónico, cable coaxial, fibras ópticas), ó por medio de microondas, sirviendo las estaciones base más cercanas al centro del control como repetidoras de las más lejanas.

Las potencias de transmisión son bajas si se comparan con otros sistemas, y éstas tenderán a bajar conforme se dividan las células. Si se consideran antenas omnidireccionales con 3 dB de ganancia en la 1a. etapa se requerirían 500 mW y 2.5 W a la entrada de la antena para potencias radiadas de 1 y 5 W respectivamente. Del estudio de radiopropagación se vió que el sitio celular ubicado en San Jeronimo podría utilizar una antena direccional por la forma del contorno de 39 dBu para esa célula.

Si el sistema radiotelefónico móvil celular se llegara a implantar, podría traer numerosos beneficios. Todos los segmentos del -

mercado (por ejemplo, servidores públicos, profesionales, distri--
buidores y servicios de salud) podrían obtener ahorros substancia--
les en términos de tiempo, dinero y energía. Y no sólo se benefi--
ciaría a los usuarios del servicio, sino también a sus clientes al
recibir respuestas más rápidas a sus necesidades y por consecuencia,
costos más bajos para bienes y servicios.

Por lo que respecta al espectro radioeléctrico, se obtendría benefici
cio al hacer un uso más eficiente de éste.

El costo total del sistema celular es más alto si lo comparamos - -
con los sistemas convencionales. Sin embargo, el costo por usuario
no es más grande que el de los otros sistemas, e incluso se prevé--
que será menor por repartirse el costo total entre un mayor número-
de abonados.

Los pronósticos de demanda que se usaron son posiblemente muy con--
servadores, porque se espera que en un futuro la demanda crezca más
rápido. Debido a los avances de la electrónica, habrá un abarata--
miento de costos en la producción de unidades móviles, y esto atraer
rá una mayor cantidad de clientes. Además, hay que tomar en cuenta
la integración al sistema de los teléfonos portátiles (radioteléfo-
nos de bolsillo), con lo cual el sistema será accesible a más gente.
En este último aspecto, la radiotelefonía celular podría competir -

con el sistema telefónico fijo, o bien, podría ser complementaria - al dar servicio en zonas donde no costeara por el momento tender - líneas.

Durante el diseño del sistema se encontraron varios obstáculos, -- Uno de esto fue que el método de predicciones que se usó para hacer el estudio de radiopropagación no fue el más adecuado para el sistema celular - este método fue originalmente planeado para estudiar la difusión de televisión en las bandas de VHF y UHF - ya que se tuvo que trabajar al margen de las curvas de predicción. Además se vió que para calcular las siguientes etapas se requiere --- usar un método, mas sofisticado, porque no se pueden hacer cálculos exactos para alturas de antenas menores a 30 m y alcances menores a 8 km (5 millas) con el método de predicciones. En los sistemas en desarrollo de otros países, se ha optado por la simulación de radiopropagación por computadora y el uso del método de "pérdidas medias en la trayectoria" (mean path loss), del cual no se encontró información en México.

En este trabajo no se pudo profundizar mucho en cada sección, ya - que de cada una se podría hacer un estudio detallado (estudio de - demanda, simulación de radiopropagación, estudio detallado de cada uno de los subsistemas, estudios detallados de la señalización; conmutación, tasación, etc.), lo cual requeriría más tiempo, más-

presupuesto y el trabajo con grupos interdisciplinarios.

Si bien el sistema propuesto no es el óptimo, puede servir como un bosquejo para proyectos más detallados.

APENDICE A : FUNDAMENTOS DE LA GEOMETRIA CELULAR HEXAGONAL.

La figura A.1 muestra el conjunto de coordenadas más apropiado para la geometría hexagonal. Los dos ejes se intersectan con un ángulo de 60° , y la distancia unitaria a lo largo de cualquiera de los ejes es $\sqrt{3}$ veces el radio de la célula, entendiéndose por éste como la distancia del centro de la célula a uno de sus vértices. Con estas coordenadas, puede disponerse un arreglo celular de tal manera que el centro de cada célula caiga en un punto especificado por un par de coordenadas en una red.

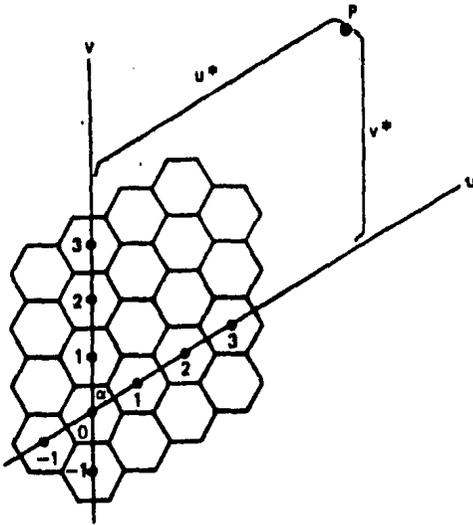


Figura A.1.- coordenadas en una red celular hexagonal.

La primera cosa que hay que notar en este sistema coordenado, es - que la distancia d_{12} entre dos puntos con coordenadas (u_1, v_1) y (u_2, v_2) es:

$$d_{12} = \sqrt{(u_2 - u_1)^2 + (u_2 - u_1) \cdot (v_2 - v_1) + (v_2 - v_1)^2} \quad \dots A.1$$

Usando esta fórmula podemos verificar que la distancia entre centros de células adyacentes unitaria, y la longitud del radio de la célula es:

$$R = 1/\sqrt{3}$$

Como se habia visto anteriormente, para localizar células cocanal, se toma como referencia una célula cuyo centro está en el origen, y se situa la célula cocanal con su centro en $(u, v) = (i, j)$, donde "i" y "j" son enteros conocidos como "parámetros de posición" - - ($i \geq j$). Con la ecuación A.1 la distancia D entre los centros de las células cocanal más cercanas es:

$$D = \sqrt{i^2 + i \cdot j + j^2} \quad \dots A.2$$

La figura A.2 ilustra el hecho de que cualquier célula tiene exactamente seis células cocanal equidistantes. Además los vectores -

del centro de una célula a los centros de estas células cocanal es tán separados por ángulos múltiplos de 60°. Estas observaciones -- son también válidas para cualquier célula arbitraria y las seis -- células inmediatamente adyacentes a ésta. Esta idea sugiere ima-- ginar cada patrón de repetición como un gran hexágono. Aunque en-- realidad un patrón celular no tiene exactamente un contorno hexago-- nal, es sin embargo cierto que un hexágono grande visualizado apro-- piadamente puede tener la misma área que un patrón celular. Vease la figura A.2. El centro de cada célula A lo es también de un --- hexágono grande que representa un patrón celular. Una célula A -- está incrustada en un hexágono grande, tal como lo está en un pa-- trón de repetición. Todos los hexágonos grandes tienen la misma -- área, así como los patrones también la tienen. Como la distancia -- entre centros de células adyacentes es unitaria, de la ecuación -- A.1 se calcula que la distancia entre centros de hexágonos grandes es $\sqrt{i^2 + i \cdot j + j^2}$.

Consecuentemente, como el patrón de grandes hexágonos es una répli-- ca grande del patrón celular original con un factor lineal de de -- escala de $i^2 + i \cdot j + j^2$, entonces N, el número total de áreas de -- células contenidas en el área del hexágono grande, es el cuadrado -- de este factor:

$$N = i^2 + i \cdot j + j^2 \quad \dots \text{ A.3}$$

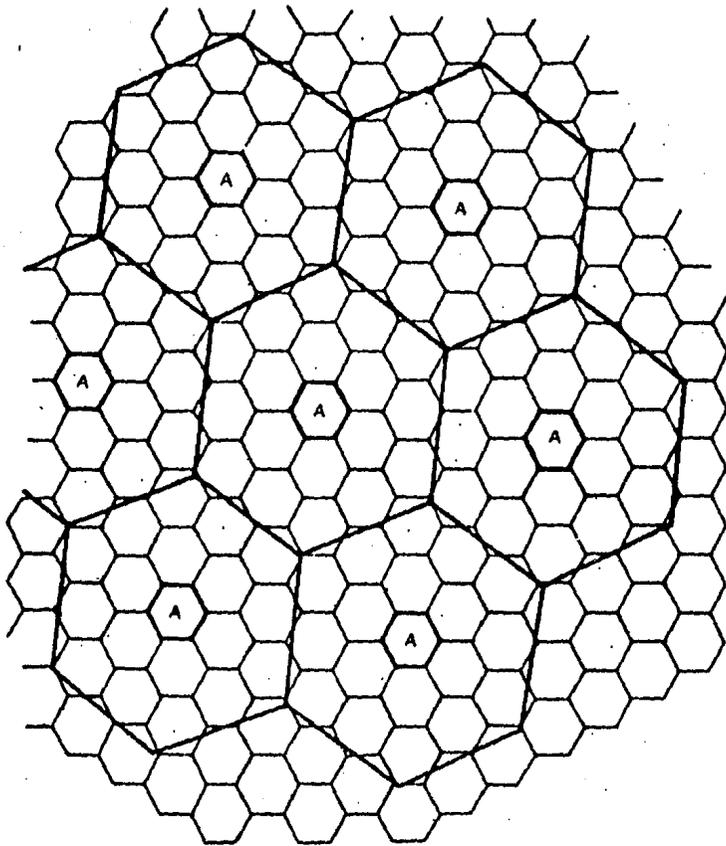


Figura A.2.- celdas cocanal y patrones de repetición.

Combinando las tres ecuaciones anteriores obtenemos la relación -- clásica entre la razón de reuso cocanal D/R y el número de células por patrón celular N :

$$D / R' = \sqrt{3.N}$$

... A.4

Este pesado procedimiento, puede ser reemplazado por un simple algoritmo algebraico en ciertos casos de interés práctico, como - - cuando el parámetro de posición más pequeño j es igual a la unidad. ($i = j$). (un patrón celular de 7 células cae en esta categoría). Para estos casos es conveniente etiquetar las células con enteros del 0 al $N-1$. Entonces la etiqueta correcta L para la célula cuyo centro cae en (u,v) está dada por:

$$L = (i + 1) \cdot u + v \quad \dots A.5$$

La aplicación de esta simple fórmula hace que todas las células - que usen el mismo conjunto de canales tengan la misma etiqueta numérica.

APENDICE B : ALGORITMO DE LOCALIZACION.

B.1 El propósito de la localización de vehículo:

Para que la interferencia cocanal sea aceptable, las señales interferentes deben estar dominadas por la señal servida. Los vehículos deben ser localizados y asignados a un canal que es usado en una estación base cercana. Conforme procede la llamada el vehículo debe ser relocalizado y transferido, si es necesario, a una estación base vecina que usa un canal distinto. El procedimiento usado por el sistema para administrar tales localizaciones, relocalizaciones y transferencias es conocido como "algoritmo de localización".

Los niveles de interferencia coconal en sistemas celulares son controlados principalmente por la separación física entre estaciones-bases cocanal.

El algoritmo de localización puede tener efectos dramáticos en las estadísticas de la señal de servicio. El algoritmo más deseable es aquel que optimiza el nivel de señal de servicio, y por lo tanto optimiza las relaciones señal a interferencia y señal a ruido.

B.2 Exactitud de la localización.

Si el algoritmo de localización siempre selecciona la estación base más cercana para servir a una unidad móvil, podría ignorar un sitio celular en el cual tuviese una mejor señal estando sólo ligeramente alejado. Existen varios ejemplos donde las obstrucciones mayores como grandes edificios causan que una estación base más alejada tenga una mejor señal que la estación base más cercana.

Este fenómeno es la base del concepto de células excitadas en esquina. Cada célula tiene varios sitios celulares en su frontera. En la figura B.1 se muestra la ventaja de este tipo de excitación -- donde una unidad móvil puede usar un sitio celular secundario cuando una obstrucción bloquea la trayectoria al sitio celular más cercano. El uso de varios sitios celulares para servir una célula -- excitada en esquina se conoce como "diversidad macroscópica". Se pueden usar antenas directivas en estos sitios celulares.

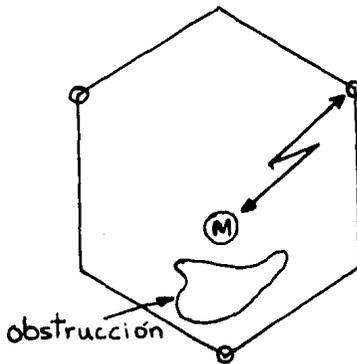


Figura B.1.- Ventajas de una célula excitada en esquina cuando hay obstrucciones .

Además de ser eficientes en potencia, al radiar energía sólo en -- una dirección de la unidad móvil servida, las antenas directivas -- crean menos interferencia co canal que las antenas omnidirecciona-- nales, porque sólo algunas células co canal circundantes tienen an-- tenas directivas que apuntan hacia la unidad servida. Este efecto puede reducir los niveles de interferencia en varios decibelios.

Las antenas directivas son además herramientas muy útiles en la -- localización de vehículos ya que pueden indicar la dirección proba-- ble de una unidad móvil respecto al sitio celular.

B.3 El mecanismo de localización

Toda localización de un vehículo implica procesamiento de datos -- que son esencialmente estimadores de rango (distancia) y/o estima-- dores de ángulo. El algoritmo de localización podría estimar cual sitio celular está más cercano, en algún sentido, a la unidad mó-- vil. Para decidir cual de las antenas directivas en la misma célu-- la deberá servir la llamada, el algoritmo podría estimar cual de -- las antenas apunta más cercanamente hacia la unidad móvil.

Para operar eficientemente, el algoritmo deberá usar mediciones -- hechas en la banda angosta del canal vocal mientras hay conversa-- ción.

El rango puede estimarse fácilmente usando la intensidad de la señal (del canal vocal), como un estimador. Estadísticamente el nivel de la señal disminuye a un promedio conocido conforme la distancia entre el sitio celular y la unidad móvil se incrementa. -- Así como se puede predecir el nivel de señal conociendo la distancia, también se puede predecir la distancia conociendo el nivel de la señal. La exactitud de este tipo de información está determinada por la variabilidad en las pérdidas de sombra para una región en particular. La ventaja de usar la intensidad de la señal como un estimador de distancia en el proceso de localización es que los errores tienden a mejorar el nivel de la señal. Como la distancia sólo necesita ser controlada ligeramente para conservar la interferencia en un nivel aceptable, el nivel de la señal provee un estimador muy deseable.

Otro procedimiento más exacto pero más difícil para la estimación de la distancia, emplea el retraso de la señal transmitida a la unidad móvil y regresada a la estación base. Como las ondas de radio se propagan a una velocidad conocida, este retraso puede usarse para determinar la distancia de ida y vuelta. Este método requiere mayor complejidad en la unidad móvil. Los errores en esta estimación se deben primordialmente al ensombrecimiento (shadowing) en la línea de vista, con una trayectoria indirecta --

reflejada que se vuelve dominante. Este es el mecanismo que causa la variabilidad en el estimador de intensidad de señal. Debe notarse que, en contraste a los estimadores de señal, los errores - del método de retraso no optimizan el nivel de señal. El retraso, es por tanto más efectivo cuando se usa para confirmar unidades - ligeramente, y proteger contra alguna unidad que ocasionalmente - pudiera extraviarse lejos del sitio celular que la sirve, causando interferencia excesiva.

El ángulo es estimado usando las antenas directivas, las cuales - reciben la señal más fuerte cuando apuntan hacia la onda de radio incidente. Los errores ocurren cuando domina una trayectoria indirecta de propagación y la antena apuntada hacia la reflexión ma - yor recibe una señal más fuerte que la antena apuntada hacia la - unidad móvil. También los errores tienden a fortalecer la señal.

B.4 Consideraciones del algoritmo.

Un algoritmo especifica un procedimiento para tomar decisiones ba - sado en las estimaciones de distancia y ángulo. Este algoritmo - es el procedimiento más complicado y menos entendido en el diseño de un sistema de radio móvil celular.

La optimización de la relación señal a interferencia se viene a - complicar con la optimización de la señal sola. El proceso de lo

calización debe considerarse a todas las unidades móviles en el sistema y no mejorar la situación de una unidad móvil a expensas de la degradación en otra. El algoritmo de localización deberá ser diseñado de acuerdo con un objetivo que tenderá a mejorar la situación más pobre con mayor prioridad que mejorar una mejor situación.

Un algoritmo típico colecta información de localización para cada unidad móvil que esté haciendo una llamada. La información colectada puede venir de un solo sitio celular o puede incluir información de otros sitios celulares. La información puede ser colectada simultáneamente de todos los sitios celulares y entonces analizada o puede ser colectada de un subconjunto de sitios celulares, con información colectada o no posteriormente dependiendo de los resultados del análisis de la información inicial.

Uno de los parámetros más importantes en el algoritmo de localización es la frecuencia con la cual se relocalizarán a las unidades móviles. Relocalizaciones muy frecuentes pueden mejorar las características de la señal pero ser una carga pesada en el procesador del sistema. Si se hace muy grande el periodo de relocalización los móviles podrían vagar mucho tiempo entre localizaciones y las características de la señal se degradarían inaceptablemente. La elección del periodo de relocalización se hace más difícil por el hecho de que la relación entre éste y las características de la

señal depende del tamaño de la célula y de las velocidades de los móviles del sistema. Al final la elección se basa en la economía. Las señales se degradan al aumentar el periodo de relocalización, pero pueden ser mejoradas al reducir el tamaño de la célula. Tal reducción no genera una necesidad de localizaciones más frecuentes, ya que el periodo de localización es más sensitivo a características del terreno local (edificios y cerros) que a los cambios de posición relativa dentro de la célula.

APENDICE C : TABLAS DE ERLANG PARA EL CALCULO DEL TRAFI
CO TELEFONICO .

n = 1 - 51

Offered traffic flow A in erlang

n	Loss Probability (E)									n	
	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2		.4
1	.00706	.00806	.00906	.01010	.02041	.03093	.05263	.11111	.25000	.66667	1
2	.12600	.13532	.14416	.15259	.22347	.28155	.38132	.59543	1.0000	2.0000	2
3	.39664	.41757	.43711	.45549	.60221	.71513	.89940	1.2708	1.9299	3.4798	3
4	.77729	.81029	.84085	.86942	1.0923	1.2589	1.5246	2.0454	2.9452	5.0210	4
5	1.2362	1.2810	1.3223	1.3608	1.6571	1.8752	2.2185	2.8811	4.0104	6.5955	5
6	1.7531	1.8093	1.8610	1.9090	2.2759	2.5431	2.9603	3.7584	5.1068	8.1907	6
7	2.3149	2.3820	2.4437	2.5009	2.9354	3.2497	3.7378	4.6662	6.2302	9.7998	7
8	2.9125	2.9902	3.0615	3.1276	3.6271	3.9865	4.5430	5.5971	7.3692	11.419	8
9	3.5395	3.6274	3.7080	3.7825	4.3447	4.7479	5.3702	6.5464	8.5217	13.045	9
10	4.1911	4.2889	4.3784	4.4612	5.0840	5.5294	6.2157	7.5106	9.6850	14.677	10
11	4.8637	4.9709	5.0691	5.1599	5.8415	6.3280	7.0764	8.4871	10.857	16.314	11
12	5.5543	5.6708	5.7774	5.8760	6.6147	7.1410	7.9501	9.4740	12.036	17.954	12
13	6.2607	6.3863	6.5011	6.6072	7.4015	7.9667	8.8349	10.470	13.222	19.598	13
14	6.9811	7.1154	7.2392	7.3517	8.2003	8.8035	9.7295	11.473	14.413	21.243	14
15	7.7139	7.8568	7.9874	8.1080	9.0098	9.6500	10.633	12.484	15.608	22.891	15
16	8.4579	8.6092	8.7474	8.8750	9.8284	10.505	11.544	13.500	16.807	24.541	16
17	9.2119	9.3714	9.5171	9.6516	10.658	11.368	12.461	14.522	18.010	26.192	17
18	9.9751	10.143	10.296	10.437	11.491	12.238	13.385	15.548	19.216	27.844	18
19	10.747	10.922	11.082	11.230	12.333	13.115	14.315	16.579	20.424	29.498	19
20	11.526	11.709	11.876	12.031	13.182	13.997	15.249	17.613	21.635	31.152	20
21	12.312	12.503	12.677	12.838	14.036	14.885	16.189	18.651	22.848	32.808	21
22	13.105	13.303	13.484	13.651	14.898	15.778	17.132	19.692	24.064	34.464	22
23	13.904	14.110	14.297	14.470	15.761	16.675	18.090	20.737	25.281	36.121	23
24	14.709	14.922	15.118	15.295	16.631	17.577	19.031	21.784	26.499	37.779	24
25	15.519	15.739	15.939	16.125	17.505	18.483	19.985	22.833	27.720	39.437	25
26	16.334	16.561	16.768	16.959	18.383	19.392	20.943	23.885	28.941	41.096	26
27	17.153	17.387	17.601	17.797	19.265	20.305	21.904	24.939	30.164	42.755	27
28	17.977	18.218	18.438	18.640	20.150	21.221	22.867	25.995	31.388	44.414	28
29	18.805	19.053	19.279	19.487	21.039	22.140	23.833	27.053	32.614	46.074	29
30	19.637	19.891	20.123	20.337	21.932	23.062	24.802	28.113	33.840	47.735	30
31	20.473	20.734	20.972	21.191	22.827	23.987	25.773	29.174	35.067	49.395	31
32	21.312	21.580	21.823	22.045	23.725	24.914	26.746	30.237	36.295	51.056	32
33	22.155	22.429	22.678	22.909	24.628	25.844	27.721	31.301	37.524	52.718	33
34	23.001	23.281	23.536	23.772	25.529	26.776	28.698	32.367	38.754	54.379	34
35	23.849	24.136	24.397	24.638	26.435	27.711	29.677	33.434	39.985	56.041	35
36	24.701	24.994	25.261	25.507	27.343	28.647	30.657	34.503	41.218	57.703	36
37	25.556	26.854	26.127	26.378	28.254	29.585	31.640	35.572	42.448	59.365	37
38	26.413	26.718	26.998	27.252	29.168	30.526	32.624	36.643	43.680	61.028	38
39	27.272	27.583	27.867	28.129	30.081	31.468	33.609	37.715	44.913	62.690	39
40	28.134	28.451	28.741	29.007	30.997	32.412	34.596	38.787	46.147	64.353	40
41	28.999	29.322	29.616	29.888	31.916	33.357	35.584	39.861	47.381	66.016	41
42	29.866	30.194	30.494	30.771	32.838	34.305	36.574	40.936	48.616	67.679	42
43	30.734	31.069	31.374	31.658	33.758	35.253	37.565	42.011	49.851	69.342	43
44	31.605	31.946	32.256	32.543	34.682	36.203	38.557	43.080	51.086	71.006	44
45	32.478	32.824	33.140	33.432	35.607	37.155	39.550	44.165	52.322	72.669	45
46	33.353	33.705	34.026	34.322	36.534	38.108	40.545	45.243	53.559	74.333	46
47	34.230	34.587	34.913	35.215	37.462	39.062	41.540	46.322	54.796	75.997	47
48	35.108	35.471	35.803	36.109	38.392	40.018	42.537	47.401	56.033	77.660	48
49	35.988	36.357	36.694	37.004	39.323	40.975	43.534	48.481	57.270	79.324	49
50	36.870	37.245	37.586	37.901	40.255	41.933	44.533	49.562	58.508	80.988	50
51	37.754	38.134	38.480	38.800	41.189	42.892	45.533	50.644	59.746	82.652	51
n	Loss Probability (E)									n	
	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	.4	

Offered traffic flow A in erlang

n	Loss Probability (E)										n
	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	.4	
81	37.754	38.134	38.480	38.800	41.189	42.892	45.533	50.644	59.746	82.652	81
82	38.639	39.024	39.376	39.700	42.124	43.852	46.533	51.726	60.985	84.317	82
83	39.526	39.916	40.273	40.602	43.060	44.813	47.534	52.806	62.224	85.981	83
84	40.414	40.810	41.171	41.505	43.997	45.776	48.536	53.891	63.463	87.645	84
85	41.303	41.705	42.071	42.409	44.936	46.739	49.539	54.975	64.702	89.310	85
86	42.194	42.601	42.972	43.315	45.875	47.703	50.543	56.059	65.942	90.974	86
87	43.087	43.499	43.875	44.222	46.816	48.669	51.548	57.144	67.181	92.639	87
88	43.980	44.398	44.778	45.130	47.758	49.635	52.553	58.229	68.421	94.303	88
89	44.875	45.298	45.683	46.039	48.700	50.602	53.559	59.315	69.662	95.968	89
90	45.771	46.199	46.589	46.950	49.644	51.570	54.566	60.401	70.902	97.633	90
91	46.669	47.102	47.497	47.861	50.589	52.539	55.573	61.488	72.143	99.297	91
92	47.567	48.006	48.406	48.774	51.534	53.508	56.587	62.575	73.384	100.962	92
93	48.467	48.910	49.314	49.686	52.481	54.478	57.590	63.663	74.625	102.63	93
94	49.369	49.816	50.225	50.603	53.428	55.450	58.599	64.750	75.866	104.29	94
95	50.270	50.723	51.137	51.518	54.378	56.421	59.609	65.839	77.106	105.96	95
96	51.173	51.631	52.049	52.435	55.325	57.394	60.619	66.927	78.350	107.62	96
97	52.077	52.540	52.963	53.353	56.275	58.367	61.630	68.016	79.592	109.29	97
98	52.982	53.450	53.877	54.272	57.226	59.341	62.642	69.106	80.834	110.95	98
99	53.888	54.361	54.793	55.191	58.177	60.318	63.654	70.196	82.078	112.62	99
100	54.795	55.273	55.709	56.112	59.129	61.291	64.667	71.286	83.318	114.28	100
71	55.703	56.166	56.626	57.033	60.082	62.267	65.680	72.376	84.561	115.95	71
72	56.612	57.099	57.545	57.956	61.036	63.244	66.694	73.467	85.803	117.61	72
73	57.522	58.014	58.464	58.879	61.990	64.221	67.708	74.558	87.046	119.28	73
74	58.432	58.929	59.386	59.803	62.945	65.199	68.723	75.649	88.289	120.94	74
75	59.344	59.848	60.304	60.728	63.900	66.177	69.738	76.741	89.532	122.61	75
76	60.256	60.763	61.228	61.653	64.857	67.156	70.753	77.833	90.776	124.27	76
77	61.169	61.681	62.148	62.579	65.814	68.136	71.769	78.925	92.019	125.94	77
78	62.083	62.600	63.071	63.506	66.771	69.118	72.786	80.018	93.262	127.61	78
79	62.998	63.519	63.985	64.434	67.729	70.098	73.803	81.110	94.506	129.27	79
80	63.914	64.439	64.919	65.363	68.688	71.077	74.820	82.203	95.750	130.94	80
81	64.830	65.360	65.845	66.292	69.647	72.059	75.838	83.297	96.993	132.60	81
82	65.747	66.282	66.771	67.222	70.607	73.041	76.856	84.390	98.237	134.27	82
83	66.665	67.204	67.697	68.182	71.569	74.024	77.874	85.484	99.481	135.93	83
84	67.583	68.128	68.625	69.084	72.529	75.007	78.893	86.578	100.73	137.60	84
85	68.503	69.051	69.553	70.018	73.490	75.990	79.912	87.672	101.97	139.26	85
86	69.423	69.976	70.481	70.948	74.452	76.974	80.932	88.767	103.21	140.93	86
87	70.343	70.901	71.410	71.881	75.415	77.959	81.952	89.861	104.46	142.60	87
88	71.264	71.827	72.340	72.815	76.378	78.944	82.972	90.958	105.70	144.26	88
89	72.186	72.763	73.271	73.749	77.342	79.929	83.993	92.051	106.95	145.93	89
90	73.109	73.690	74.202	74.684	78.306	80.915	85.014	93.146	108.19	147.59	90
91	74.032	74.608	75.134	75.620	79.271	81.901	86.035	94.242	109.44	149.26	91
92	74.956	75.538	76.066	76.556	80.236	82.888	87.057	95.338	110.68	150.92	92
93	75.880	76.465	76.999	77.493	81.201	83.875	88.079	96.434	111.93	152.59	93
94	76.805	77.394	77.932	78.430	82.167	84.862	89.101	97.530	113.17	154.26	94
95	77.731	78.324	78.866	79.368	83.133	85.850	90.123	98.626	114.42	155.92	95
96	78.657	79.255	79.801	80.306	84.100	86.838	91.146	99.722	115.66	157.59	96
97	79.584	80.188	80.738	81.245	85.066	87.826	92.169	100.82	116.91	159.25	97
98	80.511	81.117	81.672	82.184	86.035	88.815	93.193	101.92	118.15	160.92	98
99	81.439	82.050	82.608	83.124	87.003	89.804	94.216	103.01	119.40	162.59	99
100	82.367	82.982	83.545	84.064	87.972	90.794	95.240	104.11	120.64	164.25	100
101	83.296	83.916	84.482	85.005	88.941	91.784	96.265	105.21	121.89	165.92	101
n	Loss Probability (E)										n
	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	.4	

Offered traffic flow A in erlang

n	Loss Probability (E)										n
	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	.4	
101	83.296	83.916	84.482	85.005	88.941	91.784	96.265	105.21	121.89	165.92	101
102	84.225	84.849	85.419	85.946	89.100	92.774	97.289	106.30	123.13	167.58	102
103	85.155	85.783	86.357	86.898	90.880	93.765	98.314	107.40	124.38	169.25	103
104	86.086	86.718	87.296	87.830	91.850	94.756	99.339	108.50	125.63	170.91	104
105	87.017	87.653	88.235	88.773	92.821	95.747	100.36	109.60	126.87	172.58	105
106	87.948	88.589	89.175	89.716	93.791	96.738	101.39	110.70	128.12	174.25	106
107	88.880	89.525	90.115	90.660	94.763	97.730	102.42	111.79	129.38	175.91	107
108	89.812	90.462	91.055	91.604	95.734	98.722	103.44	112.89	130.61	177.58	108
109	90.745	91.399	91.996	92.548	96.706	99.715	104.47	113.99	131.86	179.24	109
110	91.678	92.336	92.937	93.493	97.678	100.71	105.49	115.09	133.10	180.91	110
111	92.612	93.274	93.879	94.438	98.651	101.70	106.52	116.19	134.35	182.58	111
112	93.546	94.212	94.821	95.384	99.624	102.69	107.55	117.29	135.59	184.24	112
113	94.481	95.151	95.764	96.330	100.60	103.69	108.57	118.39	136.84	185.91	113
114	95.416	96.090	96.707	97.277	101.57	104.68	109.60	119.49	138.09	187.57	114
115	96.352	97.030	97.650	98.223	102.54	105.68	110.63	120.58	139.33	189.24	115
116	97.287	97.970	98.594	99.171	103.52	106.67	111.66	121.68	140.58	190.91	116
117	98.224	98.910	99.538	100.12	104.49	107.66	112.69	122.78	141.83	192.57	117
118	99.160	99.851	100.48	101.07	105.47	108.66	113.71	123.88	143.07	194.24	118
119	100.10	100.79	101.43	102.01	106.44	109.66	114.74	124.98	144.32	195.91	119
120	101.04	101.73	102.37	102.96	107.42	110.65	115.77	126.08	145.57	197.57	120
121	101.97	102.68	103.32	103.91	108.39	111.65	116.80	127.18	146.81	199.24	121
122	102.91	103.62	104.26	104.86	109.37	112.64	117.83	128.28	148.06	200.90	122
123	103.85	104.56	105.21	105.81	110.35	113.64	118.86	129.38	149.31	202.57	123
124	104.79	105.50	106.16	106.76	111.32	114.64	119.89	130.48	150.55	204.24	124
125	105.73	106.45	107.10	107.71	112.30	115.63	120.92	131.58	151.80	205.90	125
126	106.67	107.39	108.05	108.66	113.28	116.63	121.95	132.68	153.05	207.57	126
127	107.61	108.34	109.00	109.61	114.25	117.63	122.98	133.78	154.29	209.23	127
128	108.55	109.28	109.95	110.57	115.23	118.62	124.01	134.88	155.54	210.90	128
129	109.49	110.22	110.90	111.52	116.21	119.62	125.04	135.99	156.79	212.57	129
130	110.43	111.17	111.85	112.47	117.19	120.62	126.07	137.09	158.03	214.23	130
131	111.37	112.12	112.79	113.42	118.17	121.62	127.10	138.19	159.28	215.90	131
132	112.31	113.06	113.74	114.38	119.15	122.62	128.13	139.29	160.53	217.57	132
133	113.26	114.01	114.69	115.33	120.12	123.61	129.16	140.39	161.77	219.23	133
134	114.20	114.95	115.64	116.28	121.10	124.61	130.19	141.49	163.02	220.90	134
135	115.14	115.90	116.59	117.24	122.08	125.61	131.22	142.59	164.27	222.56	135
136	116.09	116.85	117.54	118.19	123.06	126.61	132.25	143.69	165.52	224.23	136
137	117.03	117.80	118.50	119.14	124.04	127.61	133.28	144.80	166.76	225.90	137
138	117.97	118.74	119.45	120.10	125.02	128.61	134.32	145.90	168.01	227.56	138
139	118.92	119.69	120.40	121.05	126.00	129.61	135.35	147.00	169.26	229.23	139
140	119.86	120.64	121.35	122.01	126.98	130.61	136.38	148.10	170.50	230.90	140
141	120.81	121.59	122.30	122.96	127.97	131.61	137.41	149.20	171.75	232.56	141
142	121.75	122.54	123.26	123.92	128.95	132.61	138.44	150.30	173.00	234.23	142
143	122.70	123.49	124.21	124.88	129.93	133.61	139.48	151.41	174.25	235.89	143
144	123.64	124.44	125.16	125.83	130.91	134.61	140.51	152.51	175.49	237.56	144
145	124.59	125.39	126.11	126.79	131.89	135.61	141.54	153.61	176.74	239.23	145
146	125.54	126.34	127.07	127.75	132.87	136.61	142.57	154.71	177.99	240.89	146
147	126.48	127.29	128.02	128.70	133.86	137.61	143.61	155.82	179.24	242.56	147
148	127.43	128.24	128.98	129.66	134.84	138.61	144.64	156.92	180.48	244.23	148
149	128.38	129.19	129.93	130.62	135.82	139.62	145.67	158.02	181.73	245.89	149
150	129.32	130.14	130.88	131.58	136.80	140.62	146.71	159.12	182.98	247.56	150
151	130.27	131.09	131.84	132.53	137.79	141.62	147.74	160.23	184.23	249.22	151

Offered traffic flow A in erlang

n	Loss Probability (E)										n
	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	.4	
151	130.27	131.09	131.84	132.53	137.79	141.82	147.74	160.23	184.23	249.22	151
152	131.22	132.04	132.79	133.49	138.77	142.82	148.77	161.33	185.47	250.89	152
153	132.17	132.99	133.75	134.45	139.75	143.82	149.81	162.43	186.72	252.56	153
154	133.12	133.95	134.71	135.41	140.74	144.83	150.84	163.53	187.97	254.22	154
155	134.06	134.90	135.66	136.37	141.72	145.83	151.87	164.64	189.22	255.89	155
156	135.01	135.85	136.62	137.33	142.70	146.83	152.91	165.74	190.47	257.56	156
157	135.96	136.80	137.57	138.29	143.69	147.83	153.94	166.84	191.71	259.22	157
158	136.91	137.76	138.53	139.25	144.67	148.84	154.98	167.95	192.96	260.89	158
159	137.86	138.71	139.49	140.21	145.66	149.84	156.01	169.05	194.21	262.56	159
160	138.81	139.66	140.44	141.17	146.84	150.84	157.05	170.15	195.46	264.22	160
161	139.76	140.62	141.40	142.13	147.83	151.85	158.08	171.25	196.70	265.89	161
162	140.71	141.57	142.36	143.09	148.81	152.85	159.12	172.36	197.95	267.55	162
163	141.66	142.53	143.32	144.05	149.80	153.86	160.15	173.46	199.20	269.22	163
164	142.61	143.48	144.28	145.01	150.88	154.86	161.19	174.56	200.45	270.89	164
165	143.57	144.44	145.23	145.97	151.87	155.86	162.22	175.67	201.70	272.55	165
166	144.52	145.39	146.19	146.93	152.85	156.87	163.26	176.77	202.94	274.22	166
167	145.47	146.35	147.15	147.89	153.84	157.87	164.29	177.88	204.19	275.89	167
168	146.42	147.30	148.11	148.86	154.83	158.88	165.33	178.98	205.44	277.55	168
169	147.37	148.26	148.97	149.82	155.81	159.88	166.36	180.08	206.69	279.22	169
170	148.32	149.21	150.03	150.78	156.80	160.89	167.40	181.19	207.94	280.89	170
171	149.28	150.17	150.99	151.74	157.80	161.89	168.43	182.29	209.18	282.55	171
172	150.23	151.13	151.95	152.71	158.77	162.70	169.47	183.39	210.43	284.22	172
173	151.18	152.08	152.91	153.67	159.68	163.70	170.50	184.50	211.68	285.89	173
174	152.14	153.04	153.87	154.63	160.44	164.71	171.54	185.60	212.93	287.55	174
175	153.09	154.00	154.83	155.60	161.43	165.71	172.58	186.71	214.18	289.22	175
176	154.04	154.95	155.79	156.56	162.42	166.72	173.61	187.81	215.42	290.88	176
177	155.00	155.91	156.75	157.52	163.41	167.72	174.65	188.91	216.67	292.55	177
178	155.95	156.87	157.71	158.49	164.39	168.73	175.69	190.02	217.92	294.22	178
179	156.91	157.83	158.67	159.45	165.38	169.73	176.72	191.12	219.17	295.89	179
180	157.86	158.78	159.63	160.42	166.37	170.74	177.76	192.23	220.42	297.55	180
181	158.81	159.74	160.59	161.38	167.36	171.75	178.79	193.33	221.66	299.22	181
182	159.77	160.70	161.55	162.34	168.35	172.75	179.83	194.44	222.91	300.88	182
183	160.72	161.66	162.52	163.31	169.33	173.76	180.87	195.54	224.16	302.55	183
184	161.68	162.62	163.48	164.27	170.32	174.77	181.91	196.65	225.41	304.21	184
185	162.64	163.58	164.44	165.24	171.31	175.77	182.94	197.75	226.66	305.88	185
186	163.59	164.54	165.40	166.21	172.30	176.78	183.98	198.85	227.91	307.55	186
187	164.55	165.50	166.37	167.17	173.29	177.79	185.02	199.95	229.15	309.21	187
188	165.50	166.46	167.33	168.14	174.28	178.79	186.05	201.06	230.40	310.88	188
189	166.46	167.42	168.29	169.10	175.27	179.80	187.09	202.17	231.65	312.55	189
190	167.42	168.37	169.25	170.07	176.26	180.81	188.13	203.27	232.90	314.21	190
191	168.37	169.34	170.22	171.03	177.25	181.81	189.17	204.38	234.15	315.88	191
192	169.33	170.30	171.18	172.00	178.24	182.82	190.20	205.48	235.40	317.55	192
193	170.29	171.26	172.14	172.97	179.23	183.83	191.24	206.59	236.64	319.21	193
194	171.24	172.22	173.11	173.93	180.22	184.84	192.28	207.69	237.89	320.88	194
195	172.20	173.18	174.07	174.90	181.21	185.85	193.32	208.80	239.14	322.55	195
196	173.16	174.14	175.04	175.87	182.20	186.85	194.35	209.90	240.39	324.21	196
197	174.12	175.10	176.00	176.84	183.19	187.86	195.39	211.01	241.64	325.88	197
198	175.07	176.06	176.96	177.80	184.18	188.87	196.43	212.11	242.89	327.54	198
199	176.03	177.02	177.93	178.77	185.17	189.88	197.47	213.22	244.13	329.21	199
200	176.99	177.98	178.89	179.74	186.16	190.89	198.51	214.32	245.38	330.88	200
201	177.95	178.95	179.86	180.71	187.15	191.89	199.55	215.43	246.63	332.54	201

Offered traffic flow A in erlang

n	Loss Probability (E)										n
	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	.4	
201	177.95	178.85	179.86	180.71	187.15	191.89	199.55	215.43	248.63	332.54	201
202	178.91	179.91	180.82	181.67	188.14	192.90	200.58	216.53	247.86	334.21	202
203	179.87	180.87	181.79	182.64	189.13	193.91	201.62	217.64	249.13	335.88	203
204	180.82	181.83	182.75	183.61	190.12	194.92	202.66	218.74	250.38	337.54	204
205	181.78	182.79	183.72	184.58	191.11	195.93	203.70	219.85	251.63	339.21	205
206	182.74	183.76	184.69	185.55	192.10	196.94	204.74	220.95	252.87	340.88	206
207	183.70	184.72	185.65	186.52	193.10	197.95	205.78	222.06	254.12	342.54	207
208	184.66	185.68	186.62	187.48	194.09	198.96	206.82	223.17	255.37	344.21	208
209	185.62	186.65	187.58	188.45	195.08	199.97	207.85	224.27	256.62	345.88	209
210	186.58	187.61	188.55	189.42	196.07	200.97	208.89	225.38	257.87	347.54	210
211	187.54	188.57	189.52	190.39	197.08	201.98	209.93	226.48	259.12	349.21	211
212	188.50	189.54	190.48	191.36	198.06	202.99	210.97	227.59	260.37	350.88	212
213	189.46	190.50	191.45	192.33	199.05	204.00	212.01	228.69	261.61	352.54	213
214	190.42	191.46	192.42	193.30	200.04	205.01	213.05	229.80	262.86	354.21	214
215	191.38	192.43	193.38	194.27	201.03	206.02	214.09	230.90	264.11	355.87	215
216	192.34	193.39	194.35	195.24	202.02	207.03	215.13	232.01	265.36	357.54	216
217	193.30	194.35	195.32	196.21	203.02	208.04	216.17	233.12	266.61	359.21	217
218	194.26	195.32	196.29	197.18	204.01	209.05	217.21	234.22	267.86	360.87	218
219	195.23	196.28	197.25	198.15	205.00	210.08	218.25	235.33	269.11	362.54	219
220	196.19	197.25	198.22	199.12	206.00	211.07	219.29	236.43	270.36	364.21	220
221	197.15	198.21	199.19	200.09	206.99	212.08	220.33	237.54	271.60	365.87	221
222	198.11	199.18	200.16	201.03	207.98	213.09	221.37	238.65	272.85	367.54	222
223	199.07	200.14	201.12	202.04	208.97	214.10	222.41	239.75	274.10	369.21	223
224	200.03	201.11	202.09	203.01	209.97	215.11	223.45	240.86	275.35	370.87	224
225	201.00	202.07	203.06	203.98	210.96	216.12	224.48	241.96	276.60	372.54	225
226	201.96	203.04	204.03	204.95	211.95	217.14	225.52	243.07	277.85	374.21	226
227	202.92	204.00	205.00	205.92	212.95	218.15	226.56	244.18	279.10	375.87	227
228	203.88	204.97	205.97	206.89	213.94	219.16	227.60	245.28	280.35	377.54	228
229	204.85	205.94	206.94	207.86	214.94	220.17	228.65	246.39	281.59	379.21	229
230	205.81	206.90	207.91	208.84	215.93	221.18	229.69	247.49	282.84	380.87	230
231	206.77	207.87	208.87	209.81	216.92	222.19	230.73	248.60	284.09	382.54	231
232	207.73	208.83	209.84	210.78	217.92	223.20	231.77	249.71	285.34	384.21	232
233	208.70	209.80	210.81	211.75	218.91	224.21	232.81	250.81	286.59	385.87	233
234	209.66	210.77	211.78	212.72	219.91	225.22	233.85	251.92	287.84	387.54	234
235	210.62	211.73	212.75	213.70	220.90	226.23	234.89	253.02	289.09	389.21	235
236	211.59	212.70	213.72	214.67	221.89	227.25	235.93	254.13	290.34	390.87	236
237	212.55	213.67	214.69	215.64	222.89	228.26	236.97	255.24	291.58	392.54	237
238	213.52	214.64	215.66	216.61	223.88	229.27	238.01	256.34	292.83	394.21	238
239	214.48	215.60	216.63	217.59	224.88	230.28	239.05	257.45	294.08	395.87	239
240	215.44	216.57	217.60	218.58	225.87	231.29	240.09	258.56	295.33	397.54	240
241	216.41	217.54	218.57	219.53	226.87	232.30	241.13	259.66	296.58	399.21	241
242	217.37	218.50	219.54	220.51	227.86	233.32	242.17	260.77	297.83	400.87	242
243	218.34	219.47	220.51	221.48	228.86	234.33	243.21	261.88	299.08	402.54	243
244	219.30	220.44	221.48	222.45	229.85	235.34	244.25	262.98	300.33	404.20	244
245	220.27	221.41	222.46	223.43	230.85	236.35	245.29	264.09	301.58	405.87	245
246	221.23	222.38	223.43	224.40	231.84	237.36	246.34	265.20	302.82	407.54	246
247	222.20	223.34	224.40	225.37	232.84	238.38	247.38	266.30	304.07	409.20	247
248	223.16	224.31	225.37	226.35	233.84	239.39	248.42	267.41	305.32	410.87	248
249	224.13	225.28	226.34	227.32	234.83	240.40	249.46	268.52	306.57	412.54	249
250	225.09	226.25	227.31	228.30	235.83	241.41	250.50	269.62	307.82	414.20	250
251	226.06	227.22	228.28	229.27	236.82	242.43	251.54	270.73	309.07	415.87	251

Offered traffic flow A In Erlang

n	Loss Probability (E)									n	
	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2		.4
251	226.06	227.22	228.28	229.27	236.82	242.43	251.54	270.73	309.07	415.87	251
252	227.02	228.19	229.25	230.25	237.82	243.44	252.58	271.84	310.32	417.54	252
253	227.99	229.16	230.23	231.22	238.81	244.45	253.62	272.94	311.57	419.20	253
254	228.95	230.12	231.20	232.19	239.81	245.47	254.67	274.05	312.82	420.87	254
255	229.92	231.09	232.17	233.17	240.81	246.48	255.71	275.16	314.08	422.54	255
256	230.89	232.06	233.14	234.14	241.80	247.49	256.75	276.26	315.31	424.20	256
257	231.85	233.03	234.11	235.12	242.80	248.50	257.79	277.37	316.56	425.87	257
258	232.82	234.00	235.09	236.09	243.80	249.52	258.83	278.48	317.81	427.53	258
259	233.78	234.97	236.06	237.07	244.79	250.53	259.87	279.58	319.06	429.20	259
260	234.75	235.94	237.03	238.04	245.79	251.54	260.91	280.69	320.31	430.87	260
261	235.72	236.91	238.00	239.02	246.78	252.58	261.96	281.80	321.56	432.53	261
262	236.68	237.88	238.98	239.99	247.78	253.57	263.00	282.90	322.81	434.20	262
263	237.65	238.85	239.95	240.97	248.78	254.58	264.04	284.01	324.06	435.87	263
264	238.62	239.82	240.92	241.95	249.77	255.60	265.08	285.12	325.31	437.53	264
265	239.58	240.79	241.89	242.92	250.77	256.61	266.12	286.23	326.56	439.20	265
266	240.55	241.76	242.87	243.90	251.77	257.62	267.17	287.33	327.80	440.87	266
267	241.52	242.73	243.84	244.87	252.77	258.64	268.21	288.44	329.05	442.53	267
268	242.49	243.70	244.81	245.85	253.78	259.65	269.25	289.55	330.30	444.20	268
269	243.45	244.67	245.79	246.82	254.78	260.68	270.29	290.65	331.55	445.87	269
270	244.42	245.64	246.76	247.80	255.78	261.68	271.33	291.76	332.80	447.53	270
271	245.39	246.61	247.73	248.78	256.75	262.69	272.38	292.87	334.05	449.20	271
272	246.36	247.58	248.71	249.75	257.75	263.71	273.42	293.98	335.30	450.87	272
273	247.32	248.55	249.68	250.73	258.75	264.72	274.46	295.08	336.55	452.53	273
274	248.29	249.52	250.66	251.71	259.75	265.73	275.50	296.19	337.80	454.20	274
275	249.26	250.50	251.63	252.68	260.74	266.75	276.55	297.30	339.05	455.87	275
276	250.23	251.47	252.60	253.66	261.74	267.76	277.59	298.40	340.30	457.53	276
277	251.20	252.44	253.58	254.64	262.74	268.78	278.63	299.51	341.54	459.20	277
278	252.16	253.41	254.55	255.61	263.74	269.79	279.67	300.62	342.79	460.87	278
279	253.13	254.38	255.53	256.59	264.74	270.80	280.72	301.73	344.04	462.53	279
280	254.10	255.35	256.50	257.57	265.73	271.82	281.76	302.83	345.29	464.20	280
281	255.07	256.32	257.48	258.54	266.73	272.83	282.80	303.94	346.54	465.87	281
282	256.04	257.30	258.45	259.52	267.73	273.85	283.84	305.05	347.79	467.53	282
283	257.01	258.27	259.42	260.50	268.73	274.86	284.89	306.16	349.04	469.20	283
284	257.98	259.24	260.40	261.48	269.73	275.88	285.93	307.26	350.29	470.87	284
285	258.95	260.21	261.37	262.45	270.72	276.89	286.97	308.37	351.54	472.53	285
286	259.91	261.18	262.35	263.43	271.72	277.91	288.01	309.48	352.79	474.20	286
287	260.88	262.16	263.32	264.41	272.72	278.92	289.06	310.58	354.04	475.87	287
288	261.85	263.13	264.30	265.39	273.72	279.93	290.10	311.69	355.28	477.53	288
289	262.82	264.10	265.27	266.36	274.72	280.95	291.14	312.80	356.53	479.20	289
290	263.79	265.07	266.25	267.34	275.72	281.96	292.18	313.91	357.78	480.86	290
291	264.76	266.05	267.23	268.32	276.72	282.98	293.23	315.01	359.03	482.53	291
292	265.73	267.02	268.20	269.30	277.71	283.99	294.27	316.12	360.28	484.20	292
293	266.70	267.99	269.18	270.28	278.71	285.01	295.31	317.23	361.53	485.86	293
294	267.67	268.96	270.15	271.25	279.71	286.02	296.36	318.34	362.78	487.53	294
295	268.64	269.94	271.13	272.23	280.71	287.04	297.40	319.44	364.03	489.20	295
296	269.61	270.91	272.10	273.21	281.71	288.05	298.44	320.55	365.28	490.86	296
297	270.58	271.88	273.08	274.19	282.71	289.07	299.49	321.66	366.53	492.53	297
298	271.55	272.86	274.06	275.17	283.71	290.09	300.53	322.77	367.78	494.20	298
299	272.52	273.83	275.03	276.15	284.71	291.10	301.57	323.88	369.03	495.86	299
300	273.49	274.80	276.01	277.13	285.71	292.12	302.62	324.98	370.28	497.53	300
301	274.46	275.78	276.98	278.10	286.71	293.13	303.66	326.09	371.52	499.20	301

n	Loss Probability (E)									n
	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	

Offered traffic flow A in erlang

n	Loss Probability (E)									n	
	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2		.4
301	274.46	275.78	276.98	278.10	286.71	293.13	303.66	326.09	371.52	499.20	301
302	275.43	276.75	277.96	279.08	287.70	294.15	304.70	327.20	372.77	500.96	302
303	276.40	277.72	278.94	280.06	288.70	295.16	305.75	328.31	374.02	502.53	303
304	277.37	278.70	279.91	281.04	289.70	296.18	306.79	329.41	375.27	504.20	304
305	278.34	279.67	280.89	282.02	290.70	297.19	307.83	330.52	376.52	505.86	305
306	279.32	280.64	281.87	283.00	291.70	298.21	308.88	331.63	377.77	507.53	306
307	280.29	281.62	282.84	283.98	292.70	299.22	309.92	332.74	379.02	509.20	307
308	281.26	282.59	283.82	284.96	293.70	300.24	310.96	333.84	380.27	510.86	308
309	282.23	283.57	284.80	285.94	294.70	301.26	312.01	334.95	381.52	512.53	309
310	283.20	284.54	285.77	286.92	295.70	302.27	313.05	336.06	382.77	514.20	310
311	284.17	285.52	286.75	287.90	296.70	303.29	314.09	337.17	384.02	515.86	311
312	285.14	286.49	287.73	288.88	297.70	304.30	315.14	338.28	385.27	517.53	312
313	286.11	287.46	288.70	289.86	298.70	305.32	316.18	339.38	386.52	519.20	313
314	287.09	288.44	289.68	290.84	299.70	306.34	317.23	340.49	387.78	520.86	314
315	288.06	289.41	290.66	291.82	300.70	307.35	318.27	341.60	389.01	522.53	315
316	289.03	290.39	291.64	292.80	301.70	308.37	319.31	342.71	390.26	524.20	316
317	290.00	291.36	292.61	293.78	302.70	309.38	320.36	343.82	391.51	525.86	317
318	290.97	292.34	293.59	294.76	303.70	310.40	321.40	344.92	392.76	527.53	318
319	291.94	293.31	294.57	295.74	304.70	311.42	322.44	346.03	394.01	529.20	319
320	292.92	294.29	295.55	296.72	305.70	312.43	323.49	347.14	395.26	530.86	320
321	293.89	295.26	296.52	297.70	306.70	313.45	324.53	348.25	396.51	532.53	321
322	294.86	296.24	297.50	298.68	307.70	314.47	325.58	349.36	397.76	534.19	322
323	295.83	297.21	298.48	299.66	308.70	315.48	326.62	350.48	399.01	535.86	323
324	296.81	298.19	299.46	300.64	309.71	316.50	327.66	351.57	400.26	537.53	324
325	297.78	299.16	300.44	301.62	310.71	317.52	328.71	352.68	401.51	539.19	325
326	298.75	300.14	301.41	302.60	311.71	318.53	329.75	353.79	402.76	540.86	326
327	299.72	301.11	302.39	303.58	312.71	319.55	330.80	354.90	404.01	542.53	327
328	300.70	302.09	303.37	304.56	313.71	320.67	331.84	356.00	405.26	544.19	328
329	301.67	303.07	304.35	305.54	314.71	321.58	332.88	357.11	406.50	545.86	329
330	302.64	304.04	305.33	306.52	315.71	322.60	333.93	358.22	407.75	547.53	330
331	303.61	305.02	306.31	307.50	316.71	323.62	334.97	359.33	409.00	549.19	331
332	304.59	305.99	307.28	308.48	317.71	324.63	336.02	360.44	410.25	550.86	332
333	305.56	306.97	308.26	309.46	318.71	325.65	337.06	361.54	411.50	552.53	333
334	306.53	307.94	309.24	310.45	319.71	326.67	338.11	362.65	412.75	554.19	334
335	307.51	308.92	310.22	311.43	320.72	327.68	339.15	363.76	414.00	555.86	335
336	308.48	309.90	311.20	312.41	321.72	328.70	340.19	364.87	415.25	557.53	336
337	309.45	310.87	312.18	313.39	322.72	329.72	341.24	365.98	416.50	559.19	337
338	310.43	311.85	313.16	314.37	323.72	330.73	342.28	367.08	417.75	560.86	338
339	311.40	312.83	314.14	315.35	324.72	331.75	343.33	368.19	419.00	562.53	339
340	312.37	313.80	315.11	316.33	325.72	332.77	344.37	369.30	420.25	564.19	340
341	313.35	314.78	316.09	317.32	326.72	333.78	345.42	370.41	421.50	565.86	341
342	314.32	315.75	317.07	318.30	327.72	334.80	346.46	371.52	422.75	567.53	342
343	315.29	316.73	318.05	319.28	328.73	335.82	347.51	372.63	424.00	569.19	343
344	316.27	317.71	319.03	320.26	329.73	336.84	348.55	373.73	425.24	570.86	344
345	317.24	318.68	320.01	321.24	330.73	337.85	349.60	374.84	426.49	572.53	345
346	318.22	319.66	320.99	322.22	331.73	338.87	350.64	375.95	427.74	574.19	346
347	319.19	320.64	321.97	323.21	332.73	339.89	351.68	377.06	428.99	575.86	347
348	320.16	321.62	322.95	324.19	333.73	340.91	352.73	378.17	430.24	577.53	348
349	321.14	322.59	323.93	325.17	334.74	341.92	353.77	379.28	431.49	579.19	349
350	322.11	323.57	324.91	326.15	335.74	342.94	354.82	380.38	432.74	580.86	350
351	323.09	324.55	325.89	327.14	336.74	343.96	355.86	381.49	433.99	582.53	351
n	Loss Probability (E)									n	
	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	.4	

Offered traffic flow A in erlang

n	Loss Probability (E)										n
	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	.4	
351	323.09	324.55	325.99	327.14	336.74	343.96	355.66	381.49	433.99	582.53	361
352	324.06	325.52	326.97	328.12	337.74	344.96	356.91	382.60	435.24	584.19	362
353	325.03	326.50	327.85	329.10	338.74	345.99	357.95	383.71	436.49	585.86	363
354	326.01	327.48	328.83	330.08	339.75	347.01	359.00	384.82	437.74	587.53	364
355	326.98	328.46	329.81	331.06	340.75	348.03	360.04	385.93	438.99	589.19	365
356	327.96	329.43	330.79	332.05	341.75	349.06	361.09	387.03	440.24	590.86	366
357	328.93	330.41	331.77	333.03	342.75	350.08	362.13	388.14	441.49	592.53	367
358	329.91	331.39	332.75	334.01	343.75	351.08	363.18	389.25	442.74	594.19	368
359	330.88	332.37	333.73	335.00	344.76	352.10	364.22	390.36	443.99	595.86	369
360	331.86	333.34	334.71	335.98	345.76	353.12	365.27	391.47	445.24	597.53	370
361	332.83	334.32	335.69	336.96	346.76	354.14	366.31	392.58	446.48	599.19	371
362	333.81	335.30	336.67	337.94	347.76	355.15	367.36	393.68	447.73	600.86	372
363	334.78	336.28	337.66	338.93	348.77	356.17	368.40	394.79	448.98	602.53	373
364	335.76	337.25	338.83	339.91	349.77	357.19	369.45	395.90	450.23	604.19	374
365	336.73	338.23	339.81	340.89	350.77	358.21	370.49	397.01	451.48	605.86	375
366	337.71	339.21	340.59	341.88	351.77	359.23	371.54	398.12	452.73	607.53	376
367	338.68	340.19	341.57	342.86	352.78	360.24	372.58	399.23	453.98	609.19	377
368	339.66	341.17	342.55	343.84	353.78	361.26	373.63	400.34	455.23	610.86	378
369	340.63	342.15	343.53	344.83	354.78	362.28	374.67	401.44	456.48	612.53	379
370	341.61	343.12	344.52	345.81	355.79	363.30	375.72	402.55	457.73	614.19	380
371	342.59	344.10	345.50	346.79	356.79	364.32	376.78	403.66	458.98	615.86	381
372	343.56	345.08	346.48	347.78	357.79	365.33	377.81	404.77	460.23	617.53	382
373	344.54	346.06	347.46	348.76	358.79	366.35	378.85	405.88	461.48	619.19	383
374	345.51	347.04	348.44	349.74	359.80	367.37	379.90	406.99	462.73	620.86	384
375	346.49	348.02	349.42	350.73	360.80	368.39	380.94	408.10	463.98	622.53	385
376	347.46	348.99	350.40	351.71	361.80	369.41	381.99	409.20	465.23	624.19	386
377	348.44	349.97	351.38	352.69	362.81	370.43	383.04	410.31	466.48	625.86	387
378	349.42	350.95	352.36	353.68	363.81	371.45	384.08	411.42	467.73	627.53	388
379	350.39	351.93	353.35	354.66	364.81	372.46	385.13	412.53	468.98	629.19	389
380	351.37	352.91	354.33	355.64	365.81	373.48	386.17	413.64	470.22	630.86	390
381	352.34	353.89	355.31	356.63	366.82	374.50	387.22	414.75	471.47	632.53	391
382	353.32	354.87	356.29	357.61	367.82	375.52	388.26	415.86	472.72	634.19	392
383	354.30	355.85	357.27	358.60	368.82	376.54	389.31	416.96	473.97	635.86	393
384	355.27	356.83	358.25	359.58	369.83	377.56	390.35	418.07	475.22	637.53	394
385	356.25	357.81	359.24	360.57	370.83	378.58	391.40	419.18	476.47	639.19	395
386	357.23	358.78	360.22	361.55	371.83	379.59	392.44	420.29	477.72	640.86	396
387	358.20	359.76	361.20	362.53	372.84	380.61	393.49	421.40	478.97	642.53	397
388	359.18	360.74	362.18	363.52	373.84	381.63	394.54	422.51	480.22	644.19	398
389	360.16	361.72	363.16	364.50	374.85	382.65	395.58	423.62	481.47	645.86	399
390	361.13	362.70	364.14	365.49	375.85	383.67	396.63	424.73	482.72	647.53	400
391	362.11	363.68	365.13	366.47	376.85	384.69	397.67	425.83	483.97	649.19	401
392	363.09	364.66	366.11	367.46	377.86	385.71	398.72	426.94	485.22	650.86	402
393	364.06	365.64	367.09	368.44	378.86	386.73	399.76	428.05	486.47	652.53	403
394	365.04	366.62	368.07	369.42	379.86	387.74	400.81	429.16	487.72	654.19	404
395	366.02	367.60	369.06	370.41	380.87	388.76	401.86	430.27	488.97	655.86	405
396	366.99	368.58	370.04	371.39	381.87	389.78	402.90	431.38	490.22	657.53	406
397	367.97	369.56	371.02	372.38	382.87	390.80	403.95	432.49	491.47	659.19	407
398	368.95	370.54	372.00	373.36	383.89	391.82	404.99	433.60	492.72	660.86	408
399	369.93	371.52	372.98	374.35	384.88	392.84	406.04	434.70	493.97	662.53	409
400	370.90	372.50	373.97	375.33	385.89	393.86	407.08	435.81	495.22	664.19	400
401	371.88	373.48	374.95	376.32	386.89	394.88	408.13	436.92	496.46	665.86	401
n	Loss Probability (E)										n
	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	.4	

Offered traffic flow A in erlang

n	Loss Probability (E)										n
	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	.4	
401	371.88	373.48	374.95	376.32	388.89	394.88	408.13	436.92	496.46	605.86	401
402	372.86	374.46	375.93	377.30	387.89	395.90	409.18	438.03	497.71	607.52	402
403	373.83	375.44	376.92	378.29	388.90	396.92	410.22	439.14	498.96	609.19	403
404	374.81	376.42	377.90	379.27	389.90	397.94	411.27	440.25	500.21	610.86	404
405	375.78	377.40	378.88	380.26	390.81	398.96	412.31	441.36	501.46	612.52	405
406	376.77	378.38	379.86	381.24	391.91	399.97	413.36	442.47	502.71	614.19	406
407	377.74	379.36	380.85	382.23	392.91	400.99	414.41	443.58	503.96	615.86	407
408	378.72	380.34	381.83	383.21	393.92	402.01	415.45	444.68	505.21	617.52	408
409	379.70	381.32	382.81	384.20	394.92	403.03	416.50	445.79	506.46	619.19	409
410	380.68	382.30	383.80	385.18	395.93	404.05	417.54	446.90	507.71	620.86	410
411	381.66	383.28	384.78	386.17	396.93	405.07	418.59	448.01	508.96	622.52	411
412	382.63	384.26	385.76	387.16	397.94	406.09	419.64	449.12	510.21	624.19	412
413	383.61	385.24	386.74	388.14	398.94	407.11	420.68	450.23	511.46	625.86	413
414	384.59	386.22	387.73	389.13	399.94	408.13	421.73	451.34	512.71	627.52	414
415	385.57	387.20	388.71	390.11	400.95	409.15	422.77	452.45	513.96	629.19	415
416	386.55	388.19	389.69	391.10	401.95	410.17	423.82	453.56	515.21	630.86	416
417	387.52	389.17	390.68	392.08	402.96	411.19	424.87	454.66	516.46	632.52	417
418	388.50	390.15	391.66	393.07	403.96	412.21	425.91	455.77	517.71	634.19	418
419	389.48	391.13	392.64	394.05	404.97	413.23	426.96	456.88	518.96	635.86	419
420	390.46	392.11	393.63	395.04	405.97	414.25	428.01	457.99	520.21	637.52	420
421	391.44	393.09	394.61	396.03	406.98	415.27	429.05	459.10	521.46	639.19	421
422	392.42	394.07	395.60	397.01	407.98	416.29	430.10	460.21	522.71	640.86	422
423	393.39	395.05	396.58	398.00	408.99	417.31	431.14	461.32	523.96	642.52	423
424	394.37	396.03	397.56	398.98	409.99	418.33	432.19	462.43	525.20	644.19	424
425	395.35	397.01	398.55	399.97	411.00	419.35	433.24	463.54	526.45	645.86	425
426	396.33	398.00	399.53	400.96	412.00	420.37	434.28	464.65	527.70	647.52	426
427	397.31	398.98	400.51	401.94	413.01	421.39	435.33	465.75	528.95	649.19	427
428	398.29	399.96	401.50	402.93	414.01	422.41	436.38	466.86	530.20	650.86	428
429	399.27	400.94	402.48	403.91	415.02	423.43	437.42	467.97	531.45	652.52	429
430	400.24	401.92	403.47	404.90	416.02	424.45	438.47	469.08	532.70	654.19	430
431	401.22	402.90	404.45	405.89	417.03	425.47	439.52	470.19	533.95	655.86	431
432	402.20	403.88	405.43	406.87	418.03	426.49	440.56	471.30	535.20	657.52	432
433	403.18	404.87	406.42	407.86	419.04	427.51	441.61	472.41	536.45	659.19	433
434	404.16	405.85	407.40	408.85	420.04	428.53	442.65	473.52	537.70	660.86	434
435	405.14	406.83	408.39	409.83	421.05	429.55	443.70	474.63	538.95	662.52	435
436	406.12	407.81	409.37	410.82	422.05	430.57	444.75	475.74	540.20	664.19	436
437	407.10	408.79	410.35	411.81	423.06	431.59	445.79	476.84	541.45	665.86	437
438	408.08	409.77	411.34	412.79	424.06	432.61	446.84	477.95	542.70	667.52	438
439	409.05	410.76	412.32	413.78	425.07	433.63	447.89	479.06	543.95	669.19	439
440	410.03	411.74	413.31	414.77	426.07	434.65	448.93	480.17	545.20	670.86	440
441	411.01	412.72	414.29	415.75	427.08	435.67	449.98	481.28	546.45	672.52	441
442	411.99	413.70	415.28	416.74	428.08	436.69	451.03	482.39	547.70	674.19	442
443	412.97	414.68	416.26	417.73	429.09	437.71	452.07	483.50	548.95	675.86	443
444	413.95	415.67	417.24	418.71	430.09	438.73	453.12	484.61	550.20	677.52	444
445	414.93	416.65	418.23	419.70	431.10	439.75	454.17	485.72	551.45	679.19	445
446	415.91	417.63	419.21	420.69	432.10	440.77	455.21	486.83	552.70	680.86	446
447	416.89	418.61	420.20	421.67	433.11	441.79	456.26	487.94	553.95	682.52	447
448	417.87	419.60	421.18	422.66	434.11	442.81	457.31	489.05	555.19	684.19	448
449	418.85	420.58	422.17	423.65	435.12	443.83	458.35	490.15	556.44	685.86	449
450	419.83	421.56	423.15	424.63	436.13	444.85	459.40	491.26	557.69	687.52	450
451	420.81	422.54	424.14	425.62	437.13	445.87	460.45	492.37	558.94	689.19	451
n	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	.4	n

Offered traffic flow A in erlang

n	Loss Probability (E)										n
	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	.4	
451	420.81	422.54	424.14	425.62	437.13	445.87	460.45	492.37	558.94	749.19	481
452	421.79	423.52	425.12	426.61	438.14	446.89	461.49	493.48	560.19	750.85	482
453	422.77	424.51	426.11	427.60	439.14	447.91	462.54	494.59	561.44	752.52	483
454	423.75	425.49	427.09	428.58	440.15	448.93	463.59	495.70	562.69	754.19	484
455	424.73	426.47	428.08	429.57	441.15	449.95	464.63	496.81	563.94	755.85	485
456	425.71	427.45	429.06	430.56	442.16	450.97	465.68	497.92	565.19	757.52	486
457	426.69	428.44	430.05	431.55	443.17	451.99	466.73	499.03	566.44	759.19	487
458	427.67	429.42	431.03	432.53	444.17	453.01	467.77	500.14	567.69	760.85	488
459	428.65	430.40	432.02	433.52	445.18	454.03	468.82	501.25	568.94	762.52	489
460	429.63	431.39	433.00	434.51	446.18	455.06	469.87	502.36	570.19	764.19	490
461	430.61	432.37	433.99	435.50	447.19	456.08	470.91	503.46	571.44	765.85	491
462	431.59	433.35	434.97	436.48	448.19	457.10	471.96	504.57	572.69	767.52	492
463	432.57	434.33	435.96	437.47	449.20	458.12	473.01	505.68	573.94	769.19	493
464	433.55	435.32	436.94	438.46	450.21	459.14	474.06	506.79	575.19	770.85	494
465	434.53	436.30	437.93	439.45	451.21	460.16	475.10	507.90	576.44	772.52	495
466	435.51	437.28	438.91	440.43	452.22	461.18	476.15	509.01	577.69	774.19	496
467	436.49	438.27	439.90	441.42	453.22	462.20	477.20	510.12	578.94	775.85	497
468	437.47	439.25	440.89	442.41	454.23	463.22	478.24	511.23	580.19	777.52	498
469	438.45	440.23	441.87	443.40	455.24	464.24	479.29	512.34	581.44	779.19	499
470	439.43	441.22	442.86	444.38	456.24	465.26	480.34	513.45	582.69	780.85	470
471	440.41	442.20	443.84	445.37	457.25	466.28	481.38	514.56	583.94	782.52	471
472	441.39	443.18	444.83	446.36	458.26	467.30	482.43	515.67	585.19	784.19	472
473	442.37	444.17	445.81	447.35	459.26	468.33	483.48	516.78	586.44	785.85	473
474	443.35	445.15	446.80	448.34	460.27	469.35	484.53	517.89	587.69	787.52	474
475	444.34	446.13	447.79	449.32	461.27	470.37	485.57	518.99	588.93	789.19	475
476	445.32	447.12	448.77	450.31	462.28	471.39	486.62	520.10	590.18	790.85	476
477	446.30	448.10	449.76	451.30	463.29	472.41	487.67	521.21	591.43	792.52	477
478	447.28	449.08	450.74	452.29	464.29	473.43	488.71	522.32	592.68	794.19	478
479	448.26	450.07	451.73	453.28	465.30	474.45	489.76	523.43	593.93	795.85	479
480	449.24	451.05	452.71	454.28	466.31	475.47	490.81	524.54	595.18	797.52	480
481	450.22	452.03	453.70	455.25	467.31	476.49	491.86	525.65	596.43	799.19	481
482	451.20	453.02	454.69	456.24	468.32	477.52	492.90	526.76	597.68	800.85	482
483	452.18	454.00	455.67	457.23	469.32	478.54	493.95	527.87	598.93	802.52	483
484	453.16	454.98	456.66	458.22	470.33	479.56	495.00	528.98	600.18	804.19	484
485	454.15	455.97	457.64	459.21	471.34	480.58	496.04	530.09	601.43	805.85	485
486	455.13	456.95	458.63	460.19	472.34	481.60	497.09	531.20	602.68	807.52	486
487	456.11	457.93	459.62	461.18	473.35	482.62	498.14	532.31	603.93	809.19	487
488	457.09	458.92	460.60	462.17	474.36	483.64	499.19	533.42	605.18	810.85	488
489	458.07	459.90	461.59	463.16	475.36	484.66	500.23	534.53	606.43	812.52	489
490	459.05	460.89	462.58	464.15	476.37	485.68	501.28	535.64	607.68	814.19	490
491	460.03	461.87	463.56	465.14	477.38	486.71	502.33	536.74	608.93	815.85	491
492	461.01	462.85	464.55	466.13	478.38	487.73	503.37	537.85	610.18	817.52	492
493	462.00	463.84	465.54	467.11	479.39	488.75	504.42	538.96	611.43	819.19	493
494	462.98	464.82	466.52	468.10	480.40	489.77	505.47	540.07	612.68	820.85	494
495	463.96	465.81	467.51	469.09	481.40	490.79	506.52	541.18	613.93	822.52	495
496	464.94	466.79	468.49	470.08	482.41	491.81	507.56	542.29	615.18	824.19	496
497	465.92	467.78	469.48	471.07	483.42	492.83	508.61	543.40	616.43	825.85	497
498	466.90	468.76	470.47	472.06	484.43	493.86	509.66	544.51	617.68	827.52	498
499	467.89	469.74	471.45	473.05	485.43	494.88	510.71	545.62	618.93	829.19	499
500	468.87	470.73	472.44	474.04	486.44	495.90	511.75	546.73	620.18	830.85	500
501	469.85	471.71	473.43	475.03	487.45	496.92	512.80	547.84	621.43	832.52	501
n	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	.4	n

Offered traffic flow A in erlang

n	Loss Probability (E)									n	
	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2		.4
501	469.65	471.71	473.43	475.03	487.45	496.92	512.80	547.84	621.43	832.52	501
502	470.83	472.70	474.41	476.01	488.45	497.94	513.85	548.95	622.68	834.18	502
503	471.81	473.68	475.40	477.00	489.46	498.96	514.90	550.06	623.93	835.85	503
504	472.79	474.67	476.39	477.99	490.47	499.99	515.94	551.17	625.18	837.52	504
505	473.78	475.65	477.37	478.98	491.47	501.01	516.99	552.28	626.43	839.18	505
506	474.76	476.63	478.36	479.97	492.48	502.03	518.04	553.39	627.67	840.85	506
507	475.74	477.62	479.35	480.96	493.49	503.05	519.09	554.50	628.92	842.52	507
508	476.72	478.60	480.34	481.95	494.50	504.07	520.13	555.61	630.17	844.18	508
509	477.70	479.59	481.32	482.94	495.50	505.09	521.18	556.72	631.42	845.85	509
510	478.69	480.57	482.31	483.93	496.51	506.11	522.23	557.82	632.67	847.52	510
511	479.67	481.56	483.30	484.92	497.52	507.14	523.28	558.93	633.92	849.18	511
512	480.65	482.54	484.28	485.91	498.52	508.16	524.32	560.04	635.17	850.85	512
513	481.63	483.53	485.27	486.89	499.53	509.18	525.37	561.15	636.42	852.52	513
514	482.62	484.51	486.26	487.88	500.54	510.20	526.42	562.26	637.67	854.18	514
515	483.60	485.50	487.25	488.87	501.55	511.22	527.47	563.37	638.92	855.85	515
516	484.58	486.48	488.23	489.86	502.55	512.25	528.51	564.48	640.17	857.52	516
517	485.56	487.47	489.22	490.85	503.56	513.27	529.56	565.59	641.42	859.18	517
518	486.55	488.45	490.21	491.84	504.57	514.29	530.61	566.70	642.67	860.85	518
519	487.53	489.44	491.19	492.83	505.57	515.31	531.66	567.81	643.92	862.52	519
520	488.51	490.42	492.18	493.82	506.58	516.33	532.70	568.92	645.17	864.18	520
521	489.49	491.41	493.17	494.81	507.59	517.35	533.75	570.03	646.42	865.85	521
522	490.48	492.39	494.16	495.80	508.60	518.38	534.80	571.14	647.67	867.52	522
523	491.46	493.38	495.14	496.79	509.60	519.40	535.85	572.25	648.92	869.18	523
524	492.44	494.36	496.13	497.78	510.61	520.42	536.89	573.36	650.17	870.85	524
525	493.42	495.35	497.12	498.77	511.62	521.44	537.94	574.47	651.42	872.52	525
526	494.41	496.33	498.11	499.76	512.63	522.46	538.99	575.58	652.67	874.18	526
527	495.39	497.32	499.09	500.75	513.63	523.49	540.04	576.69	653.92	875.85	527
528	496.37	498.30	500.08	501.74	514.64	524.51	541.09	577.80	655.17	877.52	528
529	497.35	499.29	501.07	502.73	515.65	525.53	542.13	578.91	656.42	879.18	529
530	498.34	500.27	502.06	503.72	516.66	526.55	543.18	580.02	657.67	880.85	530
531	499.32	501.26	503.04	504.71	517.66	527.57	544.23	581.13	658.92	882.52	531
532	500.30	502.24	504.03	505.70	518.67	528.60	545.28	582.23	660.17	884.18	532
533	501.29	503.23	505.02	506.69	519.68	529.62	546.32	583.34	661.42	885.85	533
534	502.27	504.21	506.01	507.68	520.69	530.64	547.37	584.45	662.67	887.52	534
535	503.25	505.20	507.00	508.67	521.70	531.66	548.42	585.56	663.92	889.18	535
536	504.23	506.19	507.98	509.66	522.70	532.68	549.47	586.67	665.17	890.85	536
537	505.22	507.17	508.97	510.65	523.71	533.71	550.52	587.78	666.42	892.52	537
538	506.20	508.16	509.96	511.64	524.72	534.73	551.56	588.89	667.67	894.18	538
539	507.18	509.14	510.95	512.63	525.73	535.75	552.61	590.00	668.92	895.85	539
540	508.17	510.13	511.93	513.62	526.73	536.77	553.66	591.11	670.17	897.52	540
541	509.15	511.11	512.92	514.61	527.74	537.80	554.71	592.22	671.41	899.18	541
542	510.13	512.10	513.91	515.60	528.75	538.82	555.75	593.33	672.66	900.85	542
543	511.12	513.08	514.90	516.59	529.76	539.84	556.80	594.44	673.91	902.52	543
544	512.10	514.07	515.89	517.58	530.77	540.86	557.85	595.55	675.16	904.18	544
545	513.08	515.06	516.87	518.57	531.77	541.88	558.90	596.66	676.41	905.85	545
546	514.07	516.04	517.86	519.56	532.78	542.91	559.95	597.77	677.66	907.52	546
547	515.05	517.03	518.85	520.55	533.79	543.93	560.99	598.88	678.91	909.18	547
548	516.03	518.01	519.84	521.54	534.80	544.95	562.04	599.99	680.16	910.85	548
549	517.02	519.00	520.83	522.53	535.81	545.97	563.09	601.10	681.41	912.52	549
550	518.00	519.99	521.82	523.52	536.81	547.00	564.14	602.21	682.66	914.18	550
551	518.98	520.97	522.80	524.51	537.82	548.02	565.19	603.32	683.91	915.85	551
n	Loss Probability (E)									n	
	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	.4	

Offered traffic flow A in erlang

n	Loss Probability (E)										n
	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	.4	
551	518.98	520.97	522.80	524.51	537.82	548.02	565.19	603.32	683.91	915.85	551
552	519.97	521.96	523.79	525.50	538.83	549.04	566.23	604.43	685.16	917.52	552
553	520.95	522.94	524.78	526.49	539.84	550.06	567.28	605.54	686.41	919.18	553
554	521.93	523.93	525.77	527.48	540.85	551.09	568.33	606.65	687.66	920.85	554
555	522.92	524.92	526.76	528.47	541.85	552.11	569.38	607.76	688.91	922.52	555
556	523.90	525.90	527.75	529.46	542.86	553.13	570.43	608.87	690.16	924.18	556
557	524.88	526.89	528.73	530.45	543.87	554.15	571.47	609.98	691.41	925.85	557
558	525.87	527.87	529.72	531.45	544.88	555.18	572.52	611.09	692.66	927.52	558
559	526.85	528.86	530.71	532.44	545.89	556.20	573.57	612.20	693.91	929.18	559
560	527.84	529.85	531.70	533.43	546.89	557.22	574.62	613.31	695.16	930.85	560
561	528.82	530.83	532.69	534.42	547.90	558.24	575.67	614.42	696.41	932.52	561
562	529.80	531.82	533.68	535.41	548.91	559.27	576.71	615.52	697.66	934.18	562
563	530.79	532.81	534.67	536.40	549.92	560.29	577.76	616.63	698.91	935.85	563
564	531.77	533.79	535.65	537.39	550.93	561.31	578.81	617.74	700.16	937.52	564
565	532.76	534.78	536.64	538.38	551.94	562.33	579.86	618.85	701.41	939.18	565
566	533.74	535.76	537.63	539.37	552.94	563.36	580.91	619.96	702.66	940.85	566
567	534.72	536.75	538.62	540.38	553.95	564.38	581.95	621.07	703.91	942.52	567
568	535.71	537.74	539.61	541.35	554.96	565.40	583.00	622.18	705.16	944.18	568
569	536.69	538.72	540.60	542.34	555.97	566.42	584.05	623.29	706.41	945.85	569
570	537.68	539.71	541.59	543.34	556.98	567.45	585.10	624.40	707.66	947.52	570
571	538.66	540.70	542.58	544.33	557.99	568.47	586.15	625.51	708.91	949.18	571
572	539.64	541.68	543.56	545.32	559.00	569.49	587.20	626.62	710.16	950.85	572
573	540.63	542.67	544.55	546.31	560.00	570.51	588.24	627.73	711.41	952.52	573
574	541.61	543.66	545.54	547.30	561.01	571.54	589.29	628.84	712.66	954.18	574
575	542.60	544.64	546.53	548.29	562.02	572.56	590.34	629.95	713.91	955.85	575
576	543.58	545.63	547.52	549.28	563.03	573.58	591.39	631.06	715.16	957.52	576
577	544.57	546.62	548.51	550.27	564.04	574.61	592.44	632.17	716.41	959.18	577
578	545.55	547.60	549.50	551.26	565.05	575.63	593.48	633.28	717.66	960.85	578
579	546.53	548.59	550.49	552.26	566.06	576.65	594.53	634.39	718.90	962.52	579
580	547.52	549.58	551.48	553.25	567.06	577.67	595.58	635.50	720.15	964.18	580
581	548.50	550.56	552.47	554.24	568.07	578.70	596.63	636.61	721.40	965.85	581
582	549.49	551.55	553.45	555.23	569.08	579.72	597.68	637.72	722.65	967.52	582
583	550.47	552.54	554.44	556.22	570.09	580.74	598.73	638.83	723.90	969.18	583
584	551.46	553.53	555.43	557.21	571.10	581.76	599.77	639.94	725.15	970.85	584
585	552.44	554.51	556.42	558.20	572.11	582.79	600.82	641.05	726.40	972.52	585
586	553.42	555.50	557.41	559.19	573.12	583.81	601.87	642.16	727.65	974.18	586
587	554.41	556.49	558.40	560.19	574.12	584.83	602.92	643.27	728.90	975.85	587
588	555.39	557.47	559.39	561.18	575.13	585.86	603.97	644.38	730.15	977.52	588
589	556.38	558.46	560.38	562.17	576.14	586.88	605.02	645.49	731.40	979.18	589
590	557.36	559.45	561.37	563.16	577.15	587.90	606.06	646.60	732.65	980.85	590
591	558.35	560.43	562.36	564.15	578.16	588.93	607.11	647.71	733.90	982.52	591
592	559.33	561.42	563.35	565.14	579.17	589.95	608.16	648.82	735.15	984.18	592
593	560.32	562.41	564.34	566.13	580.18	590.97	609.21	649.93	736.40	985.85	593
594	561.30	563.40	565.33	567.13	581.19	591.99	610.26	651.04	737.65	987.52	594
595	562.29	564.38	566.32	568.12	582.20	593.02	611.31	652.15	738.90	989.18	595
596	563.27	565.37	567.31	569.11	583.20	594.04	612.35	653.26	740.15	990.85	596
597	564.26	566.36	568.30	570.10	584.21	595.06	613.40	654.37	741.40	992.52	597
598	565.24	567.35	569.28	571.09	585.22	596.09	614.45	655.48	742.65	994.18	598
599	566.23	568.33	570.27	572.08	586.23	597.11	615.50	656.59	743.90	995.85	599
600	567.21	569.32	571.26	573.08	587.24	598.13	616.55	657.70	745.15	997.52	600
601	568.20	570.31	572.25	574.07	588.25	599.16	617.60	658.81	746.40	999.18	601

APENDICE D : CANALES PARA EL SERVICIO DE RADIOTELEFONIA

MOVIL CELULAR .

CUADRO 1

Canales de frecuencias disponibles en las bandas de 825 MHz a 845 MHz y de 870 MHz a 890 MHz.

FRECUCENCIAS (MHz)			FRECUCENCIAS (MHz)		
No. DE CANAL	MOVIL	BASE	No. DE CANAL	MOVIL	BASE
1	825.030	870.030	67	827.010	872.010
2	825.060	870.060	68	827.040	872.040
3	825.090	870.090	69	827.070	872.070
4	825.120	870.120	70	827.100	872.100
5	825.150	870.150	71	827.130	872.130
6	825.180	870.180	72	827.160	872.160
7	825.210	870.210	73	827.190	872.190
8	825.240	870.240	74	827.220	872.220
9	825.270	870.270	75	827.250	872.250
10	825.300	870.300	76	827.280	872.280
11	825.330	870.330	77	827.310	872.310
12	825.360	870.360	78	827.340	872.340
13	825.390	870.390	79	827.370	872.370
14	825.420	870.420	80	827.400	872.400
15	825.450	870.450	81	827.430	872.430
16	825.480	870.480	82	827.460	872.460
17	825.510	870.510	83	827.490	872.490
18	825.540	870.540	84	827.520	872.520
19	825.570	870.570	85	827.550	872.550
20	825.600	870.600	86	827.580	872.580
21	825.630	870.630	87	827.610	872.610
22	825.660	870.660	88	827.640	872.640
23	825.690	870.690	89	827.670	872.670
24	825.720	870.720	90	827.700	872.700
25	825.750	870.750	91	827.730	872.730
26	825.780	870.780	92	827.760	872.760
27	825.810	870.810	93	827.790	872.790
28	825.840	870.840	94	827.820	872.820
29	825.870	870.870	95	827.850	872.850
30	825.900	870.900	96	827.880	872.880
31	825.930	870.930	97	827.910	872.910
32	825.960	870.960	98	827.940	872.940
33	825.990	870.990	99	827.970	872.970
34	826.020	871.020	100	828.000	873.000
35	826.050	871.050	101	828.030	873.030
36	826.080	871.080	102	828.060	873.060
37	826.110	871.110	103	828.090	873.090
38	826.140	871.140	104	828.120	873.120
39	826.170	871.170	105	828.150	873.150
40	826.200	871.200	106	828.180	873.180
41	826.230	871.230	107	828.210	873.210
42	826.260	871.260	108	828.240	873.240
43	826.290	871.290	109	828.270	873.270
44	826.320	871.320	110	828.300	873.300
45	826.350	871.350	111	828.330	873.330
46	826.380	871.380	112	828.360	873.360
47	826.410	871.410	113	828.390	873.390
48	826.440	871.440	114	828.420	873.420
49	826.470	871.470	115	828.450	873.450
50	826.500	871.500	116	828.480	873.480
51	826.530	871.530	117	828.510	873.510
52	826.560	871.560	118	828.540	873.540
53	826.590	871.590	119	828.570	873.570
54	826.620	871.620	120	828.600	873.600
55	826.650	871.650	121	828.630	873.630
56	826.680	871.680	122	828.660	873.660
57	826.710	871.710	123	828.690	873.690
58	826.740	871.740	124	828.720	873.720
59	826.770	871.770	125	828.750	873.750
60	826.800	871.800	126	828.780	873.780
61	826.830	871.830	127	828.810	873.810
62	826.860	871.860	128	828.840	873.840
63	826.890	871.890	129	828.870	873.870
64	826.920	871.920	130	828.900	873.900
65	826.950	871.950	131	828.930	873.930
66	826.980	871.980	132	828.960	873.960

CUADRO 1/p. 2

No. DE CANAL	FRECUENCIAS (MHz)		No. DE CANAL	FRECUENCIAS (MHz)	
	MOVIL	BASE		MOVIL	BASE
133	828.990	873.990	200	831.000	876.000
134	829.020	874.020	201	831.030	876.030
135	829.050	874.050	202	831.060	876.060
136	829.080	874.080	203	831.090	876.090
137	829.110	874.110	204	831.120	876.120
138	829.140	874.140	205	831.150	876.150
139	829.170	874.170	206	831.180	876.180
140	829.200	874.200	207	831.210	876.210
141	829.230	874.230	208	831.240	876.240
142	829.260	874.260	209	831.270	876.270
143	829.290	874.290	210	831.300	876.300
144	829.320	874.320	211	831.330	876.330
145	829.350	874.350	212	831.360	876.360
146	829.380	874.380	213	831.390	876.390
147	829.410	874.410	214	831.420	876.420
148	829.440	874.440	215	831.450	876.450
149	829.470	874.470	216	831.480	876.480
150	829.500	874.500	217	831.510	876.510
151	829.530	874.530	218	831.540	876.540
152	829.560	874.560	219	831.570	876.570
153	829.590	874.590	220	831.600	876.600
154	829.620	874.620	221	831.630	876.630
155	829.650	874.650	222	831.660	876.660
156	829.680	874.680	223	831.690	876.690
157	829.710	874.710	224	831.720	876.720
158	829.740	874.740	225	831.750	876.750
159	829.770	874.770	226	831.780	876.780
160	829.800	874.800	227	831.810	876.810
161	829.830	874.830	228	831.840	876.840
162	829.860	874.860	229	831.870	876.870
163	829.890	874.890	230	831.900	876.900
164	829.920	874.920	231	831.930	876.930
165	829.950	874.950	232	831.960	876.960
166	829.980	874.980	233	831.990	876.990
167	830.010	875.010	234	832.020	877.020
168	830.040	875.040	235	832.050	877.050
169	830.070	875.070	236	832.080	877.080
170	830.100	875.100	237	832.110	877.110
171	830.130	875.130	238	832.140	877.140
172	830.160	875.160	239	832.170	877.170
173	830.190	875.190	240	832.200	877.200
174	830.220	875.220	241	832.230	877.230
175	830.250	875.250	242	832.260	877.260
176	830.280	875.280	243	832.290	877.290
177	830.310	875.310	244	832.320	877.320
178	830.340	875.340	245	832.350	877.350
179	830.370	875.370	246	832.380	877.380
180	830.400	875.400	247	832.410	877.410
181	830.430	875.430	248	832.440	877.440
182	830.460	875.460	249	832.470	877.470
183	830.490	875.490	250	832.500	877.500
184	830.520	875.520	251	832.530	877.530
185	830.550	875.550	252	832.560	877.560
186	830.580	875.580	253	832.590	877.590
187	830.610	875.610	254	832.620	877.620
188	830.640	875.640	255	832.650	877.650
189	830.670	875.670	256	832.680	877.680
190	830.700	875.700	257	832.710	877.710
191	830.730	875.730	258	832.740	877.740
192	830.760	875.760	259	832.770	877.770
193	830.790	875.790	260	832.800	877.800
194	830.820	875.820	261	832.830	877.830
195	830.850	875.850	262	832.860	877.860
196	830.880	875.880	263	832.890	877.890
197	830.910	875.910	264	832.920	877.920
198	830.940	875.940	265	832.950	877.950
199	830.970	875.970	266	832.980	877.980

CUADRO 1/p. 3

<u>No. DE</u> <u>CANAL</u>	<u>FRECUENCIAS (MHz.)</u>		<u>No. DE</u> <u>CANAL</u>	<u>FRECUENCIAS (MHz.)</u>	
	<u>MOVIL</u>	<u>BASE</u>		<u>MOVIL</u>	<u>BASE</u>
267	833.010	878.010	334	835.020	880.020
268	833.040	878.040	335	835.050	880.050
269	833.070	878.070	336	835.080	880.080
270	833.100	878.100	337	835.110	880.110
271	833.130	878.130	338	835.140	880.140
272	833.160	878.160	339	835.170	880.170
273	833.190	878.190	340	835.200	880.200
274	833.220	878.220	341	835.230	880.230
275	833.250	878.250	342	835.260	880.260
276	833.280	878.280	343	835.290	880.290
277	833.310	878.310	344	835.320	880.320
278	833.340	878.340	345	835.350	880.350
279	833.370	878.370	346	835.380	880.380
280	833.400	878.400	347	835.410	880.410
281	833.430	878.430	348	835.440	880.440
282	833.460	878.460	349	835.470	880.470
283	833.490	878.490	350	835.500	880.500
284	833.520	878.520	351	835.530	880.530
285	833.550	878.550	352	835.560	880.560
286	833.580	878.580	353	835.590	880.590
287	833.610	878.610	354	835.620	880.620
288	833.640	878.640	355	835.650	880.650
289	833.670	878.670	356	835.680	880.680
290	833.700	878.700	357	835.710	880.710
291	833.730	878.730	358	835.740	880.740
292	833.760	878.760	359	835.770	880.770
293	833.790	878.790	360	835.800	880.800
294	833.820	878.820	361	835.830	880.830
295	833.850	878.850	362	835.860	880.860
296	833.880	878.880	363	835.890	880.890
297	833.910	878.910	364	835.920	880.920
298	833.940	878.940	365	835.950	880.950
299	833.970	878.970	366	835.980	880.980
300	834.000	879.000	367	836.010	881.010
301	834.030	879.030	368	836.040	881.040
302	834.060	879.060	369	836.070	881.070
303	834.090	879.090	370	836.100	881.100
304	834.120	879.120	371	836.130	881.130
305	834.150	879.150	372	836.160	881.160
306	834.180	879.180	373	836.190	881.190
307	834.210	879.210	374	836.220	881.220
308	834.240	879.240	375	836.250	881.250
309	834.270	879.270	376	836.280	881.280
310	834.300	879.300	377	836.310	881.310
311	834.330	879.330	378	836.340	881.340
312	834.360	879.360	379	836.370	881.370
313	834.390	879.390	380	836.400	881.400
314	834.420	879.420	381	836.430	881.430
315	834.450	879.450	382	836.460	881.460
316	834.480	879.480	383	836.490	881.490
317	834.510	879.510	384	836.520	881.520
318	834.540	879.540	385	836.550	881.550
319	834.570	879.570	386	836.580	881.580
320	834.600	879.600	387	836.610	881.610
321	834.630	879.630	388	836.640	881.640
322	834.660	879.660	389	836.670	881.670
323	834.690	879.690	390	836.700	881.700
324	834.720	879.720	391	836.730	881.730
325	834.750	879.750	392	836.760	881.760
326	834.780	879.780	393	836.790	881.790
327	834.810	879.810	394	836.820	881.820
328	834.840	879.840	395	836.850	881.850
329	834.870	879.870	396	836.880	881.880
330	834.900	879.900	397	836.910	881.910
331	834.930	879.930	398	836.940	881.940
332	834.960	879.960	399	836.970	881.970
333	834.990	879.990			

CUADRO 1/p. 4

No. DE CANAL	FRECUENCIAS (MHz)		No. DE CANAL	FRECUENCIAS (MHz)	
	MOVIL	BASE		MOVIL	BASE
400	837.000	882.00	466	838.980	883.980
401	837.030	882.030	467	839.010	884.010
402	837.060	882.060	468	839.040	884.040
403	837.090	882.090	469	839.070	884.070
404	837.120	882.120	470	839.100	884.100
405	837.150	882.150	471	839.130	884.130
406	837.180	882.180	472	839.160	884.160
407	837.210	882.210	473	839.190	884.190
408	837.240	882.240	474	839.220	884.220
409	837.270	882.270	475	839.250	884.250
410	837.300	882.300	476	839.280	884.280
411	837.330	882.330	477	839.310	884.310
412	837.360	882.360	478	839.340	884.340
413	837.390	882.390	479	839.370	884.370
414	837.420	882.420	480	839.400	884.400
415	837.450	882.450	481	839.430	884.430
416	837.480	882.480	482	839.460	884.460
417	837.510	882.510	483	839.490	884.490
418	837.540	882.540	484	839.520	884.520
419	837.570	882.570	485	839.550	884.550
420	837.600	882.600	486	839.580	884.580
421	837.630	882.630	487	839.610	884.610
422	837.660	882.660	488	839.640	884.640
423	837.690	882.690	489	839.670	884.670
424	837.720	882.720	490	839.700	884.700
425	837.750	882.750	491	839.730	884.730
426	837.780	882.780	492	839.760	884.760
427	837.810	882.810	493	839.790	884.790
428	837.840	882.840	494	839.820	884.820
429	837.870	882.870	495	839.850	884.850
430	837.900	882.900	495	839.880	884.880
431	837.930	882.930	497	839.910	884.910
432	837.950	882.950	498	839.940	884.940
433	837.990	882.990	499	839.970	884.970
434	838.020	883.020	500	840.000	885.000
435	838.050	883.050	501	840.030	885.030
436	838.080	883.080	502	840.060	885.060
437	838.110	883.110	503	840.090	885.090
438	838.140	883.140	504	840.120	885.120
439	838.170	883.170	505	840.150	885.150
440	838.200	883.200	506	840.180	885.180
441	838.230	883.230	507	840.210	885.210
442	838.260	883.260	508	840.240	885.240
443	838.290	883.290	509	840.270	885.270
444	838.320	883.320	510	840.300	885.300
445	838.350	883.350	511	840.330	885.330
446	838.380	883.380	512	840.360	885.360
447	838.410	883.410	513	840.390	885.390
448	838.440	883.440	514	840.420	885.420
449	838.470	883.470	515	840.450	885.450
450	838.500	883.500	516	840.480	885.480
451	838.530	883.530	517	840.510	885.510
452	838.560	883.560	518	840.540	885.540
453	838.590	883.590	519	840.570	885.570
454	838.620	883.620	520	840.600	885.600
455	838.650	883.650	521	840.630	885.630
456	838.680	883.680	522	840.660	885.660
457	838.710	883.710	523	840.690	885.690
458	838.740	883.740	524	840.720	885.720
459	838.770	883.770	525	840.750	885.750
460	838.800	883.800	526	840.780	885.780
461	838.830	883.830	527	840.810	885.810
462	838.860	883.860	528	840.840	885.840
463	838.890	883.890	529	840.870	885.870
464	838.920	883.920	530	840.900	885.900
465	838.950	883.950	531	840.930	885.930
			532	840.960	885.960

CUADRO 1/p. 5

No. DE		FRECUENCIAS (MHz)		No. DE		FRECUENCIAS (MHz)	
CANAL	MOVIL	BASE		CANAL	MOVIL	BASE	
533	840.990	895.990		600	843.000	889.000	
534	841.020	886.020		601	843.030	880.030	
535	841.050	886.050		602	843.060	880.060	
536	841.080	886.080		603	843.090	880.090	
537	841.110	886.110		604	843.120	880.120	
538	841.140	886.140		605	843.150	880.150	
539	841.170	886.170		606	843.180	880.180	
540	841.200	886.200		607	843.210	880.210	
541	841.230	886.230		608	843.240	880.240	
542	841.260	886.260		609	843.270	880.270	
543	841.290	886.290		610	843.300	880.300	
544	841.320	886.320		611	843.330	880.330	
545	841.350	886.350		612	843.360	880.360	
546	841.380	886.380		613	843.390	880.390	
547	841.410	886.410		614	843.420	880.420	
548	841.440	886.440		615	843.450	880.450	
549	841.470	886.470		616	843.480	880.480	
550	841.500	886.500		617	843.510	880.510	
551	841.530	886.530		618	843.540	880.540	
552	841.560	886.560		619	843.570	880.570	
553	841.590	886.590		620	843.600	880.600	
554	841.620	886.620		621	843.630	880.630	
555	841.650	886.650		622	843.660	880.660	
556	841.680	886.680		623	843.690	880.690	
557	841.710	886.710		624	843.720	880.720	
558	841.740	886.740		625	843.750	880.750	
559	841.770	886.770		626	843.780	880.780	
560	841.800	886.800		627	843.810	880.810	
561	841.830	886.830		628	843.840	880.840	
562	841.860	886.860		629	843.870	880.870	
563	841.890	886.890		630	843.900	880.900	
564	841.920	886.920		631	843.930	880.930	
565	841.950	886.950		632	843.960	880.960	
566	841.980	886.980		633	843.990	880.990	
567	842.010	887.010		634	844.020	880.020	
568	842.040	887.040		635	844.050	880.050	
569	842.070	887.070		636	844.080	880.080	
570	842.100	887.100		637	844.110	880.110	
571	842.130	887.130		638	844.140	880.140	
572	842.160	887.160		639	844.170	880.170	
573	842.190	887.190		640	844.200	880.200	
574	842.220	887.220		641	844.230	880.230	
575	842.250	887.250		642	844.260	880.260	
576	842.280	887.280		643	844.290	880.290	
577	842.310	887.310		644	844.320	880.320	
578	842.340	887.340		645	844.350	880.350	
579	842.370	887.370		646	844.380	880.380	
580	842.400	887.400		647	844.410	880.410	
581	842.430	887.430		648	844.440	880.440	
582	842.460	887.460		649	844.470	880.470	
583	842.490	887.490		650	844.500	880.500	
584	842.520	887.520		651	844.530	880.530	
585	842.550	887.550		652	844.560	880.560	
586	842.580	887.580		653	844.590	880.590	
587	842.610	887.610		654	844.620	880.620	
588	842.640	887.640		655	844.650	880.650	
589	842.670	887.670		656	844.680	880.680	
590	842.700	887.700		657	844.710	880.710	
591	842.730	887.730		658	844.740	880.740	
592	842.760	887.760		659	844.770	880.770	
593	842.790	887.790		660	844.800	880.800	
594	842.820	887.820		661	844.830	880.830	
595	842.850	887.850		662	844.860	880.860	
596	842.880	887.880		663	844.890	880.890	
597	842.910	887.910		664	844.920	880.920	
598	842.940	887.940		665	844.950	880.950	
599	842.970	887.970		666	844.980	880.980	

CUADRO 2

Canales de frecuencias que deben ser utilizados para propósitos de control en las bandas de 825 MHz a 845 MHz y de 870 MHz a - 890 MHz.

No. DE CANAL	FRECUENCIAS (MHz)	
	MOVIL	BASE
313	834.390	879.390
314	834.420	879.420
315	834.450	879.450
316	834.480	879.480
317	834.510	879.510
318	834.540	879.540
319	834.570	879.570
320	834.600	879.600
321	834.630	879.630
322	834.660	879.660
323	834.690	879.690
324	834.720	879.720
325	834.750	879.750
326	834.780	879.780
327	834.810	879.810
328	834.840	879.840
329	834.870	879.870
330	834.900	879.900
331	834.930	879.930
332	834.960	879.960
333	834.990	879.990
334	835.020	880.020
335	835.050	880.050
336	835.080	880.080
337	835.110	880.110
338	835.140	880.140
339	835.170	880.170
340	835.200	880.200
341	835.230	880.230
342	835.260	880.260
343	835.290	880.290
344	835.320	880.320
345	835.350	880.350
346	835.380	880.380
347	835.410	880.410
348	835.440	880.440
349	835.470	880.470
350	835.500	880.500
351	835.530	880.530
352	835.560	880.560
353	835.590	880.590
354	835.620	880.620

APENDICE E: METODO DE PREDICCIÓN DE LAS AREAS DE CUBRIMIENTO DE -
LAS ESTACIONES OPERANDO EN LA BANDA DE 450 MHZ A 460 MHZ.

Hay formas de predicción del cubrimiento de áreas que se pueden ---
obtener mediante el empleo de curvas empíricas publicadas mundial--
mente. Todos los métodos de predicción establecidos en diversas pu
blicaciones, toman en consideración las caracterfsticas topográfi--
cas del terreno que rodea el lugar de instalación de la antena ---
transmisora, trazándose por lo regular una cantidad de radiales - -
(pueden ser 8 ó más) desde la antena hasta aproximadamente 15 km, -
obteniéndose un promedio para cada uno de ellos que por lo general-
se toma entre 3 y 16 km, con el fin de encontrar la altura del cen-
tro de radiación de la antena con relación al nivel del terreno pro
medio en dirección del radial. Las curvas indicadas relacionan la
intensidad de campo con la distancia del transmisor para un valor -
fijo de potencia radiada aparente y para un alcance dado de alturas
de antenas transmisoras. Las curvas dan en general una predicción-
aceptable, cuando el terreno más allá de 16 km es más o menos llano
o indican la extensión aproximada de cubrimiento sobre un terreno -
promedio exento de interferencias de otras estaciones. Bajo estas-
condiciones, el cubrimiento real puede variar grandemente de estas-
estimaciones, debido a que el terreno sobre cualquier trayectoria -
específica será diferente del terreno promedio sobre el cual se ba-

san las cartas de predicción; por esto, hay necesidad de tomar la -
teralmente al uso de las gráficas, providencias para considerar los
obstáculos más allá de los 16 km indicados, como lo son las caracte-
rísticas de obstáculos y del patrón de radiación vertical de la - -
antena.

Se hace notar que el método de predicción se recomienda por prácti-
co, reconociéndose que pueden existir otros que arrojen resultados-
mejores y que en todo caso se puedan considerar para su aceptación.

La figura E.1 nos muestra la curva empírica o nomograma que nos da-
rá las intensidades de campo estimadas $F(50-50)$; es decir, los valo-
res de intensidad de campo rebasados durante el 50% del tiempo, en-
por lo menos el 50% de los puntos de recepción. El nomograma está-
basado en una potencia radiada aparente de 1 kW y una antena recep-
tora colocada a 1.83 m sobre el suelo. Para otras potencias, se --
utiliza la escala deslizable de la figura E.2, la cual se coloca --
sobre las cartas, haciéndola coincidir con la línea de 40 dB la po-
tencia a considerar. El extremo derecho de la escala se coloca en-
línea con la altura de antena apropiada, pudiendo obtenerse lectu-
ras directas en dBu, para una potencia y una altura dadas. Cuando
la altura de la antena no está señalada en la carta, la intensidad-
de campo o distancia, se obtienen por interpolación.

La altura de antena transmisora a emplearse sobre estas figuras, es la altura del centro de radiación de la antena, con relación al nivel del terreno promedio a lo largo de la trayectoria de que se trata. (vease fig. E.3) Para determinar la altura promedio del terreno se consideran las elevaciones entre 3 y 16 km desde el lugar de ubicación de la antena. Se deben trazar perfiles de por lo menos 8 -- radiales, comenzando desde el lugar de ubicación de la antena y extendiéndose hasta 15 km. Los radiales pueden ser dibujados para cada 45° de azimut. La gráfica del perfil deberá indicar la topografía, lo más preciso posible para cada radial y deben trazarse con la distancia en kilómetros como abcisas y la altura en metros sobre el nivel del mar como ordenadas. La elevación promedio entre 3 y 16 km se determina de la gráfica del perfil de cada radial. Esto puede ser obtenido promediando un buen número de puntos igualmente espaciados.

En la preparación de las gráficas de los perfiles previamente descritos, así como en el trazo mismo de los contornos de intensidad de campo, se deben emplear mapas apropiados que contengan curvas de nivel a escalas convenientes como el de la Comisión Intersecretarial Coordinadora del Levantamiento de la Carta geográfica de la República Mexicana con curvas de nivel (equidistantes cada 200 m y escala 1:500,000 o también los de la Comisión de Estudios del Terr

torio Nacional (CETENAL).

Todos los cálculos referentes a las distancias de predicción a los contornos de intensidad de campo deberán integrarse y presentarse en una tabulación llamada "Tabla de Predicciones" que tiene como fin presentar los valores de predicción de distancias a los contornos considerados (ver figura E.4).

La tabla está formada por cinco columnas que contendrán lo siguiente:

Columna No. 1 Azimut del radial.

Columna No. 2 Altura promedio en metros del radial, sobre el nivel del mar entre 3 y 16 km.

Columna No. 3 Altura en metros del centro de radiación de la antena con relación al promedio que figura en la columna No. 2

Columna No. 4 Potencia radiada aparente en Watts.

Columna No. 5 Distancia en Km prevista a los contornos de intensidad de campo de 39 dBu.

Los contornos de intensidad de campo previstos aquí deberán de considerarse para los siguientes propósitos únicamente:

a) En la estimación del cubrimiento resultante de la selección -

de la ubicación de un transmisor particular para una estación.

b) En determinar la mínima intensidad de campo que va a existir en la comunidad principal que se va a servir.

La tabla de predicciones consta de cinco columnas que a continuación citaremos y el procedimiento de cálculo a seguir.

Columna No. 1 Deberá de indicarse el azimut del radial considerado, comenzando con el de 0° , que deberá coincidir con el norte geográfico. Si el lugar de ubicación de la antena está alejado de la ciudad o ciudades principales a servir, al menos un radial deberá hacerse coincidir con esa o esas ciudades.

Columna No. 2 En esta columna se indicará el promedio de cada perfil. Como ya se dijo, éste se obtiene promediando un buen número de datos de altura tomados del perfil en estudio, igualmente espaciados para distancias que como máximo serán de 500 m.

Columna No. 3 Deberá indicarse la diferencia de la altura del centro de radiación de la antena sobre el nivel del mar y el promedio de cada uno de los perfiles.

Columna No. 4 Se indicará la potencia radiada aparente en la dirección del radial.

Columna No. 5 La distancia a los contornos de intensidad de campo, se realizará con base a los métodos de predicción previamente descritos, teniendo cuidado de efectuar observaciones cuando se limite la distancia a los contornos de intensidad de campo por alguna razón; obstáculos topográficos, frontera con los países limítrofes, costas, etc., así como en los casos en los cuales no hallan limitación alguna, a manera de ejemplo se podría poner a un lado de la distancia a un contorno dado un número que nos indicara:

- (1) Predicción realizada mediante los ábacos F-- (50-50).
- (2) Se limitó el contorno de intensidad de campo debido a obstáculos topográficos de naturaleza tal, que se estima que éstos limitan el contorno definitivamente.
- (3) Limitación del contorno en la costa.
- (4) Limitación de contorno en la frontera.

(5) Otros.

Estos deberán trazarse sobre un mapa que incluya el lugar de ubicación de la antena y la región que la circunda. Dicho mapa deberá tener curvas de nivel, orientación geográfica, trazo de los radiales considerados, ciudad o ciudades principales a servir y un cuadro de referencias en donde se deberá anotar el tema que se considera: escala gráfica o numérica equidistancia de las curvas de nivel, manera de identificar los contornos de intensidad de campo trazados, y fecha de elaboración. El tamaño del mapa podría ser cualquiera pero siempre múltiplo de tamaño carta y doblado, si es el caso, de manera que sea fácil su desdoblamiento.

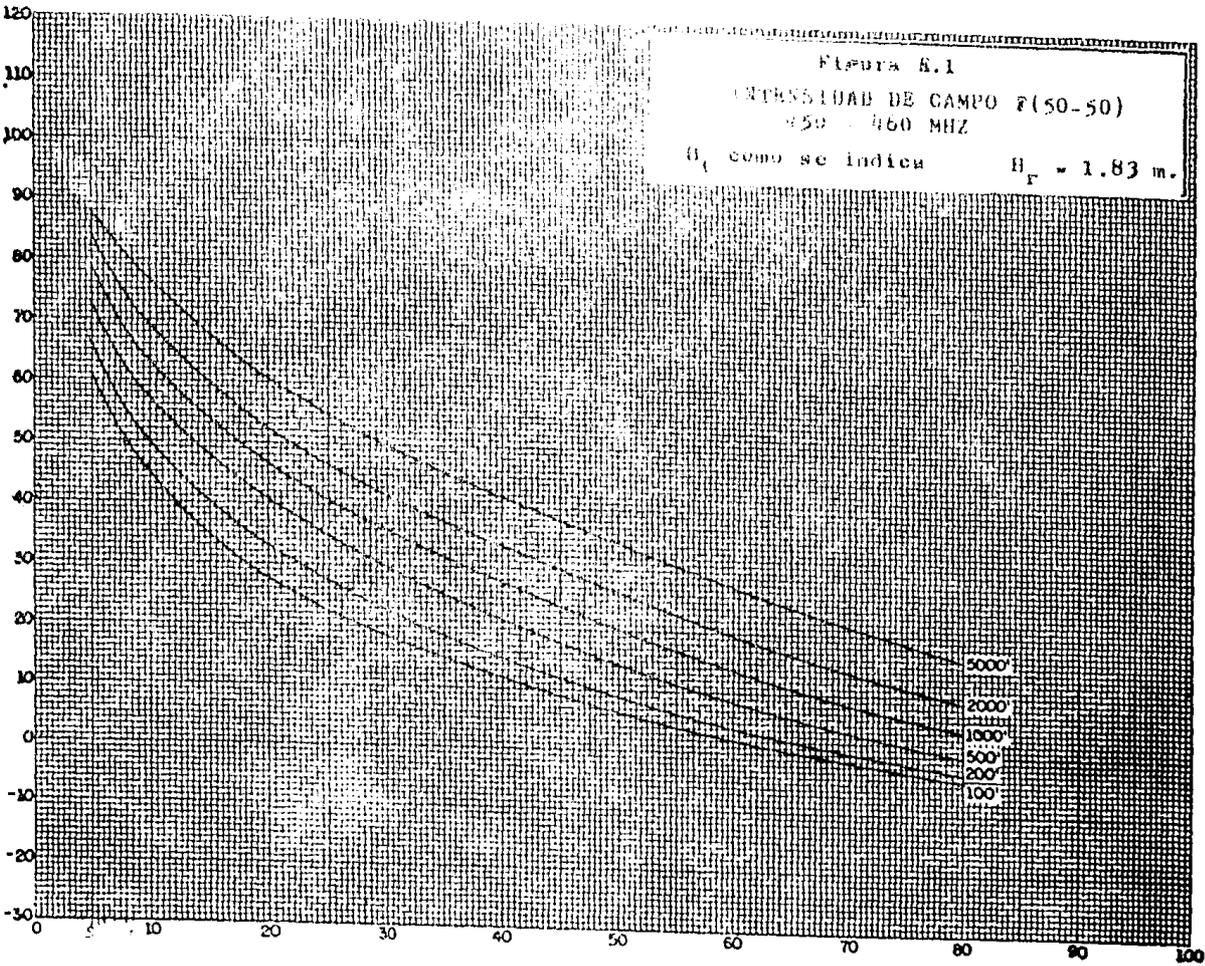
Figura 8.1

INTENSIDAD DE CAMPO F(50-50)
450 - 460 MHZ

H_1 como se indica

$H_T = 1.83$ m.

dBu para 1 KW con un dipolo de $\frac{1}{2} \lambda$.



Distancia en Millas .

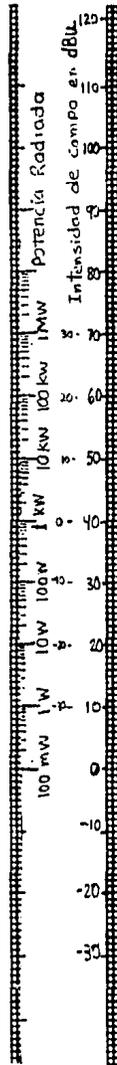


Figura E.2 .- Escala deslizable para potencias radiadas distintas a 1 kW .

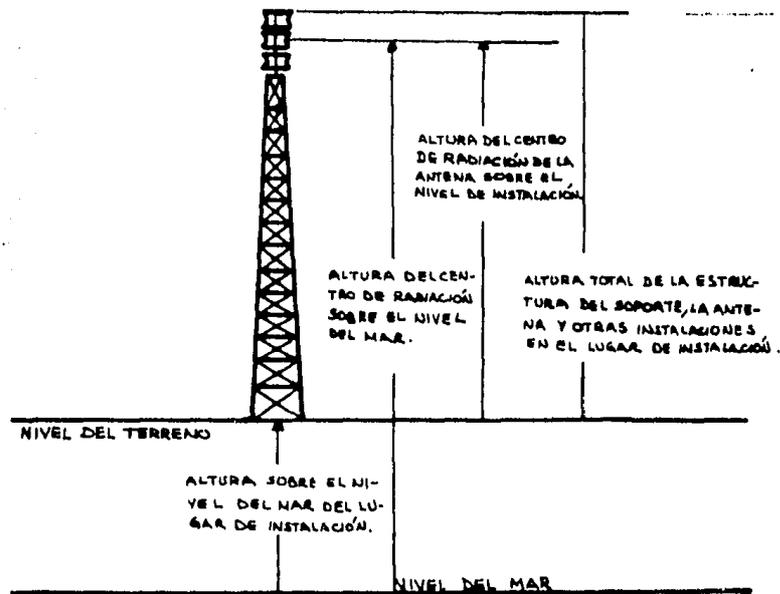


Fig. E.3. Estructura de una antena e indicación de alturas.

* Tabla de predicciones $\frac{7}{4}$ de la célula X .

Azimut del radial (Grados)	Altura promedio en metros del radial sobre el nivel del mar .	Altura en metros del centro de radiación de la antena con relación al promedio que figura en la columna No. 2 .	Potencia radiada aparente en Watts	Distancia en km. prevista al contorno de intensidad de campo de 39 dBu .

(1) Predicción realizada mediante los ábacos F(50-50) .

(2) Se limitó el contorno de intensidad de campo debido a obstáculos topográficos de naturaleza tal que se estima que éstos limitan el contorno definitivamente.

(3) Limitación del contorno en la costa .

(4) Limitación del contorno en la frontera .

Figura E.4 .- Ejemplo de una tabla de predicciones .

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

- XI CONGRESO NACIONAL BIENAL DEL CIME.
La Telefonía Celular, sus Principios y sus Aplicaciones.
Ing. Carlos A. Reboloso R. Octubre 1984.

- IEEE SPECTRUM.
Cellular Mobile Technology: The Great Multiplier.
George R. Cooper and Ray W. Nettleton. June 1983.

- IEEE COMMUNICATIONS MAGAZINE.
Celular Mobile Radio an Emerging Technology.
Nov. 1983.

- TESIS PROFESIONAL.
Estudio para la Implantación de un Sistema de Radio Telefonía Móvil a Nivel País en México.
Ing. Victor Manuel Mendoza Jaimes. 1983.

- INFORME 740-1 DEL CCIR. 1982.
Sistemas del Servicio Móvil Terrestre que Permite Obtener una Mayor Eficacia de Utilización del Espectro.

- Boletín de Telecomunicaciones (UIT). Ginebra Suiza.
Desarrollo del Servicio Público Móvil de Radio Telefonos.
Spinaler K. Vol 49. No. 9 Sept 1982.

- Boletín de Telecomunicaciones (UIT). Ginebra Suiza.
Autotel-Sistem Telefonía Móvil Digital de Banda Ancha para mas de un Millón de Abonados.
Bohm M. Vol 49 No.9 Sept 1982.

- IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY.
The Concept of an Integrated Terrestrial/ Land Mobile Satellite Systems.
George H. Knouse and Peter A. Lastruccio. Vol VT-30 No. 3.
August 1981.
- NEC (Nippon Electric Co. Ltd).
NAMTS-Sistema de Radio Telefonía Móvil Avanzado de NEC.
- NEC (Nippon Electric Co. Ltd.).
Small-Scale Mobile Telephone System.
Jul 1981.
- Estudio de Mercado Para el Servicio de Radio Telefonía Móvil.
RADIOMOVIL DIPSA.
- Radio Móvil (Artículo).
RADIOMOVIL DIPSA.
- Reglamentación de la FCC para servicios Radiotelefónicos Celulares.
- Sistema Celular de San Diego California.
Advanced Mobile Phone Service Inc.
- Plan de Numeración de TELMEX.
- Plan de Señalización de TELMEX.
- The Bell System Technical Journal.
January 1979.
- IEEE TRANSACTION ON VEHICULAR TECHNOLOGY.
Vehicle Location in Cellular Mobile Radio Systems.
Vol VT-26 No. 1 February 1977.