

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS Y APLICACIÓN DE PROCESOS PARA LA
DISMINUCIÓN DE LLAMADAS CAÍDAS EN EL SISTEMA DE
TELEFONÍA CELULAR PARA LA RED URBANA DE LA CIUDAD
DE GUAYAQUIL**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

EDY FRANCO ARÉVALO URIGÜEN

DIRECTORA: ING. TANIA PÉREZ

Quito, Enero 2002

DECLARACIÓN

Yo, Edy Franco Arévalo Urigüen, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi propia autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

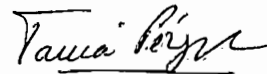
La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la ley, Reglamento de Propiedad Intelectual y por la normatividad institucional vigente.



Edy Franco Arévalo Urigüen

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Edy Franco Arévalo Urigüen, bajo mi supervisión.



Ing. Tania Pérez Ramos
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A mi familia, especialmente a mis tíos Leonardo y Luis por su apoyo incondicional para la culminación de mis estudios.

A la Ing. Tania Pérez Ramos, por su valiosa ayuda y comprensión en la culminación de este trabajo.

Al departamento técnico de la empresa BellSouth filial Guayaquil, que gracias a su ayuda fue posible implementar y obtener los resultados de este proyecto.

DEDICATORIA

A mi familia

CONTENIDO

Resumen	I
Presentación.....	II

CAPÍTULO # 1

1	Conceptos de Telefonía Celular.....	1
1.1	Definición general de Telefonía Celular.....	1
1.2	Estándares de Telefonía Móvil.....	1
1.2.1	Sistemas Analógicos.....	2
1.2.2	Sistemas Digitales.....	3
1.3	Estructura de una red de comunicaciones de Telefonía Celular.....	7
1.3.1	Estación de Radio Base (RBS).....	8
1.3.2	Central de Conmutación.....	11
1.3.3	Estación Móvil.....	14
1.4	Características de operación de una Estación Base.....	17
1.4.1	Configuración de una Estación Base.....	17
1.4.2	Canales de Radio.....	21
1.5	Proceso de generación de una llamada.....	36
1.5.1	Llamada a una estación móvil.....	36
1.5.2	Llamada entre estaciones móviles.....	36
1.5.3	Liberación de la llamada.....	37
1.5.4	Llamada desde un móvil a un abonado de la red fija.....	37

CAPÍTULO # 2

2	Consideraciones para el diseño de una red de radio celular.....	39
2.1	Pérdidas del espacio libre.....	39
2.1.1	Métodos de predicción de pérdidas de espacio libre.....	40
2.1.2	Desvanecimiento de los canales de Radio.....	44
2.2	Elementos involucrados en el cálculo de un enlace.....	47

2.2.1	Parámetros de una estación base y móvil.....	48
2.2.2	Conjunto de antenas y guías de onda en la estación base.....	50
2.2.3	Cálculos de las pérdidas del trayecto.....	56
2.2.4	Consideraciones para una cobertura real.....	57
2.2.5	Cobertura de una celda.....	62
2.3	Interferencia en una red celular.....	66
2.3.1	Interferencia Intrasistema.....	67
2.3.2	Interferencia intersistema.....	73
2.4	Capacidad de Tráfico Telefónico.....	76
2.4.1	Definición de tráfico Telefónico.....	76
2.4.2	Grado de servicio.....	77
2.5	Planeación Celular.....	78
2.5.1	Frecuencias de la banda celular AMPS.....	79
2.5.2	Reuso de frecuencias.....	81

CAPÍTULO # 3

3	Parámetros de medición de la calidad de una red celular.....	85
3.1	Parámetros de medición del desempeño de la red celular.....	86
3.1.1	Fuentes de medición del desempeño.....	88
3.2	Medición del desempeño de la red celular.....	95
3.2.1	Determinación de la hora pico.....	95
3.2.2	Mediciones realizadas.....	97
3.2.3	Estructura de la red celular de la ciudad de Guayaquil.....	99
3.2.4	Llamadas caídas de la red urbana..... de la ciudad de Guayaquil.....	102
3.2.5	Congestión de la red urbana de la ciudad de Guayaquil.....	105
3.2.6	Llamadas caídas con baja calidad de señal.....	107
3.2.7	Razones de desconexión de llamadas.....	108
3.3	Funciones de medición de la central de conmutación.....	112
3.3.1	Estadísticas de tráfico de celda (CTS).....	112
3.3.2	Estadísticas del entorno de Radio (RES).....	116

CAPÍTULO # 4

4	Aplicación de los diferentes procesos para el
	mejoramiento del porcentaje de llamadas caídas en la red
	urbana de la ciudad de Guayaquil.....	130
4.1	Procedimiento para el análisis de llamadas caídas.....	
	de las celdas celulares.....	136
4.1.1	Análisis del porcentaje de accesos a la celda.....	136
4.1.2	Depuración de Celdas vecinas.....	138
4.1.3	Cambio en la ventana de potencias.....	138
4.2	Experimentos realizados para disminuir las llamadas	
	caídas en la red urbana de la ciudad de Guayaquil....	140
4.2.1	Análisis de la celda CE05A.....	140
4.2.2	Análisis de la celda NO04C.....	160
4.2.3	Análisis de las celdas SU01C, SO03A, SO02A y CE07A.....	166
4.2.4	Análisis de las celdas NT03B, NT11C y NT04A.....	180
	Conclusiones.....	189
	Recomendaciones.....	194
	Referencias bibliográficas.....	195
	Abreviaciones.....	196
	Anexos.....	

RESUMEN

El presente trabajo esta encaminado a la aplicación de procesos para la disminución del porcentaje de llamadas caídas de la red celular en el área urbana de la ciudad de Guayaquil. Los diferentes procesos corresponden a pruebas, mediciones, ajustes de parámetros, re orientaciones de antenas, etc. de las estaciones de radio base celulares. Una llamada caída es la interrupción de la conversación que sufre el abonado sin la intervención de éste. El crecimiento vertiginoso de la telefonía celular conlleva al incremento de problemas en la red entre ellos esta el de las llamadas caídas que afectan al usuario.

Este trabajo esta dividido en cuatro capítulos:

El primer capítulo, abarca conceptos básicos de telefonía celular considerando los estándares AMPS/TDMA, así como el procedimiento y los parámetros que gobiernan a la estación móvil para realizar una llamada y el traspaso de una celda hacia otra sin la interrupción de la misma.

En el segundo capítulo, se indica las diversas consideraciones para realizar los cálculos de cobertura de una estación base celular mediante modelos matemáticos desarrollados para el efecto, entre ellos se estudia el método de Okumura – Hata, de igual manera se analiza las características técnicas de las estaciones base como de la estación móvil.

El tercer capítulo, explica brevemente sobre las diversas mediciones que son necesarias para la realización del trabajo.

Y, por último el cuarto capítulo considera los diversos procesos aplicados a las estaciones de radio base de la red celular y los resultados obtenidos de cada uno de ellos.

PRESENTACIÓN

Este trabajo hace referencia a conceptos fundamentales de telefonía celular y convencional, sistemas de transmisión de microondas, sistemas de propagación de antenas, márgenes de desvanecimiento de las señales de radio frecuencia.

Por el tipo de trabajo, está orientado al personal técnico de operaciones de redes celulares, quienes día a día trabajan en el mejoramiento de la calidad de las redes celulares.

Este trabajo sirve como un modelo de referencia a ser considerado por las operadoras celulares, en el continuo mejoramiento de la calidad del servicio celular que ofrecen a sus clientes.

Para los estudiantes, sirve como un material de consulta apropiado para el diseño de estaciones de radio celulares, referida a la cobertura de la celda.

Para los técnicos, un material de ayuda para el convencimiento que es posible mejorar un sistema y hacerlo eficiente desde que entra en operación, y así llegar a obtener la calidad de servicio esperada.

Para los ingenieros encargados del diseño de redes celulares, un material de consulta para la aplicación de los diversos procesos en aras de mejorar las estadísticas del comportamiento de una red.

CAPÍTULO # 1

CONCEPTOS DE TELEFONÍA CELULAR

1.1 DEFINICIÓN GENERAL DE TELEFONÍA CELULAR

En la evolución de las redes de telecomunicaciones, una estrategia actual es dotar a los usuarios de movilidad, de forma que puedan establecer una comunicación desde cualquier lugar. Ello es posible mediante el empleo de la radio para establecer el enlace entre los elementos a comunicarse surgiendo el concepto "celular" por ser la base de la mayoría de los sistemas de telefonía vía radio.

Al principio los sistemas celulares fueron creados por los laboratorios Bell (AT&T) hace unos cincuenta años. Un sistema celular se forma al dividir el territorio al que se pretende dar servicio, en áreas pequeñas o celdas (normalmente hexagonales para interpretación teórica), de menor o mayor tamaño, cada una de las cuales está atendida por una estación de radio. A su vez las celdas se agrupan entre ellas para formar los llamados "clusters" o racimos, de forma que el espectro de frecuencias se pueda volver a utilizar en cada celda nueva, teniendo cuidado de evitar las interferencias.

Con el surgimiento de la telefonía celular, se estableció en principio el sistema analógico, evolucionando hasta el actual sistema digital del cual se tiene varios estándares establecidos.

1.2 ESTÁNDARES DE TELEFONÍA MÓVIL

En 1969, la automatización de las llamadas llega a todas las bandas de frecuencia, naciendo así el IMTS, *Improved Mobile Telephone System* (sistema mejorado de telefonía móvil). A partir de este momento todos los nuevos sistemas

utilizaran un nuevo concepto, el de Telefonía Celular.

1.2.1 SISTEMAS ANALÓGICOS

En 1953, AT&T propuso la idea a la recién nacida telefonía móvil de lo que hoy conocemos. A finales de los '70 los sistemas de telefonía móvil celular todavía no funcionaban comercialmente pues estaban en fase experimental. Muchos de ellos llegaron con modificaciones menores hasta nuestros días.

El caso más importante es la llegada del AMPS, *Advanced Mobile Phone System* (Sistema Avanzado de Telefonía Móvil). Entró en servicio comercialmente en 1983, siendo el pionero de los sistemas celulares mundiales. Su importancia es ser el pionero de la telefonía móvil analógica, pues de este sistema han nacido gran parte de los sistemas analógicos actuales.

Su "hijo pródigo", resultará ser el "padre" de casi todos los sistemas usados en Europa, el TACS, *Total Access Communications System* (Sistema de Comunicaciones de Acceso Total).

En la **tabla 1.1**, se indica las características de los canales de algunos estándares para sistemas analógicos.

Sistema	País	No. Canales	Espaciado (kHz)
AMPS	EE.UU.	832	30
C-450	Alemania	573	10
ETACS	Reino Unido	1240	25
JTACS	Japón	800	12,5
NMT-900	Escandinavia	1999	12,5
NMT-450	Escandinavia	180	25
NTT	Japón	2400	6,25
Radlcom-2000	Francia	560	12,5
RTMS	Italia	200	25
TACS	Reino Unido	1000	125

Tabla 1.1.- Características de los principales Estándares Analógicos

En la **tabla 1.2**, se muestra un resumen de los estándares para sistemas analógicos de telefonía móvil más representativos.

AMPS	" <i>Advanced Mobile Phone System</i> ". Desarrollado por los Laboratorios BELL. Funciona en la banda de los 800 MHz.
EAMPS	" <i>Extended AMPS</i> ", (AMPS extendido). Aumenta la capacidad del AMPS y aún hoy en día continúa siendo el sistema más extendido en EE.UU. y su área de influencia.
NAMPS	" <i>Narrowband AMPS</i> ", (AMPS de banda estrecha). Desarrollado por Motorola a partir del EAMPS, siendo un sistema intermedio entre el analógico y el digital.
C-450	Sistema desarrollado en Alemania e implementado en Sudáfrica, ahora conocido por <i>Motorphone System 512</i> . Aún sigue en funcionamiento, solo en Sudáfrica por supuesto.
C-Netz	Antiguo sistema analógico que funcionaba en la banda de 450 MHz usado en Alemania y Austria.
NMT 450	" <i>Nordic Mobile Telephones</i> ", (Sistema Nórdico de Telefonía Móvil) Desarrollado por Nokia y Ericsson para entornos nórdicos, funcionaba en la banda de 450 MHz: También se implantó en España, durante los '80, con la operadora MovilLine.
NMT 900	Herederero del anterior, empleaba la banda de 900 MHz, para permitir mayor capacidad y terminales mucho más pequeños.
NMT-F	Versión francesa del anterior.
NTT	" <i>Nippon Telegraph & Telephone</i> ". Desarrollado por la empresa telefónica japonesa, ha sido el estándar analógico en aquella zona. Posteriormente apareció una versión de alta capacidad llamada <i>HICAP</i> .
RC2000	Radiocom 2000. Sistema analógico francés que entró en funcionamiento a finales de 1985.
TACS	" <i>Total Access Communications System</i> ". Se desarrolló en Inglaterra por parte de Motorola, y es muy similar al AMPS, pero operando en la banda de 900 MHz.
ITACS	" <i>International TACS</i> ". Versión mejorada del TACS con un sistema de control mejorado.
ETACS	" <i>Extended TACS</i> ". Sustituto del TACS. Actualmente MovilLine opera en España con este sistema.
JTACS	" <i>Japan TACS</i> ". Es una versión del TACS desarrollada especialmente para Japón.
IETACS	" <i>International ETACS</i> ". Una variación menor del ETACS, que aporta mas flexibilidad.
NTACS	" <i>Narrowband TACS</i> ", (TACS de banda estrecha). Triplica la capacidad del ETACS sin pérdida de calidad de la señal.

Tabla 1.2.- Estándares para sistema analógicos de Telefonía Celular

1.2.2 SISTEMAS DIGITALES

Cuando el uso de la telefonía móvil se hizo suficientemente popular debido al menor costo de los aparatos y servicios, los usuarios querían cada vez más calidad de sonido, más seguridad en la privacidad, y más capacidad de las redes.

Por otro lado, el desarrollo de la telefonía móvil está íntimamente ligado al desarrollo de la electrónica, y al adentrarse está en el campo digital, debido a sus evidentes ventajas, la telefonía también se introduce lentamente en este terreno, logrando así disminuir su complejidad y abaratar sus costos, aunque algunas operadoras se empeñen en lo contrario.

Sus principales ventajas son la mayor capacidad de las redes, comunicaciones más seguras, mayor calidad y posibilidad de incorporar nuevos servicios basados en los avances de la informática, como la transmisión de datos, mensajería de texto, mensajería de voz, conexiones a Internet, etc.

El pionero en esta tecnología digital fue el sistema europeo GSM, *Global System Mobile* (Sistema Global Móvil), lo que supuso el adelanto de la tecnología europea sobre la americana en materia de comunicaciones, y un primer paso en la estandarización internacional de sistemas móviles, con el fin de tener mercados más extensos, para poder abaratar los costos de producción, al tiempo que al cliente se le brinda la posibilidad de usar su terminal móvil fuera de las fronteras de su país, algo inimaginable hasta el momento.

En un primer momento, GSM significó *Groupe Speciale Mobile*, (Grupo Especial Móvil), pero su fulgurante expansión hizo que rápidamente estas siglas se interpretaran como *Global System for Mobile Communication*, (Sistema Global para Comunicaciones Móviles).

En 1982 se reúne la CEPT (Conferencia de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones), autoridad internacional europea en materia de comunicaciones. De esta reunión nace el acuerdo para desarrollar una red europea de comunicaciones móviles. Pero este ámbito territorial se amplió rápidamente a países de prácticamente todo el mundo, convirtiendo así a este recién nacido en el sistema de telefonía móvil más extendido del mundo, con cobertura en 120 países.

Su desarrollo se aceleró considerablemente debido a la inminente saturación de

las redes analógicas. En 1986 la Unión Europea emite una directiva por la que se reservan 2 bandas de frecuencia en los 900 MHz para su entrada en servicio, que se produjo finalmente en 1992, con una cobertura y número de usuarios muy dispar.

En 1995, el sistema comienza su funcionamiento en España, y en la mayoría de los países europeos, aunque todavía no estaban disponibles todos los servicios definidos para este estándar, que se han ido implantando y ampliando con el paso del tiempo.

Mientras tanto, los Estados Unidos responden a la expansión del GSM, con una adaptación de su antiguo AMPS, naciendo así el DAMPS, *Digital AMPS*, conocido como el estándar IS-54B que implanta la tecnología digital aprovechando las redes analógicas previas. Sin embargo, al no ser ésta una tecnología totalmente digital, no presta todos los servicios disponibles en el GSM, lo que ha provocado que finalmente el GSM se haya asentado en EEUU como PCS, *Personal Communications System* (Sistema Personal de Comunicaciones), una variación del GSM, que opera en la banda de los 1900 Mhz. La gran aceptación del GSM, ha provocado la aparición de una variante de este, capaz de soportar las enormes cantidades de usuarios actuales, y que se distingue de éste y del PCS por operar en la banda de 1800 MHz.

En EEUU se continúa desarrollando un nuevo sistema totalmente digital, llamado CDMA, *Code Division Multiple Access* (Acceso Múltiple por División de Códigos) que opera sobre las redes existentes, sean AMPS o PCS.

Mención aparte merece Japón, usuario de los sistemas AMPS y TACS, que desarrolla su propio sistema digital, el PHS, *Personal Handy-phone System* (Sistema Personal de Telefonía Portátil), adaptación del DECT, *Digital European Cordless Telephony* (Sistema Europeo Digital de Telefonía Inalámbrica), conocido en estos lares por su uso en sistemas inalámbricos, sobre todo de ámbito doméstico. Este sistema aporta una enorme capacidad para usuarios y pequeñas áreas de cobertura, ideal para el superpoblado país japonés.

En la **tabla 1.3**¹, se ilustra las características técnicas de los estándares analógicos y digitales de telefonía móvil.

En la **tabla 1.4**¹, se presenta un cuadro comparativo de las prestaciones de los estándares analógicos y digitales de telefonía móvil.

En el **anexo 1**, se presenta los diferentes estándares de la recomendación IS-136 para las distintas características de la telefonía móvil celular.

Parámetro	Celular Analógico	CT2	DECT	GSM	PCS
Tecnología	Analógico	Digital	Digital	Digital	Digital
Bandas de Frecuencia	200/400/800 MHz	900 MHz 1,7-2,3 GHz	1.8 GHz	900 MHz	1.8 GHz
Formas de comunicación	Dos sentidos	Un sentido TPD. Dos sentidos	Dos sentidos TPD	Dos sentidos	Dos sentidos
Movilidad	Total	Acceso móvil	Acceso móvil	Total	Total
Acceso múltiple	FDMA	FDMA	TDMA	TDMA	TDMA
Asignación del canal	Fija	Fija	Dinámica	Fija	Fija
Modulación	FM	FM filtrado incoherente	FM filtrado incoherente	QPSK	QPSK
Transmisión de datos	Limitada	Sí	Sí	Sí	Sí
Control de canal	Central	Terminal	Terminal	Central	Central
Control de traspaso a otra celda	Central	Central	Terminal	Central	Central
Máximo Alcance	35 Km	200 m	200 m	35 Km	7 Km
Canales de usuario máximo por operador	69	40	120	72x2 (factor de reuso 7 para dos operadores)	72x2 (factor de reuso 7 para 2 operadores)
Máxima densidad de tráfico (E/MHz/KM2)	5 (1 Km. De alcance)	50	500	40 (500 m. de alcance)	160 (250 m. de alcance)
Peso específico del terminal (gr)	N.A. ²	180	200	600	400
Potencia de salida	0,6 a 3 W	N.A. ²	0,08 W.	0,8-20 W.	0,15-1W.

Tabla 1.3.- Características Técnicas de los Estándares de Telefonía Móvil (Analógica y Digital)

1 <http://info.telecom-co.net/unidadtrans/gruposint/pcs/temas/tutorial/standares.htm>

2 Dato no disponible

Parámetro	Celular analógico	CT2	DECT	GSM	PCS
Facilidades de usuario, nivel red	Dos sentidos. Deriva llamada. Bloquea llamada	Un sentido. Activación manual recepción	Un sentido. Activación manual recepción. Traspaso de celdas.	Dos sentidos. Servicios suplementarios. Datos	Dos sentidos. Servicios suplementarios. Mensajes cortos
Facilidades de usuario, nivel terminal	Manos libres. Directorio alfanumérico	Directorio alfanumérico. Teléfono de bolsillo	Voz y Datos. Conexión RDSI	Manos libres. Directorio alfanumérico. Mensajería	Optimizando para portátil y bolsillo
Confidencialidad	No	Sí	Sí	Sí	Sí
Apropiado para	Alta densidad de usuarios	Baja densidad de usuarios	Interior alta densidad de usuarios. Servicios de datos avanzados, como personales avanzados	Exterior. Condiciones hostiles. Alta velocidad	Muy alta densidad de usuarios, como personales avanzados
Eficacia	Eficaz en frecuencia. Calidad media en zonas de propagación irregular	Calidad baja en áreas de propagación irregular	Alta penetrabilidad	Muy eficaz en frecuencia	Muy eficaz en frecuencia
Precio relativo del terminal	Medio	Bajo	Muy bajo	Medio	Medio
Precio relativo del servicio	Medio	Bajo	Muy bajo	Medio	Medio
Fecha de introducción	1982/85	1991/92	1993/94	1991/1992	1992/93

Tabla 1.4.- Prestaciones de los Estándares de Telefonía Móvil (Analógica y Digital)

1.3 ESTRUCTURA DE UNA RED DE COMUNICACIONES DE TELEFONÍA CELULAR

Las redes celulares móviles actuales están compuestas de tres componentes principales como se indica en la **figura 1.1**:

- Estaciones de Radio Base (RBS), *Radio Base Station*,
- Centro de Conmutación de Servicios Móviles (MSC). *Mobile Switching Center*, y;
- Estaciones Móviles (MS), *Mobile Station*.

La interfaz a la red pública telefónica PSTN, *Public Switching Telephone Network*,

se realiza a nivel de una central de conmutación local, de tránsito o bien un gateway internacional (Central de Tránsito Internacional). El MSC también conecta la Red Telefónica Pública Conmutada a las estaciones base y conmuta el tráfico entre las diferentes celdas.

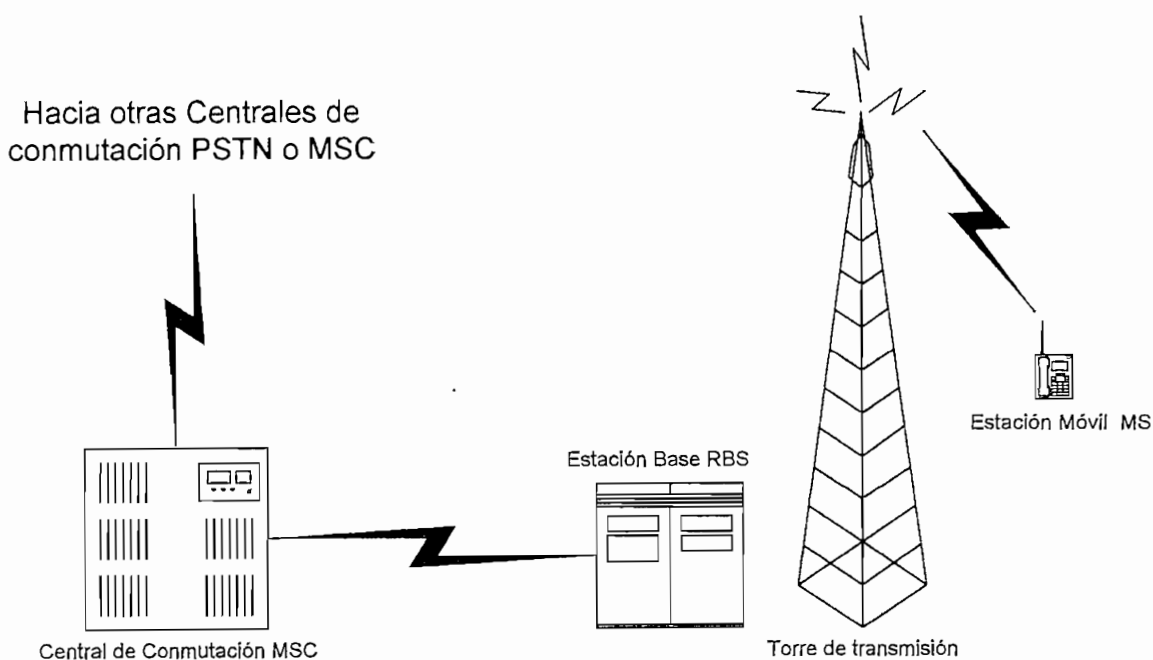


Figura 1.1.- Estructura de una red de comunicaciones celulares

1.3.1 ESTACIÓN DE RADIO BASE (RBS)

La estación base agrupa el equipamiento específico de la tecnología celular. La Estación Base está en contacto directo con las estaciones móviles a través de la interfaz de radio. Por lo tanto, incluye los equipos encargados de la transmisión y recepción de radio, y de su gestión. Por otro lado, está en contacto con la central de conmutación. La misión de una estación base se puede resumir en conectar la estación móvil con la central de conmutación, y por lo tanto, conecta al usuario del móvil con otros usuarios. La estación base tiene que ser controlada, y por tanto

debe estar en contacto con la central de conmutación.

Una estación base típica de la primera generación consistía de armarios (de 2 m de alto y 80 cm de ancho) conteniendo todos los dispositivos electrónicos para las funciones de transmisión y recepción. Las antenas tienen generalmente unas pocas decenas de metros, y los armarios se conectan a ellas por medio de cables de conexión. Una BS de este tipo era capaz de mantener simultáneamente 3 ó 5 portadoras de radio, permitiendo entre 20 y 40 comunicaciones simultáneas.

La definición del "tipo de celda" corresponde básicamente a la configuración del sistema de antenas en una estación base, es decir, si una estación de radio base esta equipada con antenas omni directivas (patrón de radiación corresponde a un ángulo de 360°), entonces se tiene una celda omni direccional cuya área de cobertura corresponde a un círculo en cuyo centro se encuentra la estación base, el mismo que esta relacionado con el patrón de radiación de la respectiva antena, en la **figura 1.2³**, se indica el patrón de radiación una antena omni direccional.

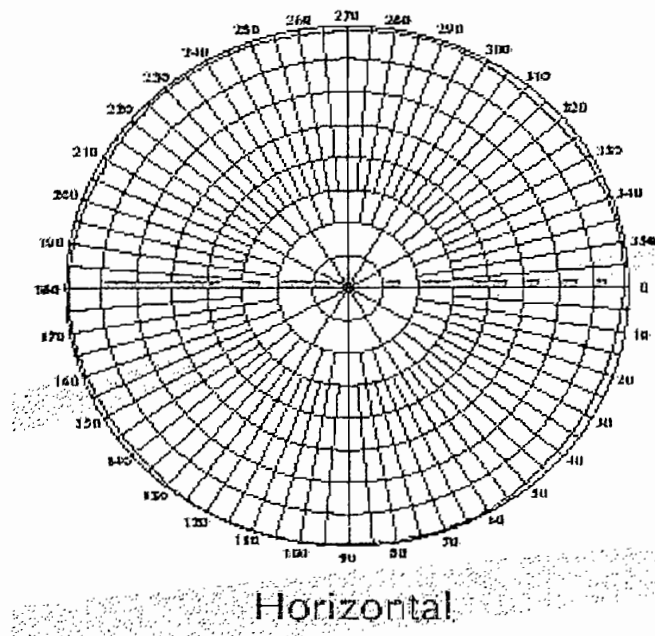


Figura 1.2.- Patrón de radiación en el plano horizontal de una antena omni direccional

3 Tomado de WWW.Antelink.com y corresponde al tipo de antena BCD 8243.

Conforme se requiera ampliar la capacidad de una estación base, el proceso en definitiva es sectorizar a la celda, es decir; en vez de utilizar antenas directivas, se opta por el uso de antenas sectorizadas lo que permite disponer de hasta tres celdas (estaciones base) en un solo sitio, los lóbulos o patrones de radiación de las antenas sectorizadas varían desde los 90° hasta los 120°. El empleo de uno u otro tipo de antenas sectorizadas depende de los requerimientos de la red celular, tanto para proveer una mejor cobertura o mayor penetración en zonas difíciles de llegar con otro tipo de antenas.

Una celda sectorizada esta conformada por tres estaciones base, cada una equipada con antenas sectorizadas. En la **figura 1.3⁴** se indica el patrón de radiación de una antena sectorizada.

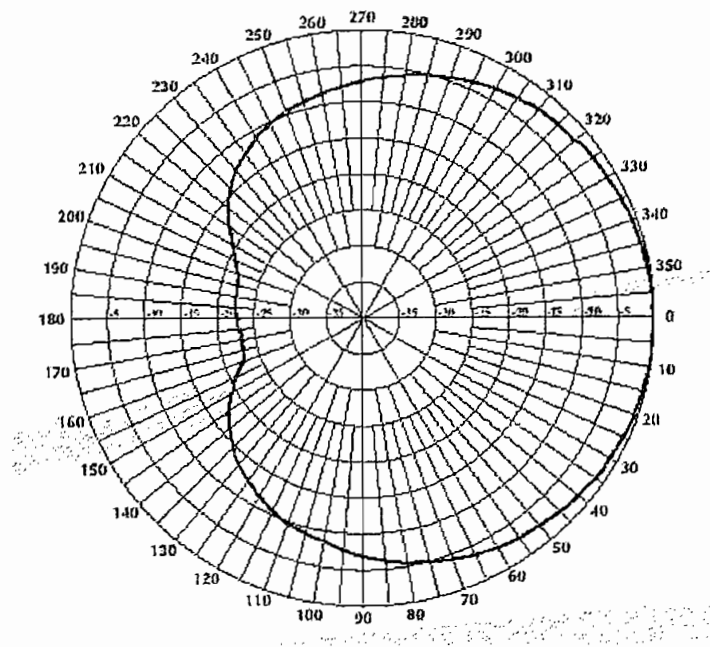


Figura 1.3.- Patrón de radiación en el plano horizontal de una antena sectorizada

En conclusión, en la **figura 1.4**, se muestra el patrón de radiación de una celda o estación base sectorizada cuya área de cobertura es similar al de una celda omni direccional, pero en capacidad en cambio es tres veces mayor, para efectos de

4 Tomado de WWW.Antelink.com y corresponde al tipo de antena RWA 8006.

estudio una celda sectorizada se relaciona con la figura de un hexágono.

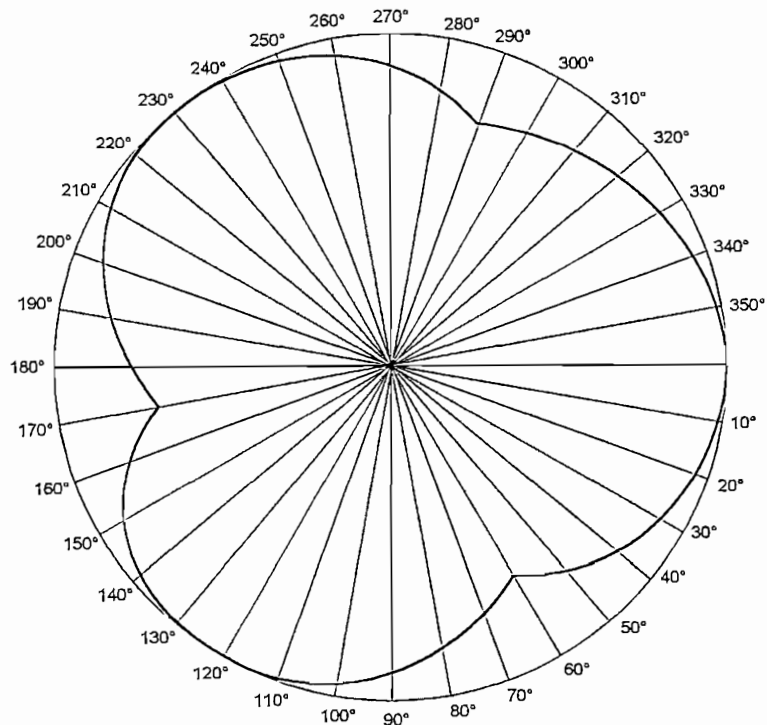


Figura 1.4.- Patrón de radiación de una celda sectorizada

1.3.2 CENTRAL DE CONMUTACIÓN

La central de conmutación incluye las principales funciones de conmutación, así como: las bases de datos de abonados necesarias para la gestión de la movilidad. La función principal de la central de conmutación es gestionar las comunicaciones entre los usuarios de diferentes redes de telecomunicaciones. En la **figura 1.5** se indica la estructura básica de una central de conmutación de servicios móviles

Dentro de esta central de conmutación, las funciones básicas de conmutación están realizadas por el MSC (Centro de Conmutación de servicios Móviles), cuya misión principal es coordinar el establecimiento de llamadas hacia y desde los usuarios.

El MSC a través de las interfaces AMPS-TDMA y CDMA, está en contacto con las estaciones de Radio Base BS (Base Station), por un lado (a través de las cuales se comunica con las estaciones móviles), y con la interfaz PSTN con redes externas por el otro.

A través de la interfaz CDPD, *Cellular Data Packet Digital* (Datos de Paquete de Celular Digital), soporta varias técnicas de acceso múltiple de datos.

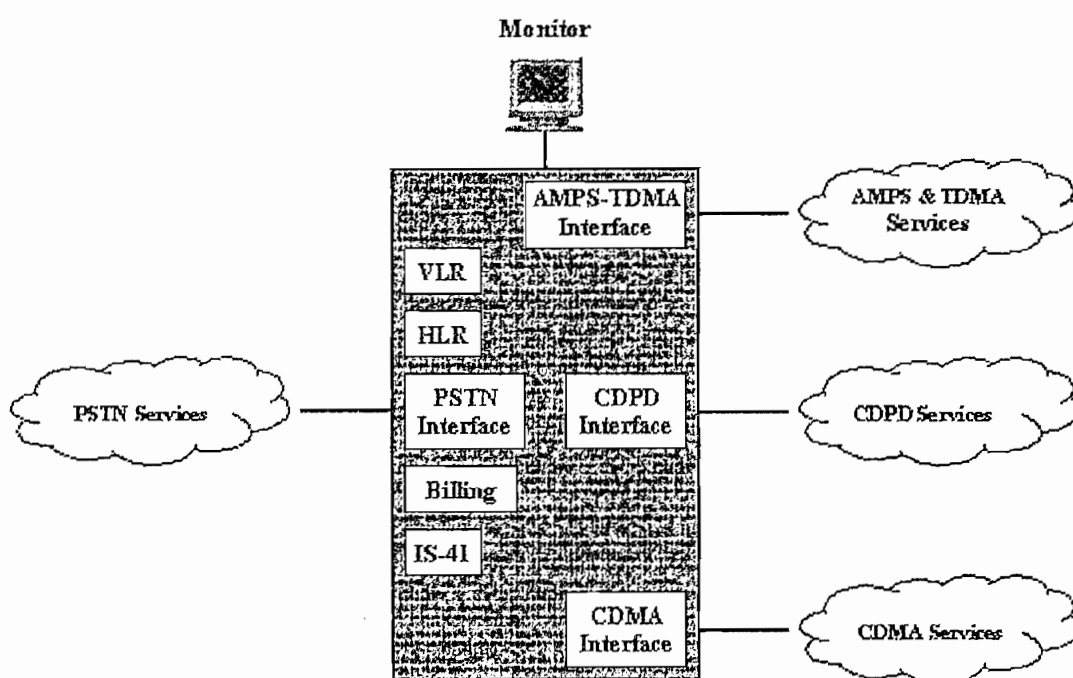


Figura 1.5.- Estructura de una Central de Conmutación de Servicios Móviles

La central, por medio de la interfaz IS-41, también necesita conectarse a las redes externas para hacer uso de su capacidad de transportar datos o señalización. En particular, en las centrales actuales se hace uso de señalización parcialmente CCITT No. 7 (que usualmente se conoce como la red SS7); esta red de señalización habilita el trabajo interactivo entre centrales de varias redes.

Un MSC incluye cerca de media docena de armarios de conmutación y bases de datos. La información del abonado relativa al suministro de los servicios de telecomunicación está situada en el Registro de Posiciones Base HLR (*Home*

Location Register), independientemente de la posición actual del abonado. El HLR también incluye alguna información relacionada con la posición actual del abonado. Un HLR es típicamente una computadora independiente, sin capacidad de conmutación, y capaz de manejar datos de cientos a miles de abonados.

Una subdivisión funcional del HLR es el Centro de Autenticación AuC (*Authentication Center*), cuya función se limita a la gestión de la seguridad de los datos de los abonados.

La segunda base de datos es el VLR (Registro de Posiciones Visitado), asociado a uno o más MSC's, y encargado del almacenamiento temporal de los datos de aquellos abonados situados en el área de servicio del correspondiente MSC, su función es mantener los datos de su posición de una forma más precisa que el MSC.

En conclusión, las principales funciones de la central son:

- Realiza el enlace entre la red telefónica fija y la red celular
- Realiza la comunicación con otros sistemas celulares
- Tiene el control sobre las estaciones base
- Realiza la supervisión y control de las llamadas
- Enlaza varias estaciones base al sistema
- Realiza la supervisión del estado del sistema
- Realiza la conmutación y handoff⁵ entre las celdas del sistema
- Administración del sistema

⁵ Handoff, término inglés utilizado para definir el traspaso de un móvil de una celda hacia otra. Este término por su uso común se lo utilizara a menudo en este trabajo.

1.3.3 ESTACIÓN MÓVIL

La estación móvil representa normalmente la única parte del sistema completo que el usuario ve. Existen estaciones móviles de muchos tipos como las montadas en vehículos, y los equipos portátiles, pero quizás las más desarrolladas sean los terminales de mano. La estación móvil fundamentalmente se compone de tres módulos principales, Módulo de RF (Radio Frecuencia), Módulo de AF (Audio Frecuencia) y el Módulo Lógico de control, como se indica en la **figura 1.6**.

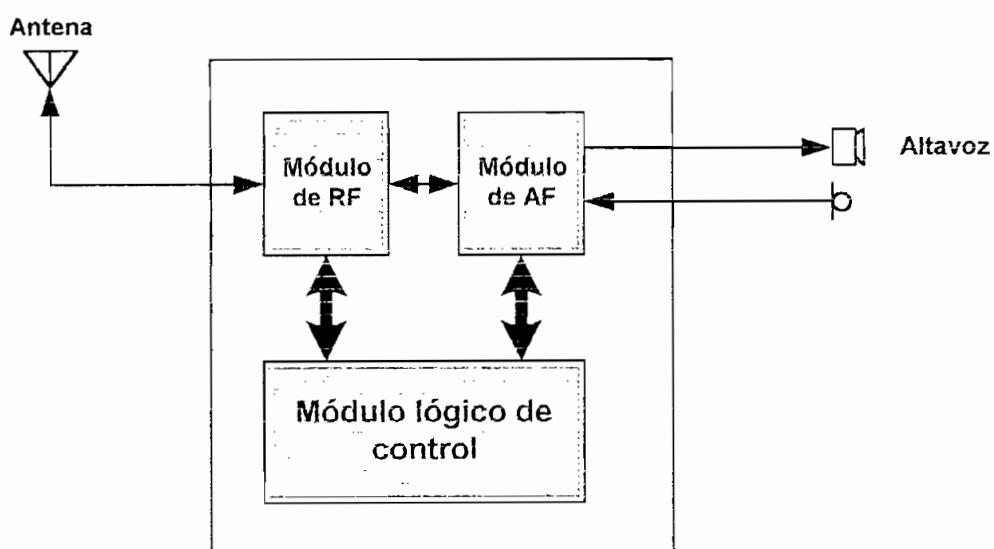


Figura 1.6.- Estructura básica de una estación móvil

Una estación móvil además de permitir el acceso a la red a través de la interfaz de radio con funciones de procesado de señales y de radio frecuencia; cuya estructura del módulo de RF se indica en la **figura 1.7**, debe ofrecer también una interfaz al usuario humano (un micrófono, altavoz, display (pantalla para visualizar la información) y tarjeta (para el acceso al servicio celular), para la gestión de las llamadas de voz); en la **figura 1.8** se indica la estructura del módulo de AF, y/o una interfaz para otro tipo de equipos (ordenador personal, o máquina facsímil o fax); en la **figura 1.9** se indica la estructura del módulo lógico de control.

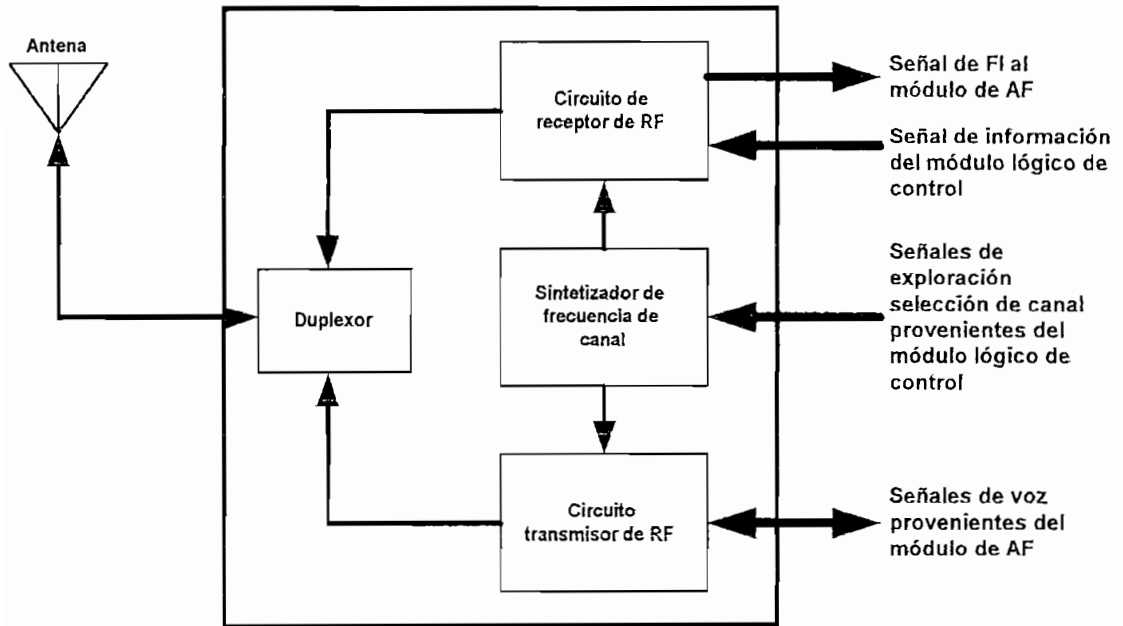


Figura 1.7.- Módulo de RF de una Estación Móvil

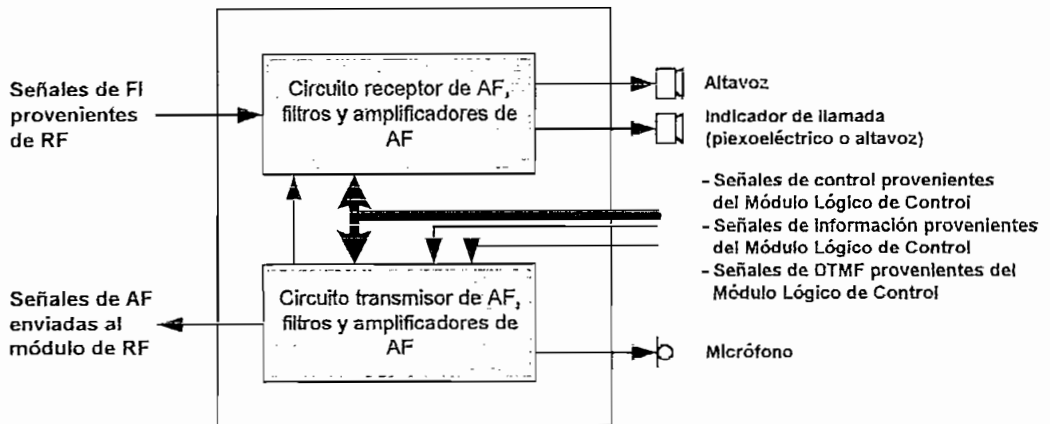


Figura 1.8.- Módulo de AF de una Estación Móvil

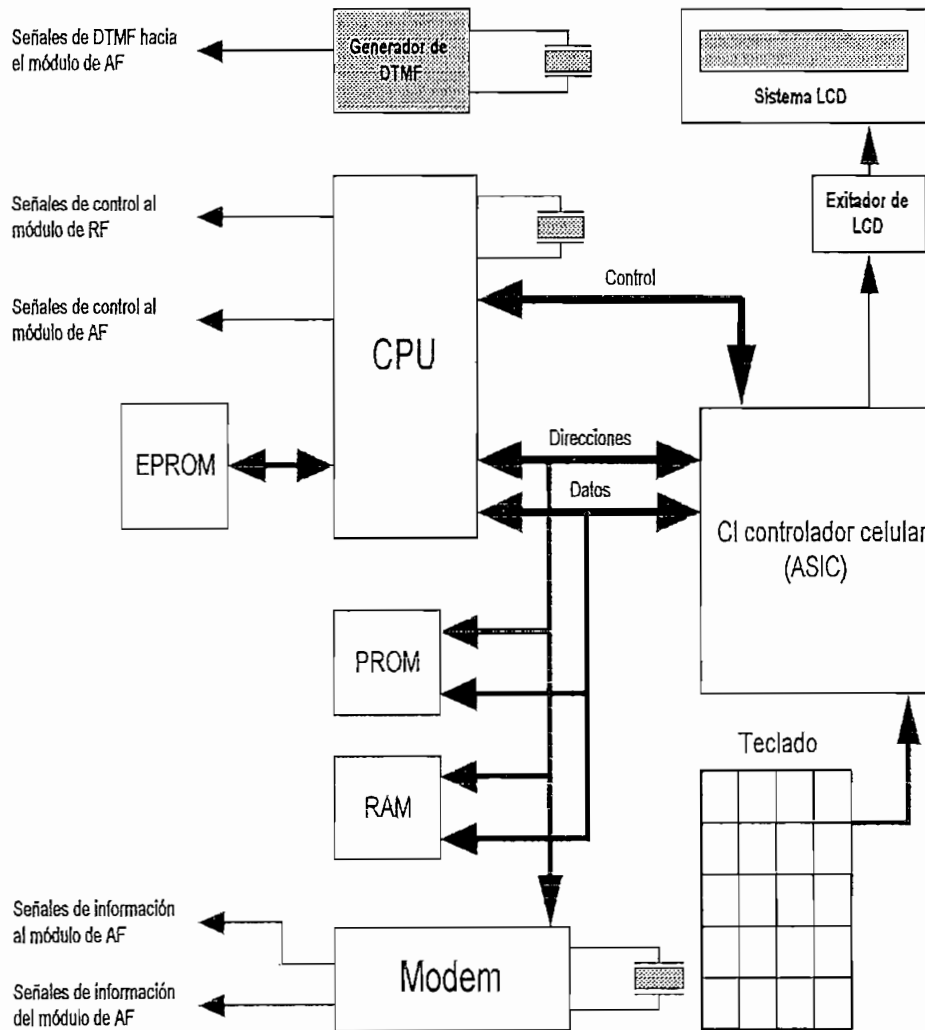


Figura 1.9.- Estructura del Módulo Lógico y Control de una Estación Móvil

Otra parte dentro de la estación móvil es el Módulo de Identificación del Abonado SIM (*Suscriber Identity Module*), que es un nombre muy restrictivo para las diversas funciones que éste permite. El SIM es básicamente una tarjeta, que sigue las normas ISO y que contiene toda la información relacionada con el abonado almacenada en la parte del usuario de la interfaz de radio. Sus funciones, además de la capacidad de almacenar información, están relacionadas con el área de la confidencialidad.

1.4 CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DE UNA ESTACIÓN BASE

1.4.1 CONFIGURACIÓN DE UNA ESTACIÓN BASE

En la figura 1.10, se indica la configuración de una Estación de Radio Base la misma que esta constituida por los siguientes elementos:

- Torre y conjunto de antenas celulares.
- Circuitos de Tx/Rx, Transmisión/Recepción de Radio Frecuencia (RF).
- Circuitos de Control, señalización y alarma.
- Sistema de Fuerza.
- Sistema de Transmisión.

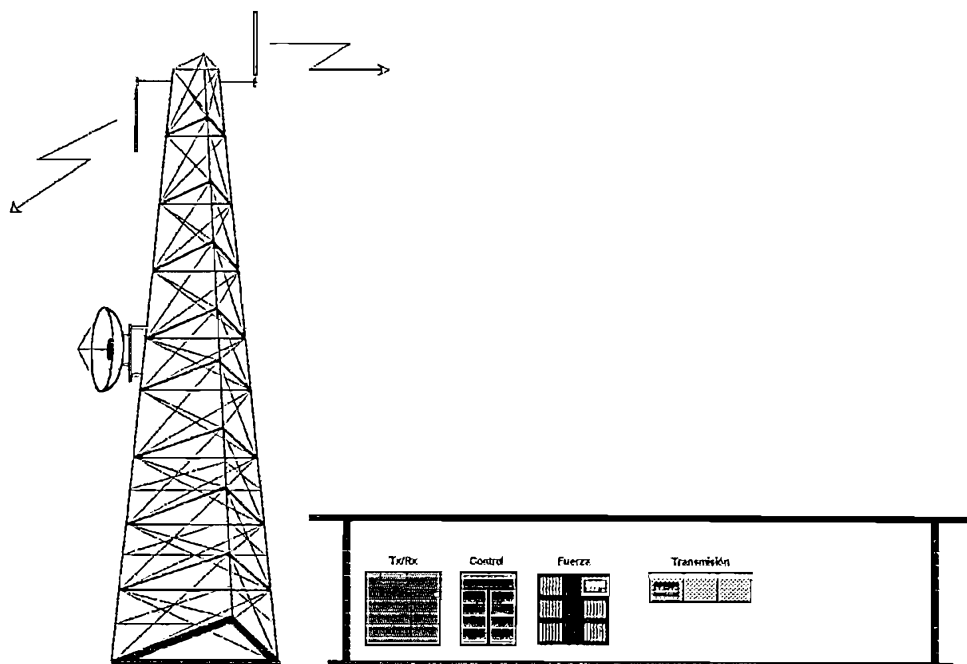


Figura 1.10.- Configuración de una Estación de Radio Base

La estación base esta conectada a la central de conmutación a través del sistema de transmisión que puede ser el sistema de radio microondas, fibra óptica o enlaces vía satélite, y maneja la radio comunicación con los móviles, funciona principalmente como una estación de relevo para señales de datos y voz, además supervisa la calidad de la transmisión durante la llamada en progreso por medio del tono de supervisión de Audio (SAT) *Supervision Audio Tone*, y la medición de intensidad de señal recibida desde las estaciones móviles. En las estaciones base actuales los sistemas de Transmisión - Recepción (Tx/Rx) y de Control vienen en un solo conjunto.

1.4.1.1 Torre y Antenas

La torre es parte de la infraestructura en una estación base, y es el soporte del conjunto de antenas ya sea del sistema celular como de sistema de transmisión de microondas.

El grupo de antenas se refiere al sistema celular, objeto de este trabajo, en cambio la referencia a la antena de microondas es parte del diseño del sistema de transmisiones propiamente dicho. La antena celular es un dispositivo de procesamiento de señales que transmiten y reciben señales electromagnéticas al mismo tiempo. Hay dos categorías principales:

- Antenas pasivas, y
- Antenas activas.

El patrón de radiación de una antena pasiva depende del tipo de antena y de su construcción ya que el patrón de radiación no se fija hasta después de construir el dispositivo. Sin embargo, el patrón de radiación se puede manipular mecánicamente hasta cierto grado con la inclinación mecánica (*mechanical Downtilt*), que es un método muy utilizado para manipular y controlar la radiación de señales dentro de una celda.

El patrón de radiación de una antena activa depende del tipo de antena, construcción y de la estructura eléctrica interna de la antena. Generalmente se utilizan técnicas para generar el patrón de radiación deseado. De esta manera, la mayor parte de la energía se puede transmitir hacia cierta dirección.

Hay dos tipos generales de patrón de radiación:

- Omni direccional (en todas direcciones).
- Direccional (en cierta dirección).

Los parámetros de las antenas celulares más importantes se describen detalladamente en el **capítulo 2⁶**.

1.4.1.2 Circuitos de Transmisión y Recepción de Señales de RF

El grupo de circuitos de transmisión y recepción esta constituido por varios radios transceptores, un radio Tx/Rx por canal full duplex. El número de radios por celda es 48 según el estándar de AMPS de los cuales uno se define como canal de control. Cada radio AMPS (servicio analógico) da servicio a un usuario a la vez, y cada radio TDMA (*Time Division Multiplex Acces*) modo digital, en cambio da servicio a tres usuarios. En la **figura 1.11**, se indica la estructura de operación de los canales.

La estación base recibe la señal del flujo E1 (2Mb/s para estándar europeo) ó T1 (1.544Mb/s para el estándar americano), a través de la unidad multiplexora y demultiplexora, ésta señal es convertida del código HDB3 al código NRZ + CLK, posteriormente entra al radio Tx para ser modulada y amplificada. Todas estas señales de radio (de Tx) son combinadas, antes de ser transmitidas hacia la antena a través del duplexor (dispositivo opcional).

6 Ver el **Capítulo 2**, Conjunto de antenas y guías de onda en la estación base.

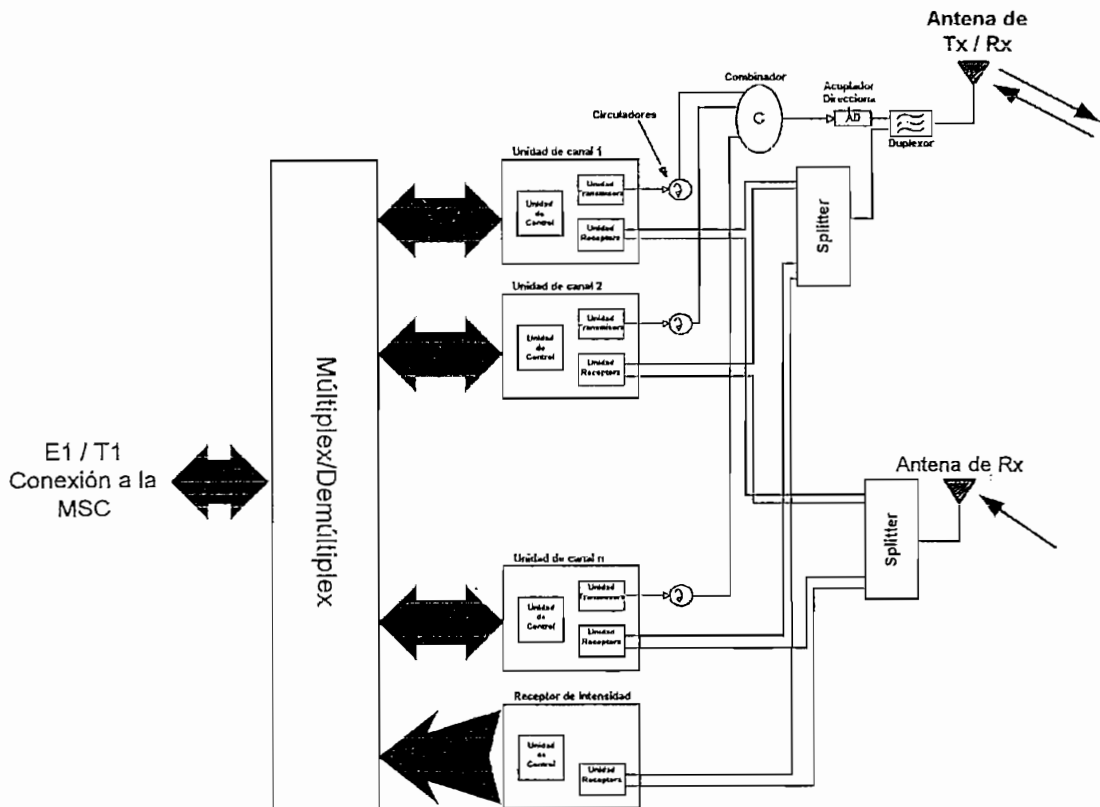


Figura 1.11.- Estructura del Circuito de Transmisión - Recepción

El fin del duplexor es permitir que la señal de recepción ingrese por la misma antena de transmisión. En el receptor las señales recibidas son filtradas a través de un filtro pasa - banda en el duplexor y alimentadas a los radios adecuados (los receptores) a través del splitter (divisor de potencia o separador) formado por varios filtros pasa - banda. Las funciones del splitter son:

- Amplificar las señales recibidas
- Filtrar y separar las señales Rx.
- Separarlas en el número correspondiente de señales (cantidad de radio - receptores).

Un sistema receptor idéntico, que proporciona diversidad espacio, recupera las mismas señales. Las dos señales recibidas son comparadas y se utiliza la más fuerte.

1.4.1.3 Sistema de Fuerza

El sistema de fuerza es la parte de conversión de energía alterna a energía continua necesaria para la alimentación a los equipos de la estación base, debidamente respaldada por bancos de baterías y generación propia en casos de falta de energía pública.

1.4.1.4 Sistema de Transmisiones

Constituye el enlace de datos entre la estación base y la central de conmutación, el transporte de datos puede ser vía microonda, fibra óptica u otros medios.

De los elementos más importantes de la estación base en el desempeño de la red celular que requieren especial atención son los canales de radio, que se estudia a continuación.

1.4.2 CANALES DE RADIO

El canal de radio esta compuesto de la unidad transmisora, unidad receptora y una unidad de control, el canal de radio es la trayectoria desde la estación base hacia la estación móvil, a través de un par de frecuencias denominadas frecuencia ascendente (*uplink*) y frecuencia descendente (*downlink*) separadas entre ellas 45 Mhz para el estándar AMPS.

Por cada celda existe un canal de control y varios canales de voz dependiendo del estándar y la configuración de la capacidad de la celda.

1.4.2.1 Canal de Control Analógico

La estructura de la trama del canal de control analógico está compuesta de un

canal de control hacia delante FOCC (*Forward Control Channel*) y de un canal de control en reversa RECC (*Reverse Control Channel*). El FOCC es la transmisión del canal de control desde la estación base hacia la estación móvil, y el RECC es en sentido contrario. Las características de la trama del canal de control son:

- Los canales FOCC y RECC están separados en 45MHz entre ellos.
- El FOCC esta codificado con el código BCH (40, 28, 5) y modulado con FSK.
- El RECC esta codificado con el código BCH (48,36,5).
- Velocidad de transmisión 10Kb/s.
- La modulación FSK con desviación de $\pm 8\text{kHz}$ es para representar un 0 ó un 1, indicación de ocupado - desocupado para el acceso de las estaciones móviles.

El código BCH (*Bose-Chauduri-Hocquenghem*) es una generalización del código Hamming que pertenece a los códigos cíclicos para corrección de errores, en telefonía celular el código BCH ayuda a corregir errores en la unidad móvil FOCC así como en la estación base RECC.

El código BCH (40,28,5) indica que la longitud de la palabra es de 40 bits, de los cuales 28 son bits de información, $40 - 28 = 12$ bits de paridad, 5 bits de distancia hamming, esto indica que se detectan 2 bits de errores y se puede corregir 1 bit.

La información que se transmite por el FOCC es:

- Mensajes de control a la estación móvil; como el "voceo" que es una llamada a la estación móvil para registro, designación de canal de voz, y reintento direccionado.
- Mensajes de encabezado; como identificación del sistema, identificación del área de servicio, etc.

La información que se transmite por el RECC es:

- Respuesta al voceo (orden de confirmación que emite la estación base a los móviles).
- Acceso desde la estación móvil.
- Orden de confirmación (al voceo).

1.4.2.2 Estructura de la trama TDMA para canales Digitales

El estándar TDMA (IS-54), trabaja en la misma banda de frecuencia que el AMPS.

Una de las diferencias entre TDMA y AMPS es el equipo utilizado ya que en TDMA cada canal se digitaliza con una frecuencia de muestreo de 8KHz y así se obtienen 64Kbps de datos de PCM (*Pulse Codific Modulation*)

Estos datos de PCM se comprimen con un vocoder (codificador de voz) hasta 16.2kbps, después se les aplica un proceso llamado "interleaving" (en el proceso de entrelazar los bits o tramas), y posteriormente se codifican utilizando un codificador convolucional de media velocidad. Finalmente los datos son modulados en $\pi/4$ -DQPSK (*Differentially Encoded Quadrature Phase Shift Keying*).

El proceso de "interleaving" cuyo significado más apropiado en español es "muestreo entrelazado", significa que la transmisión se hace con una estructura de trama de 40ms (1944 bits), dividida en 6 slots (intervalos) de tiempo de 6.66ms cada una. A cada móvil se le asignan dos slots de tiempo como se indica en la **figura 1.12**. Así, para el móvil 1 se asignan los slots 1 y 4, para el móvil 2 los slots 2 y 5 y para el móvil 3 los slots 3 y 6, este proceso alterno de asignación de los slots de tiempo se denomina proceso interleaving.

En una trama TDMA, hay seis slots de tiempo correspondiendo a dos slots por cada uno de las tres estaciones móviles digitales.

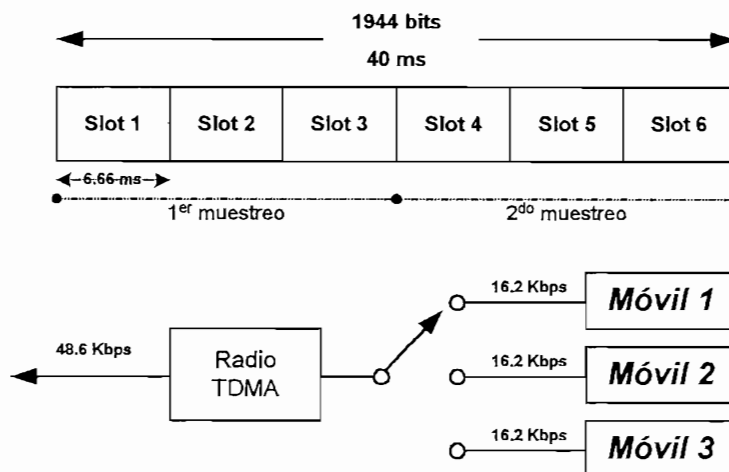


Figura 1.12 Muestreo secuencial de la trama TDMA

La sincronización de los móviles se realiza desde la central de conmutación a través de la estación base. En el receptor la señal es demodulada ($\pi/4$ -DQPSK), después se decodifica con el decodificador de Viterbi y posteriormente se le aplica el proceso opuesto de "interleaving" (*deinterleaved*). Finalmente los datos se recuperan con un "vocoder" y se les aplica la conversión D/A (Digital – analógica).

En la **figura 1.13**, se muestra la estructura de la trama que se transmite desde la estación base a la estación móvil y viceversa.

Cada slot por usuario tiene 324 bits y se transmiten cada 6.66 ms, cada slot esta configurado con los siguientes bits:

- Bit G, tiempo de guarda; utilizado por lo móviles para evitar colisiones.
- Bit R, bit de temporización usado para incrementar o decrementar la potencia de RF.
- Bit Datos; transporta información comprimida del usuario.
- Bit Synch; utilizados para sincronismo de los slot entre la estación base y los móviles.
- Bit Facch; Bits "fast" asociados al canal de control para:
 - Señalización entre la estación base y el móvil.
 - Envío de datos durante el proceso de handoff.

- Verificación de la calidad de voz durante este proceso.
- Bits codificados código convolucional $\frac{1}{2}$.
- Bit Sacch; Bits "slow" asociados al canal de control para:
 - Señalización entre la estación base y el móvil
 - Envío de indicación de reconocimiento canal
 - Bits codificados código convolucional $\frac{1}{2}$
- Bit Cdvcc; este campo esta compuesto de 12 bits y esta presente tanto en la trama directa como la reversa, y se utiliza para verificar la continuidad del enlace directo y reverso durante la comunicación. Este proceso de continuidad es similar al sistema AMPS a través del SAT, en el digital se utiliza para la verificación del código de color utilizado en celdas digitales para la identificación en el proceso de hand off digital.
- Bit Rsv; Bits de uso reservado para futuras aplicaciones.

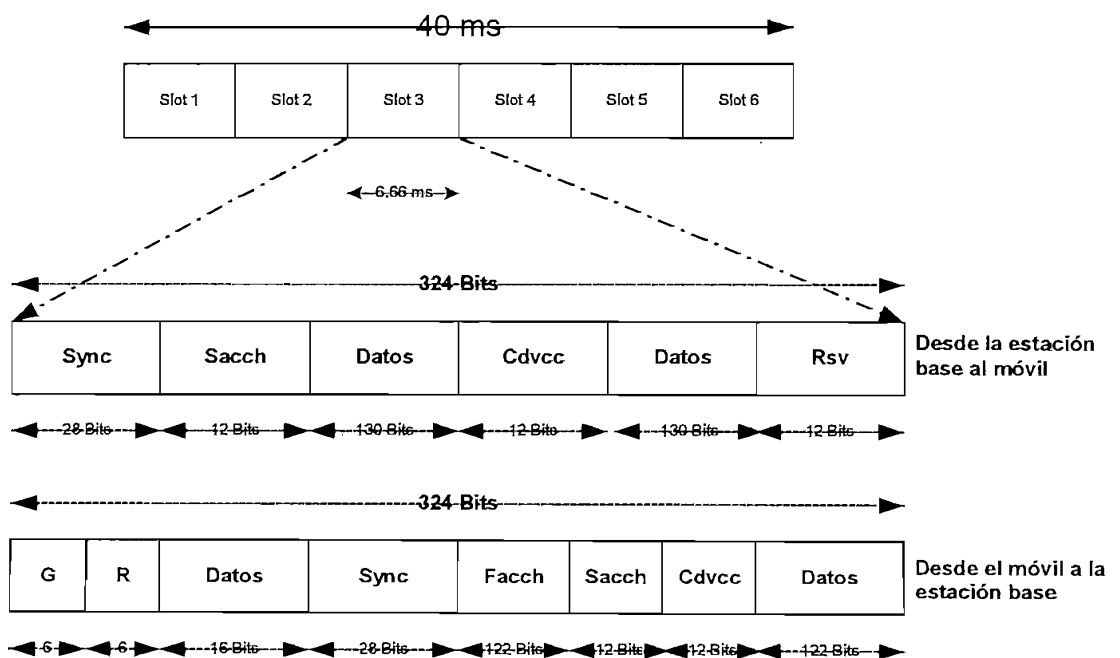


Figura 1.13.- Estructura de la trama TDMA

1.4.2.3 Canal de voz analógico

La central de conmutación es la que asigna el canal para la llamada. La administración de los canales está a cargo de la central, la que supervisa el estado del dispositivo para la asignación de una llamada. En la estación base se utiliza un transceptor (conjunto formado por un transmisor y receptor) por canal analógico, cada canal soporta una conversación a la vez. A parte de la voz simultáneamente se agrega información de:

- Transmisión de datos referente al canal de voz, para realizar el proceso de handoff.
- Tono de supervisión de audio, para medir los niveles de recepción.
- Señalización.

1.4.2.3.1 Transmisión de datos por el canal de voz

Los mensajes de datos que se transmiten por el canal de voz FVC (*Forward voice channel*) desde la estación base es información de:

- Mensaje de Orden, para el incremento o decremento de la potencia de salida del móvil, o mensaje de liberación de llamada.
- Mensaje de designación de canal de voz durante el handoff, este mensaje indica a la estación móvil que se conmute al nuevo canal asignado para el efecto. Durante el handoff el canal de voz momentáneamente se convierte en canal de control modulado en FSK (*Fase Shifting Keying*), durante 200 ms, tiempo en que el usuario no puede transmitir pero es necesario para el envío de información del handoff.

El significado de "handoff" es el proceso de transferir una llamada de una celda a otra. Por la facilidad de su uso, este término se utilizará comúnmente en todo este trabajo.

La transmisión de datos desde la estación móvil a la estación base se realiza por el RVC (*Reverse Voice channel*), y es:

- Confirmación de orden, en la asignación de un nuevo canal de voz durante el handoff.

1.4.2.3.2 Tono de supervisión de audio SAT

El tono de supervisión de audio (SAT) se transmite sobre el canal de voz, FVC y se envía continuamente desde la estación base durante la conversación y se transmite de regreso a la estación base, sirve para la supervisión de la calidad de transmisión.

Una de las funciones del SAT es indicar la continuidad de la conversación. La pérdida del SAT indica que la llamada ha terminado o se ha realizado el proceso de handoff.

Existen tres frecuencias utilizadas para el SAT (5970, 6000, 6030 Hz). Cada una de las frecuencias de SAT es asignada en un cluster (es un grupo específico de celdas), de tal manera que el mismo SAT no sea utilizado con el mismo grupo de canales.

Cada estación base tiene asignado un tono de SAT que es re utilizado por otra celda. Otra manera es asignar en todo un cluster de celdas el mismo tono de SAT y en el cluster vecino se asigna un tono diferente de SAT. En la **figura 1.14**, se tiene tres clusters cada uno de 7 celdas según el patrón 7/21 (7celdas, 21 frecuencias)⁷, en él se indica la asignación de los respectivos tonos de SAT posibles.

⁷ La asignación de celdas para el patrón 7/21 se analizará en el **capítulo 2**.

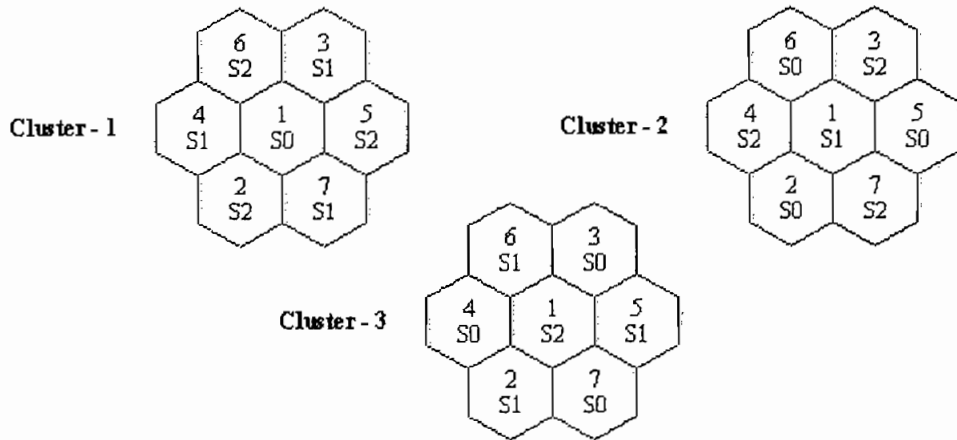


Figura 1.14.- Asignación de SAT en un cluster

Así; en el cluster 1, la celda 1 tiene asignado el SAT S0, la celda 2 el SAT S2 y así sucesivamente.

1.4.2.3.3 Tono de señalización ST (Supervision Tone)

El tono de señalización de 10 Khz es transmitido por el móvil a través del canal de voz RVC como reconocimiento de algunos comandos recibidos de la celda, un tono de 50 ms indica un reconocimiento de handoff, finalmente el ST es similar al tono de supervisión usado en redes de telefonía convencional como señalización de línea (timbrado).

1.4.2.4 Supervisión de llamada y proceso de handoff

Durante una llamada el canal de voz activo es medido por un receptor de intensidad ubicado en la estación base, la función de este circuito es tomar muestras de la intensidad de señal recibida desde el móvil. Después de un cierto número de muestras, éstas son enviadas a la central de conmutación (nivel de intensidad de señal y el SAT). Cada celda está equipada con un receptor de intensidad, en estaciones base sectorizadas con tres celdas se tienen tres

receptores de intensidad.

1.4.2.4.1 Relación S/N (señal/ruido) del SAT (Supervision Audio Tone)

Como se indicó anteriormente, el SAT es continuamente transmitido por la unidad de canal de la estación base, recibido por la estación móvil y le envía de regreso a la estación base, con ello se evalúa el nivel de ruido tomado de la trayectoria de radio.

El valor de la relación S/N (*Signal to Noise*) del SAT es comparado con los parámetros asignados en la central, tomando como referencia a la **figura 1.15**, se tiene los siguientes casos:

- Sí el valor de la relación S/N está por debajo del umbral SNH (relación señal –ruido para petición de handoff) se solicita el handoff.
- En caso que este handoff no se ejecute, la calidad de voz se degrada hasta alcanzar el umbral SNR (relación señal - ruido para la liberación de llamada) donde la comunicación se libera. Este corte de comunicación se conoce como llamada caída por cobertura o por bajos niveles de señal.

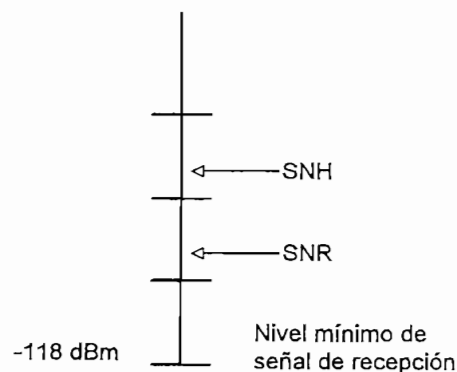


Figura 1.15 Relación entre en SNH y SNR

1.4.2.4.2 Medición de la intensidad de señal

Cada receptor de intensidad realiza continuas mediciones del nivel de señal de recepción, las mismas que se evalúan y según los resultados se procede con la solicitud de incremento o decremento de potencia del móvil, petición de handoff o petición de liberación de llamada.

En razón de que no es conveniente tener potencias elevadas en los móviles por las interferencias que pueden causar con otras celdas, hay umbrales que limitan esta potencia.

El siguiente proceso se lleva a cabo para evaluar la potencia de la estación móvil tomando como referencia la **figura 1.16**.

- Si la intensidad de la señal de recepción de la estación móvil está por debajo del umbral SSI (*Signal strength for increment*), se ordena por medio de la unidad de control aumentar su potencia.
- Si la intensidad de señal de recepción de la estación móvil está sobre del umbral SSD (*Signal strength for decrement*), se ordena al móvil disminuir su potencia de transmisión.
- Si la potencia de transmisión de la estación móvil está al máximo y a pesar de ello su intensidad de señal está por debajo del umbral SSH (*signal strength petition for Handoff*), entonces se genera la petición de handoff que se envía a la central desde la estación base. El proceso de handoff se realiza de acuerdo a lo analizado en la **sección 1.4.2.4.1**, a través del nivel de ruido del SAT. El proceso de handoff se estudia detalladamente en la siguiente sección.
- Finalmente se tiene el umbral SSB (*Signal Strength for Bloking*), este umbral es considerado cuando el canal de voz está libre. Es decir que cuando el canal detecte una señal externa (ruido externo, normalmente conocido como interferencias externas) que supere este umbral automáticamente se ordena al canal el bloqueo respectivo.

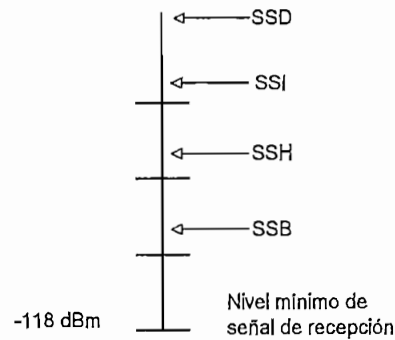


Figura 1.16 Relación entre los umbrales SSD y SSI

1.4.2.4.3 Proceso de handoff

Handoff, es el proceso de cambio de canal de voz de una estación móvil cuando ésta se desplaza desde una celda hacia otra celda vecina.

Cada canal activado por el móvil es medido por la unidad "medidor de intensidad" localizado en cada celda, las mediciones de los niveles de señal recibida son enviados a la central MSC, en dónde la MSC selecciona y asigna la celda candidata para llevar a cabo el handoff.

La estación base suspende la transmisión del SAT desde el canal de voz para indicar que la asignación de otro canal de voz es inminente.

El proceso de handoff se lleva a cabo en las siguientes etapas:

- Etapa de petición
- Etapa de medición
- Etapa de búsqueda
- Etapa de selección, y
- Etapa de ejecución

Tomando como referencia a la **figura 1.17**.

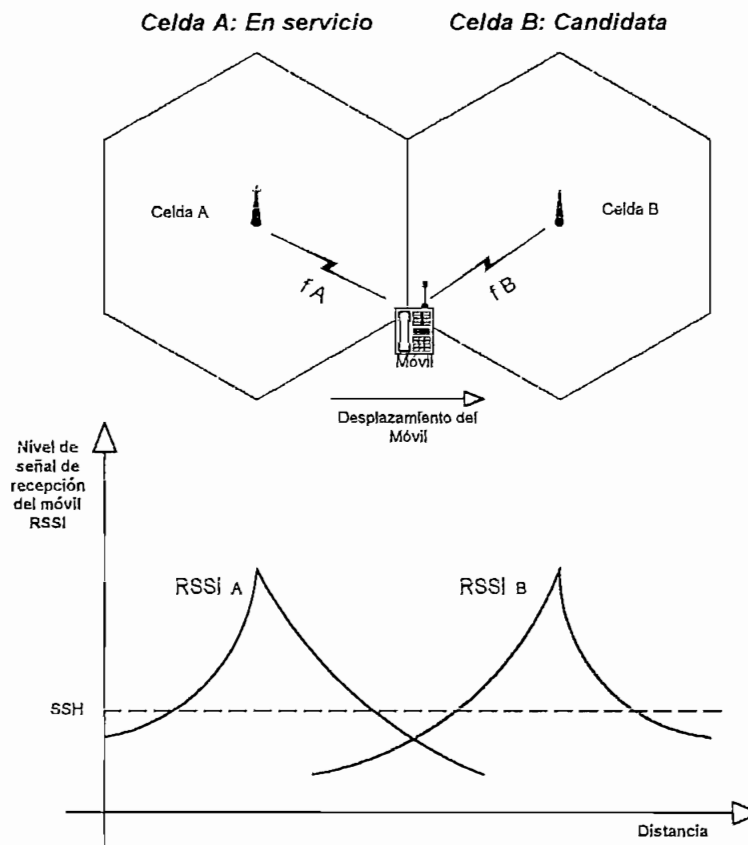


Figura 1.17.- Proceso de Handoff

La etapa de petición se inicia cuando el nivel de señal de recepción **RSSI_A** del móvil en la celda A decrece por debajo del umbral de solicitud de petición de handoff **SSH**.

El móvil en su celda de servicio (celda A) está realizando una llamada y se comunica con la estación base con la frecuencia **f_A**.

Conforme el móvil se mueve hacia la celda B (celda candidata), su nivel de recepción **RSSI_A** (*Received Signal Strength Level*), desde su celda de servicio A empieza a decrecer.

El nivel de recepción del móvil A, **RSSI_A** es monitoreado por el receptor de intensidad de la celda A.

Cuando el $RSSI_A$ decrece hasta el umbral SSH , la estación base informa a la central de conmutación MSC (*Mobile Switch Center*) del suceso. La MSC solicita a la celda B (la mejor celda adyacente candidata) que mida el $RSSI_B$ del móvil A a la frecuencia del móvil f_A (una serie de RSSI) y toma nota de estas estadísticas.

Cuando el $RSSI_B$ del móvil A se vuelve más fuerte en celda B, el MSC activa un nuevo canal (f_B) de la celda candidata e informa de esto a la celda A. La celda de servicio (A) envía un mensaje al móvil sobre el FVC (Forward Voice Channel) (f_A) informándole que debe sintonizarse a la frecuencia f_B de la celda B.

En un sistema celular totalmente desarrollado hay más celdas y por lo tanto el proceso de solicitud de handoff es más complejo debido a que hay muchas células adyacentes. Por ejemplo, para el patrón de asignación de celdas 7/21 (7 celdas, 21 frecuencias), por lo tanto cada celda tiene 6 celdas vecinas. Cada celda tiene su respectivo SSH , así, si el nivel de recepción del móvil $RSSI_A$ está por debajo del umbral SSH_A (umbral de petición de handoff de la celda A), se enviará órdenes desde el MSC a los receptores de intensidad de cada celda vecina que cumplan:

$$RSSI_A < SSH_A$$

Pero no a las celdas en las que:

$$RSSI_A > SSH_A$$

En el peor de los casos el SSH se define para las 6 celdas vecinas como se indica en la **figura 1.18**, SSH_{AB} , SSH_{AC} , SSH_{AD} , SSH_{AE} , SSH_{AF} , SSH_{AG}

El valor de RSSI que solicita la petición de handoff es:

$$RSSI_{A \text{ petición}} (SSH_A) = \text{máximo valor de: } (SSH_{AB}, SSH_{AC}, SSH_{AD}, SSH_{AE}, \\ SSH_{AF}, SSH_{AG})$$

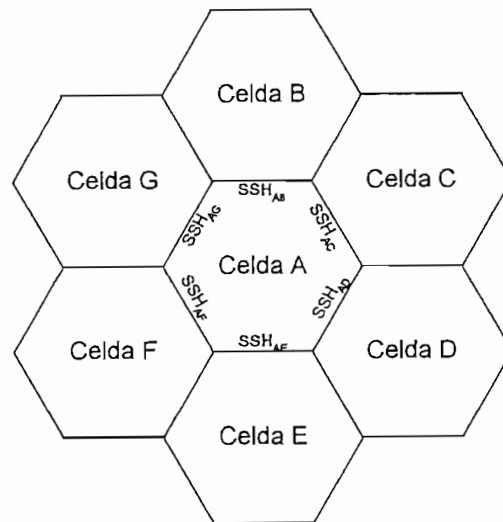


Figura 1.18.- Definición del umbral de handoff

La etapa de búsqueda (*Screening*), es el proceso de analizar el conjunto de celdas vecinas, para obtener de ahí un conjunto de celdas candidatas.

Generalmente se basa en las mediciones del nivel de señal de recepción RSSI, pero también toma en cuenta un factor adicional llamado histéresis, el cual previene una posible "oscilación" del handoff llamada efecto ping - pong.

La histéresis es un valor diferencial de RSSI (DRSSI), aplicado durante la etapa de Screening (**figura 1.19**), en esta figura se muestra la histéresis para dos celdas (A y B). La celda A es la celda de servicio para el móvil A y la celda B para el móvil B. Si el móvil A se dirige a la celda B, al aplicar la histéresis, el móvil A no es elegible para un handoff de la celda A a la B, hasta que el RSSI del móvil A, en la celda B, sea más fuerte que el RSSI del móvil A en la celda más una cantidad HystAB:

$$\text{RSSIB} > \text{SSHA} + \text{HystAB}$$

La histéresis es un 'offset' artificial en el RSSIA, el cual previene al móvil de regresar a la celda en otro handoff de B a A.

Para el móvil B se aplica la misma lógica:

$$RSSIA > HOLT B + HystBA$$

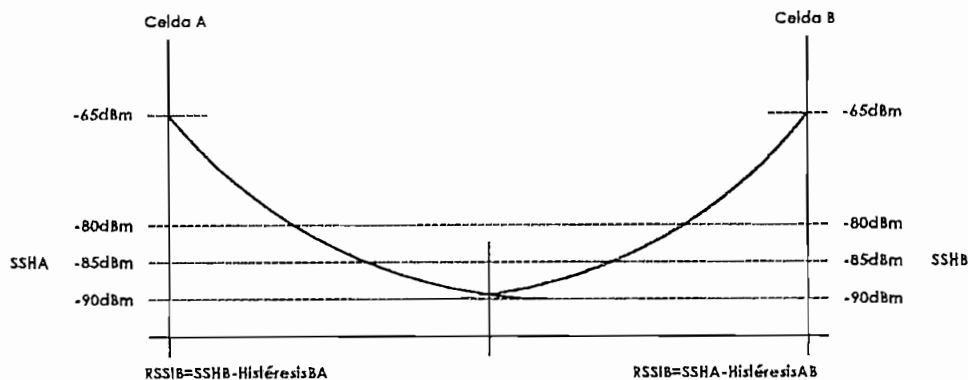


Figura 1.19.- Histéresis para handoff

El valor de histéresis se mide en decibeles y depende del ambiente de propagación, el valor adecuado se obtiene dentro de un proceso de optimización, el valor recomendado es:

$$3dB < \text{Histéresis} < 5 \text{ dB}$$

Hay un compromiso al fijar el valor de histéresis porque un valor muy grande "retrasaría" mucho el handoff, en cambio un valor muy pequeño generaría una excesiva actividad en el receptor de intensidad debido al efecto ping - pong, provocando excesiva actividad en el MSC.

La etapa de ejecución es el proceso de asignación de un canal de la celda final candidata.

Todo el proceso de handoff requiere aproximadamente de 200 ms, tiempo en el cual no está disponible el canal de voz para la conversación, esta interrupción se refleja cuando se escucha un tono de "clic" en el receptor de la estación móvil.

1.5 PROCESO DE GENERACIÓN DE UNA LLAMADA

1.5.1 LLAMADA A UNA ESTACIÓN MÓVIL

Cuando la Central recibe una petición de llamada para una determinada estación móvil, da la orden a las estaciones base del área de localización donde se encuentra para que envíen un mensaje de búsqueda (voceo) a través del FOCC canal de control hacia adelante.

Cuando la estación móvil recibe el mensaje, ésta informa al sistema de que ha recibido el mensaje a través del canal de control de la celda que provee el servicio, y espera la asignación de un canal de voz. Con la respuesta del móvil, la central determina qué estación base está más cerca del móvil y conecta la llamada de entrada a un canal vocal de ésta.

Posteriormente se indica al móvil que sintonice el canal vocal asignado y al mismo tiempo se envía el SAT desde la estación base, el móvil devuelve el tono de SAT de retorno a la estación base, la central analiza y envía la orden que activa su dispositivo de aviso (timbre). Cuando el usuario contesta, el tono de señalización desaparece y se conectan las dos partes y comienza la conversación bajo la supervisión de la central a través del tono de supervisión SAT.

Cuando la llamada termina, la central desactiva las conexiones y el móvil retorna a su estado de reposo.

1.5.2 LLAMADA ENTRE ESTACIONES MÓVILES

El intento de llamada desde un móvil se realiza a través del RECC canal reversa de control de la celda correspondiente.

El usuario marca el número de teléfono en la unidad móvil y activa la función de envío (tecla de SEND).

La estación móvil espera a que el canal de control le dé la indicación de libre.

Cuando el móvil detecta esta condición de disponibilidad, transmite su identificación y el número de teléfono marcado al canal de control.

En la recepción de la petición de llamada, la central comprueba el estado del móvil y comienza el proceso de dicha llamada. Se envía un mensaje al móvil, asignándole un canal de voz y se envía el SAT, y el móvil se sintoniza a éste. El móvil devuelve el tono del SAT mediante un "loop" de retorno a la central, la central comprueba su estado y conecta el canal de voz por la ruta disponible y envía el tono de timbrado, el móvil se conecta y comienza la conversación.

El tono de SAT está continuamente en "loop" para la supervisión de llamada de la central. Cuando finaliza la llamada, se desactivan las conexiones y el móvil retorna a su estado de reposo.

1.5.3 LIBERACIÓN DE LA LLAMADA

Una llamada exitosa se da cuando el abonado termina la llamada con la presión de la tecla "End" de su estación móvil, caso contrario, esta llamada se considera como una llamada caída, éste análisis que se estudia en los capítulos siguientes.

El tono de señalización de terminación de llamada lo detecta la estación base y lo envía a la central para la finalización del mismo. La central a su vez envía la orden a la estación base de apagar el transmisor del canal de voz. El móvil apaga su transmisor y vuelve a sintonizarse al canal de control

1.5.4 LLAMADA DESDE UN MOVIL A UN ABONADO DE LA RED FIJA PSTN

Básicamente las llamadas hacia y desde un abonado fijo no difieren en gran medida de lo que usualmente se realiza entre abonados móviles, puesto que la

diferencia radica en la interpretación que la central da al número a quién se llama.

El proceso fundamentalmente es:

- La estación móvil marca el número del abonado de la red PSTN (red de telefonía pública) a través del canal reverse de control RECC el código de área, y el número telefónico de la PSTN.
- La estación base envía la información a la MSC (central de conmutación).
- La MSC coordina y envía el número a la PSTN.
- La PSTN provee la conexión informando a la estación base a través del MSC.
- La estación base asigna un canal de voz a través del FVC canal forward de control.
- El móvil se sintoniza a la frecuencia asignada.
- Se establece la comunicación.

Cuando se tiene de por medio a un abonado fijo, en el caso que desde un móvil se ejecute la llamada, la central automáticamente interpreta que el número a quién se llama no pertenece a esa central y por ende procede al enrutar hacia la central de conmutación de abonados fijos.

En el proceso inverso, de igual manera al generar la llamada desde un abonado fijo, la central a la que pertenece este abonado detecta que el número del abonado móvil a quien se dirige la llamada no pertenece a ésta central procediendo a enrutar a la central de abonados móviles cuyo proceso en adelante es igual a lo explicado anteriormente.

CAPÍTULO # 2

CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE UNA RED DE RADIO CELULAR

En este capítulo se analizará las distintas consideraciones y conceptos involucrados en el diseño de una red celular.

2.1 PÉRDIDAS DEL ESPACIO LIBRE

Las pérdidas del espacio libre se refieren a la degradación de la señal y los efectos del entorno en la propagación de la señal de radio. En los diseños de sistemas de radio frecuencia las pérdidas de espacio se calculan mediante modelos de propagación donde la influencia de las pérdidas en el número de sitios implica cálculos que tienen significado en el tiempo y costo.

Para los cálculos de las pérdidas de espacio libre entre dos puntos fijos se utiliza la siguiente fórmula matemática:

$$P_{el} = (4 * \pi * d / \lambda)^2$$

De donde se obtiene:

$$P_{el} \text{ (dB)} = 32.4 + 20 * \log_{10} d \text{ (Km)} + 20 * \log_{10} f \text{ (Mhz.)}$$

Donde:

d: es la distancia entre los dos puntos en kilómetros.

f: es la frecuencia del enlace en megahertz.

P_{el} : es la pérdida del espacio libre.

Como se puede observar cada vez que la distancia o la frecuencia se duplique, las pérdidas se incrementan en 6 dB.

La aplicación de esta fórmula en sistemas móviles debe considerar ciertos parámetros y condiciones producto de la movilidad. Para compensar estas variaciones se han desarrollado varios métodos de predicción, el método más apropiado en los cálculos de los sistemas móviles es el de Okumura - Hata.

2.1.1 METODOS DE PREDICCIÓN DE PÉRDIDAS DE ESPACIO LIBRE

Existen diversos métodos que se utilizan para calcular el nivel medio de la intensidad del campo en un determinado punto de interés; en general todos ellos se basan en el cálculo de las pérdidas en la propagación. Dentro de estos modelos se puede hacer la siguiente clasificación:

- Los que dan los resultados de forma gráfica, mediante curvas o ábacos, referidos a un caso concreto, posteriormente se aplican diversas correcciones al modelo general en virtud de las características especiales de cada caso particular. Aquí se puede encuadrar los métodos de Okumura, Bullington y el del CCIR (Comité Consultivo Internacional de Radio Comunicaciones).
- Los que dan una fórmula empírica donde aparecen los diversos factores que influyen en la propagación. Por ejemplo: Hata, Egli, Ibraim-Parsons.
- Los que emplean métodos computacionales y por lo tanto poseen una gran potencia de cálculo matemático así como la posibilidad de utilizar las bases de datos. Por ejemplo: JRC, BBC, Ericsson, GRAND.

La ventaja que se tiene al utilizar estos métodos es que la mayoría de ellos son sobradamente conocidos y han sido utilizados y comprobados por numerosos autores, existen así mismo trabajos que comparan unos con otros y con medidas de campo realizadas en diversos entornos geográficos con lo cual se puede conocer su exactitud. No obstante, la aplicación a un caso particular debe hacerse de manera cuidadosa debido a las diferentes condiciones que se tiene respecto a las utilizadas para estos estudios.

El emplear uno u otro método estará condicionado por numerosos factores, aunque no cabe duda que hay unos más exactos o rigurosos que otros, cada cual conlleva una complejidad de cálculo y características de aplicación determinadas lo cual supone tiempo de trabajo, el cual dependerá de los medios de la disposición de computadoras o calculadores y de su capacidad, entre otros. Otro factor es el de la exactitud requerida en el cálculo, si nos conformamos con una aproximación, si luego tenemos opción de re calcular modificando los parámetros empleados, entre otros. Además el tipo de terreno (urbano, suburbano, áreas abiertas, entre otros) orienta hacia la utilización de un método u otro.

2.1.1.1 Método de OKUMURA - HATA

El método de Okumura se basa en medidas realizadas en Japón en servicios móviles en las bandas de VHF (200 MHz) y UHF (453, 922, 1310, 1430, 1920 MHz) en diversas condiciones de terreno y entorno de propagación. Mediante el análisis estadístico de estos datos se presentan curvas que dan la dependencia de la intensidad de campo medio según la distancia y la frecuencia, utilizando como parámetros la altura de las antenas y variables locales para los diversos tipos de ambiente local: urbano, suburbano y áreas abiertas en terrenos casi planos.

Trata también las correcciones necesarias para el terreno irregular considerando terreno inclinado, montañas aisladas, terreno ondulado y mezcla de zona terrestre y marina.

Con ello, el método pretende ser válido para predecir la intensidad de campo y el área de servicio de sistemas móviles terrestres en el rango de frecuencias de 150 a 2,000 MHz, para distancias de 1 a 100 Km y para alturas efectivas de antena de la estación base teóricamente comprendidas entre 30 y 1,000 m.

El modelo Okumura - Hata es válido para las siguientes condiciones:

- f_c = frecuencia de operación: 150 Mhz a 1500 Mhz, la banda celular actual es entre los 800 Mhz a los 900 Mhz.
- h_{EB} = altura de la estación base: 30 m a 200 m, para el rango normal, y desde 1.5 m a 400 m, para el rango extendido.
- h_{EM} = altura de la estación móvil: 1m a 10m, respecto al nivel del suelo.
- d = distancia entre las estaciones base y móvil: 1Km. A 20 Km. Rango normal, y 2m a 80 Km rango extendido.

Las fórmulas empíricas para un cálculo real de las pérdidas de espacio libre para un radio móvil fueron desarrolladas por Okumura y Hata basadas en mediciones de campo¹, y son las siguientes:

$$P_{el} = A + B * \log_{10} (d), \text{ para áreas urbanas}$$

$$P_{el} = A + B * \log_{10} (d) - C, \text{ para áreas suburbanas}$$

$$P_{el} = A + B * \log_{10} (d) - D, \text{ para áreas rurales}$$

Las variables A, B y C se obtienen de:

$$A = 69.55 + 26.16 * \log_{10} (f_c) - 13.82 * \log_{10} (f_{max}) + a (f_{EM})$$

$$B = -44.9 - 6.35 * \log_{10} (h_{EB})$$

$$C = 2 * [\log_{10} (10/20)]^2 + 5.4$$

$$D = 4.78 * [\log_{10} (f_c)]^2 - 19.33 * \log_{10}(f_c) + 40.94$$

Dónde: $a (f_{EM})$ es una constante dependiente del área y cuyo cálculo es:

¹ Radio Network Design, Ericsson, Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services (IEEE Trans on Vehicular Technology, Vol. V1-26, No. 3, Aug. 1980).

Para áreas pequeñas y media urbanas:

$$a (h_{EM}) = [1.1 * \log_{10}(f_c) - 0.7] * h_{EM} - [1.56 * \log_{10}(f_c) - 0.8]$$

Para áreas grandes:

$$a (h_{EM}) = [3.2 * \log_{10}(11.75 * h_{EM})]^2 - 4.97$$

La aplicación de estas fórmulas del modelo de Okumura - Hata es para la banda de hasta 1500 Mhz, la aplicación de estas fórmulas para la banda entre 1500Mhz a los 2000Mhz. viene con un parámetro de corrección².

En áreas metropolitanas, se debe agregar a las pérdidas de espacio libre una constante $C_M = 3 \text{ dB}$, las ecuaciones para las áreas suburbanas y rurales se mantienen, no así el parámetro A que se lo define de la siguiente manera:

$$A = 46.3 + 33.9 * \log_{10}(f_c) - 13.82 * \log_{10}(h_{EB}) - a(h_{EM}) + C_M$$

El valor de C_M es 3 dB para áreas metropolitanas (densamente pobladas) y 0 dB para áreas moderadamente pobladas.

En definitiva, la potencia recibida usando el método de predicción de Okumura - Hata para las bandas de 800 y 1900Mhz. viene dada por la siguiente ecuación:

$$P_r = P_t + G_t + G_r - P_{el}$$

Donde:

P_r : potencia de recepción

P_t : potencia de transmisión

G_t : ganancia de la antena transmisora

G_r : ganancia de la antena receptora

² Radio Network Design, Ericsson, Urban Transmission Loss Models for Mobile Radio in the 1900 & 1800 MHz bands. (Rev. 2, The Hague, Sept. 1991).

P_{el} : pérdidas de espacio libre dado por Okumura – Hata

2.1.2 DESVANECIMIENTO DE LOS CANALES DE RADIO

La comunicación entre la estación base y la estación móvil es raramente dada por una línea de vista directa entre ellos debido a las condiciones del terreno, obstrucciones de edificios, árboles y por el entorno del usuario. Además la estación móvil puede moverse en diferentes direcciones y a diferentes velocidades. Consecuentemente las señales de radio frecuencia desde el transmisor se expanden en base al comportamiento de reflexión y difracción y eventualmente alcanzando al receptor a través de varias rutas sin línea de vista.

2.1.2.1 Desvanecimientos de Término Largo

Tienen lugar cuando la señal de RF (radio frecuencia) se atenúa debido a las obstrucciones del entorno.

Si nos movemos a través de un desierto plano, sin obstáculos, la señal sólo sufrirá las variaciones debidas a la atenuación debido a la distancia; sin embargo, en un caso normal donde la señal es obstruida por múltiples obstáculos (edificios, puentes, árboles, entre otros) se producen unos cambios rápidos en la media local (en un rango de 5 a 50 m.) mientras que las variaciones debidas a los obstáculos topográficos producen variaciones más lentas. Ambos tipos de variaciones tienen un comportamiento logarítmico - normal, al menos dentro del rango de unos pocos cientos de metros, donde el valor medio es el nivel de recepción promedio y cuya variación alrededor del punto medio se conoce como desviación estándar. El valor de la desviación estándar depende del área geográfica.

La recepción de una señal compuesta por multitud de ondas reflejadas está casi

siempre presente en las comunicaciones móviles debido a que la antena de la unidad móvil está más baja que los elementos circundantes (casa, árboles, entre otros) que actúan de reflectores de la señal. El resultado de esto es que la señal se compone de multitud de ondas con diferentes amplitudes y fases, las cuales pueden anularse por completo unas a otras. Esto a nivel del usuario del sistema se oye como unos molestos chasquidos en el auricular. En las zonas abiertas, donde la onda directa es la predominante, este tipo de desvanecimientos es mucho menos importante que en las ciudades.

2.1.2.1.1 Distribución Logarítmico Normal

El desvanecimiento de término largo de una señal recibida se asocia a una distribución logarítmica normal, si la señal es medida sobre una distancia de 40λ , donde λ^3 es la longitud de onda equivalente a 14.1 m para la banda de 800 Mhz. y 6.3 m para la banda de 1900 Mhz.

La siguiente ecuación define la distribución logarítmico normal para una señal:

$$p = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\left[\frac{(RSSI-m)^2}{2\sigma^2}\right]}$$

donde:

- p: función de densidad Logarítmico normal
- RSSI: nivel de señal recibida
- M: Valor medio de la señal recibida RSSI
- σ : desviación standard de RSSI

De datos experimentales realizados en la banda de 800Mhz, el rango de la desviación estándar en ciudades americanas y japonesas es de 9 a 12 dB. Dentro de una área urbana este valor tiende a incrementarse debido a la altura de los

3 $\lambda = C/f$. C: es la velocidad de la luz 300.000 m/seg, f: es la frecuencia.

edificios⁴ . Consecuentemente las pérdidas de enlace para un entorno de radio móvil tiene una desviación estándar entre 5 a 12 dB.

2.1.2.2 Desvanecimientos de Término Corto

Los desvanecimientos de término corto (lento) son la suma de todas las señales de radio frecuencia que llega al receptor, propagadas a lo largo de diferentes caminos con o sin línea de vista, usualmente son debido a la reflexión. El desvanecimiento lento está sobrepuesto al desvanecimiento rápido. Generalmente el entorno del usuario causa el desvanecimiento lento.

Los desvanecimientos de término corto forman una distribución de Rayleigh en áreas donde únicamente existe componentes de señal de RF sin línea de vista.

2.1.2.2.1 Desvanecimiento de Rayleigh

Se debe a los trayectos múltiples que sigue la señal cuando no existe visibilidad directa entre las antenas emisora y receptora y los objetos que obstruyen dicha visibilidad actúan como reflectores.

Para compensar este tipo de desvanecimiento en la recepción, se utilizan técnicas de procesamiento digital de señales que incluyen:

- Codificación y decodificación de códigos convolucionales, algoritmo de Viterbi.
- Chequeo de redundancia cíclica.
- Ecuación adaptiva.
- Diversidad de espacio en las antenas.

4 Radio Network Design, Ericsson, A Power-Spectral Theory of Propagation in the Mobile-Radio Environment, (IEEE Trans. on Vehicular Technology. Vol. VT-23, Nov. 1973, pp. 143–159, Reudink, D. O.

El desvanecimiento lento es ligeramente diferente para el enlace descendente comparado con el ascendente debido a que en la banda de 800Mhz la frecuencia del enlace descendente está a 45Mhz sobre la frecuencia del enlace ascendente.

2.2 ELEMENTOS INVOLUCRADOS EN EL CÁLCULO DE UN ENLACE

Como parte principal del diseño de una red celular se requiere información acerca del enlace entre la estación base y la estación móvil; fundamentalmente sobre la cobertura, el tipo de hardware a ser usado, y las características de propagación del área, elementos necesarios para el cálculo de las pérdidas del enlace que debe ser tolerado entre la estación base y móvil de manera de mantener un balance del enlace.

Por ello se disponen de los siguientes pasos que ayudan a determinar el objetivo para el diseño:

- Recolectar información acerca del hardware y con ello y según las características del equipo, proceder al cálculo de las pérdidas del enlace.
- Determinar los criterios de diseño de radio frecuencia, sí el entorno es para áreas urbanas, suburbanas, rurales o en vehículos.
- Determinar los márgenes y pérdidas para calcular el mínimo valor de señal de recepción.
- Con los pasos anteriores se determina las máximas pérdidas del enlace.
- Y, finalmente seleccionar un modelo adecuado de propagación para determinar el radio o cobertura de la celda del diseño.

Las herramientas de planeación celular ayudan para calcular el rango de una

celda expresado como una “*probabilidad que la estación móvil alcance el borde de cobertura de la celda*”. En el dimensionamiento de un sistema con valores garantizados, permitirá tener un alto grado de probabilidad del alcance de la cobertura lo cual nos aproximaría a la realidad con un margen estrecho de error.

2.2.1 PARÁMETROS DE LA ESTACIÓN BASE Y MÓVIL

Las pérdidas del enlace dependen de las especificaciones del hardware tanto de la estación base como del móvil así como el nivel de salida y el nivel de sensibilidad del receptor.

2.2.1.1 Puntos de referencia de la estación base

Los niveles de potencia de salida y sensibilidad son referidos a la salida hacia la antena, concretamente es el punto de salida de potencia de la estación base.

2.2.1.2 Nivel de potencia de salida de la estación base

El nivel de potencia de salida de una estación base está referido a la salida al alimentador de la antena, específicamente a la entrada a la guía de onda. Los niveles de salida dependen del tipo de estación base que se disponga, cuyos niveles de potencia son controlables desde el centro de conmutación. Los niveles estándares van desde 30 hasta 50 dBm.

2.2.1.3 Sensibilidad de la estación base

El nivel de sensibilidad depende del fabricante y es el mínimo valor de nivel de señal de recepción que es capaz de aceptar dentro de un margen tolerable.

2.2.1.4 Nivel de salida de la estación móvil

Las estaciones móviles vienen en cuatro clases de niveles de potencia especificados por la recomendación TIA IS-137. El nivel máximo de salida se define en la antena.

Los valores nominales de potencia de salida vienen dada en la **tabla 2.1**:

Clase de estación Móvil	Potencia nominal de salida
<i>I</i>	<i>36 dBm.</i>
<i>II</i>	<i>32 dBm.</i>
<i>III</i>	<i>28 dBm.</i>
<i>IV</i>	<i>28 dBm.</i>

Tabla 2.1.- Potencia de salida de estaciones móviles

La máxima potencia que se puede reducir es - 4 dBm para la clase IV, - 8 dBm para la clase I y III en pasos de 4 dB. Las estaciones móviles comunes pertenecen a la clase IV.

2.2.1.5 Sensibilidad de la estación móvil

La sensibilidad de las estaciones móviles es – 103dBm. La sensibilidad es el nivel mínimo de señal de recepción requerido para que la estación móvil tenga acceso al servicio celular. Según el estándar IS-136, el nivel mínimo de recepción es para una tasa de error (BER) del 3% a una velocidad vehicular de 100 km/h.

2.2.1.6 Cálculo del BER (Bit Error Rate) para sistemas digitales

El BER por definición es la relación entre el número de bits recibidos incorrectos respecto al total de bits transmitidos. El BER es estimado para las estaciones

base en el enlace ascendente y para las estaciones móviles en el enlace descendente. El estándar IS-136 no especifica como el BER debe ser estimado pero especifica recomendaciones de aproximación para estimarlo.

El BER se estima comparando los bits detectados (después de la descompresión) con los bits decodificados que ya han sido codificados. La clase del BER representa el BER antes de cualquier corrector de errores FEC (forward Error Correction).

En la **tabla 2.2**, se indica el BER reportado como una clase de BER.

Clase de BER	Intervalo del BER %
0	BER% < 0.01
1	0.01 <= BER % < 0.1
2	0.1 <= BER % < 0.5
3	0.5 <= BER % < 1.0
4	1.0 <= BER % < 2.0
5	2.0 <= BER % < 4.0
6	4.0 <= BER % < 8.0
7	8.0 <= BER %

Tabla 2.2.- Clases de BER

2.2.2 CONJUNTO DE ANTENAS Y GUIAS DE ONDA EN LA ESTACIÓN BASE

2.2.2.1 Guías de ondas y flexibles

En los cálculos de las pérdidas se deben considerar también las pérdidas de las guías de onda desde la salida de potencia del equipo de la estación base hasta el sistema de antenas, adicional a las guías también se tienen los cables coaxiales flexibles que no son más que cables para la conexión entre la guía de onda con la antena y entre el punto de salida de potencia de la estación base y la guía de onda.

La guía de onda más utilizada es la LCF 7/8", en la **tabla 2.3**⁵, se presentan los valores típicos de atenuación de distintos tipo de cables para las bandas de operación de 800 y 1900 Mhz.

Tipo de cable	Atenuación a 800 Mhz.	Atenuación a 1900 Mhz.
LCF 1/2"	7.2 dB/100m	10.5 dB/100m
LCF 7/8"	4.0 dB/100m	6.5 dB/100m
LCF 1 1/4"	3.0 dB/100m	5.3 dB/100m
LCF 1 5/8"	2.5 dB/100m	4.2 dB/100m

Tabla 2.3.- Atenuación de cables para las bandas de 800 y 1900Mhz.

De igual manera las pérdidas de los cables flexibles se considera que tiene un valor típico entre 0.5 dB y 1.5 dB de pérdidas. Los cables flexibles son cables de 1/2" que se instalan entre la guía de onda y la antena, y entre la guía de onda y la salida de potencia de la estación base.

2.2.2.2 Antenas

Hay un gran número de tipos de antena disponibles, los parámetros más importantes para el diseño son:

- Directividad y ganancia.
- Ancho de haz.
- Relación frente - espalda (*front to back*)
- Respuesta en frecuencia, ancho de banda.

La directividad de la antena determina el grado de concentración de la energía transmitida en una dirección con respecto a las otras direcciones. Lo anterior provoca ganancia en la potencia de transmisión, y se expresa como ganancia en una dirección vs ganancia isotrópica (ver la **figura 2.1**). La ganancia de la antena

⁵ Radio Network Design, Ericsson Radio System 1999 Cap. 4 pág. 47.

es un parámetro muy importante para calcular el presupuesto para todo diseño.

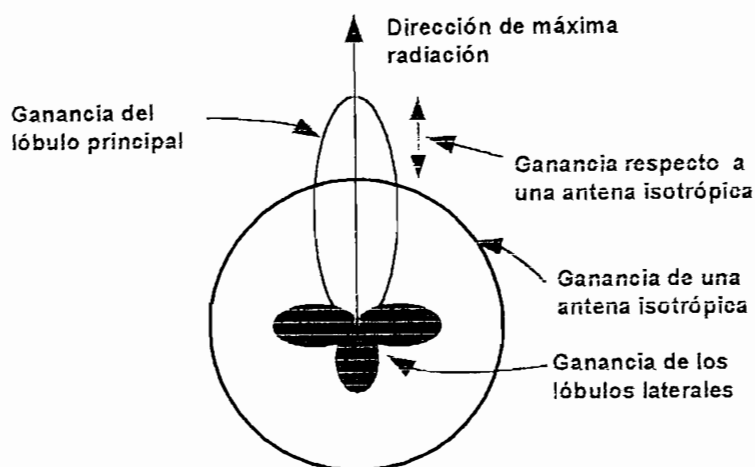


Figura 2.1.- Ganancia de una antena

El ancho de haz de una antena, ver **figura 2.2**, esta determinado por:

$$\text{Ancho de haz} = 2\theta$$

Donde:

θ : es el ángulo del punto de media potencia con respecto a la dirección de máxima ganancia.

La ganancia del punto de media potencia es 0.707 % de su máximo valor, o sea 3 dB menos del punto de máxima potencia.

El desempeño de una celda sectorizada depende mucho del ancho de haz de la antena.

La relación frente - espalda de la antena se define como la razón de la potencia radiada por el lóbulo principal de la antena sobre la potencia radiada por el lóbulo que se encuentra atrás de la antena, ver **figura 2.3**.

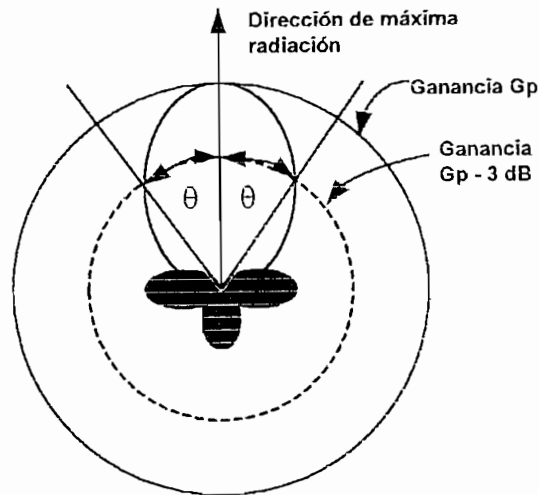


Figura 2.2.- Ancho de haz de la antena y punto de media potencia

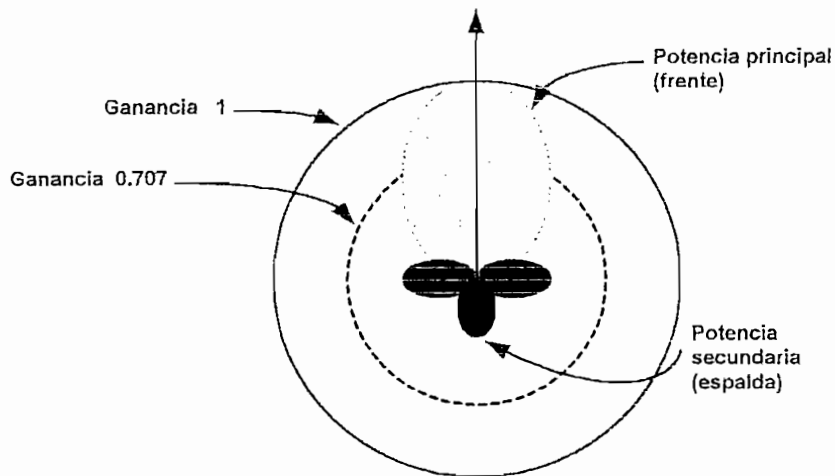


Figura 2.3.- Relación frente - espalda de la antena

Toda antena tiene una respuesta en frecuencia, lo cual significa que permite el paso de ciertas frecuencias y las otras las atenúa. En la **figura 2.4**, se muestra la respuesta en frecuencia de una antena (ganancia versus frecuencia):

Los parámetros f_L y f_H , son las frecuencias inferior y superior de los puntos de media potencia. Y, f_C es la frecuencia central.

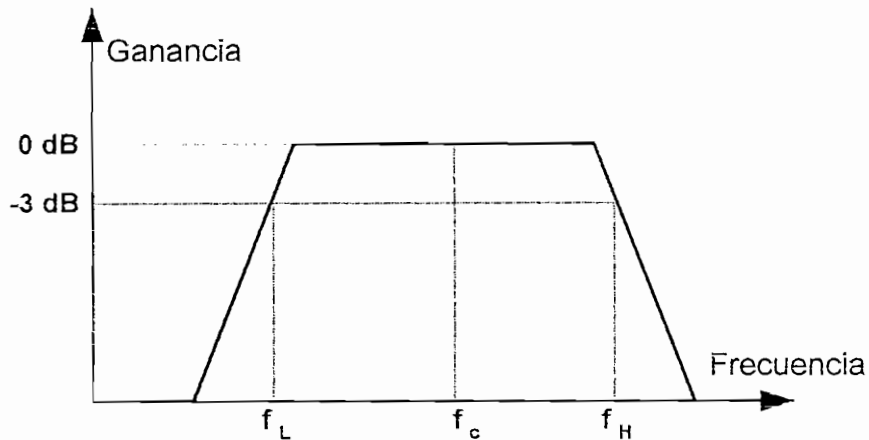


Figura 2.4.- Respuesta de frecuencia de la antena

El ancho de banda está determinado por:

$$\text{Ancho de banda} = f_H - f_L$$

Donde:

f_H : es la frecuencia superior de - 3 dB.

f_L : es la frecuencia inferior de - 3 dB.

La antena estándar para una celda sectorizada tiene las siguientes características:

- Ancho del haz horizontal 65° , esto significa que la ganancia a $\pm 32.5^\circ$ es 3 dB menos que la ganancia máxima, a $\pm 60^\circ$ típicamente el haz se atenúa en 10dB.
- La ganancia típica es de 12 a 18 dBi para la banda de 800 Mhz. y de 17 a 21 dBi para la banda de 1900Mhz.
- Como alternativas también se pueden utilizar con anchos de haz horizontal de 90 a 105° .
- Las antenas tipo omni direccional típicamente tienen ganancia de 10 a 11 dBi.

2.2.2.3 Amplificadores de recepción TMA (Tower Mounted Amplifier)

Usualmente en las estaciones base ubicada en zonas rurales o de cobertura extensa es recomendable la instalación de amplificadores a la salida de la antena de recepción cuyo propósito es mejorar la sensibilidad de la señal ascendente hacia la estación base y con ello permitir el acceso al servicio de estaciones móviles remotas al área de servicio normal mejorando el radio de cobertura de la celda.

Estos amplificadores tienen una baja figura de ruido (2.5 dB) y su ganancia está entre los 6 y 8 dB. El uso de estos TMA tienen sus pro y sus contra, uno de ellos es que puede degradar la calidad de servicio cuando tienen una ganancia elevada debido que en zonas interferidas el ruido también es amplificado.

2.2.2.4 Diversidad de espacio

Una de las maneras de reducir la influencia del desvanecimiento multi camino en la señal ascendente es el uso de antena de diversidad de espacio. La ganancia de la antena de diversidad dependerá de la relación entre el desvanecimiento de las dos antenas así como de la eficiencia en el nivel de recepción del arreglo de las dos antenas separadas.

Para la banda de 800 Mhz. se recomienda una separación de 4 m en el plano horizontal la cual corresponde a $\approx 11\lambda$ para celdas rurales con un radio de cobertura de 10 Km.

El espaciamiento en la banda de 1900 Mhz esta entre 2 y 4m.

La diversidad de polarización ofrece una compensación a la utilización de dos antenas separadas por varios metros para ser reemplazadas por una sola antena dual. Esta antena tiene un tamaño normal pero contiene un arreglo de antenas con dos tipos de polarización.

La antena con polarización dual ofrece una baja correlación entre los dos arreglos de antenas, pero el nivel de recepción es ligeramente mejor con diversidad de espacio. Esto implica un pequeño beneficio para ambientes limitados por ruido.

2.2.3 CALCULOS DE LAS PÉRDIDAS DEL TRAYECTO

Con las especificaciones del equipamiento de la radio base, se puede determinar las pérdidas del enlace entre la estación base y la estación móvil tanto en los trayectos hacia y desde la estación base. La trayectoria desde la estación base hacia la estación móvil se denomina "*Forward Link*", trayectoria hacia delante o enlace descendente, y en el sentido contrario "*Reverse Link*", trayectoria en reversa o enlace ascendente.

Las pérdidas del enlace hacia delante vienen determinado por la siguiente relación:

$$P_{fl} = P_{out\ EB} - L_{cables} + G_{antena\ EB} - P_{in\ EM}$$

Donde:

P_{fl} :	Pérdidas del enlace hacia delante.
$P_{out\ EB}$:	Potencia de salida de la estación Base.
L_{cables} :	Pérdidas de las guías de onda y de los flexibles.
$G_{antena\ EB}$:	Ganancia de la antena en la estación Base.
$P_{in\ EM}$:	Sensibilidad de recepción de la estación móvil.

Para el cálculo de las pérdidas en el enlace reverso similarmente se tiene:

$$P_{rl} = P_{out\ EM} - L_{cables} + G_{antena\ EB} - P_{in\ EB}$$

Donde:

P_{rl} :	Pérdidas del enlace en reversa
------------	--------------------------------

$P_{out\ EB}$:	Potencia de salida de la estación móvil.
L_{cables} :	Pérdidas de las guías de onda y flexibles de la estación base.
$G_{antena\ EB}$:	Ganancia de la antena en la estación base.
$P_{in\ EB}$:	Sensibilidad de recepción de la estación base.

Para garantizar la misma calidad tanto en el trayecto ascendente como en el descendente las pérdidas deben ser balanceadas. Para alcanzar el balance de la trayectoria se considera el mínimo valor de pérdidas entre los dos enlaces como un factor limitante.

$$PI = \min (P_{rl}, P_{fl})$$

2.2.4 CONSIDERACIONES PARA UNA COBERTURA REAL

Cuando se planifica una red no es suficiente el nivel de sensibilidad de la estación móvil o de la estación base, sino que se requieren agregar varios márgenes para obtener la cobertura deseada.

2.2.4.1 Margen de desvanecimiento de Rayleigh o Margen de alta calidad

Este desvanecimiento se debe a la interferencia multi trayecto, donde la señal recibida proviene directa e indirectamente ya sea por reflexión o difracción.

Los modelos de desvanecimiento se reflejan en diferentes tipos de propagación y a diferentes velocidades del móvil. La sensibilidad para un equipo de estación base es medida bajo condiciones de simulación de desvanecimiento para todos los diferentes modelos, y la sensibilidad es definida como el nivel en la cual se alcance la calidad requerida.

En los cálculos del enlace se asume que el nivel de sensibilidad está definido para

un BER (*bit error rate*) < 3%. En la **tabla 2.4**⁶, se indican los diferentes márgenes de calidad (Rayleigh) que deben adjuntarse para los cálculos.

BER (Bit Error Rate)	3% <BER	2.5% <BER< 3%	2% <BER< 2.5%	1.5% <BER< 2%	1% <BER< 1.5%	< 1%
Para todas las Estaciones Base excepto la RBS 884 1900Mhz.	0.00	1.00	1.50	2.50	3.50	4.00
Para la Estación Base RBS 800 1900Mhz	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50

Tabla 2.4.- Márgenes de desvanecimiento de Rayleigh con diversidad

2.2.4.2 Margen de desvanecimiento Logarítmico - Normal

El valor de la señal recibida en un punto determinado es calculado por medio de algoritmos de propagación que determinan el valor medio de esta señal en una área o porcentaje de área determinada por la resolución del tipo de algoritmo. Asumiendo sin los desvanecimientos de término largo, el valor medio de una señal recibida fluctúa de una manera no considerada por los algoritmos de predicción. La desviación del valor medio de la señal en dB comparado con lo predicho por los algoritmos tiene un comportamiento de una distribución normal. Por ello esta variación es llamada desvanecimiento logarítmico – normal.

La recepción de la señal recibida es un proceso aleatorio, que es posible determinar la probabilidad que la señal recibida exceda un umbral del borde de una celda. Varios autores han determinado experimentalmente las desviaciones estándares de la señal recibida para varios umbrales en el borde de la celda. En la **tabla 2.5**⁷, se presentan los márgenes de desvanecimiento logarítmico – normal para varios valores de la desviación estándar y porcentajes de áreas de cobertura.

⁶ Los valores de los márgenes de Rayleigh esta determinado para las estaciones base Ericsson debido que todas las estaciones base de red urbana de Guayaquil están equipadas con este tipo de equipos. Tomado del TDMA Cell Planing Ericsson, módulo 4 pág 13.

⁷ Valores tomados de TDMA Cell Planning, módulo 4 pág 15, Ericsson.

MARGEN DE DESVANECIMIENTO LOG-NORMAL $LN_{\text{marg}(0)}$ (dB)						
Tipo de Area	Desviación estandar	PORCENTAJE DE COBERTURA				
		75%	85%	90%	95%	99%
Rural/Suburbana	6	-3	-1	1	3	7
Urbana	8	-3	0	2	5	10
Densa urbana	10	-3	0	3	6	12
Muy Densa Urbana	12	-3	1	4	8	15
	14	-3	1	4	9	17

Tabla 2.5.- Márgenes de desvanecimiento Logarítmico - Normal para varios entornos

2.2.4.3 Margen de interferencia

La sensibilidad de recepción depende de la relación portadora a ruido (C/N Carrier to Noise), si la frecuencia no es reusada. Cuando las frecuencias son reusadas la potencia de la portadora recibida debe ser suficientemente grande como para combatir tanto a la interferencia como al ruido, esto significa que la relación portadora respecto al ruido más la interferencia $C / (N + I)$ debe exceder el umbral de recepción.

En efecto para conseguir una predicción exacta de cobertura en un sistema en servicio, se debe considerar un valor de margen de interferencia (IF_{marg}) en el enlace descendente. Para el enlace ascendente no es necesario considerarlo puesto que la estación base tiene una mejor tolerancia a la interferencia a diferencia de las estaciones móviles.

El margen de interferencia depende del reuso de frecuencias, la carga de tráfico. En la **tabla 2.6⁷**, se adjunta los márgenes de interferencia para el enlace descendente.

Tipo de área	Carga del sistema	Margen de interferencia
Area urbana	Sobre el 50%	1dB
Area suburbana y rural	Sobre el 50%	1dB

Tabla 2.6.- Márgenes de interferencia en el enlace descendente

2.2.4.4 Pérdidas de penetración vehicular

Las pérdidas de la señal de recepción en una estación móvil dentro de un vehículo sin la antena exterior se asume de 10 dB, que es un valor considerado satisfactorio para los cálculos de las pérdidas cuando se planifica la cobertura en vehículos⁸.

2.2.4.5 Pérdidas de penetración en edificios

Las pérdidas de penetración en edificios se definen como la diferencia entre el promedio de la señal recibida inmediatamente fuera del edificio y el promedio de la señal sobre el primer piso del edificio.

Las pérdidas de penetración en el primer nivel según estudios preliminares⁹ se encuentran en valores de 14.2 dB y 13.4 dB para las bandas de 800 y 1900Mhz. respectivamente, obviamente esto varía de acuerdo a los diferentes pisos.

En la **tabla 2.7**¹⁰, adjunta se muestra algunos valores de penetración:

Tipo de área	Banda de 800 Mhz.	Banda de 1900 Mhz.
Area urbana	20 dB	18 dB
Area suburbana y rural	15 dB	14 Db

Tabla 2.7.- Pérdidas de penetración en edificios

8 Portable Radio Antenna Performance in the 150, 450, 800, and 900 MHz Bands, Outside and In - Vehicle; C. Hill and T. Kneisel (IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 40, no. 4, November 1991).

9 Propagation into and within Buildings at 900, 1800 and 2300 MHz; Turkmani and Toledo (Proceedings of the IEEE Vehicular Technology Conference, 1992).

10 Valores tomados de TDMA Cell Planning, módulo 4 pág 17, Ericsson.

2.2.4.6 Cálculo del margen de desvanecimiento logarítmico normal

El margen de desvanecimiento es incorporado al cálculo del enlace para una cobertura real, considerando tres tipos de entorno:

- Margen de desvanecimiento externo (*OutDoor*)
- Margen de desvanecimiento interno (*InDoor*)
- Margen de desvanecimiento vehicular

2.2.4.6.1 Margen de desvanecimiento externo

La desviación standard σ_o para desvanecimiento externo depende de las características propias del terreno, si el área es urbana, suburbana o rural, y puede cambiar ligeramente con la frecuencia. El rango de variación de la desviación estándar externa σ_o es desde 5 dB para las áreas rurales hasta 12 dB para áreas densamente pobladas, con un valor típico de 8 dB que corresponde a áreas suburbanas¹¹.

2.2.4.6.2 Margen de desvanecimiento interno

Si una estación móvil está dentro de un edificio, la señal de recepción se atenúa conforme el móvil cruza desde el exterior hacia el interior del mismo. Las pérdidas de penetración en edificios L_{bp} está sujeta a una variación aleatoria.

Si σ_{bp} es la desviación standard de las pérdidas de penetración en edificios, la desviación standard σ_i para el cálculo del margen de desvanecimiento interno sobre un entorno externo viene dado por

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_o^2 + \sigma_{bp}^2}$$

¹¹ Radio Wave Propagation A Comparison between 900 and 1800 MHz (L Melin, M. Ronnlund and R. Angbratt; IEEE 1993).

Donde:

- σ_i : desviación estándar para el margen de desvanecimiento interno.
- σ_o : desviación estándar para el margen de desvanecimiento externo.
- σ_{bp} : desviación estándar de las pérdidas de penetración en edificios.

2.2.4.6.3 Margen de desvanecimiento en vehículos

Las pérdidas en vehículos también son variables, por ello la desviación standard debe ser determinada sobre el medio externo así como las variaciones aleatorias de las pérdidas de penetración en vehículos. Un valor típico es $\sigma_{iv} = 3 \text{ dB}$ ¹². De igual manera la expresión para el cálculo es:

$$\sigma_{in} = \sqrt{\sigma_o^2 + \sigma_{iv}^2}$$

Donde:

- σ_{in} : desviación estándar para el margen de desvanecimiento en el interior de los vehículos.
- σ_o : desviación estándar para el margen de desvanecimiento externo.
- σ_{iv} : desviación estándar de las pérdidas de penetración en vehículos.

2.2.5 COBERTURA DE UNA CELDA

2.2.5.1 Mínima señal de recepción requerida

Cuando se planifica un sistema no es suficiente considerar que la "*mínima señal*

¹² Portable Radio Antenna Performance in the 150, 450, 800, and 900 MHz Bands, Outside and In-Vehicle (C. Hill and T. Kneisel ; IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 40, no. 4, November 1991).

de recepción sea igual al nivel de sensibilidad de la estación móvil". El mínimo nivel de señal de recepción debe ser ajustado de acuerdo al desvanecimiento, interferencia interna o al radio de cobertura en el interior de un vehículo. El mínimo nivel de señal de recepción requerido por la estación móvil puede ser calculado por las siguientes fórmulas:

Para una estación móvil en el ambiente externo:

$$SS_{in EM} = P_{in EM} + HQ_{marg} + LN_{marg(0)} + IF_{marg}$$

Para una estación móvil en el interior de un vehículo:

$$SS_{in EM} = P_{in EM} + HQ_{marg} + LN_{marg(iv)} + IF_{marg} + L_{iv}$$

Para una estación móvil en el ambiente interno de edificios:

$$SS_{in EM} = P_{in EM} + HQ_{marg} + LN_{marg(id)} + IF_{marg} + L_{bp}$$

Donde:

$SS_{in EM}$:	Es el mínimo nivel de señal requerido por la estación móvil.
$P_{in EM}$:	Es el nivel sensibilidad de la estación móvil –103 dBm.
HQ_{marg} :	Alto margen de calidad (margen Rayleigh).
$LN_{marg(0)}$:	Margen de desvanecimiento logarítmico - normal para ambiente externo.
$LN_{marg(iv)}$:	Margen de desvanecimiento logarítmico - normal para el interior de vehículos.
$LN_{marg(id)}$:	Margen de desvanecimiento logarítmico - normal para ambientes internos en edificios o construcciones.
IF_{marg} :	Margen de interferencia del enlace descendente.
L_{iv} :	Pérdidas de penetración en vehículos.
L_{bp} :	Pérdidas de penetración en edificios.

2.2.5.2 Balance de la trayectoria

El balance de la trayectoria de la señal de radio frecuencia implica que la cobertura de la señal descendente es igual a la cobertura de la señal ascendente, o sea que las pérdidas de los dos enlaces deben ser iguales. Si se parte de las fórmulas de la **sección 2.2.3**, y se asume que $P_{rl} = P_{fl}$ se obtiene:

$$P_{fl} = P_{out\ EB} - L_{cables} + G_{antena\ EB} - P_{in\ EM}$$

$$P_{rl} = P_{out\ EM} - L_{cables} + G_{antena\ EB} - P_{in\ EB}$$

De donde:

$$P_{out\ EB} = P_{out\ EM} + P_{in\ EM} - P_{in\ EB}$$

Para determinar el cálculo de la potencia de salida de una estación base que hace que un sistema este balanceado para una clase de potencia de la estación móvil¹³, se tiene:

$$P_{out\ EB} = P_{out\ EM} - D_s$$

Donde la diferencia de sensibilidad entre las estaciones base y móvil viene dada por:

$$D_s = P_{in\ EM} - P_{in\ EB}$$

La potencia isotrópica radiada efectiva (PIRE) representa la máxima potencia disponible y radiada en dirección de la máxima ganancia de la antena comparada con una antena isotrópica, y viene dada por:

$$PIRE = P_{out\ EB} - L_{cables} + G_{antena\ EB}$$

13 Referirse a la **tabla 2.1** para la clase de potencia de la estación móvil.

2.2.5.3 Cálculo del tamaño de la celda

Las máximas pérdidas permitidas $LP_{m\acute{a}x}$ para los diferentes casos vienen determinadas por:

$$LP_{m\acute{a}x} = P_{out\ EB} - L_{gu\acute{a}ias\ EB} + G_{ante\ EB} - SS_{in\ EM}$$

El radio de la celda puede ser calculado por:

$$d = 10^{(LP_{m\acute{a}x} - \alpha)/B}$$

donde:

- d: es el radio de la celda en Km.
- $\alpha = A$: para áreas urbanas.
- $\alpha = A - C$: para áreas suburbanas.
- $\alpha = A - D$: para áreas abiertas.
- $LP_{m\acute{a}x}$: Máximas pérdidas permitidas del enlace.

Las constantes A, C, D están definidas en los modelos de predicción de Okumura Hata (**sección 2.1.1.1** de este capítulo).

Una vez que el radio de la celda ha sido determinado, el área de cobertura puede ser definido considerando el área hexagonal de la celda respectiva como se indica en la **figura 2.5**.

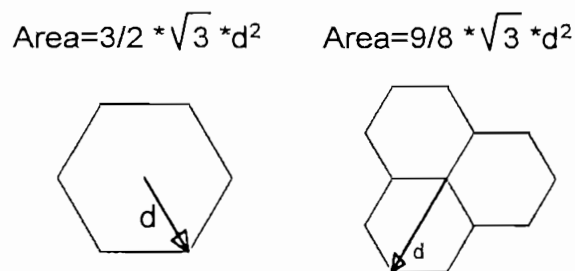


Figura 2.5.- Relación entre el área de cobertura y el rango de la celda

2.3 INTERFERENCIA EN UNA RED CELULAR

La interferencia es el principal factor que limita el desarrollo de los sistemas celulares. Las fuentes de interferencias incluyen a otras estaciones móviles dentro de la misma celda, o cualquier sistema no celular que de forma inadvertida introduce energía dentro de la banda de frecuencia del sistema celular. Las interferencias en los canales de voz causan el "cross - talk", que consiste en que el abonado escucha interferencias "conversaciones de fondo" debidas a una transmisión no deseada de otro abonado.

Sobre los canales de control, las interferencias conducen a llamadas perdidas o bloqueadas debido a errores en la señalización digital. Las interferencias son más fuertes en las áreas urbanas, debido al mayor ruido de radio frecuencia y al gran número de estaciones base y móviles, y son las responsables de formar un cuello de botella en la capacidad de la red y de la mayoría de las llamadas entrecortadas.

Los dos tipos principales de interferencias generadas por sistemas son las interferencias co - canal y las interferencias entre canales adyacentes.

Aunque las señales de interferencia se generan frecuentemente dentro del sistema celular, son difíciles de controlar en la práctica (debido a los efectos de propagación aleatoria). Pero las interferencias más difíciles de controlar causadas por otros usuarios de fuera de la banda (de otros sistemas celulares, por ejemplo), que llegan sin avisar debido a los productos de intermodulación intermitentes o a sobrecargas del terminal de otro abonado.

En la práctica, los transmisores de portadoras de sistemas celulares de otros operadores, son frecuentemente una fuente significativa de interferencias de fuera de banda, dado que la competencia frecuentemente coloca sus estaciones base cerca, para proporcionar una cobertura comparable a sus abonados.

2.3.1 INTERFERENCIA INTRASISTEMA

Este tipo de interferencia es generado por el propio sistema, generalmente por el reuso de frecuencias, y puede ser de dos tipos:

- Interferencia Co - Canal, y;
- Interferencia de Canal Adyacente.

Antes de proceder con el estudio de estas interferencias, se analizará la relación que existe en el empleo del reuso de frecuencias.

2.3.1.1 Distancia del Reuso de frecuencias

Un "cluster" de celdas es un grupo de celdas idénticas, en el cual están repartidas todos los canales disponibles (frecuencias), de manera equitativa. El plan de reuso de frecuencias más utilizado es el plan $N = 7$, donde un cluster esta formado por 7 celdas, (ver **figura 2.6 a**) y entre ellas se reparten los 395 canales de voz y 21 de control. Son aproximadamente 59 canales por célula. Este proceso se repite una y otra vez, como se indica en la **figura 2.6b**, todas las celdas asignadas con las letras A, tienen el mismo grupo de frecuencias, y así sucesivamente.

En este proceso repetitivo, se debe calcular la distancia D , distancia de reuso. Según la **figura 2.7**, según un análisis matemático se tiene lo siguiente¹⁴:

$$D^2 = i^2 + j^2 - 2 i \cdot j \cdot \text{coseno } 120^\circ, \quad d = 4 \cdot i$$

De donde:

$$\frac{D}{d} = \sqrt{3 \cdot N}$$

14 V.H MacDonald, Bell Syst. Tech. Journal, 1978.

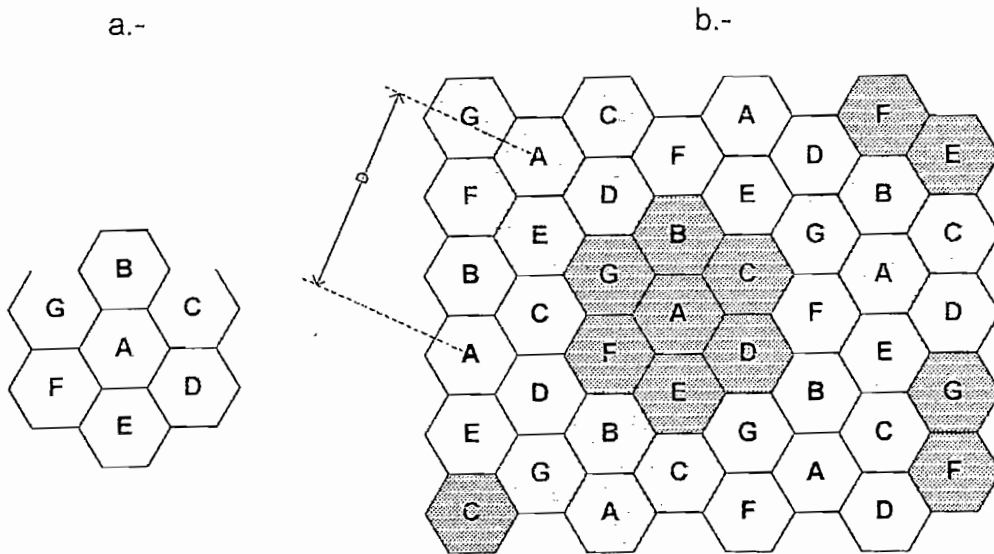


Figura 2.6.- a.- Cluster de 7 celdas
 b.- Agrupación de clusters

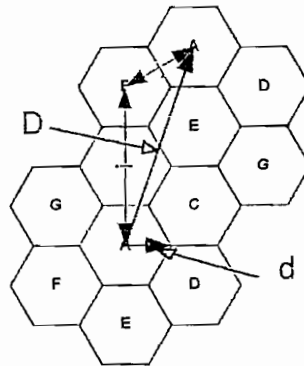


Figura 2.7.- Distancia de reuso de frecuencias

2.3.1.2 Interferencia Co - canal CCI

La re utilización de frecuencias implica que en una área de cobertura dada haya varias celdas que reusen el mismo conjunto de frecuencias. Estas celdas son llamadas celdas co - canal, y la interferencia entre las señales de estas celdas se llama interferencia co - canal. Al contrario del ruido térmico, que se la puede

superar incrementando la relación señal a ruido ("Signal to Noise Ratio" ó SNR), no se la puede combatir simplemente incrementando la potencia de portadora de un transmisor. Esto se debe a que un incremento en la potencia de portadora de transmisión de una celda, incrementa la interferencia hacia las celdas co - canales vecinas. Para reducir la interferencia co - canal las celdas co - canales deben estar físicamente separadas por una distancia mínima que proporcione el suficiente aislamiento por las pérdidas en la propagación.

En un sistema celular ideal, cuando el tamaño de cada celda es aproximadamente el mismo, la interferencia co - canal es aproximadamente independiente de la potencia de transmisión y se convierte en una función del radio de la celda (d), y si (D) es la distancia al centro de la celda co - canal más próxima. Incrementando la relación D/d, se incrementa la separación entre celdas co - canales relativas a la distancia de cobertura.

Una interferencia co - canal es aquella que está utilizando la misma frecuencia portadora que la unidad móvil. Este tipo de interferencia ocurre como resultado del múltiple uso de la misma frecuencia (reuso de frecuencias).

En una estación base la razón portadora - interferencia se calcula de la siguiente manera:

$$\frac{C}{I} = 10 \text{ Log} \left[\frac{1}{j} \left[\frac{D}{d} \right]^n \right]$$

Donde:

- J: cantidad de celdas causantes de interferencia co - canal.
- n: constante de propagación,
 - = 2, para propagación en espacio libre,
 - = 2.5 a 3, para ambiente de propagación suburbano,
 - = 4, para ambiente de propagación urbano.
- D: distancia de reuso de la frecuencia.
- d: radio mayor de la celda.

El parámetro Q, llamado factor de re utilización co - canal, está relacionado con el tamaño del cluster N.

$$Q = 416 / N$$

Un valor pequeño de Q proporciona una mayor capacidad dado que el tamaño del cluster N es pequeño, mientras que un valor de Q grande mejora la calidad de la transmisión, debido que es menor la interferencia co - canal. Se debe llegar a un compromiso entre estos dos objetivos a la hora del diseño. En la **tabla 2.8**, se indica la relación entre D/d, la relación C/I y Q.

Debido al reuso de frecuencias dentro de la banda celular de 800 Mhz y 1900 Mhz, las frecuencias reusadas en otras celdas pueden interferir con la celda en servicio, así que; la interferencia co - canal CCI depende del plan que se utilice, por ello el cluster N= 7 tiene un valor mayor de CCI que el cluster N= 9 y un valor menor que el cluster N= 4.

N	D/d	C/I	Q
3	3	-11	138
4	3.46	-13	104
7	4.58	-18	59
9	5.19	-20	46
12	6	-23	34

Tabla 2.8.- Relación de D/d, C/I y Q

Por ello para reducir el CCI es recomendable incrementar el patrón de reuso lo que es equivalente a incrementar la distancia de reuso entre las celdas del mismo grupo de frecuencias.

El impacto de incrementar el CCI es la degradación de la calidad de voz, este valor es medido en términos de relación Portadora a Interferencia (C/I). Para sistemas análogos, un valor **C/I > 17dB** es considerado apropiado para una buena calidad de voz. En la **tabla 2.9**, se presenta la relación entre el valor de C/I versus el BER que es el equivalente para sistemas digitales.

C/I (dB)	BER (Bit Error Rate)		
	Con diversidad	Sin Diversidad	Calidad de voz
> 20	< 0.3 %	< 1%	Muy buena
17 a 20	0.3 % a 0.8 %	1% a 3%	Buena
12 a 17	> 0.8 %	> 3%	Marginal

Tabla 2.9.- Relación entre C/I y el BER

2.3.1.3 Interferencia Canal Adyacente

Se consideran las interferencias procedentes de señales que son adyacentes en frecuencia a la señal deseada. Estas interferencias están producidas por la imperfección de los filtros en los receptores que permiten a las frecuencias cercanas introducirse dentro de la banda pasante.

El problema puede ser particularmente serio si un usuario de un canal adyacente está transmitiendo en un rango muy próximo al receptor de un abonado, mientras que el receptor está intentando recibir una estación base sobre el canal deseado. A esto se le suele llamar efecto "nearfar", donde un transmisor cercano (que puede ser o no del mismo tipo que el usado en el sistema celular) captura al receptor del abonado.

También se produce este efecto cuando un móvil cercano a una estación base transmite sobre un canal cercano a otro que está usando un móvil débil. La estación base puede tener dificultad para discriminar al usuario móvil deseado del otro, debido a la proximidad entre los canales.

Este tipo de interferencia se puede minimizar filtrando cuidadosamente, y con una correcta asignación de frecuencias. Dado que cada celda maneja sólo un conjunto del total de canales, los canales a asignar en cada celda no deben estar próximos en frecuencias. Además, este tipo de interferencia también se produce cuando la potencia de las portadoras se incrementa en una celda y esto puede causar la interferencia en canales adyacentes en las celdas vecinas.

El estándar IS-136 especifica niveles aceptables para la relación portadora a interferencia adyacente (C/A) que produce una aceptable calidad de voz en términos de BER para interferencia ascendente (uplink) como se especifica en la **tabla 2.10**.

C/A (dB)	BER (Bit Error Rate)
0	0%
-7	3%
-15	10%

Tabla 2.10.- Relación entre C/A y el BER para el enlace ascendente

El standard IS.137 especifica niveles aceptables para C/A que produzca niveles aceptables en la calidad de voz en términos de BER para interferencia en el enlace descendente (downlink), como se indica en la **tabla 2.11**.

C/A (dB)	BER (Bit Error Rate)
-13	<= 3%

Tabla 2.11.- Relación entre C/A y el BER para el enlace descendente

Este valor de C/A en el enlace descendente varía según el fabricante de las estaciones móviles.

Una relación de C/A de cero equivale a que los niveles tanto de la portadora como el nivel de portadora del canal adyacente sean iguales; que es el mejor de los casos.

Una relación negativa de C/A indica que el nivel de la portadora del canal adyacente es mayor que el nivel de la propia portadora, lo que obviamente producirá interferencia y por ello degradaría la calidad de recepción.

2.3.2 INTERFERENCIA INTERSISTEMA

En las bandas celulares de los 800 y 1900Mhz se tienen varios fabricantes, cada uno con diferentes tecnologías como son el TDMA y el CDMA. Estos sistemas pueden servir a la misma área de operación en diferentes bandas y comparten las mismas facilidades, o pueden compartir la misma banda de frecuencias y servir a diferentes áreas adyacentes. En uno de estos casos se tendría la posibilidad de tener una interferencia intersistema.

Se tienen dos tipos de interferencia intersistema:

- Interferencia co-banded.
- Interferencia collocated.

La interferencia co-banded se refiere a los diferentes sistemas que operan en una misma banda. Y la interferencia collocated se refiere a los diferentes sistemas que sirven a una misma área de servicio.

Este tipo de interferencia intersistema se da por ejemplo desde los sistemas GSM1900 o CDMA sobre el sistema TDMA, cuyos mecanismos de interferencia son las emisiones espurias, bloqueo y la intermodulación.

2.3.2.1 Interferencia en el sistema TDMA

Un sistema TDMA puede tener interferencia de cualquiera de los siguientes tipos:

- Sistemas collocated que utilizan frecuencias adyacentes al sistema TDMA, los cuales pueden causar problemas en los canales de la frontera de la banda.
- Sistemas co-banded que utilizan la misma banda de frecuencias en un área adyacente, que pueden causar problemas en los canales co-

canales y canales adyacentes.

- Potencia de la interferencia.
- Tipo de modulación.
- Intermodulación de los transmisores.
- Humo y ruido.
- Ruido de fase.
- Filtrado.
- Tipo de combinadores.

Se tienen tres tipos de mecanismos de interferencia en el sistema TDMA: emisiones espúreas, bloqueo e intermodulación.

2.3.2.1.1 Emisiones espúreas

Se refieren a las emisiones en el terminal de las antenas en una frecuencia o frecuencias que están fuera del ancho de banda autorizado del transmisor.

2.3.2.1.2 Bloqueo

Es una medida de la habilidad del receptor para recibir una señal de entrada en presencia de una señal interferente. La señal interferente es una frecuencia de un co - canal, o canal adyacente o un canal alterno de la señal deseada.

2.3.2.1.3 Intermodulación

Es la medida de la habilidad del receptor para modular la señal de entrada en presencia de una señal modulada y no modulada.

Todos los amplificadores presentan algún grado de no - linealidad entre las señales de entrada y de salida, e introducen cierta distorsión en las señales que

pasan a través de la unidad.

Esta distorsión no lineal se manifiesta con el cambio en la forma de onda que sufren las señales.

Si se sobrepasan los límites de funcionamiento dentro de los márgenes de comportamiento lineal, aumenta la distorsión.

Cuando existe una única señal a la entrada de un amplificador, se produce la denominada distorsión armónica, apareciendo a la salida nuevas señales cuyas frecuencias son valores múltiples de la frecuencia de entrada.

Pero en una red de banda ancha los amplificadores tratan múltiples señales de RF (radio frecuencia), y la energía total que pasa por el equipo puede ser significativa. Además, los requerimientos de diseño obligan generalmente a que se necesiten niveles altos de señal a la salida de los amplificadores, del orden de 106, 108 dBpV, por lo que éstos son bastante susceptibles a trabajar en zonas no lineales, produciéndose un efecto no deseado llamado distorsión por intermodulación.

De esta forma, cuando más de una señal pasa a través de un amplificador, a su salida aparecen nuevas señales que no estaban presentes en la entrada, y se produce tanto distorsión armónica como distorsión por intermodulación. Por lo tanto, para definir las características de distorsión de un dispositivo se debe considerar no sólo el nivel de señal a su salida, sino también el número de señales que pasan a través del mismo.

2.4 CAPACIDAD DE TRÁFICO TELEFÓNICO

Los requerimientos de tráfico o capacidad de suscriptores es la principal consideración que se debe tomar en cuenta para determinar el número de canales de los que dispondría una celda. Para el diseño se debería estimar la máxima capacidad requerida que determine el número necesario de canales que cumplan un cierto grado de servicio.

2.4.1 DEFINICIÓN DE TRÁFICO TELEFÓNICO

Los sistemas celulares cuentan en sus rutas con un gran número de usuarios, en un espectro limitado de radio frecuencia.

La unidad estándar de medida de tráfico telefónico es el Erlang. Un erlang de tráfico indica que un dispositivo o circuito está en uso por una hora. La intensidad de tráfico en una medida de la utilización del canal el cual es el valor promedio de la utilización del canal en erlang. El tráfico por suscriptor se determina de la relación del promedio de llamada y la duración promedio de la misma.

Debido que el tráfico tiende a variar con la hora, la red celular es dimensionada sobre la base de la hora pico u hora de mayor tráfico.

El tráfico en erlangs viene dado por la siguiente expresión:

$$A = \mu \frac{H}{3600}$$

Donde:

- H: Es el tiempo promedio de ocupación del canal en segundos.
- μ : Número promedio de llamadas en la unidad de tiempo (hora).
- A: Cantidad de tráfico ofrecido en erlangs.

2.4.2 GRADO DE SERVICIO

Es la medida de la calidad de servicio telefónico basada en la probabilidad de que una llamada reciba señal de ocupado durante la hora pico del día. El grado de servicio se puede expresar desde el lado del cliente como un porcentaje de intentos de llamada (2%) o como la confiabilidad de la red (98%).

La hora pico de un sistema depende sobremanera de la demanda de los subscriptores durante esa hora en una semana, mes o año. Típicamente la hora pico ocurre en la mañana o noche.

El grado de servicio típicamente está dado como la probabilidad de que una llamada se pierda debido a la congestión del sistema, el valor común del grado de servicio es del 2%.

2.4.3 DEMANDA DE TRAFICO TELEFONICO

Se hacen ciertas suposiciones con el fin de estimar la demanda de tráfico basada en ciertas fórmulas para el efecto. Estas fórmulas ayudan a determinar el número de dispositivos necesarios para soportar una cantidad específica de tráfico con un grado de servicio dado. Las principales fórmulas para el efecto son las de Poisson, Erlang B y Erlang C.

La fórmula Erlang B se utiliza para el tráfico aleatorio en donde se pierden las colas de llamadas. El Erlang B asume el bloqueo de llamadas y las distribuye automáticamente hacia otras rutas, haciendo desaparecer el bloqueo en su sistema.

También existe el Erlang C, esta fórmula de ingeniería de tráfico telefónico es usada cuando el tráfico es aleatorio y se mantienen las colas. El Erlang C asume todas las llamadas, reteniéndolas hasta que una línea esté disponible.

2.5 PLANEACIÓN CELULAR

El concepto fundamental de planeación celular es el de obtener una alta capacidad de tráfico, es decir tener un gran número de abonados por kilómetro cuadrado que sean capaces de usar el sistema mientras se mantiene aceptable la calidad de servicio ofrecida.

El proceso de planeación en el diseño de una red celular consiste en la recolección de datos que incluyen estadísticas, mapas, requerimientos de servicio al cliente, etc. adicionalmente se recurren a requerimientos externos que se desarrollan en fases que representan la expansión del área geográfica cubierta dentro de un momento determinado.

Se deben considerar algunos conceptos dentro de la planeación, algunos de ellos son proporcionados por el cliente mientras que otros requieren de ingeniería para los cálculos, investigación, definición del sitio, etc.

A continuación se enumera algunos conceptos necesarios para la planeación de una celda:

- Cobertura
- Orientación
- Localización
- Calidad de servicio
- Costos
- Sistemas y tipo de equipos
- Tipos de antenas
- Capacidad inicial
- Frecuencias de la celda
- Grado de servicio
- Otros.

2.5.1 FRECUENCIAS DE LA BANDA CELULAR AMPS

2.5.1.1 Banda Celular de 800 Mhz.

La banda de frecuencias asignadas al estándar AMPS (Advanced Mobile Phone Service) tanto en servicio normal como el extendido, se ha dividido en dos conjuntos de frecuencias o canales, banda A y banda B, como se indica en la **tabla 2.12**.

Un canal celular se define por el par de frecuencias desde y hacia la estación base, generalmente las frecuencias que transmite la estación base hacia los móviles se denominan frecuencias de bajada o “downlink”, y las frecuencias que transmiten los móviles hacia la estación base son frecuencias de subida o “uplink”. Las frecuencias “downlink” son frecuencias mayores que las de “uplink”.

La separación de las portadoras de las frecuencias de canales consecutivos es de 30 KHz, la distancia dúplex es la diferencia entre las frecuencias de transmisión y recepción, ésta es de 45 Mhz.

2.5.1.1.1 *Canales de Control Analógicos*

Normalmente las estaciones móviles se sintonizan a uno de los canales de control de su sistema. En referencia a la **tabla 2.12**, los canales de control han sido distribuidos en ambos sistemas: 21 canales para cada uno de ellos, estos canales de control son también llamados canales de control dedicados lo cual significa que los números de canal (frecuencias) están predefinidos y no pueden ser cambiados, por ello la estación móvil sólo tiene que rastrear un número máximo de 21 canales para encontrar el mejor canal de control para sintonizarse.

En la banda A, los canales 313 al 333 se han asignado para utilizarse como canales de control analógicos, en casos necesarios se puede utilizar el canal 312

como de control analógico previa programación en la central de conmutación.

En la banda B, los canales 334 al 354 se han definido como canales de control analógico.

Número de Canal	Frecuencia de recepción	Frecuencia de transmisión	Banda	Número de Canales	Recomendación	
991 ---	824.04 ---	869.04 ---	A"	33	Para canales de control digital Banda A	
1023	825.00	870.00				
1 2 ---	825.03 825.06 ---	870.03 870.06 ---	A	9	Para canales de voz digitales Banda A	
9	825.27	870.27				
10 ---	825.30 ---	870.30 ---		21	303	Para canales de voz analógicos Banda A
312	834.36	879.36				
313 ---	834.39 ---	879.39 ---				
333	834.99	879.99	B	21	Para canales de control analógico Band	
334 ---	835.02 ---	880.02 ---				
354	835.62	880.62		312	312	Para canales de voz analógicos Banda E
355 ---	835.65 ---	880.65 ---				
666	844.98	889.98	A'	50	Para canales de voz Digitales Banda A	
667 ---	845.01 ---	890.01 ---				
716	846.48	891.48	B'	42	Para canales de voz analógicos Banda E	
717 ---	846.51 ---	891.51 ---				
758	847.71	892.71		8	8	Para canales de voz digital Banda B
759 ---	847.74 ---	892.74 ---				
767	847.98	892.98				
799	848.97	893.97				

Tabla 2.12.- Banda de frecuencias del estándar AMPS/DAMPS

2.5.1.1.2 Canales de Voz Analógicos

De acuerdo a la especificación del estándar AMPS, en principio para el sistema A, los canales están numerados desde el 1 al 333. Los canales desde el 1 al 312 son canales de voz y los canales de 313 al 333 son canales de control.

Debido a la demanda de capacidad la banda de frecuencia ha sido extendida en

dos sub bandas A' y A" que corresponden a los canales desde el 667 al 716 y desde el 991 al 1023 lo que da otros 88 canales logrando en total 421 canales para la banda A.

Para la banda B de igual forma se tienen 312 canales de voz, numerados desde el canal 355 al 666, de igual forma y por demanda se ha extendido la banda B' a 83 canales que van desde el 717 al 799.

2.5.1.1.3 Canales de Control Digital

A diferencia de los canales de control analógico, para la asignación de canales de control digital puede ser seleccionado cualquier canal en la banda del sistema.

Esta elección libre de canal aumenta la complejidad de la estación móvil de localizar el canal para la sintonización.

Debido a que no hay canales dedicados para los canales de control digital, cada uno de los fabricantes de estaciones móviles implementa su propio algoritmo para la búsqueda del canal de control digital.

2.5.2 REUSO DE FRECUENCIAS

La planificación de frecuencias es el problema más complejo al que se enfrentan las herramientas de planificación. Para su realización se debe partir de un conjunto de cálculos previos (cobertura, niveles de interferencia y lista de estaciones vecinas), con los que se obtienen las matrices de interferencia y de separación de canales. A partir de éstas, teniendo en cuenta las restricciones impuestas por el usuario, se determinan los canales a asignar, partiendo de algoritmos con diferentes funciones de coste (minimización de las interferencias,

optimización del uso del espectro, etc.).

Hay pocas herramientas que realizan una planificación automática de frecuencias fiable. En la mayoría de los casos las restricciones que se pueden indicar no contemplan todas aquellas consideradas por el operador.

Una vez realizada la planificación de frecuencias debe comprobarse los niveles de interferencia en el sistema. Para ello, se debe poder analizar las interferencias co canal y de canal adyacente en canales diferenciados voz, datos y señalización, para el enlace ascendente y/o descendente. La mayoría de las herramientas permiten realizar estos cálculos de forma más o menos completa (algunas sólo consideran el enlace descendente, otras no diferencian el tipo de interferencia, etc.).

Para la planificación del reuso de frecuencias se parte de los patrones de reuso más conocidos:

- Patrón de reuso 7/21
- Patrón de reuso 4/12 ...
- Patrón de reuso 9/27

2.5.2.1 Patrón de reuso 7/21

Debido a la cantidad limitada del espectro de radio frecuencia, la escasez de frecuencias disponibles para cada operador, conlleva al reuso de las mismas como un medio para incrementar la capacidad de la red.

Las frecuencias son asignadas de tal manera que exista la mínima interferencia co canal y canal adyacente entre las celdas. El reuso de frecuencias está basado en conformar grupos de celdas hexagonales llamados clusters. El tamaño del cluster (grupo de celdas) determina su repetición a lo largo de la red. Los grupos de canales (frecuencias) para el patrón de reuso 7/21 del estándar AMPS esta

distribuido conforme se indica en la **anexo 2** para la banda A y en **anexo 3** para la banda B.

El patrón de reuso de grupos de frecuencias esta designado como la relación N/F, donde N es el número de celdas de un cluster y F es el número de grupos de frecuencias dentro del cluster.

Para el caso concreto de estudio se utiliza el patrón 7/21. El modo de empleo del patrón de reuso se indica en la **figura 2.8**, donde cada hexágono representa a una de las 7 celdas sectorizadas (A, B, C, .. G), cada una de las celdas esta conformada por tres sectores, a cada sector se ha asignado un grupo de los 21 grupos frecuencias (A1, A2, A3, B1, ...G1,G2,G3) indicados en los **anexos 2** y **anexo 3**.

Para el caso específico, los grupos de frecuencia A3 y G2 son grupos de frecuencias adyacentes, por lo tanto en la planificación se recurre a intercambiar entre los grupos G2 y G3 para prevenir interferencias de canal adyacente.

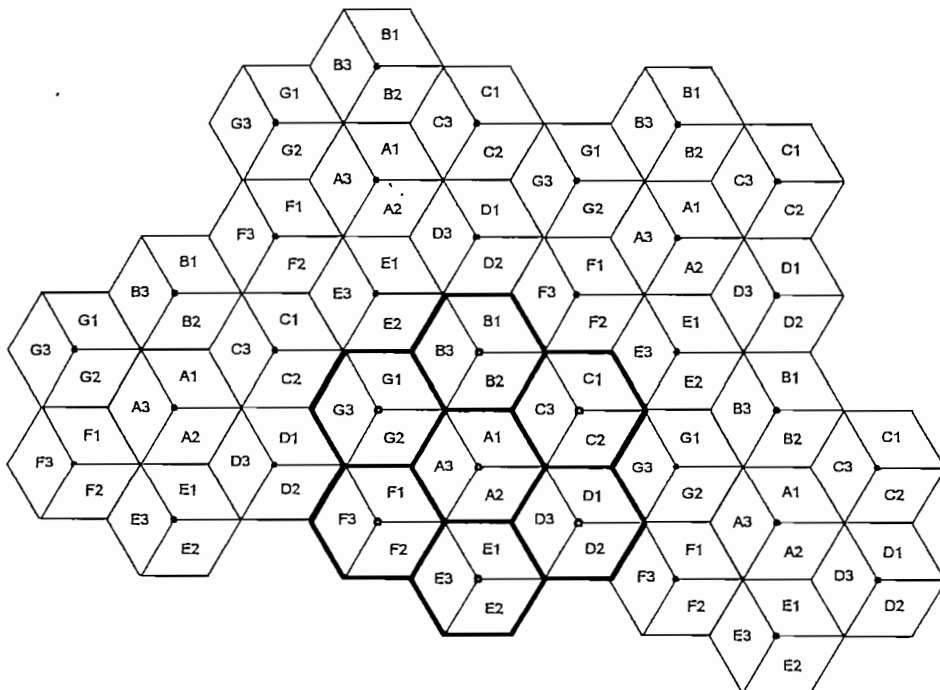


Figura 2.8.- Patrón de reuso 7/21

2.5.2.2 Patrón de reuso 4/12

La asignación de canales por grupo para el patrón de reuso 4/12 se indica en el **anexo 4** para la banda A y en el **anexo 5** para la banda B.

Para el patrón de reuso 4/12, el cluster esta formado por 4 celdas cada uno con 12 grupos de frecuencias, en la **figura 2.9**, se indica el patrón de reuso 4/12.

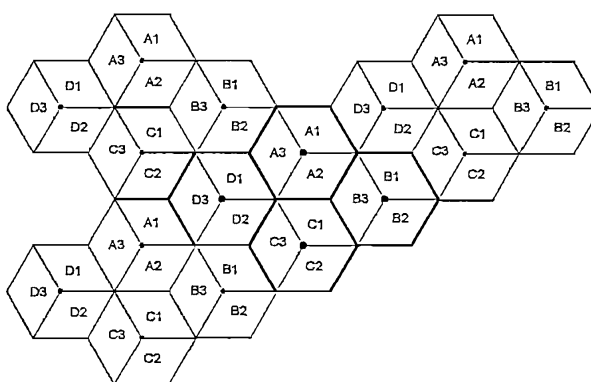


Figura 2.9.- Patrón de reuso 4/12

2.5.2.3 Patrón de reuso 9/27

De igual manera se tiene el patrón de reuso 9/27, el cual dispone de nueve celdas, cada uno se distribuye los 27 grupos de frecuencias. En la **figura 2.10**, se indica el cluster formado por las 9 celdas, cada celda contiene tres grupos de frecuencias.

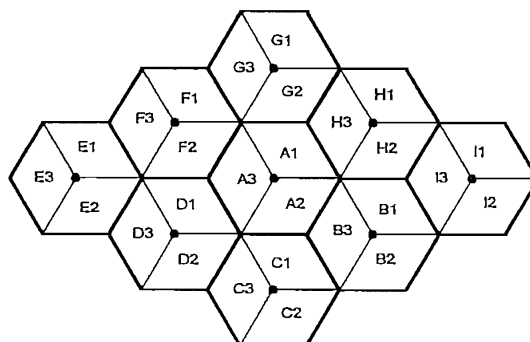


Figura 2.10.- Patrón de reuso 9/27

CAPÍTULO # 3

PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE UNA RED CELULAR

Una vez que la red celular se encuentre implementada y en servicio, ésta debe ser continuamente supervisada en todos sus parámetros con el fin de garantizar el cumplimiento de normas reguladas por organismos internacionales de telecomunicaciones. Por ello, es fundamental la valoración de las especificaciones técnicas de operación de la red, para la implementación de nuevas estaciones base celulares, modificaciones en la configuración de las estaciones base, cambios de frecuencias de la red, modificación de parámetros de operación de la red, etc., al menor costo posible propiciando su mejora.

Los nuevos sistemas tales como las estaciones base que ingresan a la red celular deben cumplir y satisfacer las necesidades para las que fueron diseñados en cuanto a su cobertura y capacidad de tráfico prevista.

Conforme se añaden nuevas estaciones al sistema, el desempeño del nuevo sitio continuamente es supervisado a través de mediciones de campo y por las estadísticas de la central.

Los sistemas existentes requieren continuamente mejoras en el desempeño así como cambios en la configuración de la red debido al constante crecimiento del tráfico.

Estos cambios incluyen nuevas estaciones base, reconfiguraciones de las estaciones, ampliaciones de canales de las estaciones base, cambios de antenas, reorientación de antenas, cambios de frecuencias, modificación de parámetros de cada una de las estaciones base, ampliaciones de la central, actualización de software, reemplazo de hardware, etc.

3.1 PARAMETROS DE MEDICION DEL DESEMPEÑO DE LA RED CELULAR

La evaluación del comportamiento de una red, básicamente se fundamenta en las estadísticas que provee la central de conmutación, obtenida a través de contadores, los cuales son registros de los distintos eventos que ocurren en la red, los mismos que a través de simples fórmulas matemáticas provistas por el fabricante, dan al operador la información necesaria para evaluar, y tomar acciones para el mejoramiento del desempeño de la red.

Los parámetros de medición de una red celular son:

- Servibilidad,
- Accesibilidad,
- Continuidad, e;
- Integridad.

Siendo éstas tres últimas definiciones subconjuntos de la primera. Estas definiciones son obtenidas del estándar ITU-T E.800, ver **anexo 6**.

Estos términos de calidad no son únicos para redes celulares. Ellos pueden ser utilizados para comparar el desempeño y características de calidad de redes AMPS/TDMA y otros tipos de redes inalámbricas

- *Desempeño de Servicio (servibilidad)*

"Aptitud de un *servicio* para ser obtenido cuando lo solicite el *usuario* y para continuar siendo prestado sin degradaciones excesivas y con la *duración* deseada, dentro de las tolerancias y demás condiciones especificadas"¹

- *Desempeño de Acceso (accesibilidad)*

"Aptitud de un *servicio* para ser obtenido, con las tolerancias y demás condiciones especificadas, cuando lo solicite el *usuario*.

NOTA – La *accesibilidad* tiene en cuenta las tolerancias de transmisión y los efectos

¹ Tomado del estándar ITU-T E.800 pág. #13, 8/94.

combinados de la *característica de propagación*, de la *aptitud para cursar tráfico* y de la *disponibilidad* de los sistemas correspondientes.”¹

La accesibilidad es una medida de las llamadas originadas y terminadas y se compone de los siguientes subconjuntos:

- Porcentaje de intentos de acceso terminados.
 - Porcentaje de accesos originados aceptados.
 - Eficiencia del voceo del canal del control digital.
 - Porcentaje de designación de canal de voz digital exitoso.
 - Porcentaje de confirmación de designación de canal de voz digital.
- *Desempeño de Continuidad (retentibilidad)*
*“Probabilidad de que un servicio, una vez obtenido, continúe prestándose en condiciones determinadas con una duración dada”*²

Los criterios de desempeño de una llamada completada son parte de las mediciones de retentibilidad (continuidad). La retentibilidad esta determinada por las siguientes mediciones:

- Porcentaje de llamadas analógicas y digitales pérdidas incluyendo las llamadas caídas por handoff en la banda de 800 Mhz..
 - Porcentaje de llamadas caídas analógicas y digitales por handoff en los sistemas que operan en ambas bandas de 800 y 1900 Mhz. Son consideradas llamadas caídas por handoff entre estas dos bandas de operación.
- *Integridad*
*“Grado en que un servicio, una vez obtenido, se presta sin degradaciones excesivas.”*³

Además de estos conceptos, en un sistema de telefonía móvil celular, se disponen de otros que se analiza en la siguiente sección.

2 Tomado del estándar ITU-T E.800 pág. #14, 8/94.

3 Tomado del estándar ITU-T E.800 pág. #15, 8/94.

3.1.1 FUENTES DE MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO

Las fuentes estadísticas de medición del desempeño de la calidad de la red celular se refieren a toda información que provee la central de conmutación acerca del comportamiento de las estaciones base, así como de las estaciones móviles, las mismas que se complementan con datos de las pruebas de campo, y que ayudan a analizar los resultados y resolver los problemas de calidad de una red.

Los datos de la central de conmutación incluyen toda información pertinente a los canales de control, canales de voz, el registro de estaciones móviles en la estación base, así como datos de configuración de la celda, datos y registros de alarmas e históricos de operación de cada dispositivo.

De igual manera, la central dispone de información de control, origen, distribución, y terminación de llamadas originadas y concluidas por la estación móvil, esta información puede ser obtenida por comandos propios de la central para el análisis y configuración de los diversos parámetros de las estaciones base.

Para la evaluación del desempeño de una red celular se recurre a los contadores de la central de conmutación. Para el objeto de estudio de este trabajo, se menciona las siguientes categorías de contadores:

- Categoría de Registro de abonado
- Categoría de Acceso de llamada al canal de control analógico
- Categoría de Selección de canal de voz
- Categoría de Desconexión del móvil
- Categoría del proceso de Handoff
- Categoría de Acceso de llamada al canal de control digital

Cada una de estas categorías está formada por varios tipos de contadores, los cuales se incrementan de acuerdo a las circunstancias establecidas según el comportamiento del sistema.

La denominación de cada contador esta supeditada por el proveedor⁴, en definitiva lo que nos interesa es el concepto. Las siguientes expresiones⁵ son las fuentes de medición necesarias para el objeto de estudio de este trabajo:

- *Número de llamadas exitosas totales*

Indica el número de llamadas que se han realizado exitosamente en la central. La llamada exitosa esta definida cuando la central recibe la confirmación de la estación móvil que se ha sintonizado al canal de voz asignado. Los contadores que registran este evento son:

(VCDESB2 + VCDESA2)

Donde:

VCDESB2: Contador que registra el número de designaciones exitosas del canal de voz antes del segundo intento de designación.

VCDESA2: Contador que registra el número de designaciones exitosas del canal de voz después del segundo intento de designación.

- *Número de llamadas exitosas digitales*

Indica el número de llamadas digitales que se han realizado exitosamente en la central. La llamada exitosa esta definida cuando la central recibe la confirmación que la estación móvil se ha sintonizado a su canal de voz asignado. Los contadores que registran este evento son:

(DVCDESA + DVCDESB)

4 Los contadores a la que se hace referencia corresponden a la central de conmutación Ericsson

5 Las expresiones matemáticas para la determinación de las diferentes mediciones son desarrolladas por Ericsson, de las cuales para este trabajo solo las aplicamos para nuestras mediciones.

Donde:

DVCDESA: Contador que registra el número de designaciones exitosas del canal de voz digital antes del segundo intento de designación.

DVCDESB: Contador que registra el número de designaciones exitosas del canal de voz digital después del segundo intento de designación.

- *Número total de accesos de llamada*

Indica el número de accesos originados y terminados que la central ha detectado, no necesariamente un acceso de llamada llega a ser una llamada, el cual indica el nivel de congestión del sistema.

(ORGACC + PAGE1 + PAGE2 + PAGE3)

Donde:

ORGACC: Contador que registra todos los accesos originados y aceptados por el sistema.

PAGE1: Contador que registra el número de respuestas recibidas después del primer mensaje enviado por la estación móvil.

PAGE2: Contador que registra el número de respuestas recibidas después del segundo mensaje enviado por la estación móvil.

PAGE3: Contador que registra el número de respuestas recibidas después del tercer mensaje enviado por la estación móvil.

- *Número total de accesos de llamada digital*

Indica el número de accesos originados y terminados digitales que la central ha detectado, no necesariamente un acceso de llamada llega a ser una llamada, es la medición del nivel de congestión del sistema.

(ORGACCD + PAGE1D + PAGE2D + PAGE3D)

Donde:

ORGACCD: Contador que registra todos los accesos digitales originados y aceptados por el sistema.

PAGE1D: Contador que registra el número de respuestas recibidas después del primer mensaje enviado por la estación móvil digital.

PAGE2D: Contador que registra el número de respuestas recibidas después del segundo mensaje enviado por la estación móvil digital.

PAGE3D: Contador que registra el número de respuestas recibidas después del tercer mensaje enviado por la estación móvil digital.

- ***Porcentaje de llamadas caídas***

Es el porcentaje de llamadas que una vez establecidas, por cualquier razón se interrumpen en cualquier momento sin la intervención del usuario. Una llamada caída puede ser debido a la degradación de la señal de transmisión o por handoff.

$$DC = 100 \times \frac{DRPCLT}{(VCDESB2 + VCDESA2)} \%$$

Donde:

DRPCLT: Contador que registra todas las llamadas caídas.

(VCDESB2 + VCDESA2): Es el número de llamadas exitosas.

- ***Porcentaje de llamadas caídas Digitales***

$$DC(D) = 100 \times \frac{DRPCLD}{(DVCDESB + DVCDESA)} \%$$

Donde:

DRPCLD: Contador que registra todas las llamadas digitales caídas.

(DVCDESB + DVCDESA): Número de llamadas exitosas digitales.

- ***Porcentaje de llamadas caídas Analógicas***

$$DC(A) = 100 \times \frac{(DRPCLT - DRPCLD)}{(VCDESB2 + VCDESA2 - DVCDESB - DVCDESA)} \%$$

El porcentaje de llamadas caídas analógicas es la diferencia entre las llamadas caídas totales y las llamadas caídas digitales sobre la diferencia de las llamadas establecidas totales y las llamadas establecidas digitales.

- *Porcentaje de llamadas caídas por bajo nivel de señal*

Es el porcentaje de llamadas totales que una vez establecidas, son liberadas por la central de conmutación debido a bajos niveles de recepción, también denominado por el término inglés llamadas caídas por "clearings".

$$CLRNG(T) = 100 \times \frac{CLRNG}{(VCDESA2 + VCDESB2)} \%$$

Donde:

CLRNG: Contador que registra todas las llamadas caídas debido a la insuficiencia del nivel de recepción.

(VCDESA2 + VCDESB2): Número de llamadas exitosas totales.

- *Porcentaje de llamadas caídas Digitales por bajo nivel de señal*

Es el porcentaje de las llamadas caídas digitales por bajo nivel de señal sobre el número total de llamadas establecidas digitales.

$$CLRNG(A) = 100 \times \frac{CLRNGD}{(DVCDESA + DVCDESB)} \%$$

Donde:

CLRNGD : Es el contador que registra todas las llamadas caídas digitales debido a la insuficiencia del nivel de recepción.

(DVCDESA + DVCDESB): Número de llamadas establecidas exitosas digitales.

- *Porcentaje de llamadas caídas Analógico por bajo nivel de señal*

$$\text{CLRNG(A)} = 100 \times \frac{(\text{CLRNG} - \text{CLRNGD})}{(\text{VCDESA2} - \text{DVCDESA} + \text{VCDESB2} - \text{DVCDESB})} \%$$

El porcentaje de llamadas caídas analógicas es la diferencia entre las llamadas caídas totales y las llamadas caídas digitales sobre la diferencia de las llamadas establecidas totales y las llamadas establecidas digitales, referido a las llamadas caídas por bajo nivel de señal.

- *Desempeño de Servicio*

Es la aptitud de un servicio para ser obtenido por el usuario cuando sea requerido. En este cálculo se considera a las llamadas caídas, así como a todos los intentos de llamada que registra el sistema por congestión. Normalmente este valor viene dado en porcentaje, en un sistema ideal este valor es del 100%.

$$\text{SP} = 100 \times \frac{(\text{VCDESB2} + \text{VCDESA2} - \text{DRPCLT})}{(\text{ORGACC} + \text{PAGE1} + \text{PAGE2} + \text{PAGE3} + \text{ORGACCD} + \text{PAGE1D} + \text{PAGE2D} + \text{PAGE3D} + \text{DRIACVC})} \%$$

Donde:

(VCDESB2 + VCDESA2): Es el número de llamadas exitosas totales.

DRPCLT: Es el número de llamadas caídas totales.

(ORGACC+PAGE1+PAGE2+PAGE3): Número total de accesos de llamadas analógicas.

(ORGACCD+PAGE1D+PAGE2D+PAGE3D): Número total de accesos de llamada digitales.

DRIACVC: Contador que registra el número de accesos de intentos redireccionados por congestión del canal de voz.

- *Desempeño de Acceso*

Es la aptitud que tiene el usuario para obtener el servicio. No considera a las llamadas caídas que registra el sistema.

$$AP = 100 \times \frac{(VCDESB2 + VCDESA2)}{(ORGACC+PAGE1+PAGE2+PAGE3+ORGACCD+PAGE1D+PAGE2D+PAGE3D+DRIACVC)} \%$$

Donde:

(VCDESB2 + VCDESA2): Es el número de llamadas exitosas totales.

(ORGACC+PAGE1+PAGE2+PAGE3): Número total de accesos de llamadas analógicas.

(ORGACCD+PAGE1D+PAGE2D+PAGE3D): Número total de accesos de llamada digitales.

DRIACVC: Contador que registra el número de accesos de intentos redireccionados por congestión del canal de voz.

- *Desempeño de Continuidad*

Es la probabilidad de que una vez obtenido el servicio, este continúe prestándose sin interrupción. En el cálculo se considera a las llamadas caídas cuyo porcentaje tiende al 100% conforme las llamadas caídas disminuyan.

$$RP = 100 \times \frac{(VCDESB2 + VCDESA2 - DRPCLT)}{(VCDESB2 + VCDESA2)} \%$$

Donde:

(VCDESB2 + VCDESA2): Es el número de llamadas exitosas totales.

DRPCLT: Contador que registra el número de llamadas caídas totales.

3.2 MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA RED CELULAR

La realización de este trabajo está basado en la ejecución de pruebas, análisis y experimentos realizados en la red celular urbana de la ciudad de Guayaquil, cuyo objetivo fundamental es disminuir el porcentaje de llamadas caídas que de una u otra manera afectan el desempeño tanto para el proveedor como para el usuario.

Es así, que para realizar este trabajo se consideró como modelo de estudio a la red celular de la compañía BellSouth, cuya red; así como la central de conmutación y las estaciones de radio base, esta compuesta por equipos provistos por el fabricante sueco Ericcson, y los equipos de transmisión de los fabricantes Ericsson y Siemens.

Los contadores de que dispone la central de conmutación registran todo evento que se produce en la red, para el análisis y cálculo de estos datos se requiere de tiempo y obviamente de las herramientas necesarias y adecuadas para el procesamiento de la gran cantidad de información que se dispone, en la mayoría de los casos no es necesario procesar toda la información, sino que sobre la base de una muestra del todo es suficiente para analizar la tendencia del comportamiento de un sistema, y en casos necesarios solamente se recurre a mediciones detalladas para la detección y análisis de un problema.

La muestra necesaria que se considera para el análisis de datos estadísticos que provee la central son datos medidos en la hora pico de un sistema ya sea celular o fijo.

3.2.1 DETERMINACIÓN DE LA HORA PICO

La hora pico se define como la hora donde se registra el mayor tráfico en cualquier red telefónica. En una red celular, generalmente el mayor tráfico ocurre en horas de la mañana o en horas de la tarde, todo depende de la ubicación de la

estación base, distribución de los abonados o el área geográfica a la que se provea el servicio.

La información de la hora pico es una referencia estadística para la evaluación de un sistema telefónico. En una red celular, debido a la cantidad de información que se dispone referente a datos de la red, abonados, etc. resulta en cierta manera difícil de procesar, por ello se recurre a la información que se puede disponer de la hora pico, cuya muestra de tráfico representa un alto grado de probabilidad de que la medición realizada sobre esta hora sea el reflejo del total.

La hora pico se ha definido al periodo de tiempo entre las 10h00 y las 11h00, porque se estima que es la hora de mayor actividad de la red. Obviamente hay estaciones base que por su ubicación, el mayor tráfico lo manejan a otra hora del día.

Como información, en el **anexo 7**, se dispone las mediciones de tráfico durante las cuatro primeras semanas del periodo de medición de las veinte celdas urbanas de la ciudad de Guayaquil que manejan el mayor tráfico. De estas mediciones, se observa que por lo general son las mismas celdas las que tienen el mayor tráfico.

Así mismo, en el **anexo 8**, se muestra el tráfico diario por el lapso de una semana de las cinco celdas con mayor tráfico. El comportamiento del tráfico es similar en cada celda, cada una de ellas tiene su propia hora pico.

La medición del tráfico en una celda se realiza con base en el número de llamadas establecidas en la celda dividido por el tiempo de ocupación de todos sus canales de voz de la celda. Esta diferencia se mide en erlangs, que es la unidad de medida del tráfico. Un erlang corresponde a una llamada realizada en una hora.

En la **tabla 3.1**, se presenta la medición del tráfico analógico así como del digital realizado en el lapso de un día en las 88 celdas urbanas de la ciudad de

Guayaquil, en él se determina que el 7.61% del tráfico total corresponde al tráfico entre las 10h00 y las 11h00. Este porcentaje de medición en la hora pico es una muestra aceptable para la evaluación del comportamiento de la red.

Ciertas mediciones que se incluyen para este trabajo son mediciones realizadas en la hora pico mientras no se indique lo contrario.

Tráfico (Erlangs)	Tráfico de 00h00 a 23h59	Tráfico de 10h00 a 11h00	Porcentaje de tráfico de 10h00 a 11h00
Total Tráfico Analógico	2131.30	166.50	7.81 %
Total Tráfico Digital	3920.30	293.80	7.49 %
Total Tráfico Urbano	6051.60	460.30	7.61 %

Tabla 3.1.- Resumen del tráfico de un día de las celdas urbanas de la ciudad de Guayaquil

3.2.2 MEDICIONES REALIZADAS

El objeto de este trabajo requiere inicialmente recopilar la información necesaria del estado actual de la red urbana y sobre la base de ello proceder a analizar y ejecutar los diversos procesos con miras a obtener como resultado la disminución del porcentaje de llamadas caídas de la red urbana de la ciudad de Guayaquil. El resultado que se espera, desde todo punto de vista es factible debido que es la primera vez que se ejecuta un trabajo de esta índole en una red que por el incremento de tráfico no se ha tenido la oportunidad de optimizarla.

El desarrollo de este trabajo se sustenta en mediciones realizadas en la red celular de la empresa BellSouth en la ciudad de Guayaquil durante el año 2000 durante 9 semanas consecutivas comprendidas de la siguiente manera:

- Semana 1, desde el 28 de agosto al 1 de septiembre del 2000.
- Semana 2, desde el 4 de septiembre al 8 de septiembre del 2000.
- Semana 3, desde el 11 de septiembre al 15 de septiembre del 2000.
- Semana 4, desde el 18 de septiembre al 22 de septiembre del 2000.

- Semana 5, desde el 25 de septiembre al 29 de septiembre del 2000.
- Semana 6, desde el 2 de octubre al 6 de octubre del 2000.
- Semana 7, desde el 9 de octubre al 13 de octubre del 2000.
- Semana 8, desde el 16 de octubre al 20 de octubre del 2000, y finalmente, la
- Semana 9, desde el 23 de octubre al 27 de octubre del 2000.

En este periodo de medición fue posible determinar la tendencia del comportamiento del sistema, de donde se parte para el análisis respectivo que permitirá ejecutar los diversos procesos.

Los nombres de las estaciones base han sido simplificados.

La información requerida previa al análisis es:

- Número de llamadas caídas.
- Congestión de la red urbana.
- Llamadas por baja calidad de la señal.
- Razones de desconexión de llamadas.

Para la obtención de los datos para el análisis y pruebas se puede recurrir directamente a los datos que la central de conmutación dispone a través de sus contadores, en formato de texto.

Debido a la cantidad de información, conlleva a realizar un gran esfuerzo en el procesamiento y cálculo, por ello para facilitar el proceso de la información se recurrió a la herramienta de medición CMOS (Cell Management Operation System) de la marca Ericsson que dispone el operador.

La diversa información procesada del CMOS, posteriormente se analiza con herramientas para el procesamiento de datos como los paquetes utilitarios de Excel y Fox.

3.2.3 ESTRUCTURA DE LA RED CELULAR DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

La red celular de la ciudad de Guayaquil esta compuesta aproximadamente por 41 estaciones base celulares sectorizadas aproximadamente en 88 sectores y distribuidos de acuerdo a la exigencia del tráfico y cobertura de la ciudad.

Una red celular en general esta compuesta por estaciones base ubicadas estratégicamente en áreas determinadas en base a estudios estadísticos previos que garanticen una aceptable cobertura y servicio, estas áreas han sido divididas en:

- Área urbana,
- Área rural, y
- Área suburbana.

El área urbana se refiere al área geográfica cuyo servicio celular está cubierto por celdas urbanas donde la estación móvil puede mantener el servicio celular a lo largo de su recorrido entre celdas a través del proceso de handoff.

Además, para considerar a una celda como urbana, ésta debe presentar un porcentaje inferior al 6 % de accesos lejanos; como acceso lejano se considera al porcentaje de muestras de llamadas cuyos niveles de recepción son inferiores a -101 dBm.

El porcentaje del 6 %, es un valor obtenido a través del comportamiento de los accesos de las estaciones móviles a las celdas, el mismo que se analiza en el capítulo siguiente.

Como celdas suburbanas se consideran a las celdas que siendo parte de una área urbana, la estación móvil en servicio en esta zona urbana no puede mantener su servicio por falta de cobertura de celda contiguas.

En la **figura 3.1**, se indica la distribución de celdas para una área determinada,

las celdas en color oscuro son las celdas suburbanas, las celdas interiores son las celdas urbanas.

Las celdas rurales son las celdas ubicadas en zonas extensas cuyo proceso de handoff de la estación móvil no es viable por falta de celdas contiguas a la de servicio.

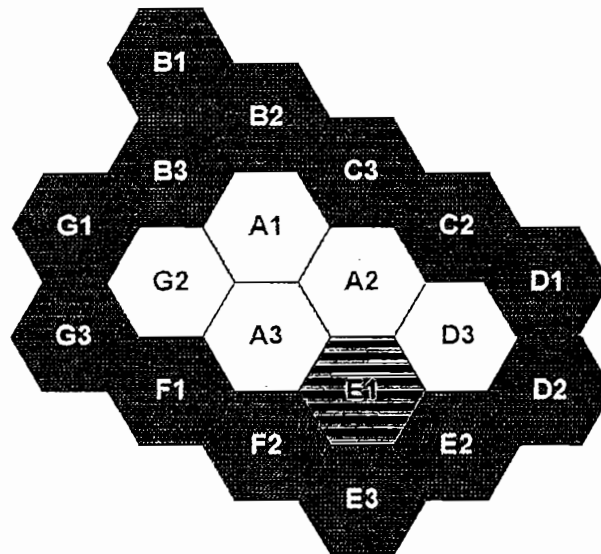


Figura 3.1.- Celdas urbanas y celdas sub urbanas

Bajo este criterio, las 88 estaciones celdas urbanas de la red urbana de la ciudad de Guayaquil, se han distribuido de acuerdo a la geografía de la ciudad, como se indica en la **tabla 3.2**.

La denominación de las celdas corresponde a las siglas de la zona geográfica ya sea para la zona sur corresponde "SU", zona norte "NT", zona centro "CE", zona sur oeste "SO", zona norte oeste "NO", seguido de un número consecutivo que identifica a la estación base más una letra que corresponde al sector. Si sector de la estación es omni direccional, se denota con la letra "N", para el sector A con la letra "A", para el sector B con la "B" y finalmente para el sector C con la "C".

ESTACIONES BASE CELULAR DE LA ZONA URBANA DE GUAYAQUIL				
Zona Sur	Zona SurOeste	Zona Norte	Zona Centro	Zona NorOeste
SU01A	SO01A	NT01A	CE01N	NO01N
SU01B	SO01B	NT01B	CE02B	NO02A
SU01C	SO01C	NT01C	CE02C	NO02B
SU02A	SO02A	NT02A	CE03A	NO02C
SU03A	SO03A	NT02B	CE03B	NO03A
SU04A		NT02C	CE03C	NO03B
SU04B		NT03A	CE04A	NO03C
SU04C		NT03B	CE04B	NO04A
SU05A		NT03C	CE04C	NO04C
SU05B		NT04A	CE05A	NO05A
SU05C		NT04B	CE05B	NO05B
		NT04C	CE05C	NO05C
		NT05C	CE06A	NO06N
		NT06N	CE06B	NO07A
		NT07A	CE06C	NO07B
		NT07B	CE07A	NO08N
		NT07C	CE07B	NO09A
		NT08A	CE07C	NO09B
		NT08B	CE08A	NO10A
		NT08C	CE08C	NO10B
		NT09A		
		NT09B		
		NT09C		
		NT10A		
		NT10B		
		NT10C		
		NT11A		
		NT11B		
		NT11C		
		NT12B		
		NT12C		
		NT13A		

Tabla 3.2.- Distribución de las celdas en la ciudad de Guayaquil

3.2.4 LLAMADAS CAIDAS DE LA RED URBANA DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

Se considera como llamada caída a toda llamada en progreso “conversación” y que por cualquier razón ajena al usuario se interrumpe.

Para la medición del número de llamadas caídas de las celdas de la zona urbana de la ciudad de Guayaquil, se recurrió a los datos de los contadores que provee la central de conmutación, los cuales son:

- DRPCLT, Contador que registra el número total de llamadas caídas.
- DRPCLD, Contador que registra el número total de llamadas caídas digitales.
- La diferencia entre los contadores DRPCLT – DRPCLD, da el número de llamadas caídas analógicas.

En la **sección 3.1.1**, se indica los contadores que determinan el número de llamadas establecidas totales y digitales, la diferencia entre éstas nos muestra las llamadas establecidas analógicas.

Con estos datos, se elaboró la información detallada en el **anexo 9**, en donde se presenta por cada una de las nueve semanas, las mediciones del número de llamadas caídas totales, llamadas caídas digitales, llamadas establecidas totales y llamadas establecidas digitales, y de éstos datos, se obtienen para el analógico.

En la **tabla 3.3**, se presenta el resumen por semana de las llamadas caídas obtenidas del **anexo 9**. El porcentaje de llamadas caídas totales al término de la novena semana es 1.69%, que corresponde al 2.40% para las llamadas caídas analógicas y 1.19% para las llamadas caídas digitales.

En la **figura 3.2**, se visualiza la tendencia del porcentaje de llamadas caídas de la zona urbana de ciudad de Guayaquil durante las nueve semanas de medición.

LLAMADAS CAÍDAS TOTALES DE LA ZONA URBANA DE GUAYAQUIL							
Semana	Número de llamadas establecidas analógicas	Número de llamadas establecidas digitales	Número de llamadas caídas analógicas	Número de llamadas caídas digitales	Porcentaje de llamadas caídas analógicas	Porcentaje de llamadas caídas digitales	Porcentaje de llamadas caídas totales (analógicas + digitales)
Semana 1	56626	73892	1266	1163	2.24%	1.57%	1.86%
Semana 2	55350	71894	1320	876	2.38%	1.22%	1.73%
Semana 3	54391	70700	1393	921	2.56%	1.30%	1.85%
Semana 4	45108	84488	1317	911	2.97%	1.08%	1.74%
Semana 5	48905	95745	1293	971	2.64%	1.01%	1.57%
Semana 6	38481	75566	968	815	2.52%	1.08%	1.56%
Semana 7	44145	80628	1495	851	3.39%	1.06%	1.88%
Semana 8	47504	88512	1495	887	3.15%	1.00%	1.75%
Semana 9	64308	89709	1541	1065	2.40%	1.19%	1.69%
Promedio					2.69%	1.17%	1.74%

Tabla 3.3.- Llamadas caídas totales de la zona urbana de Guayaquil

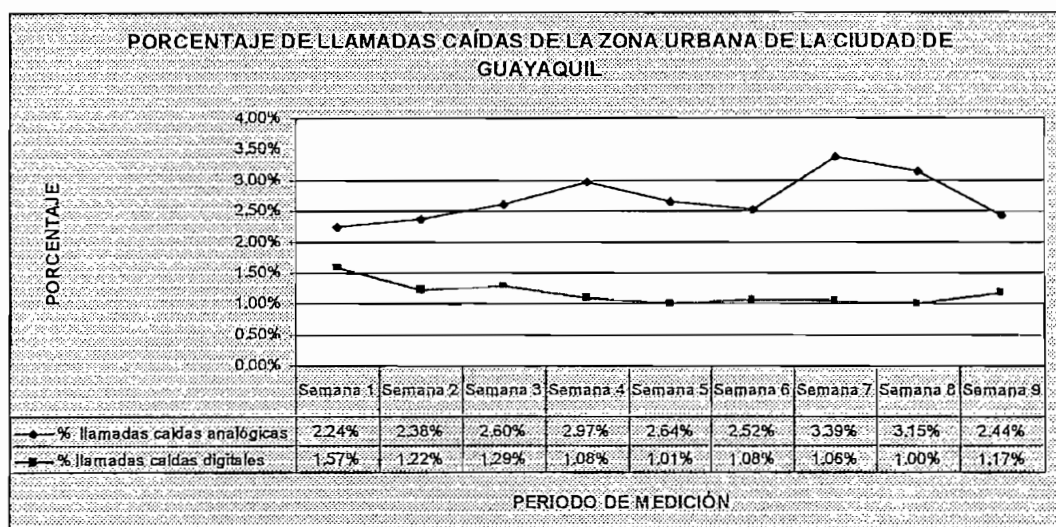


Figura 3.2.- Porcentaje de llamadas caídas de la zona urbana de Guayaquil

A lo largo del periodo de medición de las nueve semanas, el porcentaje de las llamadas caídas se ha mantenido estable, cuya variación ha fluctuado entre 2.24% hasta 3.39% para las llamadas caídas analógicas, y desde el 1.0% hasta 1.57% para las llamadas caídas digitales, por lo tanto el comportamiento de las llamadas caídas se considera un proceso estable y que puede ser controlado.

El porcentaje de llamadas caídas de acuerdo a las normas establecidas por la

Superintendencia de telecomunicaciones es, ver **anexo 10**:

- Zona urbana, menor al 2 %,
- Zona sub urbana, menor al 5 %, y
- Zona rural, menor al 7 %.

Otra ventaja que se tiene, es que las llamadas caídas en las celdas urbanas se han venido manteniendo, es decir que siempre son las mismas celdas que presentan un porcentaje similar en el periodo de la medición y ésta información nos ayuda a aplicar los procesos directamente sobre esa celda y comprobar el efecto causado en aras de disminuir el porcentaje deseado.

Por otro lado, al analizar los resultados obtenidos; los mismos que se muestran en el **anexo 9**, se comprueban que las llamadas caídas dependen de la zona geográfica de la ciudad de Guayaquil, siendo mayor en las zonas centro y norte que en las zonas sur y sur oeste de la ciudad.

Esta explicación se debe a que en las zonas centro y norte se encuentra la mayor cantidad del tráfico, la zona centro involucra al casco comercial y bancario de la ciudad de Guayaquil, la zona norte es comercial y en franco progreso de desarrollo. En cambio las zonas sur y sur oeste son zonas prácticamente residenciales cuya cantidad de tráfico difiere con el de las zonas centro y norte.

Por lo tanto, las llamadas caídas dependen también del tráfico que maneja la celda, mientras más tráfico maneja la celda hay mayor probabilidad que se produzcan más llamadas caídas.

En conclusión, de acuerdo a las mediciones se tiene que las celdas con mayor número de llamadas caídas son: CE05A, CE05B, NO04C, SO03A, SU01C, NT12B, SO02A, NT07B, CE02B.

3.2.5 CONGESTIÓN DE LA RED URBANA DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

Otra medición necesaria para el análisis del problema es la congestión de la red urbana. Los contadores que dan información de la congestión son:

DRIVCCO, Contador que registra el número de intentos fallidos a la celda.

ORGACC: Contador que registra todos los accesos originados y aceptados por el sistema.

PAGE1: Contador que registra el número de respuestas recibidas después del primer mensaje enviado por la estación móvil.

PAGE2: Contador que registra el número de respuestas recibidas después del segundo mensaje enviado por la estación móvil.

PAGE3: Contador que registra el número de respuestas recibidas después del tercer mensaje enviado por la estación móvil.

DRIACVC: Contador que registra el número de accesos al intento redireccionado debido a la congestión del canal de voz.

El número de intentos exitosos esta determinado por la siguiente expresión:

$$\text{ORGACC} + \text{PAGE1} + \text{PAGE2} + \text{PAGE3} + \text{DRIACVC}$$

El porcentaje de congestión analógica de la red esta expresado por:

$$\text{Cong(A)} = 100 \times \frac{\text{DRIVCCO}}{(\text{ORGACC} + \text{PAGE1} + \text{PAGE2} + \text{PAGE3} + \text{DRIACVC})} \%$$

En la **tabla 3.4**, se indica el porcentaje de congestión analógico medido en la hora pico durante los 7 días de la semana durante las nueve semanas.

Durante el periodo de medición, la tendencia del porcentaje de congestión se mantiene estable y dentro de los límites tolerables por los organismos de Telecomunicaciones que es el 2% de congestión.

En el **anexo 10**, se indica las recomendaciones de la Superintendencia de telecomunicaciones en cuanto a los niveles de congestión de la red telefónica celular.

Una de las causas que provocan la caída de una llamada es el proceso de handoff que realiza la estación móvil durante su desplazamiento desde una celda hacia otra.

Durante el proceso de handoff, el móvil realiza un traspaso hacia una celda obligadamente, por lo tanto esta celda debe tener disponibilidad de canales de voz para aceptar al móvil.

En el caso que hubiera congestión en la celda, significa que la estación móvil debe realizar el traspaso hacia una celda que no dispone de canales de voz libres para asignar al nuevo usuario.

Por lo tanto, esto conlleva a que una de las causas que provocan las llamadas caídas sean producto de la congestión de la red.

De acuerdo a los resultados de los porcentajes de la medición de congestión expresados en la **tabla 3.4**, se descarta que el porcentaje de llamadas caídas se deba a la congestión.

CONGESTIÓN DE LA RED URBANA DE LA RED GUAYAQUIL			
Semana	Intentos de llamadas	Intentos de llamadas perdidos	Porcentaje de congestión
Semana 1	49361	233	0.47%
Semana 2	50154	25	0.05%
Semana 3	47897	23	0.05%
Semana 4	46770	22	0.05%
Semana 5	47391	63	0.13%
Semana 6	40254	43	0.11%
Semana 7	51327	58	0.11%
Semana 8	55375	55	0.10%
Semana 9	48948	119	0.24%

Tabla 3.4.- Porcentaje de congestión analógico

3.2.6 LAMADAS CON BAJA CALIDAD DE SEÑAL

Una llamada de baja calidad, se considera a la llamada cuyo nivel de señal respecto al nivel de ruido este por debajo de los 28 dB, es decir; que la relación señal a ruido debe ser $S/N < 28$ dB, para el caso de las llamadas analógicas. En el caso de las llamadas digitales, se consideran llamadas con baja calidad si su tasa de error BER sea mayor que el 3%. La tasa del BER en los dispositivos digitales es medido antes del proceso de corrección de errores.

En la **tabla 3.5**, se tiene del número de llamadas ruidosas tanto en los dispositivos analógicos como en los digitales.

En el **anexo 11**, se adjunta la información de cada una de las celdas urbanas de la ciudad de Guayaquil de las nueve semanas del periodo de medición en donde se indica el porcentaje de muestras de llamadas que tienen una relación señal - ruido menor a 28 dB para los dispositivos analógicos, y un BER > 3% para los dispositivos digitales.

LLAMADAS DE BAJA CALIDAD (con ruido)							
Semana	Número de llamadas establecidas analógicas	Número de llamadas establecidas digitales	Número de llamadas S/N < 28	Número de llamadas BER > 3%	Porcentaje de llamadas con ruido analógicas	Porcentaje de llamadas con ruido digitales	Porcentaje de llamadas totales con ruido (analógicas + digitales)
Semana 1	56626	73802	3114.43	1928.58	5.50%	2.61%	3.86%
Semana 2	55350	71894	3038.72	1473.83	5.49%	2.05%	3.55%
Semana 3	53563	71528	2881.69	1473.48	5.38%	2.06%	3.48%
Semana 4	45408	84488	2470.20	1782.70	5.44%	2.11%	3.27%
Semana 5	48905	95745	2616.42	1981.92	5.35%	2.07%	3.18%
Semana 6	38481	75566	2058.73	1571.77	5.35%	2.08%	3.18%
Semana 7	44145	80628	2317.61	1701.25	5.25%	2.11%	3.22%
Semana 8	47504	88512	2531.96	1832.20	5.33%	2.07%	3.21%
Semana 9	63242	90775	3307.56	1933.51	5.23%	2.13%	3.40%

Tabla 3.5.- Llamadas por baja calidad

El porcentaje de llamadas con ruido analógico es un valor bastante considerable en la calidad de una red comparado con el porcentaje de llamadas con ruido digitales, si consideramos que la red urbana de Guayaquil tiene el 41% de los dispositivos de canales de voz analógicos,

En el 99% de las celdas de la red urbana la distribución de los dispositivos de voz tiene una proporción de 4 dispositivos analógicos por cada 6 digitales, en razón que tanto los dispositivos analógicos como los digitales comparten el tipo de hardware, y las llamadas caídas en los dispositivos analógicos son diferentes a los digitales, se procedió a analizar cada uno de los datos independientemente de tal manera que permita prevenir o anticipar que el problema no se deba al tipo, altura o ganancia de las antenas, tipo de estación base, o al tráfico.

3.2.7 RAZONES DE DESCONEXIÓN DE LLAMADAS

Para determinar la razón de una llamada que se considera caída, se requiere la ayuda de la función de medición RRCR (Radio Related Call Release)⁶, que indica la terminación anormal de una llamada tanto en la hora y fecha, así como el número de identificación del móvil, además permite verificar las razones de

⁶ Esta función de medición se analiza en la siguiente sección

desconexión y la identificación de operación anormal de las estaciones móviles.

En vista de que esta medición indica la relación directa con la estación móvil, en la **tabla 3.6**, se presentan las mediciones realizadas durante las 24 horas y los 7 días de la semana en el periodo predeterminado de medición indicado entre la semana 1 y la semana 9.

La función RRRCR, presenta mediciones de cada razón de desconexión de la llamada. Entre las razones de desconexión, para este estudio se ha considerado las siguientes:

- Razón de desconexión al iniciar la llamada **R0**, esta razón no corresponde exactamente a una de desconexión de llamada puesto que sólo indica que el móvil falla al iniciar la llamada, más no indica una desconexión cuando existe una llamada en curso. Este parámetro por lo tanto no es significativo para nuestro estudio.
- Razón de desconexión por falla en el proceso de handoff **R1**, esta razón de desconexión se debe a que el móvil con una llamada en progreso trata de realizar el proceso de handoff o traspaso hacia otra celda de mejor cobertura, y en ese intento el proceso de handoff no se completa y la llamada del móvil se corta produciéndose una llamada caída.
- Razón de desconexión por falla técnica **R6**, es la razón de desconexión más relevante por cuanto indica algún tipo de anomalía técnica que hace que se produzca la desconexión de la llamada. Esta anomalía puede ser del móvil o de la estación base propiamente dicha.
- Razón de desconexión por bajos niveles de señal **R7**, esta razón de desconexión de llamada corresponde a todas las llamadas que debido a la insuficiencia de señal de recepción se desconectan.

RAZONES DE DESCONEXIÓN DE LLAMADAS DE LAS CELDAS URBANAS				
Semana	R0	R1	R6	R7
Semana 1	23161	5243	1217	46166
Semana 2	23481	3901	1150	42398
Semana 3	23373	3759	1337	41969
Semana 4	25583	3695	1258	44846
Semana 5	23510	3952	1122	43979
Semana 6	26448	4138	1183	47863
Semana 7	34471	9639	1335	77905
Semana 8	24351	4040	1099	51245
Semana 9	20622	3603	1348	46036

Tabla 3.6.- Razones de desconexión de las llamadas

Resumiendo, se tiene en la **figura 3.3**, el porcentaje del total de las razones de desconexión de las nueve semanas de medición.

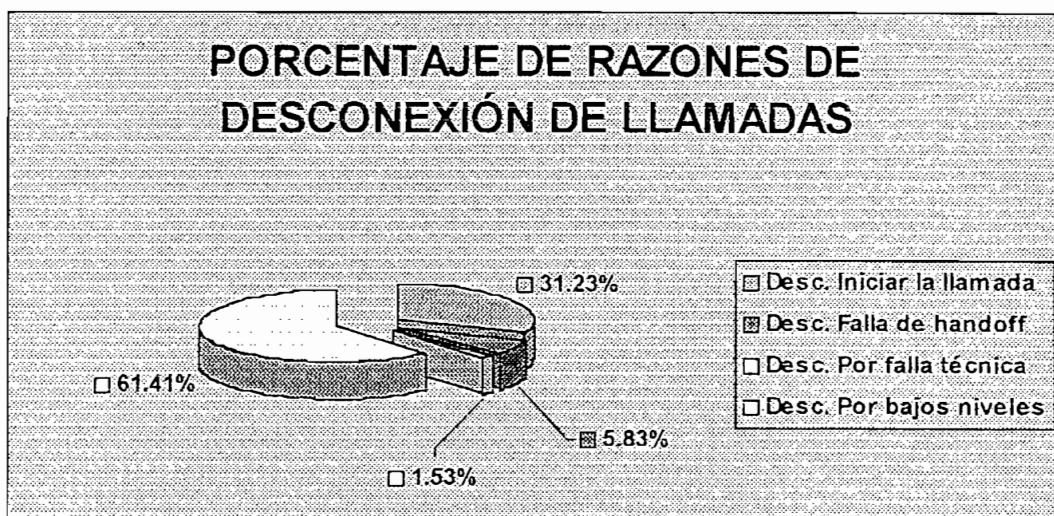


Figura 3.3.- Porcentaje de razones de desconexión

Los resultados de las desconexiones de las llamadas indican que el principal problema que provocan la caída de llamadas son los bajos niveles de señal de recepción.

En la sección anterior, se indicó que las celdas que se encuentran en las zonas centro y norte son las que presentan un alto porcentaje de llamadas caídas respecto a las ubicadas en las zonas sur y sur oeste de la ciudad de Guayaquil.

Además se mencionó, que el porcentaje de llamadas caídas no se debe a problemas de congestión debido a la falla al realizar el proceso de handoff.

Por lo tanto, uno de los problemas principales a analizar son las celdas que se encuentran en la zona central de la ciudad de Guayaquil, las que son causantes que un buen porcentaje de llamadas de caídas se deba a los bajos niveles de señal de recepción.

Los bajos niveles de señal de recepción en la zona central de la ciudad de Guayaquil, debido a su área geográfica pequeña en términos relativos a las otras zonas y a una mayor concentración de tráfico, las llamadas caídas por bajos niveles de señal no deberían producirse por falta de cobertura de las celdas, sino probablemente por falta de penetración de la señal, a incorrectos ajustes de los parámetros de las celdas.

Este estudio que se analizará en el siguiente capítulo.

3.3 FUNCIONES DE MEDICIÓN DE LA CENTRAL DE CONMUTACIÓN⁷

Las funciones para la medición del comportamiento de un sistema celular son la mayor fuente de datos para el diagnóstico, análisis y aplicación de los diversos procesos para el mejoramiento del desempeño de una red celular. Estas funciones utilizan archivos de datos que la central de conmutación obtiene sobre cada uno de los dispositivos de las celdas, así como los datos de medición de las estaciones móviles respecto de las características propias de la llamada tanto en los enlaces ascendentes como descendentes, razones de desconexión de la llamada, nivel de acceso a una celda, etc.

Cada una de estas funciones de medición tiene sus propias características de aplicación dependiendo de la necesidad que se requiera.

Las funciones de medición utilizadas para este trabajo, son básicamente tres y son las siguientes, las mismas que se explican en la siguiente sección:

- Función de medición CTS, de las estadísticas de tráfico de la celda.
- Función de medición RES, de las estadísticas del entorno de radio.
- Función de medición RRRCR, de las estadísticas de desconexiones anormales de radio, función que se analiza en el siguiente capítulo.

3.3.1 ESTADÍSTICAS DE TRÁFICO DE CELDA (CTS)

La función CTS (Cell Traffic Statistics), se fundamenta en la información que disponen los contadores que provee la central de conmutación y a través de las expresiones matemáticas indicadas en la sección anterior se identifican los problemas para la optimización del desempeño de la red, con esta función se

⁷ Las funciones de medición se refieren a la central de conmutación de Ericsson

determina:

- El comportamiento del acceso y registro del canal de control digital.
- El comportamiento del acceso y registro del canal de control analógico incluyendo los múltiples accesos.
- Estadísticas de llamadas analógicas como digitales.
- Desempeño del handoff digital y analógico.
- Estadísticas de llamadas caídas digitales y analógicas.
- Estadísticas de congestión analógica y digital.
- Otras.

3.3.1.1.- Desempeño de la red celular urbana de la ciudad de Guayaquil

En la **figura 3.4**, se indica el desempeño de la red urbana en el periodo de medición en cuanto al servicio, acceso y continuidad del servicio.

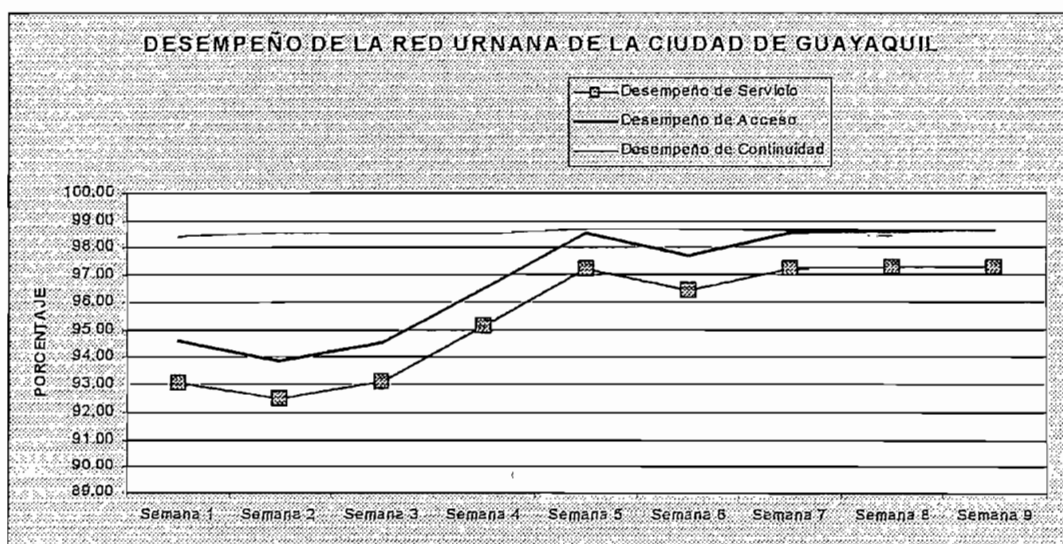


Figura 3.4.- Desempeño de la red urbana de Guayaquil

Las llamadas caídas afectan directamente al desempeño del servicio y continuidad, más no al acceso. El acceso fundamentalmente se relaciona con el

nivel de congestión de la red.

3.3.1.2.- Porcentaje de falla en la designación del canal de voz

En la **figura 3.5**, se indica el porcentaje de fallas que ha tenido la celda en la asignación del canal de voz tanto analógico como digital para las estaciones móviles que han solicitado para acceder a la llamada.

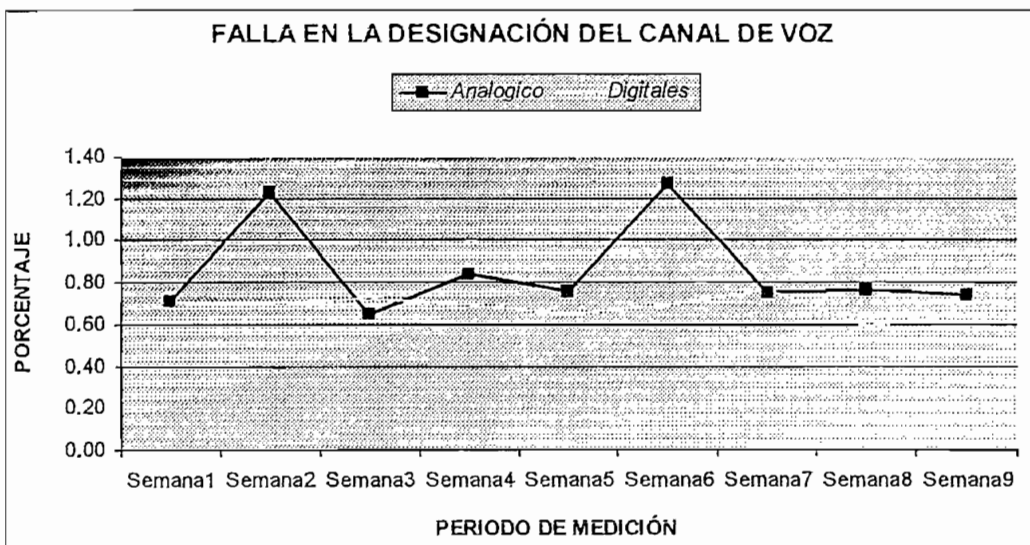


Figura 3.5.- Porcentaje de falla en la designación del canal de voz

Esta medición está directamente relacionada con la actividad y el desempeño del canal de control, sea analógico como digital.

La designación del canal de voz a petición de la MSC (Central de Conmutación) la realiza los canales de control en cada celda, un mal funcionamiento de ellos genera que ninguna estación móvil pueda realizar llamadas en esa celda.

3.3.1.3 Porcentaje de falla en la verificación del canal de voz

Esta medición indica el porcentaje de falla que ha tenido la celda en realizar la

verificación de la presencia de la estación móvil dentro del área de cobertura de la celda cuando éste ha solicitado una petición para handoff.

En la **figura 3.6** se indica los porcentajes durante las nueve semanas de medición tanto en los dispositivos analógicos como digitales.

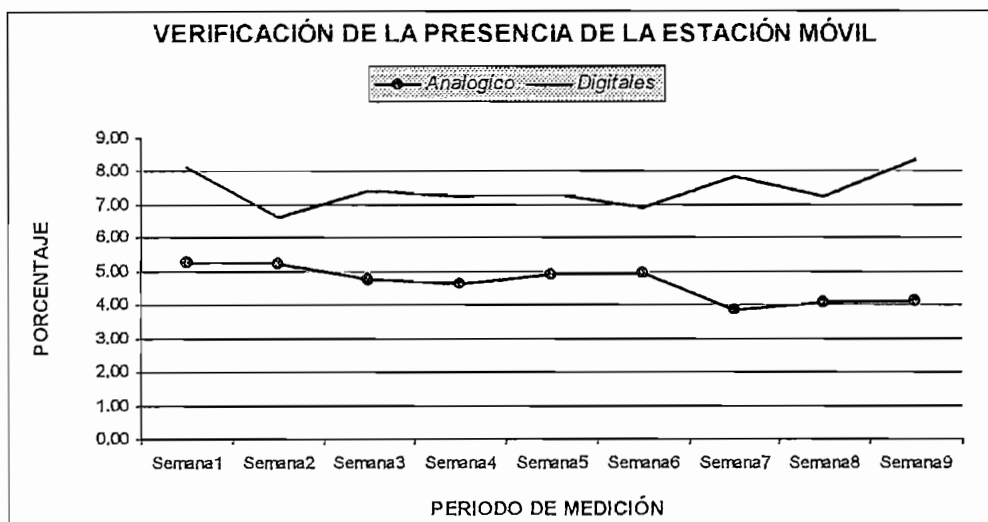


Figura 3.6.- Porcentaje de falla en la verificación de presencia del móvil

El proceso de verificar la presencia de la estación móvil la realiza el dispositivo llamado medidor de intensidad de señal.

Hay un dispositivo por los canales analógico y uno por los dispositivos digitales por sector, su función es medir la intensidad del canal de voz de las estaciones móviles que solicitan la petición de handoff.

Estas mediciones de la intensidad de la señal se envía a la central de conmutación para que analice y decida con que celda el móvil debe hacer el traspaso. Normalmente los valores de los porcentajes de la verificación de la presencia del móvil deben ser 0%.

Valores distintos al 0 %, indican la actividad que tiene la celda en los procesos de handoff.

3.3.2 ESTADÍSTICAS DEL ENTORNO DE RADIO (RES)

La función RES (Radio Environment Statistics), es una de las más grandes fuentes de información del desempeño de una celda, básicamente está orientada al desempeño de los dispositivos tanto analógicos como digitales que conforman una estación base. Estas mediciones se realizan sobre los canales de voz analógicos y digitales con y sin tráfico durante un periodo de tiempo predeterminado en el cual la central de conmutación toma muestras de los niveles de la señal de recepción que la estación base recibe de sus estaciones móviles para analizar el estado de los dispositivos de la celda así como el ambiente de radio.

Entre las mediciones que realiza esta función están:

3.3.2.1 Medición en el canal de voz analógico

Estas mediciones se realizan para un solo canal de voz analógico no interferido y para un canal de voz interferido como referencia de las mediciones que realiza esta función.

3.3.2.1.1 *Medición de la señal de recepción del canal de voz sin servicio*

La medición se realiza sobre el canal sin tráfico durante un periodo determinado, donde la central toma muestras de las señales interferentes para varios niveles de las señales recibidas.

En la **figura 3.7**, se indica la medición realizada sobre un canal de voz analógico de una celda de la red urbana, en él se aprecia que para la frecuencia de recepción de la estación base, la central de conmutación ha medido una pequeña cantidad de muestras cuyos niveles van desde -112 dBm hasta los -118 dBm, que es el nivel del piso de ruido, en definitiva este canal se lo puede considerar

sin interferencia. A diferencia la **figura 3.8**, muestra la medición realizada sobre un canal con leve nivel de interferencia, en dónde si es notable la presencia de señal interferente. Nótese que estas mediciones son en un periodo de tiempo donde la señal interferente puede como no puede estar presente y el canal así mismo puede como no puede ocuparse.

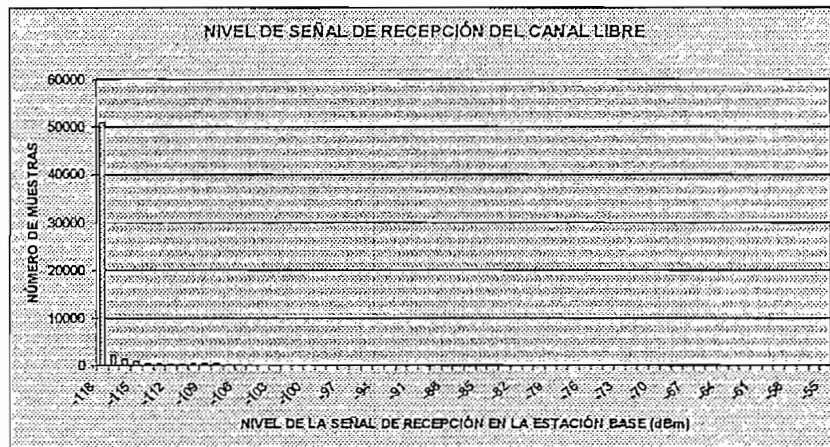


Figura 3.7.- Canal sin interferencia

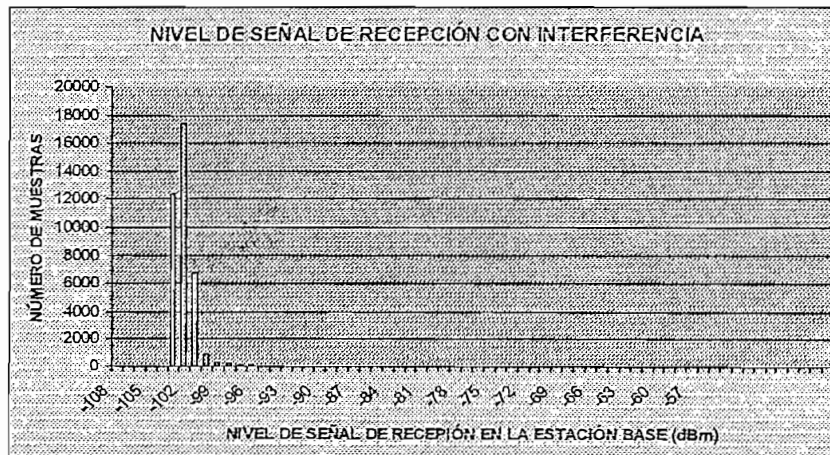


Figura 3.8.- Canal con interferencia

3.3.2.1.2 Medición de la señal de recepción del canal en servicio

Otra medición es sobre el canal de voz en servicio, en la **figura 3.9** se indica esta medición. En esta figura se indica el nivel de señal de recepción que la estación base ha detectado a través de una considerable cantidad de muestras cuyo nivel de recepción esta entre los -80 a -90 dBm. Básicamente esta medición indica que en el periodo de prueba, el dispositivo de voz de la estación base ha medido un número de muestras con un nivel de señal para todos lo móviles que han ocupado el canal de la estación base. En la **figura 3.10**, se muestra el nivel de recepción del canal interferido en servicio, la interferencia es aleatoria en el periodo de prueba, caso contrario el canal no se ocuparía.

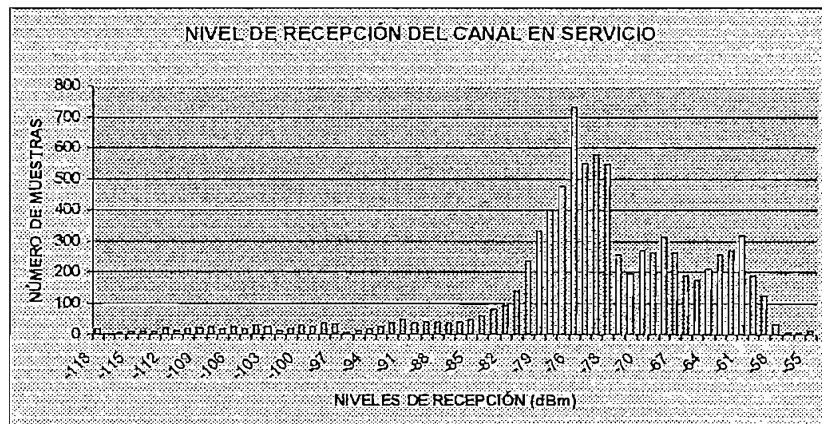


Figura 3.9.- Nivel de recepción de un canal en servicio

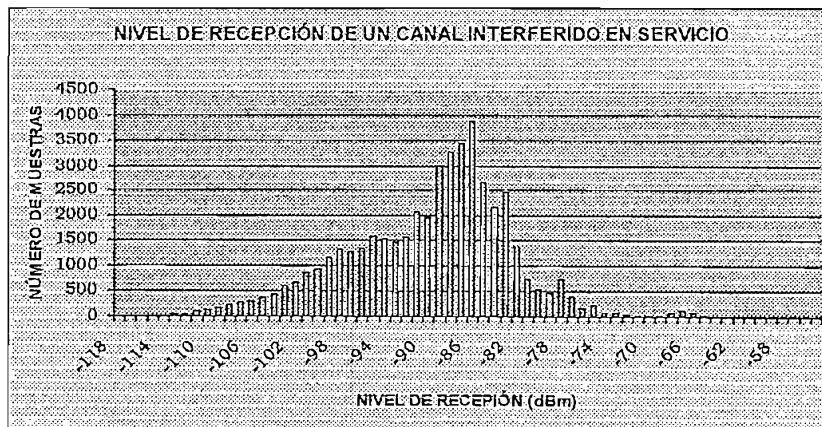


Figura 3.10.- Nivel de recepción de un canal en servicio con interferencia aleatoria

3.3.2.1.3 Medición de la relación S/N señal - ruido.

Para la medición de la relación S/N, la central realiza la toma de muestras en el canal de voz en servicio para varios niveles de la señal incluido el ruido, el umbral de recepción que es el nivel mínimo con que los móviles pueden acceder al servicio es de -118 dBm, sin embargo para estos niveles hay la presencia de ruido, por ello para la evaluación de la calidad propuesta por el operador, éste considera para llamadas con ruido a las señales cuyos niveles sean menores a -118 dBm + 28 dB, o sea -90 dBm. En la **figura 3.11**, se indica un ejemplo de las muestras tomadas sobre el canal en cuestión en servicio, y en el **figura 3.12** en cambio se indica la medición S/N para el canal con interferencia aleatoria.

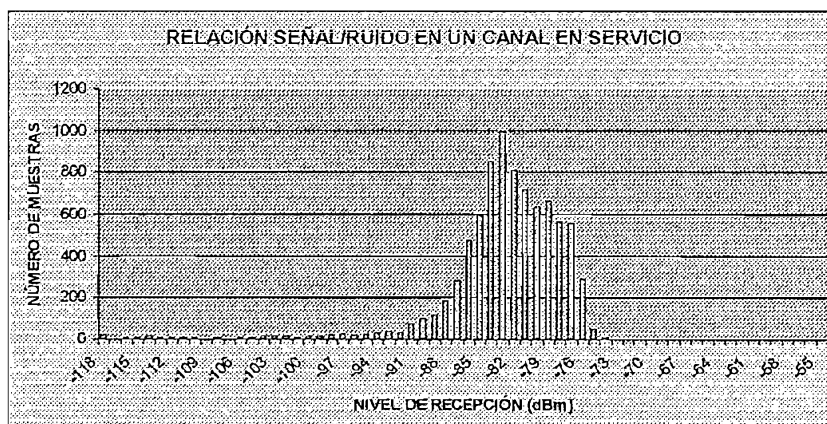


Figura 3.11.- Medición de S/N de un canal sin interferencia

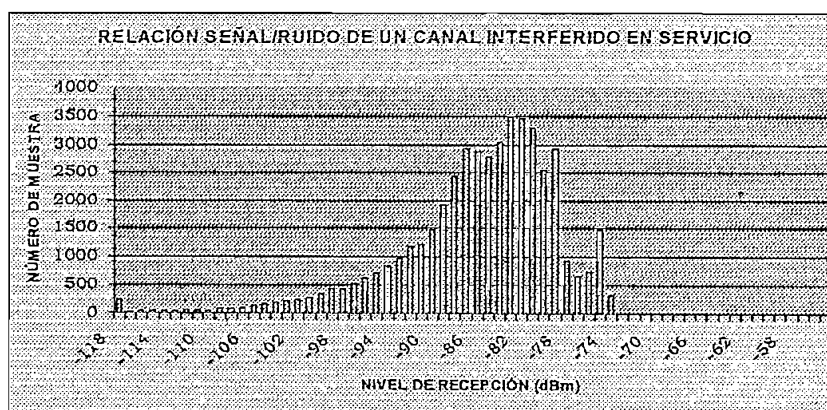


Figura 3.12.- Medición de S/N de un canal con interferencia aleatoria

3.3.2.1.4 Medición de la relación C/I Portadora - Interferencia

Esta medición se refiere a los niveles de señal interferente producto de la interferencia cocanal que interfieren a la portadora de recepción del canal de voz determinado. En el **capítulo 1**, se estudió que para el patrón de reuso 7/21, 7 celdas y 21 frecuencias, esta relación es de 17 dB. Es decir, si la relación de C/I en un canal de voz es mayor de 17 dB, es considerado aceptable, en cambio para valores inferiores a este valor el canal tiene interferencia cocanal producida por canales de igual frecuencia de otras celdas.

En la **figura 3.13**, se indica la medición de la relación portadora-interferencia para un canal no interferido, y en la **figura 3.14**, para el canal interferido.

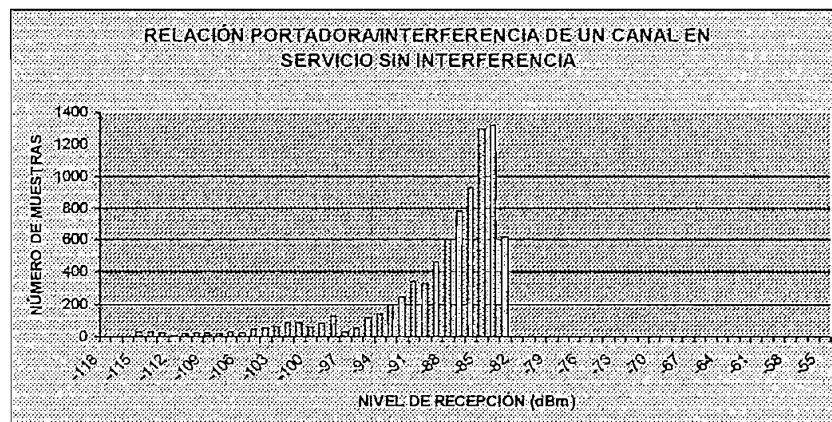


Figura 3.13.- Medición de C/I de un canal en servicio sin interferencia

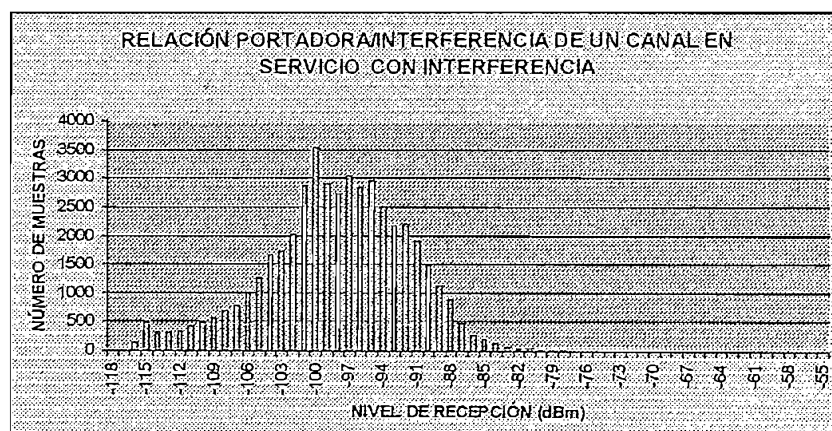


Figura 3.14.- Medición de C/I de un canal en servicio con interferencia

3.3.2.2 Medición de canales de voz digitales

Estas mediciones, así mismo se han realizado para un solo canal de voz digital no interferido y para un canal de voz interferido como referencia de las mediciones que esta función realiza.

De manera similar, a la medición sobre canales analógicos, la medición sobre canales digitales se realiza sobre el canal con y sin servicio, a diferencia de la medición analógica cuya medición se realiza en el lado de recepción de la estación base, en cambio la medición en el canal de voz digital es posible realizarlo también en la estación móvil, por lo que también se dispone de mediciones de la calidad del enlace descendente. Las siguientes mediciones se realizan sobre los canales digitales:

3.3.2.2.1 *Medición de la señal de recepción del canal en servicio medido por el móvil*

La medición del nivel de recepción tanto en analógico como en digital fundamentalmente es medir el nivel de señal a la frecuencia del canal, siendo indistinto si el canal es o no digital. En la **figura 3.15**, se indica la medición del nivel de señal para un canal digital interferido medido por la estación móvil.

En la **figura 3.16**, se indica la medición del nivel de señal de recepción de un canal digital libre de interferencia medido por una estación móvil ubicada en una micro celda en el interior de una edificación.

De las **figuras 3.15 y 3.16**, podemos sacar un par de conclusiones, el nivel de recepción que mide la estación móvil se refiere al enlace descendente por lo que no necesariamente al referirse a un canal interferido implica que también se encuentre interferido el enlace descendente. Los niveles de interferencia afectan en mayor grado al enlace ascendente que el descendente. El tipo de interferencia que afecta al enlace descendente son producto de las interferencias co canales, a diferencia de la interferencia en el enlace ascendente que a parte de la

interferencias con canales también se ve afectado por interferencias externas debido a la altura que se encuentran las estaciones base.

Y, finalmente en la **figura 3.16**, se aprecia que los niveles de recepción medido por la estación móvil en una micro celda se encuentran con un valor máximo de alrededor de -76 dBm lo que es un buen nivel para una estación móvil ubicada dentro de una cobertura cerrada, a diferencia de la **figura 3.15**, cuyos niveles están por debajo del nivel de recepción de un móvil ubicado en un espacio interior, esta medición de recepción del móvil del **figura 3.15** corresponde a una celda ubicada en espacio abierto.

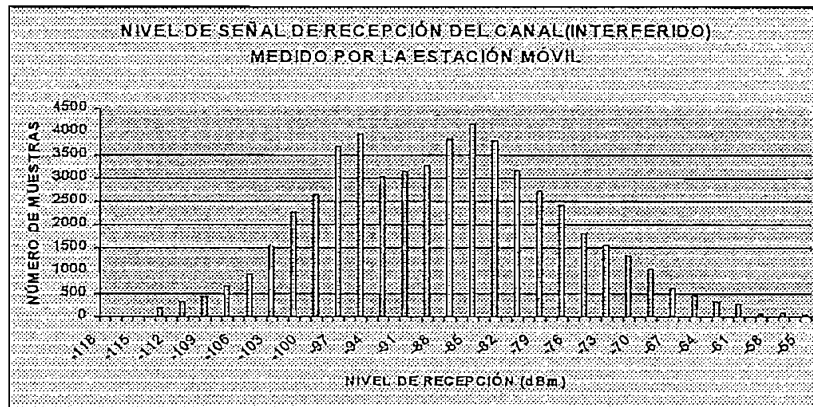


Figura 3.15.- Nivel de recepción de un canal interferido medido por la estación móvil

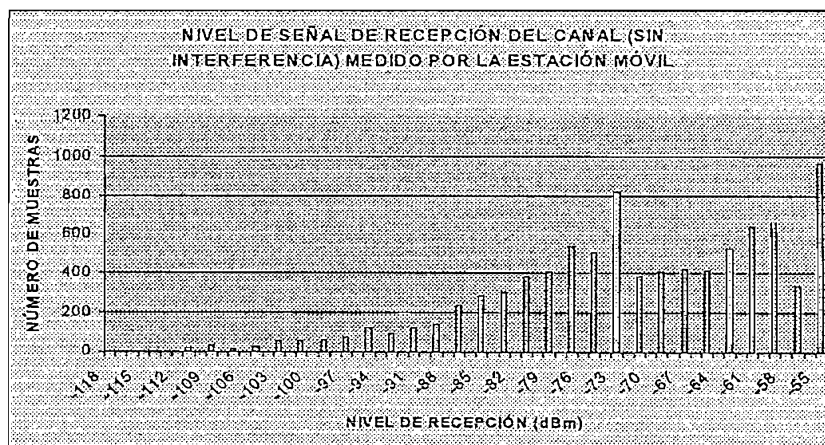


Figura 3.16.- Nivel de recepción de un canal sin interferencia medido por la estación móvil

3.3.2.2.2 Medición del BER (taza de errores) en el enlace descendente

La realiza la estación móvil sobre el enlace descendente a base de muestras de la señal de recepción para varios valores del BER (clase de BER). En el **capítulo 2**, se indicó que para la medición del BER en canales digitales se toma como referencia a la clase de BER (de las 8 posibles), así se tiene:

Para la clase de BER 0, el $BER < 0.01 \%$,

Para la clase de BER 1, el $0.01\% < BER < 0.1\%$,

Para la clase de BER 2, el $0.1\% < BER < 0.5\%$,

Para la clase de BER 3, el $0.5\% < BER < 1\%$,

Para la clase de BER 4, el $1.0\% < BER < 2\%$,

Para la clase de BER 5, el $2.0\% < BER < 4\%$,

Para la clase de BER 6, el $4.0\% < BER < 8\%$,

Para la clase de BER 7, el $8.0\% < BER$

En la **figura 3.17**, se tiene la medición del BER que la estación móvil realiza sobre el canal en cuestión interferido. Y en la **figura 3.18**, se tiene la misma medición en un canal sin interferencia.

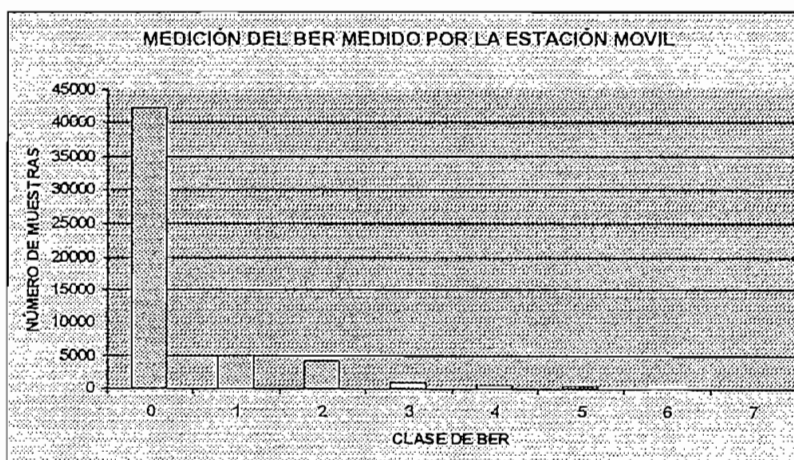


Figura 3.17.- Medición del BER por la estación móvil en un canal interferido

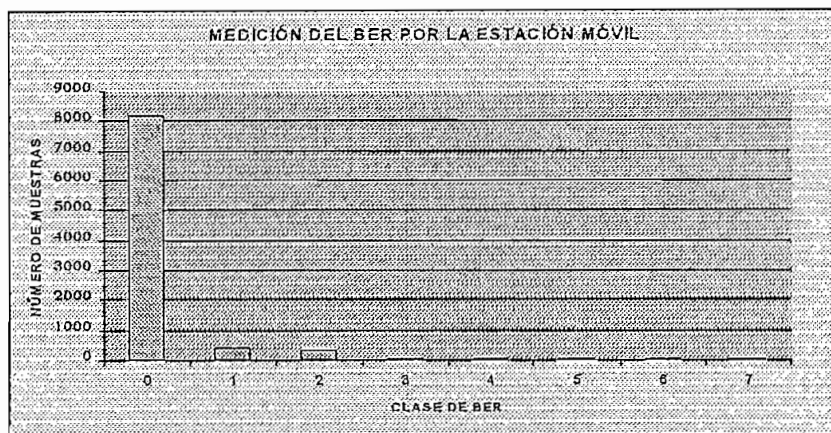


Figura 3.18.- *Medición del BER por la estación móvil en un canal sin interferencia*

De manera similar, la interferencia en un canal está relacionado más con la interferencia en el enlace ascendente que en el descendente.

3.3.2.2.3 *Medición del nivel de la señal de recepción por la estación base del canal en servicio*

En las **figuras 3.19** y **3.20**, se tienen los niveles de recepción que mide la estación base para un canal en servicio interferido y sin interferencia respectivamente. Como se aprecia, para medir el grado de interferencia en un canal digital, la medición que indica este parámetro se realiza al canal sin servicio.

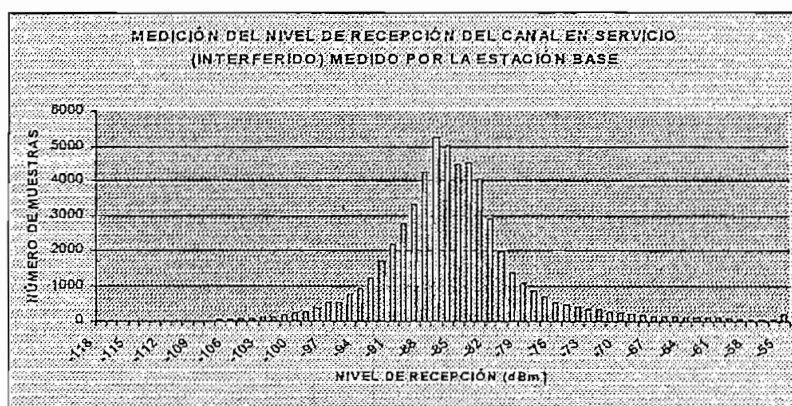


Gráfico 3.19.- *Nivel de recepción de un canal en servicio con interferencia*

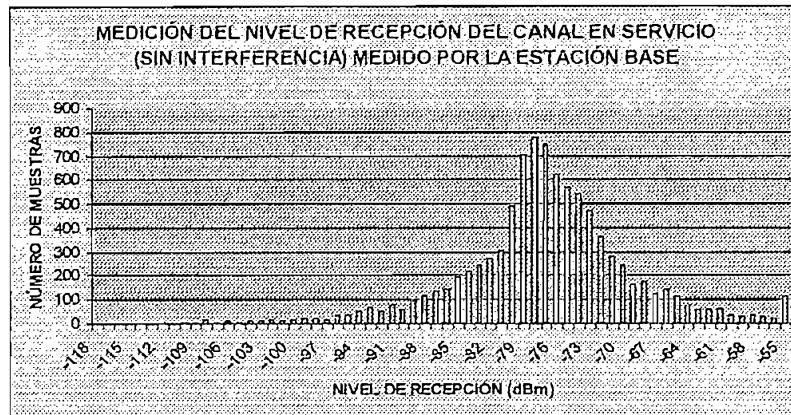


Gráfico 3.20.- Nivel de recepción de un canal en servicio sin interferencia

3.3.2.2.4 Medición del BER tasa de errores en el enlace ascendente

En los **gráficos 3.21** y **3.22**, se indica la medición del BER que realiza la estación base sobre el canal en servicio del enlace ascendente tanto para el canal interferido como el no, respectivamente.

En estos gráficos, se puede apreciar que cuando el canal tiene interferencia el valor del BER es mayor respecto al canal libre de interferencia, por ejemplo; para la clase de BER de 4 y 5 en el canal interferido hay más muestras que la central ha medido con errores, que para el canal libre de interferencia.

Cuando se tiene a un canal interferido, con interferencia permanente puede suceder que el canal no se encuentre disponible para el tráfico, como se indicó anteriormente, estas mediciones son sobre un periodo de tiempo donde el canal pudo haber estado disponible para el tráfico.

Adicional de éstas mediciones, también se disponen de mediciones sobre los canales de control analógico y digital, en cuanto a los niveles de recepción, de acceso, y otros.

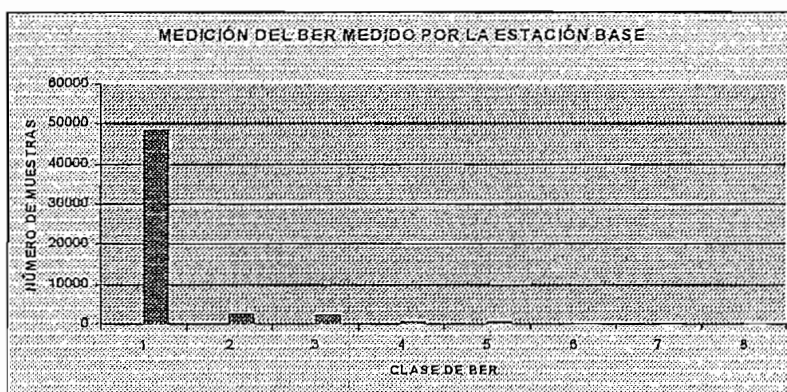


Figura 3.21.- *Medición del BER por la estación base en un canal interferido*

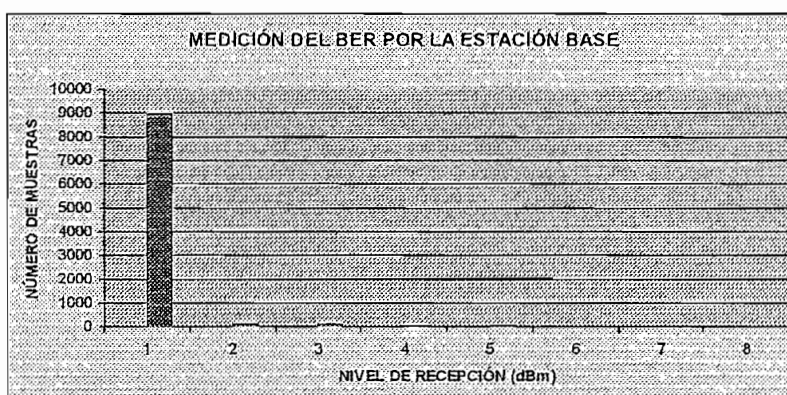


Figura 3.22.- *Medición del BER por la estación base en un canal sin interferencia*

3.3.2.2.5 *Medición de la relación entre el nivel de recepción y el de acceso al canal de control analógico hacia la estación base*

En las **figuras 3.23** y **3.24**, se indica la medición de la relación entre el nivel de recepción del canal de control analógico y el acceso de los móviles a la celda medidos para los canales de control de una celda con alto tráfico y para una celda con bajo tráfico respectivamente.

Esta medición indica la actividad del canal de control analógico para el acceso de los móviles.

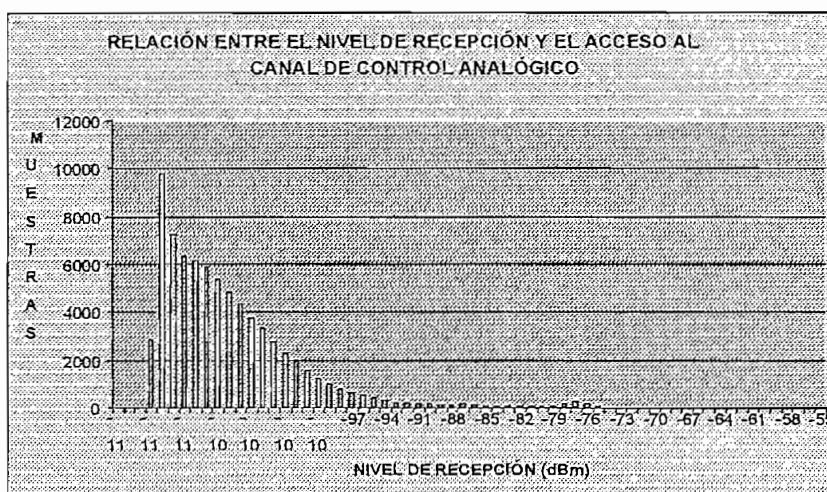


Figura 3.23.- Acceso de los móviles a la estación base en una celda con alto tráfico

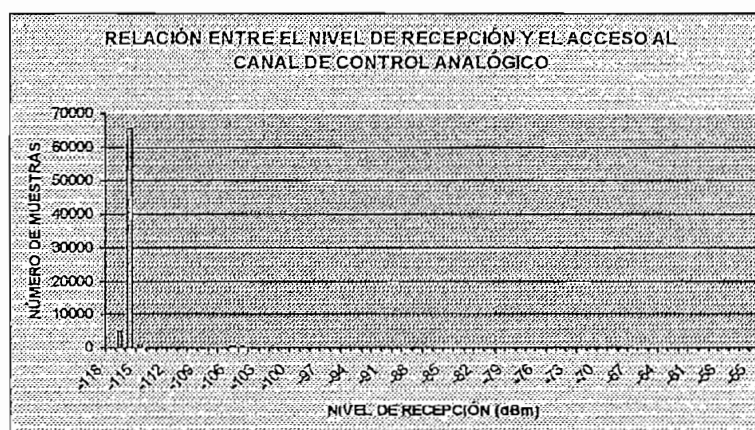


Figura 3.24.- Acceso de los móviles a la estación base en una celda con bajo tráfico

3.3.2.2.6 Medición del promedio del nivel de recepción para todos los accesos exitosos al canal de control digital

Entre las mediciones que se realiza al canal de control se encuentra la medición del nivel de recepción que registra la estación base para los accesos exitosos de las estaciones móviles, en la **figura 3.25**, se indica la actividad del canal de control digital de una celda ubicada en el interior de una edificación.

La figura 3.26, indica la actividad del canal de control de una celda rural y en la figura 3.27 para una celda urbana de alto tráfico.

La actividad del canal de control en general depende del tráfico y ubicación.

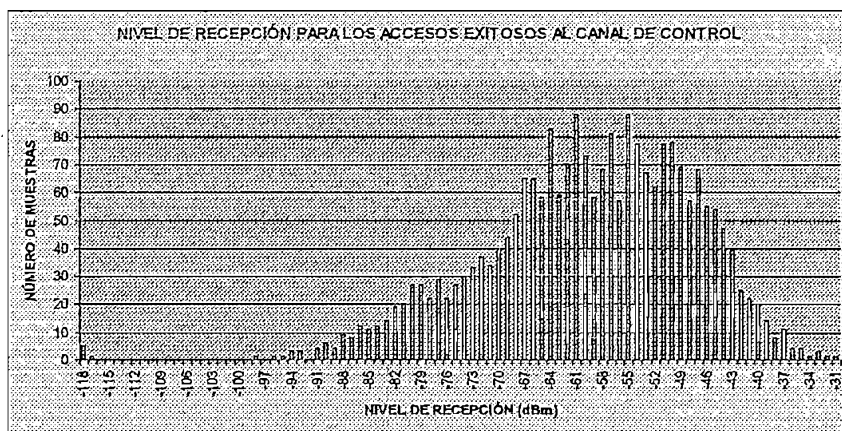


Figura 3.25.- Accesos exitosos en una celda interior

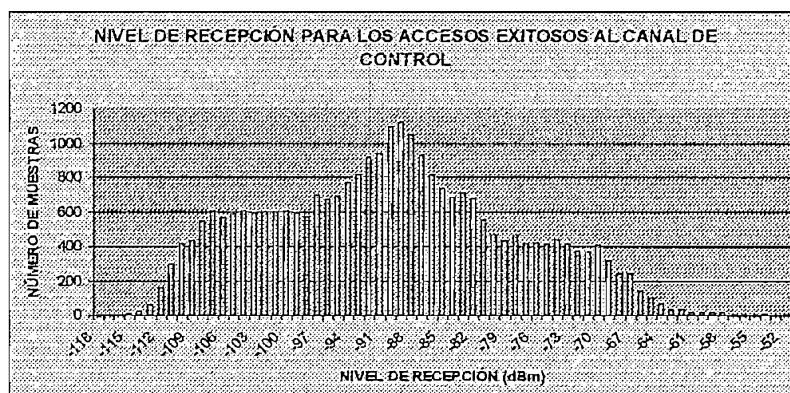


Figura 3.26.- Accesos exitosos en una celda rural

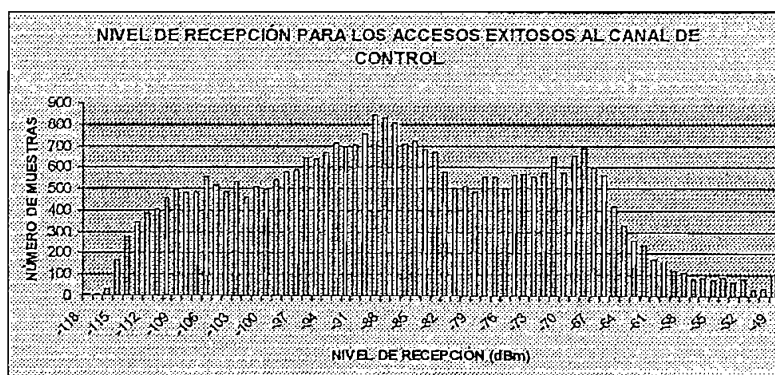


Figura 3.27.- Accesos exitosos en una celda urbana de alto tráfico

La **figura 3.25**, es una medición realizada sobre los accesos al canal de control de una celda ubicada en el interior de una edificación, específicamente se trata de una micro celda. El hecho que el área de cobertura de esta celda sea pequeña, la medición indica que en efecto los accesos que tienen las estaciones móviles a esta celda lo realizan con niveles muy buenos de señal que varían desde -40 dBm hasta -70 dBm.

Al referirnos a la medición de los accesos a una celda rural como se indica en la **figura 3.26**, los accesos de las estaciones móviles lo realizan con niveles de recepción de hasta -109 dBm, que son niveles bajos propio de una celda rural.

La medición realizada sobre una celda de alto tráfico como se indica en la **figura 3.27**, es similar al comportamiento de una celda rural. La diferencia fundamental es que la celda rural tiene accesos de las estaciones móviles con bajos niveles de señal debido a la pobre cobertura de la celda, en cambio en la celda urbana de alto tráfico, este comportamiento se relaciona que los accesos con bajos niveles de señal son producto de la baja penetración de la señal en las edificaciones que cubre la celda.

La medición de los accesos al canal de control de una determinada celda, nos ayudan al diseño y ajuste de los parámetros que se debe realizar para disminuir el porcentaje de llamadas caídas. Esta medición continuamente se la utiliza en este proyecto para cumplir con el objetivo del trabajo.

En conclusión, todo este análisis de la función de medición RES realizada para un solo canal de voz, se realiza para todos los canales de las celdas urbanas de la ciudad de Guayaquil. Para el objeto de estudio, se consideran a las llamadas analógicas cuya relación S/N sea menor a los 28dB y las llamadas digitales cuyo BER sea mayor al 3% como llamadas de baja calidad que de una u otra manera inducen a la caída de una llamada ya sea por la mala calidad del enlace entre la estación base y el móvil o por la degradación de estas dos partes.

CAPÍTULO # 4

APLICACION DE LOS DIFERENTES PROCESOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL PORCENTAJE DE LLAMADAS CAÍDAS EN LA RED URBANA DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

Para proceder con el análisis respectivo de las llamadas caídas de las celdas urbanas de la ciudad de Guayaquil, en la **figura 4.1** obtenida de los datos de medición explicada en el capítulo anterior, se observa el total de las llamadas caídas con sus razones de desconexión durante el periodo de medición de las 9 semanas.

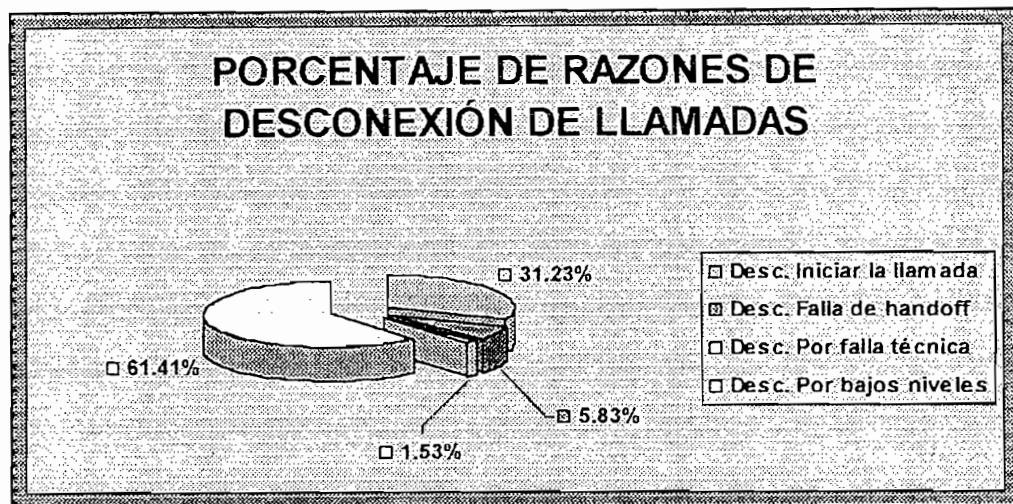


Figura 4.1.- Razones de desconexión de las llamadas caídas

En referencia a la **figura 4.1**, durante el periodo de medición, se tiene:

1.- El 31.23 % de las llamadas caídas se debe a la razón de desconexión "0" R0, que indica el porcentaje de fallas de desconexión de los móviles al iniciar una llamada. Esta razón básicamente no corresponde a una llamada caída por cuanto no hubo de por medio una llamada en curso para su posterior desconexión. Las

causas que conllevan a que ocurra una desconexión fundamentalmente se refieren a:

- Desconexión de la estación móvil al intentar realizar la llamada debido al agotamiento de la batería.
- Intentos al realizar una llamada con una estación móvil mal programada; es decir su número de serie y su número telefónico no corresponde al programado en la central de conmutación.
- Intentos al realizar una llamada con niveles de señal insuficientes en la recepción de la estación móvil desde la que se intenta realizar la llamada.
- Por otro lado, se tiene también que una de las causas de desconexión es la degradación o avería del canal de control de la estación base.

En definitiva este porcentaje (31.23 %) de desconexión de "llamadas" por esta razón no se considera para el presente análisis.

2.- El 5.83 % de las llamadas caídas se debe a la razón de desconexión "1" R1, que se da debido a fallas de los móviles al realizar el proceso de handoff. Estas fallas ocurren bajo las siguientes circunstancias:

- Cuando una estación móvil se aleja de su área de cobertura hacia las celdas vecinas, en el proceso de handoff (traspaso de una celda a otra con mejor nivel de señal), se encuentra que las celdas vecinas no disponen de canales libres para aceptar a la estación móvil en su celda, este caso también se lo analiza como congestión.
- Mala configuración de los parámetros de la celda para realizar el proceso de handoff, es decir cuando se tienen celdas vecinas con buenos niveles de señal para aceptar al móvil y no han sido definidas como celdas vecinas.
- Mal desempeño de la unidad medidor de intensidad de señal de cada celda. Esta unidad realiza la medición de los niveles de señal de todas las estaciones móviles candidatas para ser aceptadas a la celda luego

de la petición de la solicitud de handoff. El mal desempeño de esta unidad implica que la celda no esta disponible para ser considerada con una celda candidata para el proceso de handoff.

- Mala asignación de los valores de los parámetros para la solicitud de petición de handoff.

3.- El 1.53 % de las llamadas caídas, se refiere a la razón de desconexión "6" **R6**, la cual esta relacionada con fallas técnicas de hardware. Estas fallas pueden tener los siguientes orígenes:

- Por avería de los dispositivos de voz de la celda. Un dispositivo de voz puede manejar una llamada (analógica) o 3 llamadas (digitales), para el estándar AMPS/TDMA, éste dispositivo al estar degradado tiende a desconectar la llamada haciendo que ésta se considere una llamada caída.
- Avería del enlace de transmisiones que puede afectar a que una estación base quede fuera de servicio. Cuando queda fuera de servicio una estación base y con llamadas en curso, todas estas llamadas se registran como llamadas caídas por esta razón.
- Avería o degradación en el sistema de acoplamiento de las antenas de la estación base. Debido al mal acoplamiento entre la salida de potencia de la estación base y el sistema de antenas, hace que se produzcan variaciones descontroladas de los niveles de potencia tanto en transmisión como en recepción, lo cual genera la pérdida de la comunicación entre el móvil y la estación base.
- Avería o degradación de la estación móvil.
- Las condiciones meteorológicas que afectan a los sistemas de transmisión.
- Un factor importante durante el proceso de disminuir el porcentaje de llamadas caídas se descubrió que ciertos teléfonos públicos debido al tipo de software con el que estaban equipados no enviaban el tono de liberación de llamada sino que la central de conmutación detectaba como si fueran desconexiones por este tipo de razón. Posteriormente

este problema se corrigió actualizando el software con el proveedor de éstos teléfonos.

4.- Y, el 61,41 % de las llamadas caídas se deben a la razón de desconexión "7" R7, debido a la insuficiencia del nivel de recepción en la estación móvil. La insuficiencia del nivel de recepción en una estación móvil se considera que puede darse en áreas rurales y suburbanas por la falta de celdas contiguas para suplir la deficiencia de señal. Se estima que las causas de desconexión por esta razón son:

- Mala penetración de la señal interna por ejemplo en edificios.
- Mal ajuste de los niveles de potencia de la celda.
- Orientación inadecuada de la antena para ofrecer una aceptable cobertura en áreas densas de tráfico.
- Interferencias co - canales, generada cuando un móvil con una llamada en curso y con bajos niveles de señal es interferido por otro canal de la misma frecuencia y similares niveles de recepción de otra celda.
- Mal ajuste de los parámetros de acceso a la celda.

De las mediciones de la calidad de señal indicada en el capítulo anterior, se tiene en promedio que el 5.37 % de las llamadas analógicas son llamadas ruidosas comparado con el 2.14 % de las llamadas digitales. Esto indica que el 61.41 % de las llamadas consideradas caídas por insuficiencia de señal incluyen al 5.37 % de las llamadas que presentan ruido.

Como se ha indicado, las razones que conllevan a que una llamada sea considerada como caída son las razones R1, R6 y R7.

Para disminuir el porcentaje de llamadas caídas de la red urbana de la ciudad de Guayaquil, objetivo de este trabajo, nos vamos a centrar en el estudio, análisis y la aplicación de los procesos de las llamadas caídas con bajos niveles de señal que corresponde a las llamadas caídas por insuficiencia de señal, por cuanto esta razón aporta en más del 61 % del total de las llamadas caídas. Si bien es cierto

las razones 1 y 6 aportan con 5.83 % y 1.83 % del total, son porcentajes no muy significantes comparado con el 61 %, por lo tanto se dará énfasis a mejorar este porcentaje de llamadas caídas.

De manera similar, en la **figura 4.2** se dispone del porcentaje de las llamadas caídas por semana tanto analógicas como digitales, a lo largo de las 9 semanas de medición.

Las llamadas caídas se producen en mayor grado en los dispositivos analógicos debido que el terminal de la estación móvil en sí es monitoreado por la estación base a través del tono de supervisión (SAT) que envía la estación base hacia la estación móvil por medio del cual realiza mediciones del nivel de señal de recepción y en base a umbrales previamente configurados se indica a la estación móvil la ejecución del proceso de handoff.

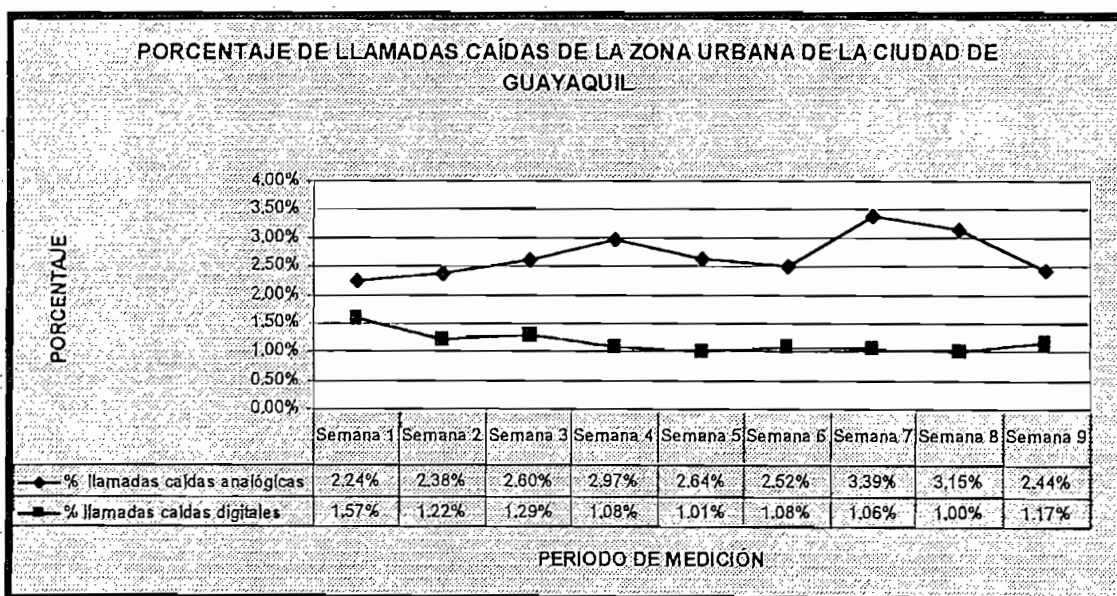


Figura 4.2.- Porcentaje de llamadas caídas analógicas y digitales de las celdas urbanas de la ciudad de Guayaquil

Los dispositivos digitales en cambio, debido a sus características propias vienen equipados con la tecnología MAHO, *Mobile Assisted handoff* (Handoff asistido por la estación móvil) donde la estación móvil es quién decide realizar su handoff. El

MAHO en sí realiza las mediciones de los niveles de recepción que la estación móvil recibe y en base a ello procede a realizar el handoff independiente de los niveles de recepción que la estación base mida.

El porcentaje de llamadas caídas analógicas en la red urbana se encuentra alrededor del 2.5 % y del 1 % en digitales, por ello una mejora en las llamadas caídas analógicas implica una disminución del porcentaje del total del objetivo planteado.

Fundamentalmente este trabajo esta enfocado al análisis de las llamadas caídas analógicas debido a la insuficiencia del nivel de señal de recepción.

Una llamada con bajos niveles de señal de recepción está directamente relacionada con el ruido en la comunicación, lo cual se confirma en las mediciones de llamadas por baja calidad indicadas en el **capítulo 3**, en las cuales el porcentaje de llamadas analógicas con ruido es superior a las llamadas con ruido digitales.

En la **figura 4.3**, se indica el porcentaje de las llamadas con ruido tanto analógicas como digitales a lo largo de las 9 semanas de medición.

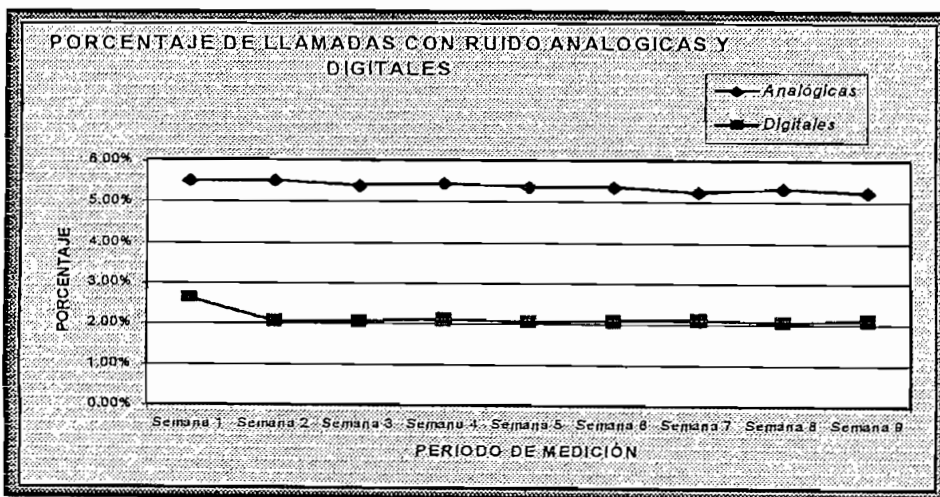


Figura 4.3.- Porcentaje de llamadas con ruido de las celdas de la red urbana de Guayaquil

4.1 PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE LLAMADAS CAIDAS DE LAS CELDAS CELULARES

Para el análisis del comportamiento de la calidad de una celda, en cuanto a las llamadas caídas se siguió el siguiente procedimiento:

4.1.1 ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE ACCESOS A LA CELDA

El nivel de acceso de las estaciones móviles a la celda se refiere básicamente a los niveles de la potencia de recepción que la estación base recibe de los móviles que desean tener el acceso al sistema, estos niveles están relacionados con los niveles de sensibilidad del tipo de estación base.

La sensibilidad es el nivel mínimo de recepción de las estaciones móviles para que la estación base sea capaz de proveer el servicio sin la degradación de la calidad de la señal dentro de límites permisibles.

En la **tabla 4.1**¹, se indica los niveles de sensibilidad de varios tipos de estaciones base del fabricante Ericsson²

Estos valores de sensibilidad están referidos para nueve tipos de estaciones base. Para las estaciones base tipo, RBS 884 Macro y RBS 884 para la banda de los 1900Mhz se considera la utilización de un amplificador en recepción TMA (Tower Mounting Amplifier).

La diversidad de espacio se refiere a la utilización de dos antenas en recepción. Sin diversidad de espacio, implica utilizar una sola antena en recepción.

1 Tomado del manual TDMA/136 Advanced Cell Planning de Ericsson.

2 Se analizará las estaciones Ericsson por ser las que están instaladas en la red urbana de la ciudad de Guayaquil.

En la red urbana de la ciudad de Guayaquil, se utiliza cuatro tipos de estaciones Base: (RBS 882D 10W, RBS 884 Micro Main, RBS 884 Micro Exp, y RBS 884 Macro), equipadas la mayoría de ellas con diversidad de espacio.

NIVELES DE SENSIBILIDAD DE RECEPCIÓN DE VARIOS TIPOS DE ESTACIONES DE RADIO BASE (dBm)				
Tipo de estación de Radio Base	Para un BER < 3%		Para un BER < 1%	
	Con diversidad de espacio	Sin diversidad de espacio	Con diversidad de espacio	Sin diversidad de espacio
RBS 882D 10 a 50 W	-113.00	-	-	-
RBS 884 Micro Main Cabinet	-112.50	-105.50	-109.00	-97.00
RBS 884 Micro Exp. Cabinet	-110.50	-103.50	-107.00	-95.00
RBS 884 Macro	-113.00	-106.00	-109.50	-97.50
RBS 884 Macro HP sin TMA	-113.00	-106.00	-109.50	-97.50
RBS 884 Macro HP con TMA	-114.00	-	-	-
RBS 884 1900Mhz.	-110.00	-	-105.00	-
RBS 884 1900Mhz. sin TMA	-113.50	-	-105.00	-
RBS 884 1900Mhz. con TMA	-114.00	-	-110.50	-

Tabla 4.1.- Niveles de sensibilidad para varios tipos de estaciones de Radio Base

El nivel mínimo de acceso para una aceptable calidad de servicio para un patrón de distribución de celda 7/21 (7celdas, 21 frecuencias) esta determinado por:

Nivel del piso de ruido: - 118 dBm
Relación C/I (portadora - interferencia): 17 dB

El nivel mínimo de acceso a la estación base es:

- 118 dBm + 17 dB, que equivale a un nivel de: - **101 dBm**

Los niveles de acceso menores a este valor se consideran como accesos lejanos a la celda.

Cuando una celda presenta un alto porcentaje de llamadas caídas por bajos niveles de señal, se analiza los accesos que tiene la celda, si su porcentaje de

accesos es mayor que un “umbral” (6 %) se dice que la celda está limitada por cobertura lo que equivale a que sus llamadas caídas se deben a una mala cobertura, lo que es usual en zonas extensas o limitadas por obstáculos.

El umbral de evaluación, se obtiene de la experiencia del comportamiento de cada una de las celdas, así, en el **anexo 12**, se tienen las celdas ordenadas en orden descendente en cuanto a las llamadas caídas presentadas, en él se indica los porcentajes de accesos de todas las llamadas cuyos niveles de recepción son inferiores a - 101dBm.

El valor de umbral estimado de 6 % es un valor bastante aceptable para evaluar el porcentaje de accesos con niveles inferiores a los - 101dBm.

Las celdas que presentan bajos valores de llamadas caídas presentan porcentajes inferiores de accesos al 6 %, en cambio las celdas que tienen en promedio porcentajes sobre el 6 % en efecto son las celdas que presentan mayor índice de llamadas caídas debidas a la mala cobertura.

4.1.2 DEPURACIÓN DE CELDAS VECINAS

La mala cobertura de una celda puede deberse a la falta de definición de cierta celda o celdas vecinas para realizar el proceso de handoff, la definición de celdas vecinas se realiza durante la puesta en servicio de la celda, por lo que éste estudio no se centrará en el análisis en este tema.

4.1.3 CAMBIO EN LA VENTANA DE POTENCIAS

La ventana de potencia se refiere a los valores máximo y mínimo entre los que el teléfono celular puede transmitir.

Cuando la potencia recibida en la celda alcanza el valor máximo de la ventana de

potencia, se ordena al móvil que decremente su potencia (Signal Strength for decreasing, SSD), cuando el nivel de la potencia de recepción llega al valor mínimo de la ventana de potencia, se le ordena a la estación móvil que la incremente (Signal Strength for increasing, SSI).

Entre estos dos valores, máximo y mínimo de la ventana de potencia, se programa el umbral SSH (Signal Strength for requiring Handoff) para la petición de handoff, para que el móvil comience a buscar la mejor celda que le dé servicio para, que en caso de encontrarla y de tener ésta canales de voz disponibles, la llamada se transfiera a esta celda.

Este procedimiento se llama handoff, y la intensidad de señal requerida para iniciar este proceso se conoce por la sigla SSH (Signal Strength for requiring handoff)

Para realizar un handoff común la nueva celda debe recibir del móvil una mejor señal que la que recibe la celda que le está dando servicio. Esta diferencia, o histéresis, se programa en cada celda con respecto a cada celda vecina.

4.2.- EXPERIMENTOS REALIZADOS PARA DISMINUIR LAS LLAMADAS CAIDAS EN LA RED URBANA DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

Para el análisis de las llamadas caídas de las celdas de la red urbana de la ciudad de Guayaquil, referidos al **anexo 9**, se tomará de modelo para este estudio la celda CE05A que tiene el mayor porcentaje de llamadas caídas.

Se deben considerar los siguientes aspectos:

- Las llamadas caídas que se producen en una celda determinada no deben ser considerados como un caso aislado, ya que hay de por medio celdas contiguas.
- El porcentaje de llamadas caídas directamente está relacionado con el tráfico que maneja.
- El porcentaje de llamadas caídas está relacionado con la ubicación geográfica de la celda y el área de cobertura que sirve.
- La altura de una estación base, esta relacionada con la cobertura de la celda y por ello con el porcentaje de llamadas caídas.

4.2.1 ANÁLISIS DE LA CELDA DE CE05A

La celda CE05A, se encuentra ubicada en el centro de la ciudad de Guayaquil, calles Colón y Boyacá, en la **figura 4.4**, se presenta la distribución conjuntamente con las celdas aledañas en la zona central.

Una estación base esta formada por tres celdas, en la **figura 4.4**, el triángulo en medio de las celdas representa la estación base, así; se tiene 8 estaciones base.

Cada estación base esta formada por tres celdas, el trío de celdas con la misma tonalidad corresponde a una estación base.

Las celdas CE05A, CE05B y CE05C pertenecen a la estación base CE05, ésta estación base esta formada por sus tres sectores: A, B y C.

De las 8 estaciones base que se indican en la **figura 4.4**, todas tienen 3 sectores a excepción de las estaciones base CE02 y CE08 que tiene 2 sectores.

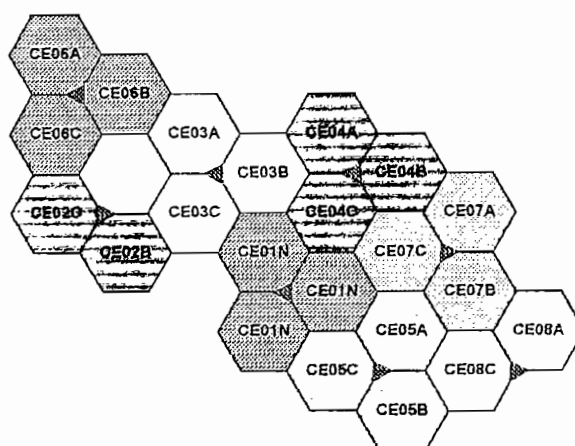


Figura 4.4.- Distribución de las celdas en la zona urbana de Guayaquil

4.2.1.1 Determinación de los accesos a la celda CE05A

Para el análisis según el procedimiento previo, se verifica que en la celda CE05A el promedio del porcentaje de accesos lejanos con niveles inferiores a -101 dBm sea mayor que el umbral del 6 %.

En la **figura 4.5** se tiene la tendencia de los accesos con niveles inferiores a -101 dBm, siendo la mala cobertura el principal problema. La información referente al porcentaje de accesos a las celdas se detalla en el **anexo 12**.

Como segundo paso, se determina la cobertura de la celda utilizando las expresiones matemáticas explicadas en el **capítulo 2, sección 2.2.5**, y con ello se verifica si las llamadas caídas se deben a falta de penetración o la falta de celdas vecinas para cubrir ciertas zonas escasas del servicio.

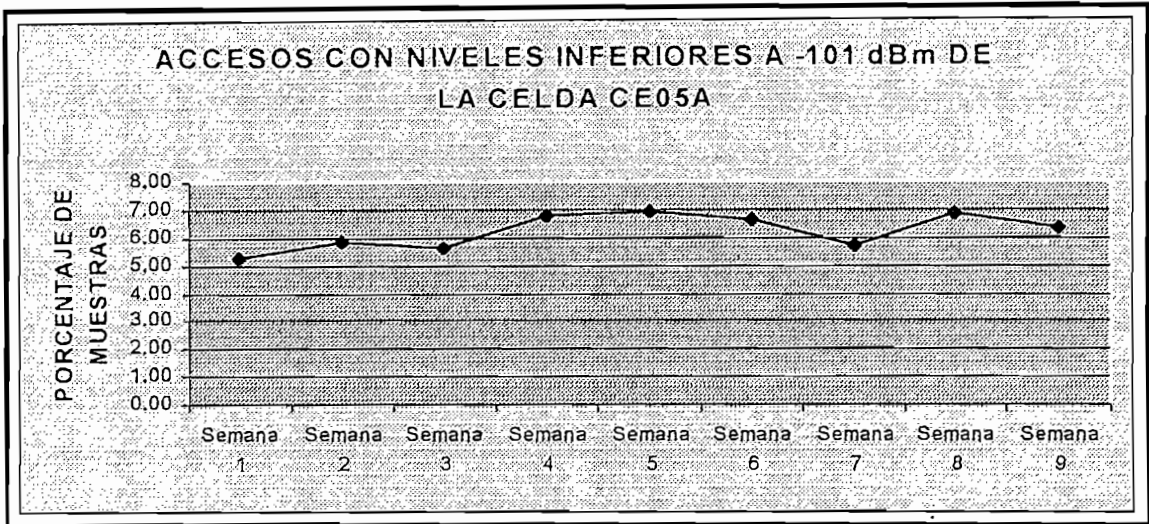


Figura 4.5.- Accesos con niveles inferiores de -101 dBm a la celda CE05A

En el **anexo 13**, se indica la ubicación geográfica de la celda CE05 conjuntamente con sus celdas contiguas, así mismo se indica una vista de la cobertura de ésta celda en el área urbana de la ciudad de Guayaquil.

4.2.1.2 Cálculo de la cobertura de la celda CE05A

Para el cálculo de cobertura, se parte de las características técnicas de la estación base, así como de la estación móvil:

Características de la estación base CE05A

Tipo de estación base	RBS 882D
Potencia de salida de la estación base	6.8 W
Tipo de antena ³	RWB-80011/120
Ganancia de la antena de transmisión	11.0 dB
Ganancia de la antena de recepción	11.0 dB

³ Las características técnicas de las antenas se indican en el **Anexo 14**, tomado de WWW.Antelinc.com

Longitud del cable coaxial	25 metros
Tipo del cable coaxial	LCF 7/8"
Pérdidas del cable coaxial	4 dB / 100 m
Pérdidas de los latiguillos ⁴	3 dB
Sensibilidad de la estación base RBS 882D ⁵	-113 dBm
Altura de la estación Base	50 m

Características de la estación móvil

Sensibilidad de la estación móvil ⁶	-103 dBm
Potencia de salida de la estación móvil ⁷	28 dBm
Altura de la estación móvil	1.5 m

Con estos datos, se calcula las pérdidas de los enlaces descendente y ascendente entre la estación base y la estación móvil con las fórmulas analizadas en el **capítulo # 2, sección 2.2.5.2.**

Cálculo de las pérdidas del enlace descendente

$$P_{fi} = P_{out\ EB} - L_{cables} + G_{antena\ EB} - P_{in\ EM} \quad (1)$$

La potencia de salida configurada inicialmente de la estación base es:

$$P_{out\ EB} = 6.8\ W\ (38.3\ dBm)$$

$$\text{Pérdidas del cable coaxial} = 25\ m \times 4\ dB / 100\ m = 1\ dB$$

Pérdidas de los latiguillos, se utilizan 2 (1.5 dB por cada uno)

4 Latiguillo se refiere a un cable coaxial flexible de 1/2" de diámetro y hasta 4 m de longitud que se utiliza para conectar el cable coaxial con la antena y con la salida de potencia de la estación base.

5 Esta información se indica en la **tabla 4.1.**

6 Esta información se indica en el **capítulo 2, sección 2.2.1.5.**

7 Esta información se indica en el **capítulo 2 sección 2.2.1.4 tabla 2.1.**

$$\text{Pérdidas de cables} \quad L_{\text{cables}} = 4 \text{ dB}$$

Las pérdidas del enlace descendente son:

$$P_{rl} = 38.3 - 4 + 11.0 - (-103)$$

De donde se tiene: $P_{rl} = 148.3 \text{ dB}$

Cálculo de las pérdidas del enlace ascendente

$$P_{rl} = P_{\text{out EM}} - L_{\text{cables}} + G_{\text{antena EB}} - P_{\text{in EB}} \quad (2)$$

La longitud del recorrido de los cables coaxiales tanto hacia la antena de transmisión como de recepción es similar, (las antenas de transmisión como de recepción se encuentran a la misma altura), por lo tanto las pérdidas son aproximadamente iguales.

$$P_{rl} = 28 - 4 + 11.0 - (-113)$$

De donde se tiene: $P_{rl} = 148.0 \text{ dB}$

Los valores de las pérdidas tanto del enlace descendente como del ascendente son aproximadamente iguales por lo que no se requiere balancear el sistema. En caso de requerirse se procede de la siguiente manera:

Se toma el valor máximo de las pérdidas entre los enlaces ascendente y descendente, con ello se calcula la nueva potencia de salida de la estación base, considerando que la expresión (1) es igual a la expresión (2), se tiene:

$$P_{\text{out EB}} = P_{\text{out EM}} + P_{\text{in EM}} - P_{\text{in EB}}$$

$$P_{\text{out EB}} = 28 + (-103) - (-113)$$

De donde, la nueva potencia de la estación base es:

$$P_{\text{out EB}} = 38 \text{ dBm}$$

Para el cálculo de la cobertura de la celda se aplica expresión analizada en el **capítulo 2, sección 2.2.5.3**.

$$L_{p_{\text{máx}}} = P_{\text{out EB}} - L_{\text{cables EB}} + G_{\text{antena EB}} - SS_{\text{in EM}} \quad (3)$$

Para ello, se tiene que determinar la mínima señal requerida $SS_{\text{in EM}}$ para la estación móvil con las expresiones vistas en el **capítulo 2, sección 2.2.5.1**.

Para el ambiente externo:

$$SS_{\text{in EM}} = P_{\text{in EM}} + HQ_{\text{marg}} + LN_{\text{marg}(0)} + IF_{\text{marg}} \quad (4)$$

Para dentro de un ambiente vehicular

$$SS_{\text{in EM}} = P_{\text{in EM}} + HQ_{\text{marg}} + LN_{\text{marg}(0)} + IF_{\text{marg}} + L_{\text{iv}} \quad (5)$$

Para el ambiente interno

$$SS_{\text{in EM}} = P_{\text{in EM}} + HQ_{\text{marg}} + LN_{\text{marg}(0)} + IF_{\text{marg}} + L_{\text{bp}} \quad (6)$$

El valor del alto margen de calidad (Margen de desvanecimiento de Rayleigh) HQ_{marg} se obtiene de la **tabla 4.2**⁸.

Un valor de 1.5 dB para un BER (Bit Error Rate) > 2 % para el tipo de estación base RBS 882D es aceptable.

El considerar para los cálculos uno u otro valor del margen de desvanecimiento

⁸ TDMA 136/Advanced Cell Planning, Ericsson

de Rayleigh es relativo, el valor del margen depende del área geográfica a donde se requiera llegar.

BER(Bit Error Rate)	3% <BER	2.5% <BER< 3%	2% <BER< 2.5%	1.5% <BER< 2%	1% <BER< 1.5%	< 1%
Para todas las Estaciones Base excepto la RBS 884 1900Mhz.	0.00	1.00	1.50	2.50	3.50	4.00
Para la Estación Base RBS 800 1900Mhz	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50

Tabla 4.2.- Margen de desvanecimiento de Rayleigh

El margen de desvanecimiento de Rayleigh considera la atenuación por múltiples caminos en áreas rurales o áreas extensas. El desvanecimiento multi camino es menor que en las áreas urbanas y por lo tanto se tiene una mejor respuesta a la calidad de la señal.

En áreas rurales para ganar cobertura es recomendable tomar valores pequeños del margen de Rayleigh, a diferencia de las zonas densamente pobladas donde es recomendable tomar valores altos.

El valor del margen de desvanecimiento Logarítmico - normal $LN_{\text{marg}(0)}$ se obtiene de la **tabla 4.3⁸**.

El valor $LN_{\text{marg}(0)}$ para una área de cobertura del 90 % y una desviación estándar σ_{LNF} para la zona urbana de 8 dB, corresponde a 2 dB.

El margen de desvanecimiento logarítmico – normal está relacionado con las fluctuaciones de la señal de recepción en el borde del área de cobertura de la celda. Este margen asegura que el nivel de señal en la celda determinada por el radio de cobertura se encuentre sobre un umbral predeterminado. El valor que se considera para el cálculo con un porcentaje de cobertura garantiza que la señal

de recepción es mayor que el umbral. Por ello, el considerar para el cálculo un valor alto del margen logarítmico – normal garantiza un buen nivel de señal de recepción a expensas de que la cobertura de la celda se reduzca.

MARGEN DE DESVANECIMIENTO LOG-NORMAL $LN_{\text{marg}(0)}$ (dB)						
Tipo de Area	Desviación estándar	COBERTURA				
		75%	85%	90%	95%	99%
Rural/Suburbana	6	-3	-1	1	3	7
Urbana	8	-3	0	2	5	10
Densa urbana	10	-3	0	3	6	12
Muy Densa Urbana	12	-3	1	4	8	15
	14	-3	1	4	9	17

Tabla 4.3.- Margen de desvanecimiento Logarítmico - Normal

El margen de interferencia IF_{marg} corresponde a 1 dB tanto para la zona urbana como rural como se explicó en el **capítulo 2, sección 2.2.4.3**.

El valor de las pérdidas en el interior de los vehículos L_{iv} corresponde a un valor de 10 dB, **capítulo 2 sección 2.2.4.4**.

Los valores de las pérdidas de penetración en el interior de edificios L_{bp} son determinados por la experiencia, los mismos pueden diferir según las zonas geográficas y los materiales de construcción.

En la **tabla 4.4**⁸, se presenta las pérdidas aproximadas por penetración para las distintas zonas.

PERDIDAS POR PENETRACIÓN	
Tipo de Zona	Pérdidas (dB)
Densa Urbana	18
Urbana	18
Suburbana	12

Tabla 4.4.- Pérdidas por penetración en edificios

Se debe indicar que estos valores son fruto de la experiencia por sus autores, lo que se hace es simplemente aplicarlas para nuestros cálculos.

Aplicando los parámetros mencionados se obtiene:

Para el ambiente externo:

$$SS_{in\ EM} = -98.5\ dBm$$

Para dentro de un ambiente vehicular

$$SS_{in\ EM} = -88.5\ dBm$$

Para el ambiente interno

$$SS_{in\ EM} = -80.5\ dBm$$

Para determinar el tamaño de cobertura de la celda de CE05A se aplica la expresión (3).

De dónde se tiene las máximas pérdidas permisibles en los diferentes casos:

Para el ambiente externo:

$$Lp_{m\acute{a}x} = 144.1\ dB$$

Para dentro de un ambiente en el interior de los vehículos

$$Lp_{m\acute{a}x} = 134.1\ dB$$

Para el ambiente interno en edificaciones

$$Lp_{m\acute{a}x} = 126.1\ dB$$

Con el valor de las pérdidas para ambientes externos se obtiene el radio de cobertura de la celda que viene dado por las expresiones de Okumura-Hata estudiadas en el **capítulo 2, sección 2.1.1.1 y sección 2.2.5.3.**

$$\text{Radio de cobertura: } d = 10^{(Lp_{m\acute{a}x} - A) / B}$$

(6)

Donde:

Para áreas urbanas

$$A = 69.55 + 26.16 \cdot \log_{10}(f_c) - 13.82 \cdot \log_{10}(h_{EB}) - a(h_{EM}) \quad (7)$$

$$B = 44.9 - 6.55 \cdot \log_{10}(h_{EB}) \quad (8)$$

$$a(h_{EB}) = (1.1 \cdot \log_{10}(f_c) - 0.7) \cdot h_{EM} - (1.56 \cdot \log_{10}(f_c) - 0.8) \quad (9)$$

Para la $f_c = 850$ Mhz que corresponde a la frecuencia central de la banda celular. Las expresiones (7) y (8) se reducen a:

$$A = 146.2 - 13.82 \cdot \log_{10}(h_{EB}) - a(h_{EM})$$

$$a(h_{EB}) = 2.52 \cdot h_{EM} - 3.77$$

Y aplicando la expresión (6), se tiene que el radio de cobertura de la celda CE05A es de: **4.3 Km.**

La cobertura de la celda CE05A llega hasta un radio de 4.3Km, distancia en la que las estaciones móviles son capaces de acceder al servicio celular con el mínimo nivel de recepción, esta consideración es para una sola celda en el área urbana.

En el caso real, se tienen varias celdas "vecinas" cuyas distancias entre celdas no van más de los 4.3 Km. Dependiendo del tráfico de la zona, las celdas se ubican lo más cercanas posibles y obviamente limitadas en cobertura, puesto que lo que se quiere ofrecer es más capacidad que cobertura.

Por ello la manera de limitar la cobertura de una celda es a través del ajuste de los parámetros de acceso de las estaciones móviles a la celda, de manera que las estaciones móviles tengan acceso a la celda con niveles mayores de potencia.

4.2.1.3 Determinación de los accesos de las estaciones móviles a la celda CE05A

El acceso de las estaciones móviles a la celda está determinado por el canal de control (digital o analógico). En el caso analógico, en la **figura 4.6**, se tiene la medición entre las 09h00 hasta las 11h00 de los accesos al canal de control analógico de la celda CE05A. El periodo de medición se refleja en el número de muestras que se obtiene.

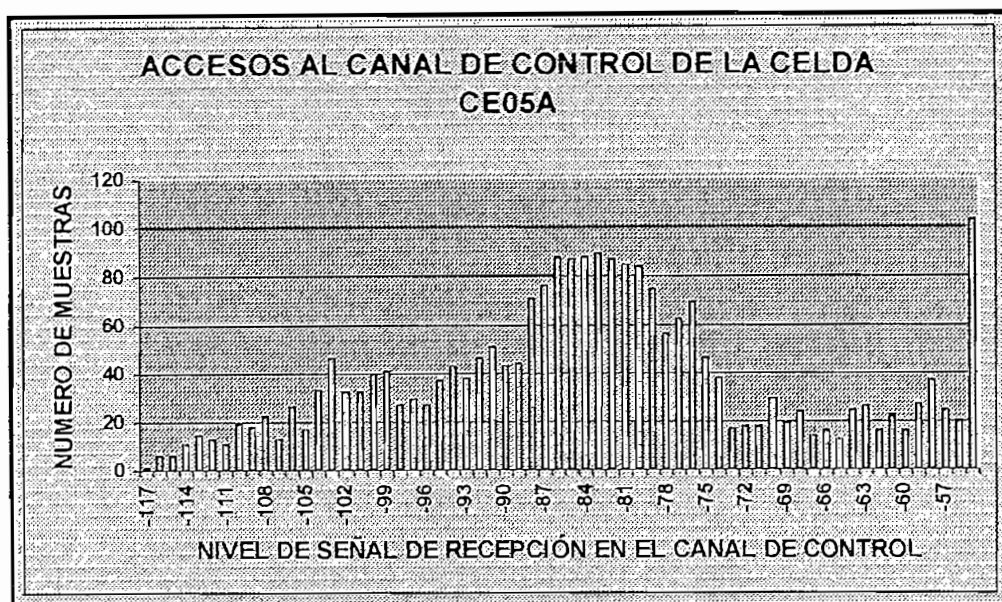


Figura 4.6.- Accesos al canal de control de la celda CE05A

De acuerdo a la medición registrada por el canal de control sobre los accesos de las estaciones móviles, se tiene que existe un mayor número de muestras con niveles de recepción de - 83 dBm en la estación base, lo que indica que la mayoría de las estaciones móviles tienen acceso con este nivel a la estación base.

El acceso a una estación base se realiza a través de la configuración de los parámetros del canal de control de la celda, y por ello, es éste quien asigna el canal de voz a un móvil cuando solicita el acceso al sistema.

El radio de cobertura necesario para aquellas estaciones móviles que tienen acceso a la celda con niveles de recepción promedio ($P_{in\ EB}$) de - 83dBm es el

siguiente:

Aplicando la expresión (2) para el cálculo de las pérdidas del enlace ascendente, se tiene:

$$P_{rl} = P_{out\ EM} - L_{cables} + G_{antena\ EB} - P_{in\ EB}$$

Donde: $P_{rl} = 28\text{ dBm} - 4\text{ dB} + 11.0\text{ dB} - (-83\text{ dBm})$

se tiene:

$$P_{rl} = 118.0\text{ dBm}$$

Con este valor de pérdidas determinamos el radio de cobertura de la celda mediante la expresión (6).

$$\text{Radio de cobertura: } d = 10^{(L_p \text{ máx} - A) / B}$$

El radio de cobertura es 0.73 Km para las estaciones móviles que tienen acceso a la estación base con niveles de -83 dBm , en cambio el problema básico de las llamadas caídas se refieren a los móviles que tienen acceso con bajos niveles de señal como son los que están ubicados en los edificios "cobertura interna", en donde las pérdidas por penetración son alrededor de 15 a 20 dB lo que da un nivel de acceso de estos móviles de alrededor de -103 dBm .

4.2.1.4 Modificación de los parámetros de acceso a la celda CE05A

El experimento que se realizó fue para conocer la influencia sobre el porcentaje de llamadas caídas en la celda CE05A al cambiar los niveles de acceso y registro para los abonados móviles.

En cada celda se programan entre otros los siguientes parámetros:

- SSSEL: Mínima intensidad de señal requerida por el móvil para sintonizarse a un canal de control.
- SSACC: Mínima intensidad de señal requerida por el canal de control para aceptar accesos o respuesta a voceos sobre el canal de control.
- SSREG: Mínima intensidad de señal requerida en el canal de control analógico para aceptar solicitudes de registro.
- SSMIN: Mínima intensidad de señal requerida para que un abonado pueda realizar handoff a una celda.

En este experimento, se cambiaron los parámetros descritos para rechazar accesos o intentos de registro de muy baja intensidad de señal. Se pretendía con ello dar servicio a los abonados que presentan una mejor calidad de señal limitando así la cobertura de la celda a aquellos móviles que estuvieran en mejores condiciones de hacer o recibir llamadas.

Los parámetros originales antes del experimento fueron:

SSSEL=	- 108 dBm
SSACC=	- 108 dBm
SSREG=	- 108 dBm
SSMIN =	- 98 dBm

Los niveles de acceso, registro y sintonía son considerados como un solo grupo, un valor diferente entre ellos implica por ejemplo que el móvil tenga un buen nivel de sintonía del canal de control, pero por otro lado no sea capaz de obtener el acceso o registrarse en la celda.

El nivel de recepción promedio de acceso medido en el canal de control analógico de la celda CE05A de la **figura 4.6** es - 103 dBm, y los parámetros configurados inicialmente estaban 5 dB menos que lo que debería ser. De acuerdo a las pruebas realizadas y resultados obtenidos se decidió asignar los siguientes valores:

SSSEL = - 103 dBm
 SSACC = - 103 dBm
 SSREG = - 103 dBm
 SSMIN = - 93 dBm

Las mediciones que se tomaron antes y después de este cambio, se indican en la **tabla 4.5**. Se muestran los porcentajes de llamadas caídas por hora un día antes y un día después de la modificación realizada.

PORCENTAJE DE LLAMADAS CAIDAS DE LA CELDA CE05A		
Hora	Antes	Después
7:00 AM	2.44	2.56
8:00 AM	3.42	1.19
9:00 AM	1.25	0.99
10:00 AM	3.86	3.43
11:00 AM	3.91	2.57
12:00 PM	2.84	2.15
1:00 PM	2.80	2.34
2:00 PM	3.30	1.83
3:00 PM	2.87	1.96
4:00 PM	2.50	2.43
5:00 PM	3.48	2.94
6:00 PM	2.75	1.81
7:00 PM	2.62	2.49
8:00 PM	1.59	1.53
9:00 PM	2.30	2.32
10:00 PM	2.71	2.88
11:00 PM	2.63	3.29
12:00 AM	1.17	0.64
Promedio	2.69	2.19

Tabla 4.5.- Porcentaje de llamadas caídas debido a la modificación de los accesos a la celda CE05A

El porcentaje promedio de llamadas caídas de la celda CE05A bajó de 2.69 % a 2.19 %. El efecto de este cambio fue:

- Disminución del área de cobertura de la celda.

- Disminución de intentos de accesos a la celda.
- Obligar a los móviles a tener el acceso al servicio a través de otras celdas.

De acuerdo a los resultados de la **tabla 4.5**, el porcentaje de llamadas caídas durante el día disminuyó, en cambio en la noche sufrió un leve incremento que no afecta al promedio global. Sobre todo si se considera que el mayor tráfico es durante el día, la disminución del porcentaje de llamadas caídas si es considerable.

4.2.1.5 Ajuste de la ventana de potencia de la celda CE05A

El ajuste de la ventana de potencia se refiere a limitar los niveles de recepción con los que la estación móvil realiza el proceso de handoff.

Debido a la ubicación de la celda CE05A y la proximidad de celdas vecinas, los experimentos realizados con el ajuste de los parámetros para el proceso de handoff no reportaron mejoría en el porcentaje de llamadas caídas de donde se deduce que este proceso no influye en mayor grado en el porcentaje de llamadas caídas registradas en esta celda.

4.2.1.6 Modificación de la orientación de las antenas de la celda CE05A

El montaje de las antenas se realiza siguiendo un patrón de radiación del cual puede haber ligeras variaciones dependiendo de la zona a la que se desea llegar, normalmente las antenas se orientan con ángulos de azimut de 10°, 130° y 250°, para cada dirección correspondiendo a cada uno de los tres sectores.

La orientación de las antenas para la celda CE05A inicialmente es de 10°, de esta orientación se parte para mejorar la cobertura y penetración de la señal celular.

Así mismo, otro factor del patrón de radiación es el tilt (inclinación mecánica del haz de radiación de la antena), cada antena viene de fábrica con tilt entre 2° y 6° . La inclinación o "down tilt" se utiliza para mejorar la cobertura y/o problemas de interferencia co canal.

Para determinar el tilt adecuado de las antenas de la celda CE05A, en la **figura 4.7**, se dispone la altura de las antenas de la celda CE05A y de la celda contigua CE07A.

Para reducir las señales de interferencia de la celda CE05A sobre la celda CE07A por ejemplo en 7 dB, con el tipo de antena instalado RWB 80011/120⁹ cuyo ancho de haz en vertical es de 14° se requiere un tilt de 10° desde el horizonte, como se puede apreciar en la **figura 4.8**.

En la **figura 4.8**, se muestra el gráfico de la reducción de ganancia conforme varía el tilt de la antena para tres tipos de ancho de haz vertical, 7° , 14° y 28° .

Referido a la **figura 4.7**, el radio de cobertura de la celda CE05A es de $A = 0.73$ Km, y el ángulo de cobertura $\alpha = 3.92^\circ$. El tilt para reducir la ganancia en 7 dB es de 10° .

El tilt final de la antena es $\beta = 10^\circ + \alpha$, cuya distancia en dirección de la máxima radiación es $B = 201$ m.

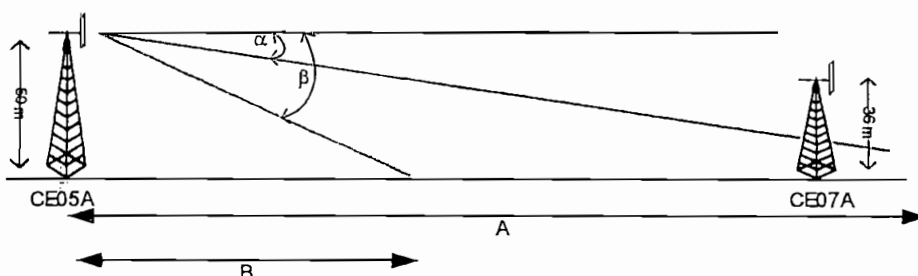


Figura 4.7.- Reducción de ganancia con un tilt de las antenas de la celda CE05A

⁹ Ver **anexo 14**, características técnicas de la antena RWB 80011/120.

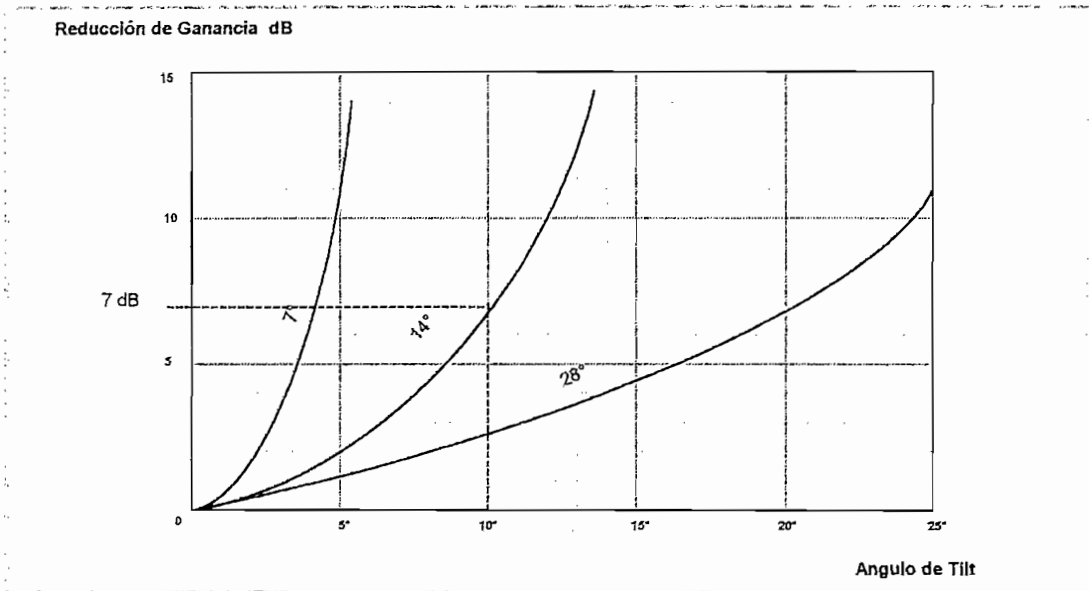


Figura 4.8.- Reducción de Ganancia en función del tilt para antenas con ancho de haz vertical de 7°, 14° y 28°

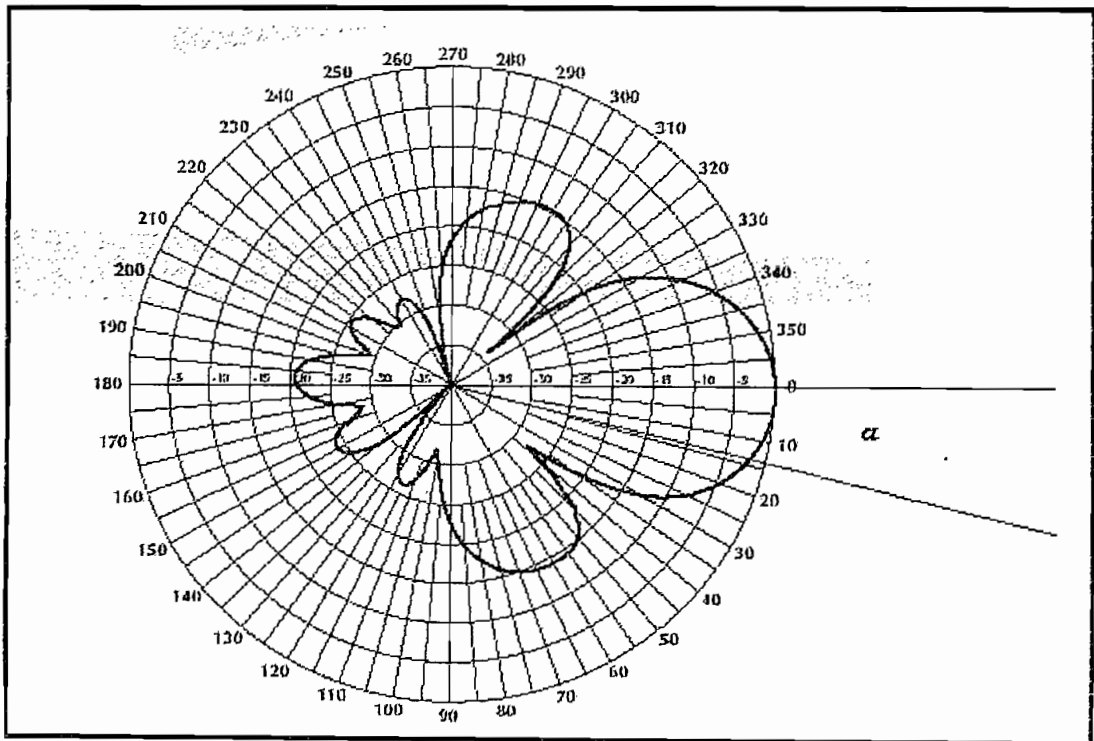


Figura 4.9.- Diagrama de radiación vertical de la antena RWB 80011/120

El segundo paso es analizar el efecto que se produce en la relación C/I (portadora – Interferencia) con un tilt de 10° y una reducción de la ganancia en 7 dB.

En referencia a la **figura 4.10**, sí se considera a una estación móvil dentro de área de cobertura con un ángulo; $\theta > \alpha$, por ejemplo de $\theta = 5^\circ$. Y, sí la antena de la celda tiene un diagrama de radiación como el que se indica en la **figura 4.9**.

Al aplicar una reducción de ganancia de 7 dB, el nuevo tilt de la antena es de 13.92° ($10^\circ + 3.92^\circ$), el nivel de la portadora en la estación móvil ubicada en $\theta = 5^\circ$ ha experimentado una reducción 2 dB.

El valor de los 2 dB se obtiene del diagrama de radiación de la antena RWB 80011/120, ver **figura 4.11**. La cobertura de la celda se ha reducido en un ángulo de $13.92^\circ - 5^\circ = 8.92^\circ$ que equivale aproximadamente a 2 dB del punto de máxima potencia.

El resultado de la inclinación de la antena “down tilt” para reducir el nivel de interferencia de la celda CE05A sobre la celda CE07A en 7 dB, requiere perder cobertura de la celda CE05A en 2 dB.

El nivel de la portadora (C) luego del tilt se ha reducido en 2 dB y el nivel de la interferencia (I) se ha reducido en 7 dB, lo que genera que la relación C/I (portadora – interferencia) se incremente en 5 dB en la celda CE07A.

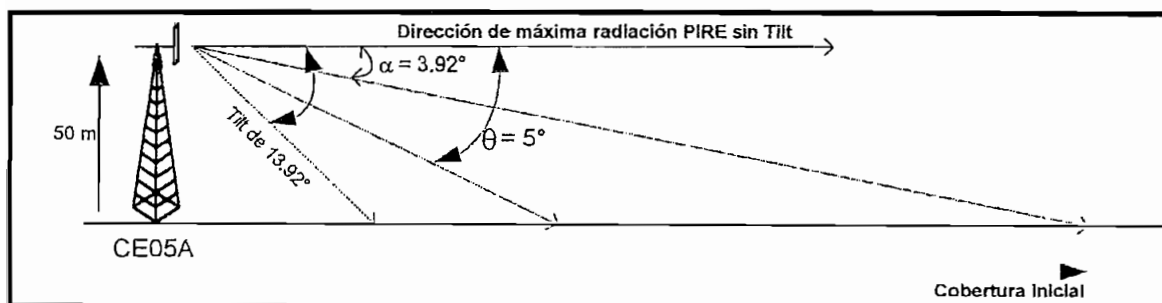


Figura 4.10.- Reducción del área de cobertura con “down tilt”

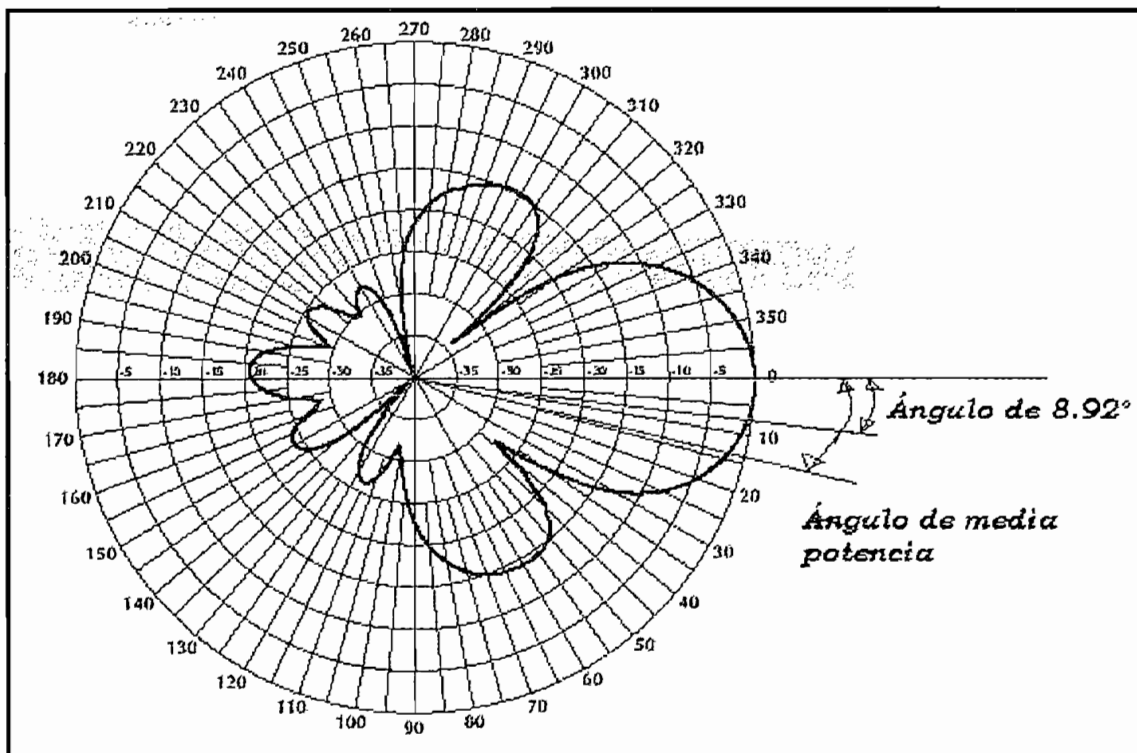


Figura 4.11.- Pérdidas por la reducción de cobertura por "down tilt"

La reducción de cobertura de hasta 2 dB con un tilt de hasta 13.92° en la zona urbana no es conveniente, porque el problema básico no es por interferencias.

El nivel de ruido en la celda CE05A es $\approx 2.7\%$ para digitales y $\approx 8.8\%$ para los analógicos, ver **anexo 11**. Los valores bajos del porcentaje de muestras con ruido en los digitales indican, que en efecto la interferencia no es el problema. En cambio el valor "alto" del porcentaje de muestras con ruido en los dispositivos analógicos se debe por los niveles bajos de señal con que los móviles tienen acceso al sistema.

Para el caso de la celda CE05A el problema es la orientación inadecuada de las antenas (azimut) producto de ello es la baja penetración de la señal. La orientación se realiza de una manera subjetiva previa verificación en campo del área o sitio con mala cobertura.

Las pruebas realizadas y con mejores resultados para las orientaciones de las

antenas de la celda CE05A se indican en la **tabla 4.6**, partiendo de la orientación inicial de 10° de azimut con 3° de tilt.

PRUEBAS DE LA ORIENTACIÓN DE LAS ANTENAS DE LA CELDA CE05A			
Hora	día 1	día 2	día 3
	Azimut 10° tilt 3°	Azimut 20° tilt 3°	Azimut 20° tilt 6°
8:00 AM	1.56	2.23	2.39
9:00 AM	1.98	1.69	2.45
10:00 AM	2.30	2.12	2.39
11:00 AM	2.50	2.77	1.20
12:00 PM	1.54	1.97	2.17
1:00 PM	3.44	1.54	1.28
2:00 PM	3.00	2.09	1.38
3:00 PM	2.51	1.98	2.28
4:00 PM	2.16	2.51	1.79
5:00 PM	1.78	2.62	1.71
6:00 PM	2.45	2.41	2.42
7:00 PM	3.10	2.69	1.08
Promedio	2.36	2.22	1.88

Tabla 4.6.- Porcentaje de llamadas caídas con las pruebas para varias orientaciones de las antenas de la celda CE05A

El mejor resultado se presenta con azimut de 20° y un tilt de 6°. El nuevo ángulo de azimut de orientación de las antenas está en la dirección del casco comercial de la ciudad. Con el nuevo valor de tilt de 6°, hay una reducción en la ganancia de la cobertura de ≈ 1.0 dB (para un tilt de $6^\circ - 3^\circ = 3^\circ$). (Ver figura 4.8)

Los efectos de la reducción de cobertura en 1.0 dB se presentan en la **tabla 4.7**, al término de este proceso y son:

- Disminución de los accesos de los móviles a la celda tanto para niveles de recepción de -101 dBm como para niveles de -105 dBm.
- Disminución de interferencias tanto externas como co canal
- Se presenta un leve aumento de la relación señal a ruido, que es un valor no tan considerable comparado con la reducción de las interferencias externas en la celda.
- A diferencia del caso anterior del **punto 4.2.1.4**, con este proceso hay

mayor penetración de señal, lo cual se refleja en el incremento del tráfico de la celda.

RESULTADOS DE LA ORIENTACION DE LAS ANTENAS DE LA CELDA CE05A						
FECHA	Accesos con señal < 105 dBm (%)	Accesos con señal < 101 dBm (%)	interferencia externa < 118 dBm (%)	Portadora - Interferencia CI<17dB (%)	Señal - Ruido SN<28dB	Tráfico de la celda (minutos)
Antes	4.15	8.37	3.53	10.84	9.24	213229.00
Despues	3.69	8.22	3.46	10.14	9.66	225067.00

Tabla 4.7.- Resultados de la orientación de las antenas en la celda CE05A

4.2.2 ANÁLISIS DE LA CELDA NO04C

La celda NO04C se encuentra ubicada en el cerro de Mapasingue, las llamadas caídas producidas por esta celda son debido a los accesos lejanos de los móviles, (**ver anexo 12**).

A diferencia de la celda CE05A, los accesos lejanos son por bajos niveles de señal de cobertura de la celda, y no, por falta de penetración de la señal, debido a su ubicación en una zona con celdas vecinas distantes.

En la **figura 4.12**, se indica la medición en el canal de control analógico de la celda de los niveles de recepción de acceso de los móviles, cuyo promedio que registra la celda es alrededor de - 108 dBm.

Con el nivel de recepción de - 108 dBm procedemos a determinar el radio de cobertura de la celda.

En el **anexo 15**, se indica la vista de la cobertura que tiene la celda NO04C, cuya estación base se encuentra a una altura considerable respecto a todas las celdas urbanas de la ciudad de Guayaquil.

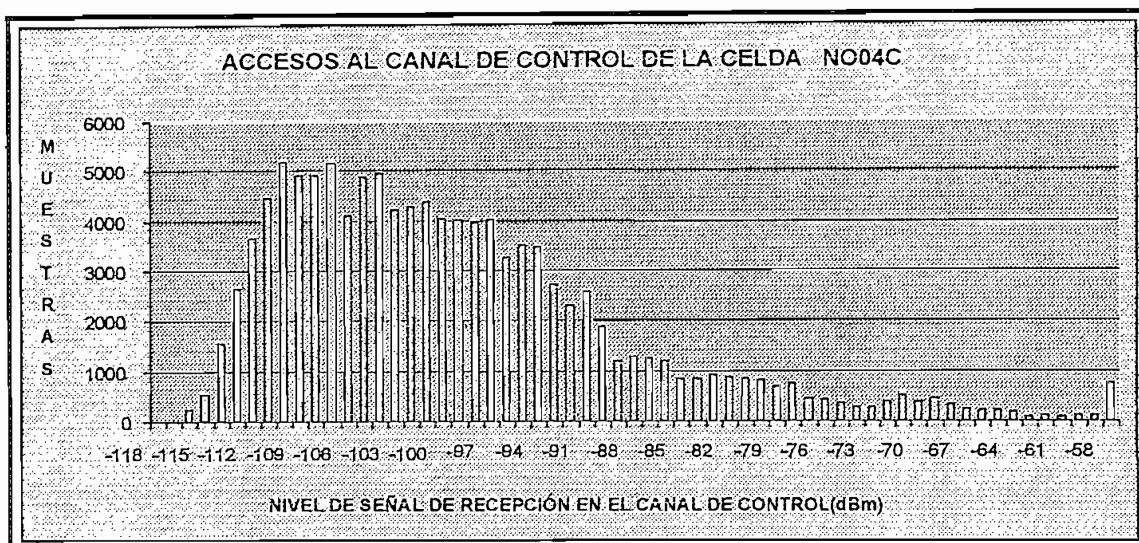


Figura 4.12.- Niveles de acceso al canal de control analógico de la celda NO04C

4.2.2.1 Determinación del radio de cobertura de la celda NO04C

Características de la estación base NO04C

Tipo de estación base	RBS 882D
Potencia de salida de la estación base	6.8 W
Tipo de antena ¹⁰	RWB-80011/120
Ganancia de la antena de transmisión	11.0 dB
Ganancia de la antena de recepción	11.0 dB
Longitud del cable coaxial	30 metros
Tipo del cable coaxial	LCF 7/8"
Pérdidas del cable coaxial	4 dB / 100 m
Pérdidas de los latiguillos	3 dB
Sensibilidad de la estación base RBS 882D	-113 dBm
Altura de la estación Base	91 metros
Altura de las antenas de la estación Base	25 metros

¹⁰ Las características técnicas de las antenas se indican en el **anexo 14** tomado de WWW.Antelinc.com.

Aplicando la expresión para el cálculo de las pérdidas del enlace ascendente, se tiene:

$$P_{ri} = P_{out EM} - L_{cables} + G_{antena EB} - P_{in EB} \quad (1)$$

Donde: $P_{ri} = 28 \text{ dBm} - (3 \text{ dB} + 4 \text{ dB}/100 \text{ m} \times 30 \text{ m}) + 11.0 \text{ dB} - (-108 \text{ dBm})$
se tiene:

$$P_{ri} = 142.8 \text{ dB}$$

Con este valor de pérdidas y considerando similares condiciones para ambientes externos, se obtienen el radio de cobertura de la celda, el mismo que viene dado por las expresiones de Okumura-Hata estudiadas en **capítulo 2, sección 2.2.5.3**.

$$\text{Radio de cobertura: } d = 10^{(Lp \text{ máx} - A) / B} \quad (2)$$

Donde:

Para áreas urbanas

$$A = 69.55 + 26.16 * \log_{10}(f_c) - 13.82 * \log_{10}(h_{EB}) - a(h_{EM}) \quad (3)$$

$$B = 44.9 - 6.55 * \log_{10}(h_{EB}) \quad (4)$$

$$a(h_{EB}) = (1.1 * \log_{10}(f_c) - 0.7) * h_{EM} - (1.56 * \log_{10}(f_c) - 0.8) \quad (5)$$

Para la $f_c = 850 \text{ Mhz.}$ que corresponde a la frecuencia central de la banda celular las expresiones (3) y (5) se reducen a:

$$A = 146.2 - 13.82 * \log_{10}(h_{EB}) - a(h_{EM})$$

$$a(h_{EB}) = 2.52 * h_{EM} - 3.77$$

Donde:

$$h_{EB} = 106 \text{ m, altura de las antenas de la celda NO04C}$$

Aplicando la expresión (2) se tiene que el radio de cobertura de la celda NO04C es de: **6.0 Km.**

En efecto, el radio de cobertura de la celda NO04C es demasiado grande (similar

al de una celda rural).

A diferencia de la celda CE05A donde los accesos a la celda lo realizan las estaciones móviles con niveles que van desde los -77 dBm, la celda NO04C en cambio lo hacen con niveles desde -96 dBm. Por ello, el problema principal de esta celda son las llamadas caídas por bajos niveles de señal.

Una probable solución y la más difícil económicamente es, compensar la cobertura de ésta celda con la instalación de otras celdas, de tal manera que se prescindiera del servicio de la celda NO04C.

La tendencia del servicio celular es modificar la red de acuerdo a su crecimiento, y, uno de ellos es disminuir la altura de las estaciones base para limitar su cobertura.

La alternativa para disminuir las llamadas caídas por cobertura de la celda NO04C es, a través de una re orientación de las antenas y con ello tratar que capture el tráfico más importante de la zona.

4.2.2.2 Re orientación de las antenas de la celda NO04C

La orientación original de las antenas de la celda NO04C era: Azimut de 255° y tilt de 6° . Los mejores resultados se obtuvieron con un azimut 240° con un tilt de 9° , resumidos en la **tabla 4.8**.

Al término de esta prueba, el porcentaje de llamadas caídas se incrementó al 3.18 %, por lo que el resultado no fue positivo.

En las estaciones base de gran altura, con gran cobertura y con antenas directivas es un poco delicado realizar re orientaciones a las antenas luego que la celda entra en servicio comercial, porque por un lado se gana en cobertura y por otro se pierde debido al área extensa que cubre la celda.

PRUEBA DE LA CELDA NO04C		
Hora	Día 1	Día 2
	Azimut 255° tilt 6°	Azimut 240° tilt 9°
8:00 AM	2.05	3.31
9:00 AM	3.14	3.88
10:00 AM	3.14	2.45
11:00 AM	2.71	1.45
12:00 PM	3.81	2.98
1:00 PM	2.78	5.73
2:00 PM	2.71	3.23
3:00 PM	1.82	3.64
4:00 PM	2.79	3.01
5:00 PM	3.84	1.49
6:00 PM	2.82	2.94
7:00 PM	1.71	4.04
Promedio	2.78	3.18

Tabla 4.8.- Porcentaje de llamadas caídas de la celda NO04C con un tilt a 9°

4.2.2.3 Determinación de los accesos a la celda NO04C

Los niveles de acceso de las estaciones móviles a la celda NO04C es alrededor de - 108 dBm, ver **figura 4.12, página 161**.

Los parámetros de acceso a la celda que determinan la sintonía, registro y el acceso del móvil inicialmente estaban configurados de la siguiente manera:

- SSSEL: Mínima intensidad de señal requerida por el móvil para sintonizar un canal de control en -110 dBm.
- SSACC: Mínima intensidad de señal requerida por el canal de control para aceptar accesos o respuesta a voceos sobre el canal de control en -110 dBm.
- SSREG: Mínima intensidad de señal requerida en el canal de control analógico para aceptar solicitudes de registro en -110 dBm.
- SSMIN: Mínima intensidad de señal requerida para que un abonado pueda realizar handoff a una celda -95 dBm.

Al modificar éstos parámetros de -110 dBm a -105 dBm, implica la reducción de cobertura y obviamente habrá estaciones móviles que ya no tienen acceso al sistema.

En la **tabla 4.9**, se tiene los resultados al modificar éstos parámetros. La reducción del promedio de llamadas caídas del 3.95 % hasta antes de modificar los parámetros de acceso, al nuevo valor de 2.26 % con los nuevos parámetros.

MODIFICACIÓN DE LOS ACCESOS A LA CELDA NO04C		
Hora	Antes	Después
8:00 AM	2.43	1.35
9:00 AM	2.04	1.58
10:00 AM	2.03	1.72
11:00 AM	3.81	2.30
12:00 PM	2.40	4.02
1:00 PM	6.94	2.31
2:00 PM	3.58	1.90
3:00 PM	3.44	1.55
4:00 PM	3.99	1.59
5:00 PM	4.33	2.76
6:00 PM	5.77	3.46
7:00 PM	4.80	2.66
8:00 PM	5.81	2.16
Promedio	3.95	2.26

Tabla 4.9.- Porcentaje de llamadas caídas antes y después de la modificación de los parámetros de acceso a la celda NO04C

El comportamiento en cuanto a las llamadas caídas analógicas de esta celda se mantendrá debido a sus características de cobertura, a menos que la celda sea digitalizada, es decir, instalar dispositivos digitales en reemplazo de los analógicos.

La digitalización es una buena opción para reducir el porcentaje de las llamadas caídas analógicas sobre todo en las celdas sub urbanas que presentan altos porcentajes de llamadas caídas.

El proceso de digitalización depende del comportamiento del tráfico que maneje la celda y se lo realiza paulatinamente conforme los abonados cambian sus terminales analógicos a los digitales.

Una segunda opción es la instalación de amplificadores en el enlace ascendente, esta alternativa debe ser meditada puesto que la zona urbana el nivel de ruido es considerable comparado con la zona rural.

4.2.3 ANÁLISIS DE LAS CELDAS SU01C, SO03A, SO02A Y CE07A

Un proceso similar se realiza con las celdas: SU01C, SO03A, SO02A, CE07A, cuyo desempeño en las llamadas caídas es debido a niveles bajos de señal de las celdas SU01C, SO03A y SO02A, y por de falta de penetración en la celda CE07A.

Estas celdas presentan altos porcentajes de accesos con niveles inferiores a -101 dBm (**ver anexo 12**), así en el periodo de medición de las nueve semanas se tiene para:

- La celda SU01C tiene un promedio de 13.58 %.
- La celda SO03A tiene un promedio de 7.22 %.
- La celda SO02A tiene un promedio de 7.57 %.
- La celda CE07A tiene un promedio de 7.89 %.

Y, las características de cada una de las celdas son las siguientes:

- SU01C, celda ubicada en zona sur de la ciudad de Guayaquil entre las calles Azuay e intersección con el parque Forestal. Esta celda conjuntamente con la celda SU01B provee servicio a las fábricas ubicadas en la orilla del río Guayas, en donde se encuentra gran parte del tráfico y sobretodo cubre la parte sur de la ciudad. El problema básico de las llamadas caídas son las generadas por niveles bajos de señal de acceso a la celda. En el **anexo 16**, se indica la ubicación geográfica de la celda

SU01 en la ciudad de Guayaquil, así como su área de cobertura.

- SO03A, celda ubicada en la zona oeste de la ciudad de Guayaquil entre las calles Portete y la Ave. 13^{ava}. Esta celda provee el servicio celular a una zona extensa como es la parte oeste de la ciudad entre las calles Portete por el sur hasta la rivera del estero Salado por el Norte, de igual manera presenta una característica similar a los casos anteriores. En el **anexo 17**, se indica la ubicación geográfica así como la vista del área de su cobertura.
- SO02A, celda ubicada en la zona oeste de la ciudad de Guayaquil entre la avenida Assad Bucaram y la calle Bolivia. Esta celda cubre la parte opuesta del estero Salado, específicamente a las fábricas ubicadas en el cerro San Eduardo. De igual manera, el problema es por acceso con niveles bajos de señal. En el **anexo 18**, se indica la ubicación geográfica de la celda y su zona de cobertura.
- CE07A, celda ubicada en el casco comercial de la ciudad de Guayaquil, en las calles Urdaneta y Baquerizo Moreno. La característica de esta celda es similar a la celda CE05A analizada en el principio debido a su similitud en cuanto a la poca penetración de la señal en los edificios aledaños. En el **anexo 13** se indica la ubicación geográfica de esta celda.

4.2.3.1 Determinación de los accesos a la celda SU01C

Así mismo, a través de las mediciones sobre el canal de control determinamos la medición de los niveles de recepción de los accesos que tienen los móviles al canal de control analógico de cada una de estas celdas.

En la **figura 4.11**, se tiene la medición de los accesos a la celda SU01C en donde la mayoría de los móviles tienen acceso con un nivel promedio de -94 dBm, sin embargo hay también un pequeño porcentaje de muestras (1000 muestras), donde cuyas estaciones móviles tienen acceso al sistema con niveles cercanos a -110 dBm.

Precisamente, los móviles que tienen acceso con estos niveles de señal (-110

dBm), son los que generan las llamadas caídas por bajos niveles de señal, el hecho de ajustar los parámetros en la celda en cuanto a los accesos que se da a los móviles, induce a reducir el porcentaje de accesos con bajos niveles.

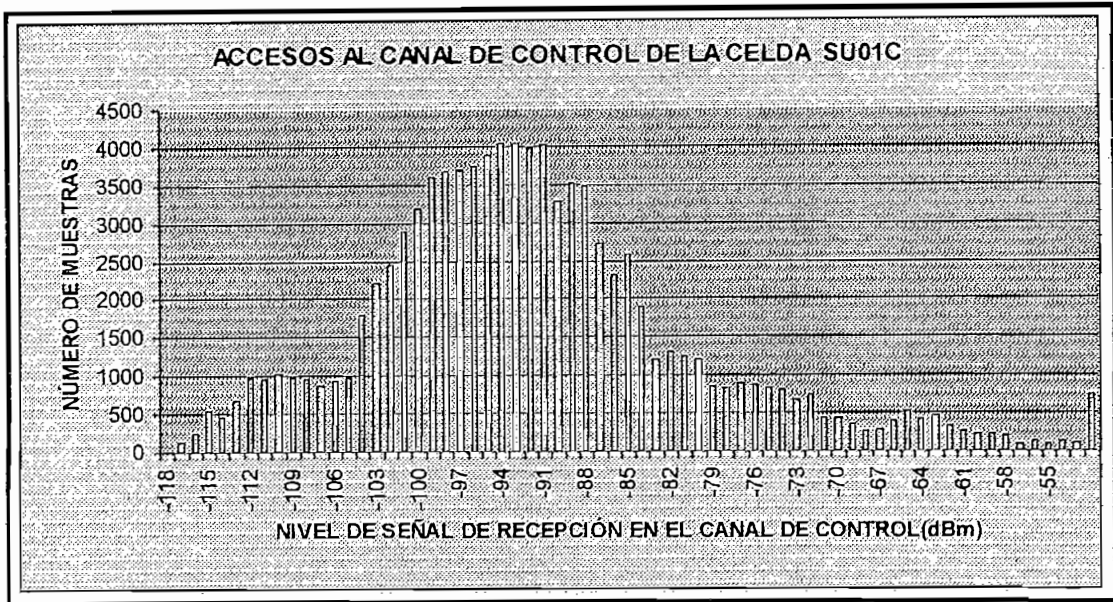


Figura 4.11.- Niveles de accesos al canal de control analógico de la celda SU01C

Inicialmente, los parámetros de la celda estaban configurados así:

- SSSEL: Mínima intensidad de señal requerida por el móvil para sintonizar un canal de control en -110 dBm.
- SSACC: Mínima intensidad de señal requerida por el canal de control para aceptar accesos o respuesta a voceos sobre el canal de control en -110 dBm.
- SSREG: Mínima intensidad de señal requerida en el canal de control analógico para aceptar solicitudes de registro en -110 dBm.
- SSMIN: Mínima intensidad de señal requerida para que un abonado pueda realizar handoff a una celda -95 dBm.

Para determinar el nuevo valor de estos parámetros se procede con la comparación de los datos de la **figura 4.11**, una variación de los parámetros de acceso en 5 dB es un valor aceptable puesto que para las variaciones de los

niveles de señal de recepción promedio en este tipo de zonas geográficas urbanas varios autores consideran una desviación estándar de $\sigma = 8$ dB (ver capítulo 2, sección 2.2.4.2 tabla 2.5 desviación Logarítmico - normal) para los cálculos, éstos valores son obtenidos en base a estudios previos.

El porcentaje de llamadas caídas medido un día antes y un día después del nuevo cambio de los valores de los parámetros de accesos, se indica en la **tabla 4.10**.

Los nuevos valores de los parámetros de acceso son:

SSSEL = - 105 dBm

SSACC = - 105 dBm

SSREG = - 105 dBm

SSMIN = - 90 dBm

MODIFICACIÓN DE LOS ACCESOS A LA CELDA SU01C		
Hora	Antes	Después
7:00 AM	2.09	1.47
8:00 AM	2.12	1.52
9:00 AM	1.99	1.38
10:00 AM	1.99	1.86
11:00 AM	2.19	0.94
12:00 PM	3.09	1.96
1:00 PM	1.87	2.63
2:00 PM	1.71	1.41
3:00 PM	2.66	1.29
4:00 PM	2.20	0.23
5:00 PM	2.85	2.04
6:00 PM	2.37	1.09
7:00 PM	3.08	0.82
8:00 PM	2.14	1.46
9:00 PM	1.67	2.05
10:00 PM	2.35	1.51
11:00 PM	2.93	1.14
Promedio	2.31	1.46

Tabla 4.10.- Porcentaje de llamadas caídas con el ajuste de los accesos a la celda SU01B

El porcentaje de llamadas caídas disminuyó del 2.31 % al 1.46 %, los efectos de este cambio se indican en la **tabla 4.11**:

- Como es de esperarse, los accesos a la celda SU01C con niveles inferiores a los -105 dBm disminuyeron en un 20 %.
- Con la disminución de los accesos también hubo una disminución del tráfico de la celda.
- Este ajuste de parámetros de acceso a la celda provocó que muchas llamadas ya no se realicen a través de esta celda como usualmente lo hacían sino que los usuarios se obliguen a buscar zonas con mejores niveles de señal.

RESULTADOS LUEGO DEL AJUSTE DE LOS ACCESOS A LA CELDA SU01C						
Estado	Accesos con señal < -105 dBm (%)	Accesos con señal < -101 dBm (%)	Interferencia externa < -118 dBm (%)	CI<17 (%)	SN<28	Tráfico (minutos)
Antes	8.33	14.46	0.30	18.51	13.67	82745.00
Despues	5.19	11.05	0.15	15.51	10.34	75291.00

Tabla 4.11.- Resultados luego del ajuste de los accesos a la celda SU01C

4.2.3.2 Determinación de los accesos a las celdas SO03A, SO02A Y CE07A

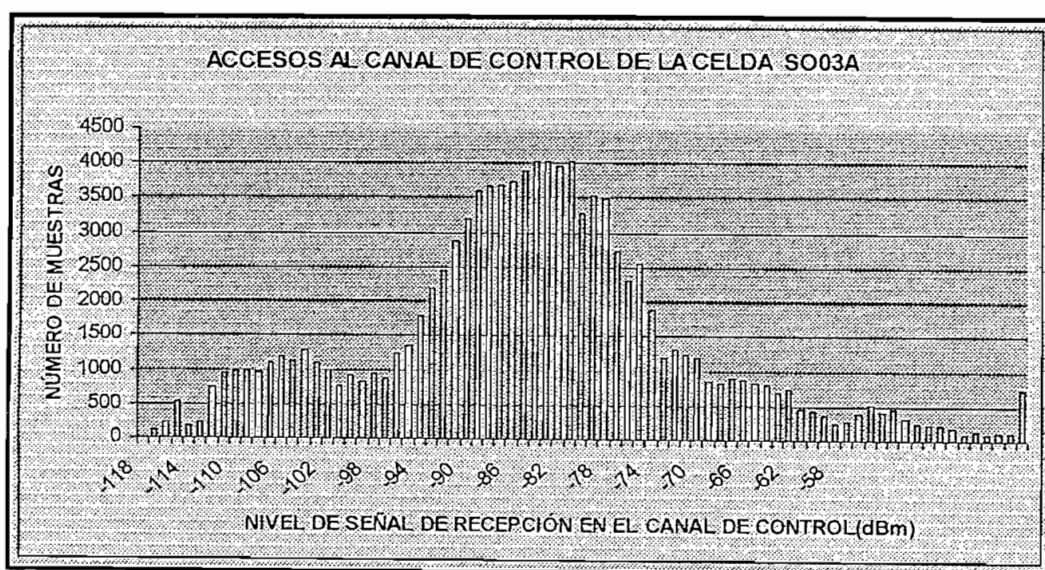


Figura 4.12.- Niveles de accesos al canal de control analógico de la celda SO03A

En las figuras 4.12, 4.13 y 4.14, se presentan las mediciones realizadas sobre los canales de control de estas celdas en cuanto a los niveles de accesos que registran de sus móviles.

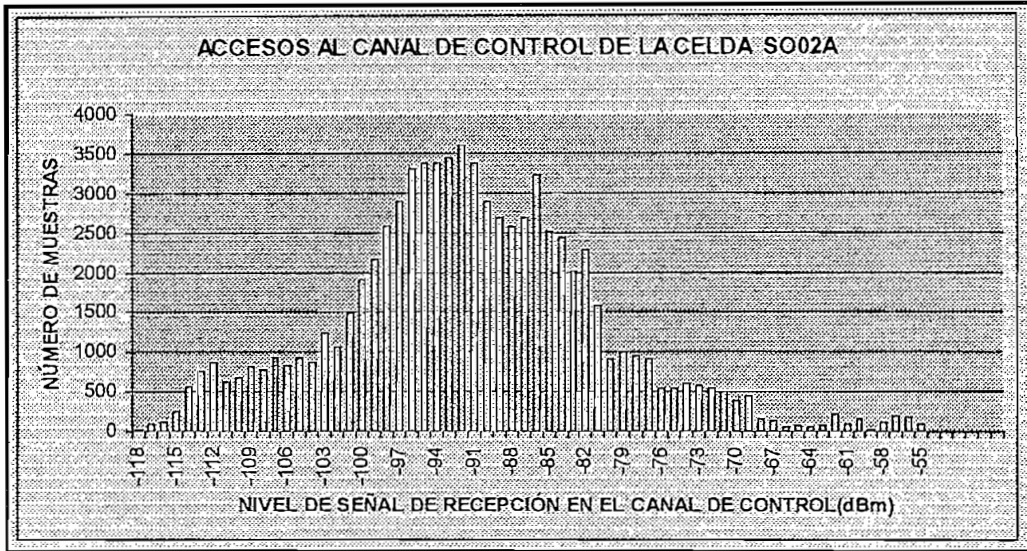


Figura 4.13.- Niveles de accesos al canal de control analógico de la celda SO02A

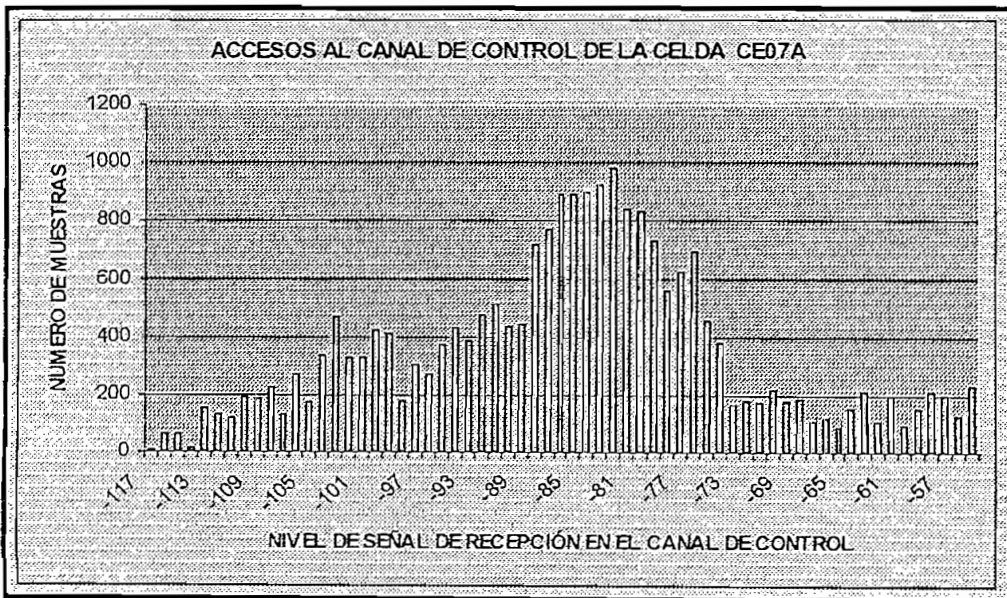


Figura 4.14.- Niveles de accesos al canal de control analógico de la celda CE07A

Los parámetros de acceso inicialmente configurados en las celdas se indican en la **tabla 4.12**. Los resultados de las muestras de los accesos de los móviles a las celdas mostradas en las **figuras 4.12, 4.13 y 4.14** indican lo siguiente:

- El promedio de accesos con bajos niveles de señal de la celda SO03A esta en el orden de -104 dBm y el valor programado es -105 dBm, que es un valor aceptable desde el punto de vista de proveer servicio a zonas alejadas, pero esto conlleva a que los usuarios tengan el servicio celular con dificultad y con ello se afecta a las estadísticas de llamadas caídas del proveedor.
- En cambio el comportamiento de la celda SO02A difiere de los casos anteriores, los niveles de acceso programados en la celda como los medidos son de -110 dBm. Aparentemente esto indica que los parámetros programados están conforme con lo medido por el canal de control, una reducción de los niveles de acceso conllevaría a una reducción de cobertura, sin embargo se tomará esta medida porque mejora el porcentaje de las llamadas caídas. Además se re orientará sus antenas para compensar la pérdida de cobertura.
- La celda CE07A es una celda con comportamiento similar a la celda CE05A debido a su ubicación geográfica y por el tipo de tráfico que maneja. Los niveles de acceso a la celda que se miden en el canal de control indican que hay un porcentaje aceptable con niveles de -100 dBm, el valor programado se tiene en -105 dBm (**tabla 4.12**), lo que da la posibilidad de realizar un ajuste de los accesos a la celda debido a que esta celda registra una aceptable cantidad de muestras de accesos con niveles de hasta -80 dBm.

La configuración original de los parámetros de acceso a cada una de las celdas tenía como objetivo proveer el servicio celular a zonas cuyos niveles de recepción de cobertura llegan al límite de la calidad de la llamada, obviamente para el usuario es relativamente fácil; simplemente se mueve a un sitio que le provea mejor nivel de señal, en cambio estadísticamente para el operador es un compromiso entre la calidad de servicio y la cobertura que ofrece.

PARAMETROS DE LAS CELDAS			
Parámetros	SO03A	SO02A	CE07A
SSSEL	-105 dBm	-110 dBm	-105 dBm
SSACC	-105 dBm	-110 dBm	-105 dBm
SSREG	-105 dBm	-110 dBm	-105 dBm
SSMIN	-90 dBm	-95 dBm	-90 dBm

Tabla 4.12.- Parámetros de acceso programados en las celdas

Los nuevos valores del ajuste de los parámetros de acceso al canal de control las celdas SO03A, SO02A y CE07A se indican en la **tabla 4.13**:

NUEVOS VALORES DE LOS PARAMETROS DE LAS CELDAS						
Parámetros	SO03A		SO02A		CE07A	
	antes	después	antes	después	antes	después
SSSEL	-105 dBm	-100 dBm	-110 dBm	-105 dBm	-105 dBm	-100 dBm
SSACC	-105 dBm	-100 dBm	-110 dBm	-105 dBm	-105 dBm	-100 dBm
SSREG	-105 dBm	-100 dBm	-110 dBm	-105 dBm	-105 dBm	-100 dBm
SSMIN	-90 dBm	-85 dBm	-95 dBm	-90 dBm	-90 dBm	-85 dBm

Tabla 4.13.- Nuevos valores de los parámetros de las celdas

Las mediciones realizadas un día antes y un día después del cambio de parámetros de acceso al canal de control se presentan en la **tabla 4.14**, en donde se indica el porcentaje de llamadas caídas analógicas registradas en estas celdas.

La nueva asignación de los parámetros de acceso a la celda genera los siguientes comentarios:

- Las llamadas caídas producto de los bajos niveles de señal de recepción que detecta la estación móvil, ya sea por mala penetración interna "indoor", o por los accesos lejanos de los móviles pueden ser

disminuidas, simplemente ajustando los parámetros de accesos de las estaciones móviles al sistema.

- El ajuste de los parámetros de acceso al sistema está directamente relacionado con la disminución de cobertura de la celda, lo que puede generar la pérdida de servicio en zonas donde antes si la tenía.
- El ajuste de los accesos al sistema es un compromiso entre proveer una buena calidad de servicio u ofrecer una cobertura a pesar de la mala calidad.

MODIFICACIÓN DE LOS ACCESOS A LA CELDA SO03A		
Hora	Antes	Después
8:00 AM	1.98	0.89
9:00 AM	5.71	2.28
10:00 AM	2.55	3.04
11:00 AM	2.28	4.41
12:00 PM	2.62	3.24
1:00 PM	3.51	2.26
2:00 PM	3.56	2.67
3:00 PM	4.99	2.37
4:00 PM	4.26	3.46
5:00 PM	2.14	4.64
6:00 PM	2.60	1.31
7:00 PM	3.34	4.50
8:00 PM	2.72	2.75
9:00 PM	5.72	3.22
10:00 PM	5.28	3.75
Promedio	3.55	2.99

MODIFICACIÓN DE LOS ACCESOS A LA CELDA SO02A		
Hora	Antes	Después
8:00 AM	7.03	4.00
9:00 AM	3.57	1.50
10:00 AM	6.29	3.42
11:00 AM	3.95	6.18
12:00 PM	2.29	5.80
1:00 PM	2.27	5.34
2:00 PM	2.44	3.82
3:00 PM	6.62	0.58
4:00 PM	3.26	2.68
5:00 PM	4.09	2.04
6:00 PM	5.29	0.45
7:00 PM	6.23	3.85
8:00 PM	5.23	2.12
9:00 PM	6.82	2.97
10:00 PM	10.53	3.15
11:00 PM	4.69	1.69
Promedio	4.90	3.04

MODIFICACIÓN DE LOS ACCESOS A LA CELDA CE07A		
Hora	Antes	Después
8:00 AM	1.45	0.38
9:00 AM	1.24	0.74
10:00 AM	1.20	0.88
11:00 AM	1.07	1.01
12:00 PM	1.78	1.22
1:00 PM	2.25	0.94
2:00 PM	1.88	1.61
3:00 PM	1.12	1.18
4:00 PM	1.32	0.75
5:00 PM	2.11	0.89
6:00 PM	2.10	0.61
7:00 PM	1.75	0.69
8:00 PM	0.63	0.41
Promedio	1.53	0.87

Tabla 4.14.- Porcentaje de las llamadas caídas con los nuevos parámetros de accesos asignados a las celdas

4.2.3.3 Modificación de la orientación de las antenas de la celda SO02A

Los niveles de acceso medidos (figura 4.13), y el valor del parámetro de acceso asignado originalmente a la celda SO02A eran similares (– 110 dBm) hasta antes de la asignación de los nuevos valores, el hecho de que se disminuya los parámetros de accesos respecto de los originales que la celda tenía, conlleva a una degradación o en ocasiones a la pérdida de la calidad de servicio en las

zonas que en principio si lo tenían.

Este es el caso de la celda SO02A, para compensar esta “degradación” de la señal, se procede a realizar la re orientación de sus antenas celulares con el objeto de que su haz de radiación sea dirigido a la zona donde se estima se encuentra la mayor parte del tráfico que maneja la celda.

La orientación inicial de las antenas es: azimut 10° y tilt 0° , la orientación del azimut se considera correcta por las razones siguientes:

- Los niveles de acceso a la celda programados inicialmente a -110 dBm son altos comparados con los niveles de accesos que se miden en la celda. Los niveles que se observan (**figura 4.13**), indican que hay una considerable cantidad de muestras de las estaciones móviles que desean tener acceso a la celda con niveles inferiores al ya programado de -110 dBm.
- El hecho de ajustar los parámetros de acceso todavía más, implica reducir aún más la cobertura. Debido a las características del lóbulo de radiación horizontal de las antenas (RWA -80015^{11}) cuyo ángulo de radiación a media potencia es de 102° , implica que se tiene un ángulo desde $+102^\circ$ a -102° cuya ganancia varía solo en 3 dB. En cambio en el plano vertical el ángulo de radiación a media potencia es de 7° , lo que implica que podría realizarse algún ajuste en este sentido.

4.2.3.3.1 Cálculo de la inclinación de la antena para la celda SO02A

El cálculo del tilt de la antena de la celda SO02A se facilita puesto que los lugares donde se requiere la cobertura se encuentran en terreno plano, en el caso de que la zona geográfica sea un obstáculo, la única manera de realizar el tilt es a través de las pruebas de campo.

11 Ver **anexo 14**, características técnicas de la antena RWA 80015. WWW.antelinc.com

Características de la estación base SO02A

Tipo de estación base	RBS 884 macro
Potencia de salida de la estación base	10 W
Tipo de antena ¹²	RWA-80015
Ganancia de la antena de transmisión	15.0 dB
Ganancia de la antena de recepción	15.0 dB
Longitud del cable coaxial	50 metros
Tipo del cable coaxial	LCF 7/8"
Pérdidas del cable coaxial	4 dB/100 m
Pérdidas de los latiguillos	3 dB
Sensibilidad de la estación base RBS 884 macro ¹³	- 113 dBm
Altura de la estación Base	38 m

Características de la estación móvil

Sensibilidad de la estación móvil	-103 dBm
Potencia de salida de la estación móvil	28 dBm
Altura de la estación móvil	1.5 m

La potencia de salida configurada inicialmente de la estación base es:

$$P_{\text{out EB}} = 10.0 \text{ W (40.0 dBm)}$$

$$\text{Pérdidas del cable coaxial} = 50 \text{ m} \times 4 \text{ dB /100 m} = 2 \text{ dB}$$

$$\text{Pérdidas de los latiguillos, se utilizan 2 (1.5 dB por cada uno)}$$

$$L_{\text{cables}} = 5 \text{ dB}$$

Para el cálculo de la cobertura de la celda se aplica expresión analizada en el **capítulo 2, sección 2.2.5.3.**

12 Las características técnicas de la antena RWA-80015 se indican en el **anexo 14** tomado de WWW.Antelinc.com.

13 Ver **tabla 4.1**, sensibilidad de las estaciones base.

$$L_{p_{\text{máx}}} = P_{\text{out EB}} - L_{\text{cables EB}} + G_{\text{antena EB}} - SS_{\text{in EM}} \quad (1)$$

El valor ya determinado del mínimo nivel de señal requerido $SS_{\text{in EM}}$ para la estación móvil es -98.5 dBm ¹⁴ para ambientes externos.

Aplicando la expresión (1), se tiene:

$$L_{p_{\text{máx}}} = 40 \text{ dBm} - 5 \text{ dB} + 15 \text{ dB} - 98.5 \text{ dBm}$$

Las pérdidas máximas son:

$$L_{p_{\text{máx}}} = 148.5 \text{ dB}$$

Con el valor de las pérdidas para ambientes externos se obtiene el radio de cobertura de la celda que viene dado por las expresiones de Okumura-Hata estudiadas en **capítulo 2**.

$$\text{Radio de cobertura: } d = 10^{(L_{p_{\text{máx}}} - A) / B} \quad (2)$$

Donde:

Para áreas urbanas y para la $f_c = 850 \text{ Mhz}$. que corresponde a la frecuencia central de la banda celular las expresiones¹⁵ quedan reducidas a:

$$A = 146.2 - 13.82 \cdot \log_{10}(h_{\text{EB}}) - a(h_{\text{EM}}) \quad (3)$$

$$B = 44.9 - 6.55 \cdot \log_{10}(h_{\text{EB}}) \quad (4)$$

$$a(h_{\text{EM}}) = 2.52 \cdot h_{\text{EM}} - 3.77 \quad (5)$$

Aplicando la expresión (2) con el valor de $h_{\text{EM}} = 1.5 \text{ m}$ y $h_{\text{EB}} = 50 \text{ m}$, se tiene que el

¹⁴ Valor obtenido mediante la expresión 4 de la **sección 4.2.1.2**. Cálculo de la cobertura de la celda CE05A en este capítulo.

¹⁵ Expresiones de la **sección 4.2.1.2**. Cálculo de la cobertura de la celda CE05A en este capítulo.

radio de cobertura es: **5.8 Km.**

En la práctica, el área específica en la que se desea tener buena cobertura es la de las fábricas ubicadas en el cerro San Eduardo que utilizan entre 3 a 3.5 Km del radio de la celda SO02A.

El tilt de la antena que debería tener teóricamente es tan solo de 0.72° , ángulo obtenido por:

Arctan (altura de la estación base / distancia real de cobertura)

Sin embargo se debe tener en cuenta que esta consideración es un poco apresurada puesto que no se estima el resto de tráfico que tiene la celda, por ello en la práctica el tilt se lo prueba metódicamente hasta alcanzar los resultados satisfactorios.

ORIENTACIÓN DE LAS ANTENAS DE LA CELDA SO02A			
Orientación inicial		Orientación posterior	
Antena con tilt de 0.72°		Antena con tilt de 3°	
Hora	% llamadas caídas	Hora	% llamadas caídas
8:00 AM	3.75	8:00 AM	2.82
9:00 AM	6.83	9:00 AM	2.94
10:00 AM	2.88	10:00 AM	2.68
11:00 AM	6.25	11:00 AM	3.73
12:00 PM	7.98	12:00 PM	2.96
1:00 PM	6.88	1:00 PM	5.00
2:00 PM	3.21	2:00 PM	5.50
3:00 PM	1.57	3:00 PM	3.98
4:00 PM	5.38	4:00 PM	2.84
5:00 PM	6.70	5:00 PM	5.02
6:00 PM	6.63	6:00 PM	2.08
7:00 PM	6.23	7:00 PM	3.59
Promedio	5.69	Promedio	3.60

Tabla 4.15.- Resultados del tilt a 3° de las antenas de la celda SO02A

El mejor resultado obtenido fue con un tilt de 3°, en la **tabla 4.15**, se presentan los resultados de este proceso.

Con el nuevo tilt de 3° dado a las antenas de la celda SO02A, nuevamente se procede a medir los niveles de acceso al canal de control de la celda SO02A, los mismos que se indican en la **figura 4.15**.

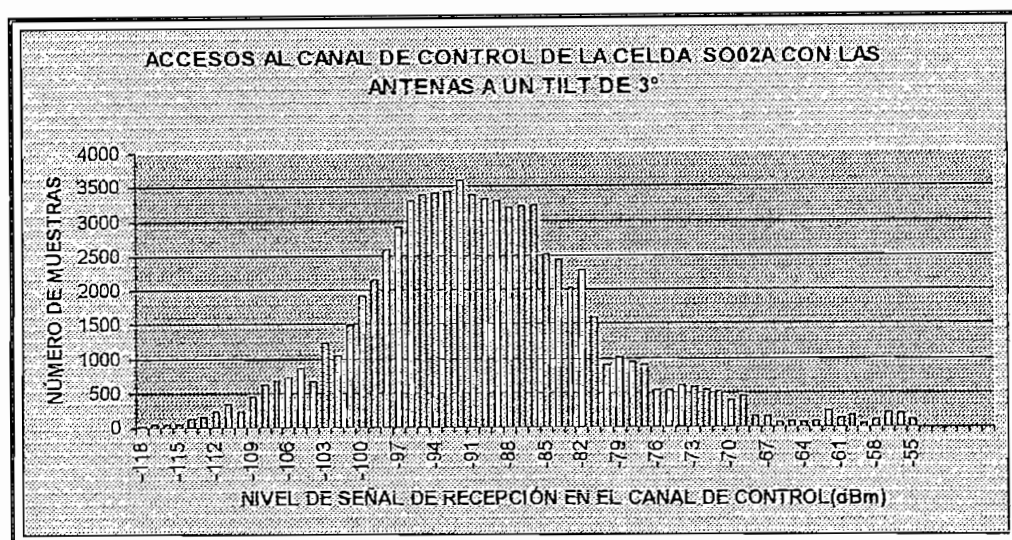


Figura 4.15.- Accesos al canal de control de la celda SO02A con tilt de 3°

El tilt de 3° dado a las antenas de la celda SO02A, dan los resultados que se presentan en la **tabla 4.16**, producto de la medición realizada por un periodo de una semana antes y una semana después de la modificación del tilt. Se puede deducir lo siguiente:

- Disminución de los accesos con bajos niveles de señal tanto con niveles menores a -101 dBm como de -105 dBm como se esperaba que ocurra.
- El efecto de disminuir los accesos con bajos niveles de señal, generalmente se refleja con la pérdida de llamadas (tráfico) por no tener acceso al servicio, en el caso de la celda SO02A, ocurre lo contrario, el tráfico ha aumentado lo que indica que el proceso realizado del tilt a 3°

mejoró la penetración de la señal de la zona.

- Así mismo, una buena re orientación de las antenas implica mejorar la relación portadora – interferencia (C/I), pero no necesariamente es una regla para ser aplicada en todos los casos, todo depende de la zona geográfica, el ambiente externo entre otros factores relacionado con el medio de propagación.
- El tipo de antena que utiliza la estación base también es un factor importante en el desempeño de la celda. El tipo de antena RWA 80015 tiene un angosto lóbulo de radiación vertical 7° pero con una mayor ganancia respecto a otro tipo de antenas 15 dB. Lo aconsejable es utilizar antenas con un mayor lóbulo de radiación vertical para áreas extensas con alto grado de tráfico disperso que es el caso de la celda SU02A.

RESULTADO LUEGO DEL TILT DE 3° REALIZADO A LAS ANTENAS DE LA CELDA S002A						
Estado	Accesos con señal < -105 dBm(%)	Accesos con señal < -101 dBm(%)	Interferencias externa < -118 dBm (%)	CI <17 dB (%)	SH<28 dB (%)	Tráfico (minutos)
antes	4.10	7.72	6.98	11.75	9.58	793555.00
después	3.98	6.02	6.34	12.17	11.02	800473.00

Tabla 4.16.- Resultados con el tilt de 3° en las antenas de la celda S002A

4.2.4.- ANÁLISIS DE LAS CELDAS NT03B, NT11C Y NT04A

Para iniciar el análisis de las llamadas caídas de estas celdas se partirá de la comprobación de sí las llamadas caídas son debido a bajos niveles de señal, producto de malas cobertura o deficiencia de la penetración de la señal a zonas obstruidas.

Del **anexo 12**, en el cual se dispone del porcentaje de accesos de los canales de voz con niveles inferiores a -101 dBm a lo largo de las nueve semanas de medición se obtiene los datos de las celdas para el análisis, y éstos son:

El porcentaje de acceso con niveles de señal de recepción inferior a -101 dBm es:

- Para la celda NT03B es 0.91 %,
- Para la celda NT11C es 0.72 %, y
- Para la celda NT04A se tiene el 2.46 %.

De acuerdo a la definición, para considerar a una celda con llamadas caídas producto de los niveles bajos de señal, el porcentaje de accesos con niveles inferiores a -101 dBm debe ser mayor al 6 %¹⁶, por lo que estas celdas no son consideradas como tales.

Otra razón que provoca que una llamada sea considerada como llamada caída es la falla en el proceso de handoff. Las celdas NT03B, NT11C Y NT04A se enmarcan dentro de este contexto.

Se eligió precisamente estas tres celdas por su ubicación geográfica y porque cubren la Av. Francisco de Orellana en el sector de Kennedy Norte en la ciudad de Guayaquil. Dado que es una vía rápida y con ello se pretende analizar que los handoff fallidos se deba a la incorrecta asignación de los parámetros en la ventana de potencia.

En el **anexo 19**, se indica la ubicación geográfica, así como la vista del área de cobertura de estas celdas.

4.2.4.1.- Análisis de los niveles de señal de los canales de voz

El proceso de handoff se lleva a cabo entre dos celdas cuando la estación móvil se desplaza a través de ellas y con una llamada en servicio, por ello se requiere analizar la llamada en progreso para verificar los niveles de recepción que la estación de radio base mide de sus estaciones móviles.

¹⁶ El umbral del 6 % se definió en la **sección 4.1.1**, Análisis del porcentaje de accesos a la celda.

La información de los niveles de recepción de las llamadas con que las estaciones móviles tienen acceso a la celda se obtienen a través de la función de medición RES (Estadísticas del entorno de Radio) que dispone la operadora.

En la **figura 4.16**, se presenta la cantidad de muestras de los niveles de recepción de las llamadas en progreso que han cursado por la celda NT03B.



Figura 4.16.- Mediciones de los niveles de recepción de las llamadas en progreso de la celda NT03B

De igual manera, se presenta la cantidad de muestras de los niveles de señal de recepción de las llamadas en progreso para las celdas NT11C en la **figura 4.17**, y para la celda NT04A en la **figura 4.18**. Los datos de estas mediciones corresponden a la novena semana del periodo de medición.

En el proceso de handoff intervienen los siguientes parámetros:

- Para el handoff analógico:
 - SSD (Decremento de la señal de transmisión de la estación móvil),
 - SSI (Incremento de la señal de transmisión de la estación móvil) y SSH (Intensidad de señal para iniciar el proceso de handoff), y para el Handoff digital: SSD y SSI.



Figura 4.17.- Mediciones de los niveles de recepción de las llamadas en progreso de la celda NT11C

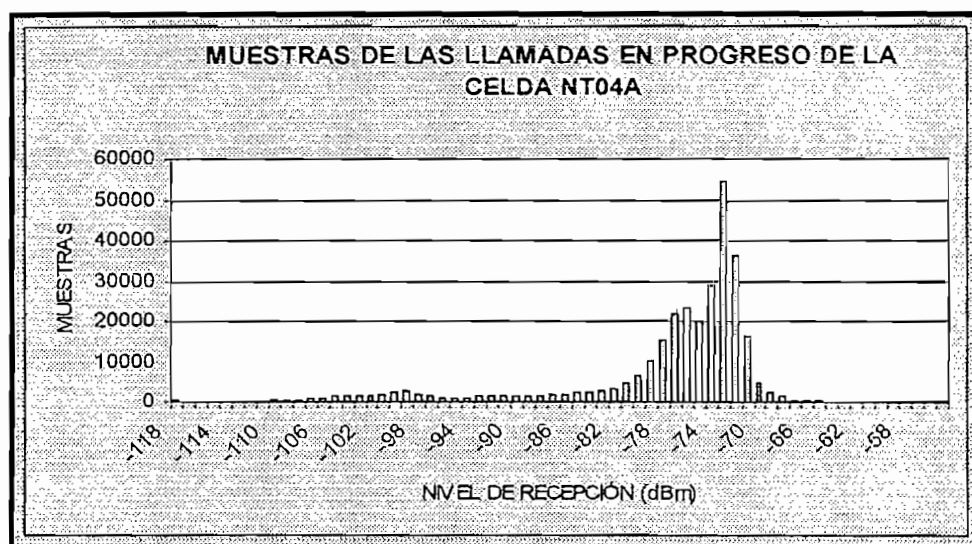


Figura 4.18.- Mediciones de los niveles de recepción de las llamadas en progreso de la celda NT04A

El parámetro SSH, no interviene en el modo digital debido a que las estaciones móviles digitales por su tecnología MAHO (Handoff asistido por la estación móvil), la estación móvil es quién decide realizar su handoff. El MAHO en sí realiza las

mediciones de los niveles de recepción que la estación móvil recibe y a base de ello procede a realizar el handoff independiente de los niveles de recepción que la estación base mida.

La asignación de los umbrales para los parámetros SSD, SSI y SSH esta determinado por los niveles de recepción de las llamadas en progreso, así;

De la **figura 4.16** referente a la celda NT03B, así como de las otras celdas analizadas se deduce que de las muestras de los niveles de recepción de las llamadas en progreso se asemeja a una curva de distribución de probabilidades cuyo valor máximo es el nivel de recepción promedio de las estaciones móviles.

Los valores SSD y SSI se configuran entre 8 dB a 12 dB por debajo del valor medio del nivel de señal del móvil, con ello da un cierto rango de variación de su potencia hasta entrar a la ventana de potencia para la realización de la petición de handoff, como se indica en la **figura 4.19**.

El valor de SSI no debe ser menor al valor del nivel de los accesos a la celda, es decir:

- El piso de ruido del sistema que es -118 dBm,
- La relación C/I = 17 dB

De donde:

$$\text{SSI} > -101 \text{ dBm}$$

Con un valor de SSI que cumpla esta condición, hace que la indicación de incremento de potencia que solicita la estación base a la estación móvil no se vea interferido con el nivel de ruido.

La diferencia de potencias entre los umbrales (SSD – SSI) se denomina ventana de potencia cuya diferencia se da en pasos de 4 dB, es decir esta diferencia podría ser 4 dB u 8 dB, caso contrario los móviles operan fuera de la ventana donde cada orden de cambio de potencia (incremento o decremento) sea más

grande que el umbral SSD o más bajo que el umbral SSI. Los incrementos de potencia de las estaciones móviles se realizan en pasos de 4 dB.

El umbral de petición de handoff SSH se asigna de forma, que opere dentro de la ventana de potencia, cuyo valor esta dado por la expresión matemática:

$$SSH = (SSD + SSI) / 2$$

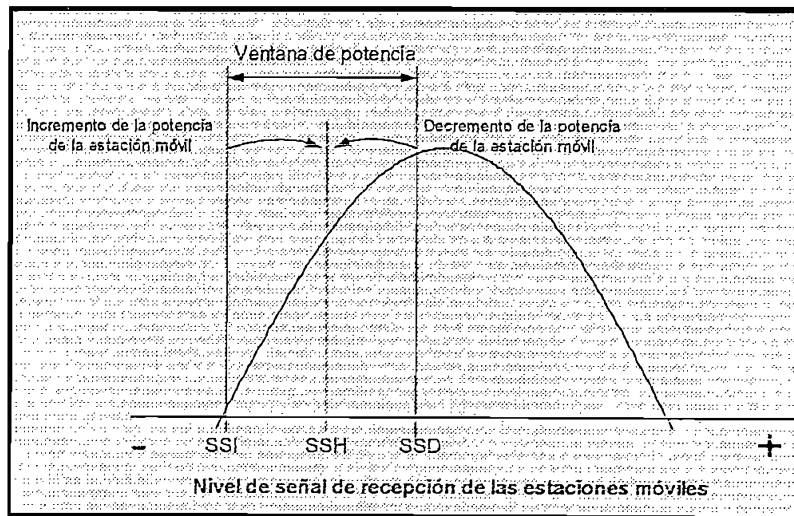


Figura 4.19.- Designación de la ventana de potencias

Con estos preliminares, los parámetros de configuración de la ventana de potencia pueden tener varias alternativas de asignación, una de ellas se indica en la tabla 4.17:

VENTANA DE POTENCIA 1			
CELDA	SSD(dBm)	SSI(dBm)	SSH(dBm)
HT03B	-75	-83	-79
HT11C	-80	-88	-84
HT04A	-69	-77	-73

Tabla 4.17.- Asignación de los parámetros para la primera ventana de potencia

Otra alternativa de asignación de los parámetros para la ventana de potencias son los datos que se indican en la **tabla 4.18**.

VENTANA DE POTENCIA 2			
CELDA	SSD(dBm)	SSI(dBm)	SSH(dBm)
NT03B	-81	-89	-85
NT11C	-86	-94	-90
NT04A	-75	-83	-79

Tabla 4.18.- Asignación de los parámetros para una segunda ventana de potencia

Para la realización de las pruebas, se consideró a las dos ventanas de potencias descritas anteriormente. Los resultados se indican en la **tabla 4.19**.

RESULTADOS DEL CAMBIO DE VENTANA DE POTENCIA		
Celda	Ventana de potencia	Porcentaje de llamadas caídas (%)
NT03B	1	0.73
	2	0.44
NT11C	1	0.71
	2	1.21
NT04A	1	0.88
	2	0.55

Tabla 4.19.- Resultados del porcentaje de llamadas caídas con el cambio de la ventana de potencias

Para las celdas NT03B y NT04A, se explican que el porcentaje de llamadas caídas depende de la ventana de potencia. El mejor resultado se obtiene con la ventana de potencia 2. No así para la celda NT11C, donde el mejor resultado se obtiene con la ventana de potencia 1.

Estas celdas, por su característica de ubicación hacia la avenida Francisco de Orellana hacen que presenten este tipo de comportamiento a diferencia de la

celda NT11C que es una celda que ayuda en parte a tomar los móviles que tienen el servicio de la celda NT04A para traspasarlos a la celda NT03B.

Este hecho explica que mientras la ventana de potencias se asigne con valores menores de nivel de señal en una zona donde el movimiento de las estaciones móviles es considerable, el comportamiento de los handoff es mejor, debido a que la ventana de potencia en sí da un rango de variación entre niveles bajos de potencia lo que explica que los handoff se realizan ya en el borde de la cobertura de la celda.

En la **figura 4.20**, se adjunta el comportamiento del porcentaje de llamadas caídas hasta la finalización de este proceso.

El porcentaje del 1.41 % de las llamadas caídas hasta la semana del 12 al 16 de febrero es el reflejo alcanzado este proceso.

En el **anexo 20**, se indica una predicción de la cobertura actual del servicio de telefonía celular que la empresa BellSouth provee a la ciudad de Guayaquil.

Las figuras hexagonales de color amarillo representan cada una de las celdas.

Una estación base esta formada ya sea por una, dos o tres celdas.

La zona de color azul representa los niveles de señal de recepción mayores a -79 dBm de las estaciones móviles de clase IV en el medio interior (Indoor).

La zona de color verde, representa los niveles de señal de recepción mayores a -97 dBm para las estaciones móviles de clase IV en el medio externo.

La zona de color amarillo representa los niveles de señal de recepción para las estaciones base móviles clase I y II con niveles mayores a -102 dBm.

Comportamiento del porcentaje de llamadas caídas totales de la red urbana de la ciudad de Guayaquil al término del proceso

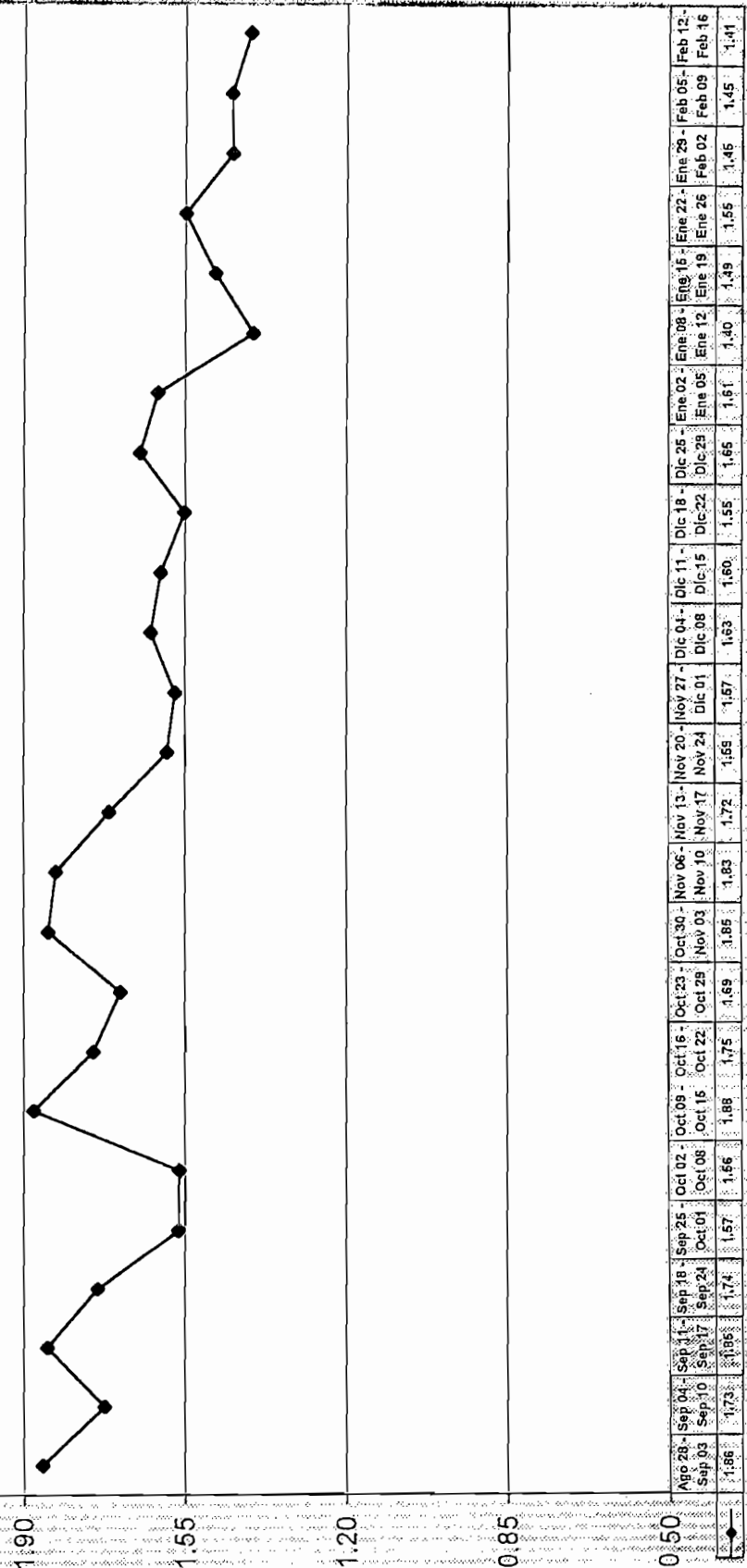


Figura 4.20.- Comportamiento del porcentaje de llamadas caídas al término del proceso implementado

CONCLUSIONES

De los procesos aplicados para la disminución de llamadas caídas en las celdas urbanas de la ciudad de Guayaquil se obtienen las siguientes conclusiones, clasificadas en:

- ◆ *Conclusiones teóricas*, referidas a los resultados de las mediciones durante la aplicación de los procesos.
- ◆ *Conclusiones prácticas*, referidas al impacto a nivel del usuario al término de la aplicación de los procesos.
- ◆ *Conclusiones económicas*, referidas a los resultados económicos que representa la aplicación de estos procesos.

Conclusiones teóricas

- El número de llamadas caídas no depende del periodo de medición, y por lo tanto es un proceso controlable, de manera que se puede considerar a cualquier periodo de medición para evaluar el comportamiento de una red. Como periodo de medición se refiere al periodo de una semana.
- La solución para evitar llamadas caídas no depende del tráfico de la celda.
- El número de llamadas caídas tiene una relación directamente proporcional con el tráfico de las celdas.
- El tráfico de las celdas es variable día a día, no es lo mismo la medición de tráfico un día lunes como un día miércoles, el tráfico depende del día y la hora.
- El número de llamadas caídas depende de la ubicación geográfica de las celdas, siendo mayor en la zona centro que en otras zonas de la ciudad.
- El proceso de las llamadas caídas en la zona urbana de la ciudad de Guayaquil es un proceso controlado puesto que son las mismas celdas que presentan un porcentaje similar de llamadas caídas en el periodo de medición.
- Debido que el comportamiento de las llamadas caídas en los canales analógicos es diferente que en los digitales, se procedió a analizar independientemente el caso.

- El porcentaje de las llamadas caídas en los canales de voz analógicos es mucho mayor que en los canales de voz digitales, por lo que se puede considerar como poblaciones estadísticamente diferentes.
- El número de llamadas caídas se desglosó por el tipo de canal, analógico y digital, ambos casos tienen un proceso controlado.
- La disminución del porcentaje de llamadas caídas del 1.74 % (tabla 3.3 del cap. 3, pág. 103) del promedio de llamadas caídas totales de las nueve semanas de medición al 1.41 % (tabla 4.20 del cap. 4 pág. 188) al término del periodo de periodo, re confirma el éxito alcanzado con la implementación de procesos aplicados a la red urbana de la ciudad de Guayaquil.

Conclusiones prácticas

- El trabajo realizado sobre las celdas urbanas de la ciudad de Guayaquil estuvo fundamentalmente orientado a delimitar mejor el área de cobertura de las celdas que presentan mayor porcentaje de llamadas caídas.
- El ajuste de los accesos de los parámetros al canal de control de cada celda analizada, así como las re orientaciones de las antenas dan como resultado final la limitación del área de cobertura.
- La reducción de cobertura de una celda en la zona urbana, no necesariamente implica pérdida de servicio en esa zona, lo que ocurre en la realidad es que aquel tráfico que originalmente cursaba por la celda, previo al ajuste de sus accesos, tiende a ir hacia la cobertura de otras celdas con mejores niveles de señal que la celda original.
- De esta última conclusión, se confirma el éxito alcanzado, puesto que el proceso realizado no fue percibido por el usuario.
- La reducción de cobertura en las celdas casi suburbanas o con una cobertura bastante extensa dentro de la zona urbana, es un punto bastante importante a ser considerado antes de realizar cualquier cambio, debido que bien se puede dejar sin servicio a abonados que antes si lo tenían.
- El compromiso del operador en estas celdas es, entre mejorar sus estadísticas de llamadas caídas por bajos niveles de señal o seguir ofreciendo una

cobertura a medias.

- Para el cliente una cobertura a medias es mejor que no tenerla, simplemente busca un mejor lugar para realizar sus llamadas.
- Las re orientaciones de las antenas en algunos casos implica mejorar la relación C/I (portadora – interferencia) todo depende de la zona geográfica donde se encuentren ubicadas las celdas.
- Una reducción de cobertura de la celda, implica que el porcentaje de llamadas analógicas con ruido también se reduzca, el cual mejora la calidad de voz para el usuario.
- Una reducción de cobertura de la celda, implica que el porcentaje de llamadas con niveles de recepción inferiores a -101 dBm también se reduzca, por lo cual los usuarios tienen acceso al servicio a través de otras celdas con mejores niveles de señal.
- Los parámetros que se programan en las celdas tales como ventanas de potencia, accesos al sistema son particulares de cada una de ellas. Cada celda tiene su patrón de tráfico, así como de cobertura, y no existen parámetros generales que se puedan aplicar en todas las zonas geográficas, por lo que las pruebas realizadas entregan resultados diferentes aunque se varíen los mismos parámetros en celdas distintas.
- Los resultados más exitosos se obtuvieron al elevar el umbral de señal de recepción para accesos y registros de los abonados móviles.
- En la lista de las peores celdas siempre aparecen CE05A, NO04C, SO03A, CE05B, SU01C, NT08B y NT01B. Las áreas cubiertas por estas celdas necesitan mayor penetración de señal. Para suplir estas deficiencias de cobertura en áreas importantes de la ciudad de Guayaquil es recomendable la instalación de nuevas estaciones de radio base.
- De igual manera, la celda SO03A ubicada en la zona oeste de la ciudad de Guayaquil toma el tráfico de los abonados que se desplazan hacia las zonas residenciales de las ciudadelas de Miraflores, El Paraíso y Urdesa, y la próxima celda para tomar el tráfico de estos abonados es la celda NO03C, en este traspaso por la zona de la ciudadela Bellavista, debido a las características geográficas, las llamadas se pierden por bajos niveles de señal por lo es recomendable la instalación de una celda en el área de ésta

ciudadela con ello se ayudaría a los móviles que pasan del área de cobertura de la celda SO03A al área de NO03C.

- Otras celdas que presentan problemas similares de llamadas caídas por bajos niveles de señal son las celdas ubicadas en el norte de la ciudad como NT01B, NT10C, NT03C y NT04A, el área deficiente de cobertura es la ciudadela Urbanor, cuyo problema sería solucionado con una nueva estación base en el sector.
- La celda SU01C, ubicada en el sur de la ciudad de Guayaquil cuya cobertura es hacia las ciudadelas Las Acacias, y los barrios que dan hacia el estero Salado, de igual manera es deficiente debido a que en el área no hay otras celdas que suministren el servicio celular, a ello se debe al alto porcentaje de llamadas caídas por niveles bajos de señal.
- Durante la fase de pruebas, se detectó que los teléfonos celulares públicos al cerrar la llamada, la central de conmutación detectaba como si fuera una desconexión de la llamada por falla técnica, lo que en realidad no lo era. Esto se debió al tipo de software de éstos teléfonos que posteriormente se lo actualizó

Conclusiones económicas

- La reducción de un 20 % de las llamadas caídas equivale alrededor de 2000 llamadas mensuales que la operadora dejaba de percibir hasta antes de la aplicación de este proceso.
- Si se traduce las 2000 llamadas a términos económicos, se debe considerar ciertos factores para cuantificar el proceso aplicado, tales como:
 - a.- El tiempo promedio de utilización de un canal de voz de la operadora en cuestión es de 60 minutos mensual, este parámetro se conoce como MHT (mean holding time).
 - b.- Si se considera que el tiempo hasta antes que se produzca la caída de la llamada es igual al tiempo que le faltó al usuario para finalizar con éxito la misma.

c.- Considerando una estimación actual de un valor promedio del minuto celular (tiempo aire) de la operadora de \$ 0.40.

El ahorro mensual estimado y aproximado al término de este proceso es de \$ 48.000.

- El ahorro alcanzado es considerable respecto a la inversión empleada en la aplicación de este proceso.
- La inversión para alcanzar estos resultados fue de aproximadamente de 4 meses de continuo trabajo, a más de la inversión económica que conlleva.

RECOMENDACIONES

- Conforme crece la red, se recomienda que la altura de las antenas celulares (estaciones base) también se reduzcan debido que ello provoca interferencias co canales y de canal adyacentes elevando el nivel de ruido, el mismo que es una de las causas de la generación de llamadas caídas por mala calidad.
- Al término del proceso de disminución del porcentaje de llamadas caídas, es recomendable que este proceso se lo mantenga permanentemente, y se lo revise con el objeto de mantener controlado el desempeño de la calidad.
- En vista de los resultados alcanzados, es recomendable aplicar este proceso en otras ciudades lo cual conlleva al incremento indirecto de los clientes por la calidad de servicio que la operadora ofrece.
- Debido que las llamadas caídas se reflejan en mayor grado en los dispositivos analógicos, se sugiere que se implemente una política de motivación hacia los clientes respecto al cambio de sus terminales analógicos por los digitales, por las ventajas que ofrece la nueva tecnología.
- La digitalización es una alternativa válida para disminuir el porcentaje de llamadas caídas analógicas. La implementación debe ser realizada previos estudios del tráfico analógico y digital de la celda.
- El ahorro económico alcanzado en el proceso aplicado en las celdas urbanas de la ciudad de Guayaquil bien puede llevarse a las zonas suburbanas y rurales.
- Uno de los principales problemas encontrados para alcanzar este objetivo fue el de las llamadas caídas por bajos niveles de señal, el mismo que es una de las principales causas de las celdas suburbanas y rurales. Esto se compensaría con la instalación de amplificadores en el enlace ascendente como son los TMA (Tower Mounting Amplifier).
- En el proceso de la caída de una llamada están involucrados dos factores: la red celular y la estación móvil. Nuestro objeto de estudio fue sobre la red celular, en cambio respecto a las estaciones móviles salvo en casos críticos se recurrió a cuestionar su estado técnico. Por ello es recomendable que de alguna manera las operadoras celulares implementen un control sobre el estado técnico de las estaciones móviles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ⇒ Mc Graw - Hill, Análisis y Planeación de Calidad, tercera edición, JURAN, J.M., GRANA, F.M., Interamericana S.A, México.
- ⇒ Mc Graw – Hill, Cómo implementar el Kaizen en el sitio de trabajo (Gemba), IMAI, MASAKI, 2000.
- ⇒ Ericsson Documentation, Features Descriptions EN/LZB 119 3742 R4, 1999.
- ⇒ Ericsson Documentation, Radio Network Design 52-EN/LZB 119 3740 Uae, rev. b, 1999.
- ⇒ Ericsson Documentation, TDMA/136 Advanced Cell Planning 1551-EN/LZB 119 3740 Uae, rev. a, 1999.
- ⇒ Ericsson Documentation, Radio Network Performance, 52-EN/LZB 119 3744 Uae, rev. b, 1999.
- ⇒ Andrew, Antennas, 1999.
- ⇒ Internet, WWW.Antelinc.com.
- ⇒ UIT-T, Red Telefónica y red digital de servicios integrados, agosto 1994.
- ⇒ El Universo, M.I Municipalidad de Guayaquil, Plano de Guayaquil, primera edición, 2001.
- ⇒ Empresa BellSouth filial Guayaquil, Datos de las mediciones implementadas en el proyecto, 2000.

ABREVIACIONES

Las siguientes son las abreviaciones más utilizadas en el campo de la telefonía celular:

Access, (Acceso): Servicio proporcionado por operadores de servicio local o proveedores de acceso alterno (CAP o ALT), que permite al usuario entrar a un circuito y conectarlo con un operador de servicio nacional o internacional.

AMPS, Advanced Mobile Phone Service TIA/EIA-553 (Servicio Avanzado de Telefonía Móvil): El sistema predominante de telefonía celular en los países de Norte América, Sur América y en otros 35 países. AMPS opera en los 800 MHz y en un sistema celular análogo FDMA usando 30 KHz por canal simple.

Analog, (Análogo): Mecanismo o método, en la cual los datos están representados por cantidades variables físicas continuas y que usa variaciones no discretas en frecuencia, amplitud o localización para transportar sonidos, señales, data matemática u otra información.

ANSI, American National Standards Institute (Instituto Nacional Americano de Estándares): Una organización estadounidense formada para certificar los estándares desarrollados en la varias industrias para que no sean influenciados por los intereses de una compañía o grupo. Este instituto en sí no desarrolla estándares, pero revisa e implementa aquellos desarrollados por otras organizaciones. Por ejemplo, ANSI acredita estándares para telefonía desarrollados por ATIS bajo los auspicios del Comité T1 y los estándares para celulares desarrollados por EIA/TIA.

Attenuation, (Atenuación): Un decrecimiento en magnitud de la corriente, tensión o potencia de una señal durante su transmisión entre puntos.

Authentication, (Autenticación): Proceso usado para verificar la integridad de los datos transmitidos, especialmente mensajes.

EB, Base Station (Estación Base): Estación terrestre fija en el servicio móvil terrestre que repite señales hacia y desde la voz móvil y terminales de datos.

BW, Bandwith (Ancho de Banda): Es una medida de la capacidad de un canal de comunicaciones en la transmisión del espectro. La medida de capacidad de la línea de un teléfono análogo es medida en Hertz, para canales digitales es medida en bits por segundo (bps).

CCITT, Consultative Committee International Telephony and Telegraphy (Comité Asesor Internacional de Telefonía y Telegrafía): Es actualmente conocido como la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) la cual establece y desarrolla estándares para las telecomunicaciones.

CDMA, Code Division Multiple Access (Acceso Multiple por División de Código): Una tecnología de comunicación celular digital utilizada como una técnica de acceso múltiple y múltiple, mediante la cual múltiples llamadas son codificadas individualmente para la transmisión por un canal en forma simultánea.

Cdma2000, Code Division Multiple Access 2000 (Acceso Multiple por División de Código 2000): Es una tecnología de banda ancha CDMA compatible con sistemas CdmaOne (basada en IS-95).

CDPD, Cellular Digital Packet Data (Transmisión Celular-Digital por Conmutación de Paquetes): Desarrollado por la IBM como una manera para transmitir mensajes cortos de datos inalámbricos, como verificación de tarjeta de crédito, sobre la red análoga de proveedores de celular.

Cellular, (Celular): Un sistema de comunicación móvil originalmente desarrollado por Bell Laboratories, cual divide áreas geográficas en celdas. En cada celda se ubican radios de bajo

poder para que la misma frecuencia pueda ser re - utilizada en las celdas cercanas sin interferencia.

D-AMPS, Digital Advanced Mobile Phone System (Sistema Avanzada de Telefonía Móvil Digital): Un nombre alternativo para TIA/EIA-136, el estándar norteamericano TMDA de celulares digitales.

Decibel, (Decibelio): Medida de la intensidad relativa de dos señales. El número de decibelios es 10 veces el logaritmo del cociente de la potencia de dos señales, ó 20 veces el logaritmo del cociente de tensión de dos señales.

DECT, Digital European Cordless Telecommunications (Telecomunicaciones Digitales Inalámbricas Europeas): Un estándar ETSI para voz y datos inalámbricos dentro de un edificio. DECT usa TDMA y TDD.

Digital, (Digital): Señal inteligente portadora que consiste de un flujo de bits de ceros y unos para sonidos, videos, data o otra información.

DQPSK, Differential Quadra Phase Shift Keying (Clave Diferencial de Quadra Fase): Técnica de Modulación de Fase usada en módem para codificar cambios relativos de un portador de señal de fase en ondas transmitidas.

DS-0, Digital Signal Level 0 (Señal Digital Nivel 0): Clasificación de circuitos digitales con una velocidad de transmisión de 64 Kb/seg.

DS-1, Digital Signal Level 1 (Señal Digital Nivel 1): La velocidad de transmisión de un DS-1 (o T-1) es de 1.544 Mb/seg. y es asociado con 24 canales.

DS-3, Digital Signal Level 3 (Señal Digital Nivel 3): La velocidad de transmisión de un DS-3 (o T-3) es de 44.736 Mb/seg. y es asociado con 672 canales.

E-TDMA, Extended TDMA (TDMA Extendido): Una extensión de la tecnología TDMA IS-54 usada por Hughes Network Systems, Inc. en su sistema celular digital GMH2000. Éste usa DSI para borrar los intervalos silenciosos y reducir la tasa de CELP del grabado de voz (4.8 Kb/s) para así aumentar la capacidad de TDMA. Hughes propone que E-TDMA sea adoptado como una evolución del estándar TDMA IS-54.

EIA, Electronic Industry Alliance (Alianza de la Industria Electrónica): Una asociación de la industria de fabricantes y proveedores de servicio en los Estados Unidos. Esta asociación publica estándares relacionados con las telecomunicaciones y las comunicaciones de computadoras. Algunos estándares de la EIA incluyen RS-232C, RS-449, RS-423, Rs-422 y RS-423

FCC, Federal Communications Commission (Comisión Federal de Comunicaciones de EEUU): Agencia reguladora del sector de telecomunicaciones de los Estados Unidos. Establecida por la Ley de comunicaciones de 1934. Esta a cargo de vigilar telecomunicaciones inter estatales, como también servicios de comunicación originados y terminados en los EEUU.

FDM, Frequency Division Multiplexer (Multiplexación por división de Frecuencia): División de un medio de transmisión en dos o más canales dividiendo la banda de frecuencia transmitida por el medio, en bandas más estrechas, usando cada una de ellas como un canal diferente.

FDMA, Frequency Division Multiple Access (Acceso Múltiple de División de Frecuencia): Una técnica de acceso múltiple y múltiple para compartir una banda de espectro donde cada usuario es asignado un canal de transmisión simple.

FEC, Forward Error Correction (Corrección de Error Avanzado): Una técnica de transmisión de datos que es capaz de corregir mala transmisión de datos en el lado del receptor usando los bits de corrección y una secuencia algorítmica predeterminada.

IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y de Electrónica): Una sociedad internacional de ingeniería con más de 300,000 miembros en 130 países. Sus miembros son profesionales técnicos y científicos con intereses específicos en las áreas de ingeniería electrónica y eléctrica.

IS-41 o ANSI-41: Las especificaciones detalladas para la operación entre sistemas de AMPS (advance mobile phone service), celulares basados en IS-136 y IS-95 dentro de Norte América. Estas especificaciones escritas por la TIA, incluyen información detallada del traspaso del flujo entre los sistemas al hacer y recibir llamadas mientras se está haciendo roaming y los servicios suplementarios y de apoyo del roaming. También incluye protocolos de señalización y procedimientos para los controles de conexión entre sistemas.

IS-54/IS-136: Las especificaciones o norma que TDMA divide la frecuencia portadora en 6 canales de tiempo. Los codificadores de voz a plena capacidad requieren 2 canales de tiempo por usuario y por lo tanto soportan 3 usuarios en cada frecuencia portadora. Esto se llama TDMA-3

ISDN, Integrated Service Digital Network (Servicios Integrados de Red Digital): Es un sistema estándar e integrado que permite simultáneamente a los usuarios mandar voz, datos, y videos sobre múltiples canales multiplexados de comunicación desde una interfaz de red común.

ITU, International Telecommunications Union (Unión Internacional de Telecomunicaciones): Organización Internacional mediante la cual gobiernos y sectores privados establecen estándares para comunicaciones.

Microwave, (Microondas): Ondas electromagnéticas comprendidas en el rango de frecuencias entre 2 y 40 GHz.

T-1, Línea o Enlace T-1: Un sistema de transmisión digital que opera a 1.544 Mb/s, típicamente usado para llevar una señal en el formato DS1. Entró en servicio desde 1962 y opera con dos pares de cable de cobre que pueden transportar 24 señales DS-0.

TDMA, Time Division Multiple Access (Acceso por División Múltiple de Tiempo): Una técnica para multiplexar llamadas múltiples en lo que normalmente solo se podría soportar un canal en una frecuencia de radio. Al dividir el portador en canales de tiempo se soportan múltiples canales. Estaciones móviles que comparten este portador deben tomar turnos al tratar de acceder al portador, cada uno con su canal.

TIA Telecommunications Industry Association (Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones): Una asociación de fabricantes y proveedores de servicio de telecomunicaciones cuya sola responsabilidad es el desarrollo de los estándares celulares a través de su comité TR45 y TR46 que ayuda a desarrollar estándares para PCS. Estos estándares son sometidos a ANSI para la acreditación como Estándares Nacionales Estadounidenses en los Estados Unidos. Los estándares que han impuesto para celulares están en los 800 MHz y para los PCS en el rango de 1.8-2.0 GHz.

TIA/EIA-136 (ANSI-136): El estándar norteamericano TDMA para celulares digitales. Se evolucionó de TIA/EIA-627 y previamente se refería como IS-136 (1994-1998) y antes como IS-54 Revisión C. IS-136 fue una mejora a IS-54 con una nueva característica el DCCH que soporta servicios adicionales.

WCDMA Wideband CDMA (CDMA de Banda Ancha): Uno de los varios estándares propuestos para la tercera generación en inalámbricos. Esta tecnología es compatible con el GSM de la segunda generación.

OK

ANEXOS

ANEXO 1

2.1 Specification Scope

Four documents together comprise the specification information necessary for development of IS-136 based products.

- IS-136.1 (DCCH - Digital Control Channel. A collection of logical channels conveyed on radio bearer channels using $\pi/4$ -DQPSK modulation that are used for transmission of control information and short user data messages between the base and mobile stations.) - This document contains specification text for the DCCH air interface. Distinct sections for Layer 1, Layer 2, Layer 3 and higher layers descriptions are provided (i.e., a layered document).
- IS-136.2 - A modified TIA/EIA 627 standard with no major architectural changes to the document itself (i.e., unlayered approach maintained). This document addresses the air interface requirements for the Analog Control Channel (ACC), Analog Voice Channel (AVC) and Digital Traffic Channel (DTC - A collection of logical channels conveyed on radio bearer channels using $\pi/4$ -DQPSK modulation that are used for transmission of user information and related control messages between the base and mobile stations).
- IS-137 - modified EIA/TIA 628 standard. This document addresses the minimum performance requirements for mobile stations.
- IS-138 - modified EIA/TIA 629 standard. This document addresses the minimum performance requirements for base stations.

Other useful documents include:

IS-130	800 MHz Cellular Systems TDMA Radio Interface Radio Link Protocol 1
IS-135	800 MHz Cellular Systems TDMA Services Async Data and Fax
IS-41	Cellular Radio Telecommunications Intersystem Operations
IS-53	Cellular Features Description
IS-54	Cellular System Dual-Mode Mobile Station - Base Station Compatibility Standard
IS-641	800 MHz Cellular System, TDMA Radio Interface, Enhanced Full-Rate Speech Codec
ITU E.163	Numbering Plan for the International Telephone Service
ITU E.164	Numbering Plan for the ISDN Era
ITU E.212	Identification Plan for Land Mobile Stations
ITU F.69	The International Telex Service - Service and Operational Provisions of Telex Destination Codes and Telex Network Identification Codes 94/06

ITU I.330	ISDN Numbering and Addressing Principles
ITU I.334	Principles Relating ISDN Numbers/Subaddresses to the ISO Reference Model Network Layer Addresses
ITU T.50	International Alphabet No. 5
ITU X.121	International Numbering Plan for Public Data Networks
ITU X.213	Network Service Definition for Open Systems Interconnection for CCITT Applications
ITU X.25	Interface Between Data Terminal Equipment (DTE) and Data Circuit-Terminating Equipment (DCE) for Terminals Operating in the Packet Mode and Connected to Public Data Networks by Dedicated Circuit 93/03
TIA/EIA 553	Mobile Station-Land Station Compatibility Specification
TIA/EIA 627	800 MHz Cellular System, TDMA Radio Interface, Dual-Mode Mobile Station-Base Station Compatibility Standard
TIA/EIA 628	800 MHz Cellular System, TDMA Radio Interface, Minimum Performance Standards for Dual Mode Mobile Stations
TIA/EIA 629	800 MHz Cellular System, TDMA Radio Interface, Minimum Performance Standards for Base Stations Supporting Dual Mode Mobile Station
TSB 50	User Interface for Authentication Key Entry
EIA Telecommunications System Bulletin No. 16, March 1985 - Assignment of Access Overload Classes in the Cellular Telecommunications Services	

ANEXO 2

ASIGNACIÓN DE GRUPOS DE CANALES PARA EL PATRÓN DE REUSO 7/21 DE LA BANDA CELULAR A

A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2	A3	B3	C3	D3	E3	F3	G3
333	332	331	330	329	328	327	326	325	324	323	322	321	320	319	318	317	316	315	314	313
312	311	310	309	308	307	306	305	304	303	302	301	300	299	298	297	296	295	294	293	292
291	290	289	288	287	286	285	284	283	282	281	280	279	278	277	276	275	274	273	272	271
270	269	268	267	266	265	264	263	262	261	260	259	258	257	256	255	254	253	252	251	250
249	248	247	246	245	244	243	242	241	240	239	238	237	236	235	234	233	232	231	230	229
228	227	226	225	224	223	222	221	220	219	218	217	216	215	214	213	212	211	210	209	208
207	206	205	204	203	202	201	200	199	198	197	196	195	194	193	192	191	190	189	188	187
186	185	184	183	182	181	180	179	178	177	176	175	174	173	172	171	170	169	168	167	166
165	164	163	162	161	160	159	158	157	156	155	154	153	152	151	150	149	148	147	146	145
144	143	142	141	140	139	138	137	136	135	134	133	132	131	130	129	128	127	126	125	124
123	122	121	120	119	118	117	116	115	114	113	112	111	110	109	108	107	106	105	104	103
102	101	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82
81	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61
60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40
39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19
18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1			
									716	715	714	713	712	711	710	709	708	707	706	705
704	703	702	701	700	699	698	697	696	695	694	693	692	691	690	689	688	687	686	685	684
683	682	681	680	679	678	677	676	675	674	673	672	671	670	669	668	667				
999	998	997	996	995	994	993	992	991												
1020	1019	1018	1017	1016	1015	1014	1013	1012	1011	1010	1009	1008	1007	1006	1005	1004	1003	1002	1001	1000
																		1023	1022	1021

ANEXO 3

ASIGNACIÓN DE GRUPOS DE CANALES PARA EL PATRÓN DE REUSO 7/21 PARA LA BANDA CELULAR B

A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2	A3	B3	C3	D3	E3	F3	G3	
334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	
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	667	668	669	
720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	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					

ANEXO 4

ASIGNACIÓN DE GRUPOS DE CANALES PARA EL PATRÓN DE REUSO 4/12 DE LA BANDA CELULAR A

A1	B1	C1	D1	A2	B2	C2	D2	A3	B3	C3	D3
333	332	331	330	329	328	327	326	325	324	323	322
321	320	319	318	317	316	315	314	313	312	311	310
309	308	307	306	305	304	303	302	301	300	299	298
297	296	295	294	293	292	291	290	289	288	287	286
285	284	283	282	281	280	279	278	277	276	275	274
273	272	271	270	269	268	267	266	265	264	263	262
261	260	259	258	257	256	255	254	253	252	251	250
249	248	247	246	245	244	243	242	241	240	239	238
237	236	235	234	233	232	231	230	229	228	227	226
225	224	223	222	221	220	219	218	217	216	215	214
213	212	211	210	209	208	207	206	205	204	203	202
201	200	199	198	197	196	195	194	193	192	191	190
189	188	187	186	185	184	183	182	181	180	179	178
177	176	175	174	173	172	171	170	169	168	167	166
165	164	163	162	161	160	159	158	157	156	155	154
153	152	151	150	149	148	147	146	145	144	143	142
141	140	139	138	137	136	135	134	133	132	131	130
129	128	127	126	125	124	123	122	121	120	119	118
117	116	115	114	113	112	111	110	109	108	107	106
105	104	103	102	101	100	99	98	97	96	95	94
93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82
81	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70
69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58
57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46
45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34
33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22
21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10
9	8	7	6	5	4	3	2	1	716	715	714
713	712	711	710	709	708	707	706	705	704	703	702
701	700	699	698	697	696	695	694	693	692	691	690
689	688	687	686	685	684	683	682	681	680	679	678
677	676	675	674	673	672	671	670	669	668	667	666
1023	1022	1021	1020	1019	1018	1017	1016	1015	1014	1013	1012
1011	1010	1009	1008	1007	1006	1005	1004	1003	1002	1001	1000
999	998	997	996	995	994	993	992	991			

ANEXO 5

ASIGNACIÓN DE GRUPOS DE CANALES PARA EL PATRÓN DE REUSO 4/12 DE LA BANDA CELULAR B

A1	B1	C1	D1	A2	B2	C2	D2	A3	B3	C3	D3
334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345
346	347	348	349	350	351	352	353	354	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			
717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728
729	730	731	732	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	



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

E.800

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

(08/94)

**RED TELEFÓNICA Y RED DIGITAL
DE SERVICIOS INTEGRADOS**

**CALIDAD DE SERVICIO, GESTIÓN DE LA RED
E INGENIERÍA DE TRÁFICO**

**TÉRMINOS Y DEFINICIONES RELATIVOS
A LA CALIDAD DE SERVICIO Y A LA
CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO
DE LA RED, INCLUIDA LA SEGURIDAD
DE FUNCIONAMIENTO**

Recomendación UIT-T E.800

(Anteriormente «Recomendación del CCITT»)

PREFACIO

El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones) es un órgano permanente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

ANEXO 6

La Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución N.º 1 de la CMNT (Helsinki, 1 al 12 de marzo de 1993).

La Recomendación UIT-T E.800 ha sido revisada por la Comisión de Estudio 2 (1993-1996) del UIT-T y fue aprobada por el procedimiento de la Resolución N.º 1 de la CMNT el 12 de agosto de 1994.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión «Administración» se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

© UIT 1995

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

TÉRMINOS Y DEFINICIONES RELATIVOS A LA CALIDAD DE SERVICIO Y A LA CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO DE LA RED, INCLUIDA LA SEGURIDAD DE FUNCIONAMIENTO

(revisada en 1994)

1 Introducción

1.1 Sinopsis

La normalización de la terminología es necesaria por dos razones principales:

- evitar confusión a los usuarios de normas por introducción de términos y definiciones contradictorios;
- ayudar a la armonización entre los diversos grupos que intervienen en la elaboración de normas de telecomunicación.

Por tanto, es necesaria una serie coherente de términos y definiciones para desarrollar las importantes áreas de las normas de *calidad de servicio*, *calidad de funcionamiento de la red* y *seguridad de funcionamiento* correspondientes a la planificación, provisionamiento y explotación de las redes de telecomunicación.

El propósito de esta Recomendación es exponer una amplia serie de términos y definiciones relativos a estos conceptos. Se incluye también la terminología correspondiente en cuestión de términos estadísticos, modificadores recomendados, etc., para asegurar la más amplia cobertura posible en un documento. Estos términos y definiciones colectivos pueden aplicarse universalmente a todos los servicios de telecomunicación y a todas las topologías de red utilizadas para prestarlos.

En la cláusula 2 puede encontrarse la lista general de los términos con sus definiciones y en el Anexo D la lista general:

1.2 Guía general de conceptos

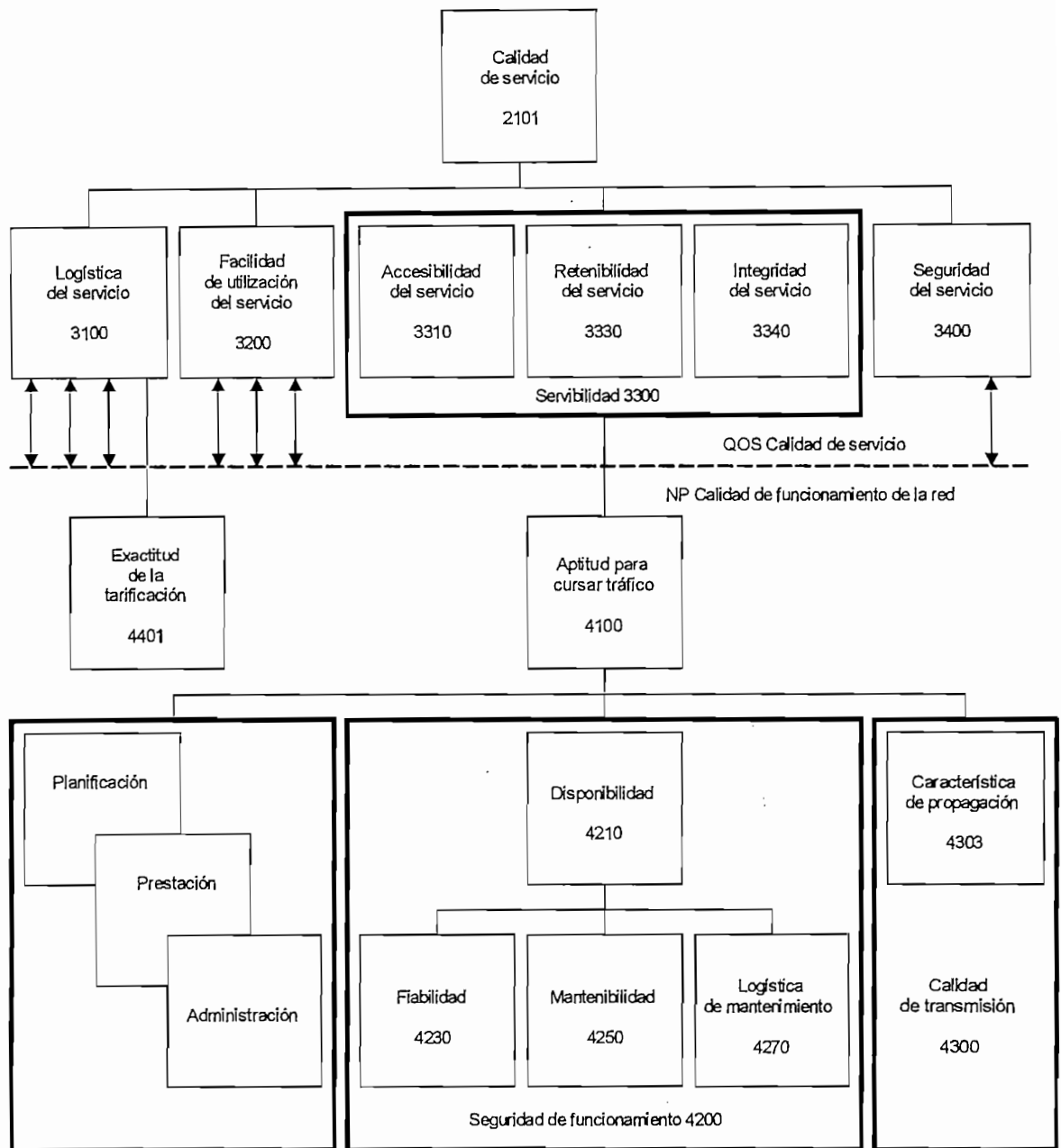
La Figura 1 (conceptos de calidad de funcionamiento) es un marco destinado a proporcionar una guía general de los factores que contribuyen colectivamente a la *calidad de servicio* global, en la forma percibida por el *usuario* de un servicio de telecomunicación. Puede considerarse que los términos del diagrama son de aplicación general, ya sea a los niveles de *calidad de servicio* realmente conseguidos en la práctica, a los objetivos que representan la calidad de servicio que ha de lograrse, o a los requisitos que reflejan especificaciones de diseño.

La figura está estructurada para mostrar que un factor de calidad de servicio puede depender de otros varios. Es importante señalar – aunque no se declare expresamente en cada una de las definiciones contenidas en este documento – que el valor de una medida característica de un determinado factor puede depender directamente de los valores correspondientes de otros factores que contribuyen al mismo. Para ello es necesario, siempre que se dé el valor de una medida, que se establezcan claramente todas las condiciones que repercutan en ese valor.

El aspecto esencial de la evaluación global de un servicio es la opinión de los usuarios. El resultado de esta evaluación expresa los grados de satisfacción de los usuarios. En la presente Recomendación se establece un marco para:

- 1) el concepto de calidad de servicio;
- 2) relacionar la calidad de servicio y la calidad de funcionamiento de la red;
- 3) una serie de medidas de calidad de funcionamiento.

Es evidente que un servicio sólo puede utilizarse si se presta, y conviene que el proveedor conozca en detalle la calidad del servicio ofrecido. Desde el punto de vista del proveedor, la calidad de funcionamiento de la red es un concepto con respecto al cual se definen, miden y controlan las *características de la red* para lograr un nivel satisfactorio de calidad de servicio. Corresponde al proveedor del servicio combinar los diferentes parámetros de calidad de funcionamiento de la red de manera que se atiendan las exigencias económicas del proveedor del servicio y la satisfacción del usuario.



T0204040-94/d01

NOTAS

- 1 Cada concepto puede afectar colectiva o individualmente al situado por encima de él.
- 2 Para mayor claridad, no se han indicado todas las relaciones, aunque puedan estar implicadas en la Figura.

FIGURA 1/E.800
Conceptos de calidad de funcionamiento

En la utilización de un servicio, el *usuario* sólo suele identificar al proveedor del servicio. El grado de satisfacción del usuario con el servicio prestado depende de la percepción por el mismo de los siguientes elementos de la calidad de funcionamiento del servicio:

- la logística,
- la facilidad de utilización,
- la servibilidad,
- la seguridad.

Todos ellos dependen de la características de la red¹⁾. La logística del servicio puede depender de ciertos aspectos de la calidad de funcionamiento de la red, por ejemplo, a través de la característica de tarificación correcta. Ahora bien, por lo general, la servibilidad es la más afectada. Se subdivide a su vez en tres términos:

- accesibilidad del servicio,
- retenibilidad del servicio,
- integridad del servicio.

La servibilidad depende de la aptitud para cursar tráfico y de los factores de la misma que intervienen, recursos y facilidades, seguridad de funcionamiento y calidad de transmisión (de la que la característica de propagación es un subconjunto), como se muestra en la Figura 1. La aptitud para cursar tráfico se describe en términos de pérdidas y demoras. La seguridad de funcionamiento comprende los aspectos combinados de disponibilidad, fiabilidad, mantenibilidad y logística de mantenimiento, y se refiere a la aptitud de un elemento para encontrarse en estado de realizar una función requerida. La característica de propagación se refiere a la aptitud del medio de transmisión para transmitir la señal dentro de las tolerancias deseadas.

La casilla de recursos y facilidades incluye la planificación, el aprovisionamiento y las funciones administrativas asociadas. Esto subraya la importancia que tienen los aspectos de aprovisionamiento y planificación de redes, etc. en los resultados globales de la calidad de servicio.

1.3 Conceptos generales de calidad de funcionamiento

Todos los conceptos de la calidad de funcionamiento citados pueden referirse a un instante de tiempo (instantáneos) o expresarse como valor medio para un intervalo de tiempo.

Mientras que la seguridad de funcionamiento se utiliza sólo como una descripción general en términos no cuantitativos, la cuantificación real se realiza bajo los conceptos de disponibilidad, fiabilidad, mantenibilidad y logística de mantenimiento.

Las propiedades expresadas por estas medidas repercuten en las medidas relativas a la calidad de servicio y a la calidad de funcionamiento de la red, por lo que son implícitamente caracterizaciones de estas medidas de calidad de funcionamiento.

Las medidas están relacionadas con eventos (fallo, restablecimiento, etc.), estados (avería, disponibilidad, indisponibilidad, estado de incapacidad, etc.) o actividades (por ejemplo, mantenimiento), con sus respectivas duraciones.

2 Terminología general

2.1 Calidad de funcionamiento relativa al servicio

2101 calidad de servicio

E: quality of service

F: qualité de service

El efecto global de la calidad de funcionamiento de un servicio que determinan el grado de satisfacción de un *usuario* de un *servicio*.

NOTAS

¹ La *calidad de servicio* se caracteriza por el efecto combinado de la *logística del servicio*, la *facilidad de utilización de un servicio*, la *servibilidad de un servicio*, la *calidad de funcionamiento de la seguridad del servicio* y otros factores específicos de cada *servicio*.

¹⁾ La logística del servicio puede depender de ciertos aspectos de la calidad de funcionamiento de la red, por ejemplo, a través de la probabilidad de tarificación correcta.

2 El término «calidad de servicio» no se utiliza para expresar un grado de perfección en sentido comparativo ni en un sentido cuantitativo para evaluaciones técnicas. En esos casos debería utilizarse un adjetivo calificativo (modificador).

2.2 Calidad de funcionamiento relativa al elemento

2201 calidad de funcionamiento de la red

E: network performance

F: qualité de fonctionnement du réseau

Aptitud de una red o parte de la red para ofrecer las funciones correspondientes a las *comunicaciones* entre *usuarios*.

NOTAS

1 La calidad de funcionamiento de la red se aplica a la planificación, desarrollo, operaciones y mantenimiento por el proveedor de la red, y es la parte técnica detallada de la QoS, excluida la logística del servicio y los factores humanos.

2 La calidad de funcionamiento de la red es la principal influencia en la servibilidad.

3 Las medidas de calidad de funcionamiento de la red son significativas para los proveedores de la red y cuantificables en la parte de la red a la que se aplican. Las medidas de calidad de servicio sólo son cuantificables en un punto de acceso al servicio.

4 Corresponde al proveedor de la red combinar los parámetros de calidad de funcionamiento de la red de manera que se atiendan las exigencias económicas del proveedor de la red y la satisfacción del usuario.

3 Terminología sobre la calidad de servicio

3.1 Logística del servicio

3100 logística del servicio

E: service support performance

F: logistique du service

Aptitud de una organización para prestar un *servicio* y facilitar su utilización.

NOTA – Un ejemplo de *logística del servicio* es la aptitud de una organización para prestar un servicio básico o uno suplementario, como el servicio de indicación de llamada en espera o el de información sobre directorios de abonados. Para este concepto de calidad de funcionamiento, se utilizarán las medidas siguientes:

3101 tiempo medio de espera (para la prestación de un servicio)

E: mean service provisioning time

F: délai moyen pour la fourniture d'un service

Esperanza matemática de la *duración* entre el *instante* en que un *usuario* potencial pide a una organización que le proporcione los medios necesarios para obtener un *servicio*, y el *instante* en que dichos medios le son proporcionados.

3102 probabilidad de error de facturación

E: billing error probability

F: probabilité d'erreur de facturation

Probabilidad de que se produzca un *error* en la facturación de un *servicio* a un *usuario*.

3.3 Servibilidad

3300 servibilidad del servicio

E: serveability performance

F: servibilité d'un service

Aptitud de un *servicio* para ser obtenido cuando lo solicite el *usuario* y para continuar siendo prestado sin degradaciones excesivas y con la *duración* deseada, dentro de las tolerancias y demás condiciones especificadas.

NOTA – La servibilidad puede subdividirse en la accesibilidad, la retenibilidad y la integridad del servicio considerado.

3310 accesibilidad del servicio

E: service accessibility performance

F: accessibilité d'un service

Aptitud de un *servicio* para ser obtenido, con las tolerancias y demás condiciones especificadas, cuando lo solicite el *usuario*.

NOTA – La *accessibilidad* tiene en cuenta las tolerancias de transmisión y los efectos combinados de la *característica de propagación*, de la *aptitud para cursar tráfico* y de la *disponibilidad* de los sistemas correspondientes. Para este concepto de calidad de funcionamiento se utilizarán las medidas siguientes:

3311 accesibilidad del servicio; probabilidad de acceso al servicio

E: service accessibility; service access probability

F: accessibilité d'un service; probabilité d'accès à un service

Probabilidad de que un *servicio* pueda obtenerse dentro de tolerancias especificadas y en condiciones operacionales dadas cuando lo solicite el *usuario*.

3312 retardo medio de acceso al servicio; demora media de acceso al servicio

E: mean service access delay

F: durée moyenne d'accès à un service

Esperanza matemática de la *duración* entre un primer *intento de llamada* efectuado por el *usuario* para la obtención de un *servicio* y el *instante de llamada* en que lo obtiene dentro de tolerancias especificadas y en condiciones operacionales dadas.

3313 accesibilidad de la red

E: network accessibility

F: accessibilité d'un réseau

Probabilidad de que el *usuario* de un *servicio* reciba, previa petición, la señal de invitación a marcar en las condiciones especificadas.

NOTA – La señal de invitación a marcar es la que indica al *usuario* que seleccione el *destino* deseado.

3314 accesibilidad de una conexión

E: connection accessibility

F: accessibilité d'une connexion

Probabilidad de que pueda ser establecida una *conexión* dentro de las tolerancias especificadas y otras condiciones dadas, después de la recepción de un código válido por la central.

3315 retardo medio de acceso; demora media de acceso

E: mean access delay

F: durée moyenne d'accès

Esperanza matemática de la *duración* entre el primer *intento de llamada* efectuado por un *usuario* de una red de telecomunicación para obtener otro *usuario* o un *servicio* y el *instante* en que el *usuario* obtiene el otro *usuario* o el *servicio* deseado, dentro de las tolerancias especificadas y en condiciones operacionales dadas.

3316 cuantil-p del retardo de acceso; cuantil-p de la demora de acceso

E: p-fractile access delay

F: quantile-p de la durée d'accès

Valor del *cuantil-p* de la *duración* entre el primer *intento de llamada* efectuado por un *usuario* de una red de telecomunicación para obtener otro *usuario* o un *servicio* y el *instante* en que el *usuario* obtiene el otro *usuario* o el *servicio* deseado, dentro de las tolerancias especificadas y en condiciones operacionales dadas.

3317 accesibilidad de una conexión a establecer

E: accessibility of a connection to be established

F: accessibilité d'une communication à établir

Probabilidad de que, a petición del *usuario*, pueda establecerse una *conexión* con conmutación, dentro de las tolerancias de transmisión especificadas, hasta el *destino* deseado, dentro de un *intervalo de tiempo* determinado.

NOTAS

1 En el caso de las llamadas efectuadas en servicio automático, podría expresar la *probabilidad* de establecimiento de la comunicación en el primer intento. En las llamadas efectuadas por operadoras, podría representar la *probabilidad* de que se logre establecer una *conexión* satisfactoria en una duración de tiempo dada.

2 En general, las tolerancias deben corresponder a un valor de reducción de la *calidad de transmisión* tal que la *conexión* no resulte satisfactoria para el servicio (tal, por ejemplo, que un porcentaje sustancial de *usuarios* abandone la *conexión*).

3318 probabilidad de transmisión inaceptable

E: unacceptable transmission probability

F: probabilité d'une transmission inacceptable

Probabilidad de que una *conexión* se establezca con una calidad de transmisión inaceptable en el trayecto de conversación.

3319 probabilidad de ausencia de tono

E: no tone probability

F: probabilité d'absence de la tonalité

Probabilidad de que en un *intento de llamada* no se reciba el tono tras recibir la central un código válido.

3320 probabilidad de encaminamiento erróneo

E: misrouting probability

F: probabilité d'acheminement erroné

Probabilidad de que un *intento de llamada* sea erróneamente encaminada tras recibir la central un código válido.

3330 retenibilidad del servicio

E: service retainability performance

F: continuité d'un service

Aptitud de un *servicio* para que, una vez obtenido, continúe siendo prestado en condiciones determinadas durante el tiempo deseado.

NOTA – Por lo general, la *retenibilidad* depende de las tolerancias de transmisión, la *característica de propagación* y la *fiabilidad* de los sistemas correspondientes. Para algunos servicios, como por ejemplo el de conmutación de paquetes, también depende de la *aptitud para cursar tráfico* y de la *disponibilidad* de los sistemas correspondientes.

Para este concepto de calidad de funcionamiento se utilizarán las medidas siguientes:

3331 retenibilidad del servicio

E: service retainability

F: continuité d'un service

Probabilidad de que un *servicio*, una vez obtenido, continúe prestándose en condiciones determinadas con una *duración* dada.

3332 retenibilidad de la conexión

E: connection retainability

F: continuité d'une connexion

Probabilidad de que una *conexión* una vez obtenida, continúe siendo utilizable para una *comunicación* en condiciones determinadas y con una *duración* dada.

3333 retenibilidad de la conexión establecida

E: retainability of an established connection

F: continuité d'une connexion établie

Probabilidad de que una *conexión* conmutada, una vez establecida, funcione dentro de tolerancias de transmisión especificadas sin *interrupción* durante un *intervalo de tiempo* dado.

3334 probabilidad de liberación prematura; probabilidad de corte de la llamada

E: premature release probability; cut-off call probability

F: probabilité de libération prématurée; probabilité de coupure d'une communication

Probabilidad de que una *conexión* establecida se libere por una razón ajena a la voluntad de cualquiera de las partes que intervienen en la comunicación.

3335 probabilidad de fallo de liberación

E: release failure probability

F: probabilité d'échec de la libération

Probabilidad de que no tenga lugar la liberación requerida de una conexión.

3336 probabilidad de prestación satisfactoria de un servicio

E: probability of successful service completion

F: probabilité d'exécution correcte d'un service

Probabilidad de establecimiento de una conexión en condiciones operacionales satisfactorias, y de que se mantenga durante un intervalo de tiempo dado.

3340 integridad del servicio

E: service integrity performance

F: intégrité de service

Grado en que un servicio, una vez obtenido, se presta sin degradaciones excesivas.

Para este concepto de calidad de funcionamiento se utilizarán las medidas siguientes:

3341 interrupción; corte (del servicio)

E: interruption; break (of service)

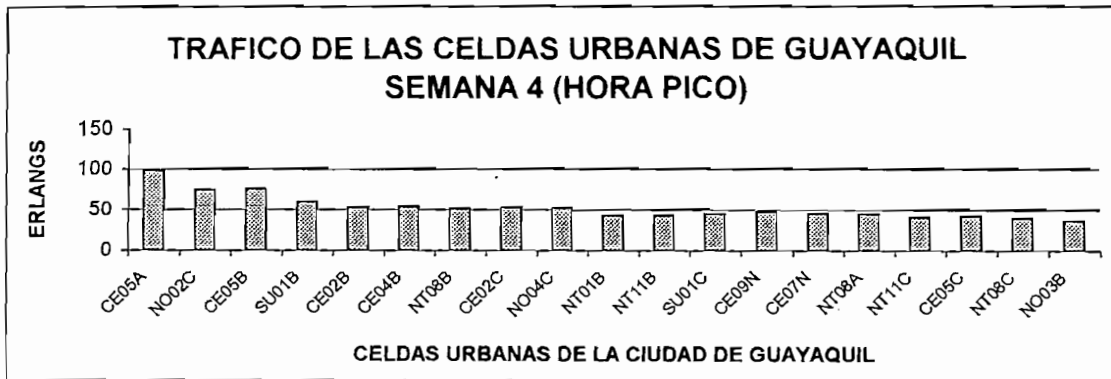
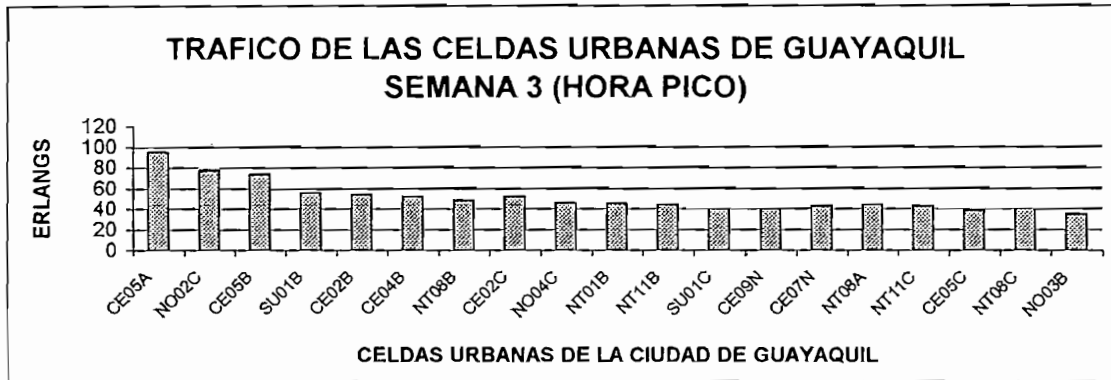
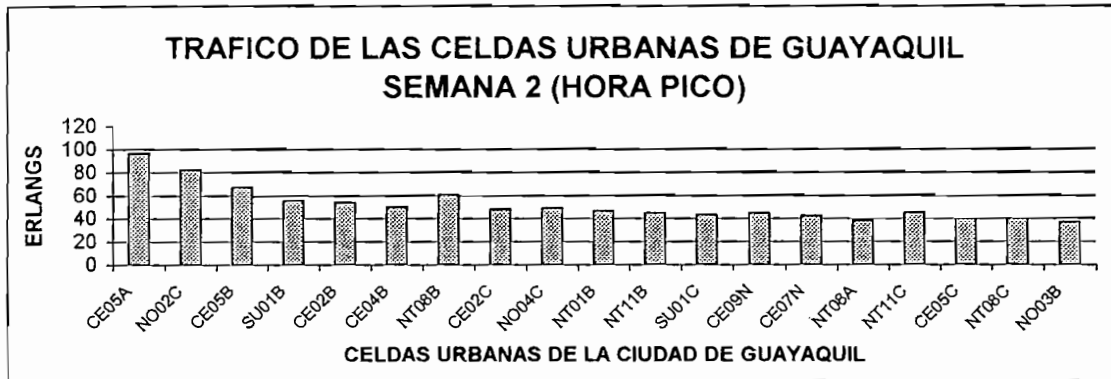
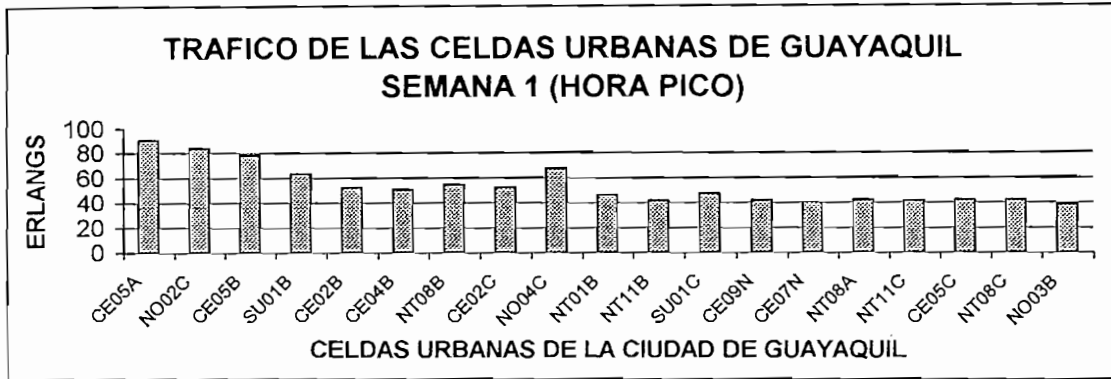
F: interruption; coupure (d'un service)

Incapacidad temporal de un servicio para ser prestado, de duración superior a una determinada, y caracterizada por una variación superior a determinados límites de al menos un parámetro esencial del servicio.

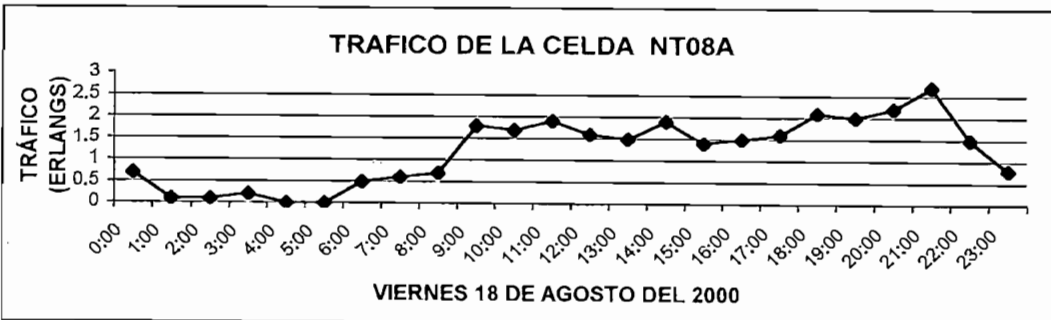
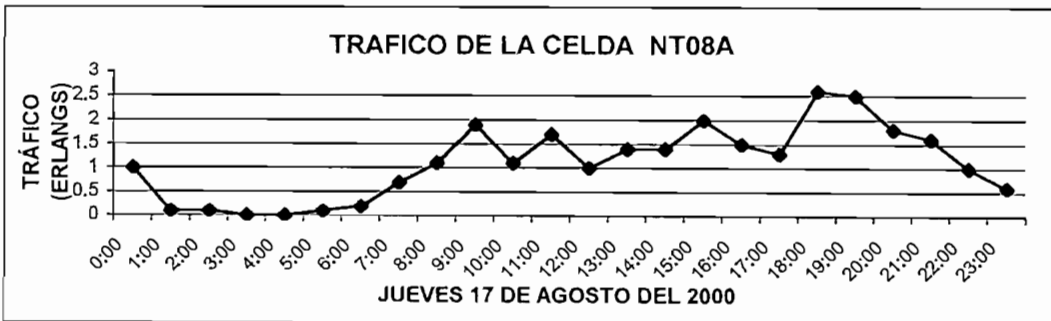
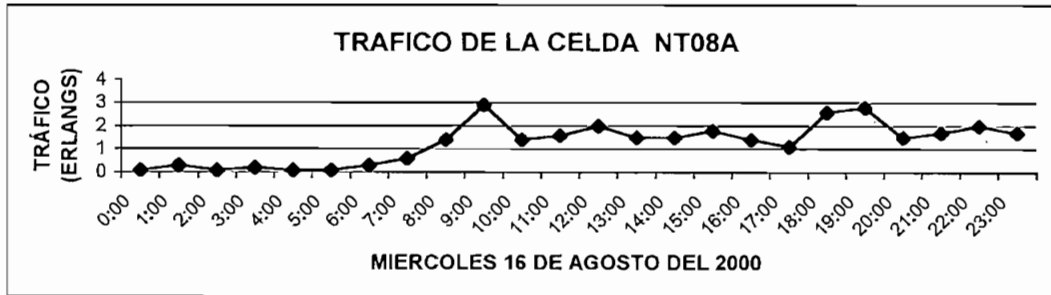
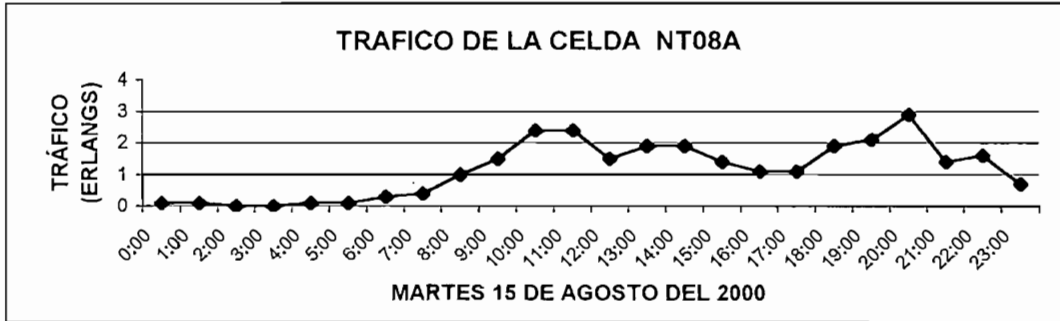
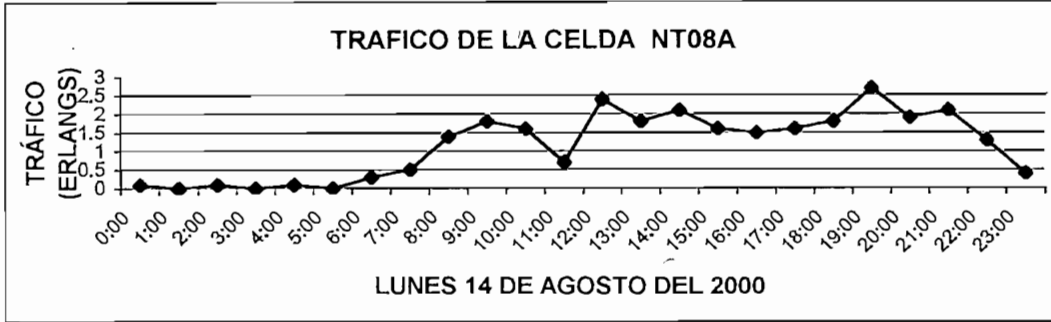
NOTAS

1 Una interrupción de un servicio puede deberse a estados de incapacidad de los elementos utilizados para el servicio o a causas exteriores como sería una elevada demanda de servicio.

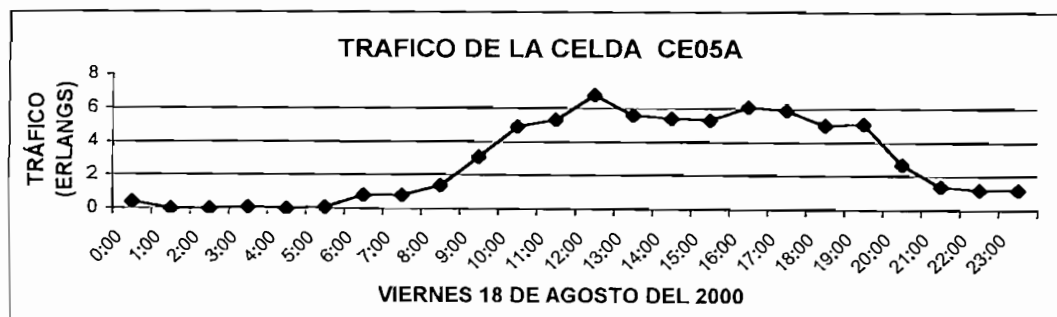
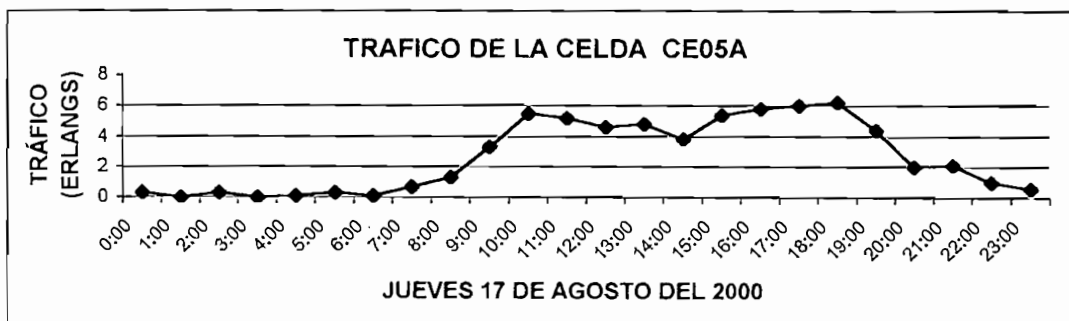
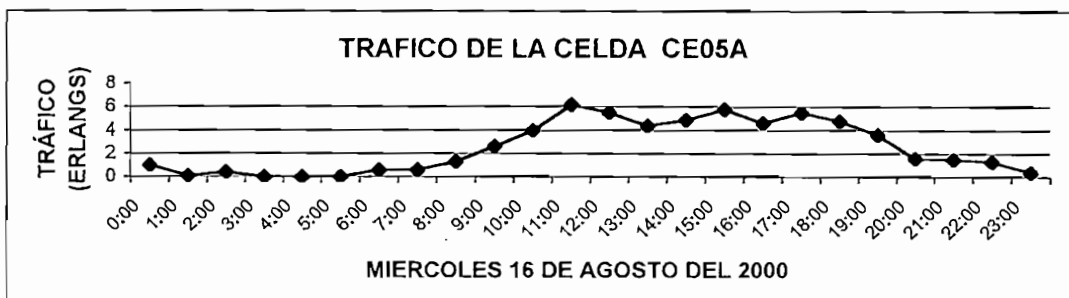
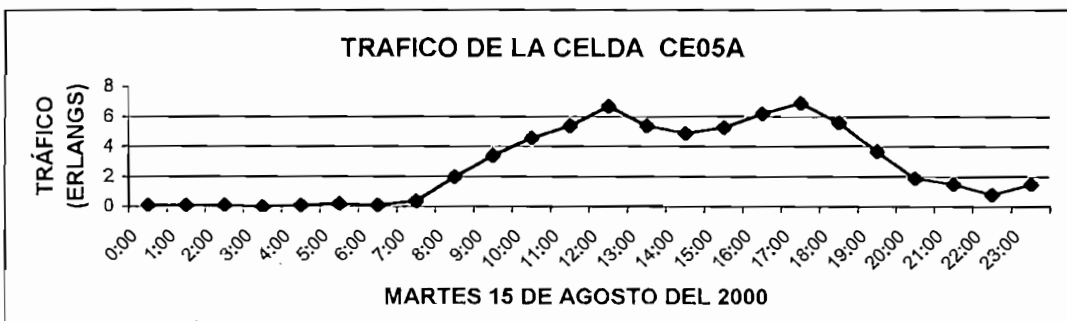
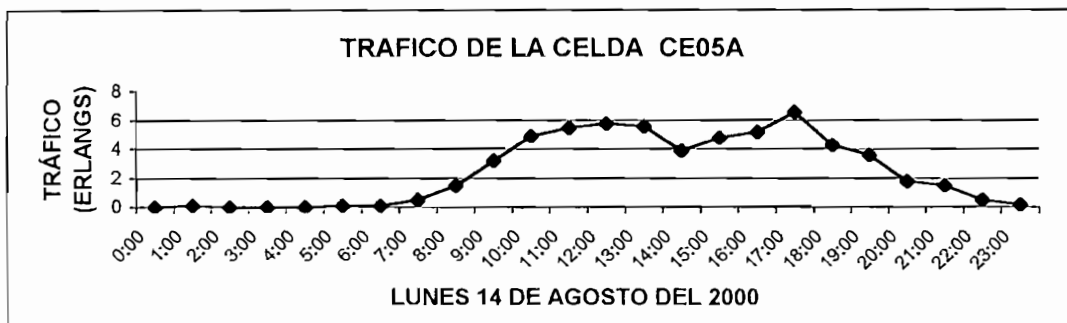
ANEXO 7



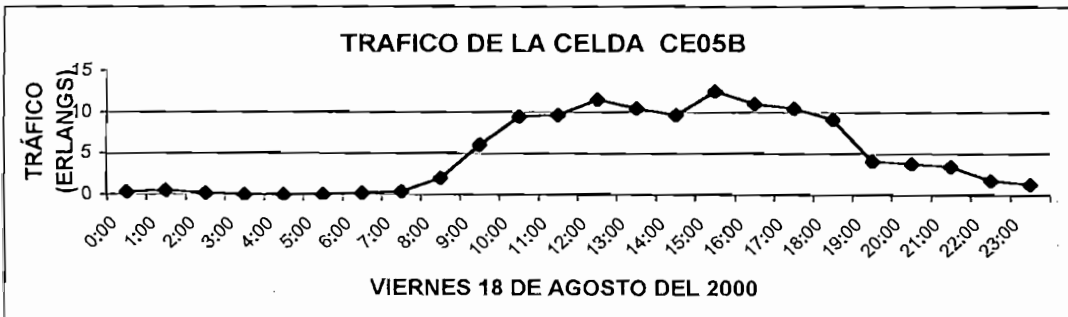
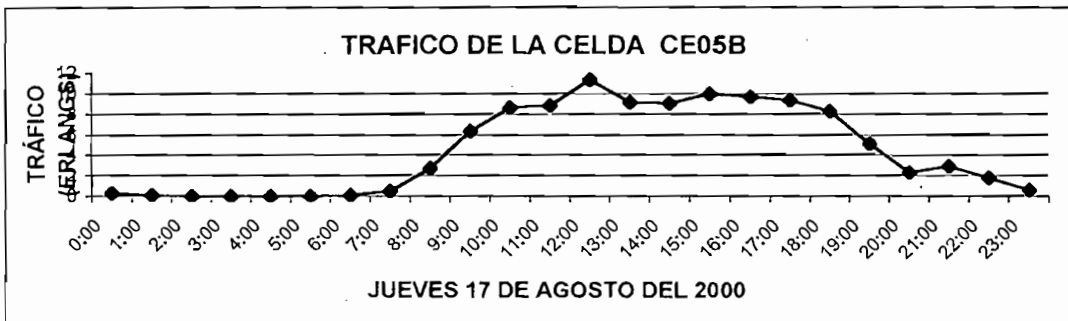
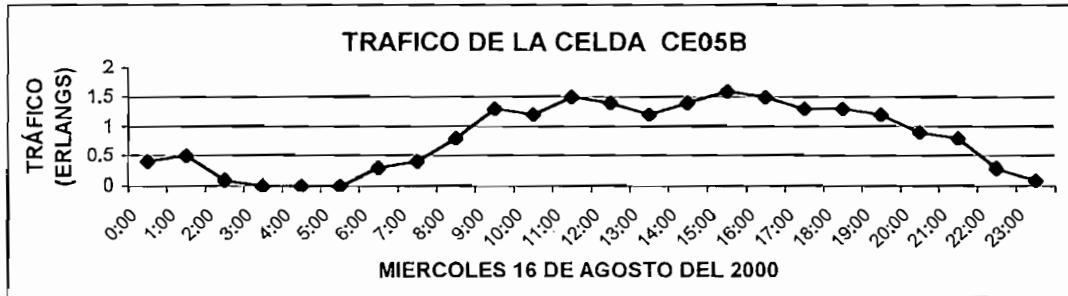
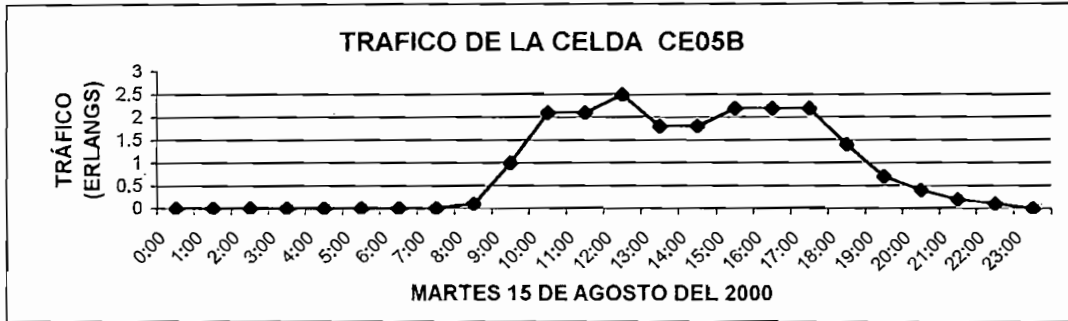
ANEXO 8



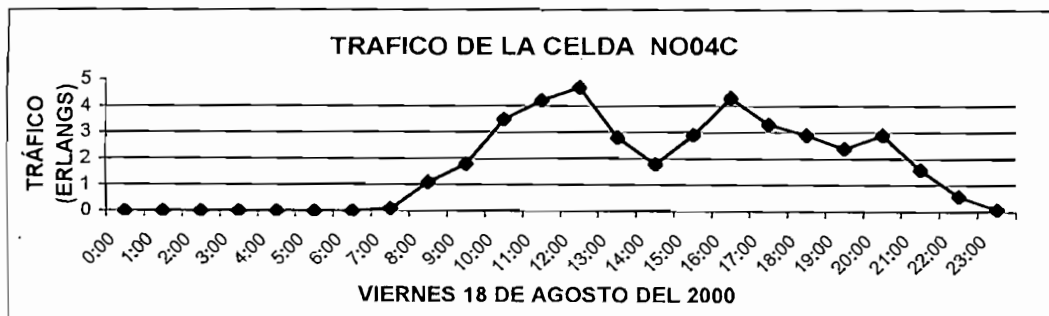
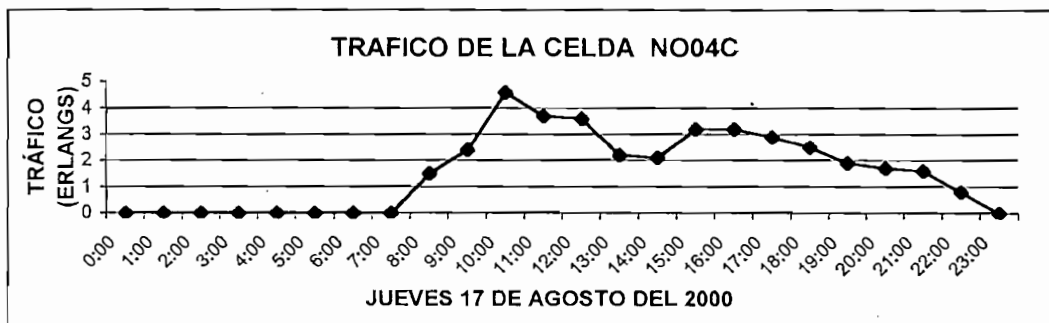
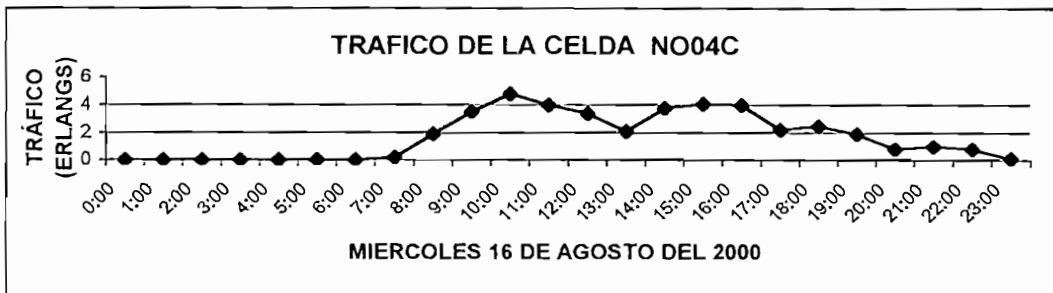
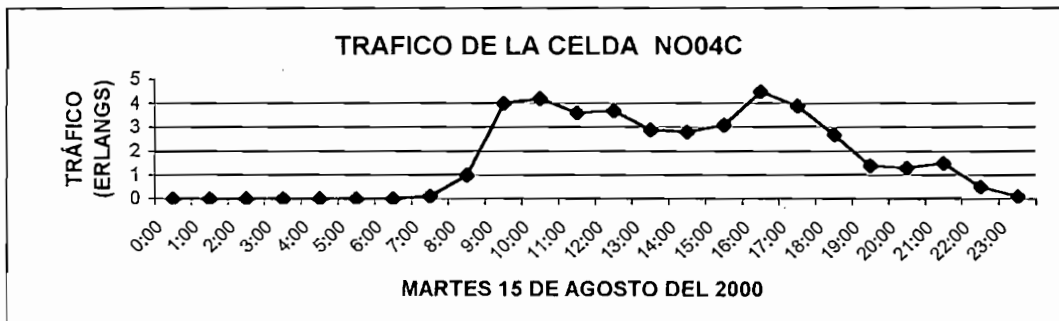
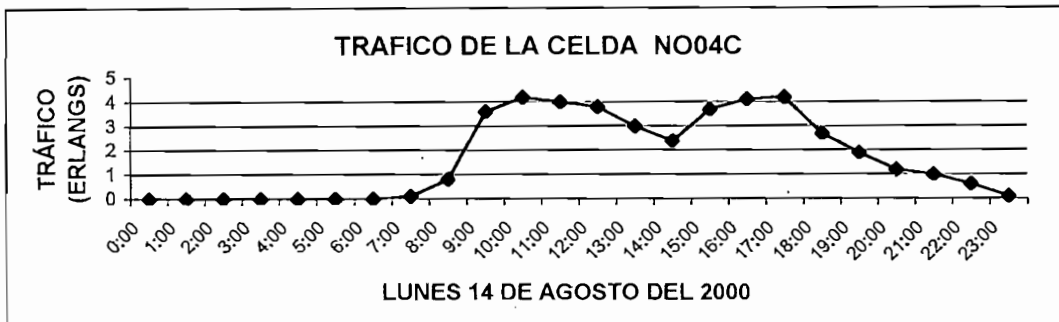
ANEXO 8



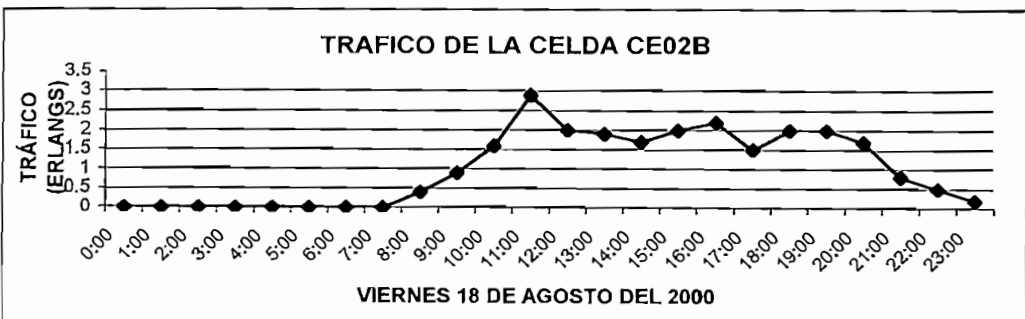
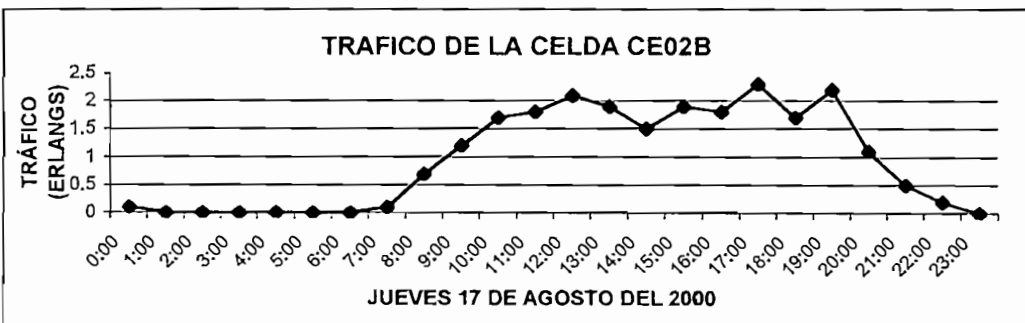
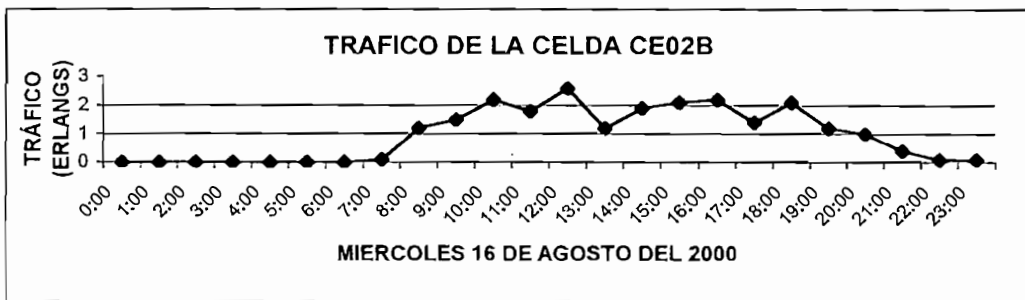
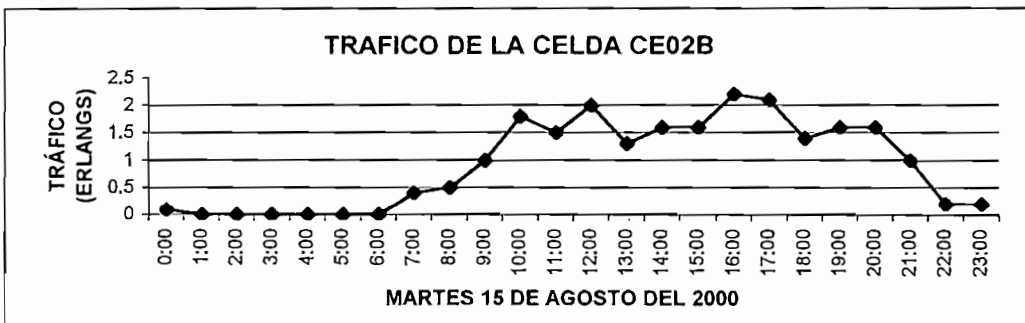
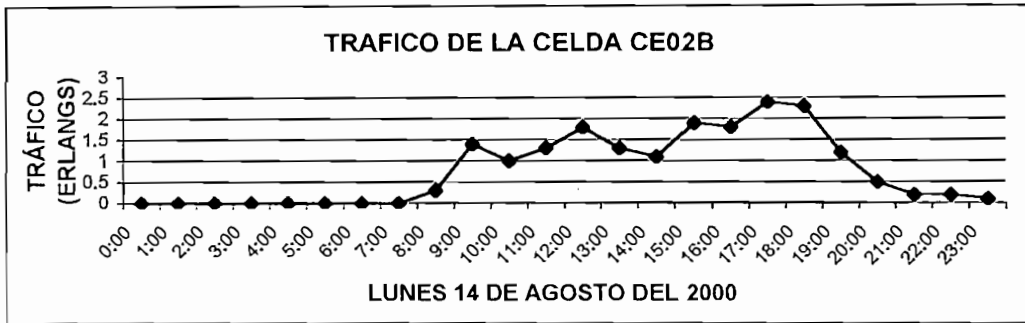
ANEXO 8



ANEXO 8



ANEXO 8



ANEXO 9

NÚMERO DE LLAMADAS ESTABLECIDAS Y CAÍDAS DE LA RED URBANA DE GUAYAQUIL

CELIDAS	SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3			
	Llamadas caídas digitales	Llamadas caídas totales	Llamadas establecidas totales	Llamadas establecidas digitales	Llamadas caídas digitales	Llamadas caídas totales	Llamadas establecidas totales	Llamadas establecidas digitales	Llamadas caídas digitales	Llamadas caídas totales	Llamadas establecidas totales	Llamadas establecidas digitales
NT06N	2	6	555	8	0	3	854	2	0	4	691	2
NO05A	7	13	581	476	2	21	854	122	5	11	603	579
NO05B	7	13	903	486	6	13	863	583	4	9	844	544
NO05C	8	11	1030	750	5	13	946	889	6	14	917	854
NT01A	11	24	1019	958	5	22	853	528	5	22	896	497
NT01B	18	28	2154	1250	22	36	3215	1540	12	32	1990	450
NT01C	3	4	551	6	4	4	510	325	5	8	641	124
NT02A	2	8	615	464	5	10	631	505	2	7	554	330
NT02B	7	20	1345	982	6	45	1355	631	11	25	1313	1008
NT02C	3	11	812	20	2	6	889	644	0	7	762	457
CE03A	6	13	547	15	3	9	583	124	3	15	543	524
CE03B	17	36	1412	427	14	48	1592	448	5	45	1512	839
CE03C	7	10	1215	924	3	10	1068	994	2	6	746	645
CE04A	8	13	876	388	9	10	817	266	12	18	938	345
CE04B	33	50	3409	2502	30	47	3445	1341	31	63	3400	1367
CE04C	21	29	1914	1597	14	20	2101	1547	18	29	1376	1245
NO07A	0	2	1587	689	5	12	1438	457	1	4	666	524
NO07B	2	5	1017	892	16	20	1021	944	6	26	1106	1013
SU01A	6	11	796	20	12	21	860	214	9	21	847	654
SU01B	45	58	3188	62	19	34	2743	1524	40	58	3077	2584
SU01C	30	44	2280	1887	38	56	2168	391	32	51	2063	414
NO08N	5	12	370	13	4	5	706	450	4	5	692	542
NT03A	5	9	1937	855	4	11	1724	546	8	12	837	652
NT03B	3	4	4227	3256	4	4	4223	1421	6	7	1129	1054
NT03C	2	8	235	103	5	6	2957	2142	4	4	658	425
NO09A	9	15	521	251	5	7	1764	1524	11	16	1447	1245
NO09B	0	23	800	667	0	42	1087	958	0	31	630	542
NT07A	12	13	609	557	4	8	631	561	8	12	727	630
NT07B	18	36	1283	1036	12	23	1646	899	18	33	1772	873
NT07C	3	8	619	9	2	3	416	36	3	4	579	425
NT08A	19	31	1002	958	14	29	2049	32	22	47	1931	1845
NT08B	17	37	2840	1978	9	29	3068	1821	12	35	2508	1976
NT08C	18	40	2268	411	11	30	2127	445	17	43	2099	411
SU02A	19	40	1637	655	24	40	1686	545	20	29	1612	572
SU03A	6	13	602	240	4	8	615	312	3	18	634	301
CE05A	120	189	6390	700	86	137	6152	775	74	127	6246	706
CE05B	53	92	3024	1499	37	71	4605	1520	36	89	4974	1437
CE05C	37	65	1320	1231	31	58	2539	1213	26	45	2436	1154
SO01A	17	25	1431	722	14	27	1405	847	15	26	1427	859
SO01B	6	14	767	22	10	16	856	335	7	16	892	546
SO01C	16	29	1509	30	9	23	1427	1110	11	38	1351	1243
SU05A	10	27	1921	1516	2	16	1918	1754	7	18	986	854
SU05B	8	14	1948	1000	6	21	1635	232	6	21	988	654
SU05C	3	9	582	482	5	15	629	524	3	12	536	325
NT04A	7	7	910	825	7	8	968	275	6	9	910	559
NT04B	10	18	1777	1625	12	22	1829	1155	12	15	1757	319
NT04C	11	34	1812	1658	8	17	1867	630	16	26	1749	1035
CE01N	24	48	1399	1253	22	41	1391	827	8	40	1448	696
NO04A	0	49	1299	1251	0	66	1405	1302	0	34	1057	871
NO04C	0	95	352	138	0	92	524	160	0	82	2598	1430
CE02B	18	41	3072	2851	22	48	1846	1516	19	41	3051	165
CE02C	22	35	2715	2564	16	37	1124	789	13	30	2393	1390
CE10A	11	20	1605	1500	9	26	2158	1455	15	31	1121	542
CE10C	29	36	580	512	12	22	1235	854	18	27	638	451
CE06A	32	46	1624	818	18	25	956	745	7	13	1284	891
CE06B	6	10	904	847	4	5	820	788	16	21	867	451
CE06C	8	15	1255	568	12	20	854	619	4	12	1376	775
CE07N	31	46	1792	604	23	38	854	669	20	28	1906	578
CE08N	3	13	541	405	2	15	516	405	2	15	385	254
CE09N	53	68	1879	207	40	54	682	238	2	46	1904	290
NT11A	5	9	1135	7	4	7	1077	852	3	10	1163	954
NT11B	18	34	2464	984	15	23	1254	985	25	34	2499	986
NT11C	17	23	2090	2051	7	20	1352	1219	10	15	1945	1392
SU04A	11	29	1546	742	5	16	958	845	9	25	1297	903
SU04B	17	30	1292	25	3	20	56	12	10	20	1297	1214
SU04C	3	9	889	413	6	19	1008	914	4	14	1263	339
NO10A	4	9	1205	1055	4	14	1003	935	6	11	871	546
NO10B	3	8	1404	1069	1	6	1084	958	0	9	763	524
NT13A	0	6	1000	235	0	8	95	80	0	6	56	45
NT05C	5	18	1392	6	9	19	125	12	6	14	1564	124
NT09A	12	18	716	215	5	7	25	8	3	6	535	325
NT09B	13	35	1503	952	8	21	65	15	8	32	1346	1214
NT09C	16	20	1496	1466	4	24	1502	1248	12	18	1462	1289
NO06N	0	2	477	326	1	1	36	12	1	3	452	325
SO02A	0	75	1038	245	0	32	997	5	0	56	876	654
NT12B	0	40	1320	787	0	52	956	863	0	40	1080	835
NT12C	0	42	1477	1200	0	29	541	411	0	43	678	245
NT10A	9	15	1800	1576	7	20	1588	1352	10	24	1184	854
NT10B	8	12	1828	266	0	4	1807	257	3	7	1888	202
NT10C	13	25	1894	1415	17	23	1432	1352	11	24	1769	1375
NO01N	2	6	705	401	0	2	687	389	1	3	382	356
NO02A	10	23	5025	4213	10	51	3766	3254	16	88	1847	1452
NO02B	4	7	1240	785	2	3	2544	728	5	9	1024	837
NO02C	37	54	1205	1105	19	31	3215	3023	25	39	4352	4251
NO03A	4	9	405	325	3	4	958	805	9	12	952	854
NO03B	25	43	1006	500	11	22	1854	1584	13	23	1924	1854
NO03C	9	14	851	427	6	24	2315	2154	11	22	2159	2052
SO03A	0	71	751	459	0	69	1254	1154	0	74	1483	2
Total	1163	2429	130518	73892	876	2196	127244	71894	921	2314	125091	70700

NÚMERO DE LLAMADAS ESTABLECIDAS Y CAÍDAS DE LA RED URBANA DE GUAYAQUIL

CELIDAS	SEMANA 4				SEMANA 5				SEMANA 6			
	Llamadas caídas digitales	Llamadas caídas totales	Llamadas establecidas totales	Llamadas establecidas digitales	Llamadas caídas digitales	Llamadas caídas totales	Llamadas establecidas totales	Llamadas establecidas digitales	Llamadas caídas digitales	Llamadas caídas totales	Llamadas establecidas totales	Llamadas establecidas digitales
NT06N	2	10	566	429	4	7	638	458	0	1	502	396
NO05A	7	17	572	363	8	20	646	458	4	6	462	336
NO05B	11	18	949	711	4	8	1068	847	3	11	858	662
NO05C	2	14	902	357	11	17	877	557	1	4	728	475
NT01A	10	21	1011	748	8	17	1040	815	3	11	849	568
NT01B	22	33	2089	1497	23	51	2269	1577	16	27	1820	1270
NT01C	3	6	671	511	1	7	735	540	1	5	532	414
NT02A	2	5	660	345	4	8	693	369	1	8	524	300
NT02B	7	21	1358	855	9	18	1455	872	3	16	1180	720
NT02C	10	22	780	470	6	16	990	631	0	4	763	457
CE03A	4	9	660	501	7	35	1721	950	9	33	1476	733
CE03B	5	46	1499	763	2	9	963	620	1	4	745	415
CE03C	6	9	894	543	10	12	946	751	10	15	707	564
CE04A	8	20	993	777	10	12	3859	2756	28	37	2949	2162
CE04B	31	56	3563	2519	48	63	1436	1122	11	20	1220	892
CE04C	13	24	1493	1128	17	22	747	625	6	8	662	576
NO07A	5	10	622	493	4	6	1105	946	4	7	801	661
NO07B	3	11	895	757	1	5	960	689	9	17	715	431
SU01A	8	14	906	634	9	15	960	2748	12	20	2688	1985
SU01B	29	70	3196	2313	25	41	3626	1847	28	36	1778	1325
SU01C	34	59	2211	1620	25	39	2449	1847	28	36	1778	1325
NO08N	3	5	606	474	5	7	843	623	4	5	565	427
NT03A	4	9	929	601	9	16	925	606	8	12	730	470
NT03B	7	11	1260	931	4	7	1872	1523	3	5	1141	930
NT03C	5	8	618	481	9	11	804	600	2	5	595	405
NO09A	2	22	1442	995	17	37	1541	1052	6	12	1204	875
NO09B	0	21	675	1	0	40	806	0	0	19	526	0
NT07A	8	13	695	486	8	14	842	577	3	6	559	436
NT07B	22	43	1744	1208	16	38	1838	1309	26	48	1481	1054
NT07C	1	5	613	379	2	7	629	382	1	1	432	268
NT08A	20	35	2255	1573	21	37	2198	1665	17	25	1736	1293
NT08B	15	33	2433	1559	11	37	3306	2159	17	38	2310	1541
NT08C	10	23	2206	1496	11	30	2258	1625	9	23	1931	1314
SU02A	11	38	1688	1022	20	37	1896	1100	17	32	1545	1005
SU03A	2	9	635	410	9	23	747	516	6	13	514	353
CE05A	66	127	6424	4131	82	142	7249	4778	83	133	5643	3664
CE05B	41	91	5220	3637	28	61	5784	4010	36	60	4785	3435
CE05C	15	32	2351	1672	19	43	2815	1982	19	33	2232	1467
SO01A	46	75	1490	1100	17	21	1662	1290	14	21	1327	1031
SO01B	9	21	982	699	8	19	964	663	4	9	790	558
SO01C	12	38	1345	882	15	30	1605	1083	10	18	1241	855
SU05A	3	23	940	403	4	18	1147	588	2	11	870	380
SU05B	4	10	1010	627	6	14	1054	660	1	11	805	473
SU05C	11	17	611	365	3	8	552	377	7	11	518	323
NT04A	1	5	899	628	3	5	1066	665	4	7	994	665
NT04B	10	16	1706	1414	9	15	1991	1612	8	11	1609	1335
NT04C	22	36	1765	1127	22	46	2136	1476	13	22	1591	1143
CE01N	14	38	1385	812	19	41	1631	963	16	36	1265	692
NO04A	0	36	1145	2	0	35	1135	0	0	42	1018	0
NO04C	0	87	2641	3	0	99	2845	0	0	44	2213	0
CE02B	18	47	3066	2088	17	32	3331	2391	29	57	2706	1897
CE02C	18	35	2669	1868	10	23	2975	2157	14	30	2488	1803
CE10A	6	19	1213	607	6	25	1338	678	15	28	1079	519
CE10C	15	24	731	371	22	30	767	448	25	31	649	315
CE06A	14	22	1617	1314	16	24	1579	1277	7	15	1382	1148
CE06B	4	5	972	758	6	9	1100	880	3	5	846	732
CE06C	9	20	1673	908	4	17	1800	1163	10	17	1313	918
CE07N	22	36	2089	1525	36	49	2030	1500	17	26	1674	1265
CE08N	3	16	369	134	4	17	390	175	1	20	300	121
CE09N	35	42	2043	1549	37	43	2097	1606	34	45	1788	1268
NT11A	3	6	1022	759	3	13	1343	950	3	8	983	736
NT11B	27	35	2511	2039	29	36	2987	2299	19	22	2400	1930
NT11C	11	20	2292	1773	9	26	2409	1803	11	17	1963	1521
SU04A	11	29	1462	775	13	29	1421	777	6	35	1184	623
SU04B	11	19	1333	919	7	19	1470	1125	6	20	1041	743
SU04C	7	22	1433	1037	6	22	1339	1137	4	18	1272	962
NO10A	2	8	984	622	4	39	1086	701	3	4	781	523
NO10B	2	6	812	469	2	2	808	563	3	9	719	453
NT13A	0	4	53	1	0	2	45	0	0	7	70	0
NT06C	3	14	1376	823	8	19	1880	1075	7	12	1378	823
NT09A	10	14	625	397	6	12	761	467	3	7	672	436
NT09B	6	11	1401	1014	8	15	1525	1040	11	20	1265	832
NT09C	6	13	1546	1046	9	19	1722	1193	10	20	1519	1106
NO06N	0	3	403	186	1	2	429	229	0	3	313	150
SO02A	0	36	660	2	0	38	907	0	0	33	864	0
NT12B	0	48	1302	3	0	71	1521	0	0	31	974	0
NT12C	0	24	706	4	0	17	768	0	0	28	438	0
NT10A	7	32	1201	872	2	14	1500	1090	5	15	961	712
NT10B	9	16	1866	1414	8	13	2262	1714	5	11	1760	1353
NT10C	10	14	1740	1484	12	15	1898	1598	21	30	1648	1408
NO01N	2	5	365	178	4	17	472	255	2	8	387	222
NO02A	11	24	1883	1416	5	14	2013	1505	9	25	1550	1170
NO02B	1	4	997	611	13	18	1226	796	3	6	936	598
NO02C	20	39	4467	3639	25	39	5086	4228	18	25	3992	3329
NO03A	4	8	862	762	1	3	918	781	3	3	799	710
NO03B	16	28	2041	1641	16	34	2257	1781	7	20	1871	1459
NO03C	5	13	2338	1803	13	20	2423	1790	7	11	2014	1594
SO03A	0	78	1550	1	0	66	1604	0	0	49	1387	0
Total	914	2261	129896	84488	971	2264	144650	95745	815	1783	114047	75566

NÚMERO DE LLAMADAS ESTABLECIDAS Y CAIDAS DE LA RED URBANA DE GUAYAQUIL

CELDAS	SEMANA 7				SEMANA 8				SEMANA 9			
	Llamadas caídas digitales	Llamadas caídas totales	Llamadas establecidas totales	Llamadas establecidas digitales	Llamadas caídas digitales	Llamadas caídas totales	Llamadas establecidas totales	Llamadas establecidas digitales	Llamadas caídas digitales	Llamadas caídas totales	Llamadas establecidas totales	Llamadas establecidas digitales
	NT06N	1	4	556	430	0	9	644	424	3	8	775
NO05A	8	16	580	396	5	16	602	389	1	12	608	602
NO05B	7	26	982	792	5	9	997	774	4	9	1078	950
NO05C	11	20	837	536	7	13	942	642	5	11	799	756
NT01A	8	24	953	683	6	15	922	673	16	24	2506	0
NT01B	21	60	2108	1464	29	43	2121	1580	36	54	730	0
NT01C	1	4	606	469	4	8	667	485	0	4	804	625
NT02A	3	14	672	399	5	22	637	367	3	15	1479	1297
NT02B	8	29	1281	758	8	33	1315	797	3	18	1010	0
NT02C	2	13	799	501	4	22	938	612	11	19	673	0
CE03A	9	13	649	503	7	10	686	524	1	3	1732	578
CE03B	10	29	1388	757	10	34	1547	824	19	47	944	854
CE03C	6	11	781	504	5	11	894	509	7	12	1077	368
CE04A	7	11	728	589	15	19	861	703	0	9	4319	1692
CE04B	22	41	3092	2093	25	43	3731	2532	41	63	1757	1624
CE04C	7	19	1142	860	9	18	1522	1155	19	24	903	859
NO07A	7	12	759	625	2	3	655	531	2	5	1044	958
NO07B	3	4	887	751	2	11	993	836	15	19	972	0
SU01A	8	12	871	627	5	16	974	666	6	9	3880	0
SU01B	28	48	2912	2163	21	40	2977	2332	28	69	2409	479
SU01C	38	68	2289	1771	46	67	2376	1777	39	64	858	0
NO08N	4	5	644	526	1	1	581	456	1	4	1011	958
NT03A	3	13	786	508	3	10	806	555	12	17	1156	954
NT03B	3	3	918	739	6	9	1189	951	2	5	1013	755
NT03C	9	15	907	702	3	4	823	671	7	11	1883	1658
NO09A	9	12	1301	886	10	22	1591	1084	9	27	818	658
NO09B	0	29	618	0	0	14	635	0	0	30	807	799
NT07A	6	11	627	453	8	14	677	472	10	15	2279	1355
NT07B	26	50	1759	1276	13	41	1860	1241	29	54	598	0
NT07C	6	13	588	380	1	8	590	328	2	6	2392	0
NT08A	23	38	2180	1609	11	31	2071	1497	19	41	3209	2669
NT08B	12	37	2776	1922	7	28	2743	1932	19	60	2416	585
NT08C	7	21	1864	1296	17	37	2280	1552	18	42	2041	706
SU02A	11	33	1929	1131	15	39	1963	1171	30	55	766	311
SU03A	6	16	638	395	2	9	686	486	10	19	5777	2675
CE05A	63	138	5926	3777	88	169	6745	4136	101	185	6410	3245
CE05B	58	100	4937	3363	44	101	3604	3902	44	90	2872	1658
CE05C	17	38	2322	1488	21	50	2543	1718	36	53	1900	1210
SO01A	7	26	1475	1122	10	30	1434	1087	19	35	1197	958
SO01B	4	14	826	534	1	10	830	573	6	13	1934	1845
SO01C	9	32	1523	1037	6	26	1611	1150	10	22	1224	1142
SU05A	4	18	912	425	6	28	1176	503	9	24	1137	968
SU05B	6	27	947	532	7	22	1064	610	4	16	536	0
SU05C	5	11	482	306	3	11	544	358	1	16	1124	958
NT04A	8	9	956	703	5	10	1164	724	2	5	2034	1958
NT04B	8	12	1545	1298	12	17	1863	1582	16	22	1866	1356
NT04C	14	26	1708	1118	16	21	1792	1236	14	34	1964	1654
CE01N	7	40	1400	723	0	43	1468	888	15	43	1396	1283
NO04A	0	44	1114	0	0	46	1117	0	0	50	3338	3256
NO04C	0	80	2519	0	0	87	3219	0	0	134	3609	172
CE02B	14	39	2788	1863	16	41	3230	2241	17	50	3381	3215
CE02C	13	35	2699	1827	13	44	2956	1878	20	35	1170	1192
CE10A	4	19	1251	588	11	34	1211	624	8	21	794	654
CE10C	19	42	645	282	16	35	732	310	12	25	1686	1043
CE06A	6	14	1296	1096	19	36	1438	1127	10	17	1128	998
CE06B	9	10	921	729	8	11	1086	754	8	14	2060	1854
CE06C	8	25	1246	877	6	12	1462	981	10	19	2102	1958
CE07N	23	33	1665	1205	27	42	1921	1433	30	46	495	458
CE08N	0	12	329	117	4	19	340	125	5	13	2265	2154
CE09N	27	38	1661	1308	27	41	2021	1542	34	47	1501	0
NT11A	3	16	1129	775	9	11	1336	977	6	14	3172	2988
NT11B	15	30	2285	1823	23	30	2673	2116	24	31	2618	1454
NT11C	10	16	1817	1350	16	33	2441	1793	14	32	1657	1035
SU04A	9	33	1499	810	4	25	1443	825	13	30	1886	0
SU04B	8	23	1357	922	9	14	1342	934	13	26	1739	477
SU04C	7	20	1573	1114	12	30	1641	1184	1	15	965	857
NO10A	2	8	893	516	2	9	1111	653	6	10	937	956
NO10B	3	6	892	537	2	7	897	572	3	10	55	24
NT13A	0	7	56	0	0	13	84	0	0	2	1773	0
NT05C	7	17	1879	850	11	31	1675	1030	3	17	726	0
NT09A	7	12	622	416	6	13	662	434	5	8	1550	0
NT09B	5	33	1456	987	3	13	1316	839	9	18	1751	1654
NT09C	6	15	1453	1006	9	22	1575	1070	12	24	365	0
NO06N	2	4	395	202	1	2	326	201	0	2	951	0
SO02A	0	61	1098	0	0	57	778	0	0	62	1383	0
NT12B	0	72	1496	0	0	63	1304	0	0	51	712	0
NT12C	0	37	706	0	0	38	603	0	0	26	1519	1425
NT10A	5	23	1176	858	8	19	1364	934	11	34	1802	1654
NT10B	11	19	1761	1338	7	14	1602	1153	7	15	2371	2245
NT10C	11	20	1779	1527	8	35	2067	1748	17	22	501	456
NO01N	0	3	335	183	1	3	403	237	2	4	2200	1954
NO02A	14	26	1814	1436	17	25	2040	1567	13	28	1415	1029
NO02B	6	14	993	654	2	4	1026	676	0	5	4924	1979
NO02C	28	44	4472	3565	15	34	5080	4150	20	33	1139	1125
NO03A	2	7	886	798	2	2	918	819	1	5	2483	2345
NO03B	13	31	1939	1829	17	30	2166	1703	17	24	2947	2546
NO03C	6	10	2143	1618	10	19	2449	1887	10	16	2104	0
SO03A	0	83	1609	0	0	71	1627	0	0	129		
Total	851	2346	124773	80628	887	2382	136016	88512	1065	2606	154017	89709

ANEXO 10

REGLAMENTO PARA EL SERVICIO DE TELEFONIA MOVIL CELULAR

Resolución del CONATEL No. 421-27-CONATEL-98
Registro Oficial No. 10 del 24 de agosto de 1998

EL CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CONATEL

Considerando:

Que es necesario expedir un Reglamento para el Servicio de Telefonía Móvil Celular, acorde con la Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones, publicada en el Registro Oficial N° 770 de agosto 30 de 1995;

Que, en el artículo 57 de la Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones, establece que la operación del servicio móvil automático se prestará mediante Operadores en las condiciones que el Contrato de Concesión, la Ley y los Reglamentos establezcan, con los servicios finales que permita su red;

Que el artículo 41 en sus literales b), c) y d) del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, le facultan al CONATEL establecer los Reglamentos y dictar las normas que regulen los servicios de telecomunicaciones; y,

En uso de las atribuciones que le confieren el artículo 10, artículo innumerado tercero, literal j) de la Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones,

Resuelve:

Expedir el "REGLAMENTO PARA EL SERVICIO DE TELEFONIA MOVIL CELULAR"

CAPITULO I GENERALIDADES

ARTICULO 1.- Objetivo.- El presente Reglamento tiene por objeto regular, normar supervisar y permitir la explotación de los Servicios de Telefonía Móvil Celular (STMC) a través de Redes Públicas de Telefonía Móvil (RPTM).

ARTICULO 2.- Régimen Legal.- La prestación del servicio de telefonía móvil celular se regirá por la Ley Especial de Telecomunicaciones, por la Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones, por el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, por este Reglamento, por el Reglamento de Tarifas por el Uso de Frecuencias, por el Reglamento de Interconexión y Conexión entre Redes y Sistemas de Telecomunicaciones por las Normas y Regulaciones Expedidas por el CONATEL. Lo no previsto en estos instrumentos se regirá por las disposiciones del derecho común.

ARTICULO 3.- Términos y definiciones.- Los términos y definiciones para la aplicación de este reglamento son los que constan en el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones

Reformada y al presente Reglamento; lo no definido en dichos instrumentos se sujetará a la interpretación que consta en el Convenio de la UIT y sus regulaciones.

CAPITULO V

DE LAS NORMAS TECNICAS Y OPERATIVAS

ARTICULO 25.- Alcance de las Normas Técnicas.- Las normas técnicas y operativas y demás parámetros específicos del STMC constan en el Anexo No. 2 a este Reglamento, y todos los estándares y plataformas que apruebe el CONATEL a solicitud de una operadora.

Nota: El anexo mencionado no se publicó en el Registro Oficial.

ARTICULO 26.- Planes de numeración del sistema celular.- Se usan los siguientes planes de numeración:

- a) Número de abonado
 - Acceso al servicio 0
 - Area de servicio 9
 - Operador Banda A 4-5
 - Operador Banda B 7-8
 - Abonado XXXXX (5 Dig.)

- b) Identificación del terminal de abonado (MIN)
 - Indicativo país 740
 - Indicativo Banda A 94-95
 - Indicativo Banda B 97-98
 - Estación en abonado XXXXX (5 Dig.)
- a) Identificación al sistema (SID)

Según la norma EIA-553, el SID para el Ecuador es cualquier número entre 31296 y 31327, la Operadora notificará a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones el número que usará.

ARTICULO 27.- Carácter obligatorio de las Normas y de los Parámetros.- La aplicación y cumplimiento de las normas técnicas y operativas y de los parámetros específicos del STMC tienen el carácter de obligatorio, y su incumplimiento será sancionado conforme a las disposiciones reglamentarias.

ARTICULO 28.- Parámetros mínimos de calidad del servicio.- La Operadora presentará a la Superintendencia de Telecomunicaciones informes trimestrales sobre los siguientes parámetros mínimos de calidad de servicio:

- a) Reutilización de frecuencias con un diseño de cobertura basado en una relación portadora a interferencia mayor o igual que 17dB, para sistemas digitales y mayor o igual a 24dB para sistemas analógicos;
- b) Grado de servicio del canal de acceso $\leq 1\%$ (menor o igual que uno por ciento);
- c) Grado de servicio del canal de voz $\leq 2\%$ (menor o igual que dos por ciento), según la Tabla de Erlang B, en la hora cargada de cada estación del sistema;
- d) Grado de servicio de las troncales hacia la red telefónica pública $\leq 1\%$ (menor o igual que uno por ciento);
- e) Bloqueo de llamadas transferidas (Hand-Off) $\leq 2\%$ (menor o igual que dos por ciento);
- f) Caída de llamadas: Si durante la hora cargada se establecen Q llamadas en una hora y n llamadas se caen, con lo cual Q-n se mantienen, entonces el porcentaje de caída de llamadas es $n \times 100/Q$. Se establece un valor no mayor que 2% para estaciones con celda o celdas adyacentes en todo su perímetro, no mayor que 5% para estaciones con celda o celdas adyacentes, pero que éstas no cubran el perímetro total de la estación, y no mayor que 7% para estaciones sin celdas adyacentes; y,

g) Llamadas completadas: La tasa de completación de las llamadas, será superior al 60% hacia abonados fijos y superior al 80% hacia abonados celulares.

ARTICULO 29.- Información al cliente.- La Operadora del STMC debe proporcionar a sus clientes de manera impresa, documentos que contengan lo siguiente:

- Contrato de servicio.
- Uso adecuado del terminal de abonado.
- Mapas de cobertura.
- Formato de factura.
- Manejo de características especiales, como son las instrucciones para los servicios de información y servicios especiales.

ARTICULO 30.- Activación de terminales.- La Operadora debe asegurarse que los terminales de abonado cumplan con las siguientes características, como requisitos mínimos:

a) Cualquier intento de cambiar fraudulentamente el Número Serial Electrónico (ESN) del terminal de abonado, deberá provocar la inhabilitación de dicho terminal. Es obligación de la Operadora del STMC activar en su sistema sólo los terminales que cumplan con este requerimiento;

b) La Operadora del STMC deberá estar programada conforme a la norma EIA 553;

c) Deberá activarse el servicio como máximo dentro de las 12 horas hábiles de haber contratado el servicio; y,

d) Todos los equipos terminales deberán estar debidamente homologados en forma previa a su activación.

ARTICULO 31.- Reclamos y soluciones de problemas.- La Operadora llevará un registro numerado, el número será entregado al reclamante, de los reclamos escritos o verbales de sus abonados el que contendrá los siguientes datos:

- Nombre del abonado.
- Dirección y número telefónico.
- Lugar en que se encontraba el abonado.
- Fecha y hora del reclamo.
- Motivo del reclamo.
- Número de veces que el abonado ha reclamado en el último año.

La Operadora llevará una estadística de los siguientes reclamos:

- Demora para obtener el servicio.
- Demora para reparación del servicio una vez obtenido.
- Problemas que requieren de mejoras en cobertura.
- Demora para obtener respuesta de la red después de presionar SEND.
- Llamadas caídas.
- Tono de congestión.
- Conversación en un sentido. . Diafonía e interferencia.
- Inteligibilidad.
- Facturación errónea.

El índice de reclamos por cada cien (100) abonados deberá ser menor o igual que uno (1) al mes. El número de problemas derivados de las quejas, solucionados en la semana siguiente deberá ser mayor o igual que el 80% de los reclamos.

Los informes respectivos se presentarán trimestralmente a la Superintendencia.

ARTICULO 32.- Encuesta de calidad del servicio.- La Operadora contratará una empresa encuestadora la que será seleccionada entre firmas encuestadoras profesionales inscritas en la Superintendencia de Telecomunicaciones. La encuestadora evaluará semestralmente la opinión del usuario con relación a:

- Calidad del servicio, incluyendo calidad de voz.
- Atención al cliente.
- Sistema de facturación.
- Sistema de venta.
- Número de reclamos y reparación.
- Relación Operadora - usuario.
- Otros parámetros que requiera la Operadora.

El formulario de preguntas será aprobado por la Superintendencia de Telecomunicaciones cada semestre, previo a la realización de la encuesta.

La encuestadora remitirá los resultados directamente a la Operadora y a la Superintendencia de Telecomunicaciones quien informará al CONATEL.

ARTICULO 33.- Servicios especiales.- Las operadoras pueden prestar a los usuarios que lo soliciten algunos servicios especiales como por ejemplo:

- Transferencia de llamadas.
- Llamada en espera.
- Conferencia tripartita.
- Mensaje de voz electrónico.
- Facturación detallada.
- Servicios del sistema digital como identificación del número que llama, envío de mensajes cortos, etc.

La facturación de estos servicios deberá llevarse a cabo de acuerdo a las tarifas aprobadas por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.

ARTICULO 34.- Llamada completada.- Para efecto de la facturación se considera llamada completada únicamente las que contesta el número llamado. No se facturará LLAMADAS COMPLETADAS las que terminen en dispositivos interceptores propios de la red celular o fija. Los dispositivos interceptores podrán dar origen a servicios suplementarios.

ANEXO 11

PORCENTAJE DE MUESTRAS DE LLAMADAS CON RUIDO DE LAS CELDAS URBANAS DE GUAYAQUIL

Celdas	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7		Semana 8		Semana 9	
	Analogico	Digital	Analogico	Digital	Analogico	Digital	Analogico	Digital	Analogico	Digital	Analogico	Digital	Analogico	Digital	Analogico	Digital	Analogico	Digital
NT06N	1.78	1.00	1.85	0.79	1.68	0.79	2.15	0.64	1.73	0.80	1.87	0.71	2.77	0.79	2.02	0.81	2.23	0.74
NO05A	8.19	3.74	8.10	1.97	6.50	1.74	5.80	1.76	5.88	2.01	6.06	1.85	5.62	1.66	5.79	1.23	5.26	1.46
NO05B	4.08	0.95	3.06	0.86	5.20	0.79	4.93	0.86	4.24	0.63	4.11	0.73	3.72	0.67	2.67	0.69	3.11	0.66
NO05C	3.66	4.87	3.44	2.22	3.67	2.20	3.76	2.15	3.98	2.67	3.40	2.56	3.38	2.34	3.23	2.07	3.44	2.47
NT01A	7.95	0.93	10.64	0.88	9.10	0.86	8.18	0.78	8.02	0.86	5.30	0.84	3.77	0.87	4.18	0.94	3.64	0.82
NT01B	6.03	3.60	6.13	2.73	6.38	2.75	5.47	2.84	5.49	2.89	5.96	2.88	5.97	2.77	5.85	2.84	5.50	2.73
NT01C	4.46	1.82	3.42	1.07	3.42	1.07	3.86	1.20	3.22	1.11	3.36	1.20	4.07	1.52	3.88	1.15	4.08	1.17
NT02A	4.28	0.90	3.09	0.74	3.45	1.09	3.19	0.84	2.83	0.78	2.70	0.83	2.65	1.76	3.02	0.72	2.89	0.80
NT02B	4.65	2.69	6.81	1.74	7.36	1.90	5.89	1.91	3.97	1.86	4.37	1.80	3.65	1.76	4.25	1.86	4.40	1.80
NT02C	4.39	1.22	4.33	0.85	4.11	1.05	4.37	1.13	4.17	1.00	3.99	1.07	4.37	0.87	3.81	1.03	4.63	1.13
CE03A	7.59	3.46	7.19	2.41	5.87	2.43	5.77	2.55	6.82	2.57	5.10	2.19	3.18	2.15	4.00	2.60	3.52	2.45
CE03B	6.40	3.20	8.61	2.09	9.25	1.98	9.35	2.11	7.26	2.13	5.80	2.33	4.98	2.20	4.76	2.24	5.06	2.23
CE03C	1.92	3.03	2.15	2.08	2.05	2.25	2.10	1.65	1.86	2.06	2.08	2.35	2.79	2.11	2.13	2.25	2.14	1.78
CE04A	6.08	4.03	5.37	3.59	5.43	3.53	6.54	3.68	5.86	3.52	5.17	3.21	4.74	3.24	5.62	3.54	4.91	3.30
CE04B	9.59	2.11	9.60	1.98	9.03	2.13	8.67	2.19	8.27	2.12	8.53	2.21	9.12	2.35	7.64	2.26	7.81	2.21
CE04C	5.52	1.90	5.49	1.56	5.84	1.52	7.37	1.48	6.71	1.53	6.87	1.65	8.62	1.54	6.88	1.52	6.56	1.46
NO07A	2.98	1.16	2.95	0.98	2.60	1.06	2.60	1.27	2.78	1.35	2.78	1.28	2.94	1.55	3.89	1.32	4.30	1.31
NO07B	3.73	1.18	3.37	1.11	3.25	1.13	3.65	1.10	3.25	1.16	3.56	1.21	4.20	1.12	3.55	1.21	4.66	1.22
SU01A	4.96	2.36	5.42	2.38	5.67	2.52	6.21	2.98	5.31	2.98	6.19	2.75	5.85	2.62	5.23	2.15	4.29	2.32
SU01B	6.92	2.55	8.81	2.26	6.41	2.20	7.02	2.38	7.07	2.31	6.18	2.33	6.70	2.38	7.54	2.43	6.57	2.29
SU01C	10.17	3.67	11.18	3.88	10.97	3.93	12.19	4.00	10.01	3.84	9.68	3.91	8.98	3.97	10.36	4.07	10.19	4.25
NO08N	6.96	2.66	5.56	1.99	7.65	2.19	5.74	2.13	4.35	2.02	6.31	1.84	5.15	1.78	5.86	1.80	5.56	1.71
NT03A	4.36	1.54	4.23	1.31	3.46	1.19	4.41	1.29	4.29	1.44	3.94	1.44	3.94	1.50	4.18	1.28	4.59	1.48
NT03B	2.71	1.11	2.54	0.73	3.26	0.78	1.96	0.88	3.26	0.65	2.63	0.89	2.93	0.85	2.98	0.93	2.73	0.87
NT03C	6.87	3.62	6.14	4.57	6.66	4.48	7.54	4.43	9.55	4.21	8.81	4.00	8.54	4.05	7.33	3.77	7.49	4.47
NO09A	5.62	3.03	5.35	2.63	4.86	2.71	4.92	2.78	4.82	2.83	4.37	2.77	4.88	2.82	5.88	2.78	6.20	2.78
NO09B	6.61	7.07	6.34	5.96	6.34	5.96	6.34	5.96	7.82	7.82	6.49	6.49	7.70	7.70	7.10	7.10	7.01	7.01
NT07A	5.83	9.96	5.86	5.12	5.69	4.97	6.25	5.18	6.33	4.87	6.72	5.15	6.44	5.15	6.91	5.38	6.21	5.70
NT07B	9.37	4.68	7.71	3.89	8.10	3.67	8.07	3.69	8.85	3.89	10.72	3.75	10.09	3.90	8.97	4.02	9.31	4.18
NT07C	3.33	1.02	3.09	1.02	2.90	1.06	3.26	1.02	2.91	1.09	2.81	1.00	2.55	0.95	2.58	1.02	2.68	1.14
NT08A	4.47	2.45	4.91	2.56	5.14	2.70	4.96	2.58	4.28	2.55	4.56	2.64	4.64	2.70	5.36	2.55	4.92	2.65
NT08B	3.79	2.65	3.61	2.54	3.47	2.51	3.56	2.75	3.68	2.40	4.25	2.60	4.22	2.60	4.16	2.79	4.69	2.73
NT08C	4.43	1.60	3.75	1.63	3.24	1.85	3.51	1.83	4.05	1.74	3.65	1.73	3.27	1.59	3.39	1.68	3.48	1.53
SU02A	6.21	2.06	6.12	1.97	5.41	1.99	5.67	1.84	4.84	1.82	5.19	2.00	5.43	2.20	5.92	2.10	6.22	2.29
SU02B	9.27	3.59	10.30	2.94	8.42	3.65	7.62	4.62	8.60	3.38	9.01	3.67	7.09	4.78	6.62	3.32	6.11	3.65
CE05A	9.21	2.99	9.65	2.88	9.20	2.88	9.42	2.75	8.60	2.88	9.44	2.74	8.86	2.86	9.18	2.75	9.40	2.88
CE05B	7.05	2.33	7.56	2.37	7.34	2.22	8.53	2.21	8.32	2.35	8.00	2.15	7.81	2.21	7.81	2.35	7.39	2.20
CE05C	10.19	3.91	9.20	2.66	9.14	2.50	8.40	2.68	8.90	2.69	9.80	2.62	9.33	2.59	8.47	2.42	8.58	2.71
SO01A	6.73	2.67	6.62	2.50	7.12	2.06	6.25	2.50	7.19	2.36	7.87	2.57	7.84	2.59	8.24	2.47	7.52	2.52
SO01B	5.44	0.95	6.59	0.70	6.55	0.79	4.32	0.95	3.91	0.72	4.35	0.74	4.93	0.95	4.95	0.89	4.95	0.75
SO01C	3.87	3.02	4.22	4.28	2.75	2.70	4.99	2.84	4.28	2.62	4.75	2.70	5.03	2.57	3.38	4.81	2.32	4.81
SO01D	3.66	1.23	3.56	1.48	4.22	1.23	4.19	1.01	3.85	1.26	4.07	1.01	3.96	1.07	3.90	1.13	3.99	1.75
SU05B	2.80	1.24	3.08	1.18	3.93	1.10	2.69	1.12	2.81	1.20	3.56	1.02	4.08	1.19	3.08	1.08	3.54	1.16
NT05C	3.70	1.42	3.93	1.54	3.77	1.37	3.65	1.24	3.93	1.31	4.14	1.36	4.43	1.28	5.10	1.48	5.21	1.62
NT04A	4.69	1.92	3.53	1.27	3.29	1.18	2.85	1.32	3.28	1.30	2.59	1.38	2.89	1.64	5.85	1.37	3.72	1.34
NT04B	4.78	2.49	4.13	2.35	4.26	2.26	3.75	2.42	4.12	2.35	4.37	2.26	4.18	2.51	4.46	2.45	4.46	2.51
NT04C	4.66	1.97	4.47	1.91	4.60	1.73	4.39	1.76	3.78	1.78	4.36	1.90	4.22	2.00	4.21	1.85	4.16	1.93
CE01N	4.97	9.86	4.90	4.22	4.27	4.30	4.51	4.35	4.50	4.55	4.87	4.64	4.48	4.09	4.76	4.23	5.26	4.40
NO04A	6.60	6.26	5.93	6.17	5.93	6.17	5.96	6.17	5.96	6.17	5.96	6.17	6.09	6.09	6.23	6.09	6.17	6.09
NO04C	9.36	9.48	9.73	9.66	9.73	9.66	9.66	9.66	9.66	9.66	9.39	9.39	10.16	10.16	12.56	10.16	10.19	10.19

PORCENTAJE DE MUESTRAS DE LLAMADAS CON RUIDO DE LAS CELDAS URBANAS DE GUAYAQUIL

Celdas	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7		Semana 8		Semana 9	
	Analogico	Digital	Analogico	Digital	Analogico	Digital	Analogico	Digital	Analogico	Digital	Analogico	Digital	Analogico	Digital	Analogico	Digital	Analogico	Digital
CE02B	4.68	1.83	3.76	1.66	4.18	1.55	4.57	1.67	4.25	1.65	4.17	1.62	3.79	1.73	4.18	1.64	3.83	1.54
CE02C	4.02	2.16	4.19	1.61	4.42	1.71	4.42	1.71	4.02	1.92	3.92	1.85	3.82	1.86	4.01	1.77	3.68	1.78
CE08A	2.76	3.20	3.44	2.82	2.70	3.25	3.19	2.81	3.13	2.96	3.23	2.96	3.26	2.60	3.26	2.88	3.37	2.70
CE08C	8.40	3.63	7.33	1.78	7.71	1.72	7.63	1.98	8.22	1.99	7.65	2.05	8.10	2.11	8.59	1.70	8.34	1.69
CE06A	5.40	5.40	5.70	2.41	5.70	2.43	6.80	2.54	9.81	2.39	6.81	2.65	7.01	2.82	7.88	2.94	6.88	3.07
CE06B	6.62	2.84	5.99	2.19	5.94	2.17	5.03	2.29	5.19	2.18	5.05	2.13	6.70	1.90	10.69	2.22	6.74	2.21
CE06C	4.04	2.38	3.59	2.10	4.79	1.96	5.17	1.96	4.60	1.93	3.74	1.99	3.53	2.13	3.66	2.13	3.19	2.16
CE07A	6.30	2.90	6.19	2.39	6.36	2.37	6.37	2.27	6.09	2.27	6.09	2.56	5.59	2.44	5.40	2.56	6.03	2.52
CE07B	14.33	8.26	14.00	5.71	12.76	6.25	11.38	7.53	9.98	5.78	10.54	5.81	9.66	4.99	9.51	6.66	9.52	7.63
CE07C	5.97	4.79	6.95	3.22	5.71	3.55	6.72	3.50	6.10	3.66	8.24	3.62	5.98	3.77	6.84	3.50	7.29	3.67
NT11A	2.28	1.37	2.36	1.22	2.66	1.12	2.50	1.23	2.88	1.19	2.43	1.15	2.33	1.31	2.74	1.27	2.54	1.37
NT11B	3.17	2.51	3.71	2.20	3.28	2.16	4.70	2.27	5.09	2.06	4.69	2.16	4.12	2.30	3.71	2.20	3.92	2.31
NT11C	2.53	4.49	2.43	2.05	2.41	1.91	2.62	2.09	2.47	1.99	2.40	2.24	2.32	2.01	2.56	2.15	2.85	2.26
SU04A	4.49	1.77	4.15	1.66	4.84	1.77	4.78	1.64	4.22	1.67	4.88	1.76	5.38	1.73	4.85	1.68	4.77	1.65
SU04B	7.20	2.65	6.88	2.61	6.86	2.76	7.35	2.53	6.83	2.78	8.20	2.78	6.91	2.85	7.91	2.37	7.23	2.53
SU04C	6.74	2.68	7.92	2.35	7.90	2.05	8.17	1.92	7.01	2.16	6.87	1.94	7.15	2.02	8.93	1.86	6.95	2.26
NO10A	3.38	1.66	3.31	1.59	3.71	1.71	3.52	1.65	3.17	1.71	3.31	1.68	3.56	1.96	3.24	1.88	3.61	1.75
NO10B	3.09	0.74	3.48	0.79	3.61	0.54	2.74	0.74	3.10	0.67	2.90	0.64	2.61	0.75	3.43	0.67	3.08	0.94
NO13A	10.28		9.33		8.46		9.71		9.26		9.44		9.73		7.92		8.44	
NT05C	4.52	2.72	4.32	1.93	5.07	1.98	4.82	2.06	4.82	2.30	4.50	2.15	4.77	2.31	4.66	2.11	4.87	2.35
NT09A	3.24	3.96	3.35	4.33	3.66	4.45	3.19	4.37	3.10	4.02	3.56	3.95	3.10	4.15	3.75	4.06	4.14	3.84
NT09B	4.16	2.00	4.13	1.70	3.89	1.87	4.06	1.93	3.76	1.94	3.79	1.91	4.08	1.84	4.47	1.91	4.32	2.24
NT09C	3.62	1.59	3.78	1.14	3.58	1.17	3.51	1.17	3.46	1.12	3.40	1.23	3.32	1.19	3.65	1.26	3.22	1.31
NO06N	2.27	0.52	2.25	0.82	2.21	0.78	2.14	0.83	2.18	0.76	2.14	0.78	2.27	1.19	2.19	0.76	2.30	0.86
SO02A	10.80		10.19		10.32		10.16		10.50		10.98		10.17		9.80		9.58	
NT12B	9.20		8.74		8.78		8.64		8.64		8.67		8.46		8.00		8.98	
NT12C	6.49		6.33		6.15		6.27		5.95		6.34		6.27		6.60		6.21	
NT10A	5.04	1.49	5.31	1.54	4.65	1.44	5.79	1.53	4.67	1.39	5.09	1.59	5.63	1.79	4.52	1.67	4.80	1.55
NT10B	3.91	1.76	3.99	1.82	3.66	1.75	3.41	1.81	3.89	1.74	4.10	1.74	3.78	1.91	3.90	1.37	3.94	1.35
NT10C	4.51	3.26	4.78	2.51	4.66	2.64	4.53	2.63	4.53	2.87	4.63	2.75	5.12	2.79	5.24	2.67	4.69	2.66
NO01N	1.75	0.54	0.60	0.60	2.22	0.60	2.36	0.59	2.68	0.55	2.10	0.57	1.89	0.62	2.32	0.53	2.17	0.68
NO02A	7.02	2.07	7.74	1.60	6.87	1.66	6.17	1.59	10.81	1.56	11.17	1.65	6.81	1.71	5.32	1.69	6.74	1.53
NO02B	2.14	0.52	1.97	0.55	2.93	0.57	2.51	0.57	3.14	0.45	1.42	0.66	3.21	0.58	2.46	0.47	2.99	0.51
NO02C	1.99	1.11	2.00	0.93	1.94	0.95	1.87	0.97	1.84	0.91	1.71	0.94	1.81	0.86	1.85	0.84	1.96	0.91
NO03A	2.92	0.94	3.40	0.90	3.04	1.06	4.03	0.98	3.54	0.99	3.59	1.02	3.16	1.12	3.47	0.97	3.58	1.07
NO03B	5.22	3.93	4.73	2.88	4.87	2.58	4.95	2.50	5.15	2.84	5.27	2.75	5.13	2.98	5.76	3.04	4.82	2.79
NO03C	5.54	0.95	5.47	0.97	4.82	0.99	5.45	0.91	4.92	0.94	4.92	1.10	4.54	1.12	5.55	1.04	4.21	1.14
SO03A	9.39		8.97		9.08		9.28		9.31		9.34		8.59		7.52		7.93	

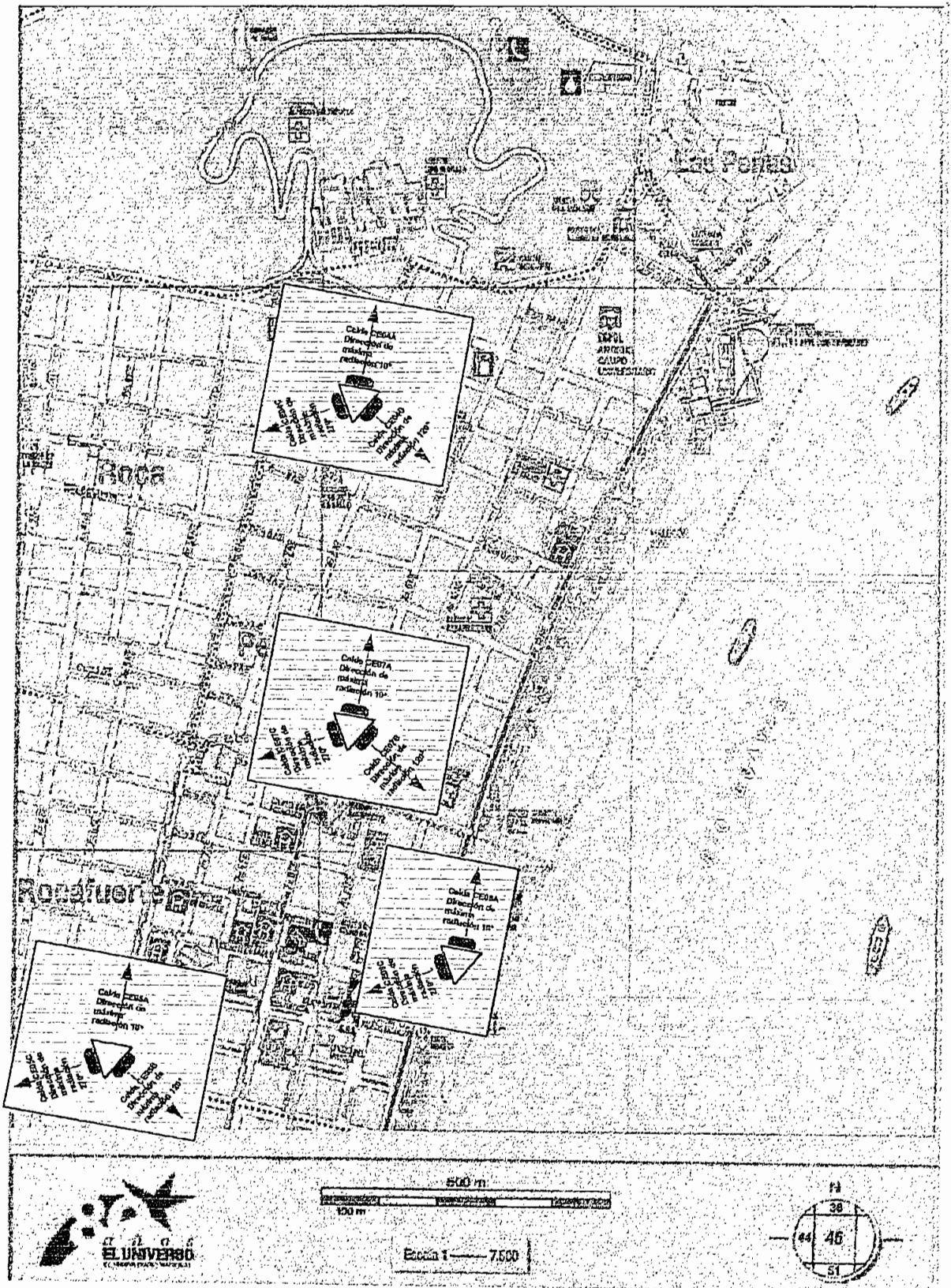
ANEXO 12

PORCENTAJE DE ACCESOS A LOS CANALES DE VOZ ANALÓGICOS CON NIVELES < -101 dBm DE LAS CELDAS URBANAS DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL (%)

CELIDAS	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Promedio
CE05A	8,30	7,75	7,47	8,42	7,07	7,72	6,73	7,39	7,33	7,57
NO04C	8,63	8,48	8,75	8,82	8,88	8,17	9,12	7,34	7,75	8,43
CE05B	5,29	5,87	5,59	6,75	6,91	6,66	5,70	6,81	6,38	6,22
SO03A	7,42	7,23	7,47	7,60	7,83	7,74	7,11	6,15	6,45	7,22
SU01C	13,47	15,28	14,24	15,76	13,15	13,13	11,71	12,56	12,94	13,58
NT12B	7,84	7,25	7,28	7,50	8,39	8,65	8,06	8,14	8,12	7,91
CE04B	10,05	10,15	10,87	10,10	9,31	10,17	9,91	8,54	8,25	9,71
SO02A	7,24	6,74	8,26	8,27	8,30	6,59	7,08	7,90	7,72	7,57
SU01B	5,64	8,98	6,88	7,41	6,47	6,65	7,34	9,17	7,65	7,35
CE07C	6,38	6,90	5,70	6,72	7,36	8,82	5,58	6,62	7,51	6,84
CE05C	5,09	4,64	4,56	4,32	4,01	4,20	4,27	4,06	3,95	4,34
NO04A	4,21	3,73	3,96	4,43	3,62	4,04	4,00	3,61	4,05	3,96
CE02B	2,24	1,52	1,66	1,94	1,53	1,68	1,57	1,78	1,62	1,73
CE01N	5,26	4,72	4,67	4,80	4,70	4,80	4,63	5,17	5,34	4,90
NT07B	12,42	8,00	7,36	7,95	7,24	9,55	10,57	8,75	8,85	8,97
NT01B	4,09	4,64	5,09	3,09	3,63	4,03	4,49	3,68	3,41	4,02
CE03B	2,13	2,18	2,39	2,31	1,78	2,02	2,40	2,03	2,28	2,17
CE07A	7,04	8,51	9,58	7,34	9,32	7,68	7,85	6,79	6,92	7,89
SU02A	6,69	6,88	5,58	5,53	4,54	5,20	5,24	6,21	6,11	5,77
NO02C	0,94	0,93	0,87	0,79	0,84	0,62	0,65	0,86	0,95	0,83
NT08B	2,42	2,18	1,96	1,95	2,45	2,59	2,99	2,42	2,91	2,43
NT08A	5,33	5,74	5,91	6,59	5,46	5,40	5,75	6,90	6,08	5,91
CE02C	1,64	1,78	1,31	2,11	1,72	1,57	1,73	1,70	1,56	1,68
NO02A	1,59	1,96	1,82	1,79	1,75	1,32	1,91	1,82	1,64	1,73
NT08C	3,33	2,61	2,09	2,19	2,45	2,27	2,05	2,15	2,07	2,36
SO01A	5,19	4,74	4,78	6,61	5,59	5,92	5,56	6,16	5,63	5,57
NT12C	4,54	4,44	4,68	5,01	4,64	5,51	5,05	5,28	5,11	4,92
NT11B	1,70	1,87	1,48	2,96	3,06	3,30	2,35	2,23	2,00	2,33
CE08C	3,28	3,20	3,28	3,34	3,18	3,03	3,19	3,30	3,29	3,23
NT04C	1,55	1,49	1,63	1,23	1,07	1,61	1,54	1,32	1,24	1,41
SO01C	3,61	4,01	3,61	4,36	4,08	4,10	4,41	4,03	4,81	4,11
NO03B	2,96	2,64	3,60	2,65	3,09	3,30	4,26	3,56	3,01	3,23
SU04A	2,84	3,50	3,09	3,26	3,10	3,76	3,94	3,23	3,22	3,33
NO09B	4,40	5,24	4,69	3,96	5,80	4,71	5,50	4,91	4,84	4,89
NT02B	1,96	2,37	1,73	2,38	2,05	2,53	1,69	2,46	2,63	2,20
CE08A	0,98	1,34	0,94	1,14	1,14	1,21	1,13	1,14	1,07	1,12
CE06A	11,47	10,69	11,06	12,54	13,05	12,50	13,44	11,71	9,72	11,80
NT10C	3,07	2,97	3,30	3,07	3,39	3,57	3,99	4,15	3,31	3,43
CE04C	4,67	3,62	4,15	5,74	4,94	4,74	6,83	5,31	4,66	4,96
NT11C	0,78	0,69	0,61	0,90	0,74	0,54	0,56	0,80	0,89	0,72
NT09B	2,68	2,78	2,28	3,04	3,27	2,74	2,96	3,22	2,46	2,82
NT10A	3,77	4,16	3,41	4,53	3,69	4,06	4,97	3,99	4,69	4,14
SU04B	7,88	7,50	7,88	7,56	7,45	8,68	6,91	7,94	7,95	7,75
SU05A	2,89	3,49	4,01	3,60	3,75	3,28	3,08	3,28	3,28	3,41
NT01A	7,12	7,33	6,40	6,70	5,88	6,76	5,35	7,05	5,77	6,48
NT09C	2,00	2,01	1,79	1,71	1,99	1,85	2,10	2,28	1,79	1,94
NO09A	5,33	5,31	5,88	4,28	3,92	3,51	4,07	4,42	4,62	4,59
SU04C	6,82	6,67	5,04	6,67	5,78	5,20	5,52	5,79	6,22	5,97
NT05C	3,36	2,63	3,43	3,52	3,16	2,65	3,11	3,01	2,85	3,08
CE06C	2,32	2,24	2,39	2,04	2,24	2,36	2,53	2,38	2,04	2,28
SU05B	2,35	2,65	3,01	1,89	2,48	2,19	3,81	2,23	2,34	2,55
NO03C	2,21	2,41	2,09	2,78	2,10	2,00	2,22	1,43	1,39	2,07
NT04B	2,01	1,50	1,81	1,49	1,75	2,20	1,95	2,21	2,21	1,90
CE07B	6,02	6,70	5,12	4,86	3,44	3,63	4,49	3,96	3,66	4,65
SU01A	2,35	2,54	2,74	3,35	2,74	3,10	3,02	3,04	2,38	2,80
NO05A	1,43	1,57	1,49	1,65	1,85	1,88	1,59	2,72	1,76	1,77
SO01B	11,19	11,02	11,18	3,99	3,85	6,68	6,16	6,39	4,73	7,24
SU03A	8,78	9,30	7,73	7,47	7,80	7,77	7,49	6,78	5,56	7,63
CE04A	5,76	4,39	4,41	5,62	4,68	4,33	2,87	3,69	3,71	4,38
NT02C	2,51	2,26	2,08	2,44	2,19	2,09	1,96	1,87	2,88	2,25
NO05C	1,97	1,83	1,94	2,00	2,13	1,51	1,38	1,18	1,30	1,69
NO05B	2,35	1,71	2,35	2,57	2,12	2,85	2,44	1,89	1,14	2,16
NO10A	1,77	1,93	2,84	2,53	1,48	1,88	1,73	1,37	1,93	1,94
NT10B	2,20	1,81	1,96	2,00	2,22	2,10	2,17	2,05	2,26	2,08
SU05C	2,56	2,22	2,25	2,08	2,34	3,18	3,83	3,68	3,58	2,86
NT03A	4,37	3,87	2,84	3,93	4,09	3,76	4,91	3,57	3,92	3,92
NO07B	2,51	2,23	1,87	2,40	2,81	2,79	3,00	2,85	4,60	2,78
NT07A	3,74	3,44	3,14	4,66	4,36	4,53	3,93	3,27	3,17	3,80
NT02A	4,19	3,30	4,09	3,50	2,61	2,80	2,49	2,26	2,41	3,07
NT09A	1,22	1,63	1,80	1,76	1,41	2,15	1,77	2,31	1,87	1,77
NT11A	0,81	1,00	1,33	0,92	1,60	1,32	1,06	1,95	1,40	1,26
CE06B	3,96	3,92	2,48	2,46	3,04	3,65	5,06	2,26	4,83	3,52
CE03A	3,47	3,47	2,33	2,28	3,58	4,15	2,32	2,72	2,36	2,97
CE03C	0,79	0,87	0,60	0,85	0,63	0,75	1,96	0,85	1,35	0,96
NT03C	5,15	4,11	4,95	5,50	5,63	4,31	4,30	3,44	5,91	4,81
NO02B	0,52	0,71	0,86	1,06	0,78	0,56	0,78	0,63	0,41	0,70
NT04A	3,11	1,55	1,81	1,03	1,41	0,76	1,57	6,93	3,98	2,46
NO10B	1,07	1,47	3,30	1,01	1,32	1,24	1,34	1,31	1,15	1,47
NO07A	2,62	2,41	2,54	2,82	2,65	3,19	2,58	4,00	3,16	2,89
NT03B	1,08	0,59	1,39	0,62	0,53	0,94	1,17	0,96	0,88	0,91
NT07C	1,56	1,62	1,66	2,53	1,91	2,18	1,85	2,37	2,01	1,97
NT13A	9,23	8,11	7,47	9,31	8,79	8,45	9,98	5,91	7,90	8,35
NO03A	1,65	1,79	1,29	2,58	2,51	2,11	1,29	1,94	1,96	1,90
NT06N	0,32	0,29	0,27	0,44	0,45	0,41	1,13	0,57	0,59	0,50
NO01N	1,33	2,19	2,02	2,40	1,90	1,18	1,41	1,83	1,58	1,76
NT01C	2,23	1,45	1,52	1,65	1,37	1,56	1,67	1,45	2,21	1,68
NO08N	6,32	3,65	6,87	4,40	3,98	3,75	3,37	5,18	4,04	4,62
NO06N	0,30	0,48	0,27	0,44	0,53	0,40	0,55	0,46	0,49	0,43

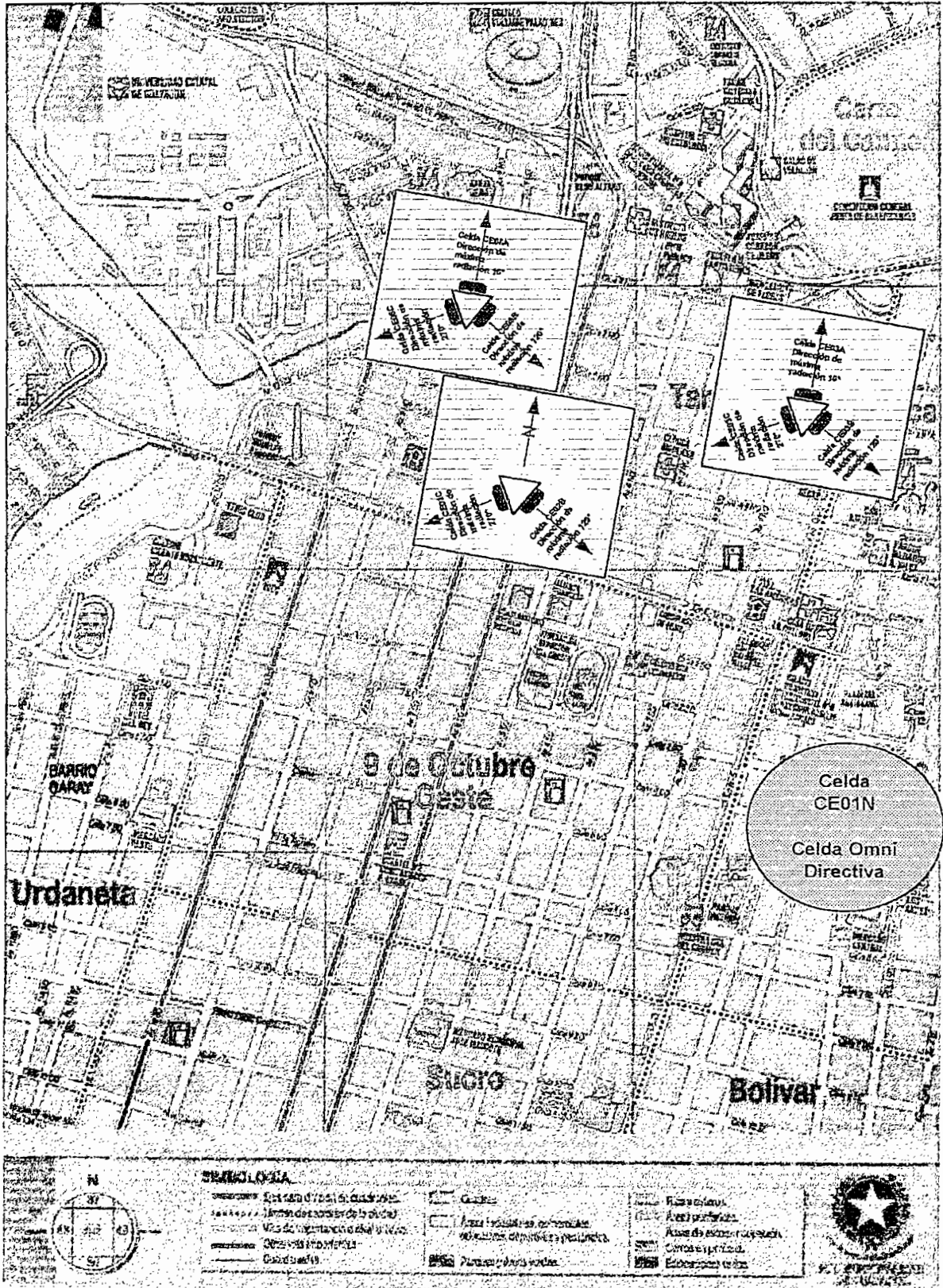
ANEXO 13.1

Ubicación de la Celdas CE04, CE05, CE07 y CE08



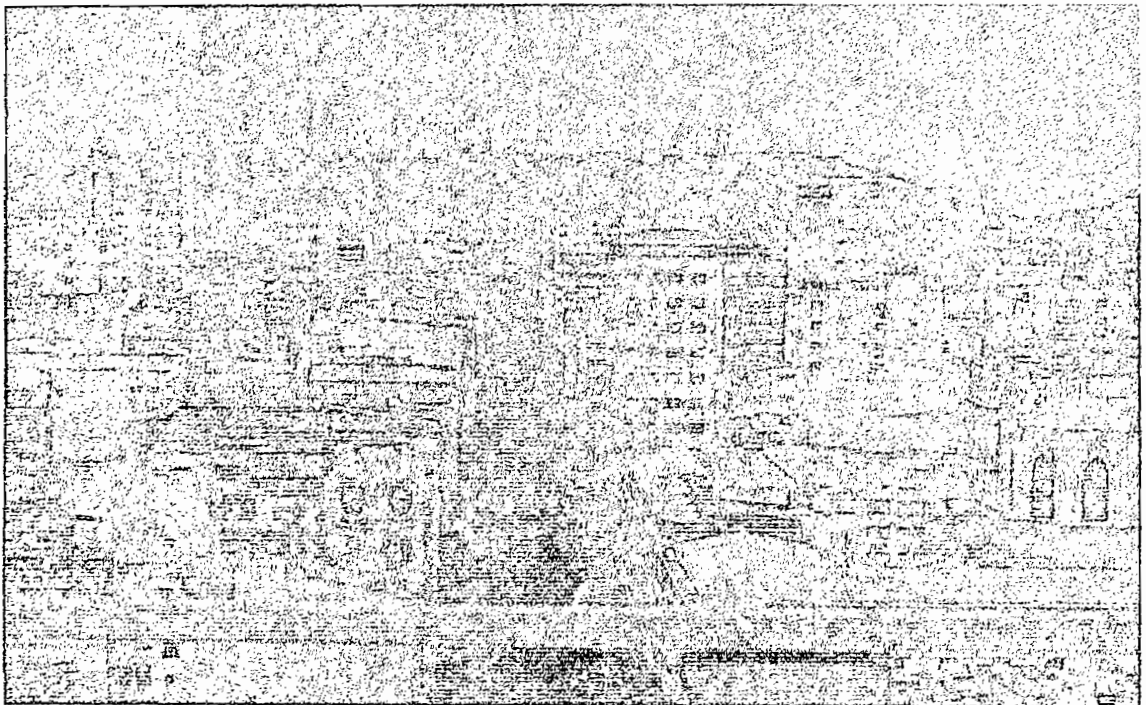
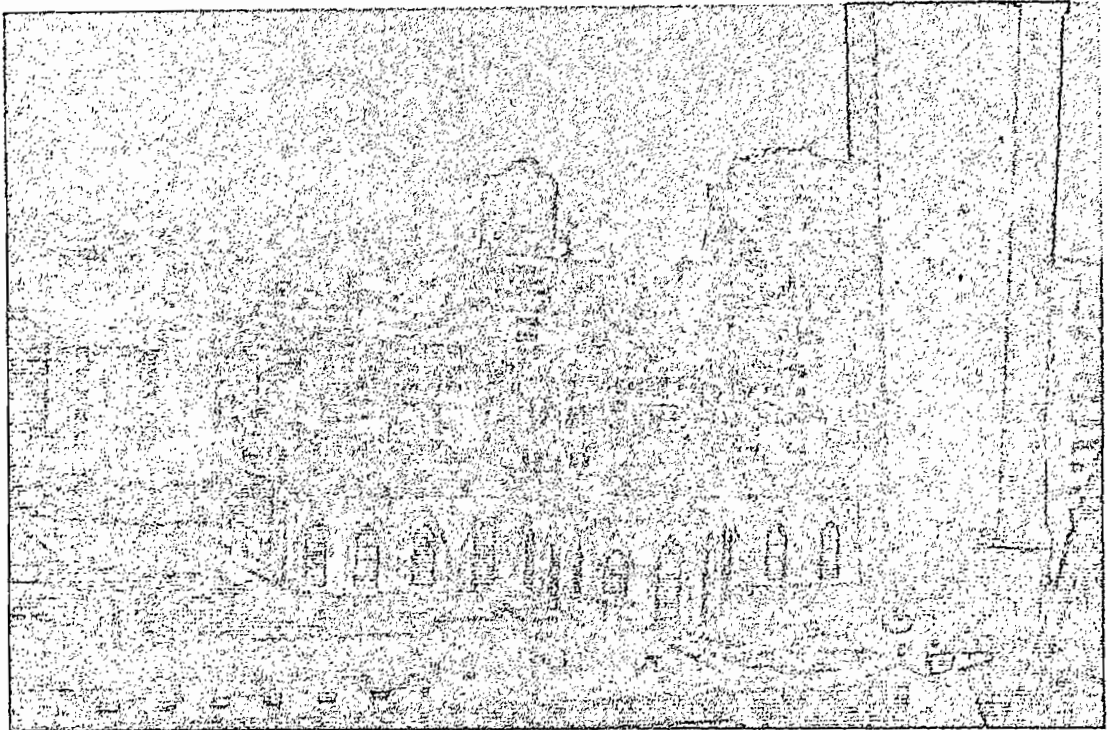
ANEXO 13.2

Ubicación de las Celdas CE01, CE02, CE03 Y CE06



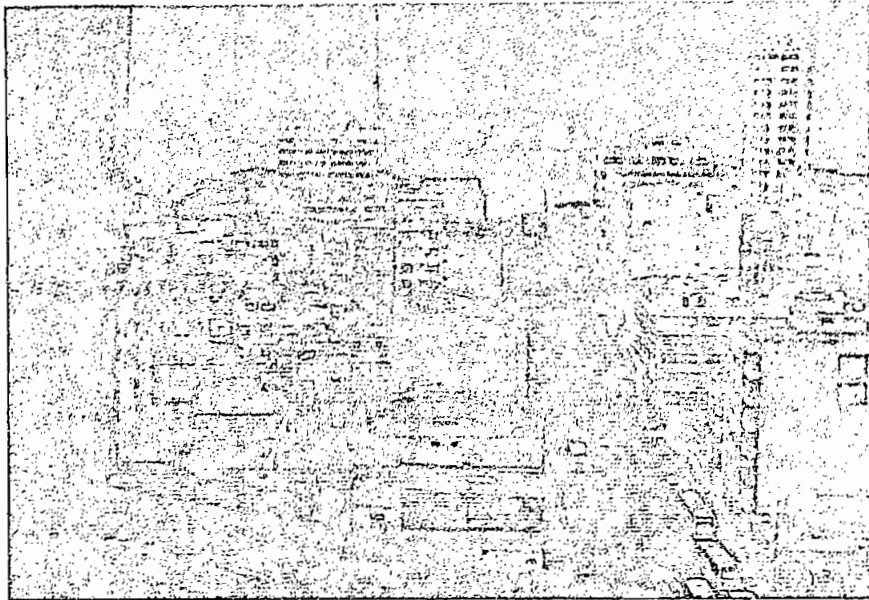
ANEXO 13.3

Vista de la cobertura de la celda CE05A

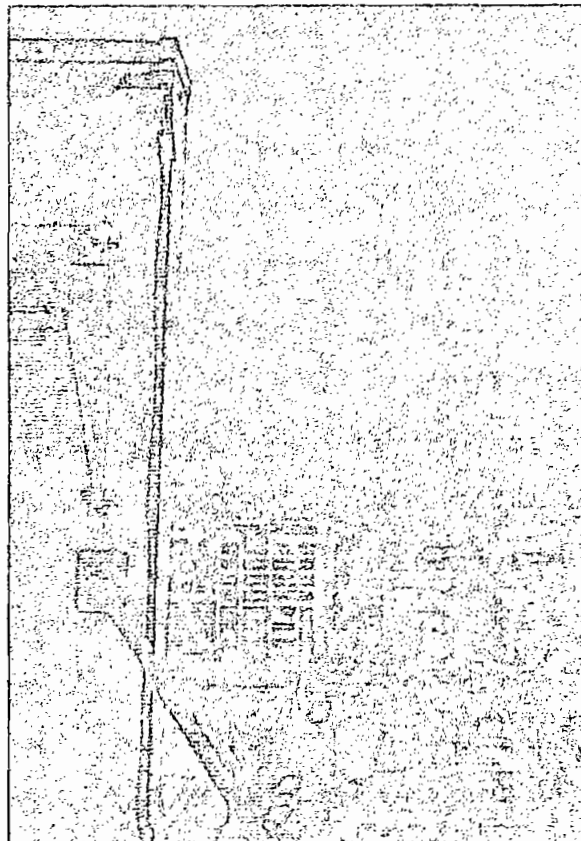


ANEXO 13.4

Vista de la cobertura de la celda CE05B



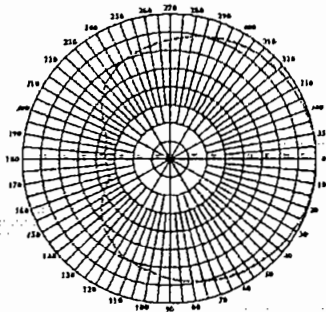
Vista de la cobertura de la celda CE05C



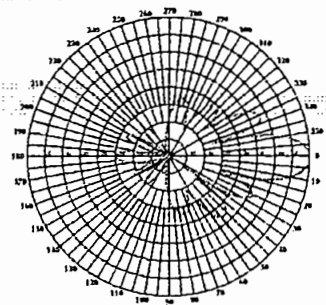
RWB-80011/120

Radiation-pattern (at mid-band)

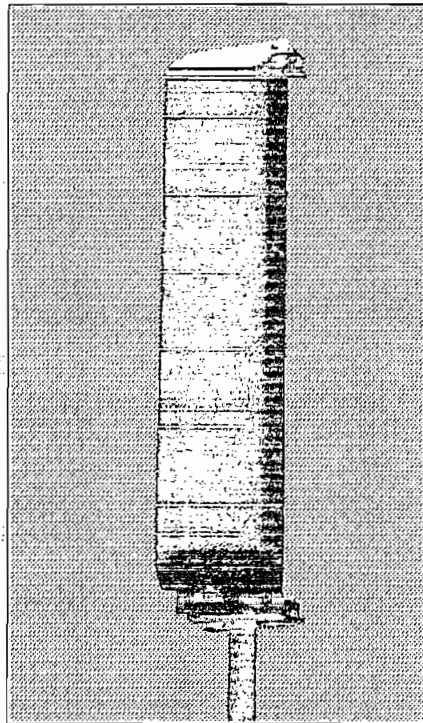
RWB-80011/120



Horizontal



Vertical



Radiation patterns for all Antel antennas are measured with the antenna mounted on a fiberglass pole.

Mounting on a metal pole will increase the Front-to-Back Ratio.

Antel's unmatched antenna design includes:

- A durable, fiberglass radome designed to protect against damaging UV rays and withstand harsh climate conditions.
- A four-channel extruded aluminum frame running the entire length of the antenna.
- Brass feedlines - No high-loss coaxial cable.
- Feedlines connected by threaded holes, nuts & bolts - No solder joints.
- Air as insulation.

Every Antel antenna is under a five-year limited warranty for repair or replacement.

Mechanical specifications

Length	1225 mm	48.2 in
Width	295 mm	11.6 in
Depth	160 mm	6.3 in
Weight	6.5 kg	14.3 lbs
Wind area	0.36 m ²	3.9 ft ²
Wind load at 50m/s	560 N	126 lbs

Mounting

Through two pair of clamps to pipe diameter Ø50-160 mm (2.0-6.3 in), or by U-clamps to a 2" pipe. Weight, clamps: 4.5 kg (10 lbs.).

Antenna consisting of aluminum alloy with brass feedlines covered by a UV safe fiberglass radome.

Electrical specifications

Frequency range	806-960 MHz
Impedance	50Ω
3) Connector	N, NE, DIN, E DIN or EIA
1) VSWR	≤1.45:1
Polarization	Vertical
1) Gain	11 dBd
2) Power rating	500 W
1) Half power angle	
H-plane	120°
E-plane	14°
1) Lobe tilt	1°
1) Null fill	5%
Lightning protection	Direct ground

1) Typical values.

2) Power Rating limited by connector only.

3) NE indicates an elongated N-Connector.

E DIN indicates an elongated DIN connector.

EIA indicates a 7/8" EIA Flange.

Improvements in mechanical and/or electrical performance of the antenna may be made without notice.

Tabulated Data is available in the following formats: ASCII, Granet, LCC/Antel, Lucent, Motorola, Planet, and WIZARD.

RWA-80015

Mechanical specifications

Length	2450 mm	96.5 in
Width	295 mm	11.6 in
Depth	160 mm	6.3 in
Weight	14 kg	31.0 lbs
Wind area	0.73 m ²	7.87 ft ²
Wind load at 50m/s	1140 N	256 lbs

Mounting

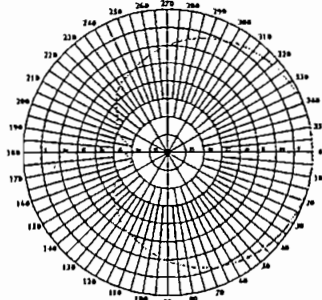
Through two pair of clamps to pipe diameter Ø50-160 mm (2.0-6.3 in), or by U-clamps to a 2" pipe. Weight, clamps: 6.8 kg (15.0 lbs.).

Antenna consisting of aluminum alloy with brass feedlines covered by a UV safe fiberglass radome.

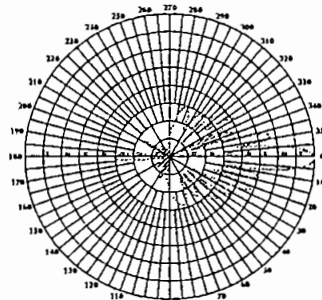
Electrical specifications

Frequency range	806-960 MHz
Impedance	50Ω
3) Connector	N, NE, DIN, E DIN or EIA
1) VSWR	≤1.4:1
Polarization	Vertical
1) Gain	15 dBd
2) Power rating	500 W
1) Half power angle	
H-plane	102°
E-plane	7°
1) Lobe tilt	1.25
1) Null fill	5%
Lightning protection	Direct ground

See page 73 for lobe tilt and null fill combinations.

**Radiation-pattern
(at mid-band)**

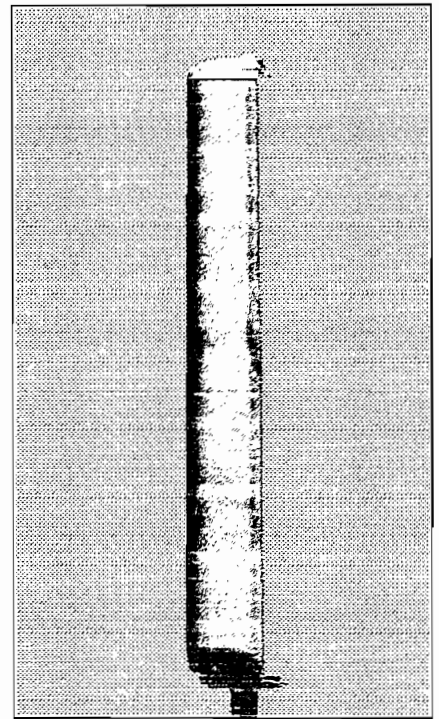
Horizontal



Vertical

Radiation patterns for all Antel antennas are measured with the antenna mounted on a fiberglass pole.

Mounting on a metal pole will increase the Front-to-Back Ratio.



RWA-80015

Antel's unmatched antenna design includes:

- A durable, fiberglass radome designed to protect against damaging UV rays and withstand harsh climate conditions.
- A four-channel extruded aluminum frame running the entire length of the antenna.
- Brass feedlines - No high-loss coaxial cable.
- Feedlines connected by threaded holes, nuts & bolts - No solder joints.
- Air as insulation.

Every Antel antenna is under a five-year limited warranty for repair or replacement.

Antenna can be ordered with bottom-fed or center-fed connector. For center-fed connector, order model number RWA-80015 DIN CF or RWA-80015 NE CF.

1) Typical values.

2) Power Rating limited by connector only.

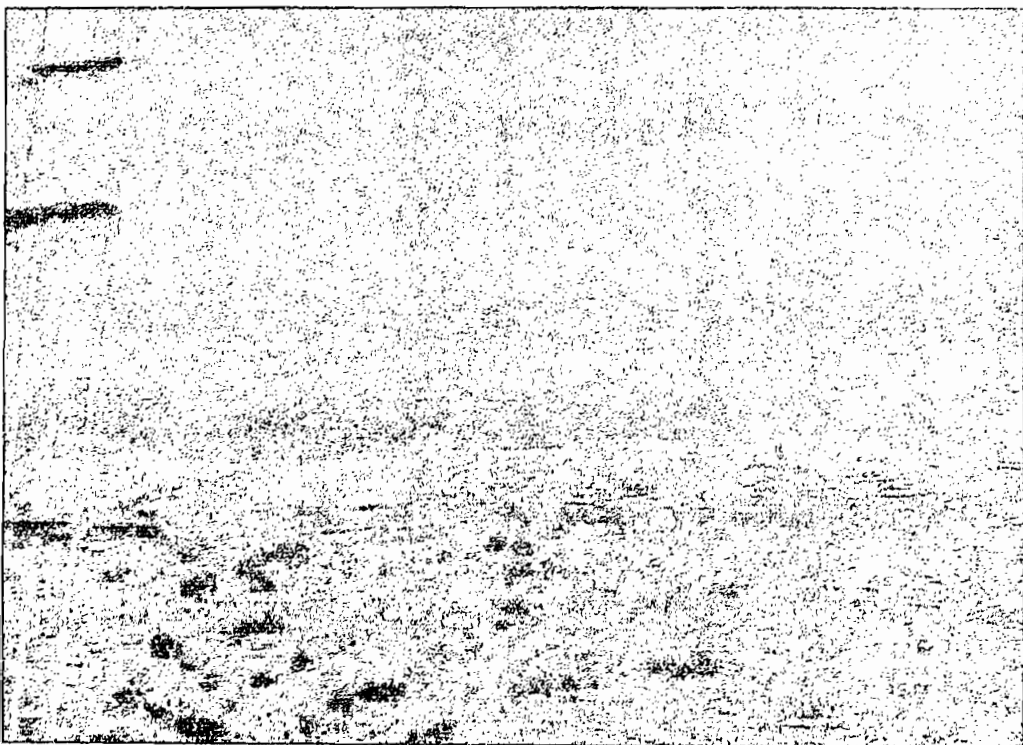
3) NE indicates an elongated N Connector.
E DIN indicates an elongated DIN connector
EIA indicates a 7/8" EIA Flange.

Improvements to mechanical and/or electrical performance of the antenna may be made without notice.

Tabulated Data is available in the following formats: ASCII, Granet, LCC/Antel, Lucent, Motorola, Planet, and WIZARD.

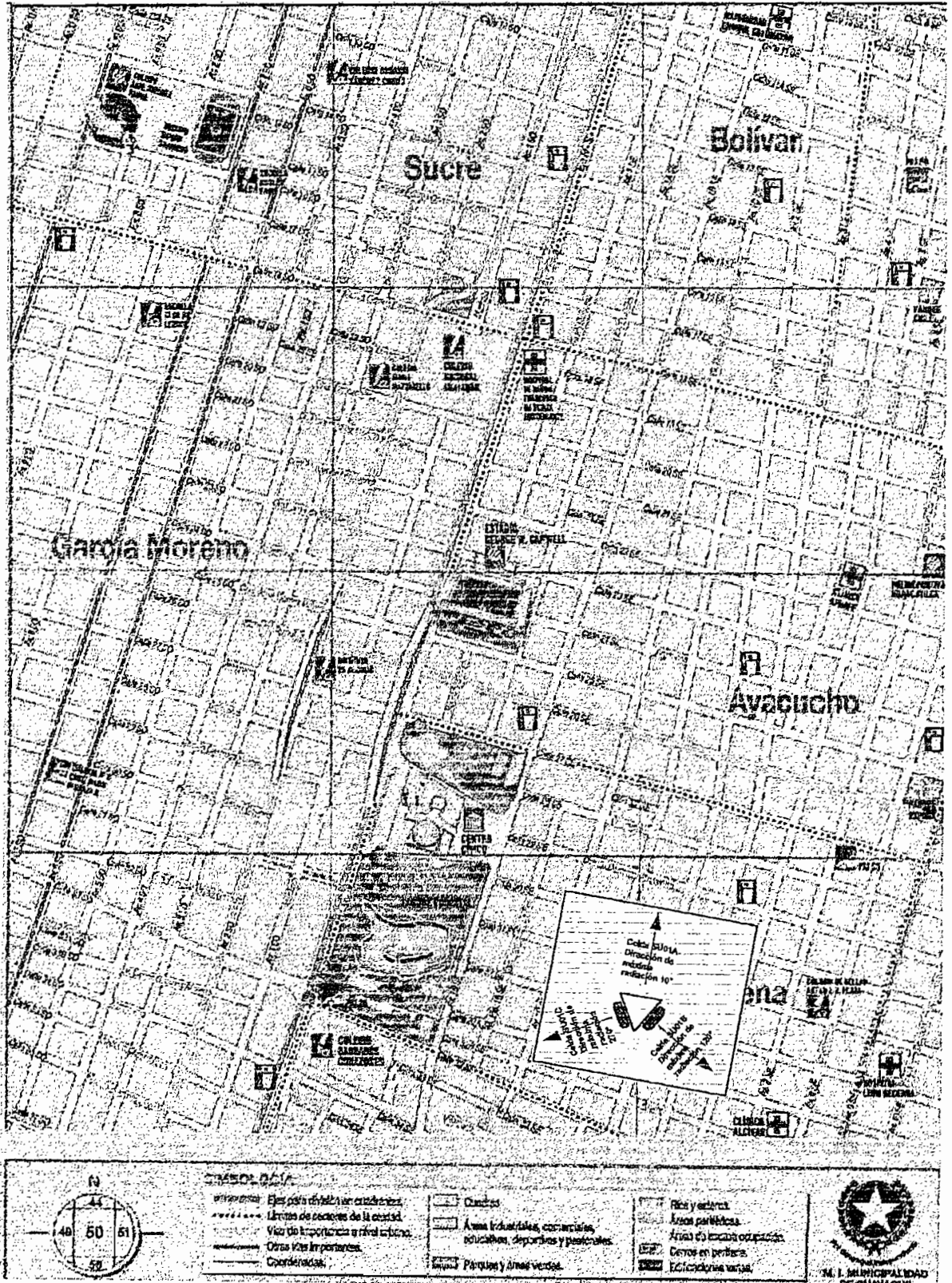
ANEXO 15

Vista de la cobertura de la celda NO04C



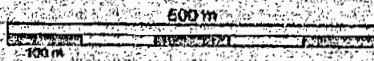
ANEXO 16.1

UBICACIÓN DE LA CELDA SU01

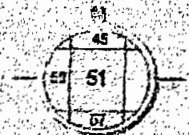


ANEXO 16.2

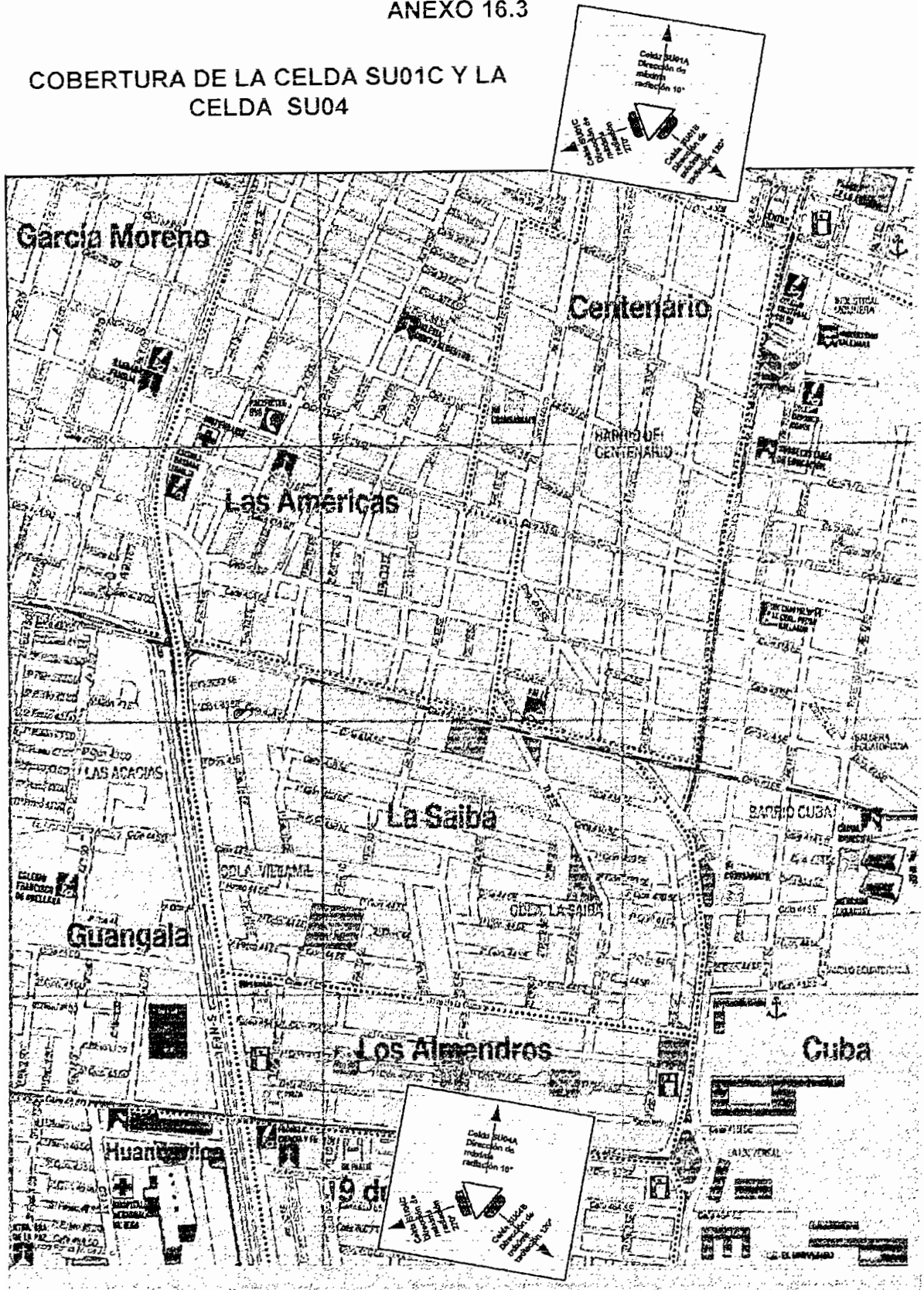
COBERTURA DE LA CELDA SU01A y SU01B



Escala 1 : 7,500



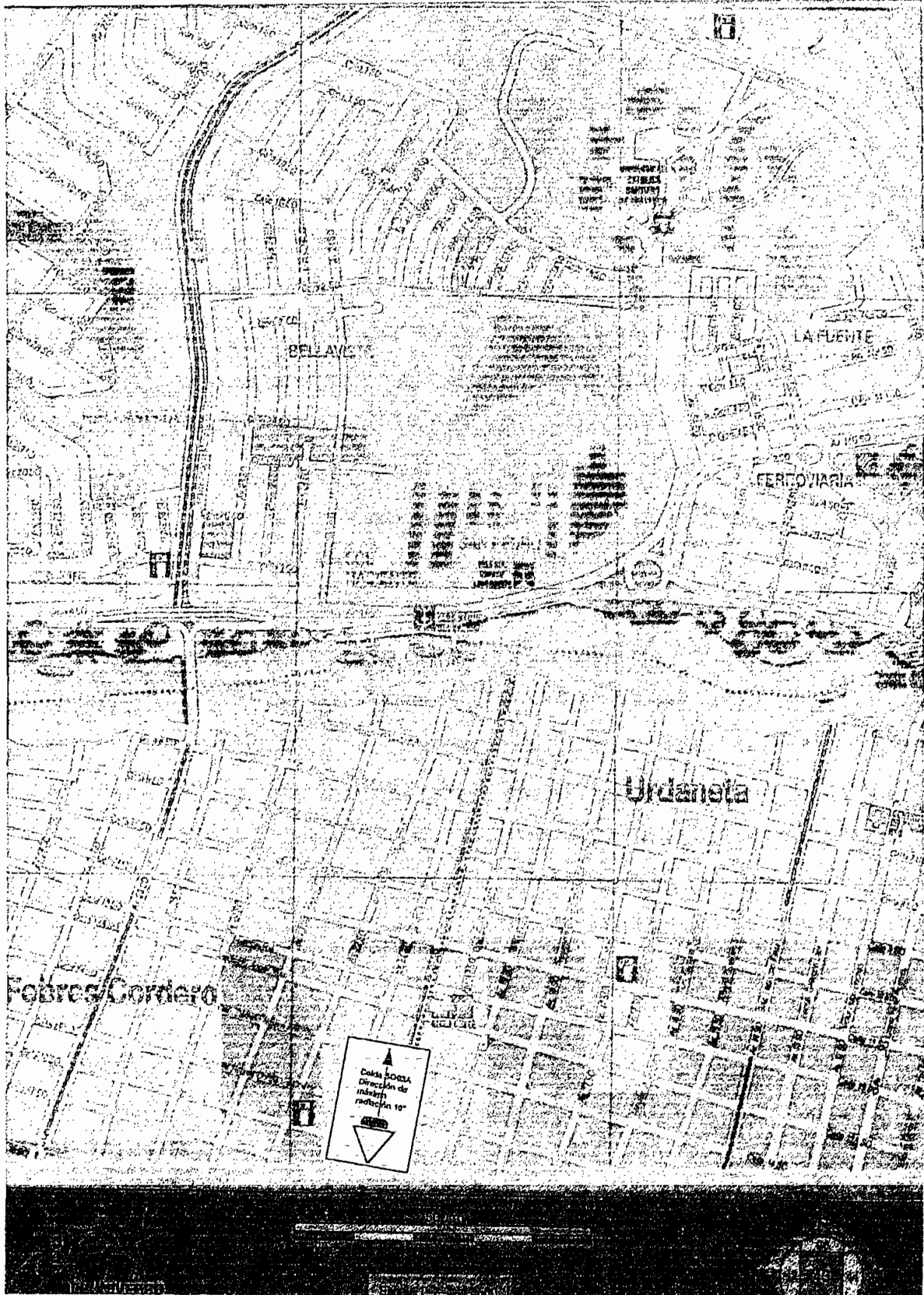
COBERTURA DE LA CELDA SU01C Y LA CELDA SU04



	SIMBOLOGÍA		<p>M. 1. MUNICIPALIDAD DE GUAYAQUIL</p>
	<ul style="list-style-type: none"> Ejes para división en cuadrantes. Límites de sectores de la ciudad. Vías de importancia en el urbano. Otras vías importantes. Coordenadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Cuadros. Áreas industriales, comerciales, educativas, deportivas y recreativas. Parques y áreas verdes. 	

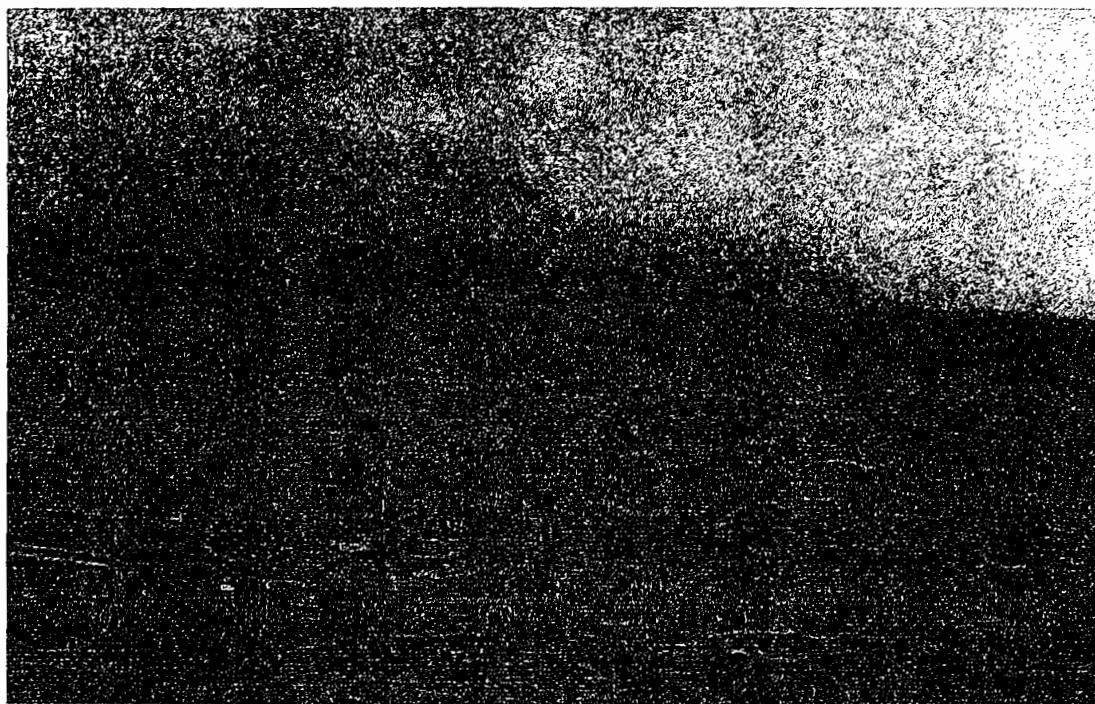
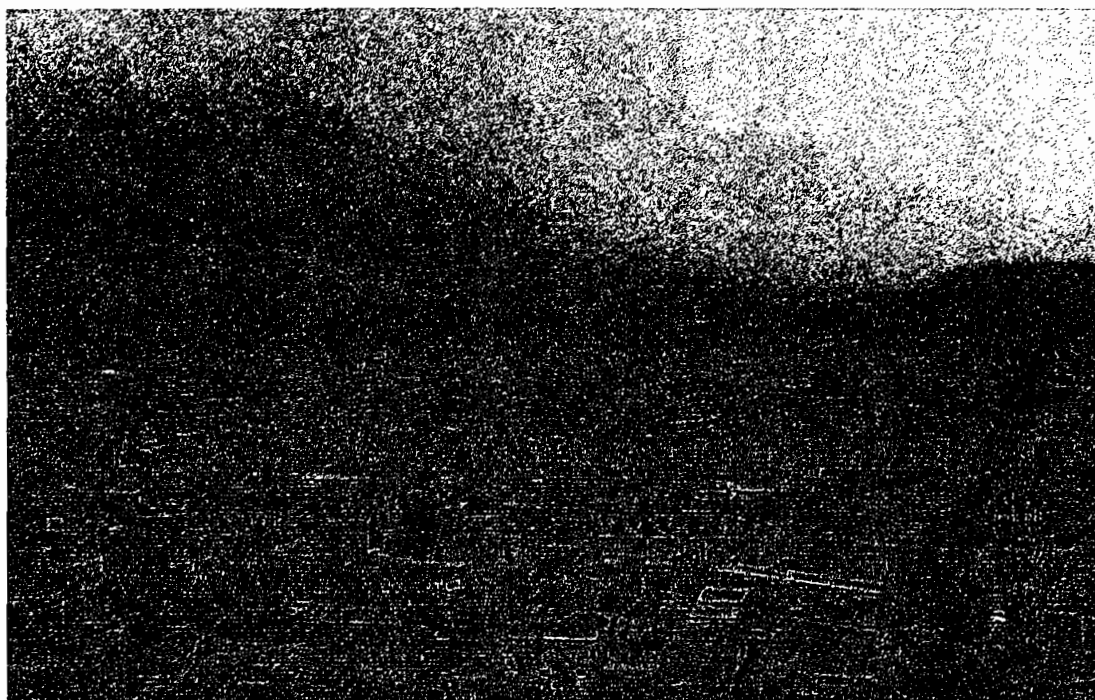
ANEXO 17.1

UBICACIÓN DE LA CELDA S003A



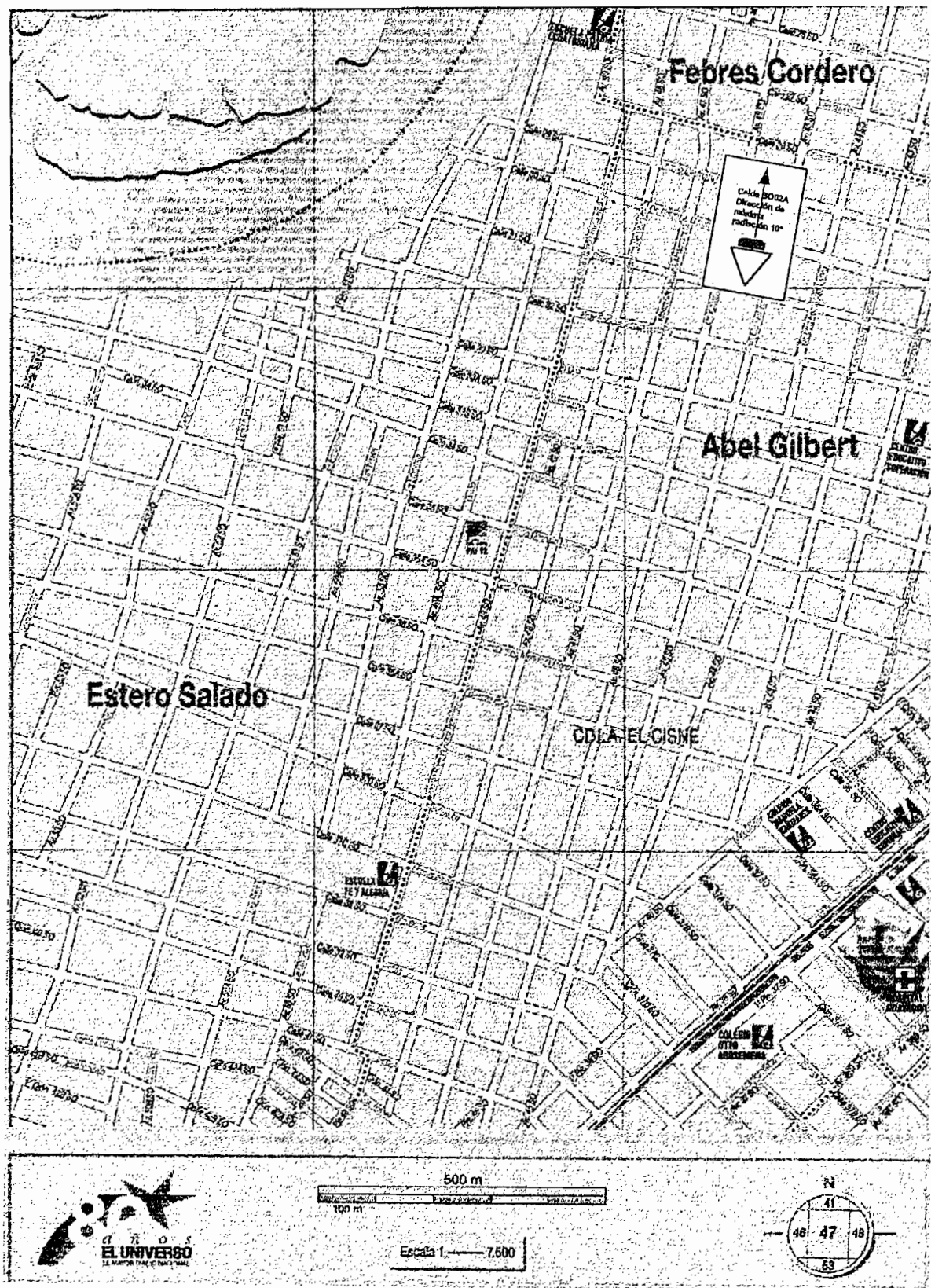
ANEXO 17.2

Vista de la cobertura de la Celda SO03A



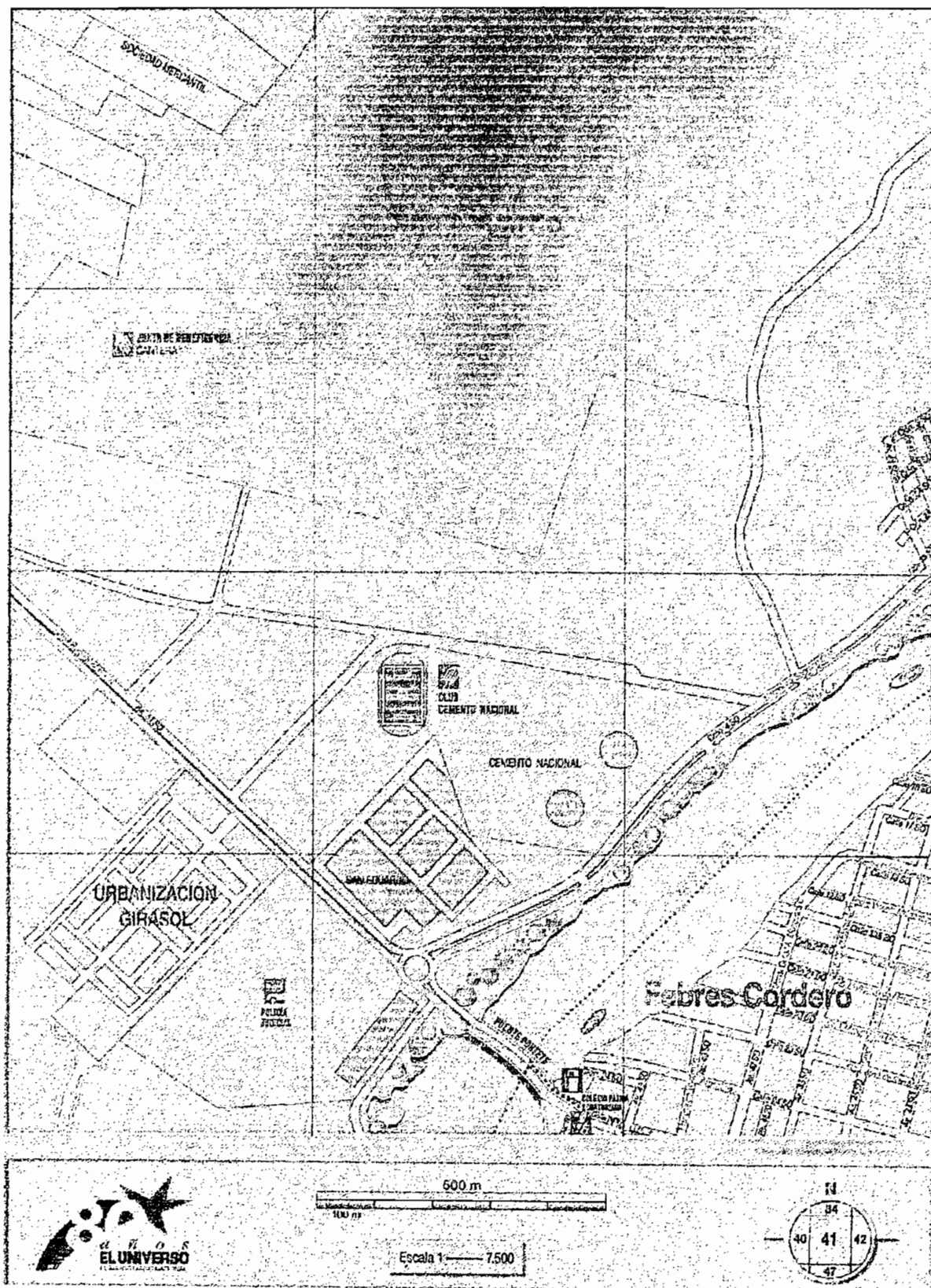
ANEXO 18.1

UBICACIÓN DE LA CELDA S002A



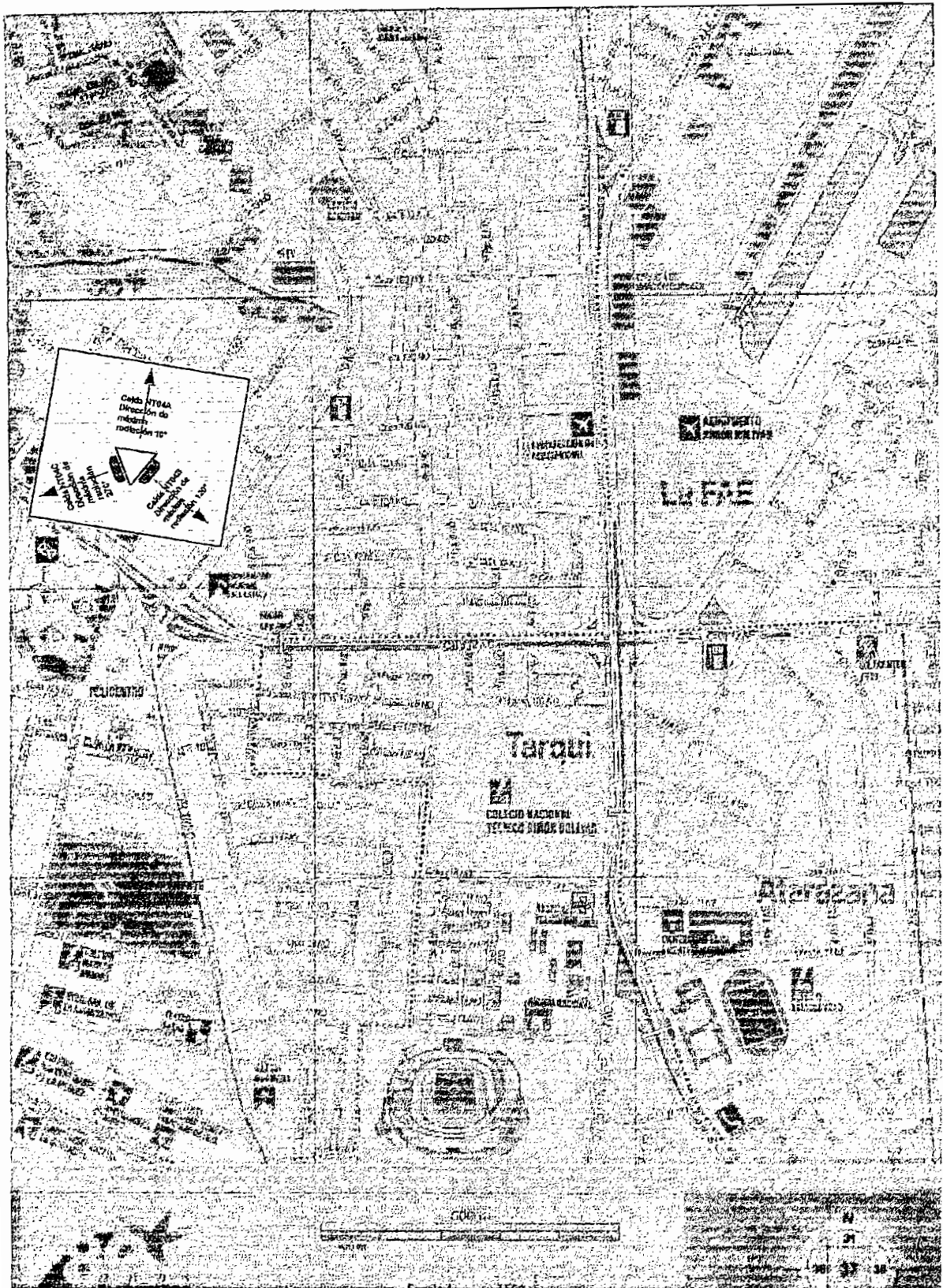
ANEXO 18.2

COBERTURA DE LA CELDA S002A



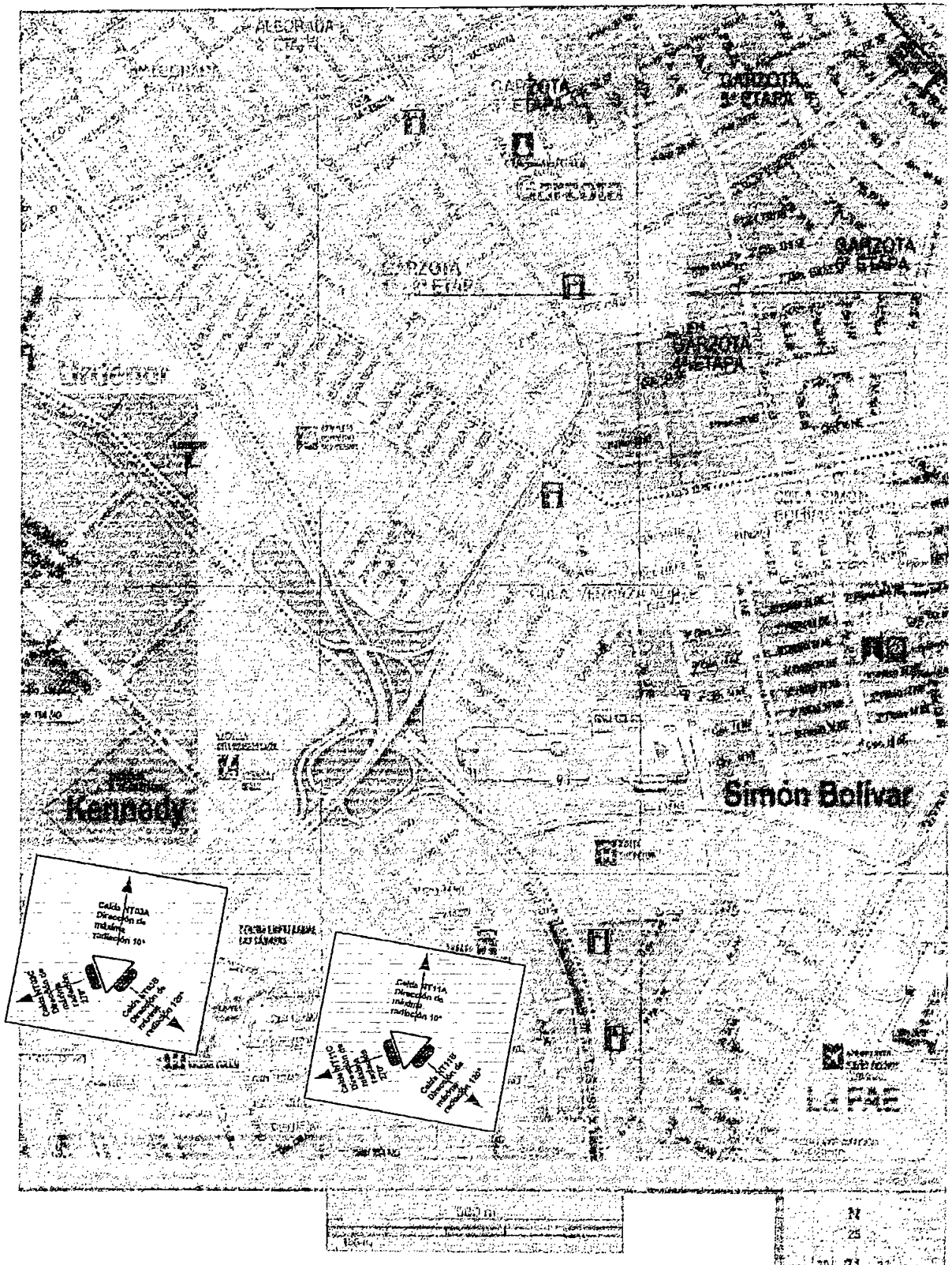
ANEXO 19.1

Ubicación de la celda NT04



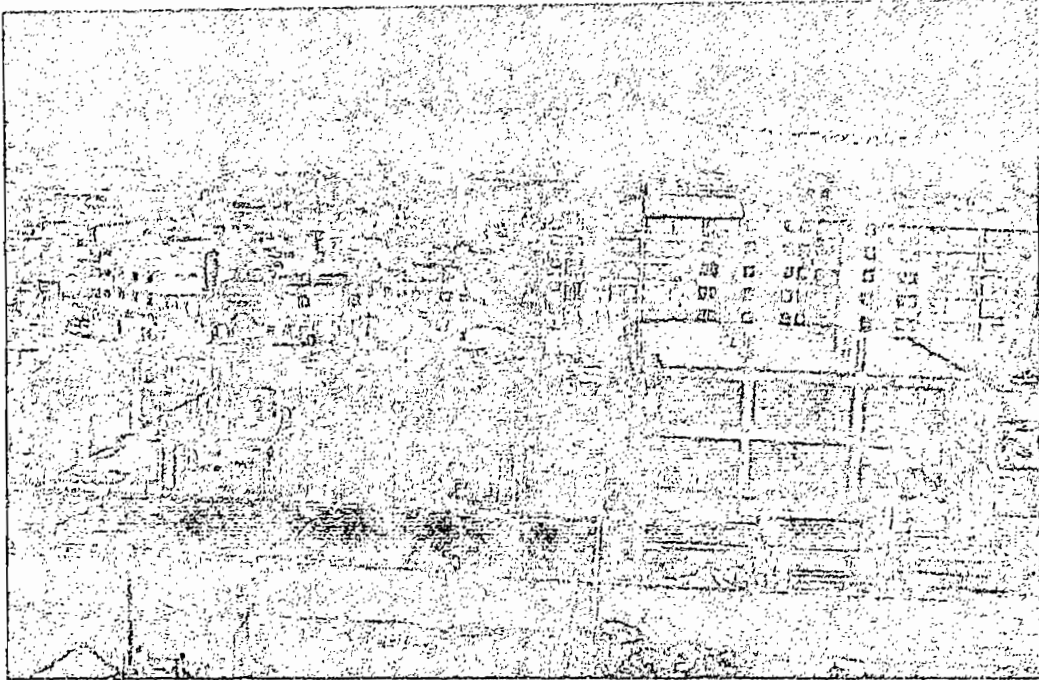
ANEXO 19.2

Ubicación de las Celdas NT03 y NT11

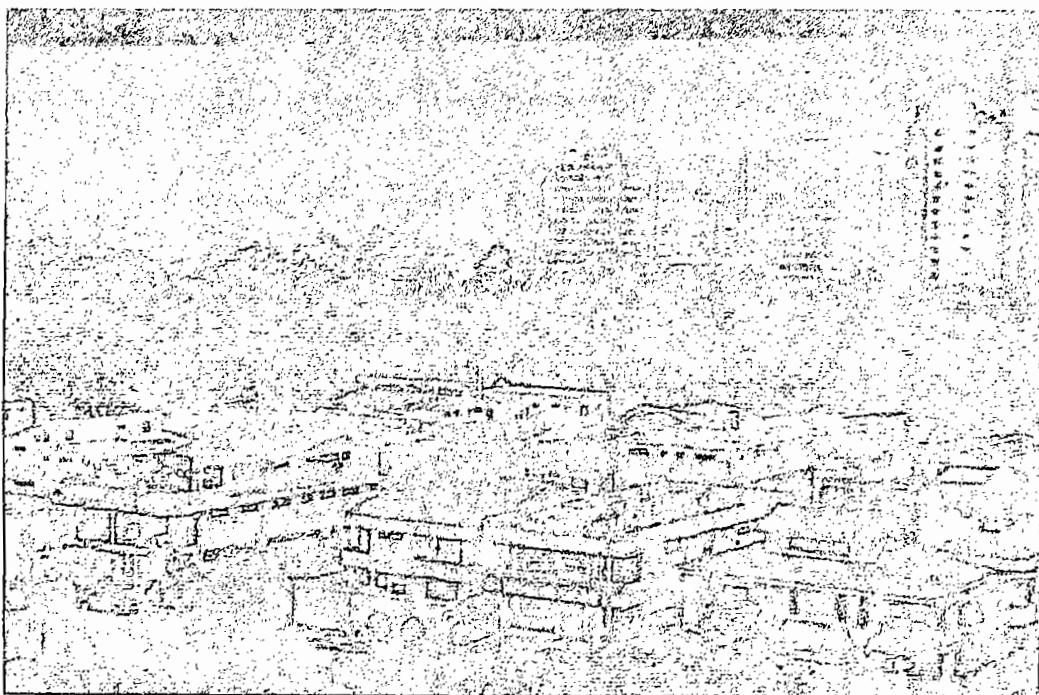


ANEXO 19.3

Vista de la cobertura de la Celda NT04A



Vista de la cobertura de la Celda NT04C y la Av. Fco de Orellana



ANEXO 19.4

Vista de la Avenida Francisco Orellana

