

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**"ESTUDIO Y DISEÑO DE INGENIERÍA DE
RADIOFRECUENCIA PARA UNA MICROCELDA EN
UN SISTEMA DE TELEFONÍA CELULAR"**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

DAVID MALLMA CISNEROS

PROMOCIÓN 1996 - I

LIMA - PERÚ
2000

Un agradecimiento especial a toda mi familia por su apoyo en todo momento, ya que sin ellos no sería posible la realización de mi carrera.

**ESTUDIO Y DISEÑO DE INGENIERIA DE RADIOFRECUENCIA PARA
UNA MICROCELDA EN UN SISTEMA DE TELEFONIA CELULAR**

INDICE

	Página
PROLOGO	01
CAPÍTULO I	
INFORMACIÓN GENERAL	02
1.1 La Señal de Radio.	02
1.1.1 ¿ Qué es un dBm?	02
1.1.2 El espectro electromagnético.	03
1.1.3 Las ondas de radio.	04
1.1.4 Portadoras.	05
1.1.5 Modulación.	05
1.1.6 Ruido e interferencia.	06
1.2 Sistema de telefonía celular básico.	08
1.2.1 Unidad móvil.	08
1.2.2 Estación base celular (Celda o EBC).	09
1.2.3 Central de conmutación y control (CCC).	09
1.2.4 Conexiones.	09
1.3 Conceptos fundamentales.	10
1.3.1 Re-uso de frecuencias.	10
1.3.2 Subdivisión de celdas.	11

SUMARIO

En un sistema de telefonía celular se presentan problemas de capacidad y tráfico a diario, debido al incremento de usuarios y en zonas en donde hay una gran cantidad de usuarios con teléfonos celulares como en un centro comercial, Congreso, edificios, etc. También se presentan problemas de cobertura como por ejemplo en túneles, subterráneos, empresas ubicadas fuera de la ciudad, en donde no hay un servicio de telefonía celular ni repetidoras.

En el presente tema se detalla el estudio teórico completo para implementar una microcelda en una determinada zona donde exista problemas de tráfico o cobertura, y como ejemplo detallaré el trabajo realizado para la microcelda del centro comercial Andino en Bogotá - Colombia. También describiré los conceptos básicos de las comunicaciones por telefonía móvil.

La implementación de las microceldas es la solución mas eficiente para áreas en donde ya no se pueden instalar mas estaciones bases, el cual tiene un área de cobertura pequeña, la cual es fundamental ya que así no causa ningun problema de interferencia a estaciones bases externas. Otro factor importante es el costo ya que una microcelda está muy por debajo del costo de una celda normal.

1.3.3	Sectorización de celdas.	12
1.3.4	Hand-offs.	13
1.4	Criterios de rendimiento en un sistema de telefonía celular.	15
1.4.1	Calidad de voz.	15
1.4.2	Calidad de servicio.	16
1.4.3	Características especiales.	17
1.5	Degradación de las ondas de radio.	18
1.5.1	Pérdidas por espacio libre.	18
1.5.2	Efectos de atenuación.	19
1.5.3	Efectos de reflexión y de caminos múltiples.	20
1.6	Elementos de un radio enlace.	22
1.6.1	Estructura de un canal.	24
1.6.2	Modos de enlace por radio.	25
1.7	Sistema celular analógico (AMPS)	26
1.8	Sistema celular digital	28
1.8.1	Acceso múltiple por división de tiempo. (TDMA)	28
1.8.2	Acceso múltiple por división de código (CDMA)	30
1.9	Procesamiento de la llamada.	31
1.9.1	Llamada originada por el móvil.	32
1.9.2	Liberación por el móvil.	34
1.9.3	Llamada originada por la red pública (terminación).	35
1.9.4	Liberación por la red pública.	37
1.9.5	Handoff.	38
1.10	La microcelda.	39

1.11	Programación de celulares.	40
1.11.1	Programación del NOKIA 2160.	40
CAPÍTULO II		
DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y USO DE LA MICROCELDA		43
2.1	Mobile telephone exchange (MTX).	43
2.2	Intelligent cellular peripheral (ICP).	44
2.3	Compact simplex ICRM (CSI).	44
2.3.1	Convertidor de potencia AC/DC (NTAX73AA).	44
2.3.2	Convertidor de potencia DC/DC (NT2X70CA).	45
2.3.3	Módulo remoto de puerto digital (RMDP) (NT8X47BA)	45
2.3.4	Unidad de control y alarma compacta (CACU) (NTAX94AA)	45
2.3.5	Módulo remoto de conmutación de tiempo (RMTS) (NTAX88AA)	45
2.3.6	Módulo remoto de el procesador de control (RMCP) (NTAX89AA)	46
2.3.7	Interfase de DS1 (NT6X50AB)	47
2.4	Estación base de microcelda (MBS)	47
2.4.1	Matriz de antena.	48
2.4.2	Oscilador maestro compacto (CSMO).	48
2.4.3	Fuente de poder.	49
2.4.4	Unidad de alarma.	49
2.4.5	El ventilador.	49
2.5	Radio, (TRU) transmit and receive unit.	49
2.6	Híbridos.	51
2.6.1	Dual de 8 puertos.	51
2.6.2	Quad de 4 puertos.	52

2.7	Antenas.	52
2.8	Cables.	54
CAPÍTULO III		
INGENIERÍA DEL PROYECTO		56
3.1	Planificación de la microcelda.	56
3.1.1	Requerimientos de diseño para la microcelda.	56
3.1.2	Descripción del trabajo.	57
3.1.3	Consideraciones de interferencia.	59
3.1.4	Condiciones del sistema existente.	61
3.2	Estudio de tráfico.	63
3.2.1	Grado de servicio (GOS).	63
3.2.2	Definir particiones.	64
3.2.3	¿ Que tecnología AMPS o TDMA ?	65
3.3	Estudio de radiofrecuencia.	66
3.3.1	Análisis de interferencia por canal adyacente y co-canal.	66
3.3.2	Ubicación de las antenas y equipos.	71
3.3.3	Análisis de cobertura.	75
3.3.4	Enrutado de los cables.	78
3.3.5	Canal de control digital (IS-136).	79
3.3.6	Parámetros de ingeniería de radiofrecuencia.	82
3.3.7	Patrones de radiación de las antenas.	85
3.3.8	Técnicas estadísticas.	87
CAPÍTULO IV		
EQUIPOS Y MATERIALES		93

4.1	Dimensiones físicas.	93
4.1.1	CSI (compact simplex ICRM).	94
4.1.2	MBS (microcell base station).	95
4.2	Condiciones de energía.	97
4.2.1	MBS.	97
4.2.2	CSI.	98
4.3	Autonomía.	98
4.4	Longitud de cables.	98
4.5	Lista de materiales.	99

CAPÍTULO V

INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE LA MICROCELDA 100

5.1	Instalación.	100
5.2	Chequeo de pérdidas en los cables.	102
5.3	Chequeo de potencias.	102
5.4	Verificación de la cobertura.	104
5.5	Verificación de la interferencia.	104
5.6	Operación, administración y mantenimiento (OA&M).	106

CAPÍTULO VI

OPTIMIZACIÓN DE LA MICROCELDA 108

6.1	Ajuste de la potencia de transmisión.	108
6.1.1	Camino directo.	108
6.1.2	Camino reverso.	110
6.2	Reselección.	112
6.2.1	Macrocelda a microcelda.	112

6.2.2	Microcelda a microcelda.	113
6.2.3	Microcelda a macrocelda.	114
6.3	Handoff.	115
	CONCLUSIONES	119
	ANEXO A	
	TABLAS DE INGENIERÍA DE RF PARA UNA MICROCELDA	120
	ANEXO B	
	LISTA DE TÉRMINOS	124
	BIBLIOGRAFÍA	127

PROLOGO

En un sistema de telefonía celular AMPS/TDMA la utilización de microceldas es necesaria debido a que estas tienen un área de cobertura pequeña y no causan problemas de interferencia a estaciones bases externas. El propósito es primero entender todos los conceptos básicos de un sistema de telefonía celular y con ésta realizar el diseño adecuado para la instalación de la microcelda en una determinada zona en donde el operador nos solicite. Una vez instalada y puesta en servicio la microcelda, la celda externa adyacente será liberada del tráfico y tendrá canales disponibles para otros usuarios dentro de su área de cobertura. Se describirá los equipos en particular para el fabricante NORT -L NETWORKS, ya que el estudio es en forma general y se puede aplicar a cualquier fabricante.

Hay que recalcar que hoy en día en el área de telecomunicaciones, el sistema de telefonía celular inalámbrico está creciendo en forma exponencial en todo el mundo, ya sea utilizando diferentes tecnologías: AMPS, TDMA, CDMA, GSM, IDEN o en diferentes bandas de frecuencias como 800 MHz y 1900 MHz.

Espero que este material sirva como una consulta para los alumnos y profesores quienes deseen entrar en el mundo de telecomunicaciones inalámbricas.

El presente estudio no será aplicado a la tecnología de CDMA sin embargo los principios y fundamentos de radiofrecuencia son lo mismo.

CAPÍTULO I

INFORMACIÓN GENERAL

1.1 La Señal de Radio.

Para entender completamente de como funciona el sistema de telefonía celular, debe haber un entendimiento de elementos cruciales que permitan trabajar a aquellos sistemas: la señal de radio.

La señal de radio existe dentro del espectro electromagnético y sirve como un medio para llevar información de un lugar a otro. Todos nosotros sabemos que las señales de radio existen y son usados cada día en las comunicaciones. Para entender completamente el concepto de “wireless” (inalámbrico), debe haber un entendimiento de las características en las señales de radio y como son utilizados para mejorar el servicio de nuestras comunicaciones.

Los conceptos referidos arriba y otros, mas específicos, factores que afectan la señal de radio (tales como Caminos Múltiples y Desvanecimiento de Rayleigh) , serán todos descritos en este capítulo.

1.1.1 ¿ Qué es un dBm?

Para las mediciones de intensidad de señal en los sistemas de telefonía celular, se utiliza la unidad de medición dBm, que viene de las mediciones de decibel.

$$\text{dBm} = 10 \log(\text{Potencia(W)}/1\text{mW})$$

Hay 3 clases de teléfonos celulares, los cuales se clasifican de la siguiente manera:

Clase	Nombre	Max. Pot. (W)	Max. Pot. (dBm)
Clase I	Móvil	4	36
Clase II	Transportable	1.2 a 3	31 a 35
Clase III	Portable	0.6	28

Móvil.- Este teléfono celular se instala en los vehículos, con una antena externa.

Transportable.- Este teléfono, normalmente se ubica en las viviendas.

Portable. Este es el teléfono celular más popular, la que se puede llevar a la mano con uno mismo.

1.1.2 El espectro Electromagnético.

El espectro electromagnético es dividido dentro de diferentes categorías, de acuerdo a ciertas características de el espectro de frecuencias. Para el caso particular de la banda de frecuencia para telefonía celular se muestra en la figura 1.1a:

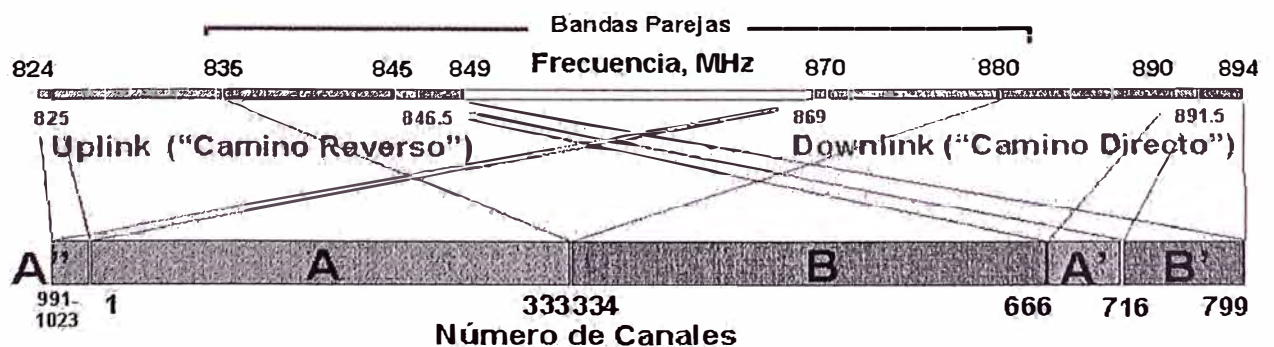


Fig. 1.1a Banda de frecuencias y espectro electromagnético de telefonía celular.

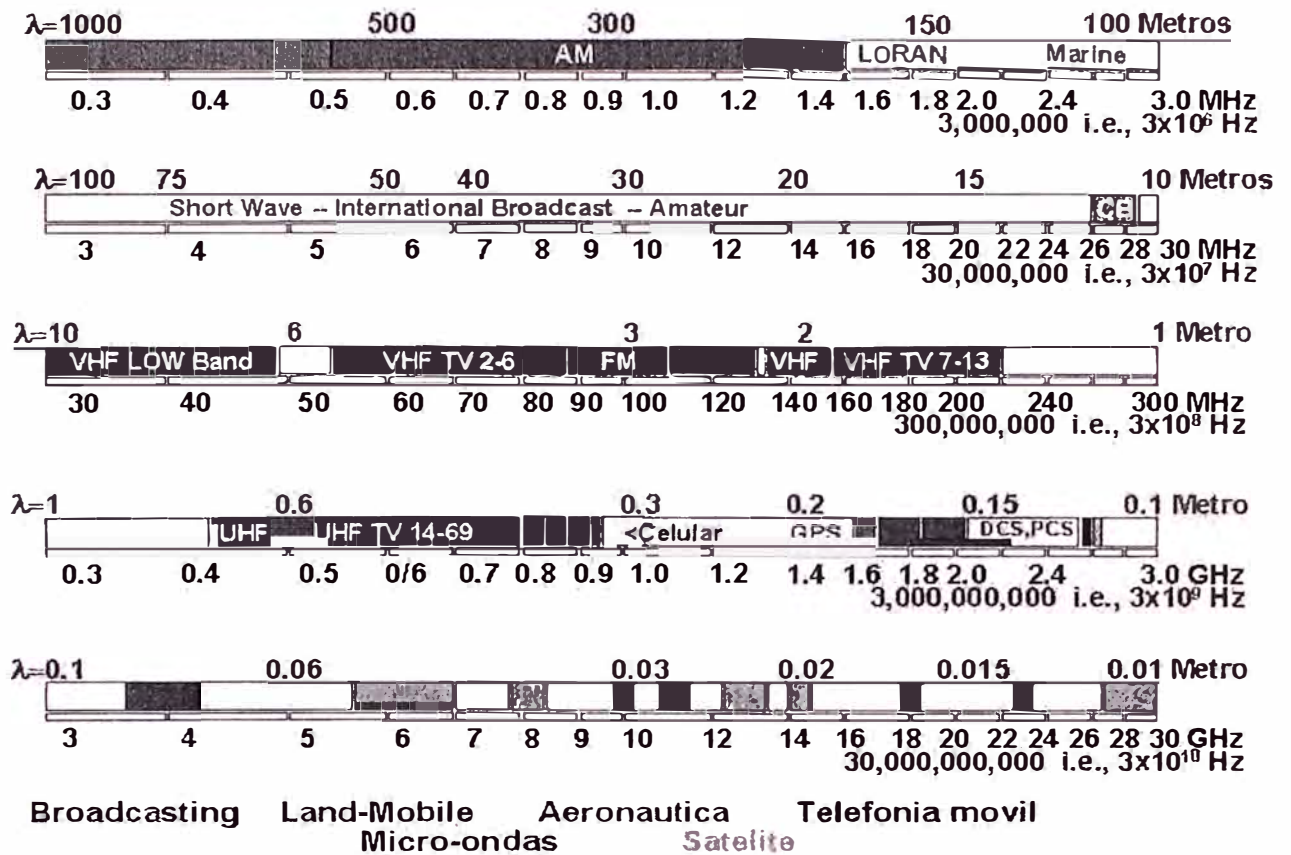


Fig 1.1b. Espectro de Frecuencias

1.1.3 Las Ondas de Radio.

La onda de radio es una forma de energía electromagnética el cual es propagado a través del espacio a la velocidad de la luz. Esta energía puede ser visualizado como una onda senosoidal Fig.1.2.

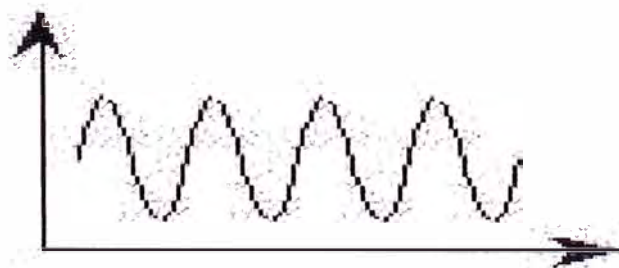


Fig. 1.2 Onda Senosidal

Las ondas de radio tienen tres principales características que son importantes para el entendimiento de las comunicaciones en "wireless". Estas características son: Amplitud, frecuencia y fase.

1.1.4 Portadoras.

La mayoría de las transmisiones de radio se iniciaron con una onda continua de una frecuencia y amplitud fija, llamado portadora. Esta información, tal como una señal de voz, es sobrepuesta usando la técnica de la modulación. La frecuencia portadora usualmente en telefonía celular está en el rango de 800MHz y PCS 1900MHz.

La frecuencia portadora es muy importante debido a que frecuencias diferentes interactúan con el ambiente físico en diferentes formas. Algunas frecuencias proporcionan servicio solamente en línea de vista; otras son fácilmente absorbidas por la morfología del terreno, árboles, construcciones, etc. Pero hay otras frecuencias que tienen una excelente penetración de construcciones y otros obstáculos sin mucha pérdida de energía.

1.1.5 Modulación.

La técnica de la modulación sobrepone información en la onda portadora variando cualesquiera de las características: amplitud, frecuencia o fase (o alguna de las combinaciones de estas). La modulación nos permite transportar la información por la onda portadora a través del aire. Hay dos tipos de modulación:

- Modulación Analógica: variación continua de amplitud, frecuencia o fase. Las dos formas más comunes de modulación en analógico son:
 - Modulación de Amplitud (AM), y

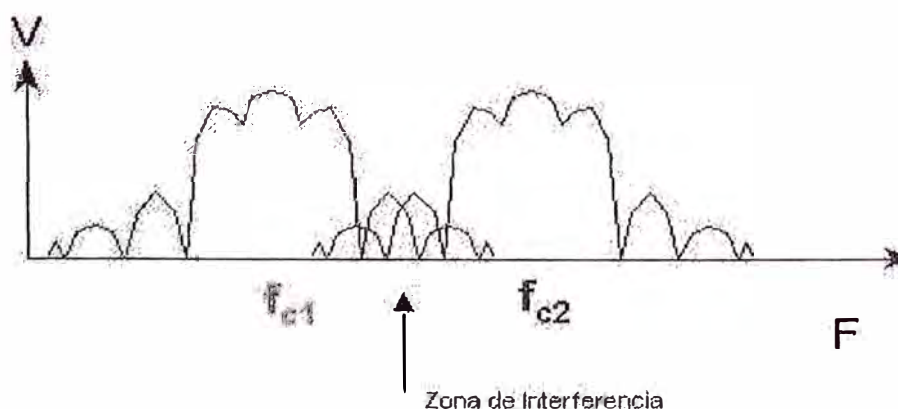
- Modulación de Frecuencia (FM).
- Modulación Digital: Son variaciones que toman en forma discreta los cambios en pasos, niveles, o pulsos de la señal original. Hay algunas docenas de tipos de técnicas de modulación digital disponibles para varias aplicaciones en wireless, tales como conmutación de amplitud (ASK Amplitud Shift Key), conmutación de frecuencia (FSK Frecuency Shift Key), y conmutación de fase (PSK Phase Shift Key) las cuales son las mas populares.

1.1.6 Ruido e Interferencia.

Las señales de radio estan sujetas a dos factores de distorsión: ruido e interferencia. Factores ambientales tales como tormentas eléctricas, vibraciones mecánicas, motores , etc. estas energías pueden producir distorsión a la señal de radio creando ruido.

Interferencias causadas por radio emisiones, pueden degradar la señal de radio y resultará en una pérdida de la calidad de voz. Hay dos tipos de interferencia que son usualmente tomados en cuenta:

- **Interferencia por Canal Adyacente:** Cuando tenemos dos canales por ejemplo 333 y 334, si estas dos frecuencias estan siendo transmitidas en un mismo lugar, existe interferencia por canal adyacente, en la Fig.1.3 se nota que la intersección



de las dos frecuencias tiene interferencia.

Para controlar este efecto se utilizan las bandas de guarda que son fijados entre canales adyacentes, para prevenir el overlapping. Lo cual se puede realizar utilizando estas frecuencias adyacentes en lugares distintos, de tal manera que no exista el overlapping.

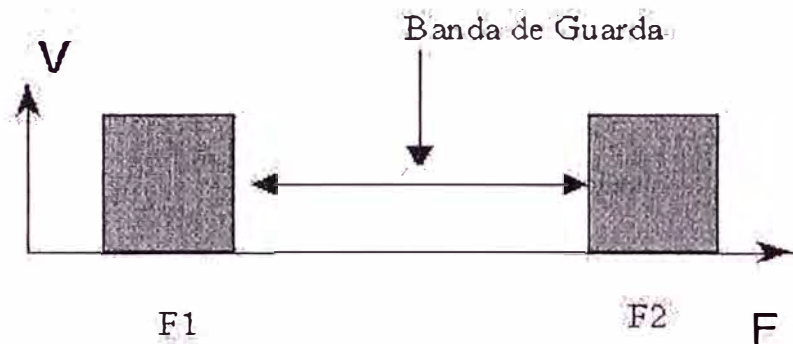


Fig: 1.4 Banda de Guarda entre dos frecuencias adyacentes

- **Interferencia por Co-canal:** Ocurre cuando dos señales están siendo transmitidas con la misma frecuencia y ambos son recibidos por un mismo receptor. Las dos señales están superpuestas, interfiriéndose el uno al otro, y crean una señal que no puede reconocerse ver Fig. 1.5.

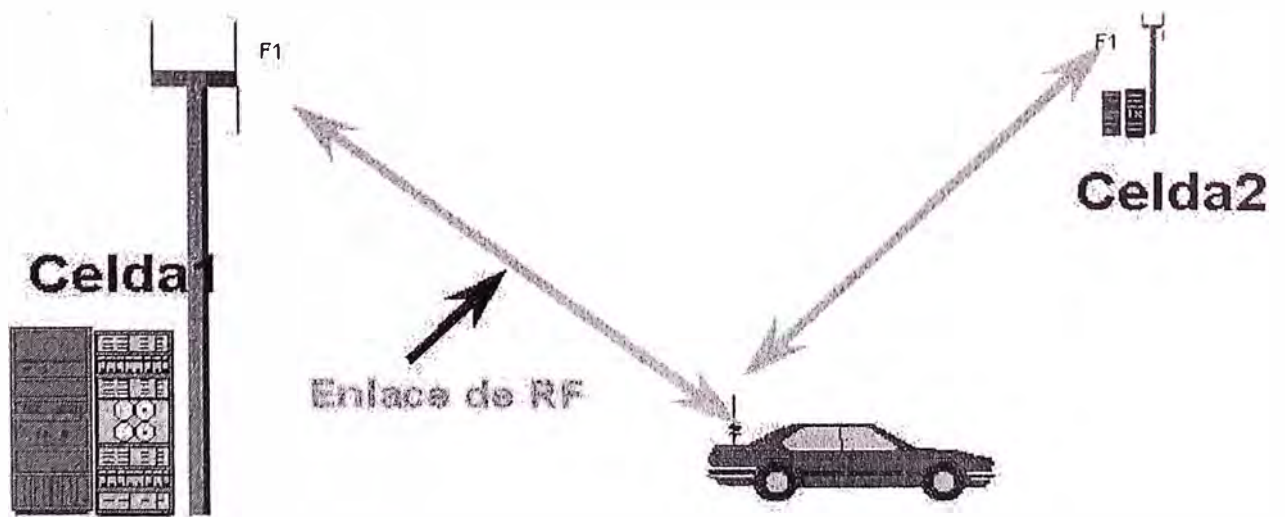


Fig. 1.5 Condición de Interferencia Co-canal

Las interferencias co-canales se pueden evitar realizando una apropiada asignación y planeación de frecuencias en un sistema de telefonía celular.

1.2 Sistema de Telefonía Celular Básico.

Un sistema de telefonía celular básico consiste de tres partes: una unidad móvil, una estación base, y una central de conmutación y control, como se muestra en la figura 1.6 las conexiones y los enlaces de los tres sub-sistemas.

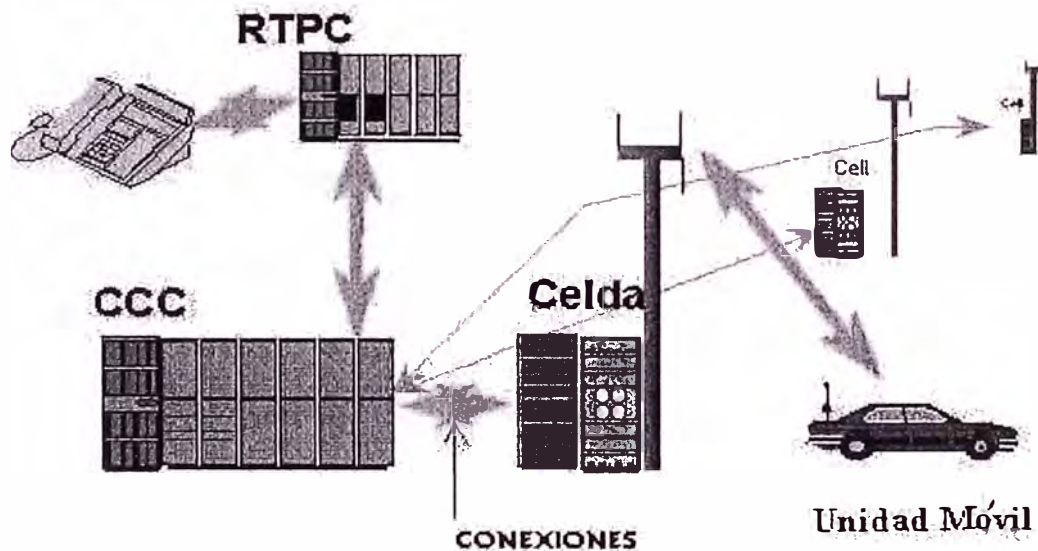


Fig. 1.6 Sistema de Telefonía Celular

1.2.1 Unidad Móvil.

Una unidad de teléfono móvil contiene una unidad de control, una radio de transmisión y una antena. Representa el interfaz entre el usuario y el sistema. Además de la transmisión de voz provee control de señalización. Bajo el comando del sistema, la unidad móvil está habilitada para sintonizar cualquier canal y para transmitir en un nivel de potencia determinado.

1.2.2 Estación Base Celular (Celda o EBC).

Es responsable por atender a las llamadas originadas o destinadas a su área de cobertura. Representa el interfaz entre la unidad móvil y el sistema. Desempeña funciones locales de control, monitoreo y supervisión de las llamadas, además de la recomendación de **handoff** (ver 1.3.4) al sistema. Tiene una unidad de control, cabinas de radio, antenas, planta de energía, y terminales de datos.

Teóricamente el área de cobertura de una celda omni en una región plana y sin obstáculos, tiene la forma de un círculo, pero en la práctica, el área de cobertura asume un perímetro irregular, determinado de forma confiable, normalmente a través de medidas de campo. Para análisis matemáticos se considerará el área de cobertura de una celda el hexágono.

1.2.3 Central de Conmutación y Control (CCC).

La central de conmutación coordina los elementos para todas las celdas, contiene procesador del celular y la conmutación celular. Controla el procesamiento de las llamadas y guarda los datos de facturación. También sirve de acceso entre el abonado celular y la red fija y otras áreas de servicio celular.

1.2.4 Conexiones.

La radio y la alta velocidad de los enlaces de datos conectan los tres subsistemas. Cada unidad móvil puede solamente usar un canal en un instante de tiempo para su enlace de comunicación. Pero los canales no son fijos; éste puede ser cualquiera de la banda entera asignada para servir dicha área, con cada estación base teniendo capacidad multicanal que puede conectar simultáneamente a varias unidades móviles.

La central de conmutación es el corazón del sistema de telefonía celular. Su procesador proporciona coordinación de la central y administración celular.

La central de conmutación celular puede cursar llamadas analógicas o digitales. La alta velocidad de los datos no pueden ser transmitidos sobre las troncales estándares de teléfono, por lo tanto se debe usar enlaces de micro-ondas o de fibra óptica para conectar la estación base con la central de conmutación.

1.3 Conceptos Fundamentales.

En esta sección describiremos los conceptos fundamentales de un sistema de telefonía celular, incluyendo la estructura básica del sistema celular, planeamiento de la red, conceptos referidos para maximizar la capacidad del sistema, incluyendo:

- Reuso de Frecuencias,
- Subdivisión de Estaciones bases,
- Sectorización y
- Hand-offs.

1.3.1 Re-uso de Frecuencias.

El reuso de frecuencias es muy importante en situaciones de capacidad, debido a que este puede realmente incrementar la capacidad del sistema de telefonía celular usando una distancia determinada por el nivel máximo de interferencia cocanal aceptado por el sistema. Reduciendo la potencia de transmisión y el área de cobertura de cada estación base se puede crear un gran número de estaciones bases con área de cobertura pequeña. Es posible reutilizar la misma frecuencia en otra diferente estación base.

Las estaciones bases se pueden agrupar por grupos (cluster), los mas utilizados son $N=4$, 7 ó 12, de estos tres el mejor es $N=7$ (7 estaciones bases)

El conjunto de canales disponibles en el sistema es asignado a un grupo de celdas denominado cluster próximo, y esas mismas frecuencias pueden ser reutilizadas en otro cluster.

Lógicamente, cuanto menor el cluster, mayor será el número de canales por celda, y de esta manera mayor el tráfico local que puede ser atendido en la celda. Por otro lado, cuanto menor sea la distancia de reutilización, mayor será el nivel de interferencia co-canal en el sistema.

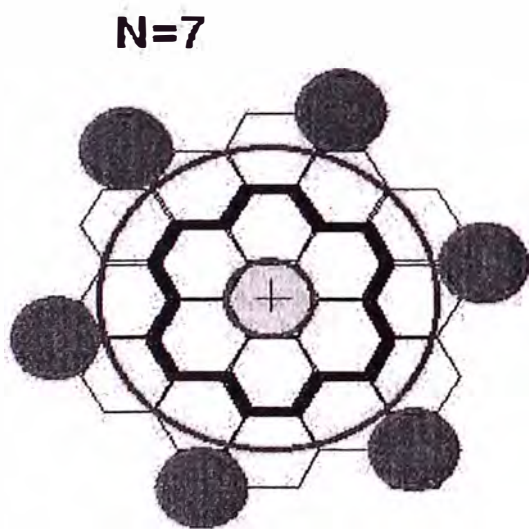


Fig. 1.7 Cluster de $N=7$.

1.3.2 Subdivisión de Celdas.

Cuando la densidad de abonados en una determinada parte del sistema ha crecido y la mayoría de las celdas tienen un 100% de tráfico, la subdivisión de celdas tendrá a lugar. Esto significa que una o más nuevas celdas deberán ser adicionadas en las cercanías de la celda sobrecargada. Teóricamente la localización

de la nueva celda será en el límite de cobertura de la celda antigua. La potencia deberá ser reducida, para una división de celda, pues el área geográfica que ella tendrá que cubrir será menor.

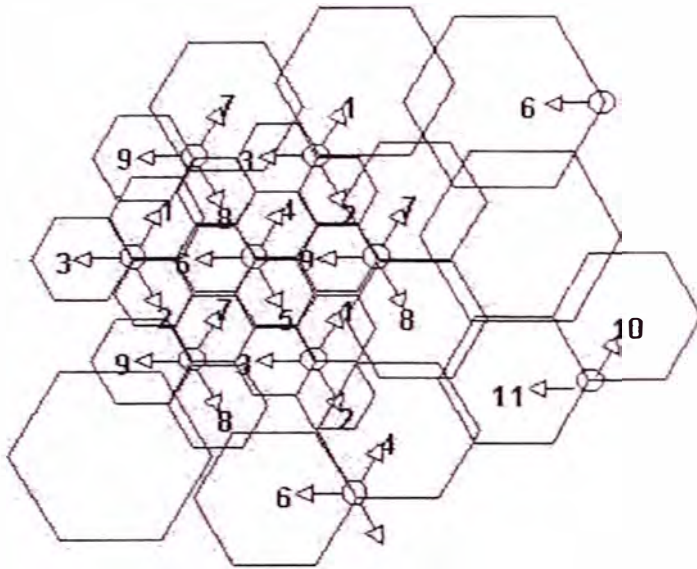


Fig. 1.8 División de Celdas

1.3.3 Sectorización de Celdas.

La sectorización de una celda es obtenida por la división de una celda en sectores, para $N=7$ las celdas se dividen en 3 sectores de 120° utilizando antenas direccionales. Por ejemplo: Si hay 45 canales a ser usados en una celda (35.6 Erlang), cada sector tendrá 15 canales (9.01 Erlangs) ya que la técnica puede realmente decrecer la capacidad del sistema ($3 \times 9.01 = 27.03$ E), los principios con lo cual se utiliza este método son:

- Reducción de el factor de re-uso N , y

- Incrementar la flexibilidad para la distribución del control de tráfico, nos ayuda a diseñar un mejor plan de frecuencias, y reducir la interferencia en los límites entre las celdas de área de cobertura grande y pequeña.

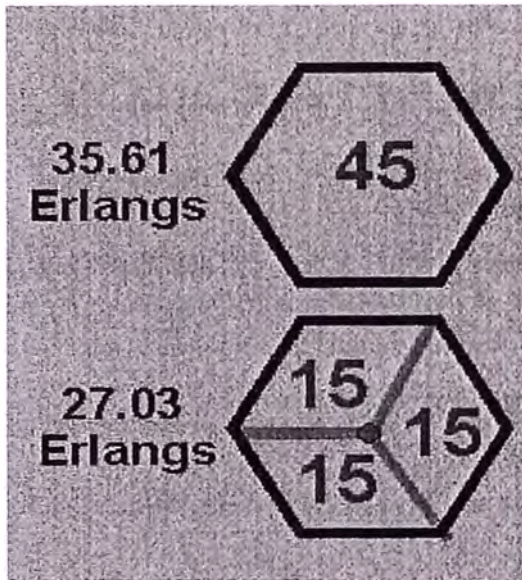


Fig. 1.9 Sectorización de Celdas

Como cada sector tiene un canal de control específico, podemos considerar cada sector como un celda distinta.

1.3.4 Hand-offs.

Hand-off, es uno de los conceptos mas importantes de un sistema de telefonía celular, éste toma lugar cuando una unidad móvil deja una celda y entra a otra. Esto quiere decir que la llamada cambia de una celda a otra sin perder el servicio (en conversación o sin conversación).

Los handoffs no solamente son realizados entre celdas, tambien se puede realizar dentro de la misma celda, osea cambiar de un canal a otro por problemas de interferencia, razones operacionales como mantenimiento de la radio. También

existe handoff entre sistemas y aún entre diferentes banda de frecuencias (Celular a PCS), claro que este último dependerá de la tecnología del celular.

El proceso de handoff envuelve cuatro pasos:

A. Triggering.- Pueden ocurrir las siguientes condiciones para el disparo de handoff:

- RSSI (Received Signal Strength Indicator), cuando la medición de la señal recibida en la estación base o en un móvil expresado en dBm es demasiado bajo.
- Interferencia o alto BER (Bit Error Rate).

B. Screen.- En este paso las celdas candidatas y la servidora realizaran las mediciones del nivel de la señal (RSSI) y reportaran los resultados a la central de conmutación. Si el sistema es TDMA (Time División Múltiple Access), el móvil además esta habilitado en tomar mediciones de señal y reportar a la central, para así tomar una mejor decisión de que celda va a ser la mejor candidata.

C. Select.- Antes de seleccionar la celda destino, la central debe decidir, que celda es el mejor candidato (en otras palabras el móvil, con que celda tiene un mejor nivel de señal).

D. Ejecución.- Después de haber escogido la celda destino el móvil es ordenado a realizar el handoff, la unidad móvil reconoce el nuevo camino y salta a un nuevo canal de voz sin interrumpir la conversación.

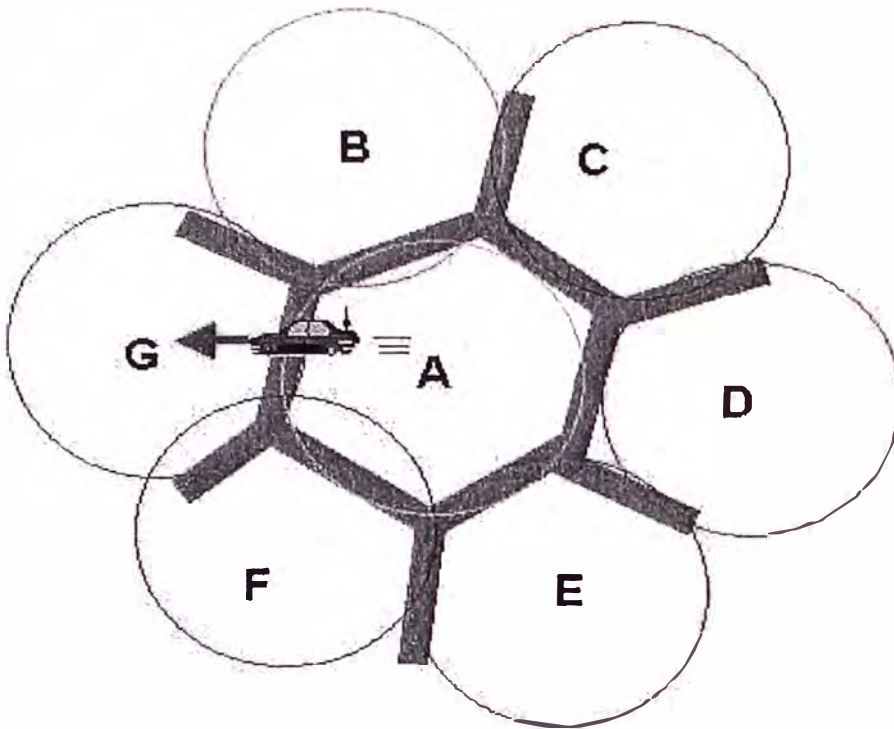


Fig. 1.10 Handoff

1.4 Criterios de Rendimiento en un Sistema de Telefonía Celular.

Hay tres categorías para especificar los criterios de rendimiento en sistema de telefonía celular.

1.4.1 Calidad de Voz.

La calidad de voz es bastante laboriosa de medir sin la opinión de los mismos usuarios. En esta técnica los Ingenieros de Área no pueden decidir como construir un sistema sin el conocimiento de la calidad de voz que pueda satisfacer a los usuarios.

Para los casos de sistemas de comunicaciones comerciales, la calidad de voz será basado sobre los siguientes criterios:

- 5 Excelente (la conversación es perfectamente entendible).
- 4 Buena (la conversación es facilmente entendible, algunos ruidos).

- 3 Regular (la conversación se entiende con un poco de esfuerzo, ocasionalmente se piden repeticiones).
- 2 Pobre (la conversación se entiende solamente con esfuerzo, frecuentemente se piden repeticiones).
- 1 Mala (la conversación no se entiende).

Para que un sistema sea de calidad aceptada se debe tener en cuenta del rango ≥ 4 , esto se saca de las opiniones de los usuarios. En la actualidad ya existen equipos que nos pueden determinar la calidad de la llamada TQNM (Total Quality Network Measurements), “mediciones de la calidad total del sistema”, en donde el procedimiento consiste en realizar un recorrido por el sistema y luego mediante esta funcionalidad se pueden presentar reportes estadísticos de la calidad del servicio y voz.

1.4.2 Calidad de Servicio.

Hay tres parámetros que se requieren para la calidad de servicio.

A.Cobertura.- El sistema debería de servir un área lo mas grande posible, sin embargo debido a la irregularidad del terreno, no es usualmente práctico cubrir el 100% de el área por dos razones:

- La potencia de transmisión tendría que ser muy alto para iluminar zonas como los subterráneos, túneles, etc. Lo cual crea un factor de costo.
- Al aumentar la potencia de transmisión, la interferencia es mas difícil de controlar.

Por lo tanto, los sistemas de telefonía celular usualmente tratan de cubrir 90 % de un área plana y 75% de un área con terreno montañosa. La combinación de

calidad de voz y criterio de cobertura nos dice en AMPS (Advanced Mobile Phone Service), servicio de telefonía celular analógica, que en un terreno plano 75% de los usuarios tendrán un rango entre bueno y excelente calidad de voz en un 90% de área de servicio. La calidad de voz y servicio serán ajustados de acuerdo a las condiciones de terreno, por ejemplo para terreno montañoso 90% de los usuarios tendrán un servicio bueno o excelente en un 75% del área de servicio. Un operador de sistema puede bajar el estado de los valores de arriba para bajar el rendimiento y bajar el costo del sistema.

B. Grado de Servicio Requerido.- Para un sistema de telefonía celular normal el grado de servicio requerido es especificado por la probabilidad de bloqueo 2% en el período de una hora. Sin embargo, en la hora punta, cerca de las autopistas donde el tráfico es intenso, oficinas comerciales, a veces supera este valor. Para decrecer el bloqueo el operador del sistema debe de añadir mas canales o poner nuevas celdas siguiendo los criterios vistos anteriormente.

C. Número de Caidas de Llamadas.- Durante Q llamadas en una hora, si una llamada se caye $Q-1$ llamadas seran completadas, luego la razón de las caidas de llamadas es $1/Q$. Esta razón debe de mantenerse bajo. Un alto razón de caidas de llamadas podrían ser causados por problemas de cobertura, Interferencia, problemas de handoffs o una inadecuada disponibilidad de canales. Este parámetro normalmente es aceptado cuando es $\leq 2\%$.

1.4.3 Características Especiales.

Un sistema podría proporcionar muchas funcionalidades especiales como sea posible, tales como transferir la llamada a otro teléfono, llamada en espera, correo de

voz, roaming automático, etc. sin embargo, algunas veces los usuarios no están dispuestos a pagar estos servicios adicionales.

1.5 Degradación de las Ondas de Radio.

Las señales de radio están propensas a la degradación, causados por el medio ambiente. Esto hace que los enlaces de radio sean extremadamente frágiles. Los factores que afectan los radio enlaces requieren mucha atención porque son muy importantes en el diseño de un sistema wireless. Estos factores serán descritos en las siguientes secciones:

1.5.1 Pérdidas por Espacio Libre.

Pérdidas por espacio libre se refiere a que no habrá obstrucciones, ni reflexiones de acuerdo a la primera zona de Fresnel. Las pérdidas de transmisión de la antena transmisora a la receptora puede ser expresado de la siguiente fórmula.

$$PI = 20\text{Log}(42.D\text{km}.F\text{MHz}) \text{ dB}$$

$$PI = 32.5 + 20\text{Log}D\text{km} + 20\text{Log}F\text{MHz} \text{ dB}$$

Donde: PI Pérdidas por el espacio libre en dB

Dkm Distancia en kilómetros

FMHz Frecuencia en megahertz.

Como se ve arriba en la fórmula, la pérdida por espacio libre es directamente proporcional al cuadrado de la distancia entre el transmisor y el receptor.

Espacio Libre

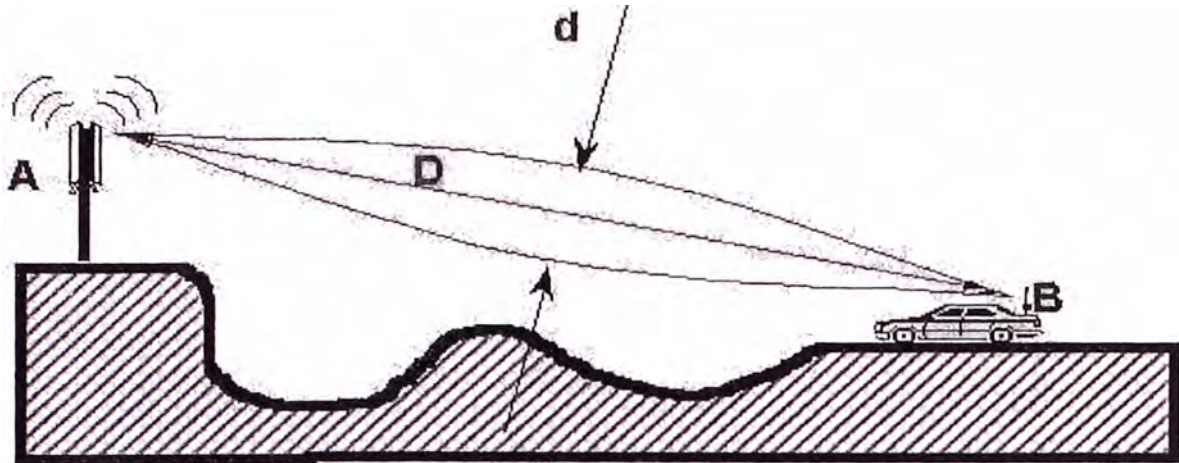


Fig. 1.11 Pérdidas por Espacio Libre.

En sistemas celulares, las pérdidas por espacio libre ocurre cuando el móvil está en una zona de camino elevado o cerca de un pico de una montaña, en el cual no hay ninguna obstrucción hacia la antena transmisora de la estación base (línea de vista directa). De la fórmula además se ve claramente que tendremos una pérdida de 20dB, por cada década de cambio de distancia.

1.5.2 Efectos de Atenuación.

Como una señal de radio es transmitido a través del aire, podría ser parcialmente bloqueado y su energía podría ser absorbida o atenuada por fenómenos físicos del medio ambiente. Estos fenómenos físicos pueden variar desde una simple lluvia hasta un edificio grande.

La frecuencia es el factor principal en la causa y nivel de intensidad de efectos de atenuación. Como una regla, bajas frecuencias son más inmunes a los efectos de atenuación, ya que ellos tienen una potencia grande de penetración y propagación en mayor ventaja que frecuencias altas.

Otro efecto de la atenuación es el llamado el “shadowing” (sombreamiento), el cual es causado por obstrucciones tales como árboles, plantas, construcciones, irregularidades de terreno, entre la celda y el móvil. Dentro de estos desvanecimientos hay una significativa pérdida de intensidad de señal resultando señales muy débiles y reduciendo el rendimiento (por ejemplo: Alto BER y Calidad de Sonido Mala).



Fig. 1.12 Efectos de Atenuación

1.5.3 Efectos de Reflexión y de Caminos Múltiples.

Desde que la señal de radio puede ser reflejada de muchos obstáculos físicos (tales como montañas, edificios, árboles, y automóviles), la transmisión puede tomar muchos diferentes caminos hacia el móvil. Esto es conocido como propagación por camino múltiple. La reflexión y camino múltiple proporcionan ciertas ventajas y desventajas para los ingenieros. Como ventaja, nos permite recibir la señal detrás de montañas, edificios y otros obstáculos. Esto permite a los ingenieros diseñar un sistema que no requiere línea de vista entre el transmisor y el receptor.

Como desventaja, los efectos de reflexión y camino múltiple crean algunos problemas muy difíciles a los ingenieros. Debemos de considerar los siguientes factores mencionados abajo:

- Retardo en la Propagación,
- Desvanecimiento de Rayleigh
- Cambios de Doppler

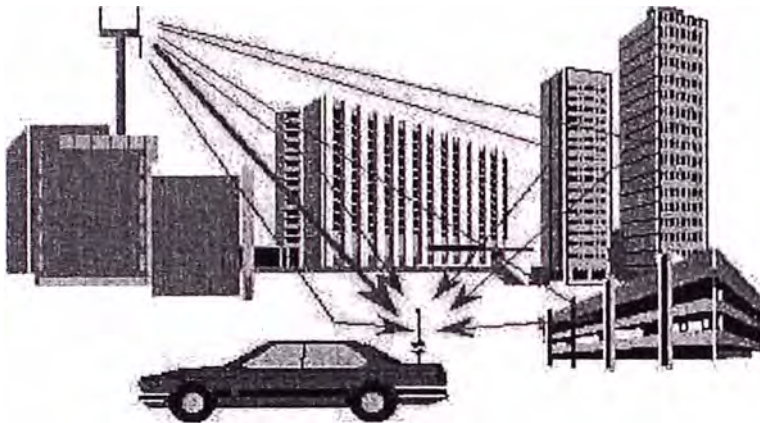


Fig. 1.13 Efectos de reflexión y Camino Múltiple

Retardo de Propagación.- En el ambiente de radio móvil, como un resultado de caminos múltiples y fenómenos de reflexión, la señal transmitida de una celda hacia un móvil, tomará diferentes caminos, ya que cada camino tendrá diferente longitud, el tiempo de llegada por cada camino será distinto. Estas señales múltiples causarán un traslapamiento de señales y causaran una distorsión.

Desvanecimiento de Rayleigh.- El desvanecimiento de Rayleigh ocurre cuando la señal propagada mediante el reflejo de alguna estructura llega con un desfase de 180° con respecto a la señal de camino directo, en este caso las dos señales se estarían cancelando una a otra y en el efecto la señal desaparecería de acuerdo con que magnitud llega. En el caso que no llegue con un desfase de 180° la cancelación será parcial. Afortunadamente un usuario móvil no siempre está en la misma posición en un determinado tiempo, para tratar de resolver este problema se utiliza

en las estaciones bases el método de diversidad de antenas, en el cual se utiliza la combinación o la mejor señal de estas dos.

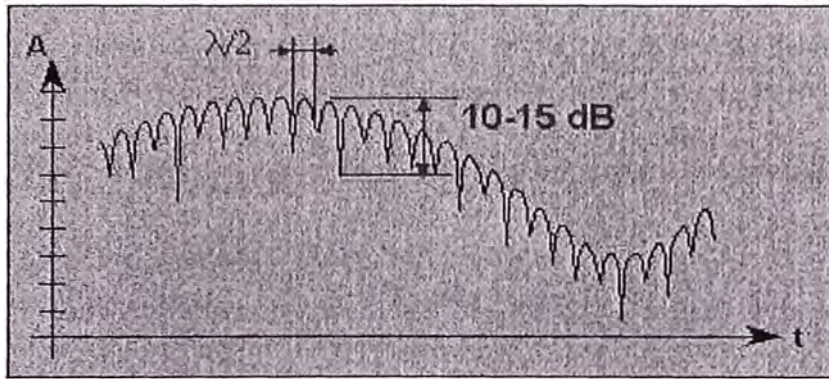


Fig. 1.14 Desvanecimiento de Rayleigh

Cambios de Doppler.- Este fenómeno ocurre en movimiento rápido de vehículos. Transmitiendo potencia a cierta velocidad podría en realidad cambiar la frecuencia de transmisión e introducir distorsión a la señal.

1.6 Elementos de un Radio Enlace.

El radio enlace es el medio por la cual una información puede ser enviada de un lugar a otro, sin la necesidad de una conexión por cable. Un radio enlace requiere de tres principales elementos: un transmisor, antenas y un receptor.



Fig. 1.15 Elementos de Radio Enlace

Transmisor.- Cuando la información ingresa al transmisor, genera una energía de radio frecuencia (RF) como una onda portadora a una frecuencia deseada, y modula la información en la onda portadora así puede ser transportado a el receptor. Un parámetro importante de transmisión debería de ser considerado en la potencia de salida de la antena como una medida en Potencia de Irradiación Efectiva ERP (Effective Radiated Power) .

Antenas.- El propósito de las antenas es convertir la energía de radiofrecuencia en energía electromagnética (EM) que será irradiado por el espacio. La otra antena intercepta la onda y junta la réplica de la señal original en el receptor. Las antenas tienen usualmente ciertos parámetros que son considerados en el diseño; Ganancia, Patrón de radiación, Razón de ida a regreso.

Receptor.- Es el acto de recibir con un filtro que extrae solamente la señal de frecuencia deseada, mientras ignora las señales de frecuencia indeseada. Después de recibir la señal el receptor amplifica lo suficiente para permitir el procesamiento. El receptor utiliza una serie de frecuencias intermedias con filtros para remover interferencias. La señal es luego demodulada para recuperar la información. Las características especiales de un receptor son:

- Sensitividad. El nivel de potencia máximo o mínimo para que una señal requerida sea aceptable.
- Selectividad. El grado para lo cual las señales de frecuencias cercanas sean ignoradas.
- Rango Dinámico. El rango entre señal irreconocible por baja señal y nivel de distorsión.

1.6.1 Estructura de un Canal.

Hay dos tipos diferentes de canales, en un canal de radio: El canal de voz y el canal de control.

Canales de voz: Los canales de voz contienen la actual información en lenguaje (cualquiera análogo o digital, modulados en FM o DQPSK respectivamente) que esta siendo transmitido. Son usados para la conversación entre usuarios después de que la llamada haya sido establecida, y además son usados intermitentemente por el sistema para mensajes de control, mientras la llamada esta en proceso.

Canales de Control: Estos canales se destinan básicamente al cambio de mensajes de control y datos entre el sistema y las unidades móviles y viceversa. Un canal de control es una frecuencia solamente utilizada con proposito de señalización. Los siguientes son dos tipos comunes de canales de control:

- **Canal de Control Directo (FCCH).** Se usa este canal en el camino directo, osea de la estación base hacia el celular. Es un flujo continuo de datos mudulados en FSK, los cuales llevan datos de identidad del sistema y configuración útil para los usuarios. El canal de control directo contiene además mensajes de cabecera, mensajes de control, “paging” información para alertar a los móviles para recibir una llamada.
- **Canal de Control Reverso (RCCH).** El canal de control reverso es una transmisión de la unidad móvil hacia la estación base. La señalización en los canales toma lugar en una secuencia de bits. Cumple con alguna de las siguientes funciones; Originación de una llamada, respuesta al “paging”, y registraciones.

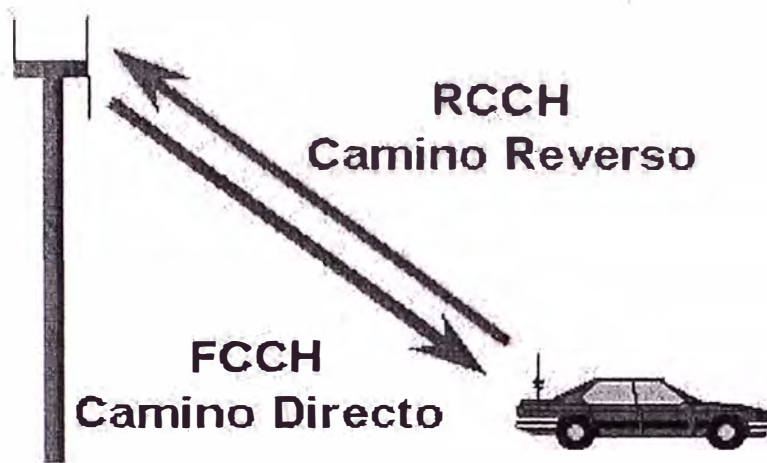


Fig: 1.16 Camino Directo (Downlink) y Camino Reverso (Uplink)

1.6.2 Modos de Enlace por Radio.

Existen varios modos en el cual el enlace de radio puede ser establecido entre el transmisor y el receptor:

- Simplex. En modo simple un solo canal es operado en solo una dirección sin la habilidad de operar en el modo reverso, solamente una persona puede hablar y el otro escuchar. Ejemplo de esto son las transmisiones de radio en AM, FM y Paging (beepers).
- Half – Duplex. Un canal es utilizado, pero esto puede operar en ambas direcciones, pero solamente uno puede hablar a la vez en un tiempo determinado, esto quiere decir que el sujeto que habla no puede ser interrumpido. Ejemplo de esto es la radio móvil de tierra, los despachadores de taxi, etc.
- Duplex. Usando totalmente dos canales independientes, el modo duplex nos permite simultáneamente la comunicación en ambas direcciones, haciendo

posible a una persona hablar y escuchar simultáneamente. Aplicaciones de este modo son bastante usados hoy en día en telefonía convencional, PCS y celulares.

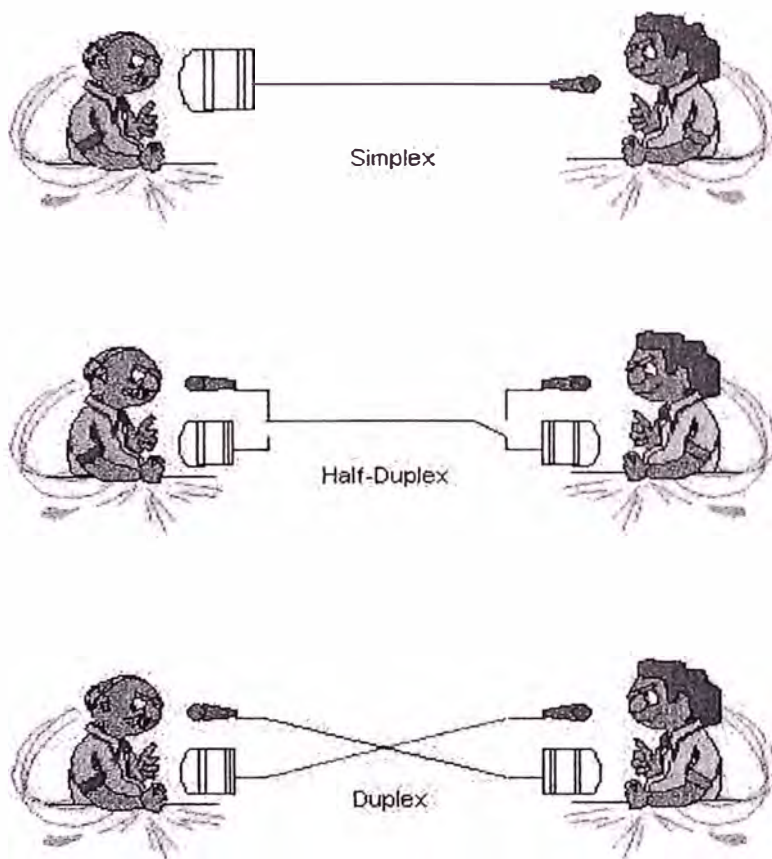


Fig. 1.17 Modos de Enlace

1.7 Sistema Celular Analógico (AMPS) Advanced Mobile Phone Service.

Introducido por AT&T, liberado en 1983 usando la banda 800-900 MHz y con un ancho de banda de 30 kHz para cada canal así se ofreció un servicio de teléfono móvil completamente automatizado. Fue el primer servicio celular estandarizado en el mundo y actualmente el más ampliamente usado para comunicaciones celulares. Diseñado para uso en ciudades, luego posteriormente expandido a las áreas rurales. Utilizando el concepto de telefonía celular de reuso de frecuencias fue maximizado reduciendo las potencias de transmisión. Teniendo como interface entre el usuario y

el sistema, el móvil (celular) y compatible con una estación base AMPS se hace posible el servicio. Existen algunas limitaciones asociados con el sistema AMPS:

- Baja capacidad.
- Espectro limitado.
- Una pobre comunicación de datos.
- Privacidad mínima.
- Protección inadecuada contra el fraude.

AMPS es utilizado en todo el mundo y particularmente el mas popular en los Estados Unidos, America del Sur, China y Australia. Utiliza modulación por frecuencia (FM) para la transmisión de señal de radio.

Otros sistemas de telefonía celular análoga son:

Sistemas de America del Norte.

- Narrowband Analog Mobile Phone Service (NAMPS)

Sistemas de Europa

- Total Acces Cellular System (TACS) y Extended TACS
- Nordic Mobile Telephone (NMT)

Sistemas de Asia

- Japanese Total Access Communications System (JTACS)
- Japaness Digital Cellular (JDC)/Pacific Digital Cellular (PDC)

Sistema	AMPS	TACS	NMT
Frecuencia	800 MHz	900 MHz	450/900 MHz
# de canales	666/832	600/1320	180/225/1000
Espectro	20/25 MHz	15/33 MHz	10/45 MHz
Ancho de banda por canal	30 kHz	25 kHz	25/20/12.5 kHz
Capacidad de Page	77 k/hr	62 k/hr	13 k/hr
Datos	10 kbps	8 kbps	8 kbps
Rango	10 km	8 km	6 km

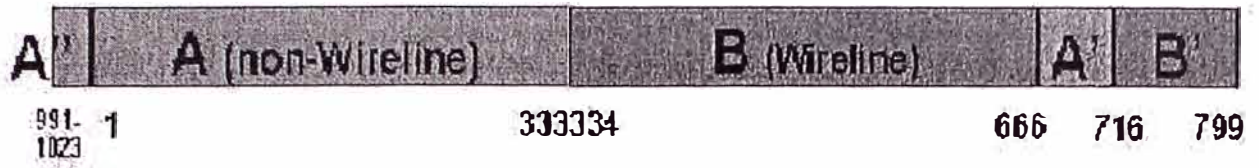


Fig. 1.18 Numeración de Canales de Frecuencia - AMPS

1.8 Sistema Celular Digital

El primer sistema de telefonía celular digital fue introducido en 1992, GSM (Global System for Mobile communications), el cual fue desarrollado en Alemania. GSM es un sistema estándar de Europa. En los Estados Unidos el TDMA (Time División Múltiple Access) conocido también como DAMPS (Digital AMPS) en 1993, posteriormente en 1995 se desarrolló CDMA (Code División Múltiple Access) y finalmente salió el PCS 1900 (Personal Comunicación System). Tenemos también otros sistemas digitales tales como; PDC (Personal Digital System) de Japón y 1800-DCS (conocido como PCN "Personal Comunicación Network", elaborado en el Reino Unido).

Las tecnologías digitales tales como TDMA y CDMA son importantes en el presente ya que ofrecen muchas ventajas que son requeridos y demandados por los usuarios y operadores. La ventaja más importante es incrementar la capacidad del sistema.

1.8.1 Acceso Múltiple por División de Tiempo. (TDMA)

TDMA es un sistema digital que tiene solo hace algunas décadas. Utilizando un método de división de el espectro de radio en "time slots" (ranuras de tiempo), TDMA habilita múltiples usuarios para compartir el tiempo de cada canal. TDMA divide la longitud del "frame" (cuadro) de cada canal, en un número igual de "time

slots” (por ejemplo en IS.54, el estándar de U.S. TDMA, usa una longitud de frame de 40 ms dividido en 6 time slots de 6.66 ms cada uno). Cada usuario es luego asignado a un time slot para recepción o transmisión de la señal. El más utilizado es de la técnica de FDD (Frequency División Duplexing) que es exáctamente igual como en el sistema analógico un canal en la transmisión directa y otro canal en el transmisión reverso.



Fig. 1.19 Canal de TDMA

Los diferentes estándares que tiene TDMA a sido desarrollado para servir las necesidades de diferentes países, las cuales son:

- GSM - Global System for Mobile Communications. Originalmente desarrollado en Europa, pero ahora se esta ganando su aceptación en el mundo entero. Hay que notar que en GSM el ancho de banda de cada canal es 200 kHz y esta se divide en 8 time slots.
- PDC – Japanese Personal Digital Cellular.
- IS-54, IS-136 – Estos estándares y sus revisiones fueron desarrollados principalmente en los Estados Unidos.

La tecnología digital proporciona muchas ventajas:

- Incrementar la capacidad para cada canal.
- Mejor privacidad.

- Corrección de error.
- Mejor calidad de voz y
- Servicios avanzados.

En el standard de IS-54 tenemos dos time slots por cada usuario, esto quiere decir que en un canal de 30 kHz, puede haber 3 conversaciones a la vez.

1.8.2 Acceso Múltiple por División de Código (CDMA)

Mejor que separar los usuarios usando frecuencia y tiempo como FDMA y TDMA. La tecnología de CDMA combina todos los usuarios en una misma frecuencia. La única cosa que separa entre un usuario y otro es un único algoritmo codificado que va agregado a la transmisión.

Un único código es asignado a cada usuario por suscripción por servicio celular. Cuando hacen la llamada, la transmisión es codificada y luego combinado con muchas otras transmisiones. Solamente el receptor planeado tendrá la habilidad de decodificar la transmisión.

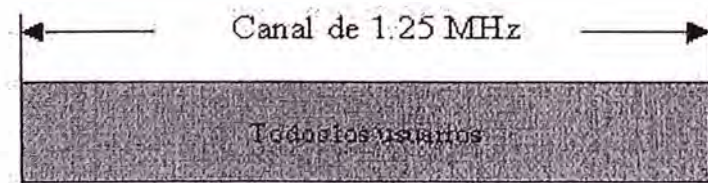


Fig. 1.20 Canal de CDMA

El potencial en esta tecnología es tremenda. Teóricamente, las limitaciones de capacidad podrían ser resueltas haciendo al CDMA como la última tecnología para el uso en las comunicaciones inalámbricas. Sin embargo, debido a los efectos de degradación en las ondas de radio y un riguroso control de potencia, como también

interferencia de algunos número de fuentes, la potencia total de esta tecnología todavía no se ha alcanzado.

Algunos beneficios de la tecnología CDMA son:

- Privacidad,
- Capacidad incrementa hasta diez veces sobre AMPS
- Resistencia para causar embotellamiento y
- Simplificar el plan de frecuencias.

La tecnología de CDMA se utilizo primero por los militares en la segunda guerra mundial, luego posteriormente estandarizado en el IS-95 desarrollado y promovido por Qualcomm y Inter Digital Corp,

	AMPS	IS-54 TDMA-3	IS-95 CDMA 8 kbs vocoder	IS-95 CDMA 13 kbs vocoder
Ancho de banda	12.5 MHz	12.5 MHz	12.5 MHz	12.5 MHz
Reuso de frecuencia	N = 7	N = 7	N = 1	N = 1
Ancho de banda de la Portad.	0.03 MHz	0.03 MHz	1.25 MHz	1.25 MHz
#Portad./ancho de banda	$12.5/.03=416$	$12.5/.03=416$	$12.5/1.25=10$	$12.5/1.25=10$
#Portad./celda	$416/7=59$	$416/7=59$	$10/1=10$	$10/1=10$
Canales de voz/Portadora	1	3	20	15
Sectores/Celda	3	3	3	3
#Portadora/Sector	$57/3=19$	$57/3=19$	10	10
Canales de voz/Sector	$1*19=19$	$3*19=57$	$20*10=200$	$15*10=150$
Canales de Voz/Celda	$19*3=57$	$57*3=171$	$200*3=600$	$150*3=450$
Capacidad	1X	3X	10X	8X

1.9 Procesamiento de la Llamada.

A continuación se detallan las diferentes formas en que ocurre el procesamiento de las llamadas, tanto como en originación, terminación y handoff. Todos los detalles referidos abajo se refieren a AMPS, en otra tecnología es parecido lo que cambian son los parámetros.

Antes de comenzar defeniremos funciones básicas como el SAT y el ST.

- SAT Supervisory Audio Tone.** La función básica del SAT es prevenir errores debido a la interferencia co-canal. Esto quiere decir asegurarse de que la señal que estamos recibiendo es la correcta y no de un cluster vecino. El tono de SAT siempre esta presente en el VCH, en frecuencia arriba de la señal de voz. También es utilizado para monitorear la calidad de la señal recibida por la estación base como de la integridad del canal. Por ejemplo cualquier detección extraña en el canal del tono de SAT lo retira inmediatamente del sistema y fuerza un handoff.
- ST Signaling Tone.** Se trata de un tono de 10 kHz unidireccional (sentido unidad móvil a la EBC) que tiene por función la señalización de “teléfono colgado o no”. A través de la duración de la señal, también es utilizado para comunicar desconexión 1.8 s, handoff 50 ms. y pérdidas especiales como el Flash Request y el RING.

1.9.1 Llamada Originada por el Móvil.

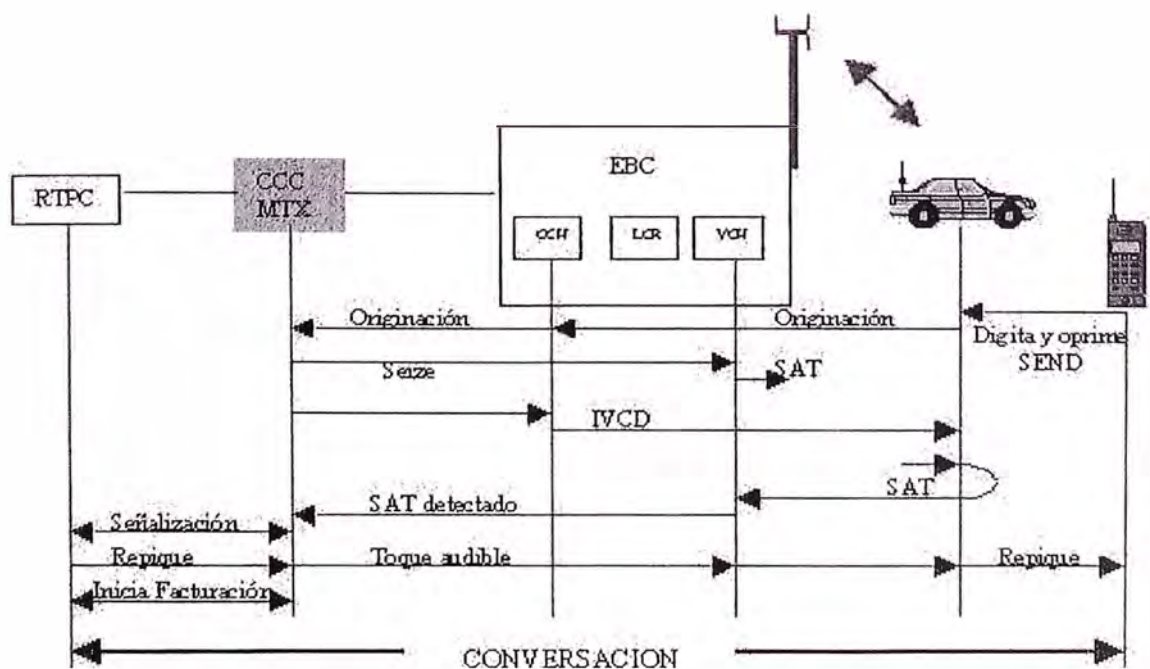


Fig. 1.21 Llamada originada por el móvil.

En una llamada originada por el móvil ocurren los siguientes pasos:

- El usuario digita el número llamado y presiona la tecla send en el teléfono móvil.
- La unidad móvil envía el mensaje de originación por el canal de control reverso (RCCH).
- El canal de control de la estación base (CCH) envía el mensaje para la CCC .
- La CCC asigna una troncal (seize) y canal de voz disponible en la celda en que se encuentra la unidad móvil, para atender la petición de esta. El canal de voz envía una señal de reconocimiento hacia la CCC y coloca el tono de SAT en el aire.
- La CCC envía mensaje via canal de control hacia la unidad móvil, designando el primer canal de voz (IVCD – Initial Voice Channel Designación) y el tono de SAT que serán utilizados en esa celda, via SAT Color Code (SCC).
- La unidad móvil detecta el tono de SAT, lo filtra y lo retransmite en el canal designado.
- La radio de la estación base detecta la transmisión del SAT por la unidad móvil y envía señal a la central informando, a seguir. La CCC señala la troncal y genera los tonos de línea y alerta.
- El usuario destinado atiende y el sistema comienza la facturación.

1.9.2 Liberación por el móvil.

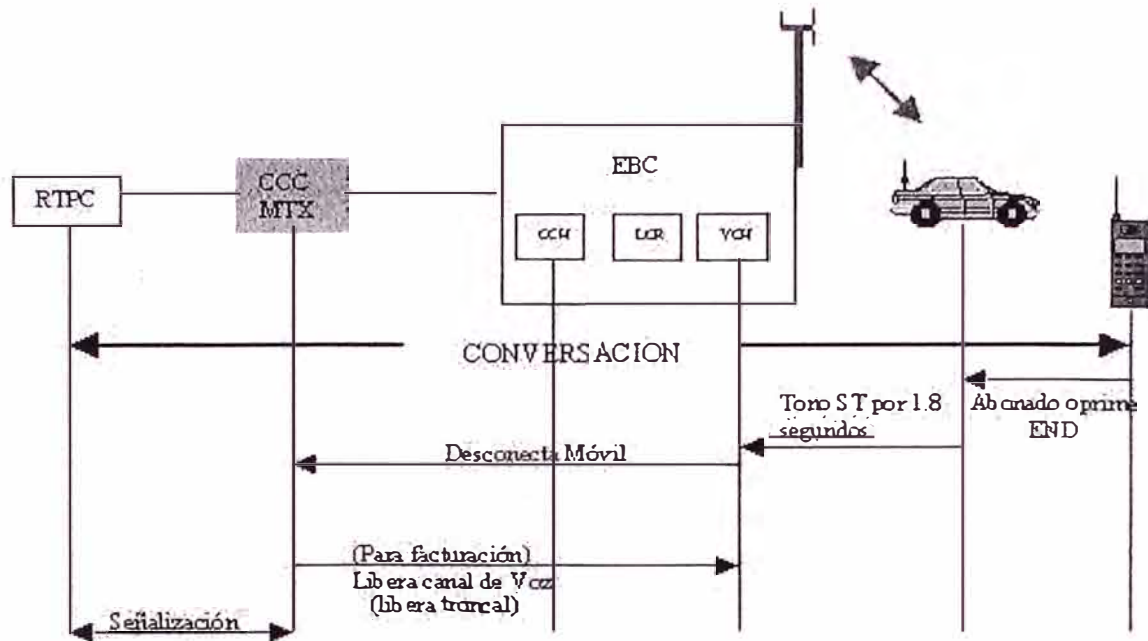


Fig. 1.22 Liberación por el móvil

Para la liberación por el móvil ocurre los siguientes pasos:

- El usuario presiona la tecla “end”.
- La unidad móvil genera el tono ST de 10 kHz por 1.8 segundos en el canal de voz.
- La radio de la estación base detecta el tono ST y envía el pedido de liberación a la CCC.
- La CCC cesa la facturación y libera el canal de voz y troncal.
- Señaliza la troncal pública.
- FIN

1.9.3 Llamada Originada por la Red Pública (terminación).

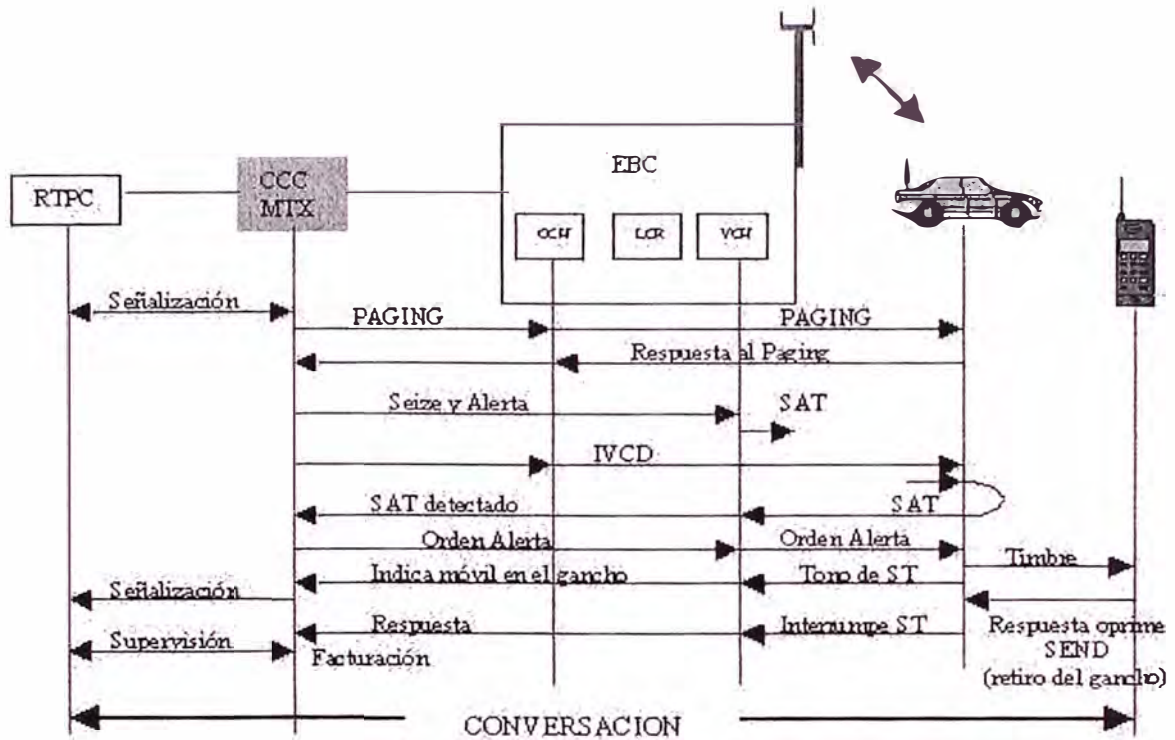


Fig. 1.23 Llamada originada por la Red Pública (RTPC)

- La central de conmutación pública envía señalización a la central de conmutación celular (CCC), pidiendo conexión a un usuario móvil.
- La CCC envía mensaje de paging (búsqueda) a todas las estaciones bases donde posiblemente se encuentre la unidad móvil.
- Los canales de control directo (FCCH) de todas las estaciones bases asignadas transmiten el mensaje de paging.
- Suponiendo que la unidad móvil este activa y presente en el área de servicio, monitoreando el canal de control, reconocerá el pedido de paging y responderá via acceso por el canal de control reverso (RCCH).

- La CCC asigna un canal de voz disponible para mantener la conversación (seize), y ordena a la radio de la EBC, que opere en el canal involucrado, que transmita el tono de SAT.
- La CCC envía mensaje, via FCCII hacia la unidad móvil, informando el primer canal de voz involucrado (IVCD) para lo cual esta unidad debe de sintonizarse y el tono de SAT que debe detectar. Cabe recalcar que hasta este punto la unidad móvil se mantuvo sintonizada en el canal de control.
- Sintonizada en el canal de voz designado, la unidad móvil detecta el tono de SAT y lo compara con el informado por el canal de control. Caso sean los mismos, la unidad móvil filtra ese tono y lo retransmite para la estación base.
- La radio de la celda detecta el tono de SAT enviado por la unidad móvil y lo notifica a la CCC.
- La CCC envía un mensaje de alerta via canal de voz. Solamente en éste momento toca el teléfono del usuario de la unidad móvil.
- A seguir la unidad móvil transmite un tono de señalización ST de 10 kHz en el canal de voz.
- Cuando el usuario atiende, el tono de ST es retirado del aire y ese hecho es comunicado a la CCC.
- La CCC señala a la central pública, se inicia la facturación y la conversación es establecida.

1.9.4 Liberación por la Red Pública.

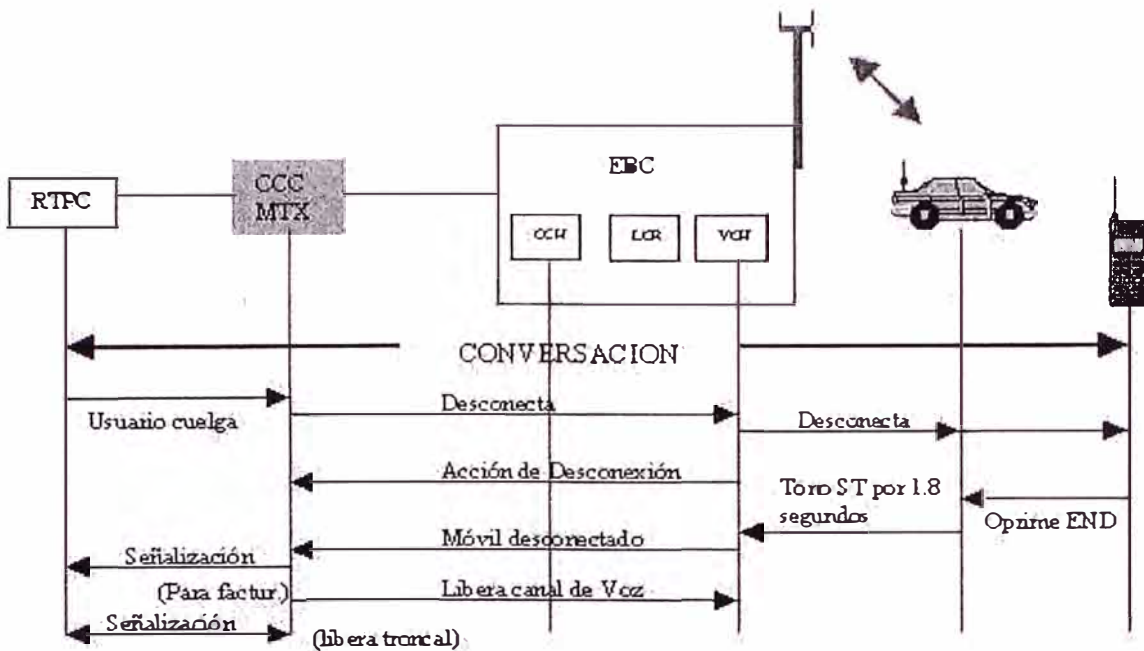


Fig. 1.24 Liberación por la Red Pública

La liberación por la red pública sigue los siguientes pasos:

- El usuario fijo cuelga el teléfono, la central pública señala a la CCC.
- La CCC envía orden de desconexión hacia la estación base.
- La radio de la estación base envía mensaje de desconexión a la unidad móvil via canal de voz, valiendose de una ráfaga de datos modulados en FSK.
- La Estación base notifica a la CCC que inició la acción de desconexión.
- La unidad móvil coloca en el canal un tono de señalización ST de 1.8 segundos y comienza a coleccionar los canales de control nuevamente.
- La radio de la Estación base detecta el tono de ST y envía mensaje a la CCC.

- La CCC cesa la facturación y libera el canal de voz de la estación base para atender a otras llamadas.
- La CCC hace señalización de troncal para la central pública.
- FIN

1.9.5 Handoff.

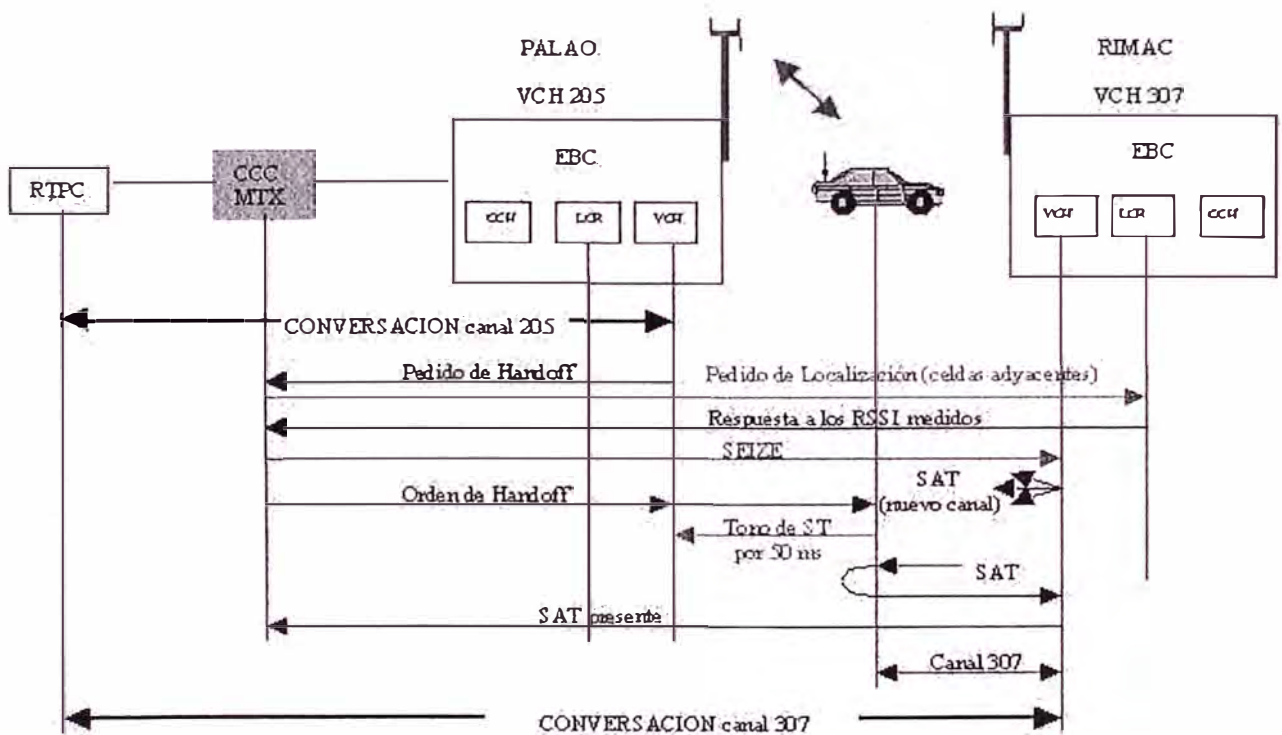


Fig. 1.25 Handoff

En las líneas generales el proceso de handoff sigue los siguientes pasos:

- Suponiendo una conversación en curso en el canal 205 de la EBC Palao, mientras la unidad móvil se aleja de la EBC.
- La radio del canal de voz en la EBC, que monitorea constantemente el nivel de la señal RSSI recibido, detecta que la señal está cayendo abajo del nivel permitido por el sistema y envía un pedido de handoff para la CCC.

- La CCC tiene información de que celdas o sectores son adyacentes y luego envía una petición de monitoreo de nivel de señal recibida.
- Las radios de aquellas celdas que desempeñan la función de localización (LCR) sintonizan el canal 205 y miden el RSSI, a seguir envían esas informaciones a la CCC. La CCC, con base a esas medidas y en la disponibilidad de canales de cada celda candidata al handoff, decide cual es la mejor opción.
- Enseguida la CCC envía un mensaje de seize, asigna el canal a al celda candidata y ordena al nuevo canal que transmita el tono de SAT.
- La CCC envía un mensaje de handoff hacia la unidad móvil via canal de voz 205, informando el nuevo canal de voz y SAT.
- La unidad móvil envía un tono de señalización ST de 50 ms via canal de voz antiguo, liberando ese canal para atender otras llamadas.
- La unidad móvil sintoniza el nuevo canal de voz, canal 307, y detecta el SAT esperado y lo retransmite hacia la nueva EBC.
- El canal de voz de la nueva EBC detecta la presencia del SAT correcto, informando a la CCC, y la conversación prosigue en el nuevo canal.

1.10 La Microcelda.

Cuando en un sistema de telefonía celular ya no se puede dividir mas las celdas en otras mas pequeñas o en lugares donde no puede instalarse una celda, todo esto bajo requerimientos de capacidad, por reuso de frecuencias o por que hay restricciones gubernamentales, tenemos una gran solución la Microcelda. Esta puede ser instalada en lugares de alto tráfico como por ejemplo: Centros comerciales, edificios, areas públicas, hoteles, congreso, túneles etc. El cual tendrá una cobertura

limitada entre 10 y 100 metros . Por ejemplo la celda de Cercado en el centro de lima tenía un alto porcentaje de llamadas rechazadas todo esto por falta de canales de voz, ya que los parlamentarios en el congreso estaban sobrecargando la celda, por lo tanto para los usuarios fuera del congreso no podían originar ni recibir llamadas. Por lo tanto se puso una microcelda en el congreso para solucionar este problema, con lo cual se libero a la celda de Cercado de todo el tráfico que tenía, y los usuarios externos recién podrían conversar sin ningun problema. Las microceldas se pueden aplicar a sistemas analógicos (AMPS) y sistemas digitales (TDMA).

1.11 Programación de Celulares.

En el sistema de telefonía celular las microceldas soportan las tecnologías estandares, modo dual AMPS/TDMA, celulares fabricados para trabajar con el estándar IS-136 el cual será proporcionado y programado por el operador del sistema. En el presente hay muchas marcas de celulares, Motorola, Ericsson, Nokia, Audiobox, etc. De los cuales el mas popular es el NOKIA 2160 y 6120.

Los parámetros mas importantes son el ESN (Electronic Serial Number) y MIN (Mobile Identificación Number), los cuales son programados por los operadores del sistema celular. Estos parámetros se encuentran dentro del NAM (Number Assignment Module) lo cual es un software programable y contiene información específica del celular. La información del NAM que se muestra para el NOKIA 2160 sirve solo como referencia.

1.11.1 Programación del NOKIA 2160.

Para accesar al modo de programación del NAM se realiza lo siguiente:

- Encienda el celular NOKIA 2160.

- Ingrese el código de acceso al NAM. El defecto para este fabricante es:
*3001#12345.
- Presione la tecla con el indicativo MENU.

Para programar el NAM1

Home System ID : <From cellular operator>

Own Number : <From cellular operator>

PSID/RSID Lists : Select

P/RSID1 : Select

System Type : Private.

PSID/RSID : <From cellular operator>

System ID : <From cellular operator>

Alpha Tag : <15 –character user definable field; Typically used to store name and extension>

Operator Code(SOC): <From cellular operator>

Country Code : <Default OK;0>

Public Service Profiles:Select

PSP1 :Select

Channel : <From cellular operator>

DVCC : <From cellular operator>

PSP2 :<If necessary>

PSP3 :<If necessary>

PSP4 :<If necessary>

Private Oper. Frequencies :Select

POF1	:Select
Channel	:<from celular operator>
DVCC	: <from celular operator>
POF2	:<if necessary>
POF3	:<if necessary>
POF4	:<if necessary>
Default Settings	: Select
NAM Status	: Enabled
Access Method	: <default OK; 1>
Local Option	: < default OK; 1>
Primary Paging CH	: < default OK; 333 or 334>
Secondary Paging CH	: < default OK; 708 or 737>
Dedicated CCH A	: <Temporary adjusted per site>
Dedicated A Number	: <Temporary adjusted per site>
Dedicated CCH B	: <default OK; 334>
Dedicated B Number	: <default OK; 20>
Overload Class	: <default OK>
Group ID	: <default OK>
SID Alpha Tag Control	: Disabled
A – Key Code	: <default OK; empty>
Public systems	: Enabled
Private Systems	: Enabled
Resident Systems	: Enabled

CAPÍTULO II DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y USO DE LA MICROCELDA

En este capítulo veremos los diferentes equipos que vienen a conformar la microcelda, todos con un nombre específico, en particular en esta sección se hablará con respecto al fabricante NORTEL ya que los equipos con lo que hoy trabajado son de esta tecnología.

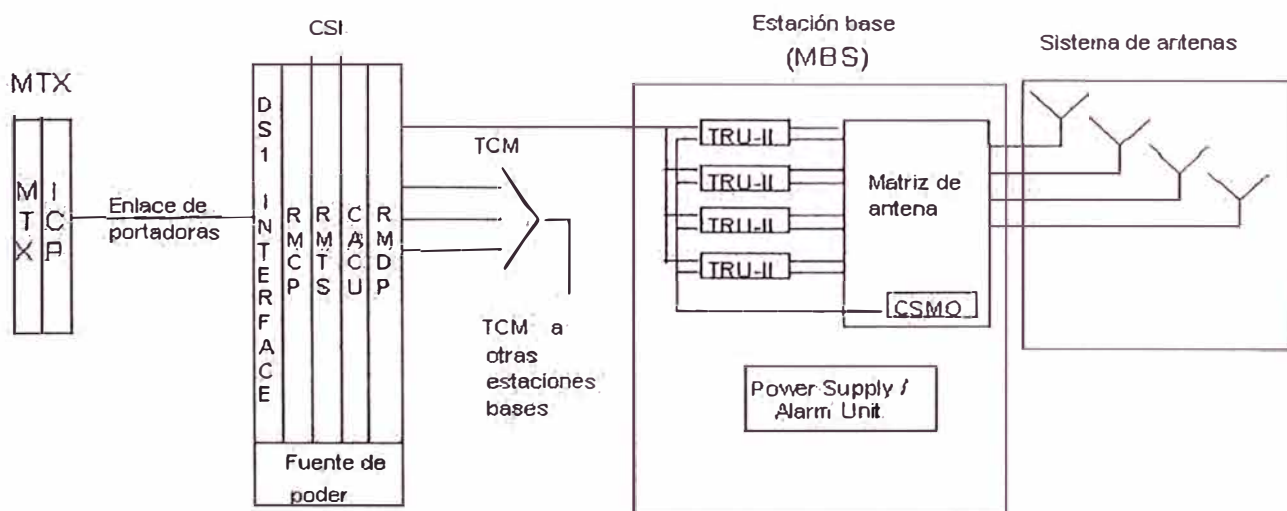


Fig. 2.1 Configuración de una Microcelda

2.1 Mobile Telephone Exchange (MTX).

Esta es la central digital de NORTEL., puede estar interconectada con mas de una central celular o de línea fija. Manipula el control de celdas, realiza la conmutación de audio y genera las estadísticas de facturación.

2.2 Intelligent Cellular Peripheral (ICP).

Es un periférico situado en la central MTX el cual se encarga de la interfase entre la estación base y la central de conmutación. El ICP también maneja las operaciones de la estación base.

2.3 Compact Simplex ICRM (CSI).

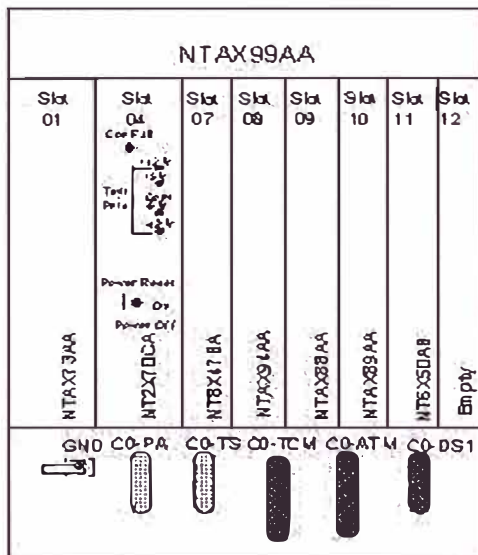


Fig. 2.2 CSI y sus componentes

El CSI proporciona el interfase de mensajes entre la radio y la MTX, proporciona la capacidad de cargar el software dinámicamente. Además proporciona las alarmas en caso de que esté fallando algo. El CSI tiene los siguientes componentes:

2.3.1 Convertidor de Potencia AC/DC (NTAX73AA).

Este módulo convierte 115/230 Vac. Principalmente a +24 Vdc. El resultado del voltaje es enviado a un convertidor de fuente DC para procesamientos futuros.

2.3.2 Convertidor de Potencia DC/DC (NT2X70CA).

El convertidor de voltaje DC/DC convierte los +24 Vdc que viene del voltaje alterno a +/- 5 Vdc y +/- 12 Vdc, para los paquetes de circuitos del CSI. También proporciona el encendido y apagado, el reinicio, tiene los controles manuales.

Propiamente la salida DC de la fuente de poder es verificado via puntos de prueba localizados en la salida del panel frontal. Notar que el LED en el panel frontal nunca debe de estar prendido cuando nuestro CSI este trabajando.

2.3.3 Módulo Remoto de Puerto Digital (RMDP) (NT8X47BA)

El RMDP es una interfase de 16 puertos TCM (Time Compression Múltiplex) entre las radios; Si no hay mas de 15 radios los 15 puertos pueden ser direccionados a un CACU (unidad de control y alarma compacta), en el caso que tengamos mas de 15 radios utilizaremos otra tarjeta adicional RMDP.

2.3.4 Unidad de Control y Alarma Compacta (CACU) (NTAX94AA)

Esta unidad colecciona alarmas mayores y críticas de todas las estaciones bases y transfiere a los monitores que están en la central. Solamente nos proporciona para los primeros 15 puertos, si tenemos mas de 15 radios se adicionará otra tarjeta RMDP en el CSI.

2.3.5 Módulo Remoto de Conmutación de Tiempo (RMTS) (NTAX88AA)

El RMTS proporciona al canal la conectividad y conmutación de tiempo entre el enlace de el lado de control de el CSI (MTX) y el enlace de el lado periférico (MBS). En el lado de control el RMTS proporciona cuatro puertos para interfase serial DS60 a el enlace DS1 de el ICP. En el lado periférico el RMTS multiplexa y

demultiplexa secuencialmente sobre enlaces de voz DS30X para transmisión o recepción a los puertos de las radios.

El RMTS también proporciona interfase DS30A para la conexión a el Módulo Remoto de el Procesador de Control (RMCP). El RMTS y RMCP, trabajan juntos como una unidad, componen el control complejo del CSI. El RMTS manipula el mensaje de conmutación LAPD (Link Access Protocol-D) para el control de mensajes de el RMCP. El RMCP a través de RMTS controla el destino de los canales individuales DS0.

El RMTS también realiza funciones de mantenimiento y soporte de diagnóstico. También tiene la capacidad de enlazar diagnósticos entre los enlaces de DS60, DS30X y DS30A. A través del interfase DS30A a el RMCP, el RMTS asiste con funciones de operación, administración y mantenimiento.

2.3.6 Módulo Remoto de el Procesador de Control (RMCP) (NTAX89AA)

El RMCP proporciona los recursos del procesamiento de la llamada y realiza el mantenimiento y diagnóstico del CSI. El RMCP está conectado al RMTS a través del interfase DS30A.

Un bloque de procesador 68020 esta centrado en el RMCP, el bloque contiene:

- Dos Mbytes de programa y memoria de datos RAM;
- Un controlador dinámico de memoria RAM con detección de paridad de error;
- Tres temporizadores de 16 bits
- 128 Kbytes de memoria ROM

2.3.7 Interfase de DS1 (NT6X50AB)

La DS1 proporciona interfase y facilidades en T1 a el MTX, y se comunica con una tarjeta similar en el ICP. Dos tramos T1 son usados uno con 24 canales y el otro con 8 canales. Cada tarjeta DS1 proporciona dos interfases DS1.

2.4 Estación Base de Microcelda (MBS)

El MBS es la unidad principal de hardware del sistema de radiofrecuencia, es equivalente a un bastidor de RF de una celda normal. No es equivalente a una celda entera. El equipo común es duplicado en cada MBS para facilitar y flexibilizar la expansión del sistema, pero es un grupo de MBS conectado a un sistema de una sola antena similar a una celda normal. El sistema de antenas es equivalente a una sola antena duplex. Uno o dos paquetes duales de híbridos de 8 puertos pueden ser usados para unir las antenas juntas dentro de un solo sistema. Cada MBS soporta una interfase duplex para cada antena. Esta distribución de la señal también recibe diversidad, y es soportado por el MBS manteniendo ambos caminos A y B.

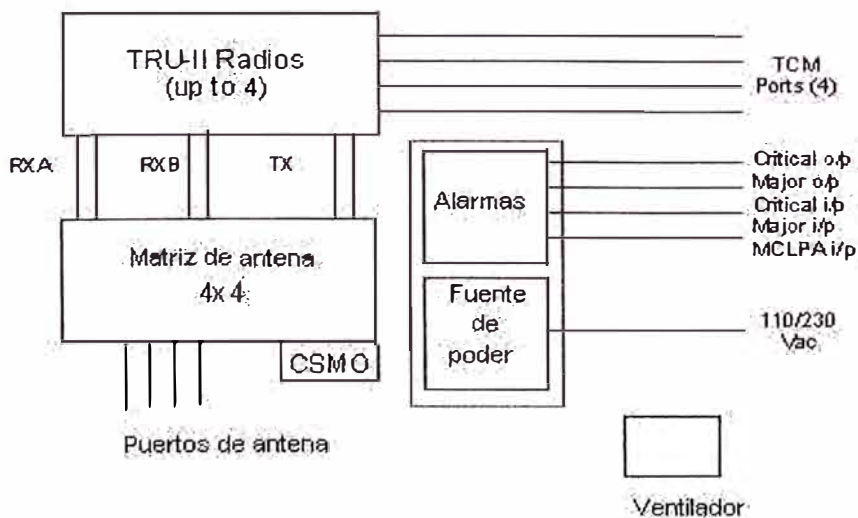


Fig. 2.3 Diagrama de bloques del MBS

Una estación base de microcelda tiene componentes de RF dentro de su cabina y estas son:

- Hasta un máximo de 4 radios TRU,
- Una matriz de antena,
- Oscilador maestro compacto (CSMO),
- Unidad de Alarma,
- Fuente de poder y
- Un ventilador interno.

A continuación describiremos algunos de estos elementos.

2.4.1 Matriz de Antena.

Proporciona una combinación de 4x4, quiere decir que combina las 4 señales de las 4 radios y estas pueden salir por 4 puertos hacia las antenas. Proporciona la función de combinación/duplexión en la transmisión y la función de duplexor/receive multicoupler para la interfase a las cuatro radios con el sistema de antena distribuida mediante un **híbrido** externo. Todas las radios tienen acceso hasta 16 antenas. La matriz de antena es pasivo no tiene alarmas.

2.4.2 Oscilador Maestro Compacto (CSMO).

Proporciona una señal de alta estabilidad de 4.8 MHz usado por las radios para generar sus señales de RF. La señal de el CSMO puede ser monitoreado de un puerto en el frente de la unidad para verificar la exactitud de la frecuencia. El CSMO puede además generar alarmas si tiene alguna anomalía.

2.4.3 Fuente de Poder.

Usa la corriente alterna 115 Vac/230 Vac 50/60 Hz, para generar corriente continua, requerido por los módulos de el MBS, +28 Vdc, +15 Vdc y +12 Vdc para el ventilador.

2.4.4 Unidad de Alarma.

Reporta todas las alarmas ya sean mayores o críticas hacia el CSI y CACU. De el CACU son enviadas hacia el MTX. Las alarmas locales son indicadas via ocho LEDs en la unidad en el frente del panel. Cuando tenemos un mensaje de alarma en el MTX lo primero que se hace es revisar estos LEDs y ver sus indicaciones para solucionar el problema.

2.4.5 El Ventilador.

Esta unidad se encarga de ventilar a el MBS, reduciendo así la posibilidad de que los componentes del sistema se calienten, ya que estas trabajan sujetas a ciertas temperaturas y la falla del ventilador nos muestra una alarma mayor.

2.5 Radio, (TRU) Transmit and Receive Unit.

Llamado también como Unidad de radio modo dual DRU, puede operar en cualesquiera digital (TDMA) o analógico (AMPS). Estas radios en una celda convencional trabajan con un amplificador, pero en las microceldas no es necesario el uso de estas. Los TRUs proporcionan el interfase via TCM con el CSI, proporciona recepción de caminos en forma dual. Controla y señaliza los mensajes de comunicación entre el CSI y la radio via canal TCM-D. Las señales de voz y datos son comunicados entre el CSI y el TRU via canal TCM-B. También se encarga

de modular las señales de I & Q con una portadora de RF, para producir una señal compuesta.

En el modo AMPS cuando una persona conversa, la portadora FM varía como una función de forma de onda de audio que produce la voz de la persona que habla. Esta varianza es conocida como frecuencia de desviación que corresponde a un nivel de audio específico. Típicamente el rango de estos niveles pueden variar entre -18 dBm0 a -22 dBm0.

Para TDMA las palabras son codificadas utilizando el algoritmo de VSELP o EFRC, los niveles de audio han sido estandarizados para un valor de -18 dBm0.

Las radios pueden trabajar como canal de control, voz o simplemente como un localizador, ya sea en digital o analógico.

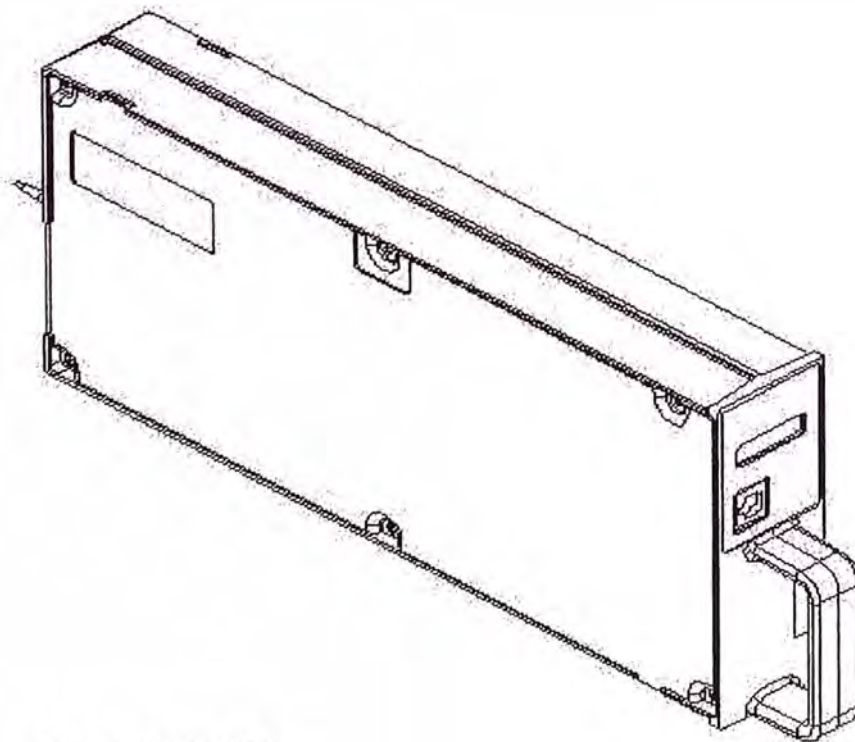


Fig. 2.4 Radio (TRU II)

2.6 Híbridos.

Usado para la interfase de uno o mas MBSs para una o mas antenas. Dispositivo pasivo no muestra alarma. Hay dos tipos de híbridos dependiendo del tipo de aplicación y son:

2.6.1 Dual de 8 Puertos.

- Utilizado normalmente donde hay alto tráfico y es el mas usado,
- Puede manipular hasta 4 MBSs por celda,
- Hasta un máximo de 16 antenas, combinando 2 híbridos
- Halta pérdida apróximado de 7 DB, lo cual nos reduce la longitud de nuestro cable coaxial que va hacia la antena.

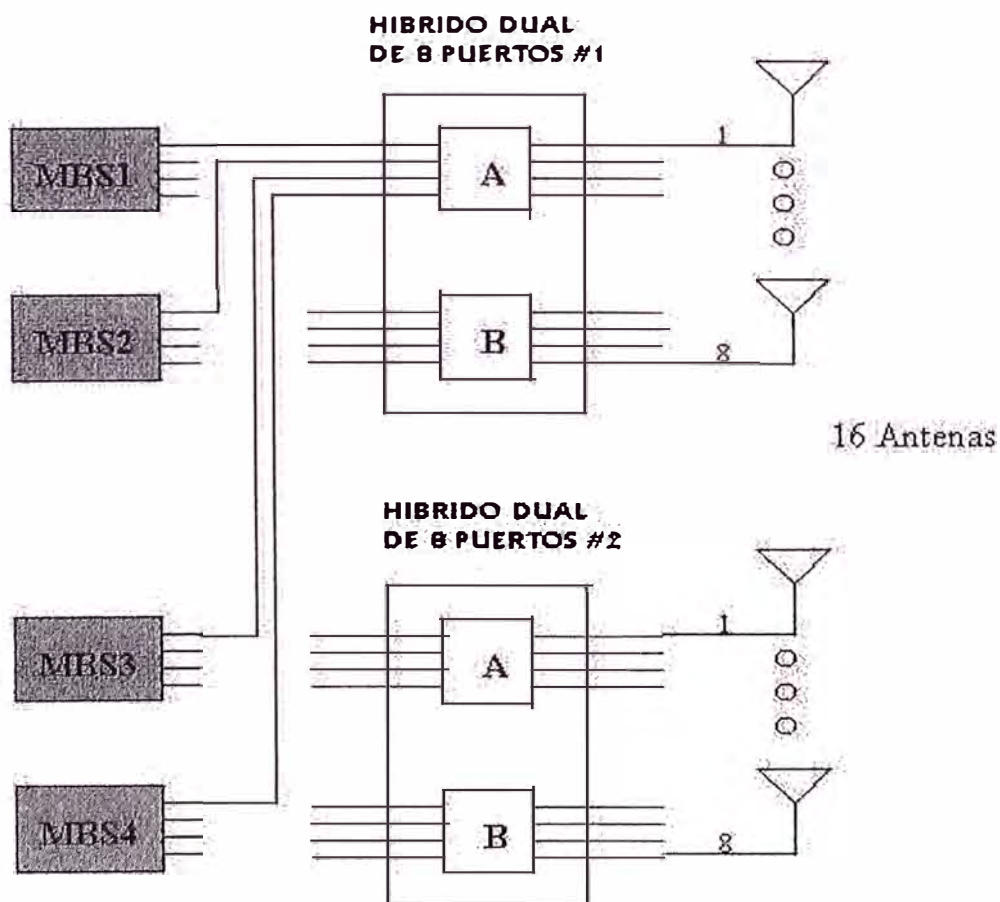


Fig. 2.5 Configuración máxima con un híbrido dual de 8 puertos

2.6.2 Quad de 4 Puertos.

- Bajas pérdidas de aproximado 3 DB, lo cual nos permite mayor longitud de cable coaxial hacia la antena.
- Manipula 2 MBSs por celda,
- Un máximo de 8 antenas,

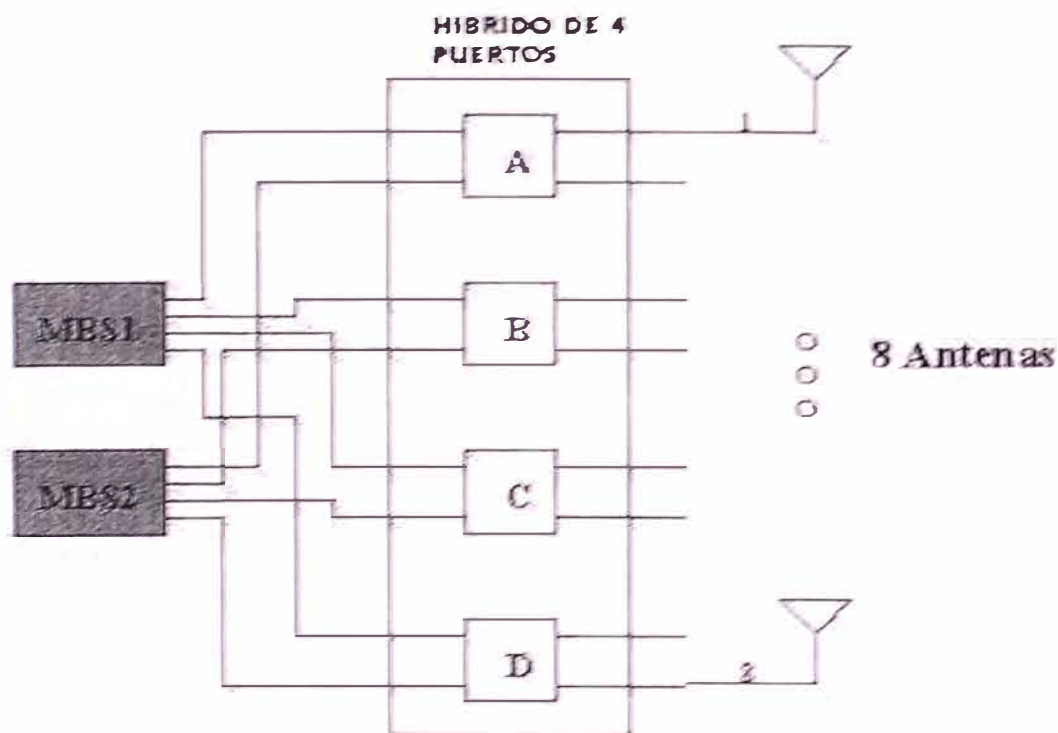


Fig. 2.6 Configuración máxima con un híbrido de 4 puertos

2.7 Antenas.

Las antenas son elementos pasivos, las antenas de las microceldas tienen características especiales, como por ejemplo: Se deben de montar en forma disimulada, normalmente en los techos ya que si no estaríamos alterando la estética de los lugares a instalarse, es muy importante donde ubicar las antenas ya que de esto dependerá la longitud de los cables hacia el MBS. Tienen una ganancia aproximada de 5 DB y pueden ser omní o direccionales. Con el uso de híbridos

podemos instalar hasta un máximo de 16 antenas por celda (partición). (ver también 3.3.7)

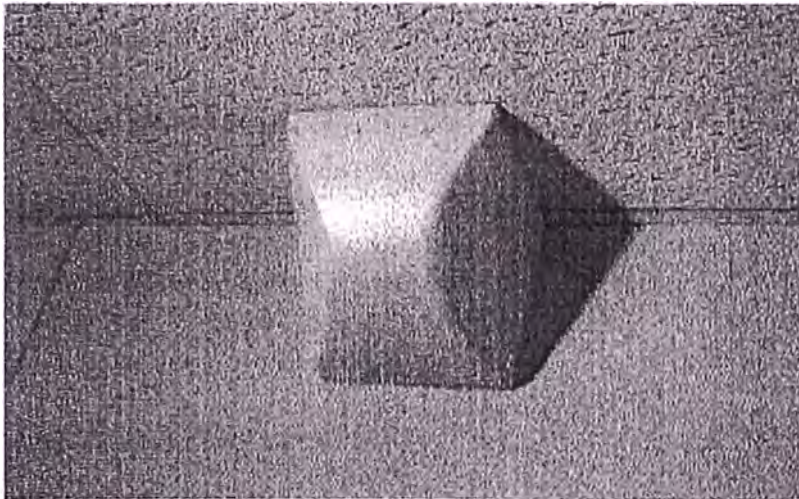


Fig. 2.7 Foto de la antena DB791S50N

Model	DB781LP50N-C	DB781LP75F-C	DB791S50N-C	DB791S75F-C
Impedance - ohms	50	(Special*) 75	50	(Special*) 75
Termination	N-Female	F-Female	N-Female	F-Female
Frequency Range - MHz	824-894		824-894	
Gain - dBd	See Patterns		See Patterns	
VSWR	<1.5:1		<1.5:1	
Beamwidth (3dB from max) or pattern	70° A-A plane 90° B-B plane 85° C-C plane		80° A-A plane 120° B-B plane 105° C-C plane	
Polarizations	Perpendicular to B-B plane		Perpendicular to C-C plane	
Input power - watts (maximum)	50		50	
Application	Indoor Tx/Rx >10 dB F/B ration		Indoor Tx/Rx >10 dB F/B ration	
Weight - lbs. (kg)	1.5 (0.77)		1.4 (0.63)	
Material:				
Back panel	Brass		Brass	
Radiating elements	Brass		Brass	
Radome	ABS Plastic		ABS Plastic	
Color	Off-white		Off-white	
Mounting	Four holes in backplate		Four holes in backplate	
Size (WxDxH) - in. (mm)	8.25 x 8.25 x 4.5 (210 x 210 x 114)		6.25 x 6 x 6 (159 x 152 x 152)	
Packing size - in. (mm)	12 x 12 x 12 (305 x 305 x 305)		12 x 12 x 12 (305 x 305 x 305)	
Shipping weight - lbs. (kg)	2.7 (E)		2.4 (1.1)	

2.8 Cables.

El tipo de cable juega un papel muy importante ya que diferentes tipos de cables tienen diferentes pérdidas, el más utilizado para las microceldas es el tipo dieléctrico de espuma – foam de ½ pulgada de 50 ohmios (LDF4-50A). Con este cable la longitud máxima del cable debe de ser 100 metros hacia el MBS. Hay que considerar que el cableado se realizara por los falsos techos y ductos que pueden existir lo cual debe ser optimizado para lograr la longitud mínima.

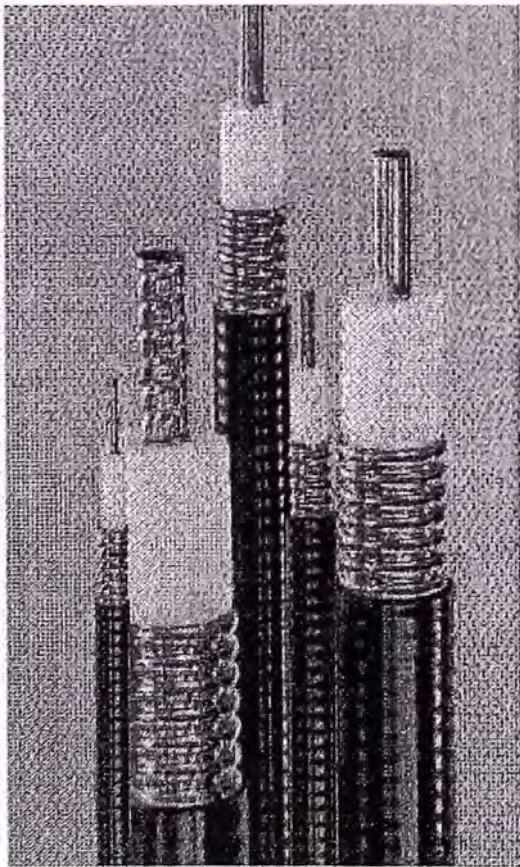


Fig. 2.8 Cable coaxial del tipo espuma foam

HELIX® Coaxial Cable vs

Nominal Size Impedance, ohms	Standard Superflexible			Extraflexible	LOF Series			High Power Cables			Standard Superflexible		LOF Series
	FSJ1 60A	FSJ2 60	FSJ4 50B	EFX2 60	LOF1 60	LOF2 50	LOF4 30	HST1 50	HST2 50	HST4 50	FSJ1 75	FSJ4 75A	LOF4 75A
	1/4"	3/8"	1/2"	3/8"	1/4"	3/8"	1/2"	1/4"	3/8"	1/2"	1/4"	3/8"	1/2"
	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	75	75	75
Electrical Characteristics													
Relative Propagation Velocity, %	84	83	81	85	88	88	88	82	83	81	78	81	88
Maximum Operating Frequency, MHz	20400	13400	10200	13500	15800	13500	8800	18000	13400	10200	22000	11500	10000
Attenuation, dB/100 ft (dB/100 m) Standard conditions: VSWR 1.0 ambient temperature 25° C (77° F)													
150 MHz	2.23 (7.32)	1.49 (4.90)	1.29 (4.23)	1.35 (4.43)	1.47 (5.08)	1.30 (4.27)	0.845 (2.77)	2.08 (8.84)	1.53 (5.03)	1.36 (4.45)	2.31 (7.53)	1.10 (3.50)	0.770 (2.53)
450 MHz	3.93 (12.9)	2.68 (8.73)	2.32 (7.61)	2.40 (7.67)	2.58 (8.04)	2.30 (7.50)	1.51 (4.88)	3.88 (12.1)	2.72 (8.92)	2.43 (7.69)	4.17 (13.7)	2.16 (7.07)	1.38 (4.53)
824 MHz	5.42 (17.8)	3.68 (12.1)	3.25 (10.7)	3.33 (10.9)	3.46 (12.36)	3.19 (10.5)	2.10 (6.80)	5.06 (18.8)	3.75 (12.3)	3.58 (11.1)	5.82 (19.3)	3.01 (10.8)	1.92 (6.31)
960 MHz	5.87 (19.3)	4.00 (13.1)	3.55 (11.6)	3.62 (11.8)	3.74 (13.43)	3.47 (11.4)	2.29 (7.51)	5.59 (19.0)	4.07 (13.4)	3.69 (12.1)	6.35 (20.8)	3.28 (10.8)	2.09 (6.88)
1500 MHz	7.47 (24.5)	5.12 (18.8)	4.57 (15.0)	4.63 (15.2)	4.87 (17.15)	4.43 (14.5)	2.83 (9.81)	8.97 (22.8)	6.19 (17.0)	4.74 (15.5)	10.2 (27.0)	4.24 (13.9)	2.80 (8.82)
2000 MHz	8.73 (28.8)	6.04 (19.7)	5.41 (17.7)	5.45 (17.9)	5.45 (20.13)	5.21 (17.1)	3.45 (11.3)	10.15 (28.7)	6.09 (20.0)	5.50 (18.3)	11.5 (31.8)	6.02 (16.5)	3.17 (10.4)
4000 MHz	12.8 (42.0)	8.95 (29.4)	8.20 (26.9)	8.00 (26.1)	7.53 (24.8)	7.74 (25.4)	5.18 (17.0)	12.0 (39.3)	8.01 (29.5)	8.41 (27.8)	14.9 (48.7)	7.62 (25.0)	4.77 (15.7)
6000 MHz	15.2 (53.2)	11.4 (37.4)	10.8 (34.8)	10.4 (34.1)	9.34 (31.9)	9.85 (32.3)	6.64 (21.8)	15.1 (49.5)	11.4 (37.4)	10.8 (35.4)	19.2 (62.8)	8.85 (32.3)	6.14 (20.1)
10000 MHz	21.8 (71.5)	15.6 (51.1)	14.7 (48.2)	14.2 (48.6)	12.68 (51.72)	13.5 (44.3)	-	20.3 (66.6)	15.5 (50.8)	14.9 (48.3)	-	-	-
Average Power Rating, kW Standard conditions: VSWR 1.0 ambient temperature 25° C (77° F); inner conductor temperature 100° C (212° F), except HST Series 200° C (402° F)													
150 MHz	1.32	2.29	3.20	1.74	1.51	2.30	3.63	3.16	4.38	7.52	0.810	1.20	1.78
450 MHz	0.748	1.29	1.82	0.978	0.871	1.35	2.02	1.78	2.47	4.19	0.338	1.05	0.981
824 MHz	0.544	0.323	1.31	0.708	0.644	0.972	1.45	1.30	1.70	3.01	0.242	0.750	0.710
960 MHz	0.502	0.285	1.20	0.649	0.587	0.885	1.33	1.20	1.65	2.77	0.220	0.688	0.653
1500 MHz	0.395	0.668	0.831	0.507	0.477	0.700	1.06	0.944	1.29	2.16	0.172	0.537	0.508
2000 MHz	0.538	0.668	0.789	0.431	0.413	0.595	0.888	0.807	1.10	1.83	0.144	0.452	0.432
4000 MHz	0.239	0.883	0.520	0.289	0.282	0.400	0.591	0.550	0.745	1.21	0.094	0.298	0.298
6000 MHz	0.182	0.300	0.404	0.227	0.239	0.315	0.453	0.437	0.437	0.588	0.073	0.234	0.223
10000 MHz	0.135	0.219	0.290	0.185	0.185	0.201	-	0.324	0.433	0.685	0.052	0.165	0.161
Mechanical Characteristics													
Diameter over jacket													
in	0.28	0.415	0.52	0.45	0.345	0.44	0.63	0.29	0.415	0.52	0.29	0.52	0.63
(mm)	(7.4)	(10.5)	(13.3)	(11.3)	(8.8)	(11.2)	(15.9)	(7.4)	(10.48)	(13.2)	(7.4)	(13.2)	(16)
Weight, lb/ft	0.045	0.078	0.14	0.09	0.06	0.08	0.15	0.057	0.094	0.165	0.048	0.14	0.14
(kg/m)	(0.007)	(0.12)	(0.21)	(0.13)	(0.69)	(0.12)	(0.22)	(0.085)	(0.140)	(0.245)	(0.068)	(0.21)	(0.21)
Min. Bending Radius													
in	1	1	1.25	1.75	0	0.75	5	1	1	1.25	1	1.25	5
(mm)	(25)	(25)	(32)	(45)	(76)	(95)	(128)	(25)	(25)	(32)	(25)	(32)	(125)

CAPÍTULO III INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1 Planificación de la Microcelda.

Antes de proceder a realizar el estudio para la microcelda se debe necesariamente primero visitar el lugar y así pedir información de planos, ductos, lugares para poder instalar los equipos, lugares prohibidos para colocar antenas y seguir las recomendaciones de un ingeniero civil conocedor de las instalaciones y ductos del lugar a trabajar. Este paso es importante ya que así sabremos donde van a ir los equipos y así tendremos consideraciones de distancia de cableado del MBS a las antenas.

3.1.1 Requerimientos de diseño para la microcelda.

Los requerimientos de diseño para una microcelda son muy importantes ya que de estos dependerán el diseño que realicemos. Normalmente el operador celular nos da estos parámetros, analizando que zonas quieren cubrir, con que niveles, cantidad de tráfico, etc.

En Bogotá, Colombia el operador celular Celumóvil, nos dieron los siguientes requerimientos:

- Que se tenga cobertura en todos los pasillos y áreas comunes del Centro Comercial.

- Para que el 90% de las áreas de servicio presenten niveles de señal mayores a –75 dBm.
- Para IS-136, se requiere que la microcelda sea la preferida.
- Que tenga una capacidad de 11.5 Erlangs.
- Sabiendo que el promedio de tráfico cursado por un usuario es de 30 mili erlangs.

Hay veces que el operador nos da número de usuarios que debe de cubrir, en vez de darnos Erlangs.

3.1.2 Descripción del Trabajo.

Dependiendo para que zona se está realizando el estudio de ingeniería: Centro Comercial, Túnel, Calle de alto tráfico, Congreso, Hotel, Edificio, etc. Para el caso de Celumóvil, tenemos un centro comercial llamado Centro Andino. Queda en Bogotá en una zona donde la mayor cantidad de usuarios que asisten a este centro tienen un celular. Este centro comercial tiene 3 niveles.

Centro Andino es una construcción moderna, lo cual en el primer y segundo nivel tiene básicamente, las tiendas de ventas de diferentes productos. En el tercer nivel tiene un cine y están los restaurantes, casino, y juegos para los niños.

Para la ubicación de antenas, hay que tener en cuenta de que se pondrán en zonas de tal manera que estén un poco escondidas y fuera del alcance de los usuarios y de acuerdo a esto el enrutamiento de los cables se realizará, por las áreas de seguridad, ductos y falsos techos, para no romper la estética del centro comercial.

Los usuarios deberían de conversar sin ningún problema, en la mayor parte del centro comercial como: Pasillos ascensores escaleras, áreas de descanso, restaurantes, etc.

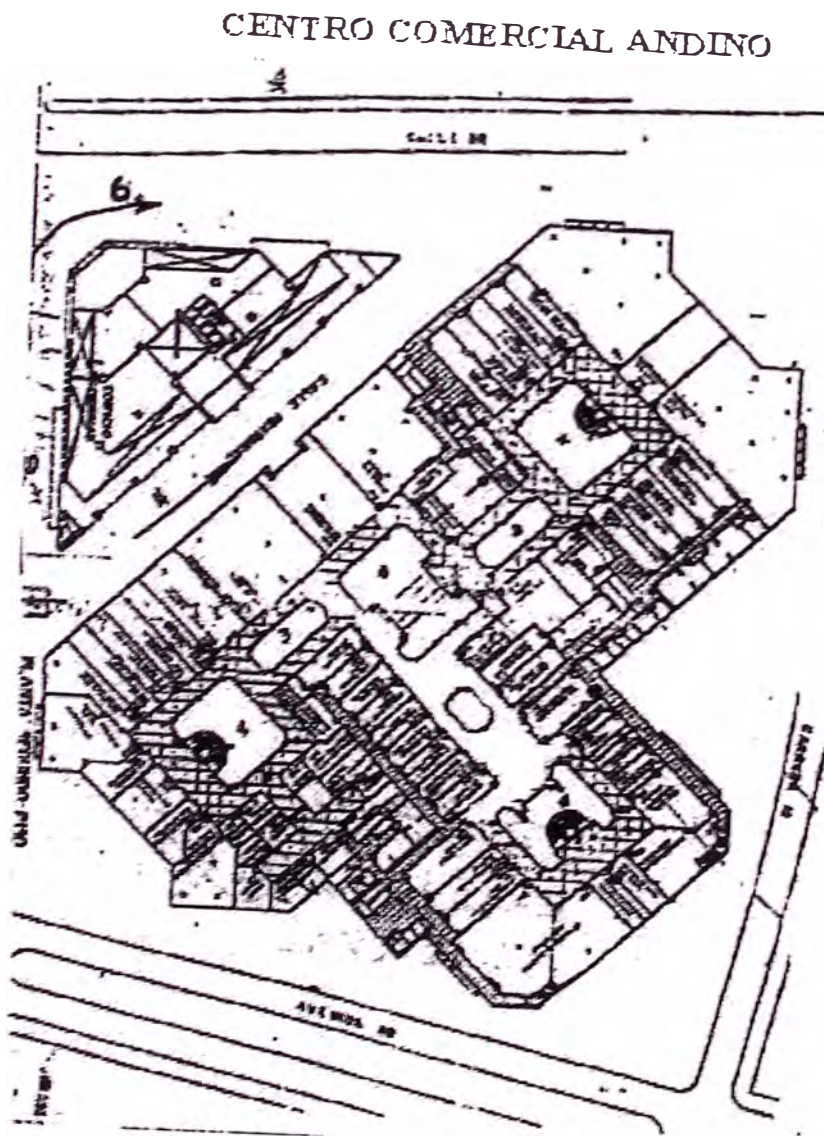


Fig. 3.1 Plano del Centro Comercial Andino

3.1.3 Consideraciones de Interferencia.

Existen dos tipos de interferencia; cocanal y adyacente, de estos dos el mas peligroso es la interferencia cocanal.

- **Interferencia Co-canal (C/I).** La interferencia co-canal es causado por el uso de la misma frecuencia de radio en dos o más celdas localizadas dentro del área de servicio inmediato. La interferencia co-canal puede ocurrir en cualquiera de los canales directo (celda hacia el móvil) o reverso (móvil hacia la celda). Para efectos de un buen diseño se debe de respetar $C/I > 17$ dB, donde :

$$C/I = 10\log[\text{Portadora}] - 10\log[\text{Co-canal}]$$

La magnitud de la interferencia co-canal, puede afectar el sistema de varias formas, por ejemplo con un buen diseño de C/I de 17 dB aún el canal analógico experimentará algunos ruidos detectables, mientras que el canal digital podría comenzar a experimentar una característica artificial suave asociado con las palabras de conversación.

Cuando el C/I es de 14 dB, la calidad de voz en análogo y digital se ponen relativamente malos. En un canal digital la voz se escucha mas artificial, con interrupciones de las palabras, lo cual resulta un excesivo enmudecimiento . En analógico la llamada exhibirá una cantidad notable de ruido de fondo. Sin embargo, la llamada todavía es entendible, pero la calidad de la llamada es peor que el de una llamada digital. Pero cuando la razón C/I decrece de 14 dB, la calidad de voz de una llamada digital se degrada rápidamente, en comparación de una llamada analógica.

El rango aceptable en el rendimiento en TDMA en términos de interferencia co-canal y adyacente se muestra a continuación.

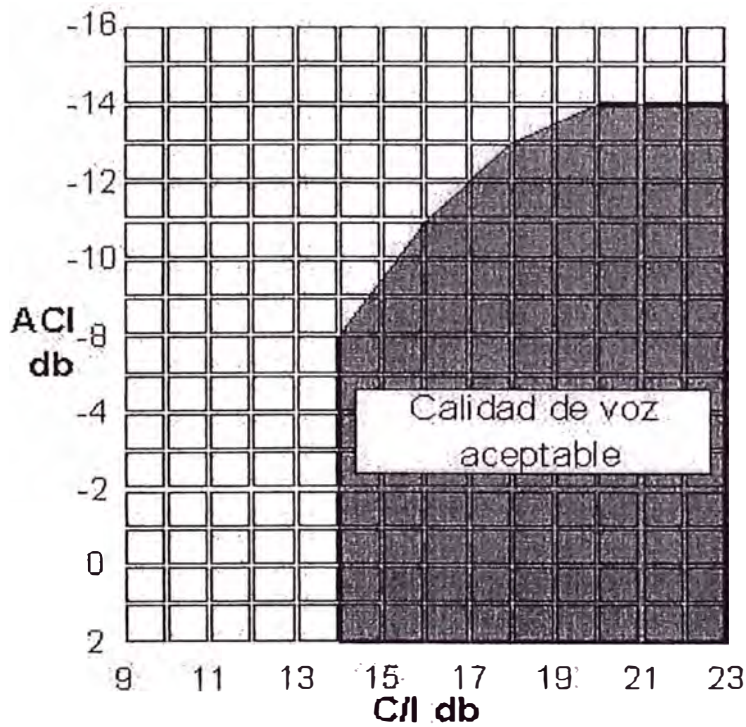


Fig. 3.2 Rendimiento aceptable en un sistema digital TDMA bajo condiciones de ACI y C/I

La interferencia co-canal en un sistema TDMA se manifestará en un incremento de Bit Error Rate (BER), de hecho la degradación de la llamada en TDMA esta siempre asociado con un indeseable BER. Por lo tanto BER es una medición en un sistema TDMA, el cual nos determina la calidad. Un BER mejor que el 2% es suficiente para proporcionar una satisfactoria calidad de voz. Si un 90% o mas de las mediciones, en un nivel de interferencia específico, proporciona al menos 2% BER, entonces el nivel es considerado aceptable.

- **Interferencia por Canal Adyacente (C/A).** Una interferencia de canal adyacente es causado por el uso de una frecuencia cualesquiera de un canal que esté por encima o debajo de el canal que lleva la portadora. No es siempre posible evitar este tipo de interferencia, pero su restricción en aquellas áreas fueras del servicio inmediato será fundamental.

$$C/A = 10\log[\text{Portadora}] - 10\log[\text{Canal Adyacente}]$$

Para propósitos de diseño, dado por las especificaciones de los equipos, la interferencia por canal adyacente (C/A) no debe ser menor que -8 dB, esto quiere decir que el nivel de señal de la frecuencia del canal adyacente interferente no debe ser mayor que 8 dB que el nivel de la señal de la portadora deseada. En el gráfico de arriba se aprecia que cuando tengamos un C/I de 19 dB, la C/A puede ser permitido a degradarse hasta -13 dB sin afectar la calidad de voz.

3.1.4 Condiciones del Sistema Existente.

El estudio de ingeniería de radiofrecuencia para la microcelda se realizó durante el mes de agosto y setiembre de 1997. Todos los datos que se mencionaran a partir de aquí con referente al operador se referiran a esta fecha. Hay que tener en cuenta que un sistema de telefonía celular es muy cambiante con respecto al tiempo, ya que el sistema siempre va creciendo y por lo tanto se van poniendo nuevas celdas y se van cambiando de frecuencias, para evitar interferencia cocanal o adyacente.

Se hizo los estudios para tres centros comerciales:

Centro Andino	Bogotá
Santa Barbara	Bogotá
Villa Country	Barranquilla

En este documento nos referimos como ejemplo al centro comercial Centro Andino. Celumóvil es un operador en la banda de frecuencia celular B, utiliza N= 7 y tiene el siguiente Plan de Frecuencias.

B-BAND N=7

Grupos	1 H1	2 I1	3 J1	4 K1	5 L1	6 M1	7 N1	8 H2	9 I2	10 J2	11 K2	12 L2	13 M2	14 N2	15 H3	16 I3	17 J3	18 K3	19 L3	20 M3	21 N3	
ACCH	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	
Canales de voz	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	
	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	
	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	
	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	
	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	
	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	
	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	
	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	
	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	
	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	
	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	
	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	
	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	
	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	
	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666				
	Frecuencia Expandida	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753
		754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774
		775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795
		796	797	798	799																	
	Total de canales 416																					
	Control	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Normal B	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14	14	
B'	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Total Voz	19	19	19	19	18	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	18	18	18	

Fig. 3.3 Plan de frecuencias usado por Celumóvil

Del gráfico se observa que tenemos un total de 21 grupos de frecuencia, por lo tanto tenemos 21 canales de control analógico y 21 canales de control digital. Para el estudio de RF se tendrá en cuenta el canal de control analógico, considerando que se tiene la misma potencia de salida en todos los canales de una misma celda o sector. Como se observa los canales de control analógico van de [334 a 354].

Este sistema tiene mas de 120 celdas en la ciudad de Bogotá, y la mayor cantidad de usuarios son digitales (el 90% de usuarios) por lo tanto los usuarios analógicos son solamente el 10%.

Mediante la instalación de la microcelda se quitará el tráfico a la celda externa (macro-celda) que normalmente tenía un alto porcentaje de bloqueo de

llamadas. Liberando así el tráfico para que usuarios fuera del centro comercial puedan originar llamadas sin ninguna dificultad.

Debido a limitaciones por parte del operador, Celumóvil no nos brinda información de celdas cercanas a el centro comercial. A partir de ahora a la celda mas cercana al centro comercial lo llamaremos macro-celda.

3.2 Estudio de Tráfico.

Existen un número de cosas que afectan el número de usuarios que el sistema puede cursar. Estas variables incluyen tales como: la probabilidad de bloqueo, la cantidad de tráfico presentado por el sistema por usuario y el número de canales de voz disponible.

En todos los cálculos de capacidad basados en grado de servicio, es asumido que el bloqueo toma lugar debido a la congestión de canales de voz y no debido a limitaciones de cobertura de radiofrecuencia. Además se asume también que los canales de control no están sobrecargados.

3.2.1 Grado de Servicio (GOS).

De algunas variables envueltas en la determinación de el número de usuarios por estación base, talvez dos de los mas importantes críticos es el grado de servicio (GOS), también conocido como “factor de bloqueo”, y la cantidad de uso por cada usuario expresado en erlangs por usuario. El grado de servicio es una medición de congestión el cual es medido como una probabilidad de que una llamada sea bloqueada. Una llamada bloqueada es una llamada que no puede ser completada en un tiempo determinado debido a la congestión. En los sistemas de telefonía celular, el estudio de tráfico debe de realizarse para el peor caso, hora punta, día punta.

Normalmente los viernes de cada semana el sistema incrementa el tráfico durante las horas 11:00 a 12:00 y en las tardes 17:00 a 18:00. Dependiendo de que sistema, estas horas podrían cambiar. Cuando se realiza el diseño, específicamente el grado de servicio es definido para un factor de bloqueo del 2%, esto quiere decir que de cada 100 intentos de llamadas 2 serán rechazadas. La tabla de Erlang B será utilizada para todos nuestros cálculos.

Para nuestro estudio realizado, con todos los requerimientos del operador tenemos:

# de usuarios en el centro comercial	383 usuarios
Promedio del tráfico usado	0.03 erlangs/usuario
Blocking(GOS)	2%
==> (383 usuarios)(0.03 erlangs/usuario)= 11.5 erlangs	

Con las tablas de tráfico de Erlang B, obtenemos 18 TTC (TDMA Traffic Channel), equivalentes a 6 TRUII. Considerando un canal de control (1 DCCH) y un localizador digital (1 DLR), se requieren 8 TRUII. Por consiguiente se requiere de 2 MBS.

Hoy en día tenemos las nuevas radios TRUIII, con capacidad de $2T + C$. esto quiere decir que el primer timeslot sirve como canal de control digital y los otros 2 timeslot como canales de voz digitales, con lo cual se incrementa los canales de voz digitales en la microcelda a 20 TTC (13.2 Erlang).

3.2.2 Definir Particiones.

En el estudio de una microcelda, dependiendo del tamaño del lugar a realizarse y de la cantidad de usuarios, se definen particiones. Las particiones serían

lo mismo que los sectores definidos para las estaciones bases normales. Para nuestro estudio realizado en Centro Comercial Andino solo tuvimos una partición.

En el caso que tengamos mas de una partición, se tiene que realizar el estudio de tráfico para cada una de ellas, dependiendo de para cuantos usuarios se va ha diseñar en cada partición. Cada partición tendra su propio canal de control (DCCH) y su propio localizador digital (DLR) y sus propios canales de voz (TTC).

3.2.3 ¿Que Tecnología AMPS o TDMA?

Antiguamente se realizaba el estudio solamente en AMPS, por ejemplo en la microcelda de Congreso en Perú solamente funciona en AMPS, ya que NORTEL tenía para esas fechas esa tecnología, debido a que Telefónica del Perú escogió CDMA como tecnología digital, por lo tanto no pudimos implementar TDMA para esa microcelda.

Para nuestro estudio de Centro Andino, para cursar 11.5 Erlangs, con un GOS de 2% tenemos la siguiente comparación:

	TDMA (digital)	AMPS (analógico)
Troncales requeridos	18	18
# de radios para voz	$18/3 = 6$	18
Canal de control	1	1
Localizador	1	1
Total de radios	8	20
Total MBS	2	5
Total CSI	1	1

Como se observa en analógico utilizaríamos muchas radios, lo cual es un inconveniente ya que tendríamos que comprar mas equipo, por la misma cantidad de usuarios. Hay otro factor importante en RF que nos diferencia del diseño analógico con el digital, en el analógico siempre tenemos que hacer que nuestra microcelda sea

la mejor servidora dentro del centro comercial lo que nos obliga a poner mas antenas, en el caso de digital no es impensable ya que con una cobertura a un nivel deseado los usuarios tranquilamente pueden estar en "camping" en la microcelda, todo esto se define mediante parámetros en tablas en la central CCC. Ver anexo A para los parámetros.

3.3 Estudio de Radiofrecuencia.

3.3.1 Análisis de Interferencia por Canal Adyacente y Co-canal.

En los gráficos siguientes se muestran las diferentes intensidades de niveles de señal registrados dentro del centro comercial Andino, las cuales se realizaron en los siguientes puntos mostrados en el plano. Se realizo una búsqueda de canales en toda la banda B de los respectivos canales de control. Es importante recalcar que solamente queremos que nuestra microcelda cubra el centro comercial, sin que la señal salga fuera. Con estas consideraciones las mediciones a realizarse serán en los puntos de acceso al centro comercial y otros puntos adicionales, para analizar que frecuencias son las mas fuertes y que frecuencias podremos utilizar. Adicionalmente hay algunas condiciones que tendrán que ser observadas para la microcelda para trabajar con los estándares acordados y estas son:

- **Plan de Frecuencias.** Desde que un teléfono celular es designado a utilizar las frecuencias en el centro comercial Andino un diseño cuidadoso de plan de frecuencias será empleado observando la cantidad de interferencia cocanal y adyacencia, considerando que las macroceldas cercanas podrían introducir señales innecesarias dentro de el centro comercial. Típicamente un teléfono de la red pública es diseñado para interferencia cocanal de 17 dB y una interferencia

adyacencia de 4 dB. Además debemos de asegurarnos que nuestras señales sean mayores de -75 dBm.

- **Canal de Control.** Teniendo en consideración que los canales de control y los canales de voz tienen la misma potencia en un sistema, se tuvo que trabajar con todos los canales de control de la banda B. Fijarse el gráfico y tabla de las mediciones realizadas del RSSI en los diferentes puntos, sin embargo el gráfico que mostramos es solamente referido al promedio. En el gráfico se observa que el canal de control más fuerte es el 341 con un nivel de -55 dBm en el punto 33 (tercer nivel) y con un promedio de -72 dBm a través de todo el centro comercial, siendo el más fuerte en la mayoría de los puntos medidos. El canal de control a utilizar debe de estar con una separación de 5 canales o más de el canal 341, nosotros utilizaremos el canal 350 que tiene una separación de 9 canales, además es el canal de control más débil en todo el centro comercial teniendo en promedio un nivel de -107 dBm (el valor más alto para este canal es de -98 dBm). Seleccionando el canal 350 nosotros estaremos evitando la interferencia por adyacencia y al mismo tiempo garantimos en la microcelda que el nivel en todo el área de el centro comercial el cual es diseñado es superior a -81 dBm, se evitara interferencias provenientes de macroceldas.
- **Rendimiento de TDMA.** A sido encontrado aceptable en los sistemas de TDMA para aquellos niveles de $C/I=14$ dB o mayores, garantizando la calidad de la voz óptima. En términos de interferencia por adyacencia, el límite aceptable fue encontrado a ser $ACI=-14$ dB (interferencia por adyacencia 14 dB sobre la portadora de la señal) ver Fig. 3.2 Como se espera, un nivel bajo de

interferencia adyacente puede ser tolerado en la presencia de C/I. . La degradación de la calidad de TDMA se refleja en el BER, un BER menor que el 2% es considerado satisfactorio en la calidad de voz; si 90% o mas de las mediciones , a un específico nivel de interferencia, proporcionan al menos 2% de BER, aquel nivel es considerado aceptable.

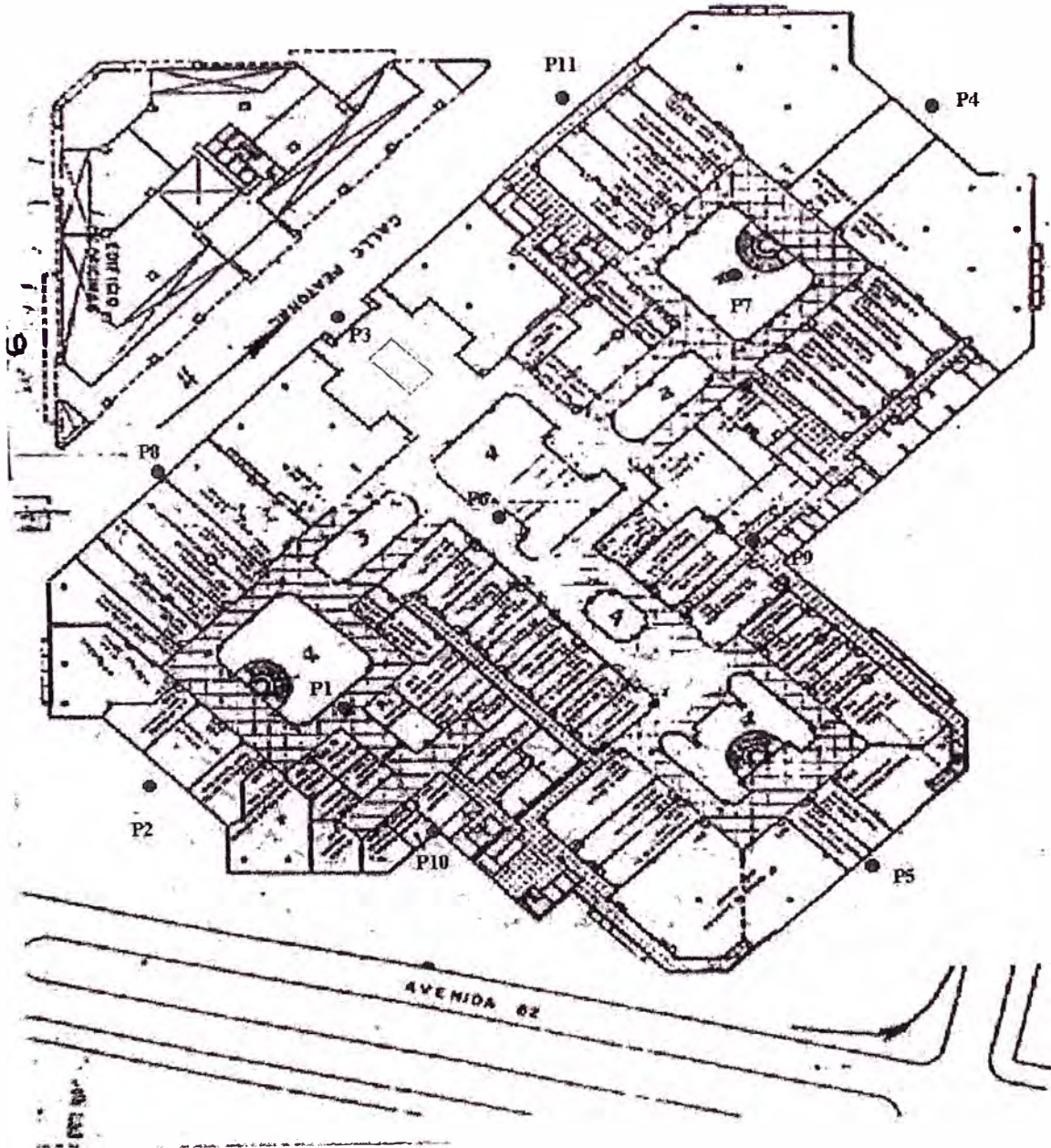


Fig. 3.4 Puntos en donde se realizaron las mediciones de RSSI para los canales de control.

CENTRO COMERCIAL ANDINO

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P11	P32	P33	P34	P36	Average	Max	Min	
334	-77	-92	-91	-91	-87	-83	-96	-81	-80	-88	-76	-72	-75	-76	-83	-72	-96	
335	-99	-113	-110	-113	-111	-104	-101	-100	-113	-87	-98	-98	-93	-107	-103	-87	-113	
336	-101	-113	-107	-113	-113	-105	-99	-93	-106	-103	-96	-89	-99	-101	-103	-89	-113	
337	-92	-100	-103	-91	-99	-91	-82	-95	-90	-93	-90	-85	-89	-89	-92	-82	-103	
338	-103	-107	-113	-113	-100	-93	-97	-98	-96	-102	-98	-89	-95	-98	-100	-89	-113	
339	-79	-100	-100	-104	-102	-85	-95	-89	-113	-105	-85	-77	-84	-99	-94	-77	-113	
340	-91	-113	-112	-109	-103	-93	-94	-91	-96	-98	-93	-87	-93	-101	-98	-87	-113	
341	-69	-83	-83	-80	-75	-65	-67	-68	-77	-66	-74	-55	-64	-76	-72	-55	-83	
342	-95	-101	-99	-106	-108	-92	-95	-87	-102	-92	-85	-87	-97	-97	-96	-85	-108	
343	-103	-107	-101	-113	-112	-91	-90	-90	-96	-102	-86	-83	-90	-88	-97	-83	-113	
344	-102	-111	-110	-104	-107	-99	-105	-99	-108	-101	-92	-96	-97	-108	-103	-92	-111	
345	-83	-85	-89	-89	-98	-79	-90	-75	-93	-81	-70	-78	-87	-87	-85	-70	-98	
346	-85	-101	-109	-103	-111	-87	-89	-91	-104	-106	-84	-73	-80	-95	-94	-73	-111	
347	-68	-102	-99	-83	-97	-87	-80	-83	-83	-90	-67	-86	-90	-88	-86	-67	-102	
348	-91	-98	-90	-95	-98	-85	-80	-85	-80	-89	-87	-71	-71	-80	-86	-71	-98	
349	-90	-107	-94	-102	-106	-92	-93	-83	-101	-94	-83	-82	-96	-91	-94	-82	-107	
350	-107	-113	-113	-109	-113	-102	-103	-107	-111	-107	-98	-101	-104	-110	-107	-98	-113	
351	-109	-111	-107	-111	-113	-103	-95	-104	-102	-101	-98	-96	-97	-102	-104	-95	-113	
352	-91	-96	-106	-104	-99	-96	-85	-87	-91	-93	-89	-91	-83	-103	-94	-83	-106	
353	-100	-112	-111	-112	-111	-99	-100	-92	-110	-102	-101	-94	-101	-111	-104	-92	-112	
354	-105	-113	-110	-99	-104	-108	-95	-97	-94	-98	-98	-91	-88	-109	-101	-88	-113	
															Max	-72	-55	-83
															Min	-107	-98	-113

Obs. P32: Punto 2 medido en el tercer nivel

Fig 3.5 Tabla de las mediciones realizadas de RSSI en los puntos señalados en la Fig. 3.4

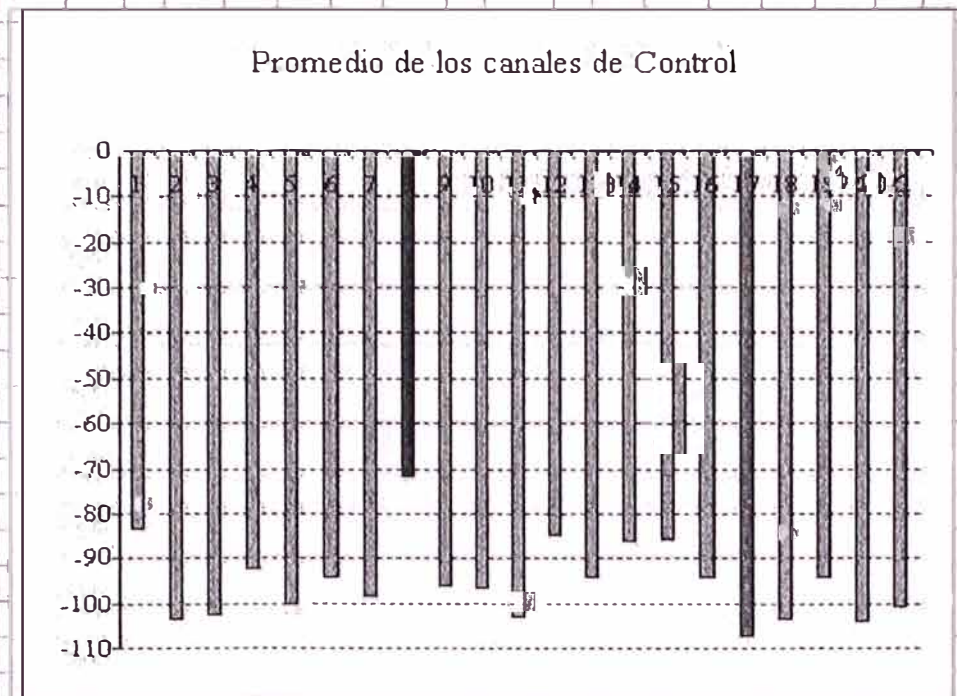


Fig. 3.6 Gráfico de los niveles de señal medidos en el Centro Comercial Andino

3.3.2 Ubicación de las Antenas y Equipos.

Para la ubicación de las antenas, se eligen lugares de tal manera no tengamos obstrucciones, siempre apuntando hacia dentro de el centro comercial para así evitar que las señales se propaguen por fuera de la microcelda. Hay que tener en cuenta también de donde van a ir los equipos para así considerar la longitud de los cables entre el MBS y las antenas (longitud máxima igual a 100 metros). A continuación en los gráficos se muestra la posición exacta de las antenas en cada piso. Hay que tener en consideración que la instalación de la microcelda toma bastante tiempo, por lo tanto es importante tomar fotos en donde van ubicadas las antenas, tomar notas y

especificar la posición exacta y apuntando hacia donde (azimuth), ya que cualquier cambio de posición y azimuth de la antena, degradaría el diseño realizado.

Los equipos CSI y MBS se ubicarán en la terraza en el espacio que queda encima de los locales 313 y 307.

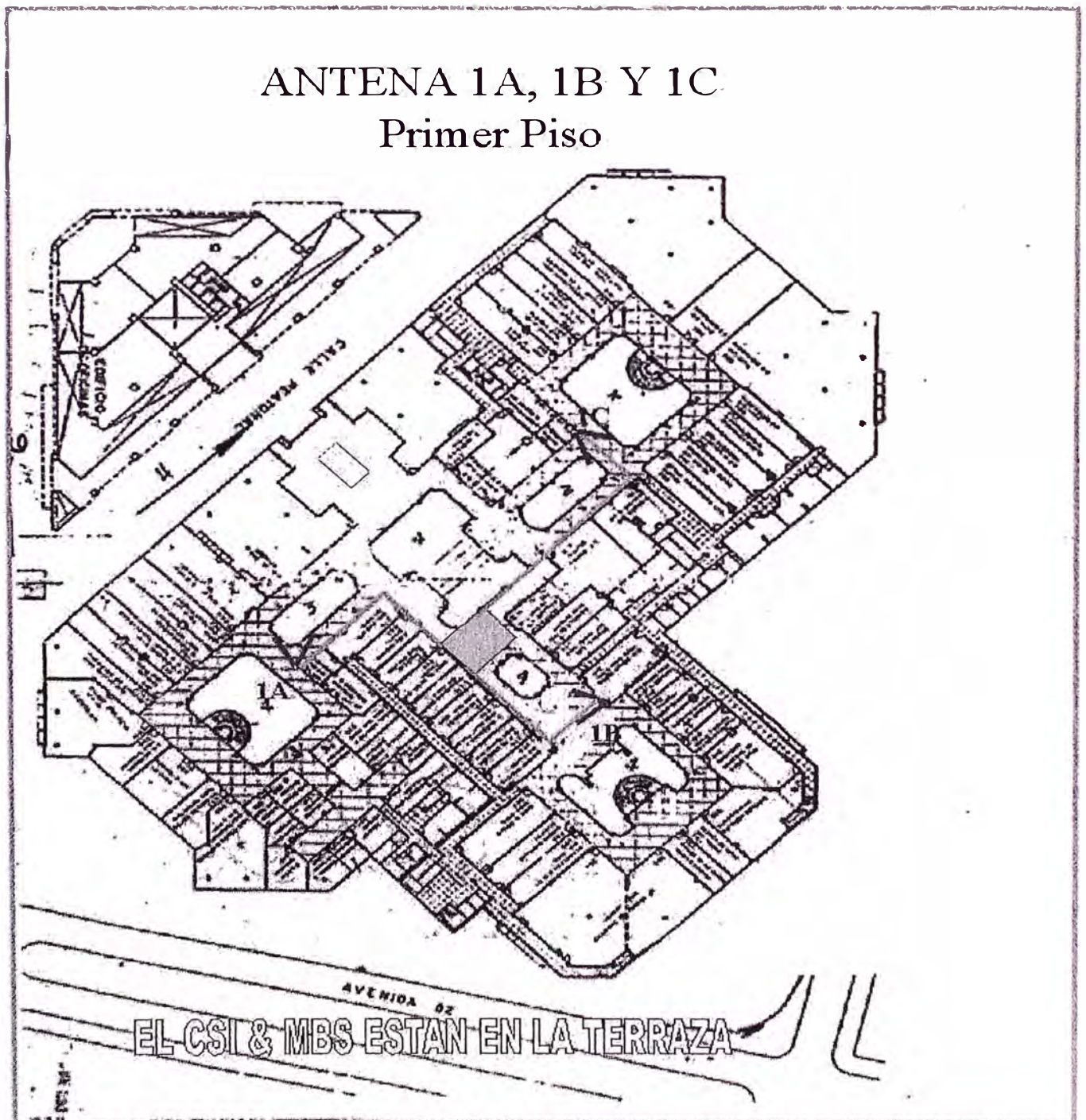


Fig. 3.7a Ubicación de las antenas y enrutado de cables

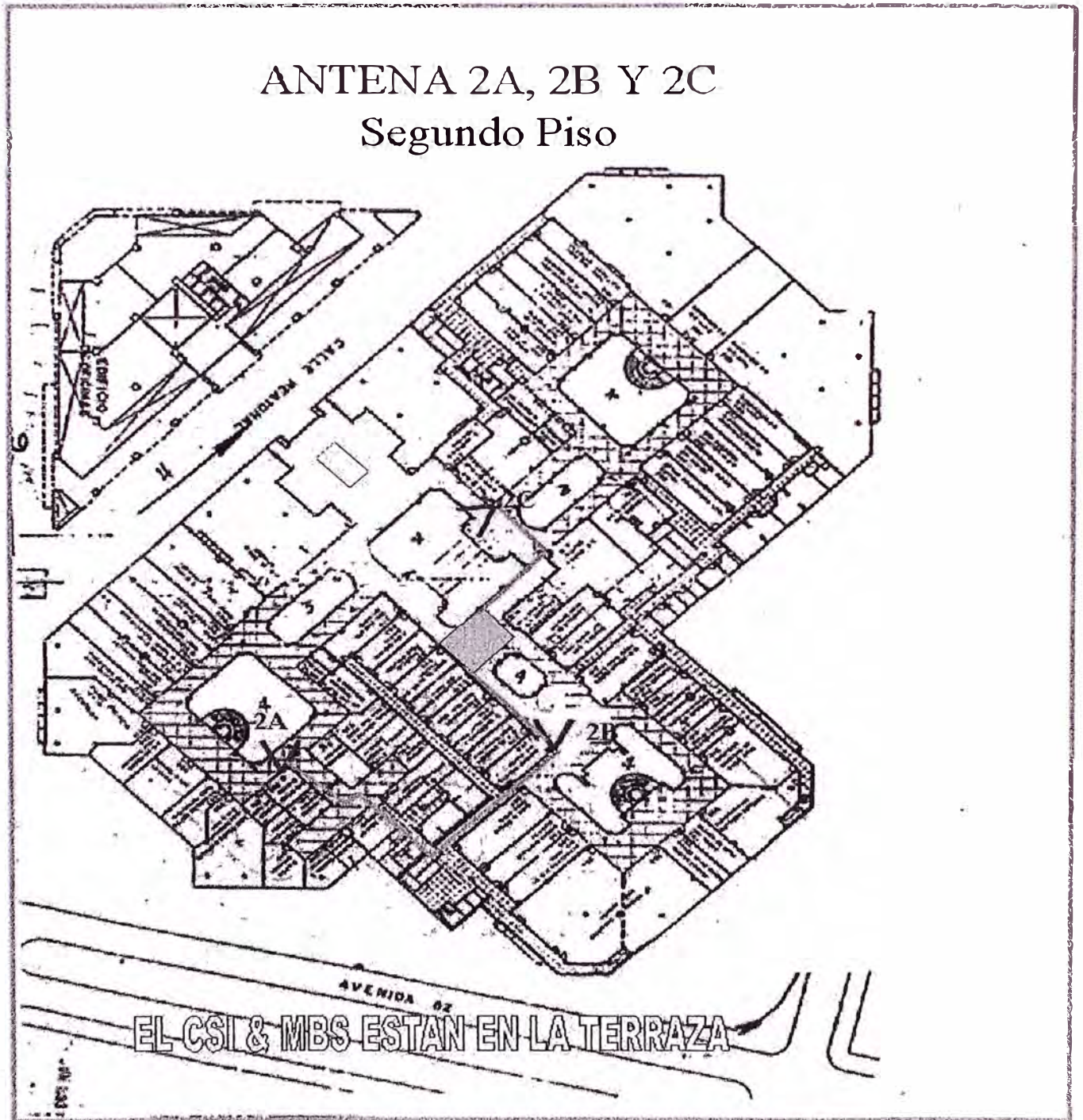


Fig. 3.7b Ubicación de las antenas y enrutado de los cables, segundo piso

ANTENA 3A, 3B Y 3C Tercer Piso

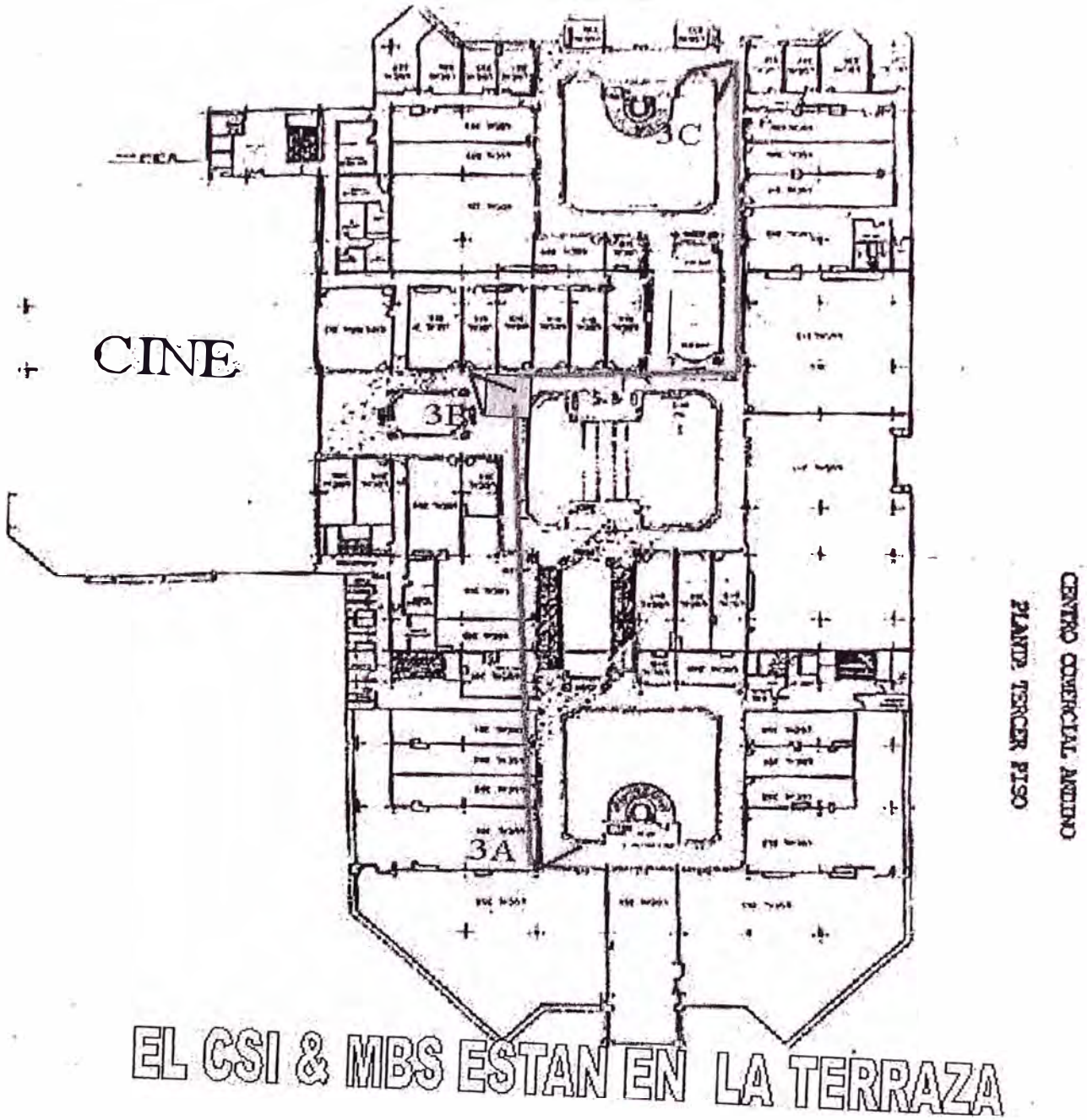


Fig. 3.7c Ubicación de las antenas y enrutado de los cables, tercer piso

Antena	Piso	Azimuth (grados)
1A	1	230
1B	1	110
1C	1	350
2A	2	220
2B	2	200
2C	2	100
3A	3	110
3B	3	200
3C	3	290

3.3.3 Análisis de Cobertura.

Notar que la posición de las antenas sale del estudio de cobertura realizado, en esta parte. Un buen diseño debería de tener la menor cantidad posible de antenas con los requerimientos del cliente dados señales mayores que -75 dBm. Para esto se realizaron varias mediciones para cada antena en los diferentes niveles del centro comercial. Se debe de tomar muchas muestras para así sacar el promedio y la desviación estándar en cada punto (ver 3.3.8, para las técnicas estadísticas). Para nuestro estudio utilizamos el ZK-SAM un equipo sencillo ("scanner" de frecuencias), hay otros equipos mejores que vienen incluidos con GPS los cuales nos facilitarían el trabajo, como el (WALK ABOUT). Con este otro equipo sólo tendríamos que recorrer por todo el centro comercial para cada antena y realizar un gráfico de cobertura, por supuesto nos muestra también todas las estadísticas. A continuación en los gráficos se muestran los puntos en donde las señales fueron muestreadas y sus valores respectivos.

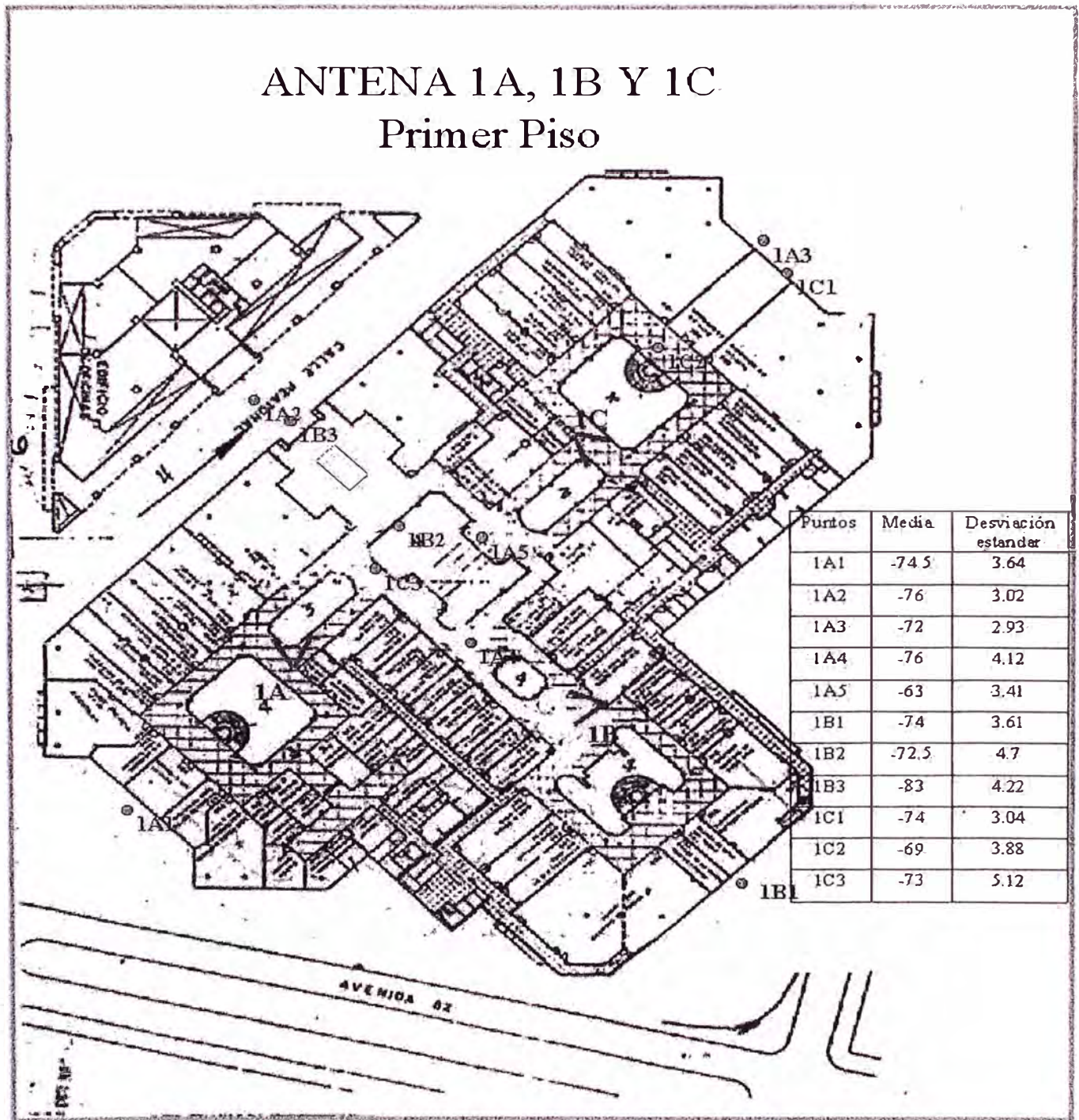


Fig. 3.8a Puntos donde se realizaron las mediciones de las muestras

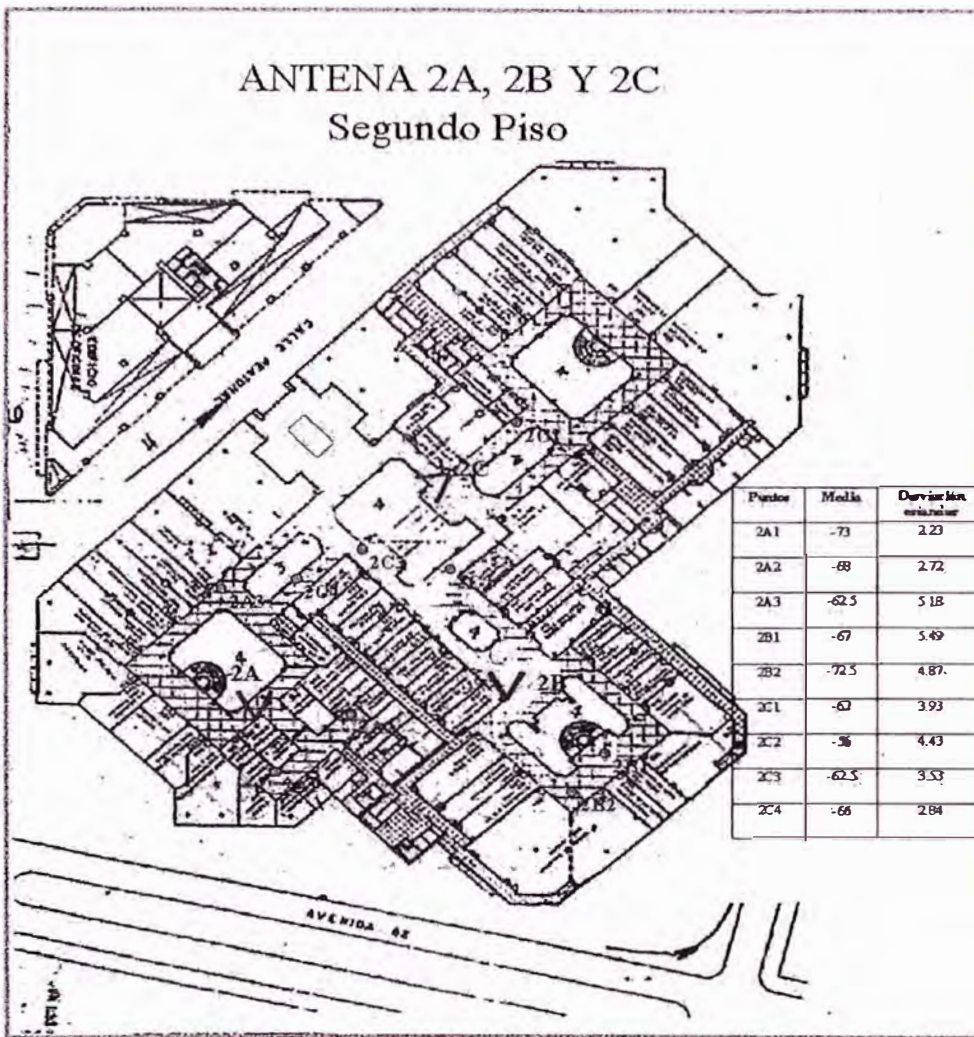


Fig. 3.8b Puntos donde se realizaron las mediciones, segundo piso

ANTENA 3A, 3B Y 3C Tercer Piso

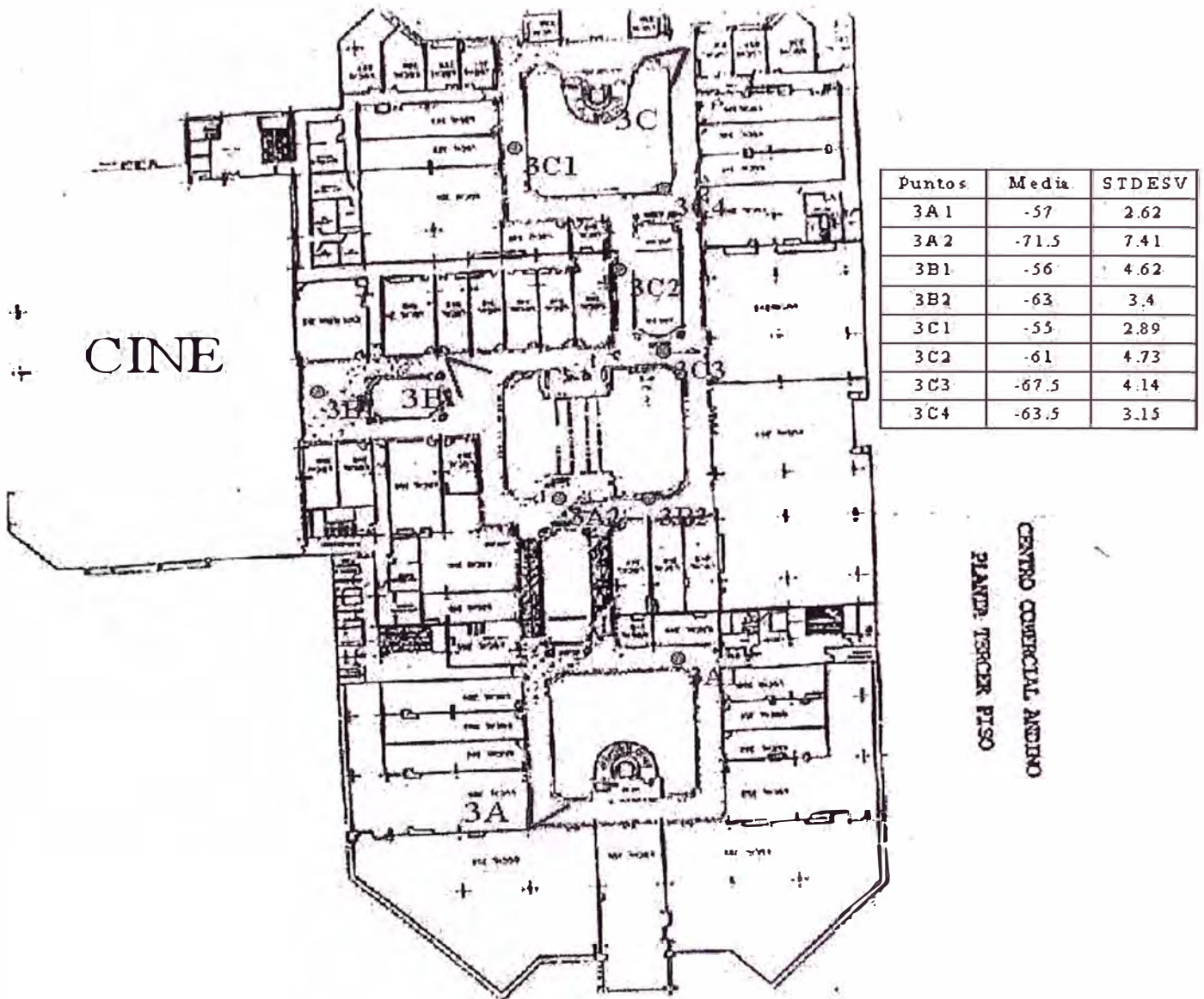


Fig. 3.8c Puntos donde se realizaron las mediciones, tercer piso

3.3.4 Enrutado de los Cables.

Durante nuestro estudio, con la ubicación de equipos y antenas comenzamos a analizar el enrutamiento del cableado, de tal manera sea la mas corta para asi tener menos pérdidas, ya que la longitud máxima del cableado es de 100 metros. En el

caso en que longitud del cable sea mas de 100 m. se tiene que cambiar la posición de la antena y analizar la cobertura, todo este proceso dentro del mismo estudio. De hecho que nosotros tuvimos varias alternativas para la ubicación de antenas y escogimos las mejores. El cableado se realizara por los falsos techos y ductos que existen en el centro comercial, de tal manera de que no interfiera con la estética diseñada. Para ver el enrutado de cables ver las figuras 3.7a, 3.7b y 3.7c.

3.3.5 Canal de Control Digital (IS-136).

Inicialmente los sistemas digitales fueron basados en el estándar IS-54B utilizando el canal de control analógico. Lo cual trabajó bien en el mercado, sin embargo no tenía suficiente capacidad para proporcionar servicios avanzados digitales e incrementar la capacidad de acuerdo a los requerimientos de mercado de hoy en día. La segunda generación del sistema TDMA utiliza el Canal de Control Digital (DCCH), ofreciendo las siguientes mejoras en ambas bandas 800 MHz y 1900 MHz:

Mejoramientos en la funcionalidad

- Selección y Reselección de Celda Inteligente

Nuevos servicios

- Sleepmode para incrementar la duración de la batería
- Servicio de Mensajes Cortos, Punto a Punto
- Soporte para estructura de celdas jerárquicas y sistemas no públicos
- Roaming Inteligente.

Capacidad de señalización.

- Protocolo con capas para incrementar flexibilidad y expansibilidad

Mejoramientos en capacidad.

- Incrementa el flujo de bit rate de 10 kbps a 16.2 kbps.
- Incrementa la eficiencia de codificación junto con el incremento de la eficiencia del protocolo de acceso múltiple.
- DCCH fraccional (2T+C).

El DCCH está basado en el estándar IS-136. Para el diseño de la microcelda con IS-136 utilizamos varias de estas funcionalidades del DCCH, en lo cual los mas importantes son: Privada o Residencial. La microcelda siempre se programa como la servidora preferida a pesar de que no sea la mejor servidora en la zona, lo cual no se podría hacer en analógico.

			Range of Values	Value if Set
Parameters	Nortel Name	Fixed Value	if Set by CMCP	by MAT
<i>DCCH Structure</i>				
DVCC	Digital Control Channel DVCC	n/a	1-(99)-255	read only
	Voice Control Channel DVCC	n/a	1-(8)-255	read only
<i>Access Parameters</i>				
MS_ACC_PWR	MS_ACC_PWR	n/a	0-(10)	read only
<i>Control Channel Selection Parameters</i>				
SS_SUFF	SS_SUFF	n/a	0-(29)-31	read only
RSS_ACC_MIN	RSS_ACC_MIN	n/a	(0) - 31	read only
SCANINTERVAL	SCAN_INTERVAL	n/a	0-(15)	read only
<i>Registration Parameters</i>				
REGH	Home Registration	n/a	(Enabled), Disabled	read only
REGR	Roam Registration	n/a	(Enabled), Disabled	read only
PUREG	Powerup Registration	n/a	(Enabled), Disabled	read only
PDREG	Powerdown Registration	n/a	(Enabled), Disabled	read only
SYREG	System Registration	n/a	(Enabled), Disabled	read only
LAREG	Location Area Registration	n/a	(Enabled), Disabled	read only
DEREG	Deregistration	n/a	Enabled, (Disabled)	read only

FOREG	Forced Registration	n/a	(Enabled), Disabled	read only
Present RNUM	RNUM	n/a	0-1023	read only
REG Period	Autonomous Registration Period	n/a	0-(15)-511	read only
System Identity				
SID	Macro System ID	n/a	0-32767	read only
PSID/RSID Set	PSID	n/a	1-61439	read only
	System Operator	n/a	1-2047,2049-4095	read only
	AlphaPSID	n/a	15 ASCII Characters	read only
Neighbor Cell				
Serv_SS	SERV_SS	n/a	0-(29)-31	read only
Non-Public Probability Blocks	not supported by MBS	not supported by MBS	not supported by MBS	not supported
Neighbor Cell List (TDMA)				
Neighbor Cell (one list per neighbor):				
CHAN	CHAN	n/a	Band A or Band B	read only
DVCC	DVCC	n/a	1-(99)-255	read only

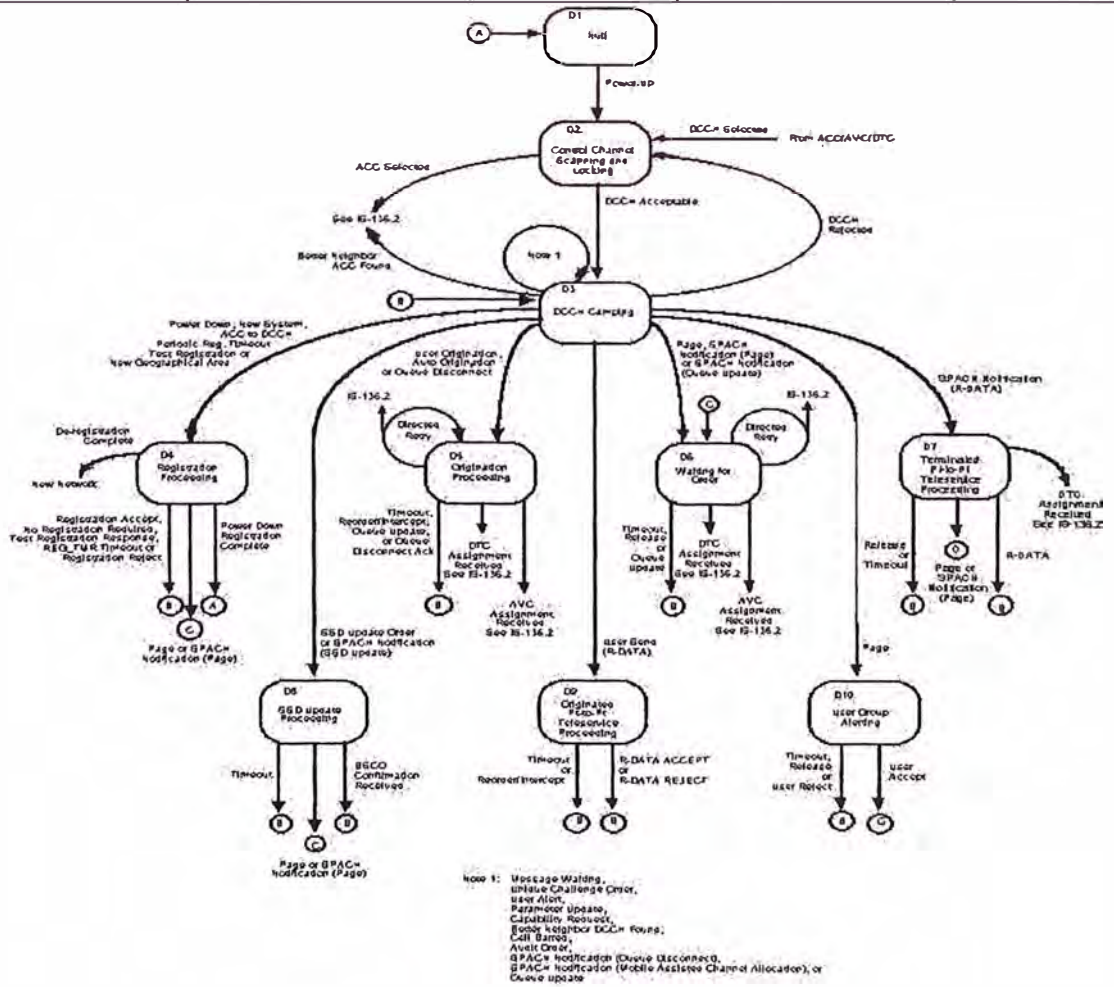


Fig. 3.9 Diagrama de el estado de la estación móvil

3.3.6 Parámetros de Ingeniería de Radiofrecuencia.

El operador celular tiene el control sobre todo los parámetros de configuración de RF. La siguiente tabla nos muestra la relación entre el estándar IS-136 y la terminología y nombres equivalentes en NORTEL.

Radio Engineering Parameters.

Parameters	Nortel Name	Fixed Value	Range of Values if Set by CMCP	Value if Set by MAT
RESEL_OFFSET	RESEL_OFFSET	n/a	"-128 dm"-(0)-126 dm	read only
SS_SUFF	SS_SUFF	n/a	0-(29)-31	read only
DELAY	DELAY	n/a	(0)-15	read only
HL_FREQ	HL_FREQ [for external cell]	n/a	(Low), High	read only
	HL_FREQ [for internal cell]	n/a	Low, (High)	read only
CELLTYPE	CELLTYPE [for external cell]	n/a	Preferred,Regular,(Non-Preferred)	read only
	CELLTYPE [for internal cell]	n/a	Preferred,(Regular), Non-Preferred	read only
Network Type	NETWORK TYPE [for external cell]	n/a	(Públic), Private, Residential	read only
MS_ACC_PWR	MS_ACC_PWR	n/a	0-(10)	read only
RSS_ACC_MIN	RSS_ACC_MIN	n/a	(0)-31	read only
Neighbor Cell List (Analog)				
Analog Neighbor Cell (one list per neighbor)				
CHAN	CHAN	n/a	Band A or Band B	read only
Digital Color Code (DCC)	DCC	n/a	(0)-3	read only
RESEL_OFFSET	RESEL_OFFSET	n/a	"-128 dm" -(0)-126 dm	read only
SS_SUFF	SS_SUFF	n/a	0-(29)-31	read only
DELAY	DELAY	n/a	(0)-15	read only
HL_FREQ	HL_FREQ [for external cell]	n/a	(Low), High	read only
CELLTYPE	CELLTYPE [for external cell]	n/a	Preferred,Regular,(Non-Preferred)	read only
	CELLTYPE [for internal cell]	n/a	Preferred,(Regular), Non-Preferred	read only
Network Type	NETWORK TYPE [for external cell]	n/a	(Públic), Private, Residential	read only
MS_ACC_PWR	MS_ACC_PWR	n/a	0-(10)	read only
RSS_ACC_MIN	RSS_ACC_MIN	n/a	(0)-31	read only

Others				
DMAC : [0-10].	VMAC / DMAC	n/a	0-(7)	read only
Legends:				
N/a : not applicable				
() : Default value of the CMCP parameters				

Hay tres parámetros de ingeniería de radiofrecuencia muy importantes, “RSS_ACC_MIN”, “SS_SUFF” y “MS_ACC_PWR”, aplicados a el protocolo del IS-136.

RSS_ACC_MIN: Es transmitido por el canal de control digital via el camino directo. Define el mínimo nivel aceptable de RSSI que el móvil requiere para poder acceder a una determinada celda. Normalmente este parámetro se coloca igual que el nivel de piso de ruido para el móvil. En la mayoría de los casos el piso de ruido para una estación base varía entre -105 dBm a -103 dBm.

RSS_ACC_MIN	Signal Level	RSS_ACC_MIN	Signal Level
0	-113 dBm	16	-81 dBm
1	-111 dBm	17	-79 dBm
2	-109 dBm	18	-77 dBm
3	-107 dBm	19	-75 dBm
4	-105 dBm	20	-73 dBm
5	-103 dBm	21	-71 dBm
6	-101 dBm	22	-69 dBm
7	-99 dBm	23	-67 dBm
8	-97 dBm	24	-65 dBm
9	-95 dBm	25	-63 dBm
10	-93 dBm	26	-61 dBm
11	-91 dBm	27	-59 dBm
12	-89 dBm	28	-57 dBm
13	-87 dBm	29	-55 dBm
14	-85 dBm	30	-53 dBm
15	-83 dBm	31	-51 dBm

SS_SUFF: Transmitido por el DCCH, via el camino directo. Define la mínima señal RSSI suficiente para que un móvil pueda acceder a una celda en el proceso de selección o reelección.

SS_SUFF	Signal Level	SS_SUFF	Signal Level
0	-113 dBm	16	-81 dBm
1	-111 dBm	17	-79 dBm
2	-109 dBm	18	-77 dBm
3	-107 dBm	19	-75 dBm
4	-105 dBm	20	-73 dBm
5	-103 dBm	21	-71 dBm
6	-101 dBm	22	-69 dBm
7	-99 dBm	23	-67 dBm
8	-97 dBm	24	-65 dBm
9	-95 dBm	25	-63 dBm
10	-93 dBm	26	-61 dBm
11	-91 dBm	27	-59 dBm
12	-89 dBm	28	-57 dBm
13	-87 dBm	29	-55 dBm
14	-85 dBm	30	-53 dBm
15	-83 dBm	31	-51 dBm

MS_ACC_PWR: Define la máxima potencia de salida usado por el móvil cuando inicia el acceso a un sistema. Para propósitos básicos este parámetro se pone en 28 dBm, ya que la máxima potencia nominal de un teléfono celular IS-136 es de 600 mW.

MS_ACC_PWR	Signal Level
0	36 dBm
1	32 dBm
2	28 dBm
3	24 dBm
4	20 dBm
5	16 dBm
6	12 dBm
7	8 dBm
8	4 dBm
9	0 dBm
10	-4 dBm

3.3.7 Patrones de Radiación de las Antenas.

Para seleccionar el tipo de antena a utilizarse es muy importante conocer los parámetros que éste tenga. Uno de los cuales que mas nos interesa a parte de la ganancia, son los patrones de radiación. Ya que de esto depende la forma de la cobertura que pueda tener, ya sea en el plano horizontal o vertical. Para nuestro estudio utilizamos la antena de microcelda de marca Decibel DB791S50-N, el cual es una omnidireccional de aproximada 5 DB de ganancia.

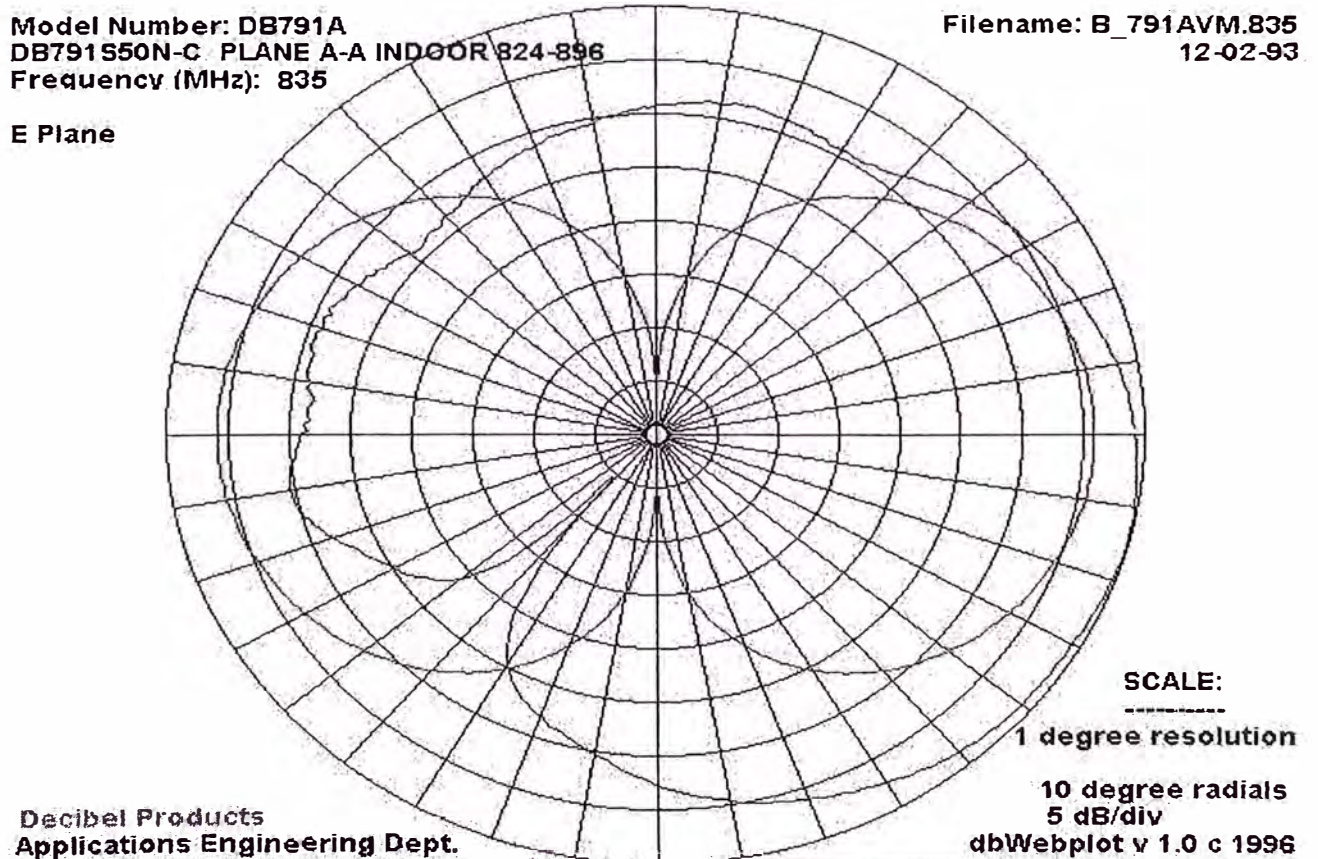
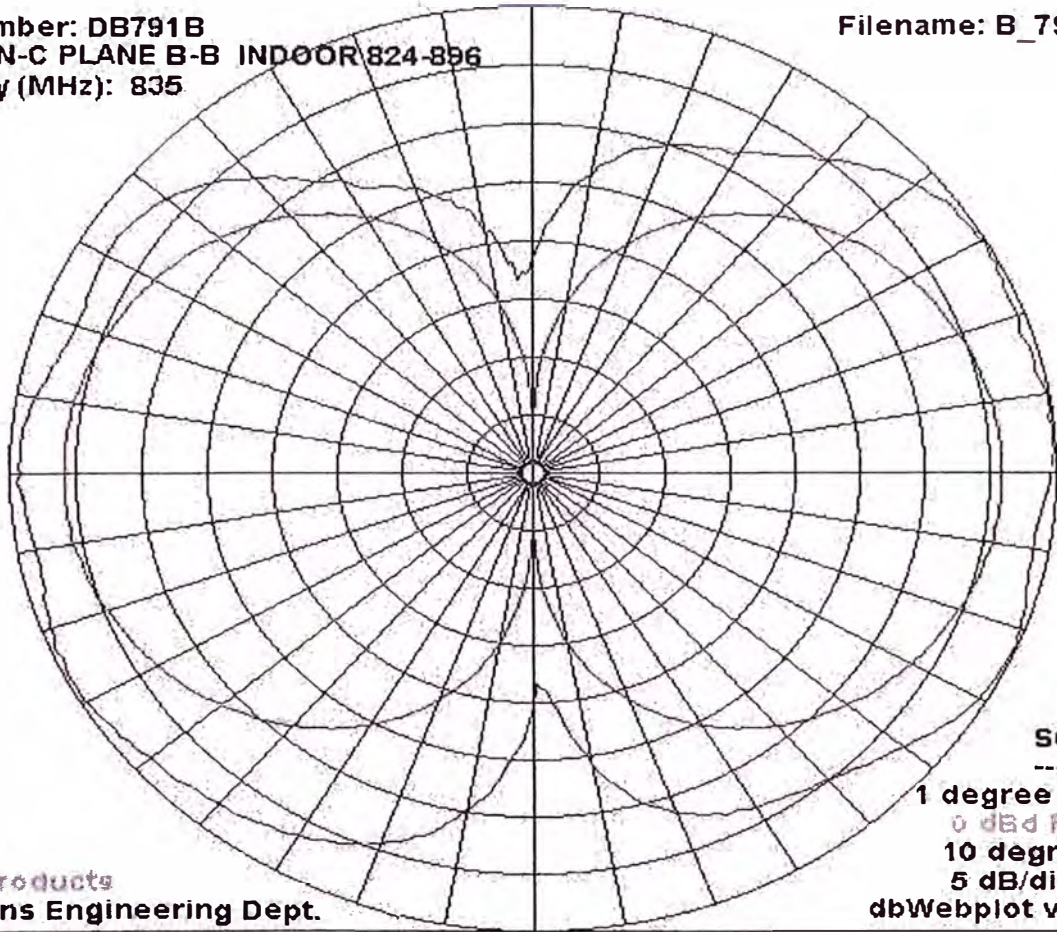


Fig. 3.10 a. Patrón de radiación de la antena DB791S50-N, plano vertical.

Model Number: DB791B
DB791S50N-C PLANE B-B INDOOR 824-896
Frequency (MHz): 835

Filename: B_791BVM.835
12-02-93

E Plane



Decibel Products
Applications Engineering Dept.

SCALE:

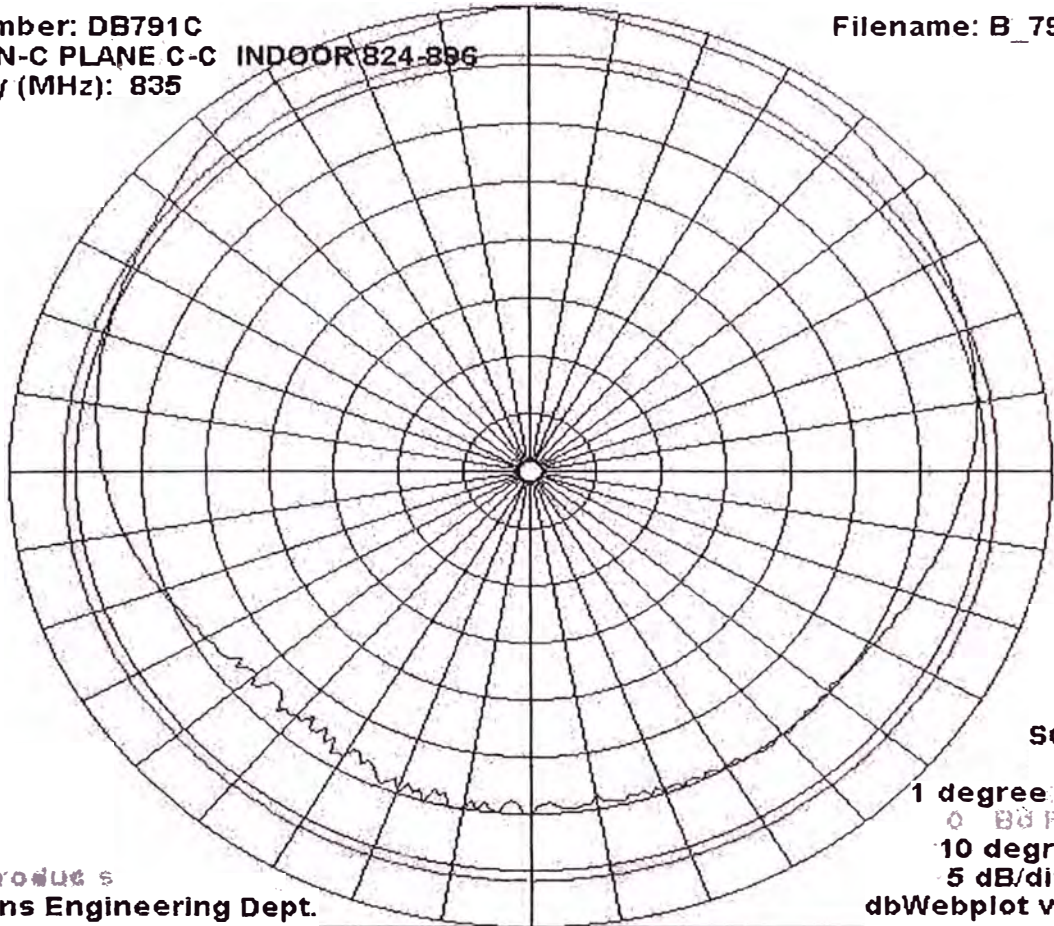
1 degree resolution
0 dBd Reference
10 degree radials
5 dB/div
dbWebplot v 1.0 c 1996

Fig. 3.10 b. Patrón de radiación de la antena DB791S50N-C, plano frontal

Model Number: DB791C
 DB791S50N-C PLANE C-C INDOOR 824-896
 Frequency (MHz): 835

Filename: B_791CHM.835
 12-02-93

H Plane



Decibel Products
 Applications Engineering Dept.

SCALE:
 1 degree resolution
 0 dB reference
 10 degree radials
 5 dB/div
 dbWebplot v 1.0 c 1996

Fig. 3.10c Patrón de radiación de la antena DB791S50N-C, plano horizontal

3.3.8 Técnicas Estadísticas.

Para un buen diseño de ingeniería de radiofrecuencia se tiene que tener en cuenta estas técnicas, ya que las señales que reciben los móviles son muestreadas un tiempo y promediadas, o sea estadísticamente. Estas técnicas además ayudan a estimar cuan alto y cuan bajo pueden ser los niveles de el modelo predicho teóricamente.

Un modelo de una determinada área predice un nivel de señal vs distancia.

Este es la “media” o el mayor probable nivel de señal a cada distancia de la celda.

- La magnitud de la señal “real” a una ubicación real es determinado por física y será mas alto o mas bajo.
- Es factible determinar la “media” de la magnitud de la señal M y la desviación estándar σ
- Es factible aplicar M y σ para encontrar la probabilidad de recibir arbitrariamente el nivel de la señal a una distancia dada.

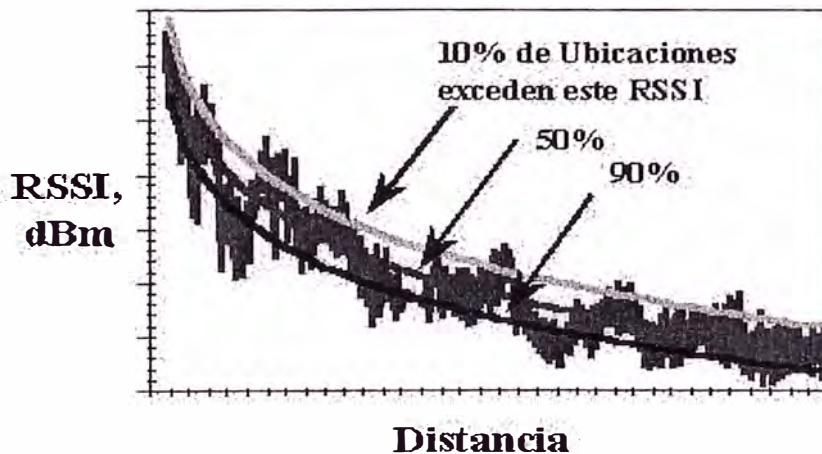


Fig. 3.11 Porcentaje de ubicaciones en donde los RSSI observados exceden a los RSSI predcidos

- **Técnica:**

Utilizar un modelo de predicción para RSSI

Comparar mediciones con el modelo

- Obtener la media del nivel de la señal M
- Obtener la desviación estándar σ
- Ahora aplicar el factor de corrección para obtener la magnitud del campo requerido por la probabilidad de servicio deseado.

- **Aplicación:** Datos

- Un deseado nivel de la señal en la calle (fuera de una construcción)

- La desviación estándar observado σ de las mediciones de la magnitud de la señal.
- Un porcentaje deseado de sitios en el cual debe de recibirse el nivel de la señal.
- Calcular una banda en dB el cual nos dará un % confianza de cobertura.

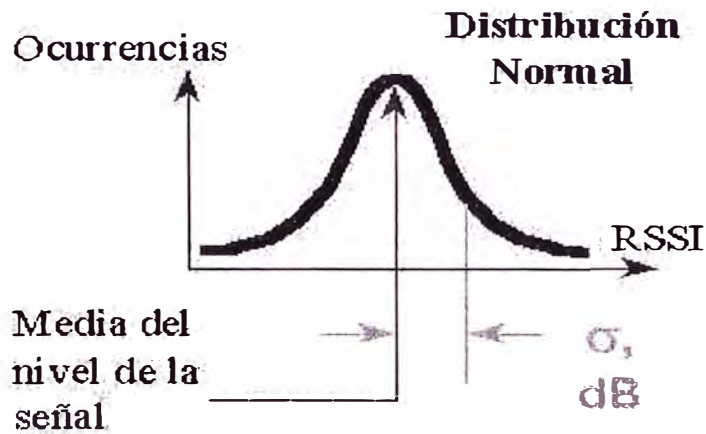


Fig. 3.12 Función de Densidad de Probabilidad.

Las mediciones de los datos pueden ser analizados para determinar su desviación estándar e identificar su tipo de distribución. Luego de esta información, el porcentaje de ubicaciones recibidas a una magnitud de señal específica puede ser aproximadamente estimado. Finalmente, si la cobertura puede ser expresada estadísticamente (al menos -95 dBm en al menos 90% de ubicaciones a una cierta distancia de la celda), esta información puede ser usado para calcular el nivel de potencia requerido en orden para producir este resultado a una cierta distancia.

Una capa adicional de los procesos pueden ser usados para predecir la penetración de edificios o vehículos.



**Disponibilidad de Área:
90% global dentro del área
75% al borde del área**

Fig. 3.13 Porcentaje de cobertura en un determinado área.

Este dibujo ilustra la distribución de la probabilidad común por porcentaje de cobertura al centro de la celda y a su borde. Como se ilustra, la probabilidad de cobertura encuentra a 90% cerca de la celda, pero en el borde de la celda la probabilidad cae a 75%.

Como ejemplo calcularemos cual es el promedio de magnitud de señal requerido por Celumóvil. Con las mediciones realizadas tenemos una desviación estándar de $\sigma=6$ dB

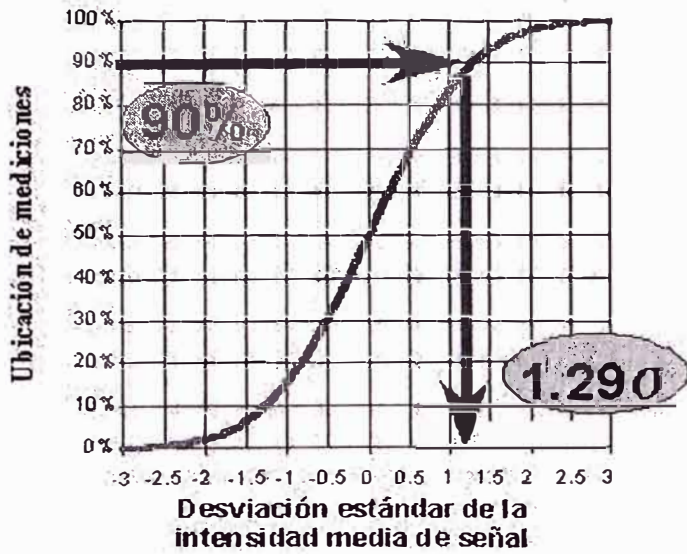
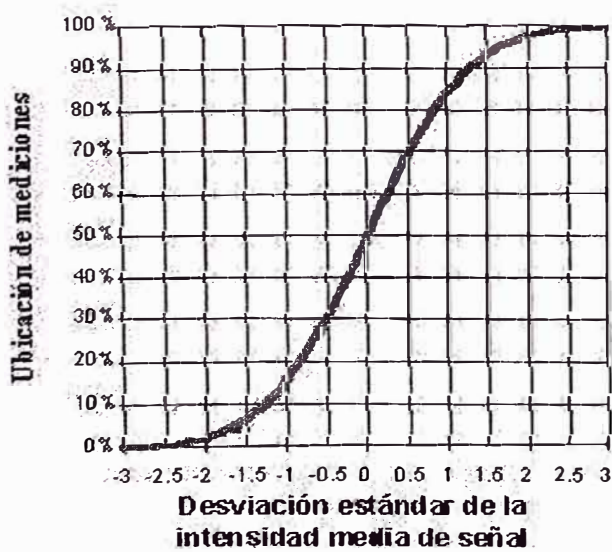


Fig. 3.14 Distribución normal acumulativa

De la Figura 3.14, tenemos:

$$= -75 + (1.29 \cdot 6) = -67 \text{ dBm, por lo cual este es la intensidad media (promedio)}$$

para lo cual debemos de diseñar nuestra microcelda.



Desviación estándar	Probabilidad acumulativa
-3.09	0.10%
-2.32	1%
-1.65	5%
-1.29	10%
-0.84	20%
-0.52	30%
0	50%
0.52	70%
0.675	75%
0.84	80%
1.29	90%
1.65	95%
2.35	99%
3.09	99.90%
3.72	99.99%
4.27	99.999%

Fig. 3.15 Versión detallada de la distribución normal acumulativa.

- **Probabilidad compuesta con múltiples atenuaciones.** Todo lo antes calculado se realizó para las mediciones hechas en las calles, cuando tenemos que realizar estudios dentro de construcciones como edificios, dependiendo de la zona, la desviación estándar se compone de la siguiente manera:

$$\sigma_{\text{COMPOSITE}} = ((\sigma_{\text{OUTDOOR}})^2 + (\sigma_{\text{PENETRATION}})^2)^{1/2}$$

Normalmente la desviación estándar fuera en la calle es de 8 dB, con lo cual hay que combinar utilizando la fórmula de arriba.

Las características estadísticas de penetraciones de construcciones se muestran en la figura 3.16, de acuerdo a la zona.



Pérdidas típicas de penetración, dB comparados con el nivel de la calle exterior		
Tipo de entorno ("morfología")	Pérdida media, dB	Desv. est. σ, dB
Edificios, Denso Urbano	20	8
Edificios, Urbano	15	8
Construcciones, Suburbano	10	8
Construcciones, Rural	10	8
vehículo típico	8	4

Fig. 3.16 Pérdidas por penetración en edificios y vehículos.

CAPÍTULO IV EQUIPOS Y MATERIALES

4.1 Dimensiones Físicas.

En este capítulo hablaremos un poco de las condiciones en que los equipos deben trabajar para mantener su óptimo rendimiento, ya sean como condiciones de medio ambiente o requerimientos de espacios en la cual deben de ser instalados.

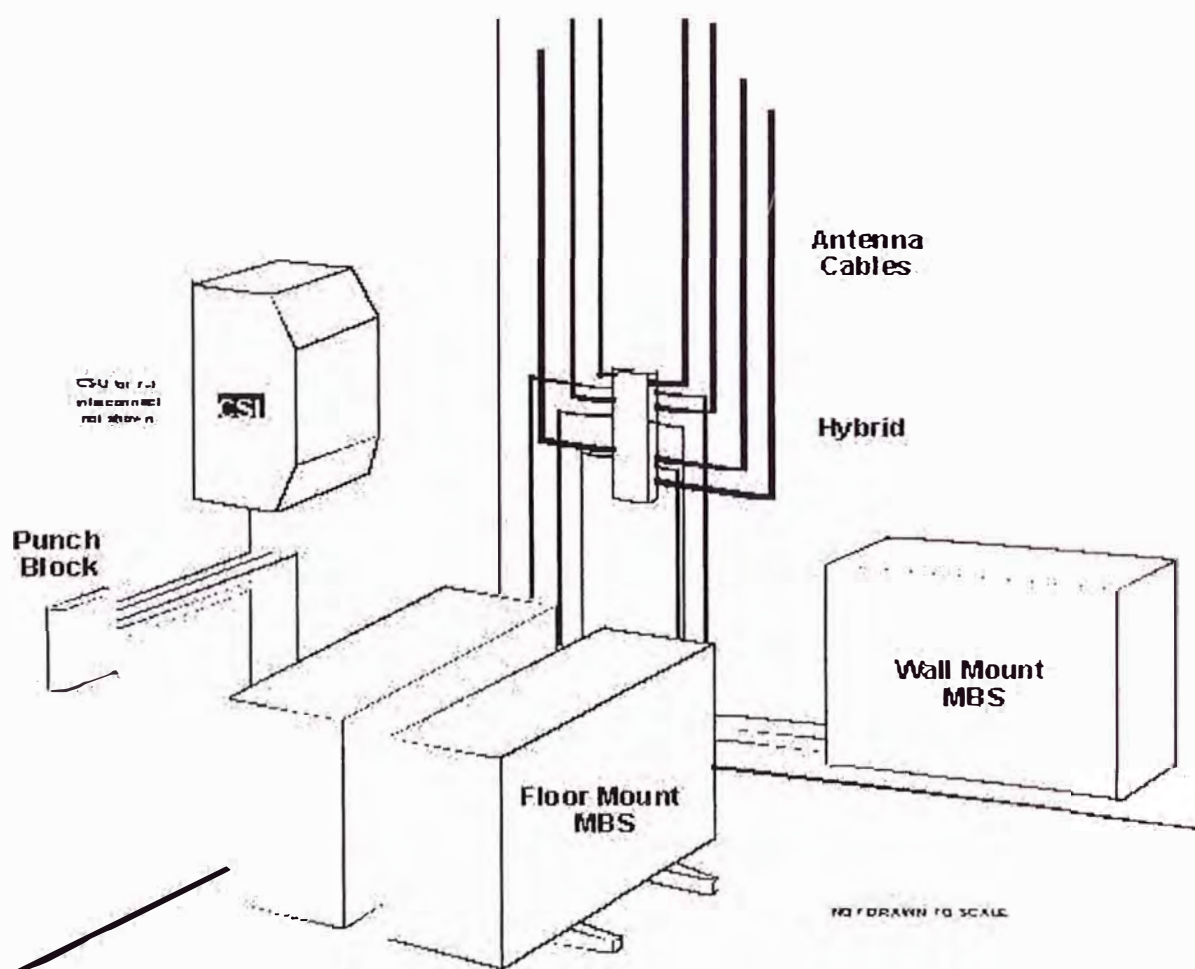


Fig. 4.1 Estación base microcelda, montaje de todo el equipo completo.

4.1.1 CSI (Compact Simplex ICRM).

- El nivel de temperatura aceptable esta dentro del rango de 5° C a 40° C.
- La humedad debe ser mantenido entre un 20% a 80% de humedad relativa.
- El CSI funcionará a una altitud de hasta 5000 m. La máxima temperatura será disminuido por 2° C por cada 304 m para altitudes por encima de 2134m.
- El peso del CSI es de aproximadamente de 18.14 kg completamente configurado y tiene dimensiones de: altura 65 cm, ancho de 33 cm y una profundidad de 35 cm.

El CSI esta sólomente disponible como una unidad para montar en la pared que viene con una abrazadera.

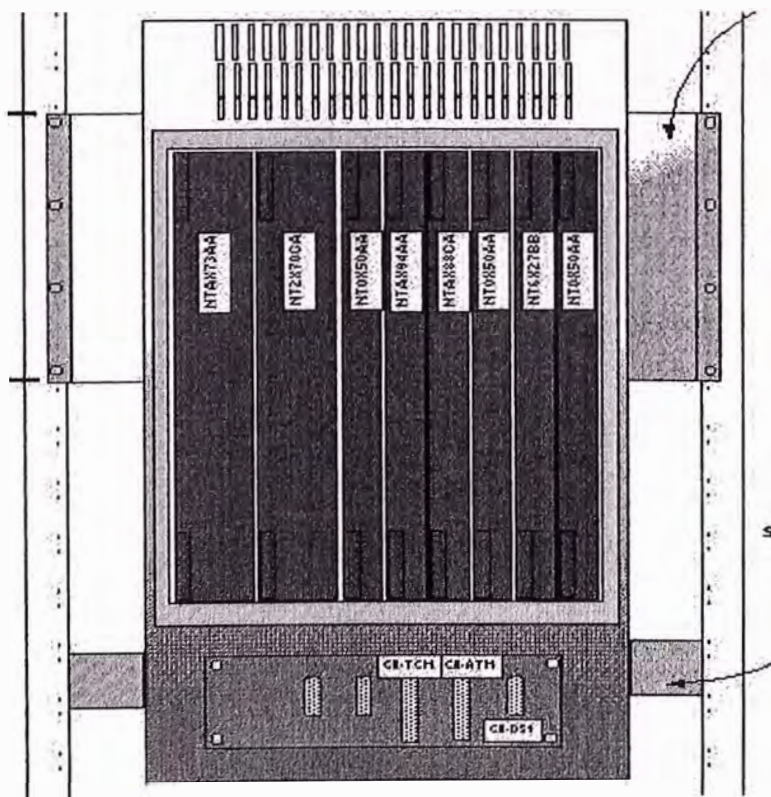


Fig. 4.2a CSI completamente configurado

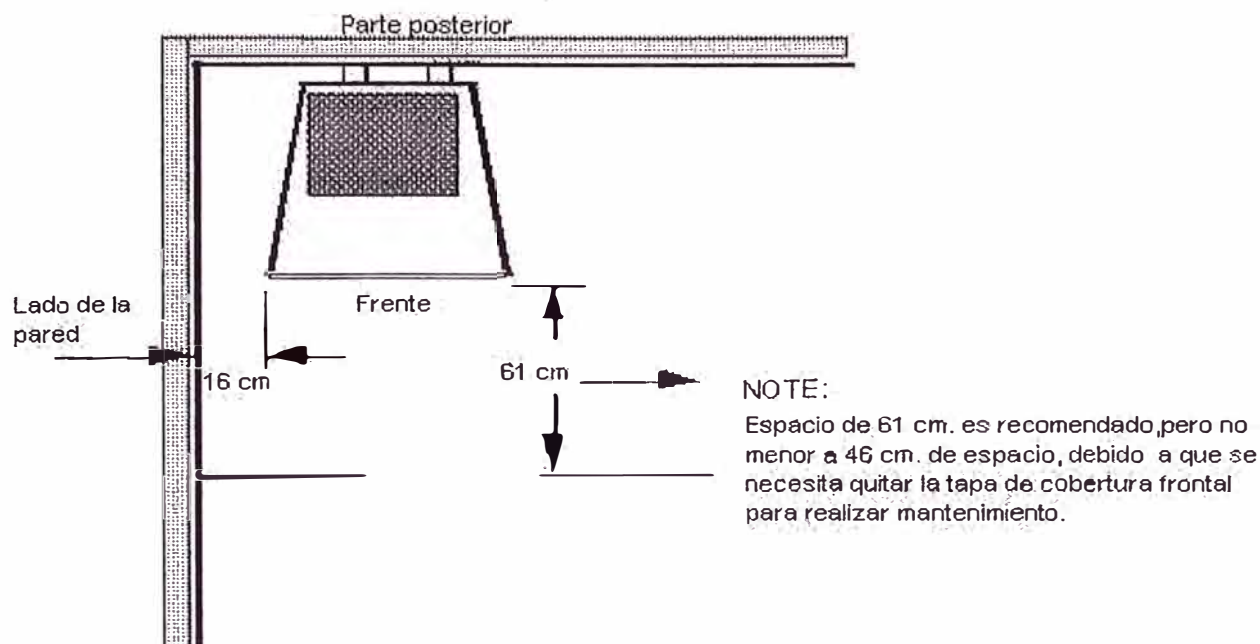


Fig. 4.2b Vista parcial de arriba de el módulo de CSI

4.1.2 MBS (Microcell Base Station).

La habitación donde se encuentra este equipo debe estar bien limpio y bien ventilado. Cada gabinete de MBS puede disipar hasta un máximo de 150 W de potencia en la forma de calor 500 BTU por hora. Los equipos de ventilación deben ser suficientes para mantener un nivel de temperatura aceptable.

- El nivel de temperatura aceptable esta dentro del rango de 5° C a 40° C.
- La humedad debe ser mantenido entre un 20% a 95% de humedad relativa.
- El MBS funcionará de una altitud de 61 m hasta 4000 m. La máxima temperatura será disminuido por 2° C por cada 304 m para altitudes por encima de 2134m.
- La ubicación del MBS no debe estar sujeto a constantes vibraciones.
- El MBS debe de ser localizado al menos 3.66 m. lejos de cualquier fuente de energía electrostática y electromagnética, los cuales pueden incluir:

- Herramientas de potencia.
 - Instrumentos tales como aspiradoras.
 - Máquinas de oficina como fotocopiadoras.
 - Todos los motores eléctricos.
 - Transformadores eléctricos.
- El peso del MBS es de aproximadamente de 38.6 kg completamente configurado y tiene dimensiones de: altura 51 cm, ancho de 58 cm y una profundidad de 23 cm.

El MBS puede ser instalado en el piso con un kit especial para áreas donde existen temblores. También incluye una abrazadera para montarse en la pared.

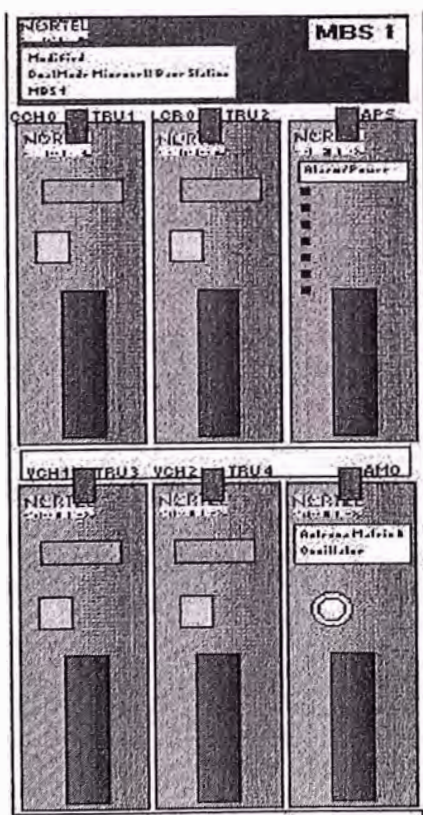


Fig. 4.3a Módulo completo de MBS, vista frontal.

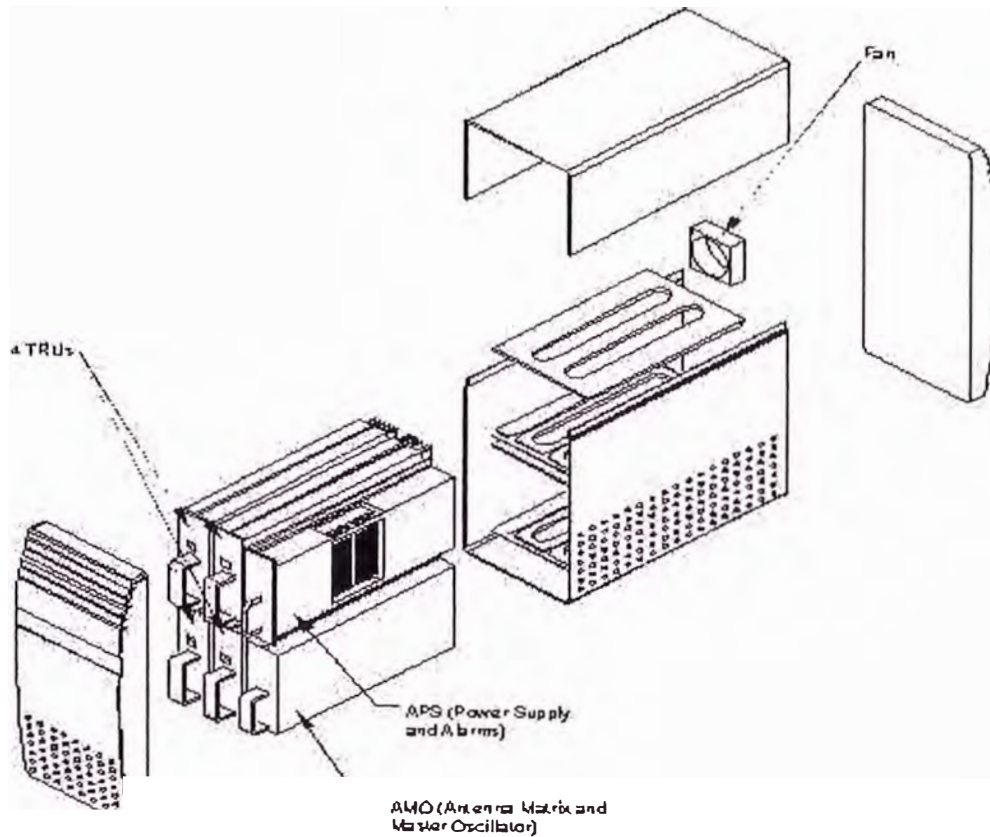


Fig. 4.3b MBS descripción de componentes.

4.2 Condiciones de Energía.

4.2.1 MBS.

- La estación base microcelda está disponible solamente para corriente alterna. La microcelda requiere una salida de fuente dedicada no-commutada por cada gabinete en la parte trasera del MBS. El cable de enchufe tiene 2 m. de longitud.

Cada fuente de salida dedicada no-commutada debe tener:

Voltaje 115 VAC \pm 15% o 230 VAC \pm 15%

Frecuencia 47Hz a 53 Hz o 57Hz a 63Hz.

Potencia (I/Pmax) 300VA.

- Conexión permanente a tierra de AC.

4.2.2 CSI.

Al igual que el MBS el CSI solo está disponible para corriente alterna. Trabaja exactamente con los mismos requerimientos de energía que el MBS.

- **Advertencias.**

- **La salida del socket deberá ser instalado cerca del equipo para estar fácilmente accesible.**
- **Bajo ninguna circunstancia deberá ser amarrado el cordón de energía.**

4.3 Autonomía.

Normalmente se ubican todos los equipos en una misma habitación, el cual nos facilita la autonomía. Se utiliza un banco de baterías el cual entra en servicio una vez que se tenga corte de energía eléctrica. Se recomienda colocar además un UPS para que los efectos dañinos producidos por los cortes sean mínimos. Normalmente se deja para brindar servicio entre 3 - 6 horas, en zonas donde no se tiene un generador. En los centros comerciales existen generadores, ya no necesitamos el banco de baterías, si no que solamente requerimos un buen UPS de doble conversión.

4.4 Longitud de Cables.

La longitud de los cables tomadas en el momento del estudio están de acuerdo al recorrido que se muestra en la figura 3.7a, 3.7b, y 3.7c, como se dijo anteriormente estas longitudes no deben ser mayores a 100m.

Cable	Antena	Longitud (metros)
L1A	1A	50
L1B	1B	52
L1C	1C	75
L2A	2A	55

L2B	2B	50
L2C	2C	52
L3A	3A	80
L3B	3B	16
L3C	3C	80

Al momento de hacer el pedido se comprará un 20% mas de la longitud total, osea a pedir: $L_t = 1.2 * 510 = 612$ m

4.5 Lista de Materiales.

La lista de materiales es a continuación descrito en detalle:

Centro Comercial Andino.

Componente	Fabricante	Código	Cantidad	Descripción
	Nortel		1	CSI completo
B0240498	Nortel	NTLA00AA	2	MBS – Microcell
A0622351	Nortel	NTLA0002	2	MBS termination
B0240507	Nortel	NTLA50AA	2	MBS Wall Mount HW
A0609689	MA COM	3001-6113-00	17	Hybrid N Terminator
B0237512	Nortel	NTAX98AA	8	TRU-II
B0241275	Nortel	NTLA0001	6	MBS to Antenna Cable
B0241274	Nortel	NTLA0020	10	CSI to MBS Cable (m)
A0617460	NARDA	NARDA 30564	2	Dual 8 Port Hybrid
A0609534	Decibel Prod	DB791S50N-C	9	Directional Antenna
	Andrew Corp	LDF4-50A	612	Coax. ½” Standard Cabling (in m)
			1	Bix Block
	Andrew Corp	L44PW	18	Connector N Male ½”
	Andrew Corp	40417	1	Cable Tie Kit
	Andrew Corp	207866	1	Easiac Cutting Tool for ½”

CAPÍTULO V INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE LA MICROCELDA

5.1 Instalación.

La instalación de la microcelda se realizará siguiendo el procedimiento recomendado por el fabricante del equipo NORTEL, el cual proporciona manuales al comprar el equipo. Se tendrá en cuenta las recomendaciones de los capítulos anteriores. Los equipos serán instalados con las herramientas correctas. Para los cableados se tendrá especial cuidado ya que habrá un kit de herramientas con lo cual se fabricará los terminales de los cables. A continuación se muestra un diagrama de bloques con los pasos a seguir para la instalación:

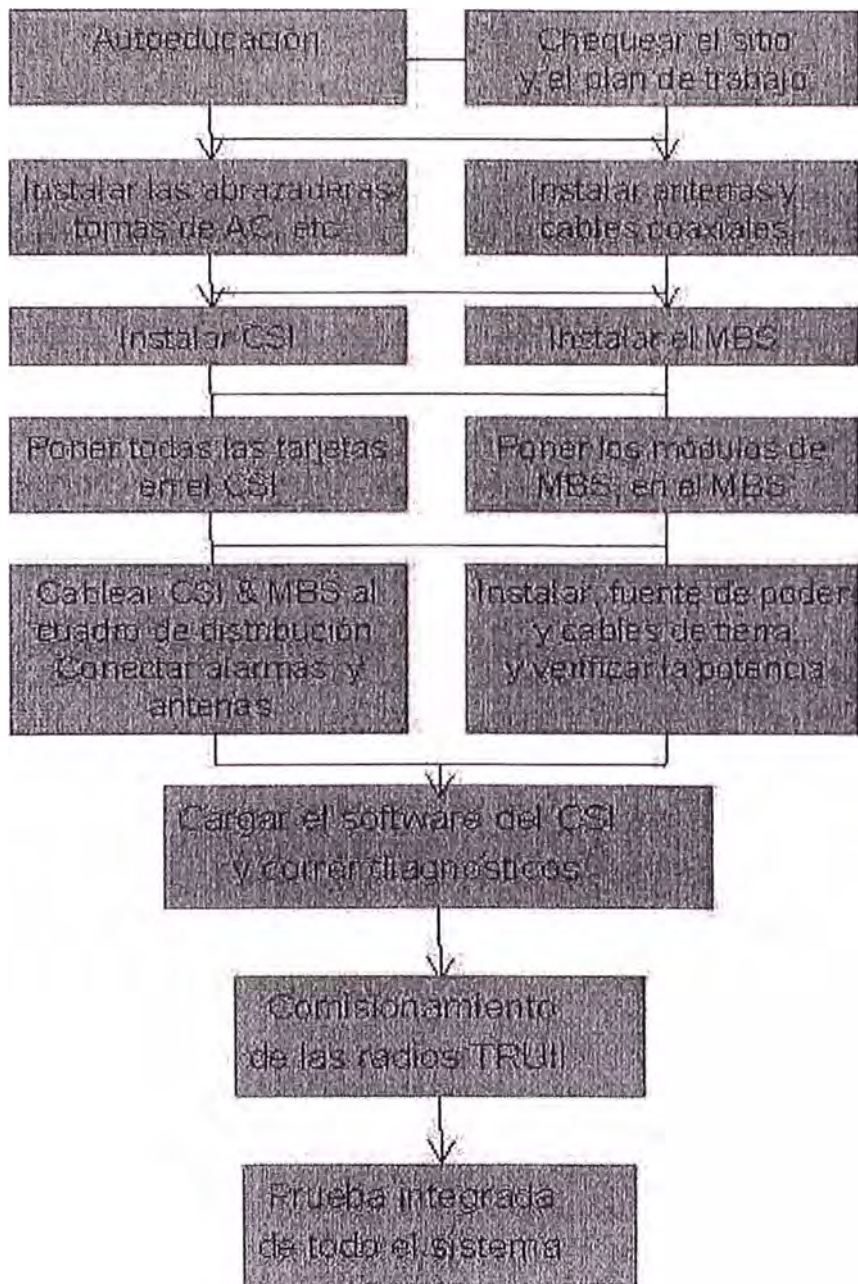


Fig. 5.1 Pasos a seguir durante la instalación.

Cuando la instalación de todos los equipos a sido completado, los ingenieros de RF realizaran una prueba adicional de comisionamiento y harán el ajuste final de los parámetros de RF para asegurar que el sistema trabaje a los niveles requeridos por las especificaciones de diseño.

5.2 Chequeo de Pérdidas en los Cables.

De las especificaciones técnicas del cable de espuma di-eléctrico LDF4-50A tenemos que este tiene una atenuación de 6.9 dB por cada 100 m. para la frecuencia de 824 MHz

Cable	Antena	Longitud (m)	Pc (dB)
L1A	1A	50	3.45
L1B	1B	52	3.59
L1C	1C	75	5.18
L2A	2A	55	3.80
L2B	2B	50	3.45
L2C	2C	52	3.59
L3A	3A	80	5.52
L3B	3B	16	1.10
L3C	3C	80	5.52

Este cálculo es importantísimo para determinar cuanto es la potencia de radiación a la salida de la antena (ERP).

5.3 Chequeo de Potencias.

La potencia a la salida del MBS es de aproximadamente +12 dBm, como se ve en el gráfico siguiente la pérdida en el híbrido de 8 puertos es de 7 dB, por lo tanto la potencia a la salida del híbrido es de +5 dB. Hay que recordar que utilizando la antena DB791S50-N, tenemos una ganancia aproximada de +5 dB.

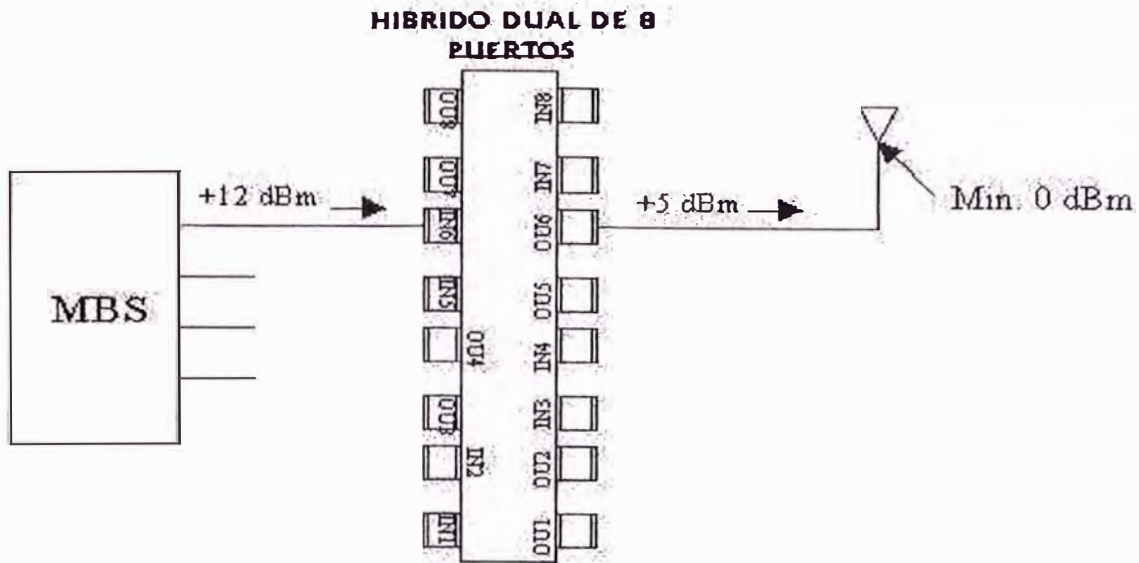


Fig. 5.2 Diseño con un híbrido dual de 8 puertos.

Por lo tanto la siguiente tabla nos muestra la potencia ERP a la salida de cada antena:

Antena	Pc (dB)	ERP (dBm)
1A	3.45	6.55
1B	3.59	6.41
1C	5.18	4.83
2A	3.80	6.21
2B	3.45	6.55
2C	3.59	6.41
3A	5.52	4.48
3B	1.10	8.90
3C	5.52	4.48

Estas potencias deberán de ser optimizadas, ya que en el diseño se realizó para 0 dBm a la entrada de la antena, con lo cual a la salida de la antena deberemos de tener una potencia igual a la ganancia de la antena de aproximado a 5 dBm, además se esta considerando que la potencia a la salida de el MBS es de +12 dBm,

pero la máxima potencia a la salida del MBS es de +15 dBm, el cual deberá de ser ajustado una vez puesta en servicio la microcelda.

5.4 Verificación de la Cobertura.

Una vez lista nuestra microcelda será necesario realizar el estudio de cobertura, para verificar que todas las zonas deseadas estén bien cubiertas y con el nivel adecuado de señal de acuerdo al diseño. Se realizará un recorrido por todo el centro comercial, por todas las zonas involucradas de diseño: pasadisos, ascensores, zonas comunes, etc. se capturará información de niveles de señal con lo que se harán gráficos de cobertura, como se muestra a continuación.

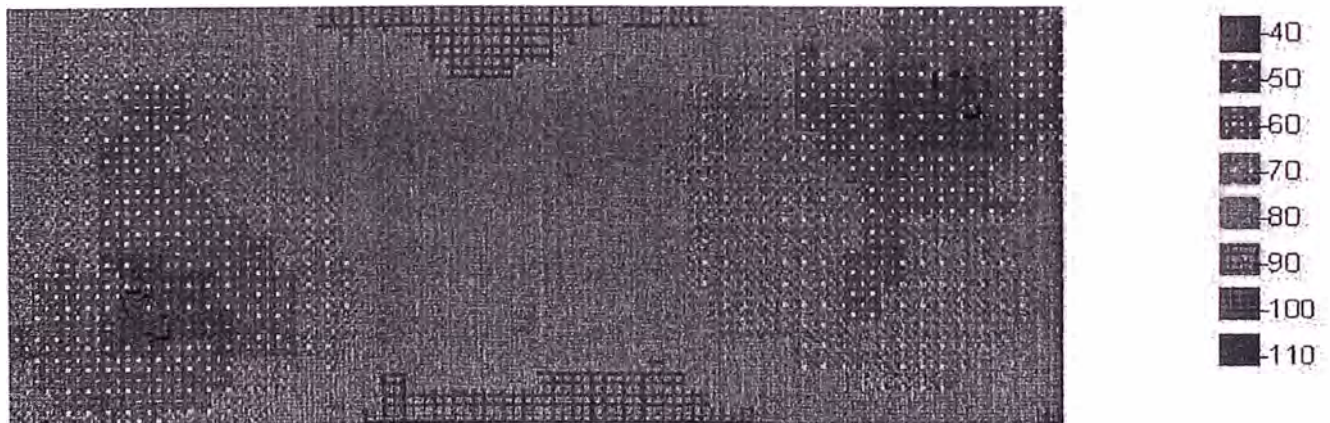


Fig. 5.3 Ejemplo de un gráfico de cobertura típico, 2 antenas.

5.5 Verificación de la Interferencia.

Al realizar el estudio de cobertura se capturará en forma paralela datos para calcular si existe algún nivel de interferencia dentro de la microcelda, los niveles de interferencia co-canal y adyacente serán respetados de acuerdo a la sección 3.3.1. Hay que recordar que toma un tiempo en instalar la microcelda desde el estudio de RF realizado y por lo tanto pudieron haber cambiado las frecuencias de las

macrocelas cercanas a esta. Si se detectase alguna interferencia se buscará un nuevo grupo de frecuencias para nuestra microcelda de tal manera que tengamos una óptima calidad en nuestra microcelda diseñada, a continuación se muestran gráficos de C/I y C/A como ejemplo.

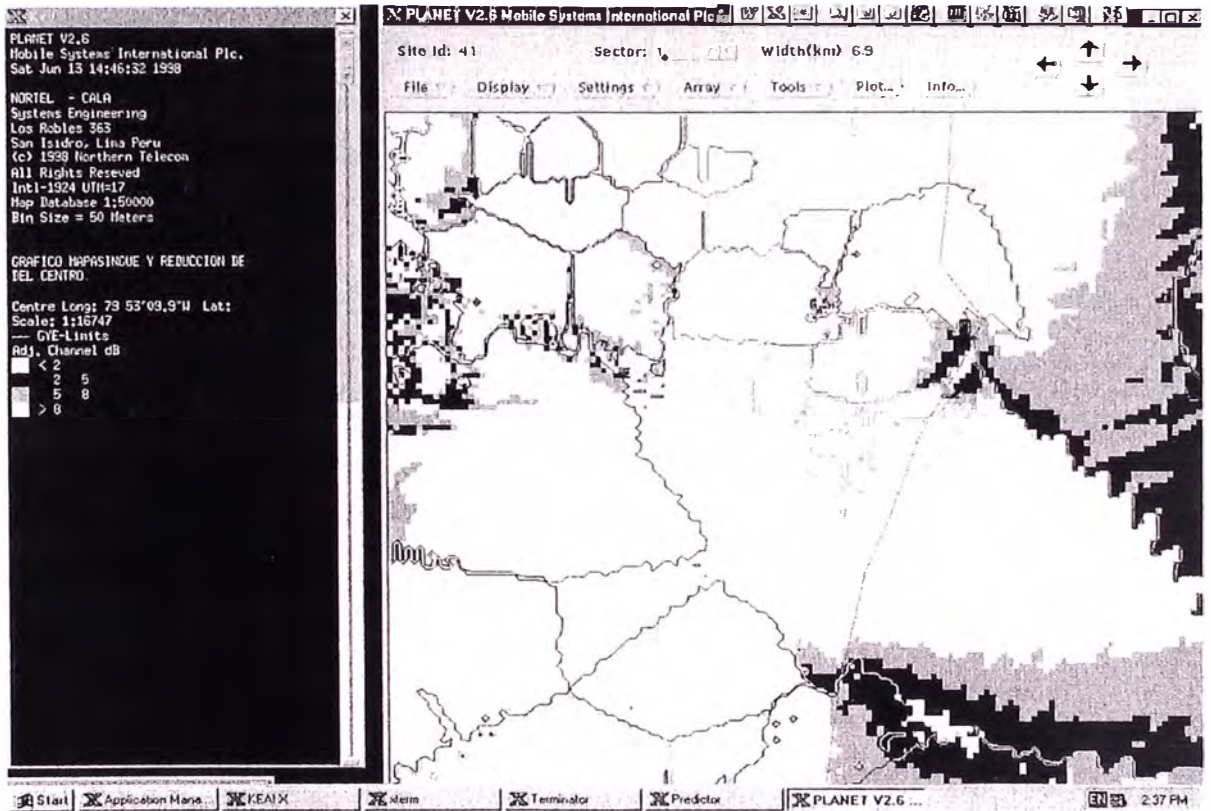


Fig. 5.4 Ejemplo de un plot de interferencia por canal adyacente

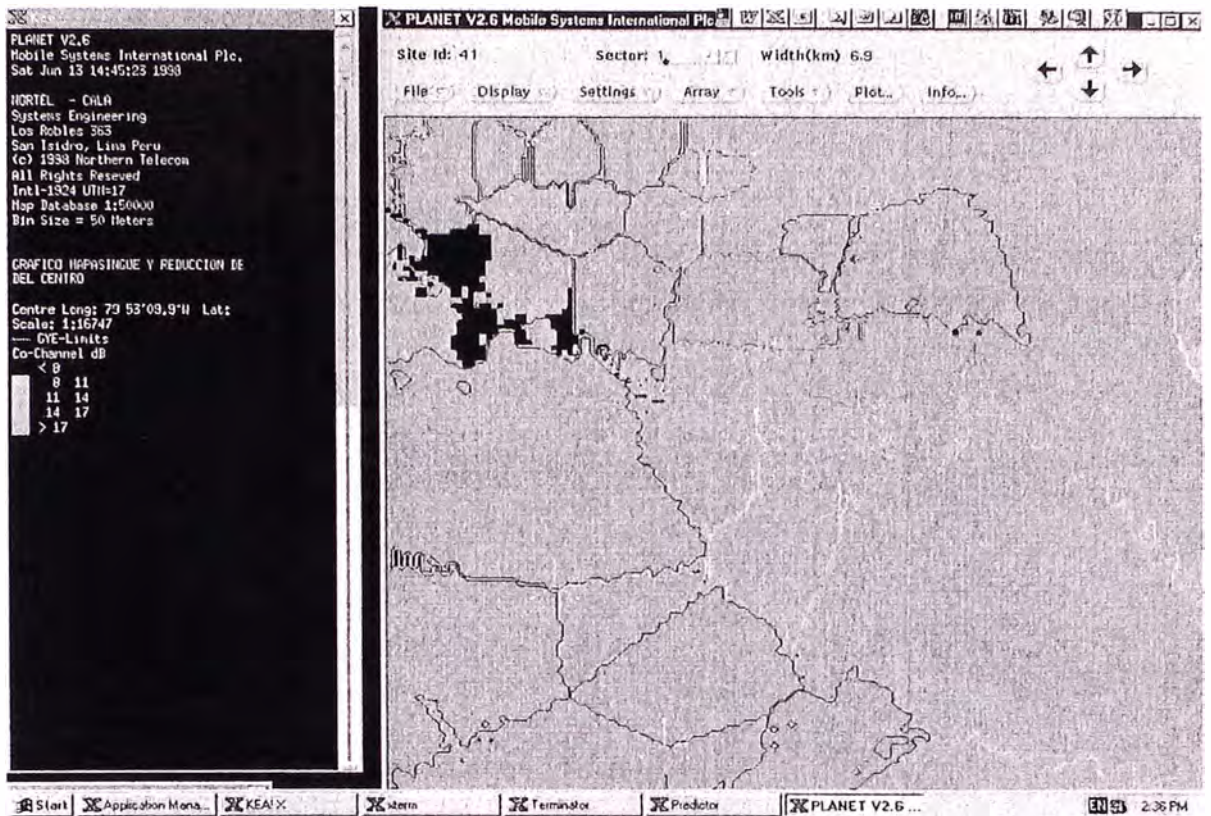


Fig. 5.5 Ejemplo de un gráfico por interferencia co-canal

5.6 Operación, Administración y Mantenimiento (OA&M).

La operación comprende uso, mantenimiento y solución de problemas de la microcelda. En el caso de las microceldas públicas el operador celular es el encargado de la operación, administración y mantenimiento, la parte de la operación y administración se realizará desde la central CCC, las cuales incluyen las siguientes partes:

- Configuración de las frecuencias.
- Mantener en funcionamiento.
- Configurar los parámetros de IS-136.
- Activación y reactivación.

- Monitorear las alarmas.
- Sacar reportes para verificar el procesamiento de las llamadas y del correcto funcionamiento.

El mantenimiento se realizará en forma periódica como: Mantener limpio el lugar donde se encuentran los equipos de CSI y MBS (fuera del alcance de polvo), verificar las potencias y realizar pruebas a las radios TRU-II. Se recomienda realizar el mantenimiento 1 vez al año.

CAPÍTULO VI OPTIMIZACIÓN DE LA MICROCELDA

6.1 Ajuste de la Potencia de Transmisión.

Una vez puesta en servicio la microcelda, será necesario hacer la optimización de esta, para hacer los ajustes finales verificando los niveles de transmisión y los parámetros de sistema. La sintonía fina del sistema incrementará la calidad de la voz, lectura de los mensajes del sistema y asegurará que el sistema funcione propiamente. Uno de estos pasos importantes es el ajuste de la potencia de transmisión, el cual será realizado para asegurar que una apropiada cobertura de RF exista dentro del centro comercial, debiendo ser la emisión la mínima posible fuera del centro comercial.

6.1.1 Camino Directo.

Referido al enlace de la estación base a la unidad móvil. El sistema de la microcelda deberá tener un nivel de señal mejor a -75 dBm (condiciones de diseño dadas por el operador) o por encima del piso de ruido por 17 dB, cualquiera de las dos condiciones anteriores se cumpla. Cuando una microcelda se pone en servicio usualmente se observa una intensidad de señal fuerte. Este es causado por un diseño de enlace conservativo y por la forma de la diversidad creada por la composición de antenas. Debido al incremento de la cobertura, el nivel de potencia será ajustado para proporcionar una cobertura óptima dentro de la microcelda.

La cobertura de el camino directo es ajustado usando el parámetro MAXTPOW en la radio (TRU-II), utilizando el modo de mantenimiento de esta. El MAXTPOW determina la potencia de salida en el puerto TCM en la parte posterior de la unidad MBS. Durante el proceso de diseño esto fue asumido de +12 dBm. El actual valor máximo de MAXTPOW es de +15 dBm. 12 dBm fue utilizado en el diseño para evitar imprevistos cuando se ponga en servicio el sistema.

Un valor inicial de MAXTPOW debería de ser escogido usando el cálculo de enlace de RF. Un cálculo de enlace toma una cantidad de ganancias y pérdidas dentro del sistema de RF y puede ser estimado la potencia de RF para cada una de las antenas de la microcelda. Como se vio en el capítulo anterior este será completado restando la pérdida en el híbrido (si se está usando) y por las pérdidas del cable coaxial de la salida del MBS hasta la antena.

Si la potencia 0 dBm fue usado en el equipo de pruebas, luego un apropiado valor inicial para MAXTPOW debería de ser escogido, para lograr este nivel de 0 dBm a la entrada de la antena.

Para nuestra microcelda tenemos:

Antena	Longitud (m)	MAXTPOW	Pc (dB)	Phyb. (dB)	Pentrada Antena
1A	50	15	3.45	7	4.55
1B	52	15	3.59	7	4.41
1C	75	15	5.18	7	2.82
2A	55	15	3.8	7	4.2
2B	50	15	3.45	7	4.55
2C	52	15	3.59	7	4.41
3A	80	15	5.52	7	2.48
3B	16	15	1.1	7	6.9
3C	80	15	5.52	7	2.48

De la tabla se observa que para la antena 3A y 3C tenemos las longitudes mayores y por lo tanto mayores pérdidas, por lo cual las potencias deberán de estar ajustadas para estas antenas. Para un MAXTPOW de 12.52 se logra 0 dBm , pero debido a las limitaciones de la radio la potencia se ajustará a 12.50 dBm, con lo cual se tendrá lo siguiente:

Antena	Longitud (m)	MAXTPO W	Pc (dB)	Phyb. (dB)	P.entrada Antena	Tx ERP (dBm)
1A	50	12.5	3.45	7	2.05	7.05
1B	52	12.5	3.59	7	1.91	6.91
1C	75	12.5	5.18	7	0.32	5.32
2A	55	12.5	3.8	7	1.7	6.7
2B	50	12.5	3.45	7	2.05	7.05
2C	52	12.5	3.59	7	1.91	6.91
3A	80	12.5	5.52	7	-0.02	4.98
3B	16	12.5	1.1	7	4.4	9.4
3C	80	12.5	5.52	7	-0.02	4.98

Una vez configurado todas las potencias, se debe verificar la cobertura de la microcelda. En el caso que no sea posible ajustar el MAXTPOW para lograr una adecuada emisión de la señal, se podrán utilizar atenuadores lineales que pueden ser puestas en los cables.

6.1.2 Camino Reverso.

El camino reverso se refiere al enlace de la unidad móvil a la estación base o unidad MBS. En un sistema de microcelda usualmente la señal del camino reverso es mas fuerte que en el camino directo. Esto es debido a que el teléfono celular transmite hasta 600 mW (28 dBm), mientras que el MBS puede solamente hasta 32 mW (15 dBm).

En un sistema de telefonía celular se desea, siempre que los dos enlaces esten balanceados como sea posible. Esto quiere decir que la potencia que recibe la radio debería de ser la misma que la potencia que recibe la unidad móvil. Esto nos asegurará que la operación de la microcelda está trabajando correctamente sin que los niveles del camino reverso se salgan afuera.

Una vez que el camino directo a sido ajustado, el camino reverso será también ajustado para el buen balance. Esto es realizado ajustando las potencias de transmisión de los celulares. El camino directo avisa al móvil con cuanta potencia debe de transmitir, mas conocido como “power level”. Este parámetro permite atenuar la potencia de salida del móvil con pasos de 4 dB. A continuación se muestra los niveles de potencia y la potencia de transmisión de la unidad móvil:

Power Level	dBm
2	28
3	24
4	20
5	16
6	12
7	8
8	4
9	0
10	-4

Utilizando el valor de MAXTPOW, el “power level” del móvil será determinado utilizando la tabla de arriba. Cuando el MAXTPOW cae entre dos “power level”, el “power level” será ajustado al valor mas cercano. Las pequeñas diferencias entre el camino directo y reverso serán ajustados utilizando el parámetro llamado TITO que será visto en la sección de optimización.

Para nuestra microcelda de Centro Andino, tenemos $MAXTPOW = 12.5$ dBm, por lo tanto utilizando la tabla de arriba tendremos un “power level” de 6, para que así la unidad móvil transmita a una potencia máxima de 12 dBm.

6.2 Reselección.

Cuando los teléfonos celulares entran o dejan el área de cobertura de la microcelda necesitan reelegir. Todo este proceso en el estado CAMPING, es decir cuando no está en llamada. Existen tres tipos de reelección dentro de la microcelda: macrocelda a microcelda, microcelda a microcelda y microcelda a macrocelda.

6.2.1 Macrocelda a Microcelda.

Cuando un usuario entra a la cobertura de una microcelda el teléfono necesita ser reelegido de la macrocelda a la microcelda. Esta reelección puede ser controlado por parámetros del sistema CCC o dentro del teléfono mediante la funcionalidad de PSP/POF.

La reelección será controlado por el sistema mediante la lista de vecinos por el operador celular, es decir el teléfono sabrá si tiene una adyacencia de una microcelda/as y/o macrocelda/as. Las microceldas deben de estar configuradas como las celdas **preferidas**. Una vez que el teléfono ve el canal de control de la microcelda este debe comparar si este supera al parámetro SS_SUFF , si cumple esta condición el proceso de reelección se completará y el teléfono realizará un CAMPING a la microcelda.

En el caso de una microcelda privada, el teléfono utilizará la reelección mediante los parámetros PSP/POF. Esta característica permite al usuario ser

programado con información de la macrocelda el cual realiza el papel de “overlay” (sobreposición) hacia la microcelda. Cuando el teléfono ingresa al área de cobertura de la macrocelda overlay esta comenzará a buscar la frecuencia de la microcelda, e igual que en el caso anterior deberá respetar el valor del parámetro SS_SUFF.

SS_SUFF es programado en el sistema por el operador para microceldas públicas o también puede ser programado dentro del teléfono para sistemas privados. Este deberá ser como el umbral del nivel de la señal en el camino directo para que un celular haga un CAMPING en la microcelda mediante el proceso de re-selección. SS_SUFF es también el umbral para dejar la microcelda, por eso este parámetro debe estar bien configurado para que en áreas donde debe cubrir la microcelda no haga re-selección a la macrocelda.

Para nuestra microcelda de Centro Andino colocaremos un valor de $SS_SUFF = -85$ dBm.

6.2.2 Microcelda a Microcelda.

Cuando el teléfono se mueve a través de múltiples microceldas o particiones, este necesita ser re-seleccionado entre estas celdas.

En este caso las adyacencias de las microceldas serán configuradas todas como microceldas vecinas **regulares**.

Una vez que la lista de vecinos es configurado por el sistema o en el teléfono, el teléfono continuamente estará buscando los canales de control de las microceldas vecinas. Debido a que las adyacencias son microceldas el teléfono sólo mirará si el nivel de RSSI de la microcelda candidata es mas fuerte que el de la microcelda

servidora por el valor RESEL_OFFSET. Una vez que esta condición se cumple el teléfono hará una reelección a la microcelda candidata.

RESEL_OFFSET debería de ser configurado a un valor inicial de -4 dB y luego ser ajustado para ver si el proceso de reelección esta siendo arrastrado o está ocurriendo muy pronto.

Para nuestra microcelda no utilizamos este parámetro ya que sólo era la única dentro del centro comercial.

6.2.3 Microcelda a Macrocelda.

Cuando el teléfono celular deja el área de cobertura de la microcelda éste será reeleccionado a una macrocelda. La lista de vecinas macroceldas debe de ser llenado como celdas candidatas **no-preferidas**. Cuando el umbral de la señal de la microcelda cae por debajo del SS_SUFF definido en la microcelda, el proceso de reelección es iniciado. Si el nivel de RSSI de una macrocelda es mayor que el RSSI de la microcelda por un valor RESEL_OFFSET y además mayor que el SS_SUFF de la macrocelda candidata, y por un tiempo igual o mayor que el retardo DELAY definido, entonces el proceso de reelección será completado.

El parámetro DELAY esta definido en segundos.

Para nuestro ejemplo de la microcelda del Centro Andino el parámetro RESEL_OFFSET se definió igual a -4 dB y el DELAY igual a 9.6 s.

Si no hubiese una buena cobertura por parte de alguna macrocelda fuera del área de cobertura de la microcelda, el parámetro RSS_ACC_MIN deberá ser usado para forzar a los usuarios dejar la microcelda, fuera del área de cobertura de esta. Este permitirá a los usuarios originar con una pobre calidad de voz en aquellas áreas

donde no hay muy buena cobertura. El `RSS_ACC_MIN` deberá de ser configurado con un valor de 5 dB por debajo de la señal mínima deseada por la microcelda. En nuestro ejemplo este parámetro lo dejamos en -95 dBm.

Para las macroceldas el `RSS_ACC_MIN` debe de ser siempre mayor que el nivel de piso de ruido, el valor típico es de -103 dBm.

6.3 Handoff.

En un sistema de telefonía celular hay múltiples macroceldas y microceldas, dependiendo de el área a cubrirse y de el número de usuarios, debido a esto hay una necesidad de “hand-off” entre celdas.

El handoff permite al usuario celular hacer una llamada y viajar alrededores del sistema sin terminar la llamada. Cuando el usuario se aproxima al borde del área de cobertura de la celda, el sistema avisará al telefono para que realice un handoff a la mejor celda adyacente.

El sistema hace la decisión para que el móvil realice el handoff de acuerdo a los niveles de señal de RF tanto como en el camino directo o reverso. Cuando la señal en el REVERSO cae por debajo del HOTL (hand-off threshold low), el sistema inicia el proceso de handoff. Una vez que el handoff es comenzado el sistema ordena al móvil tomar los RSSI de los canales de control de las celdas candidatas y también de la celda servidora. Si el RSSI de una celda candidata es mayor que el de la celda servidora, más un delta HYST, entonces la candidata es válida. El sistema luego toma la señal RSSI mas fuerte de las celdas candidatas válidas e instruye al teléfono a realizar el handoff a aquella celda. Si ninguno de los RSSI tomados de las celdas candidatas son mayores que el RSSI de la celda servidora más el delta HYST,

entonces el sistema ordenará al celular permanecer en la celda servidora. Este tipo de handoff es llamado, Handoff Asistido por el Móvil (MAHO), debido a que el teléfono móvil toma mediciones de RSSI para el proceso de handoff.

A continuación se muestra en la tabla los valores con lo cual se configuró la microcelda de Centro Andino.

De	A	HOTL=PCPCTL	HYST
Centro Andino	Macrocelda	-81 dBm	4 DB
Macrocelda	Centro Andino	-75 dBm	4 DB

A continuación se detallará todos los parámetros involucrados en el proceso de handoff:

- **HOTL Handoff Threshold Low**

Este es el umbral de señal con lo cual el sistema en el camino REVERSO iniciará el proceso de handoff. El HOTL debe ser programado lo suficientemente bajo para evitar, excesivos mensajes en el sistema, pero no tan bajo para evitar el arrastre de llamadas.

El arrastre de llamada puede causar problemas con la calidad de voz e interferencia.

El HOTL deberá ser definido como el nivel umbral de RSSI de los límites de cobertura de la celda, en el caso que haya más de una celda este será el umbral más alto.

Para el caso de una sola celda (en una determinada zona), los parámetros de handoff serán deshabilitados.

- **HYST Hysterisis.**

El delta hysteresis es la cantidad en la que el RSSI de la celda candidata debe ser mayor que el RSSI de la celda servidora, para ser una candidata válida. El proceso de HYST es para evitar que una llamada realice un handoff a una candidata y luego regrese de vuelta a la servidora (PING-PONG), cuando un teléfono móvil esta en el borde de la celda.

- **RSSI Sample Data (Receive Signal Strength Intensity).**

Cuando el teléfono es instruido a tomar medidas de RSSI a la celda candidata y servidora, lo hace en muestras de intervalos de 1 segundo. Luego son promediados antes de hacer una decisión de handoff. Si hay problemas de PING-PONG la ventana del valor de las muestras a tomarse será incrementado. Pero no se puede incrementar mucho debido a que puede producir arrastre de llamadas

- **ERP DELTA.**

El ERP delta es un valor usado para ajustar las diferencias entre la potencia de transmisión del canal de control y el canal de voz. El ajuste es realizado debido a que las decisiones de handoff son basados en las mediciones hechas a los canales de control, el cual afecta a los canales de voz. En una microcelda éste valor debe de ser 0 dB, ya que no hay diferencias en las potencias de transmisión del canal de control y voz.

- **TITO Talk-in/Talk-out.**

El parámetro TITO es usado para ajustar la diferencia de nivel que existen entre el camino DIRECTO y REVERSO de las mediciones hechas a los canales de voz. En la microcelda será usado para ajustar la diferencia entre la potencia de transmisión del teléfono celular y la potencia de transmisión del MBS. El TITO será configurado en incrementos de 0, ± 1 , ± 2 , ± 3 DB, etc. dependiendo de cuanto se necesita para ajustar el balance de la celda.

Para la microcelda en estudio no se aplicó este parámetro ya que teníamos potencia de Tx del MBS = 12.5 y la potencia de Tx de el celular = 12 dBm, con lo cual solo existe una diferencia de 0.5 dB.

CONCLUSIONES

Como conclusión al finalizar el presente estudio de ingeniería de radiofrecuencia, podemos decir que una microcelda trabaja exactamente igual que una macrocelda, sino que solamente con un área de cobertura reducida que puede variar de acuerdo al diseño y requerimiento del operador del sistema de telefonía celular. Las microceldas son soluciones magníficas para lugares en donde ya no se pueden poner mas estaciones bases normales y pueden ser diseñadas para servir dentro o fuera de un lugar específico. Pueden ser instaladas ya sea por problemas de tráfico o por cobertura.

ANEXO A
TABLAS DE INGENIERIA DE RF PARA UNA MICROCELDA

TABLE: CELLINV

CELLNO MSANO REGINCR REGFREQ SCANRATE CELLNAME BILLZONE
 CELLCNFG PMDATA
 URBAN

176 0 40 10 DISABLED AEROPUERTO 0 MICRO 1 ICP 18 1 NT_ONLY (ICRM
 176) \$ N N
 N

TABLE: PWRCTRL

PWRKEY VMAC CMAC MSPC BSPC

176X 2 2 Y -75DB -65DB N FIXED 0 0

TABLE: PARTDATA

SUBCELL DCC AHORSRV DHTHRESH MDRSSTHS DMINRSSI CONNECT
 IGNORE DIGDATA
 PORT CNFG CLLIVECT REGZNIDX CNIPBLK WFOM XLANUM
 TLDNPNUM

176X 1 0 101 -30DB DISABLED DISABLED DISABLED Y 0 0 0 DIGITAL 3 3
 101
 OMNICNFG (AER176X_AVCH) (AER176X_DVCH) \$ 1 N N 0 1

TABLE: PARTDAT2

SUBCELL CBC NSTHRESH REARSCAN NOISELOG CCDELAY RSSISAMP
 SCC LCRBKUP CCHRSSI
 CRTHRESH MJTHRESH MNTHRESH MULTVEND PCGROUP CHANSAT
 CDMA AVL ACCHAUTH
 DCCHAUTH UNDERLAY SECOND_IVCD HOQTIME

176X 1 -100DB N N 1 10 5970HZ Y DISABLED 3 2 1 N 0 N N DISABLED
 DISABLED N N
 DISABLED

TABLE: VCHINV

VCHKEY CHAN_DATA ADMODE GROUP TRKMEMS TERMATTR CARD
 PORT ALARMPT XCVRSAT
 DCCHBKUP

176X 1 619 LPI PRIMARY VSELP_EFRC (0 0 0) \$ N 1 (1) (101) (201) \$
 TR 3AY71 0
 1 NOALARM DEFAULT N

176X 2 643 LPI SECONDARY VSELP_EFRC (0 1 0) \$ N 1 (2) (102) (202) \$
 TR 3AY71
 0 2 NOALARM DEFAULT Y 1

176X 3 741 LPI PRIMARY VSELP_EFRC (0 1 1) \$ N 1 (3) (103) (203) \$
 TR 3AY71 0
 3 NOALARM DEFAULT N

176X 4 765 LPI SECONDARY VSELP_EFRC (0 1 2) \$ N 1 (4) (104) (204) \$
 TR 3AY71
 0 4 NOALARM DEFAULT N

176X 5 789 LPI PRIMARY VSELP_EFRC (0 1 3) \$ N 1 (5) (105) (205) \$
 TR 3AY71 0
 5 NOALARM DEFAULT N

TABLE: CCHINV

CCHKEY CHANNO BACKUP MODE TERMATTR CARD PORT ALARMPT
 RX ONLY DCCH

176X 1 717 Y VCH 2 AUTOTUNE COMBINED TR 3AY71 0 14 NOALARM N
 Y FULL1 6 2 0 0
 0 Y VSELP_EFRC (1 3 0) \$ N 1 (0) (100) \$

TABLE: DCCHDATA

SUBCELL PRESRNUM VMLA DVCC MAXPFC ACCBRST MSACCPWR
 RSSACMIN SS_SUFF SERV_SS
 SCANINTV DELAY DEREG TESTREG PRSIDREG REGPER NWKTYPE
 PSIDRSID SMS_MAP
 MACA AVL

176X 176 (PAJARITOS) \$ 81 1 NORMAL 28DB -103DB -103DB DISABLED
 2HF 15SF N N
 N 30 Y Y N (ZONA80) \$ DELIVER N

TABLE: HOPAIR

FROM_TO_CELL PCPTL PCPHYST PCPBIAS RELREQD NBHO

 176X 297X -70DB 3DB 0DB Y DISABLED
 176X 297Y -70DB 3DB 0DB Y DISABLED
 297X 176X -70DB 3DB 0DB Y DISABLED

297Y 176X -70DB 3DB 0DB Y DISABLED

TABLE: CCHPAIR

CELLPAIR BANDINFO CCH TYPE SAMESYS NEIGHBOR RESEL SS SUFF
CELLTYPE DELAY

176X 0 334 800MHZ ACCH Y 302X Y -30DB DISABLED NONPREF 0SF
176X 1 646 800MHZ DCCH Y 302X Y 0DB DISABLED NONPREF 0SF
176X 2 342 800MHZ ACCH Y 297Y Y -30DB DISABLED NONPREF 0SF
176X 3 654 800MHZ DCCH Y 297Y Y 0DB DISABLED NONPREF 0SF
176X 4 353 800MHZ ACCH Y 297X Y -30DB DISABLED NONPREF 0SF
176X 5 665 800MHZ DCCH Y 297X Y 0DB DISABLED NONPREF 0SF

TABLE: MAHOPARM

CELLNO MAHOFACT MAUSEDLR ERPDELTA VCHTITO NBHODLY
SBHODLY HOCELLS

176X 2 Y 3DB 0DB 3 3 (302X ACCH) (297X ACCH) (297Y ACCH) \$
178X 2 Y 3DB 0DB 3 3 (178Y ACCH) (178Z ACCH) (301Y ACCH) (291Y
ACCH)
(291Z ACCH) (147X ACCH) (301Z ACCH) \$

TABLE: HOPARMS

SUBCELL HOTL SERVHYST SERVBIAZ PARMHYST HORETRY HOTH
TIEROVLP D2AHOTL FASTHO
GUARDTIM

176X -70DB 3DB 0DB 3DB 10 DISABLED DISABLED DISABLED N 7

TABLE: CIHODATA

CELLNO CINOISE CIDROP BERNOISE BERDROP CIDELTA CIENA
FOBERENA RVBERENA
CISHORT CILONG BERSHORT BERLONG

176X 15DB 12DB 10 20 3DB Y Y Y 3 5 2 4

TABLE: CHNLSET

CHNLKEY SELSEQ

176X LPI ANALOG MIDL
176X LPI VSELP_EFRC MIDL

ANEXO B
LISTA DE TERMINOS

2T+C	2 TDMA Traffic Channel + 1 Digital Control Channel
ACI	Adjacent Channel Interference
AM	Amplitud Modulation
AMPS	Advanced Mobile Phone Service
BER	Bit Error rate
C/I	Carrier to Interference ratio
CACU	Compact Alarm Control Unit
CCC	Central de Conmutación y Control
CDMA	Code Division Múltiplex Access
Celumóvil	Operador de telefonía celular en Colombia Banda B
CSI	Compact Simplex ICRM
CSMO	Compact Simplex Master Oscillator
dBm	Unidad de medición de nivel de señal
DCCH	Digital Control Channel
DLR	Digital Locate Receiver
π/4 DQPSK	Variation of differential Quadrature Phase Shift Keying
D-Channel	A bidirectional channel dedicated to the transmission of control messages. A D-channel transmits at either 16 kbps or 64 kbps.
DS0	Digital Signal (Level 0). A signal format defined by ANSI that operates at 64 Kb/s
DS1	Digital Signal (Level 1). The 1.544 Mb/s. Typically channelized into twenty-four 64 Kb/s
DS30A	A type of link that provides an interface between internal componets of a hardware device.
DS30X	A type of link that provides an interface between internal componets of a hardware device.
DS60	A type of link that provides an interface between internal componets of a hardware device and DS1 links.
E1	A rate of 2.048 Mb/s. Thirty 64 Kb/s digital channels for voice, plus 64 Kb/s for signaling (slot 16) and for framing and maintenance 64 Kb/s (slot 0).
EFRC	Enhanced Full Rate Code
ERP	Effective Radiated Power
FCCH	Forward Control Channel
FM	Frequency Modulation
FSK	Frequency Shift Keying
GPS	Global Position System
GSM	Global System Mobile
ICP	Intelligent Cellular Peripheral. A switch site peripheral that provides an interface between cell site and the switch. The ICP also manages the operations of the cell site.
ICRM	Integrated Cellular Remote Module. A cell site peripheral that links the ICP and the radio transmission subsystems.
IDEN	IDEN's is a digital technology divides a channel into different "slots". Each slot can carry one voice or data transmission. IDEN utilizes TDMA for maximum spectrum efficiency.
IVCD	Initial Voice Channel Designation
LAPD	Link Access Protocol - D. An Integrated Services Digital Network (ISDN) link level protocol used for transmitting control messages on a D-channel
LCR	Locating Channel Receiver. A radio unit assigned to measure the signal strength of handoff candidates in neighboring cells.
MAHO	Mobile Assisted Handoff. The process that monitors the strength of the signal it receives from its current cell site and neighboring cell sites to determine when handoff is necessary.
MBS	Microcell Base Station
MTX	Mobile Telephone Exchange
OMNI	All Directions. AN antenna with radiation essentially all directions
POF	Private Operating Frequencies
PSP	Public Service Profile
RAM	Random Access Memory
RCCH	Reverse Control Channel

- RF Radio Frequency. The group of electromagnetic energy that have wavelengths between the audio and the light range. Rf waves are used to transmit voice and data between a mobile and the wireless system.
- RMCP Remote Module Control Processor. A circuit card that provides the computing resources plus maintenance and diagnostics for the ICRM.
- RMDP Remote Module Digital Port. A circuit card that provides the interface between the DRUs and the ICRM over TCM links.
- RMTS Remote Module Time Switch. A circuit card that provides channel connectivity and time switching between C-side links and the P-side links of the ICRM
- Roaming The ability to use a cellular phone to make and receive calls in places outside your home calling area.
- ROM Read Only Memory
- RSEL_OFFSET This parameter is used for reselection process in a digital control channel. This ensures that RF variations do not cause constant mobile reselections.
- RSSI Received Signal Strength Indicator. A measurement of the signal strength between the base station and the mobile.
- SAT Supervisory Audio Tone
- SHADOWING Obstruction of an area by objects which cast "radio shadows" of lower signal strength
- SS SUFF This is used for reselection process in a digital control channel between a macrocell to microcell. It is also the minimum signal strength for a microcell before to start the reselection process.
- ST Signaling Tone
- T1 A digital transmission system operating at 1.544 Mb/s Typically used to carry a DS1 signal format.
- TCM Time Compression Multiplex. A digital link that allows full-duplex transmission on two 64 kbps and two 8 kbps digital communication channels.
- TDMA Time Division Multiple Access. A transmission format that allows a number of digital conversations (three in TDMA -3) to occur in the same Radio Frequency (RF) channel.
- Timeslot A fixed size subset of the bandwidth of a digital bit stream
- TITO Talk in/ Talk out
- TRUII Tranceiver Radio Unit II. Also named as DRU (Dualmode RadioUnit)
- TTC TDMA Traffic Channel
- VCH Voice Channel
- VSELP Vector Sum Excited Linear Prediction. VSELP digitally codes and significantly compresses voice signals, increasing radio channels capacity by reducing the amount of information that needs to be transmitted.
- ZK-SAM Equipo de mediones, para telefonía celular

BIBLIOGRAFIA

- | | |
|---|-------------------|
| Andrew Catalog | Andrew |
| Decibel Antenna Catalog | Decibel Products |
| IS54 B | |
| IS136.1 A | |
| IS136.2 A | |
| Mobile Cellular Telecommunications Analog and Digital Systems | William C. Y. Lee |
| Mobile Communications Design Fundamentals | William C. Y. Lee |
| The Cellular Radio Handbook | Neil J. Boucher |
| Notas y experiencia de trabajo | |