

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

**ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE
TELEFONIA DIGITAL INALAMBRICA FIJA PARA
EL SECTOR CENTRO DE QUITO**

**Tesis previa a la obtención del Título
de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**

CESAR NELSON ABARCA ARAUJO

Quito, junio de 1998

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento más sincero a todas aquellas personas que confiaron en mí y que han contribuido para que este trabajo sea culminado de la mejor manera posible. En especial a la colaboración y experiencia valiosa del Ing. Leonardo Cajas y a la guía certera de mis directores: Ing. Tania Pérez e Ing. Gonzalo Arias.

INDICE

INTRODUCCION

CAPITULO I: SITUACION ACTUAL Y PROYECCIONES

1

- 1.1. Antecedentes 1
 - 1.1.1. Síntesis histórica del crecimiento urbanístico de Quito 1
- 1.2. División Política 2
 - 1.2.1. Distrito Metropolitano de Quito 2
 - Zonas urbanas 2
 - Zonas suburbanas 3
 - 1.2.2. Sector Centro de la ciudad de Quito 3
 - 1.2.2.1. Centro Histórico de Quito 4
 - Barrios 4
 - Areas de protección 4
- 1.3. Estudio del Centro de Quito de acuerdo a zonas censales para delimitar el área a cubrir con el servicio inalámbrico 5
- 1.4. Servicio telefónico y eléctrico de la zona de estudio de acuerdo al V Censo de población y IV de vivienda de 1990 6
- 1.5. Situación actual de la telefonía en Quito 10
 - 1.5.1. Sistema intercentral de fibra óptica 10
- 1.6. Proyectos de Andinatel S.A. para la ciudad de Quito 13
 - 1.6.1. Conmutación 13
 - 1.6.2. Planta externa 14
 - 1.6.2.1. Proyecto de ampliación de la red realizado por Siemens 14
 - 1.6.2.2. Proyecto para ampliar red en Toctiuco y La Loma 15
- 1.7. Estudio de demanda de líneas telefónicas 15
 - 1.7.1. Conceptos relacionados con el estudio de demanda 16
 - 1.7.2. Estudio de EMETEL S.A 18
 - 1.7.2.1. Objetivos globales en Quito 18
 - 1.7.2.2. Resultados a nivel de central 19
 - 1.7.3. Estudio de ALCATEL S.A. 20
 - 1.7.3.1. Previsión de la demanda total 20
 - 1.7.3.2. Previsión de la demanda para zona de cobertura al año 2000 20

CAPITULO II: TECNOLOGIAS Y ESTANDARES DE TRANSMISION INALAMBRICA 26

- 2.1. Introducción 26
 - 2.1.1. Acceso Inalámbrico 26
- 2.2. Los servicios móviles 26
 - 2.2.1. Sistemas Móviles Celulares 27
 - 2.2.1.1. Sistemas celulares de Primera Generación o Analógicos 27
 - 2.2.1.2. Sistemas celulares de Segunda Generación o Digitales 29
 - 2.2.1.2.1. Global System for Mobile Communications (GSM) y Digital Cellular System (DCS 1800) 29
 - 2.2.1.2.2. Sistema Celular Digital Norteamericano Interim Standard 54 (IS-54) (TDMA) 34
 - 2.2.1.2.3. Radio Celular Digital Japonés JDC 36
 - 2.2.1.2.4. Resumen de características en los Estándares Celulares Digitales de Segunda Generación 37
 - 2.2.1.2.5. Sistema Celular Digital Norteamericano Interim Standard 95 (IS-95) (CDMA) 37
 - 2.2.1.2.6. Diferencias entre GSM, DCS 1800, IS-54, IS-95 y JDC 38
 - 2.2.2. Sistemas para Grupos Cerrados 39
 - 2.2.2.1. Sistemas de frecuencia común/llamada selectiva 40
 - 2.2.2.2. Sistemas Troncales Analógicos 40
 - 2.2.2.3. Sistemas Troncales Digitales 41
 - 2.2.3. Sistemas de Radiomensajería 41
 - 2.2.4. Sistemas para transmisión de datos 43
 - 2.2.4.1. Alternativas tecnológicas para la prestación de servicios móviles de datos 43
 - 2.2.5. Sistemas por satélite 45
 - 2.2.5.1. Sistemas satelitales móviles de órbita terrestre baja y mediana (LEO), (MEO). 45
 - 2.2.5.2. Sistema IRIDIUM 46
- 2.3. Sistemas para bucle de abonado 48
 - 2.3.1. Concepto y ámbito de aplicación 48
 - 2.3.2. Desventajas y beneficios de la solución Radio Local Loop (RL) 49

2.3.3.	Tecnologías de radio en el bucle de abonado	51
2.3.3.1.	Sistemas RLL punto a multipunto	53
2.3.3.2.	Sistemas RLL celulares para densidades medianas de abonados	55
2.3.3.3.	Acceso de radio fijo, FRA (propietario o celular)	56
2.3.3.4.	Sistemas monocanales y por satélite	57
2.4.	Telefonía Inalámbrica	59
2.4.1.	Evolución de aplicaciones	60
2.4.1.1.	Servicio Privado: Residencial	60
2.4.1.2.	Servicio Privado: PBX Inalámbricas	60
2.4.1.3.	Servicio Público: Acceso Telepunto	61
2.4.1.4.	Servicio Público Avanzado: Llamada entrante	61
2.4.2.	Evolución de Tecnologías y Estándares	63
2.4.2.1.	Primera Generación: Telefonía Inalámbrica Analógica	63
2.4.2.1.1.	North American Cordless Telephone (CT)	63
2.4.2.1.2.	Cordless Telephone 0 (CT0)	64
2.4.2.1.3.	Cordless Telephone 1 (CT1)	64
2.4.2.1.4.	Cordless Telephone 1 Plus (CT1+)	65
2.4.2.1.5.	Sistema analógico de telefonía inalámbrica en Japón	65
2.4.2.2.	Segunda Generación : Telefonía Inalámbrica Digital	65
2.4.2.2.1.	Cordless Telephone 2 (CT2)	66
2.4.2.2.2.	Cordless Telephone 2 Plus (CT2+)	67
2.4.2.2.3.	Cordless Telephone 3 (CT3)	68
2.4.2.2.4.	DECT	69
	Configuración de la red y aplicaciones para el estándar DECT	70
	Especificaciones técnicas y descripción funcional del estándar DECT	71
	Descripción del estándar DECT	76
	Normalización y Perfiles de interconexión	77
2.4.2.2.5.	PHS	79
	Aplicaciones de PHS	79
	Configuración de la red	80
	Especificaciones técnicas y descripción funcional	81
	Estado de normalización en PHS	84
2.4.2.2.6.	PACS	85
	Aplicaciones de PACS	86

Configuración de la red	86
Especificaciones técnicas y descripción funcional	88
PACS para la banda sin licencia de PCS	89
2.4.2.2.7. Telefonía Inalámbrica en la banda ISM	90
2.4.2.3. Comparación entre DECT, PHS y PACS	91
2.4.3. Comparación entre la Telefonía Inalámbrica y la Telefonía Celular	92
2.4.4. Tendencias de la Telefonía Inalámbrica en el bucle de abonado	92
2.5. Aplicaciones de negocios	92
2.5.1. Centralitas sin hilos	93
2.5.2. Redes de Area Local sin hilos (WLANs)	93
2.6. Comunicaciones Personales : PCS y PCN	94
2.6.1. Tecnologías utilizadas por PCS	95
2.6.2. Bandas de frecuencia asignadas	95
2.6.3. Diferencias entre PCS, telefonía móvil y fija	96
2.6.4. Estándares que pueden utilizarse en los sistemas móviles de PCS	97
2.7. El futuro de las comunicaciones inalámbricas	97

CAPITULO III: DISEÑO DEL SISTEMA

101

3.1. Introducción	101
3.2. Descripción del proyecto	103
3.3. Central Telefónica	104
3.3.1. Capacidad instalada y utilizada en centrales de interés	104
Villa Flora	104
Quito Centro	105
Mariscal Sucre	105
3.4. Soluciones fijas para el Bucle de Abonado disponibles en el mercado	106
3.4.1. Descripción funcional de equipos de fabricantes	107
3.4.1.1. DRA 1900	107
3.4.1.2. DCTS	108
3.4.1.3. A9500	110
3.4.2. Comparación de características técnicas	113
3.4.3. Análisis de los sistemas planteados	113
3.5. Descripción teórica de la red de acceso y distribución .- Arquitectura de celdas	118
3.5.1. Arquitectura Centralizada (Punto a Punto)	118
3.5.2. Arquitectura Distribuida (Punto a Multipunto)	119

3.6. Estudio de tráfico	121
3.6.1. Cálculo del tráfico ofrecido	122
3.7. Zona geográfica a cubrir y tráfico generado	124
3.8. Elección de los sitios para las estaciones bases y estaciones terminales	124
3.9. Descripción de la red: Sistemas planteados	125
3.10. Red de acceso	127
3.10.1. Transporte desde Villa Flora	127
3.10.2. Transporte desde Quito Centro	129
3.11. Localización de las unidades del equipo para cada sistema	129
3.11.1. Sistema 1: Quito Centro 1	129
3.11.2. Sistema 2: Quito Centro 2	129
3.11.3. Sistema 3: San Juan	129
3.11.4. Sistema 4: El Placer	130
3.11.5. Sistema 5: La Tola	130
3.11.6. Sistema 6: IGM	130
3.12. Descripción teórica de enlaces Punto – Punto y Punto - Multipunto	130
3.12.1. Interfaz Aéreo para Punto - Multipunto mediante TDM -TDMA	130
3.12.1.1. Intervalos de tiempo y canales	131
3.12.2. Zonas de Fresnel	134
3.12.3. Coeficiente de corrección del radio terrestre: radio ficticio de la tierra	135
3.12.4. Despejamiento y Margen de seguridad	139
3.12.5. Análisis y balance de enlaces	139
3.12.5.1. Atenuación del espacio libre	140
3.12.5.2. Pérdidas de derivación(branching)	140
3.12.5.3. Pérdidas en los alimentadores (feeders)	141
3.12.5.4. Otras atenuaciones	141
3.12.6. Desvanecimiento por caminos múltiples atmosféricos	141
3.12.7. Desvanecimiento Selectivo	144
3.12.8. Suma de los efectos de Ruido Térmico y Distorsión	144
3.12.9. Disponibilidad de un radiocnlace	145
3.12.10. Requisitos de calidad fijados por el UIT-R	145
3.12.10.1. Zona de grado local	145
3.12.10.2. Zona de grado medio	146
3.12.10.3. Zona de grado alto	146

3.13.	Balance y criterios de cálculo para los enlaces Punto – Multipunto	147
3.14.	Plan de frecuencias para los sistemas Punto – Multipunto	148
3.15.	Diagramas de localización de las estaciones y plan de frecuencias de los enlaces de los sistemas Punto - Multipunto	149
3.16.	Estudio de cobertura	154
3.16.1.	Métodos de predicción de cobertura	158
3.16.2.	Modelos matemáticos de propagación utilizados por el programa PATHLOSS para el cálculo de la cobertura	162
3.16.2.1.	Algoritmo de difracción	162
3.16.2.2.	Pérdidas de difracción en obstáculos aislados	162
3.16.2.3.	Pérdidas de difracción en múltiples obstáculos filo de cuchillo	164
3.16.2.3.1.	Método de Epstein – Peterson	164
3.16.2.3.2.	Método de Deygout	165
3.16.2.4.	Pérdidas de difracción en árboles y edificios	166
3.16.2.4.1.	Perdidas en árboles	166
3.16.2.4.2.	Pérdidas en edificios	166
3.16.3.	Método general para el cálculo de la cobertura	167
3.16.4.	Criterios para el cálculo DECT	167
3.16.5.	Presentación de resultados obtenidos del estudio de cobertura	170
3.16.6.	Cálculo de la inclinación mecánica de las antenas (Downtilt)	170
3.16.7.	Cobertura final esperada	172
3.16.8.	Plan de Frecuencias DECT	172
3.17.	Sistema de Operación y Mantenimiento	173
3.18.	Resumen de antenas y torres	175
3.19.	Alimentación Eléctrica	178

CAPITULO IV: EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO

179

4.1.	Comparación entre la solución cableada y la solución por radio	179
4.2.	Costos de inversión	182
4.3.	Análisis Financiero	184
4.3.1.	Variables económicas	184
4.3.1.1.	Inversión	184
4.3.1.2.	Vida útil de un proyecto	184

4.3.1.3.	Depreciación y amortización	185
4.3.1.4.	Tasa Interna de Retorno (TIR)	185
4.3.1.5.	Valor Actual Neto (VAN)	185
4.3.2.	Rentabilidad del proyecto: Cálculo de la TIR y VAN	186
4.4.	Modalidades de ejecución del proyecto	191

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 193

5.1.	Conclusiones	193
5.2.	Recomendaciones	195

BIBLIOGRAFIA 197

ANEXOS

1. Mapas del Sector Centro de Quito y parámetros de población varios.
2. Tabla de Erlang B
3. Diagramas de transmisión y sectorización de celdas
4. Balance de enlaces punto - multipunto
5. Predicción de cobertura en radiales individuales utilizando Pathloss
6. Predicción de cobertura con varios niveles de recepción en una celda específica utilizando Pathloss y diagrama final de cobertura para el Sector Centro de Quito considerando el downtilt.
7. Cálculo de la inclinación mecánica de las antenas (downtilt)
8. Recomendación UIT- R 746-1 para la banda de 1,5 GHz
9. Antenas utilizadas para los enlaces punto-multipunto y enlaces DECT
10. Especificaciones técnicas del equipo empleado (A9500).- Características de las radio estaciones y de la unidad de abonado (WNT- SH).
11. Glosario de términos y abreviaturas.

INTRODUCCION

En la actualidad los operadores de telecomunicaciones se enfrentan a nuevos retos con el fin de suministrar el mejor servicio al costo más bajo en el tiempo más breve. Es así que la sección de la red que parte de la central telefónica local hasta la oficina u hogar del abonado, denominado *el bucle del abonado*, es donde los operadores han invertido los más diversos recursos para conectar a sus usuarios.

Durante muchas décadas el cable de cobre ha sido muy útil para la conexión de los abonados a la central local, y hoy continua siéndolo, pero presenta desventajas evidentes, como son: necesidad de realizar obras civiles de gran envergadura y costos, cableado sujeto a averías y daños que son difíciles de identificar y localizar con precisión, la red debe estar casi concluida en su totalidad para que los abonados puedan ser conectados a ella y empiecen a generar ingresos, etc., etc.

Frente a éste dilema surgen las soluciones “Radio en el Bucle de Abonado” (RLL), en las cuales el tráfico no se soporta por medio de cables sino a través de un sistema de enlace de radiofrecuencia que soluciona efectivamente las dificultades presentadas anteriormente.

Quito, ciudad dueña de una zona histórica de importancia relevante, que en los últimos años, debido a los múltiples problemas que ha generado implementar planta externa en determinados sectores de la ciudad, sobre todo en el centro de Quito, ha sufrido un gran deterioro sus calles y aceras, hechos que han merecido tomarse en cuenta en este trabajo al proponer soluciones alternativas al tradicional cable de cobre mediante la solución de enlace por radio.

Además, se ha visto que existe una gran demanda insatisfecha de líneas telefónicas por falta de infraestructura en planta externa. Es así que la telefonía inalámbrica nos brindará una solución fiable, de bajo costo, rápida y sobre todo con una gran funcionalidad ya que incluye todas las facilidades que puede suministrar la central a través del cable de cobre añadiendo una gama de servicios adicionales que se puede lograr gracias a la tecnología digital.

El presente trabajo se desarrolla en 5 capítulos claramente definidos:

El *primer capítulo* trata de analizar la situación telefónica actual de la ciudad de Quito y sobre todo del Centro de Quito, se realiza una descripción de la división política y la diferenciación de zonas Sector Centro con el Centro Histórico propiamente dicho para determinar el alcance del sistema a dimensionar, también se lista la capacidad de centrales, transmisiones y planta externa actuales y se mencionan los planes futuros de ANDINATEL S.A para esta zona. Se culmina con un estudio de demanda el mismo que servirá para dimensionar el sistema, dicho estudio se lo realiza por zonas censales aledañas a las centrales de interés.

En el *segundo capítulo* se hace una revisión general de los sistemas inalámbricos tanto fijos como móviles actuales y sus tendencias de desarrollo ; dentro de este contexto se estudian varias alternativas disponibles para el lazo local de abonado y entre ellas la Telefonía Inalámbrica con todas sus normas y estándares vigentes, comparando las ventajas y desventajas con los sistemas móviles celulares y Servicio Personal de Comunicaciones(PCS).

En el *tercer capítulo* se procede a diseñar el sistema de acuerdo al análisis de demanda establecido en el primer capítulo y selección de equipo existente en el mercado que cumpla con el estándar escogido; se realiza estudios de tráfico, propagación y cobertura acompañados del correspondiente respaldo teórico que amerite cada caso y se diseña tanto la red de acceso (mediante enlaces punto – multipunto o cualquiera que cumpla la norma G703) hasta las radiobases así como el enlace inalámbrico hasta el abonado.

El *cuarto capítulo* tiene por objeto realizar un análisis de costos del proyecto comparando la solución inalámbrica con la solución cableada. Se realiza una evaluación financiera para prever la factibilidad del proyecto, que incluye la determinación de los ingresos esperados mediante la aplicación de un plan tarifario, se termina con comentarios sobre modalidades de ejecución del proyecto.

Finalmente, en el *quinto capítulo* se vierten las conclusiones finales, así como recomendaciones en torno al trabajo realizado.

Dadas las múltiples siglas y términos técnicos utilizados en este trabajo se incluye al final un glosario de términos y abreviaturas como anexo N° 11.

CAPITULO I

SITUACION ACTUAL Y PROYECCIONES

1.1 ANTECEDENTES.

1.1.1 Síntesis histórica del crecimiento urbanístico de Quito.

Quito, Capital del Ecuador y Patrimonio Cultural de la Humanidad, fundada un 6 de Diciembre de 1534 por Sebastián de Benalcázar con el nombre de San Francisco de Quito, ha sufrido varios cambios a lo largo de la historia.

A comienzos del siglo XVII, ya estaban de pie por lo menos 20 de esas monumentales iglesias, conventos y colegios mayores y los primeros barrios habían nacido al abrigo de la Iglesia Católica Romana dando una fisonomía a Quito netamente clerical.

A mediados del siglo XVIII se terminaba la decoración de una de las iglesias más hermosas de América, La Compañía de Jesús, el extremo sur de la ciudad estaba en el Arco de la Reina, que conectaba con el Colegio Mayor de los Jesuitas localizado al pie del Panecillo y hacia el norte la ciudad se terminaba en el portón de la Alameda. Hacia el Oriente había también otro acceso que estaba formado por lo que ahora llamamos el Arco de Santo Domingo.

Con la Independencia se produjeron enormes cambios en la ciudad, Quito pasó a ser la Capital del nuevo Estado independiente y se constituyó en el asiento del Gobierno Nacional. La ciudad cambió de estructura paulatinamente y hacia mediados del siglo XIX experimentó una fiebre constructora de edificios públicos y privados, siguiendo los diferentes estilos arquitectónicos de la época, sin embargo Quito mantenía su configuración colonial.

Con la llegada del siglo XX se rompe el enclaustramiento de la ciudad antigua y los barrios comienzan a extenderse en el sentido norte y sur, esto ocurrió con la llegada del ferrocarril en 1909, que permitió el transporte de materiales de construcción y otras mercaderías pesadas, como las maquinarias de las primeras industrias que darían un aire de ciudad moderna a la capital.

Hacia el año de 1945, Quito había crecido, por el sur, hasta Chimbacalle, en donde se hallaba la estación del tren y, por el norte, hasta el Ejido. Todavía vivían en el centro antiguo las más prestigiosas familias hasta que se creó el barrio Mariscal Sucre, la primera zona residencial a donde se trasladó la gente adinerada del centro, las representaciones diplomáticas e inmigrantes adinerados.

A esa fecha Quito estaba todavía rodeado de haciendas y Quintas, como la Carolina, Miraflores, Rumipamba, Chiriacu, etc., nombres que ahora pertenecen a los barrios centrales de la ciudad.

De esta manera, Quito entró en la época moderna que se inicia justamente después de la Segunda Guerra Mundial en que comienza su gran transformación urbanística, del Quito Colonial al Quito Moderno.

Es así que en la actualidad la ciudad de Quito se halla totalmente extendida a los 4 puntos cardinales demostrando su majestuosidad y grandeza definida por dos sectores claramente diferenciados: El Quito Moderno y el Quito Antiguo o Colonial. ¹

1.2 DIVISION POLITICA

1.2.1 Distrito Metropolitano de Quito

De acuerdo a la Ley 46 sobre el Distrito Metropolitano de Quito, publicada en el Registro Oficial No. 345 de diciembre de 1993, el Distrito Metropolitano de Quito comprende las siguientes zonas urbanas y suburbanas:

Zonas Urbanas

1. Turubamba
2. Urinsaya
3. Yavirac
4. Anansaya

Zonas Suburbanas

1. Pululahua
2. Carapungo
3. Rumihuaico
4. Oyambaro
5. Los Chillos
6. Ungui
7. Noroccidental
8. Norcentral

Cada una de las zonas mencionadas anteriormente está conformada por un determinado número de parroquias. El detalle así como el mapa de ubicación de dichas parroquias se encuentra en el Anexo 1, figura 1.

Actualmente se han dado varias subdivisiones de acuerdo a necesidades de gestión sin que aquellas estén publicadas oficialmente como la división publicada en este apartado. Sin embargo aquello no influye mayormente en el presente estudio ya que el sector de interés está plenamente definido como lo confirma el siguiente numeral.

1.2.2 Sector Centro de la Ciudad de Quito.

El Sistema Urbano de Información Metropolitano (SUIM) , Departamento de la Dirección General de Planificación del Distrito Metropolitano de Quito ha determinado la *zona Yavirac Centro de Quito*, cuyo diagrama se muestra en el Anexo 1, figura 2. De acuerdo a este diagrama al norte se tiene Miraflores, Santa Clara de San Milán B, el área de protección del parque El Ejido, Guápulo como barrios limítrofes más extremos de esta zona; al sur se extiende hasta Santa Ana B, El Sena, San Sebastián y La Recoleta; al este se extiende hasta las faldas del Atacazo, junto con La Libertad, La Cantera, Toctiuco Alto, mientras que al oeste se encuentra el área de protección del Río Machángara, La Vicentina, San Pablo.

¹Guía Informativa de Quito 1997.

1.2.2.1 Centro Histórico de Quito.

El Centro Histórico constituye un área menor a la de la zona Centro de Quito y está constituido por los siguientes barrios y áreas de protección: (un esquema gráfico de esta zona y su delimitación dentro de la Zona Centro se encuentra también en el Anexo 1, figura 2).

Barrios :

- La Ermita
- Aguarico
- San Diego
- La Victoria
- San Roque Alto
- El Tejar
- San Roque
- La Merced
- La Chilena
- La Recoleta
- El Cumandá
- San Sebastián
- González Suárez
- Huanacauri
- La Marín
- San Marcos
- La Loma
- La Tola
- San Blas
- La Alameda

Áreas de protección:

- El Panecillo
- El Censo - Río Machángara
- El Itchimbía
- Parque La Alameda

1.3 ESTUDIO DEL CENTRO DE QUITO DE ACUERDO A ZONAS CENSALES PARA DELIMITAR EL AREA A CUBRIR CON EL SERVICIO INALAMBRICO

Con el fin de tener una mejor visión en un ambiente de alta densidad como es la ciudad de Quito, se realizará el estudio del sistema, de acuerdo a zonas censales ya que ello contribuirá al correspondiente estudio de demanda a través de los datos proporcionados por el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC).

De acuerdo al diagrama de zonas censales de Quito (Anexo 1, figura 3) y comparándolo con el diagrama de la Zona Yavirac Centro de Quito, se realiza una interpolación mediante la cual determinamos las zonas censales que contengan a todos los barrios y áreas de protección de la zona Centro de Quito.

Se determina entonces que las zonas censales a considerarse son las que listan en la tabla 1.1:

N°.	Zona Censal	Barrios o Areas de Protección
72		Guápulo
88		San Pablo, Santa Lucía, Floresta
89		Nueva Tola, Río Machángara, La Vicentina, Santa Lucía, San Pablo
90		Vicentina
92		El Dorado
93		Guangacalle, La Alameda, Parque La Alameda, El Belén, El Ejido, Casa de la Cultura.
94		Larrea
95		América
96		San Juan
97		América
98		Miraflores, Miraflores Alto, La Independencia
99		San Juan
100		Toctiucó
101		Miraflores Alto, Toctiucó Alto
102		Toctiucó, El Placer
103		Toctiucó Alto, El Placer Alto
104		Atacazo, Libertad Alto, San Roque Alto
105		La Ermita, La Libertad

N° Zona Censal	Barrios o Areas de Protección
106	San Roque, El Tejar, La Chilena
107	San Roque, La Merced
108	La Chilena, La Merced, Huanacauri, San Juan
109	González Suárez
110	González Suárez
111	González Suárez
112	La Marín
113	San Blas, La Tola
114	El Itchimbía, Guangacalle
120	El Censo, Río Machángara, La Tola, La Tola Baja
121	La Loma, San Marcos
122	La Recoleta, La Loma
123	El Cumandá
124	El Panecillo(Area de Protección)
125	San Diego, La Victoria
128	Cima de La Libertad
134	Santa Ana B
135	Los Dos Puentes, parte este del Panecillo
136	El Sena, San Sebastián

Tabla 1.1. Zonas Censales y Barrios del Sector Centro de Quito

En la tabla 1.1 se puede notar que dentro de una determinada zona censal puede ir incluido más de un barrio o área de protección, así como también secciones de barrios aledaños.

1.4 SERVICIO TELEFONICO Y ELECTRICO DE LA ZONA DE ESTUDIO DE ACUERDO AL V CENSO DE POBLACION Y IV DE VIVIENDA DE 1990.

En el análisis anterior se ha determinado las zonas censales que incluyen los barrios de interés para este estudio. Con dicha referencia y para tener una idea de las variables telefónica y eléctrica en Quito se listan los datos proporcionados por el INEC correspondientes al V Censo de población y IV de vivienda realizados en 1990, los mismos que se muestran en las tablas 1.2 y 1.3 y se complementan gráficamente con las distribuciones porcentuales presentadas en las figuras 1.1 y 1.2 para la Zona Centro de Quito.

N°. Zona Censal	Total Viviendas	Servicio Telefónico	
		SI Dispone	NO dispone
72	1114	517	597
88	1026	297	729
89	1494	499	995
90	1213	630	583
92	1223	550	673
93	1234	645	589
94	1244	655	589
95	1330	614	716
96	1305	529	776
97	897	510	387
98	1165	710	455
99	1535	4572	963
100	1709	437	1272
101	1505	297	1208
102	1606	342	1264
103	1221	118	1103
104	1478	115	1363
105	1361	312	1049
106	1518	528	990
107	1408	491	917
108	1449	510	939
109	1331	623	708
110	1287	539	748
111	885	319	566
112	1083	410	673
113	1512	502	1010
114	1836	680	1156
120	1669	692	977
121	1802	684	1118
122	1140	415	725
123	1407	369	1038
124	913	109	804
125	1867	515	1352
128	1218	101	1117
134	1081	565	516
135	1074	288	786
136	1165	356	809
Total	49305	17045	32260

Tabla 1.2. Disponibilidad de servicio telefónico en el Sector Centro de Quito

N°. Zona Censal	Total Viviendas	Servicio Eléctrico	
		SI Dispone	NO dispone
72	1114	1092	22
88	1026	1011	15
89	1494	1464	30
90	1213	1209	4
92	1223	1212	11
93	1234	1221	13
94	1244	1240	4
95	1330	1311	19
96	1305	1301	4
97	897	897	0
98	1165	1157	8
99	1535	1523	12
100	1709	1673	36
101	1505	1470	35
102	1606	1586	20
103	1221	1171	50
104	1478	1409	69
105	1361	1340	21
106	1518	1501	17
107	1408	1380	28
108	1449	1404	45
109	1331	1326	5
110	1287	1271	16
111	885	878	7
112	1083	1081	2
113	1512	1497	15
114	1836	1820	16
120	1669	1656	13
121	1802	1775	27
122	1140	1132	8
123	1407	1353	54
124	913	873	40
125	1867	1823	44
128	1218	1148	70
134	1081	1078	3
135	1074	1057	17
136	1165	1137	28
Total	49305	48477	828

Tabla 1.3. Disponibilidad de servicio eléctrico en el Sector Centro de Quito

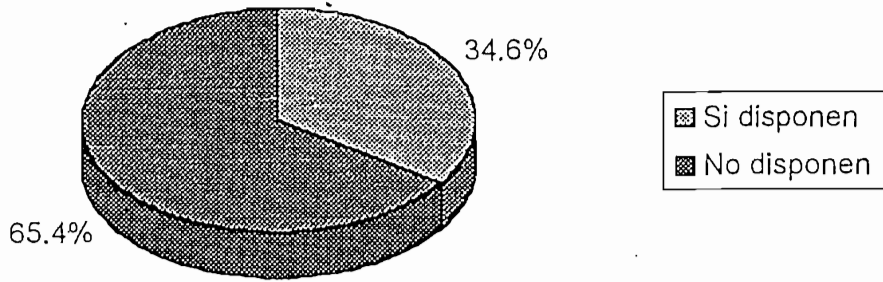


Figura 1.1. Disponibilidad de servicio telefónico en viviendas en el Sector Centro de Quito

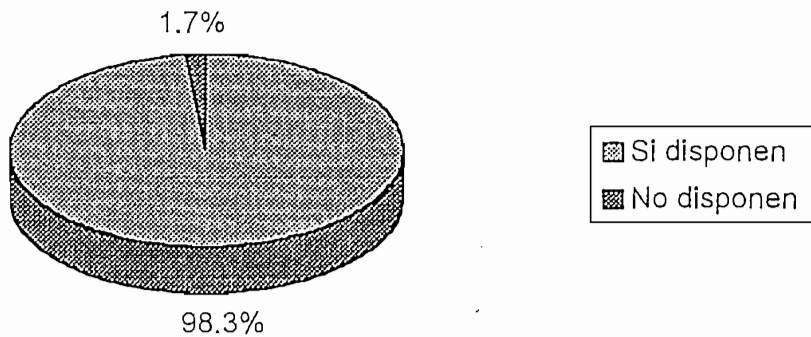


Figura 1.2. Disponibilidad de servicio eléctrico en viviendas en el Sector Centro de Quito

Si se comparan los servicios anteriores es muy clara la diferencia en cuanto a la satisfacción de servicios, pues, el servicio eléctrico en la zona centro de Quito al año 90 casi estaba cubierto en su totalidad, no así el servicio telefónico ya que se tenía un porcentaje mayor a la mitad (65,4%) de viviendas que no disponían de este servicio.

1.5 SITUACION ACTUAL DE LA TELEFONIA EN QUITO

De acuerdo con la Gerencia de Planificación de Andinatel S.A, la situación al 1 de abril de 1998 en relación con la capacidad instalada y utilizada se expresa en las tablas 1.4 y 1.5. En la tabla 1.4 se resumen los resultados totales a nivel de edificios donde se encuentran las centrales, mientras en la tabla 1.5 se hace un desglose más detallado de la tabla 1.4 con las centrales individuales que contienen dichos edificios.

CENTRAL	ABONADOS INSTALADOS	CONMUTACION (CAPACIDAD)	PLANTA EXTERNA (Red Primaria)
CALDERON	4424	5120	6700
CARAPUNGO	4835	5120	8850
CARCELEN	12595	14710	17180
COTOCOLLAO	17502	30000	32570
EL CONDADO	4453	8368	9620
EL PINTADO	15757	24468	26150
GUAJALO	13056	15520	17850
GUAMANI	3705	5000	7020
IÑAQUITO	58925	76122	87080
LA LUZ	16613	20000	25700
LLANO CHICO	481	512	600
MARISCAL SUCRE	63425	72232	93010
MONJAS	5331	5512	8350
QUITO CENTRO	25639	29000	45000
VILLA FLORA	25502	34992	43870
<i>TOTAL</i>	<i>272243</i>	<i>346676</i>	<i>429550</i>

Tabla 1.4. Resumen general de capacidad instalada y utilizada en Quito

1.5.1 Sistema intercentral de fibra óptica

La tabla 1.6 representa el informe de la Subgerencia de Conmutación de Andinatel S.A sobre la red intercentral de fibra óptica de la ciudad de Quito.

A excepción de todos los enlaces descritos en la tabla 1.6, el enlace de fibra óptica Quito Centro – San Juan no es intercentral ya que solo es un tramo hasta la estación repetidora de San Juan, desde donde se derivan enlaces de radio de alta capacidad al norte y centro del país.

ANDINATEL S. A.
GERENCIA DE PLANIFICACION

Situación al : 1 de Abril de 1998

UBICACIÓN	TOTAL	ABONADOS		COMUTACION			P. EXTERNA RED PRIM.	CENTRO CONEXIÓN	NÚMEROS LIBRES	SERIE NUMÉRICA
		ABONADOS	SERVICIO	FABRICANT	MODELO	LINEAS				
CALDERON	4424	4401	16	ERICSSON	CONC-AXE	5120	6700	CARAPUNGO	696	820000-825119
CARAPUNGO	4835	4823	10	ERICSSON	AXE	5120	8850	QUITO	285	420000-425119
CARCELEN 1	8435	8280	58	NEC	NEAX-61M	9750	17180	QUITO	1315	470000-479237/480000-480511
CARCELEN 2	4160	4160	0	ALCATEL	CONC-E10B	4960		COT2	800	481000-485959
CARCELEN 2 (Nos. RDSI)		0	0	ALCATEL	CONC-E10B	64		COT2	64	941000-941063
COTOCOLLAO 2	4988	4868	111	ALCATEL	E10B-OCB28	10000		QUITO	5012	530000-539999
COTOCOLLAO 2	12514	12467	9	ALCATEL	E10B-OCB28	20000	32570	QUITO	7486	290000-299999/500000-599999
COTOCOLLAO 2 (Nos. RDSI)		0	0	ALCATEL	E10B-OCB28	40		QUITO	40	941064-941103
EL CONDADO	4453	4437	7	ALCATEL	E10B-OCB28	8368	9620	QUITO	3915	490000-498367
EL PINTADO 1	7407	7324	16	NEC	NEAX-61M	9620	10150	QUITO	2213	620000-629619
EL PINTADO 2	8350	8328	12	ALCATEL	CONC-E10B	14848	16000	GUAJALO	6498	630000-639999/660000-964863
EL PINTADO 2 (Nos. RDSI)		0	0	ALCATEL	CONC-E10B	64		GUAJALO	64	945064-945127
GUAJALO	13056	12901	15	ALCATEL	E10B-OCB28	15520	17850	QUITO	2464	670000-679999/680000-685519
GUAJALO (Nos. RDSI)		0	0	ALCATEL	E10B-OCB28	64		QUITO	64	945000-945063
GUAMANI	3705	3672	15	NEC	NEAX-61E	5000	7020	QUITO	11389	690000-694999
INAGUITO 1	13427	13305	119	ALCATEL	E10B-OCB28	24816	53080	QUITO	64	240000-249999/260000-269815/920000-924999
INAGUITO 1 (BCO.PICH-DINER)		956	0	ALCATEL	CONC-E10B	1020		INC1	84	980980-981999
INAGUITO 2	7990	7966	12	ERICSSON	ARF-102	10000	0	QUITO	2010	450000-459999
INAGUITO 3	18538	18248	183	NEC	NEAX-61M	20000	0	QUITO	1462	430000-439999
INAGUITO 4	17704	17415	182	ALCATEL	E10B-OCB18	19968	34000	QUITO	2264	250000-259999/460000-469999
INAGUITO 4(EL JARDIN)		310	0	ALCATEL	CONC-INC4	318		INC4	8	980000-980317
INAGUITO 4 (Nos. RDSI)		0	0	ALCATEL	E10B-OCB18	128		QUITO	128	940049-940176
LA LUZ 1	9403	9325	39	NEC	NEAX-61M	10000	16200	QUITO	597	400000-409999
LA LUZ 2	7210	7187	16	ALCATEL	CONC-E10B	10000	9500	COT2	2790	410000-419999
LA LUZ 2 (Nos. RDSI)		0	0	ALCATEL	CONC-E10B	64		COT2	64	941104-941167
LLANO CHICO	481	478	1	ERICSSON	CONC-AXE	512	600	CARAPUNGO	31	830000-830511
MARISCAL SUCRE 1	24321	24011	247	ERICSSON	AXE-10	31104	63000	QUITO	6783	230000-239999/520000-529999/550000-559999/600000-901103
MARISCAL SUCRE 1 (Nos. RDSI)		0	0	ALCATEL	CONC-E10B	128		INC4	128	940177-940304
MARISCAL SUCRE 3	9509	9241	267	ERICSSON	ARF-102	10000	0	QUITO	491	540000-549999
MARISCAL SUCRE 5	19127	18475	371	NEC	NEAX-61M	20000	0	QUITO	873	500000-509999/560000-569999
MARISCAL SUCRE 6	10468	10247	110	NEC	NEAX-61E	11128	10010	QUITO	660	220000-229999/960000-987127
MONJAS	5331	5266	20	NEC	NEAX-61M	5512	8350	QUITO	181	600000-605511
PRESIDENCIA EMETEL	150	150	0	ERICSSON	MD-100	240		QUITO	90	200000-200999
QUITO CENTRO 1 (*)	6005	6005	0	ERICSSON	AGF	10000		QUITO	3995	210000-219999
QUITO CENTRO 1	4007	3340	545	ALCATEL	E10B-OCB28	20000	45000	QUITO	15993	280000-289871/950000-959999
QUITO CENTRO 1 (Nos. RDSI)		0	0	ALCATEL	E10B-OCB28	35		QUITO	35	943000-943034
QUITO CENTRO (Nos. RDSI)		0	0	ALCATEL	CONC-E10B	64		VLF3	64	944035-944098
QUITO CENTRO 2 (*)	7180	7180	0	ERICSSON	ARF-102	10000		QUITO	2820	510000-519999
QUITO CENTRO 3	3703	3703	0	ALCATEL	E10B-OCB28	4000		QUITO	297	570000-573999
QUITO CENTRO 4/TANDEM	4744	4247	416	NEC	NEAX-61M	5000	0	QUITO	256	580000-584999
VILLA FLORA 3	25502	25333	90	ALCATEL	E10B-OCB28	35000	43870	QUITO	9498	610000-614999/640000-649999/7650000-669999
VILLA FLORA 3 (Nos. RDSI)		0	0	ALCATEL	E10B-OCB28	75		QUITO	75	944000-944034/944099-944138

(*) Estas centrales serán reemplazadas y dadas de baja.

Tabla 1.5. Telefonía automática local en la ciudad de Quito: Capacidad instalada y capacidad utilizada

Sistema	Modo de propag.	λ (nm)	Enlace	Vt (Mbps)/Cant.	Standby	# de fibras	Capac. Ocup.	Capac. Libre	Observaciones
NEC Japón 3ra. Gener. PDH	Multimodo	0.85	Piñado - Villa Flora	140/1	1+1	6	4	2	Capacidad libre sirve en algunos casos para pruebas y mantenimiento
			Villa Flora-Quito Centro	140/2	2+1	6	6	0	
			Quito Centro-Monjas	140/1	1+1	6	4	2	
			Quito Centro-Marisal Sucre	140/4	4+1	10	10	0	
			Mariscal Sucre-Iñaquito	140/4	4+1	10	10	0	
			Iñaquito-Cotocollao	140/1	1+1	6	4	2	
			Iñaquito-La Luz	140/1	1+1	6	4	2	
			Iñaquito-Carcelén	140/1	1+1	6	4	2	
			Quito Centro-Marisal Sucre	140/1	1+1	10	4	4	Dos fibras utiliza el sistema Ericsson
			Guamantí - Piñado	140/1	1+1	6	4	2	Fibra abierta por cambio de canalización. El tráfico se desvía por Alcatel y NEC Japón.
NEC Japón Cred. YEN PDH	Monomodo	1.3	Quito Centro - Mariscal Sucre	140/2	2+1	6	6	0	
			Mariscal Sucre-Iñaquito	140/1	1+1	6	4	2	
			Iñaquito - Carcelén	140/1	1+1	6	4	2	
			Carcelén - Pomasqui	140/1	1+1	6	4	2	
			San Antonio - Calacali	34/1	1+1	6	4	2	El tramo Pomasqui-San Antonio va por enlaces Siemens
			Guamantí-Guajalá	140/1	1+1	6	4	2	
			Guajalá - Villa Flora	565/1	1+1	6	4	0	2 fibras utilizadas en enlace Piñado-Guajalá SDH
			Piñado-Villa Flora	140/1	1+1	6	4	0	
			Villa Flora - Quito Centro	565/1	1+1	6	4	2	
			Quito Centro-Monjas	140/1	1+1	6	4	2	
Alcatel PDH	Monomodo	1.3	Quito Centro- Mariscal Sucre	565/1	1+1	6	4	0	2 Fibras utilizadas en SDH
			Mariscal Sucre-Iñaquito	565/1	1+1	6	4	0	2 Fibras utilizadas en SDH
			Iñaquito-Cotocollao	565/1	1+1	12	4	6	2 Fibras utilizadas en Enlace La Luz-Cotocollao-SDH
			Iñaquito-La Luz	140/1	1+1	6	4	0	
			Cotocollao-Carcelén	140/1	1+1	6	4	2	
			Cotocollao-El Condado	140/1	1+1	6	4	2	
			Cotocollao-Pomasqui	34/1	1+1	6	4	2	Enlace inutilizado
			Pomasqui-San Antonio	34/1	1+1	6	4	2	Enlace utilizado con el crédito YEN
			Quito Centro-Iñaquito	565/1	1+1	6	4	2	
			Iñaquito-Carapungo	140/1	1+1	6	4	2	
Alcatel SDH	Monomodo	1.3	Carapungo-Calderón	140/1	1+1	6	4	2	Utiliza fibra NEC 4
			Quito Centro- Mariscal Sucre	140/1	1+0				
			Villa Flora-Quito Centro	STN-16/1	1+0	6	2	4	Utiliza la fibra Alcatel del PDH
			Quito Centro-Marisal Sucre	STN-16/1	1+0				Utiliza la fibra Alcatel del PDH
			Mariscal Sucre-Iñaquito	STN-16/1	1+0				Utiliza la fibra Alcatel del PDH
			La Luz-Cotocollao	STN-1/1	1+0				Utiliza la fibra Alcatel del PDH
			Piñado-Guajalá	STN-1/1	1+0				Actualmente utilizada por los sistemas Ambato 1, 2 y 3; Ibarra 1 y 2; SMD30.
			Quito Centro-San Juan (Red Digital Centro Norte del país)	STN-16/1	1+1	12	4	8	

Tabla 1.6 Sistemas de fibra óptica en Quito

1.6 PROYECTOS DE ANDINATEL S.A PARA LA CIUDAD DE QUITO

1.6.1 Conmutación.

Según el contrato No. 961226 con ALCATEL S.A y ERICSSON se ha ampliado las centrales que constan en la tabla 1.7.

CENTRAL	MARCA	CENTRO DE CONEXION	CAPACIDAD ACTUAL (#líneas)	CAPACIDAD FINAL (#líneas)
Villa Flora 3	Alcatel	QUITO	20000	35000
Cotocollao 2	Alcatel	QUITO	20000	30000
La Luz 2	Alcatel	COTOCOLLAO	5000	10144
Guajaló	Alcatel	QUITO	15536	15536 (Modernización) ¹
El Pintado 2	Alcatel	GUAJALO	10000	14848
El Condado	Alcatel	QUITO	5000	8368
Quito Centro 1	Alcatel(Nueva) ²	QUITO	10000	24000
Iñaquito 1	Alcatel(Nueva) ³	QUITO	10000	25000
Mariscal Sucre 1	Ericsson(Nueva) ⁴	QUITO	10000	31000

Tabla 1.7. Ampliación de centrales en Quito.

¹ Se realizó cambio de procesador OCB 181 por OCB 283.

² De acuerdo a dicho contrato se realizaron los siguientes cambios:

Quito Centro 1: Se denominará así la nueva central Alcatel en reemplazo de las anteriores centrales:

- ⇒ Quito Centro 1 Ericsson AGF
- ⇒ Quito Centro 2 Ericsson ARF-102
- ⇒ Quito Centro 3 Ericsson ARF-102.

Además se cambia la numeración de las antiguas centrales:

<i>Central</i>	<i>Numeración Anterior</i>	<i>Numeración Actual</i>
Quito Centro 1	210000-219999	280000-289999
Quito Centro 2	510000-519999	950000-959999

³ *Iñaquito 1:* Se reemplaza Central Ericsson AGF

⁴ *Mariscal Sucre 1*: Pasa a denominarse así la nueva central Ericsson AXE 10 en reemplazo de las anteriores centrales:

- ⇒ Mariscal Sucre 1 Ericsson AGF
- ⇒ Mariscal Sucre 2 Ericsson ARF-102
- ⇒ Mariscal Sucre 4 Ericsson ARF-102.

1.6.2 Planta Externa.

1.6.2.1 Proyecto de ampliación de la red realizado por SIEMENS.

Mediante contrato con SIEMENS se han instalado 18300 pares telefónicos en la zona comprendida entre las siguientes calles:

Norte : Oriente

Sur : Av. 24 de Mayo.

Este : Juan Pío Montúfar

Oeste : Imbabura

La instalación ha sido realizada en 4 etapas dispuestas de la siguiente manera :

Etapas 1 : 4500 pares

Etapas 2 : 9000 pares

Etapas 3 : 1800 pares

Etapas 4 : 3000 pares

Total : 18300 pares.

En el Anexo 1 - figura 4, se representa gráficamente el área cubierta por este proyecto. Sin embargo a la presente fecha, aunque ya está instalada la red primaria, ésta irá reemplazando paulatinamente a la red antigua. Esto significa que mediante dicho proyecto no se ha aumentado en sí planta externa, sino que se ha buscado actualizar la red antigua que tenía ya unos 50 a 60 años de funcionamiento, con el fin de adaptarla a la nueva central digital Alcatel que se instaló en Quito Centro, la misma como se dijo anteriormente, es para digitalizar el sistema sin aumentar la capacidad numérica neta.

1.6.2.2 Proyecto para ampliar red en Toctiuco y La Loma.

Este proyecto contempla las zonas definidas en la tabla 1.8:

RUTA	NORTE	SUR	ESTE	OESTE
TOCTIUOCO	Quebrada Miraflores	Calle El Placer	Av. Mariscal Sucre	Cota 3000 m.
LA LOMA	A. José de Sucre	Río Machángara	Río Machángara	Calle Ramón Nava

Tabla 1.8. Zona de cobertura de la ampliación en Toctiuco y La Loma

La red actual en funcionamiento y la red planificada tienen especificaciones mostradas en la tabla 1.9 :

RUTA	DISTRITO	CAPACIDAD ACTUAL (R. Prim/R. Secund) (pares)	CAPACIDAD DEL PROYECTO (pares)
TOCTIUOCO	101-A	(200/300)	1800
	101-B	(300/250)	
	160	(300/300)	
	161	(250/250)	
	162	(200/250)	
	163	(200/250)	
	164	(200/250)	
	165	(300/350)	
	166	(200/400)	
167	(200/300)		
LA LOMA	133	(350/400)	1800
	134	(350/500)	
	135	(400/450)	
	136	(300/300)	
	137	(250/300)	

Tabla 1.9. Proyecto para ampliar red en Toctiuco y La Loma

El área de cobertura de este proyecto se puede observar en el Anexo 1 - figura 5.

Este proyecto, al igual que otros similares, en la actualidad se encuentra paralizado.

1.7 ESTUDIO DE DEMANDA DE LINEAS TELEFONICAS

Una de las etapas previas en la planificación del diseño de un proyecto, es el estudio de la demanda ya que, mediante este análisis se podrá adoptar las decisiones más correctas y el dimensionamiento adecuado para el proyecto.

El estudio de demanda incluirá las proyecciones de las variables de un sistema, lo cual evitará en lo posterior, realizar dimensionamientos erróneos ya sea por subdimensionamientos o por sobredimensionamientos que acarreen problemas de operación y costos.

1.7.1 Conceptos relacionados con el estudio de demanda.

Se definen algunos conceptos y relaciones utilizados para el estudio de la demanda :

Líneas Principales en servicio (LPS) : Son líneas telefónicas que enlazan el equipo terminal de abonado con la red pública de conmutación y que poseen un acceso individualizado a los equipos de la central telefónica. Son sinónimos también de “aparatos principales”.

Líneas Principales Residenciales (LPR) : Son líneas principales destinadas a uso residencial.

Líneas Principales No Residenciales (LPNR) : Son líneas principales destinadas a uso comercial , industrial , PBX y teléfonos de previo pago.

Lista de espera (LE) : Se trata de la lista de peticiones que no son posibles de satisfacer de inmediato por falta de disponibilidades técnicas, ya sean estas generadas por una carencia de equipos de conmutación, redes , equipos terminales u otras.

Demanda expresada (DE) : Líneas principales en servicio + lista de espera.

Demanda Potencial (DP) : Demanda no expresada.

Demanda Interna (DI) : Demanda total de abonados al interior de un área geográfica limitada. $DI = DP + DE$.

Densidad de Líneas Principales : Relación que existe entre el número de Líneas Principales en Servicio por cada 100 habitantes.

Densidad de Líneas Principales Residenciales : Relación que existe entre el número de Líneas Principales Residenciales (LPR) por cada 100 habitantes.

Tasa de satisfacción residencial : Relación que existe entre el número de Líneas Principales Residenciales (LPR) por cada 100 viviendas.

Se representa gráficamente las relaciones entre los diferentes tipos de demanda en la figura 1.3

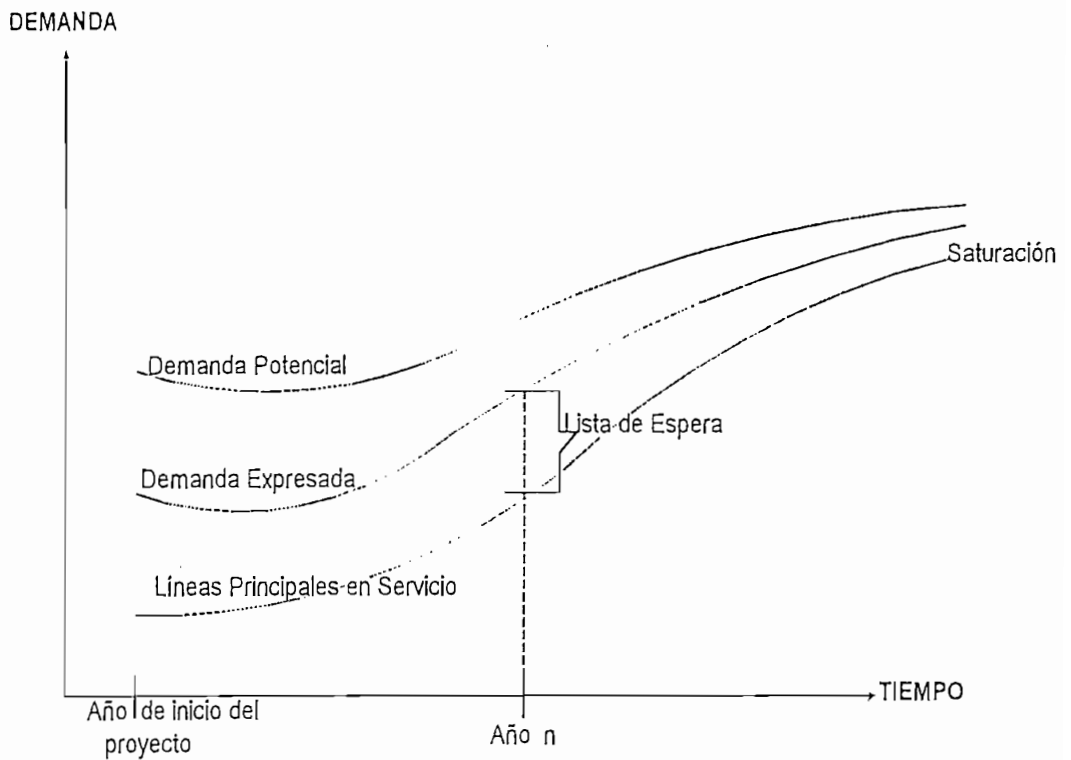


Figura 1.3. Curvas de demanda

Como se puede ver en la figura 1.3 se representa gráficamente la diferencia entre la Demanda Expresada y las Líneas Principales en Servicio, que está determinada por la Lista de Espera. Se puede decir que las Líneas Principales en Servicio constituyen una demanda satisfecha.

La demanda no expresada da la medida de la demanda potencial, y en diversas circunstancias puede ser mayor que la demanda expresada.

Lo deseable es tratar de eliminar la lista de espera mediante proyectos que puedan cubrir esta demanda de diversas maneras : puede tener un crecimiento gradual , escalonado o rápido dependiendo de que el proyecto sea a largo o corto plazo con el fin de llegar al punto de saturación donde se llegaría al equilibrio.

De allí que el diseño propuesto en el presente trabajo pretende satisfacer a corto plazo parte de la demanda existente en el Sector Centro de Quito mediante la implementación de un sistema inalámbrico que complementará a la red de cobre existente.

De acuerdo a la documentación proporcionada por diversos departamentos de Andinatel S.A se presenta el resumen de resultados sobre estudios de proyecciones tanto a nivel de toda la ciudad como del Centro de Quito.

1.7.2 Estudio de EMETEL S.A ²

Según el documento *SGP-88-027/01* titulado : "Pronóstico de Líneas Principales en Servicio para la ciudad de Quito durante el Período 1988 - 2010" de la Subgerencia General de Planificación de EMETEL S.A, se publican resultados de 2 alternativas A y B, de las cuales se ha elegido la más fiable y optimista por sus pronósticos aproximadamente cercanos a la situación actual y se presentan en las tablas 1.10,1.11,1.12,1.13,1.14 y 1.15

1.7.2.1 Objetivos Globales en Quito

Cabe anotar que en las tablas mostradas a continuación los resultados que se presentan a partir de 1998 son proyecciones hechas en el año 1988.

Año	Población URB+PERI	Densidad Total	Densidad No Resid.	Densidad Resid.	L.Princip. Total	L.P no residen	L.P residen.
1998	2019449	15.89	4.3	11.59	320872	74297	246575
1999	2086171	16.37	4.38	11.99	341546	78480	263066
2000	2155097	16.87	4.47	12.4	363578	83200	280378
2001	2226300	17.36	4.56	12.8	386392	87845	298547
2002	2299856	17.85	4.64	13.21	410585	92515	318070
2003	2375842	18.34	4.73	13.61	435693	87610	338083
2004	2454338	18.84	4.81	14.3	462295	102735	359560
2005	2535428	19.34	4.9	14.44	490410	108321	382089
2006	2619198	19.3	4.98	14.85	519436	113722	405714
2007	2705734	20.32	5.07	15.25	549809	119598	430211
2008	2795131	20.81	5.15	15.66	581660	125494	556166
2009	2867480	21.3	5.24	16.06	614976	131901	483075
2010	2982881	21.79	5.32	16.47	649898	138334	511564

Tabla 1.10. Proyecciones sobre población, densidades y líneas principales residenciales y no residenciales.

² Este estudio fue realizado por EMETEL S.A cuando todavía no ocurría la escisión en Andinatel S.A y Pacificel S.A.

1.7.2.2 Resultados a nivel de central

Se dan proyecciones sobre diferentes parámetros :

Año	Central	PINTD	VFL	MONJ	QCENT	MSUCR	IÑQ	LLZ	CÓTOC	CARC
1995		211602	367409	49819	225073	255145	321709	117645	148358	134559
2000		246458	422051	58528	235163	302695	385642	145567	177217	181778
2005		287354	489312	67358	257866	359281	461041	174671	208398	229647
2010		336078	567961	77499	281264	424566	548867	209100	245607	291941

Tabla 1.11. Población

Año	Central	PTD	VFL	MNJ	QC	MS	IÑQ	LLZ	COT	CLN
1995		45504	82011	11297	54104	61481	73956	26860	32013	31004
2000		54162	96359	13424	56803	73292	90739	34011	38949	42274
2005		65301	114325	15774	62589	87629	110296	41558	47477	54419
2010		78512	135228	18495	68434	105089	134197	50507	56722	69842

Tabla 1.12. Vivienda

Año	Central	PTD	VFL	MNJ	QC	MS	IÑQ	LLZ	COT	CLN
1995		18450	31269	3960	36153	71125	55717	17017	17306	14016
2000		26468	45524	5857	47765	94145	75263	23204	23926	21415
2005		36884	64183	8204	62726	122998	100365	31064	32464	31522
2010		50338	88126	11144	80292	158096	131618	410291	43284	45973

Tabla 1.13. Líneas Principales en Servicio

Año	Central	PTD	VFL	MNJ	QC	MS	IÑQ	LLZ	COT	CLN
1995		8,7	8,5	7,9	16,1	27,9	17,3	14,5	11,6	10,4
2000		10,7	10,8	10	20,3	31,3	19,5	15,9	13,5	11,8
2005		12,8	13,1	12,2	24,3	34,2	21,8	17,8	15,5	13,7
2010		15	15,5	14,4	28,5	37,2	24	19,6	17,6	15,7

Tabla 1.14. Densidad Telefónica

Año	Central	PTD	VFL	MNJ	QC	MS	IÑQ	LLZ	COT	CLN
1995		39,1	34,4	35,1	34,2	67,9	64,1	58,9	50	41,8
2000		47,2	43	43,6	42,8	75,2	70,8	63,5	57	47,3
2005		54,7	51,5	52	51,4	82,4	78	69,7	63,6	54,5
2010		62,3	60,2	60,3	60,3	88,7	84,4	76	71,3	62,5

Tabla 1.15. Tasa de Satisfacción Residencial

Según el estudio anterior el nivel de saturación de la densidad telefónica de Quito del 40% se empezará a lograrlo a partir del año 2055 ;es decir en este año aproximadamente se logrará satisfacer la lista de espera y se tendrá una densidad telefónica del 40%.

1.7.3 Estudio de ALCATEL S.A

Un estudio de dimensionamiento de la red de Quito más reciente realizado en el año de 1995 con proyecciones hasta el año 2005 es el que efectúa la empresa de telecomunicaciones ALCATEL S.A con la colaboración de EMETEL S.A . Algunos de sus resultados se muestran en las figuras 1.4 y 1.5 y en las tablas 1.16,1.17,1.18 y 1.19.

1.7.3.1 Previsión de la demanda total

Según el estudio de ALCATEL S.A la figura 1.4 representa la tendencia de crecimiento de líneas digitales respecto al decremento de líneas analógicas; así, antes del año 2005 todas las líneas de abonados serán digitales.

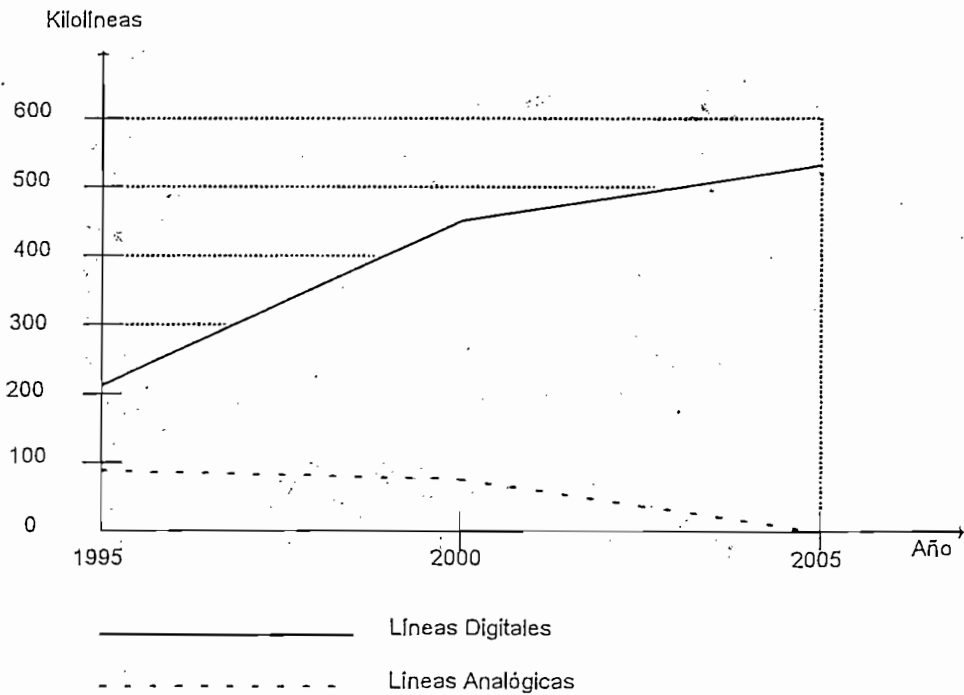


Figura 1.4. Previsión de la capacidad total de la Red Quito 1995-2005.

1.7.3.2 Previsión de la demanda para zona de cobertura al año 2000

Una presentación más detallada a nivel de centrales sobre la capacidad de ampliación de líneas de abonado en los años 1995-2000 sería la que se indica en la tabla 1.16.

En la mencionada tabla se puede notar la inclusión de cuatro centrales que todavía no existen actualmente :

- El Batán
- Hermano Miguel
- La Florida
- La Gasca

Ello obedece al hecho que este estudio tiene por objeto descongestionar la red actual mediante la instalación de estas cuatro centrales e implementar hasta el año 2005 un anillo SDH a nivel de Quito.

Central	Números abonados equipados 1995	Capacidad estimada año 2000	Ampliación (1995-2000)
CARAPUNGO	4000	7271	3271
CARCELEN	14750	19537	4787
COTOCOLLAO	30000	40526	10526
EL BATAN	-	4645	4645
EL CONDADO	5000	6145	1145
GUAJALO	15000	24401	9401
GUAMANI	5000	10791	5791
HERMANO MIGUEL	-	7627	7627
IÑAQUITO	70000	73161	3161
LA FLORIDA	-	10091	10091
LA GASCA	-	3539	3539
LA LUZ	15000	21401	6401
MONJAS	5000	11112	6112
MARISCAL SUCRE	61000	65926	4926
EL PINTADO	20048	35106	15058
QUITO CENTRO	29000	40717	11716
VILLA FLORA	35000	47991	12991
<i>Total</i>	<i>308798</i>	<i>429987</i>	<i>121189</i>

Tabla 1.16. Crecimiento de la red por centrales hasta el año 2000.

1.7.3.3 Pronóstico de la Demanda por zonas censales para el Centro de Quito.

De acuerdo a las tablas 1.17 y 1.18 se determina que el crecimiento tanto de población y de líneas residenciales al año 2000 y 2005 será notablemente mayor en comparación al año 1990 (Ver tabla 1.2); ya que, la penetración del servicio sobrepasa inclusive el 100% en la mayoría de los casos; ello significaría, que se tendría más de una línea telefónica por vivienda.

N o. Zona Censal	Total Viviendas	Líneas Residenciales	Penetración (%)	Edificio
72	1475	2074	140.60%	MARISCAL SUCRE
88	1359	1403	103.20%	MARISCAL SUCRE
89	1978	2230	112.74%	MARISCAL SUCRE
90	1606	2448	152.44%	MARISCAL SUCRE
92	1619	2226	137.52%	MARISCAL SUCRE
93	1634	2502	153.15%	MARISCAL SUCRE
94	1647	2536	153.97%	MARISCAL SUCRE
95	1761	2467	140.08%	QUITO CENTRO
96	1728	2212	128.02%	QUITO CENTRO
97	1188	1936	162.97%	MARISCAL SUCRE
98	1543	2650	171.73%	QUITO CENTRO
99	2032	2459	121.01%	QUITO CENTRO
100	2263	2172	95.97%	QUITO CENTRO
101	1993	1664	83.47%	QUITO CENTRO
102	2126	1846	86.81%	QUITO CENTRO
103	1617	1001	61.90%	QUITO CENTRO
104	1957	1133	57.87%	QUITO CENTRO
105	1802	1627	90.30%	QUITO CENTRO
106	2010	2326	115.70%	QUITO CENTRO
107	1864	2160	115.89%	QUITO CENTRO
108	1919	2237	116.59%	QUITO CENTRO
109	1762	2492	141.45%	QUITO CENTRO
110	1704	2231	130.90%	QUITO CENTRO
111	1172	1388	118.40%	QUITO CENTRO
112	1434	1754	122.29%	QUITO CENTRO
113	2002	2248	112.31%	MARISCAL SUCRE
114	2431	2930	120.53%	MARISCAL SUCRE
120	2210	2873	130.00%	MARISCAL SUCRE
121	2386	2923	122.50%	MARISCAL SUCRE
122	1509	1798	119.17%	QUITO CENTRO
123	1863	1814	97.37%	QUITO CENTRO
124	1209	807	66.77%	QUITO CENTRO
125	2472	2479	100.28%	QUITO CENTRO
128	1613	951	58.97%	HERMANO MIGUEL
134	1431	2192	153.14%	VILLA FLORA
135	1422	1403	98.64%	VILLA FLORA
136	1543	1646	106.65%	VILLA FLORA
Total	65284	75238	116.25%	

Tabla 1.17. Pronóstico de Líneas Residenciales al Año 2000

N.º Zona Censal	Total Viviendas	Líneas Residenciales	Penetración (%)	Edificio
72	1634	2332	142.75%	MARISCAL SUCRE
488	1506	1753	116.37%	MARISCAL SUCRE
89	2192	2698	123.10%	MARISCAL SUCRE
90	1779	2688	151.10%	MARISCAL SUCRE
92	1794	2522	140.57%	MARISCAL SUCRE
93	1811	2745	151.60%	MARISCAL SUCRE
94	1825	2777	152.18%	MARISCAL SUCRE
95	1951	2778	142.38%	QUITO CENTRO
96	1915	2564	133.88%	QUITO CENTRO
97	1316	2086	158.52%	MARISCAL SUCRE
98	1710	2816	164.70%	QUITO CENTRO
99	2252	2904	128.93%	QUITO CENTRO
100	2507	2790	111.27%	QUITO CENTRO
101	2208	2262	102.46%	QUITO CENTRO
102	2356	2469	104.81%	QUITO CENTRO
103	1792	1563	87.25%	QUITO CENTRO
104	2168	1830	84.40%	QUITO CENTRO
105	1997	2142	107.27%	QUITO CENTRO
106	2227	2788	125.18%	QUITO CENTRO
107	2065	2588	125.32%	QUITO CENTRO
108	2126	2675	125.81%	QUITO CENTRO
109	1952	2798	143.35%	QUITO CENTRO
110	1888	2566	135.91%	QUITO CENTRO
111	1299	1651	127.09%	QUITO CENTRO
112	1589	2063	129.83%	QUITO CENTRO
113	2218	2724	122.80%	MARISCAL SUCRE
114	2694	3464	128.59%	MARISCAL SUCRE
120	2449	3313	135.27%	MARISCAL SUCRE
121	2644	3437	129.98%	MARISCAL SUCRE
122	1672	2134	127.63%	QUITO CENTRO
123	2064	2317	112.26%	QUITO CENTRO
124	1340	1215	90.68%	QUITO CENTRO
125	2739	3131	114.31%	QUITO CENTRO
128	1787	1522	85.17%	HERMANO MIGUEL
134	1586	2404	151.59%	VILLA FLORA
135	1576	1783	113.15%	VILLA FLORA
136	1710	2032	118.80%	VILLA FLORA
Total	72338	90324	125.57%	

Tabla 1.18. Pronóstico de Líneas Residenciales al Año 2005

Para el posterior dimensionamiento del sistema inalámbrico no se tomará en cuenta la central Hermano Miguel que se menciona en el estudio de proyecciones de ALCATEL S.A (que podría haberse considerado por su ubicación) debido a que no existe en la actualidad.

Si se comparan los datos de los 2 estudios mencionados, se ve que las diferencias existentes están dentro de un margen relativamente pequeño; sin embargo, se tomará

como base el estudio realizado por ALCATEL S.A por ser más conciso, ya que da la proyección por zonas censales y a nivel de centrales, datos que facilitarán el diseño. Se debe recordar que estos pronósticos están dados para líneas principales residenciales, pues se están tomando datos del Censo de Población y Vivienda.

Si se analizan los datos de demanda al año 1990 (tabla 1.2) y al año 2000 (tabla 1.17), se puede comprobar el enorme crecimiento proyectado para el año 2000, donde se tiene pensado contar con 75238 líneas residenciales en la Zona Centro, a diferencia de 1990, año en el cual se tenía 17045 líneas residenciales. Si se realiza una estimación observando el crecimiento total a nivel de Quito entre los años 1990 y 1998, se diría que en el área de estudio aproximadamente se contaría con 46000 líneas residenciales en 1998.

La representación gráfica del crecimiento proyectado de la Zona Centro de Quito, se muestra en la tabla 1.19 y figura 1.5:

Líneas Residenciales Año 1990	Líneas Residenciales Año 1998	Líneas Residenciales Año 2000	Líneas Residenciales Año 2005
17045	46000	75238	90324

Tabla 1.19. Proyección de crecimiento de Líneas Residenciales 1990 - 2005 en el Sector Centro de Quito.

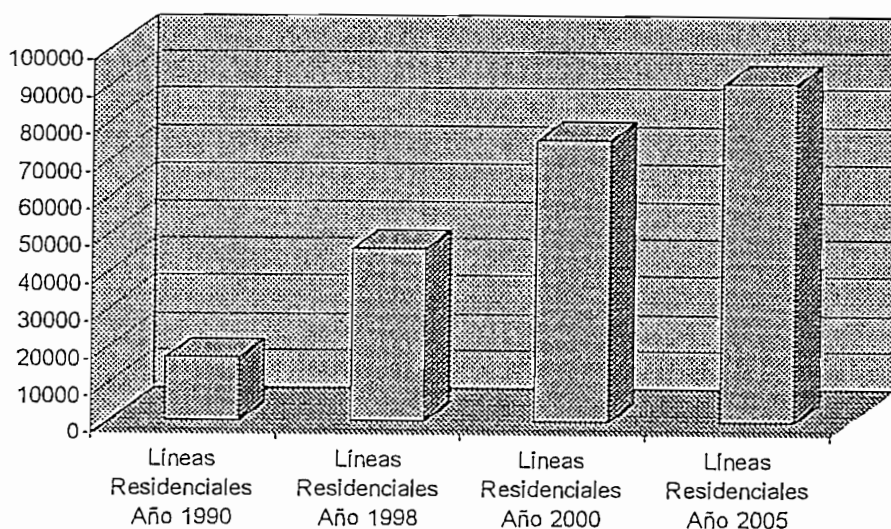


Figura 1.5. Representación en barras del crecimiento proyectado de Líneas Residenciales en el Centro de Quito hasta el año 2005.

En este punto cabe preguntarse cómo se podría llegar a cubrir esa demanda. En el análisis de las curvas de demanda se manifestó que la *demanda expresada* puede ser satisfecha de diversas maneras de acuerdo al proyecto: sea de una forma gradual, escalonada o de forma rápida. El presente trabajo propone diseñar un sistema que satisfaga parte de esta demanda a muy corto plazo aprovechando las ventajas del sistema inalámbrico, ya que este sistema a diferencia del típico sistema cableado no requiere que la red esté concluida en su totalidad, para que los abonados puedan ser conectados a ella y empiecen a generar ingresos al suministrador, que en este caso sería ANDINATEL S.A.

CAPITULO II

TECNOLOGIAS Y ESTANDARES DE TRANSMISION INALAMBRICA

2.1 INTRODUCCION

El análisis de soluciones para el bucle de abonado abarca las más diversas posibilidades; es por esta razón, que se revisará los estándares y tecnologías inalámbricas existentes así como sus tendencias; dicho análisis incluye conceptos teóricos y descripción funcional del respectivo estándar; todo ello, con el fin de establecer luego comparaciones y determinar la capacidad de aplicación de cada estándar.

2.1.1 Acceso Inalámbrico

El acceso inalámbrico es cualquier tecnología que permita el acceso a los servicios de telecomunicación, sean éstos proporcionados por redes públicas o privadas mediante el uso de sistemas radioeléctricos, eliminando de esta manera la *conexión física* entre el equipo terminal o de usuario y la red que presta el servicio.

Desde el punto de vista de las *aplicaciones*, las tecnologías inalámbricas pueden dividirse en tres grupos ¹:

- Servicios móviles
- Bucle de abonado
- Dirigida a negocios

2.2 LOS SERVICIOS MOVILES

Los servicios móviles de telecomunicación aparecen en los primeros tiempos de la radio y se desarrollan principalmente para hacer posible las comunicaciones con embarcaciones. Hoy día los servicios móviles han experimentado un enorme crecimiento siendo su principal utilidad la de posibilitar el establecimiento de comunicaciones con personas o máquinas situadas en ubicaciones no localizadas. Así ha aparecido el concepto de *comunicaciones personales* a partir de este tipo de servicios.

¹ I Foro UE-AHCIET sobre Comunicaciones Inalámbricas

En los servicios móviles se garantiza la posibilidad de establecer comunicaciones entre usuarios móviles y fijos, o singularmente entre dos móviles, dentro de un área que se denomina área de servicio. Dentro de esta área se garantiza que las llamadas se establezcan con la adecuada calidad en un porcentaje elevado de los usuarios situados dentro de dicha área, es decir con un óptimo *Grado de Servicio* (GOS).

Se distinguen tradicionalmente los siguientes tipos de servicios móviles:

- Celulares
- Grupos cerrados (Sistemas Troncalizados)
- Mensajería (paging)
- Datos
- Por satélite

2.2.1 Sistemas Móviles Celulares

Los servicios móviles celulares ofrecen servicios similares a los ofrecidos por las redes públicas fijas. Permiten también servicios denominados telemáticos tales como el facsímil, la transmisión de datos, el videotex, etc.

Son capaces de absorber una gran densidad de tráfico, permitiendo una alta penetración, principalmente en el centro de las ciudades.

Los sistemas celulares se diseñan para grandes áreas de cobertura. En países alta o medianamente poblados la cobertura puede llegar a ser mayor que el 90% de la extensión geográfica del país.

Hasta el momento se han desarrollado dos generaciones tecnológicas de este tipo de sistemas:

- Sistemas de primera generación.
- Sistemas de segunda generación.

La primera generación utiliza tecnología analógica en la interfaz de radio mientras que la segunda hace uso de tecnología digital.

2.2.1.1 Sistemas celulares de Primera Generación o Analógicos.

Además de la utilización de la tecnología analógica pueden citarse las siguientes características que identifican a los sistemas de primera generación: fueron desarrollados exclusivamente para telefonía lo que complica su posible utilización para servicios

telemáticos; salvo excepciones son explotados en régimen de exclusividad, no habiéndose desarrollado en muchos casos los protocolos de control para una explotación en competencia dentro de la misma banda de frecuencias; no existe una normalización que permita utilizar el mismo sistema en diferentes países posibilitando su utilización transnacional, existe toda una diversidad de estándares técnicos que han sido desarrollados e implantados de manera no coordinada.

Algunos de los estándares de primera generación utilizados son los siguientes; NMT-450 y NMT-900 que se utilizan principalmente en los países del norte de Europa; C-NET que se utiliza en Alemania y Portugal; Radiocom 2000 que se utiliza en Francia, MCS en Japón, el estándar TACS que consiste en una adaptación del estándar norteamericano AMPS a las necesidades europeas llevada a cabo por la administración del Reino Unido.

Los 3 principales estándares internacionales que están disponibles en otros países distintos al de origen son: NTM, AMPS, TACS.²

La tabla 2.1 resume las características de los principales sistemas celulares de Primera Generación:

Nombre	NMT450	NMT900	AMPS³	TACS³	MCS	C-NET
Fecha de inicio	1981	1986	1983	1985	1979	1985
Frec. Tx Base (MHz)	463-467.5	935-960	869-894	935-960 ⁴	925-940	461-466
Frec. Tx Móvil (MHz)	453-457.5	890-915	824-849	890-915 ⁴	870-885	451-456
Modulación de voz (desviación kHz)	FM(4.7)	FM(4.7)	FM(12)	FM(9.5)	FM(5.0)	FM(4.0)
Espaciamiento del canal (kHz)	25/20	25/12.5	30	25	25/12.5	20/10
Número de canales	180/225	1000/2000	832	1000	600/1200	222/444
Canal de control(kbps)	(1.2) FSK	(1.2) FSK	(10.0) FSK	(8.0) FSK	(0.3) FSK	(5.28) FSK
Parámetros de Handover	C/N en EB ⁵	C/N en EB	C/N en EB	C/N en EB	C/N en EB	C/N en EB
Nº Países	14	8	37	21	1	2

Tabla 2.1 Sistemas Celulares de Primera Generación

² NTM : Nordic Mobile Telephone
 AMPS : Advanced Mobile Phone System
 TACS : Total Access Communications System

³ Existen también versiones de banda estrecha NTACS, NAMPS para incrementar la capacidad.

⁴ Otra versión de TACS llamada ETACS opera en las bandas : 917-933 MHz y 872-888 MHz.

⁵ C/N : Carrier / Noise ; EB : Estación Base.

La radio celular llegó a ser popular en los años 80, sin embargo la industria encontró limitaciones prácticas. Las celdas llegaron a ser pequeñas en cuanto a capacidad de soportar mayores tráficos y se incrementó la dificultad de colocar las estaciones base en lugares que den una cobertura óptima simplemente por dificultades físicas. Este problema es más obvio en ciudades altamente pobladas. Estas limitaciones de la primera generación motivaron la meta de la segunda generación: alta capacidad y funcionalidad.

2.2.1.2 Sistemas celulares de Segunda Generación o Digitales.

Desde 1991 se han desarrollado en el mundo sistemas celulares de 2ª generación cuyas principales características son las siguientes:

- Utilizan tecnología digital en la interfaz radio
- Permiten un variado catálogo de servicios además de la telefonía lo que los convierte en “sistemas de telecomunicaciones móviles” en lugar de “sistemas de telefonía móvil”
- Están diseñados para la explotación en competencia permitiendo que un país coexistan 2 o más operadores.
- Permiten que las redes de operadores de diferentes países sean conectadas para formar sistemas transnacionales.

Se revisará cuatro sistemas celulares de Segunda Generación:

- ⇒ GSM y DCS 1800 Pan-European System
- ⇒ Sistema Celular Digital Norteamericano IS-54(TDMA).
- ⇒ Sistema Celular Digital Norteamericano IS-95(CDMA).
- ⇒ Radio Celular Digital Japonés JDC.

De estos cuatro sistemas se revisará en detalle los dos primeros por considerarse los más representativos a nivel mundial.

2.2.1.2.1 Global System for Mobile Communications (GSM) y Digital Cellular System (DCS 1800)

Se han definido 2 estándares celulares de 2ª generación en Europa; *Groupe Special Mobile* ; renombrado posteriormente a *Global System for Mobile communications* (GSM) y *Digital Cellular System* (DCS).

DCS 1800 que trabaja en la banda de 1800 MHz es la versión de baja potencia de GSM (GSM opera en la banda de los 900 MHz) y que está orientado a desarrollar la tecnología para PCN (Redes de Comunicación Personales). En realidad pueden considerarse como un único estándar que funciona en 2 bandas de frecuencias. Todos los aspectos de señalización son comunes a los 2 estándares.

La necesidad de disponer de un sistema celular con características comunes para toda Europa surgió en 1982 ante la avalancha de estándares diversos de 1ª generación incompatibles. Para ello, en el seno de la CEPT (Conferencia Europea de Organismos de Correos y Telecomunicación) se creó un grupo de trabajo para la definición de un nuevo estándar que permitiese movilidad en toda Europa mediante la conexión de redes nacionales. Este grupo, cuya misión es la definición y el mantenimiento del estándar, se denomina TC-SMG y está encuadrado en el ETSI (Instituto Europeo para la Normalización de las Telecomunicaciones).

GSM es un estándar mundial, pues las redes GSM están operando y planificando en casi 60 países de Europa, Oriente Medio, el Lejano Oriente, Africa, Sudamérica y Australia. El estándar GSM está en concordancia con el modelo de referencia ISO/OSI ⁶ en las capas 1, 2 y 3: física, enlace y red respectivamente.

Existen sistemas operativos desde 1992 en su versión GSM y desde 1993 en su versión DCS.

Además de la propia banda de frecuencias, que obviamente determina las características de propagación y convierte al GSM en más interesante para las zonas rurales y para las ciudades, la versión DCS tiene asignada inicialmente 3 veces espectro (2x75 MHz para DCS en relación a 2x25 MHz que corresponde a GSM). Esto refuerza el interés de DCS para zonas urbanas con muy alta densidad de usuarios.

Se resume a continuación sus características técnicas más importantes:

Interfaz de aire

- Diseñado para coexistir con NTM y TACS.
- 50MHz de ancho de banda dividido para las bandas de transmisión y recepción en los 900 MHz. (150 Mhz de ancho de banda en los 1800 MHz para DCS1800).
 - GSM:
 - ⇒ Banda de frecuencia del enlace directo(Estación Base→ Estación Móvil): 935-960 MHz.
 - ⇒ Banda de frecuencia del enlace de regreso (Estación Móvil→ Estación Base): 890-915 MHz.

- DCS 1800:

- ⇒ Banda de frecuencia del enlace directo (Estación Base → Estación Móvil): 1805-1880 MHz.

- ⇒ Banda de frecuencia del enlace de regreso (Estación Móvil → Estación Base): 1710-1785 MHz.

- GSM usa el esquema de acceso: Time Division Multiple Access / Frequency Division Multiple Access / Frequency Division Duplexing (TDMA/FDMA/FDD)
- Cada canal tiene un ancho de banda de 200kHz.
- 124 portadoras disponibles
- Modulación FSK con filtrado gaussiano: *Gaussian Minimum Shift Keying* (GMSK) con $(BT = 0,3)$ ⁷
- Velocidad de transmisión : 270.83 kbps
- Número de canales por portadora: 8 (16 si se usa la mitad de la velocidad de codificación de voz).
- Duración de período TDMA: 4.615 ms.
- Duración de uno de los 8 intervalos de tiempo de la trama TDMA: 576.9 μs.
- Usa ecualización para combatir el desvanecimiento por caminos múltiples. El ecualizador utilizado por GSM es a consideración del fabricante.
- Diseñado para desvanecimientos críticos; velocidad de la unidad móvil de hasta 250 km/h para usuarios en trayectos rápidos. (DCS 1800 es diseñado para velocidades límite de 120 km/h),

Control de Potencia.

- La Estación Móvil (MS) se encarga de usar la mínima potencia necesaria.
- GSM define 8 tipos de potencia para las estaciones base transceptoras (BST) (desde 2.5W hasta 320W) y 5 tipos para las móviles (desde 0.8W hasta 20W).
- Los terminales móviles para vehículos son de 8W y 20 W de potencia máxima y portátiles de 0.8W , 2W y 5W. En DCS sólo se han previsto portátiles de 0.25W y 1W.

Configuración del Sistema.

- Arquitectura abierta distribuida
- Separación de servicio de control y funciones de conmutación.

⁶ ISO/OSI corresponde a International Standards Organization / Open Systems Interconnection.

⁷ El producto BT corresponde al ancho de banda a 3dB del filtro gaussiano para la formación del pulso en relación a la tasa de bit.

- Uso completo del Sistema de Señalización N° 7 (SS7) como la infraestructura de comunicación de señalización:
- Especificaciones de interfaces claramente definidas
- Estructura de Red Inteligente (IN) ⁸.

Los elementos característicos de una red GSM se listan en la tabla 2.2 y representan gráficamente en la figura 2.1.

MS	Estación Móvil	VLR	Registro de Localización Visitante
BTS	Estación Base Transceutora	AuC	Centro de Autenticación
BSC	Estación Base Controladora	EIR	Registro de Identidad de Equipo
BSS	Subsistema de Estación Base	OMC	Centro de Operación y Mantenimiento
MSC	Centro de Commutación de Servicios Móviles	NMC	Centro de Gerencia de Red
HLR	Registro de Localización Local	ADC	Centro de Administración

Tabla 2.2. Elementos de la arquitectura de GSM

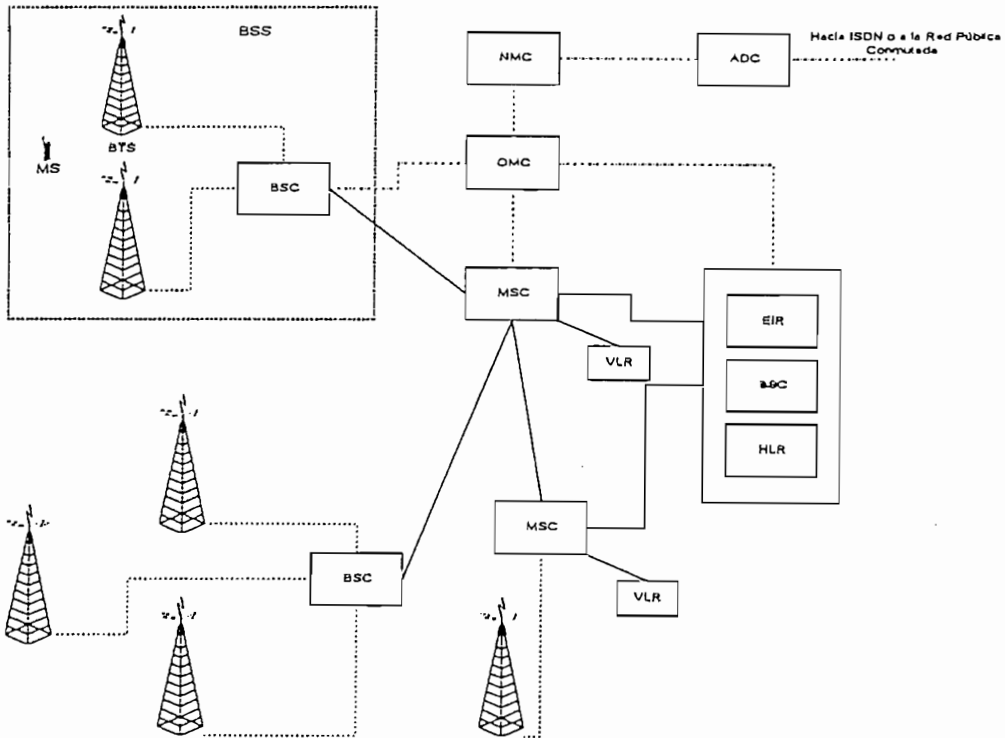


Figura 2.1. Arquitectura de Red de GSM

Codificación de Voz.

- El codificador de voz de GSM se basa en *Residually Excited Linear Predictive* (RELTP), codificador mejorado con la inclusión de *Long Term Predictor* (LTP).
- La velocidad básica del codificador es 13 kbps.

⁸ Intelligent Network : Arquitectura de Redes Inteligentes que relocaliza servicios específicos y bases de datos para conmutar a una o más redes de control y puntos de decisión.

Servicios suministrados por GSM

- Servicios portadores (Transmisión de datos para usuarios corporativos).
- Teleservicios :
 - ⇒ Telefonía, servicio de emergencia.
 - ⇒ Servicios de datos:

El usuario puede recibir y transmitir datos hasta los 9600 kbps a usuarios en redes de *Servicio Telefónico Tradicional*(POTS), *Red Digital de Servicios Integrados* (ISDN), redes públicas de datos con conmutación de paquetes, y redes públicas de datos con conmutación de circuitos usando una variedad de protocolos como X.25 o X.32.
 - ⇒ Grupo 3 de fax.
 - ⇒ Videotex.
 - ⇒ SMS (Servicio de mensajes Cortos): servicio bidireccional para mensajes alfanuméricos pequeños (hasta 160 bytes).
- Servicios suplementarios :

Consiste en desarrollos de los teleservicios o servicios de mensajería:

 - Fase1 :Llamada directa, llamada excluyente.
 - Fase2 :Llamada de identificación, llamada en espera, celebrar multiconferencias
 - Fase 2+: Servicios avanzados de red inteligente “transportables” entre diferentes operadores (servicios CAMEL), la interoperatividad entre los estándares GSM y DCS de tal manera que puedan utilizarse terminales duales, y las aplicaciones avanzadas de datos tanto orientadas hacia aplicaciones de paquetes (GPRS) como a circuitos de alta velocidad (HSCSD)⁹.

Autenticación

- La autenticación es muy poderosa contra fraudes. En GSM y DCS se ha introducido una tarjeta denominada: *Subscriber Identity Module* (SIM), que puede ser instalada fácilmente en los terminales. Cuando un nuevo abonado se suscribe al servicio, recibe del operador una tarjeta SIM donde están grabados sus datos e identificadores en la red.

⁹ HSCSD: High Speed Circuit Switched Data (Datos de Alta Velocidad por Circuito Conmutado)
GPRS: General Packet Radio Service (Servicio General de Radio por Paquetes)

Transferencia de llamada (Handover) ¹⁰

- El handover es asistido por la estación móvil.
- La estación móvil monitorea continuamente otras estaciones base (nivel de señal y BER).
- Los datos en las 6 mejores estaciones base son enviados hacia la red.
- La red decide cuando iniciar el proceso de handover.

Modo de transmisión discontinuo (DTX)

- Para mantener la inteligibilidad de una conversación, usando un detector de actividad de voz (VAD), GSM ha introducido una compensación de ruido en el receptor durante los intervalos de silencio.
- Mediante este recurso se ahorra la potencia de transmisión, reduce la interferencia y prolonga la vida de la batería.

2.2.1.2.2 Sistema Celular Digital Norteamericano Interim Standard 54 (IS-54) (TDMA).

IS-54 constituye la norma celular TIA/EIA TDMA para U.S.A. (EIA, Electronic Industry Association/ TIA, Telecommunications Industry Association) . Con TDMA (Time Division Multiple Access) se divide una portadora en varios intervalos de tiempo consiguiendo mayor número de canales por portadora. IS-54 integró el modo dual (AMPS/D-AMPS) ¹¹ y sus características más importantes son:

- Fácil transición de AMPS a TDMA (Diseñado para ser compatible con AMPS mediante teléfonos de modo dual).

⇒ Reemplaza el canal analógico de 30kHz por uno digital del mismo ancho de banda.

⇒ Mantiene el plan de reutilización de frecuencia.

Interfaz de Aire

- Usa la banda de los 800 MHz.
 - ⇒ Banda de frecuencia del enlace directo: 869 - 894 MHz
 - ⇒ Banda de frecuencia del enlace de regreso: 824 - 849 MHz

¹⁰ El handover es la transferencia de una llamada a otra Estación Base o canal libre cuando el usuario se mueve de una celda a otra o cuando disminuyen las condiciones de propagación por el canal ocupado mientras la llamada está en progreso.

¹¹ Digital Advanced Mobile Phone System (D-AMPS), digitaliza el interfaz de aire y aumenta la capacidad de AMPS.

- IS-54 es un estándar que usa un esquema TDMA/FDMA/FDD.
- Ancho de banda del canal 30kHz.
- Compartición de 3 usuarios en una portadora. (6 usuarios si se usa la mitad de la velocidad de codificación).
- Modulación no constante $\pi/4$ DQPSK.
Este enfoque requiere complejos amplificadores y substancial potencia de la batería.
- Velocidad de transmisión: 48.6 kbps por portadora.
- Duración de la trama TDMA: 20 ms.
- Duración de uno de los 3 intervalos de tiempo de la trama TDMA : $20/3 = 6.67$ ms.

Niveles de Potencia.

- El estándar especifica varios niveles de potencia. Las especificaciones más comunes de potencia para el terminal portátil son de 200mW promedio y 600 mW de potencia pico.

Configuración del sistema

MS	Centro de Autenticación de la Estación Móvil	EIR	Registro de Identificación de Equipo
BS	Estación Base	VLR	Registro de Localización Visitante
MSC	Centro de Conmutación de Servicios Móviles	HLR	Registro de Localización Local
AuC	Centro de Autenticación	NSS	Subsistema de Conmutación de Red

Tabla 2.3. Elementos de la arquitectura de IS-54

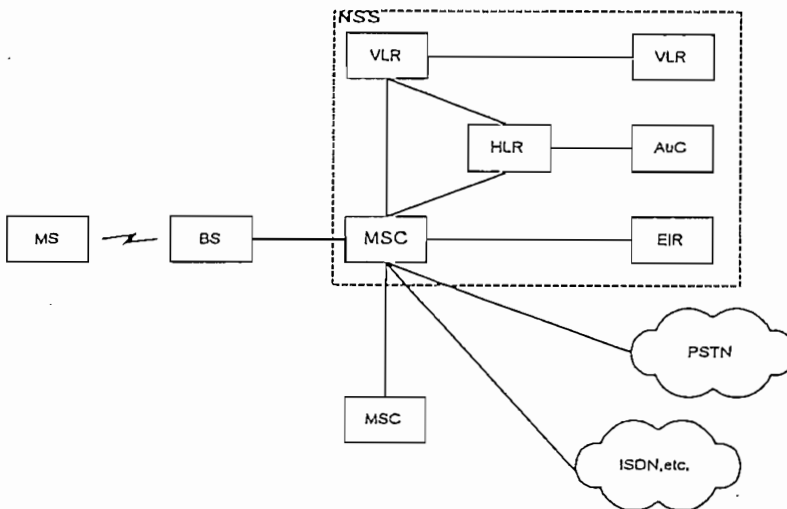


Figura 2.2. Arquitectura de Red de IS-54

Codificación de Voz.

- Usa el algoritmo denominado *Vector Sum Excited Linear Prediction (VSELP)* a 7.95 kbps .

Handover

- El procedimiento de Handover asistido por la estación móvil.
- TDMA hace fácil el monitorear en los límites de las estaciones base.
- El handover asistido por la estación móvil reduce la señalización y permite handovers más frecuentes.

2.2.1.2.3 Radio Celular Digital Japonés JDC.

Conocido también como *Pacific Digital Cellular (PDC)*. La norma japonesa de tecnología celular digital se asemeja a la correspondiente norma americana IS-54. Se revisa brevemente algunas de sus características:

- Dos bandas de frecuencia: 800 MHz y 1500 MHz.
 - ⇒ Banda de frecuencia del enlace directo: 940-960 MHz y 1477-1501 MHz.
 - ⇒ Banda de frecuencia del enlace de regreso: 810-830 y 1429-1453MHz.
- Ancho de banda del canal 25kHz.
- Sistema TDMA/FDMA/FDD
- Modulación: $\pi/4$ DQPSK
- Tres canales por portadora.
- Usando la mitad de la tasa de codificación se tiene 6 canales TDMA.
- Longitud de la trama TDMA: 20 ms.
- Duración de un intervalo de tiempo de la trama TDMA: 6.67 ms.
- Velocidad de transmisión : 42 kbps por portadora.
- Usa la misma codificación de voz que IS-54 (VSELP) pero con una tasa más baja: 6.7 kbps.
- Handover asistido por la estación móvil.
- Niveles de potencia de la estación móvil: 2/0.8/0.3 W.

2.2.1.2.4 Resumen de características en los Estándares Celulares Digitales de Segunda Generación.

La tabla 2.4 resume las características mencionadas anteriormente sobre los principales estándares celulares de segunda generación. IS-95 que será analizado brevemente en el siguiente apartado posee un esquema de acceso distinto a los anteriores.

Característica	GSM	IS-54	JDC
Año de introducción	1990	1991	1993
Frecuencia	890-915 MHz (R) 935-960 MHz (F)	824-849 MHz (R) 869-894 MHz (F)	810-830 y 1429-1453 MHz (R) 940-960 y 1477-1501 MHz (F)
Técnica de acceso	TDMA/FDMA/FDD	TDMA/FDMA/FDD	TDMA/FDMA/FDD
Modulación	GMSK(BT=0.3)	$\pi/4$ DQPSK	$\pi/4$ DQPSK
Separación de portadoras	200 kHz	30 kHz	25 kHz
Velocidad de transmisión	270.83 kbps	48.6 kbps	42 kbps
Número de canales de voz	1000	2500	3000
Eficiencia espectral	1.35 bps/Hz	1.62 bps/Hz	1.68 bps/Hz
Codificación de voz	REL-P-LPT a 13 kbps	VSELP a 7.95 kbps	VSELP a 6.7 kbps
Codificación del canal	CRC con $r=1/2$; L=5 Convolutional	7 bit CRC con $r=1/2$; L=6 Convolutional.	CRC convolutional.
Ecuación	Adaptativa	Adaptativa	Adaptativa
Potencia de transmisión (máxima /media)del terminal portátil	0.8W/125 mW	600 mW/200 mW	2Wmáx

Tabla 2.4. Estándares Celulares de Segunda Generación

2.2.1.2.5 Sistema Celular Digital Norteamericano Interim Standard 95 (IS-95) (CDMA).

IS 95 es la norma celular TIA/EIA CDMA para U.S.A.; CDMA (Code Division Multiple Access; Acceso Múltiple por División de Códigos), es un estándar desarrollado por Qualcomm Inc. que divide las conversaciones rompiéndolas y dispersándolas sobre varios canales en vez de enviarlos en grupo sobre un canal, como lo hace TDMA. Por lo tanto este sistema permite introducir señales de diferente información en un mismo período binario.

Así mismo este estándar cuenta con una excelente calidad de voz, seguridad y privacidad en las comunicaciones por lo que ofrece alta disponibilidad. IS-95 hace uso de CDMA para su configuración celular y tiene las siguientes características:

- Diseñado para ser compatible con AMPS
- Espaciamento de canal: 1.23 MHz
- Banda de frecuencia: 800 MHz.

- ⇒ Banda de frecuencia del enlace directo: 869-894 MHz .
- ⇒ Banda de frecuencia del enlace de regreso: 824-849MHz.

- Modulación *Offset Quadrature Phase Shift Keying* (OQPSK) para el enlace de regreso.
- Velocidad de información máxima de usuario: 9.6 kbps
- Velocidad de canal empaquetado :1.2288Mbps (factor de 128).
- Código de dispersión: PN extenso y Código Walsh.
- Codificación del canal de regreso: código convolucional de tasa 1/3.
- Codificación del canal directo: código convolucional de tasa 1/2.

Codificación de voz

- Usa codificador *Qualcomm Code Excited Linear Predictive* (QCELP) a 9.6 kbps
- El codificador de voz detecta la actividad de voz y reduce la velocidad a 1200 bps durante los intervalos de silencio.
- Una nueva versión: QCELP13 usa el codificador de voz variable a 13.4 kbps e incrementa significativamente la calidad de voz.

Handover

- Soft handoff (handover suave) habilitado por el receptor RAKE (Combina señales de diferentes estaciones base en la unidad móvil y existe una selección inteligente con diversidad de tramas en el enlace de regreso).
- El soft handoff mejora la calidad de la trama y evita la caída de llamadas.

Control de Potencia - General

- La celda transmite una señal de referencia a los móviles
- El móvil compara la potencia recibida con la referencia y ajusta su potencia.
- La potencia del móvil es medida en la celda y el control de la potencia se realiza en pequeñas variaciones.

2.2.1.2.6 Diferencias entre GSM, DCS 1800, IS-54, IS-95 y JDC

En las tablas 2.5, 2.6 y 2.7 se comparan la interfaz de radio entre el terminal móvil y la estación base.

Sistema Celular	Rango más optimista	Rango más pesimista
Sistemas Analógicos FM	11.9 (100%) (promedio)	
GSM	40.0(336 %)	27.7 (233%)
IS-54	74.8(629%)	41.0(345%)
IS-95	83.3(700%)	39.7(300%)
JDC	90.8(763%)	50.0(420%)

Tabla 2.5. Comparación de capacidad (Erlang/km²)

Sistema Celular	Codificación de voz	Tasa Total (incluye control de errores)
GSM-DCS 1800	13.0 kbps	22.8 kbps
IS-54	7.95 kbps	13.0 kbps
IS-95	variable	
JDC	6.7 kbps	11.2 kbps

Tabla 2.6. Comparación de tasas de Voz

Sistema Celular	Modulación	Característica
GSM-DCS 1800	GMSK	Robusta contra la no-linealidad
IS-54	$\pi/4$ -QPSK	Mejor eficiencia espectral
IS-95	O-QPSK	Mejor eficiencia espectral
JDC	$\pi/4$ -QPSK	Mejor eficiencia espectral

Tabla 2.7. Comparación de Esquemas de Modulación

2.2.2 Sistemas para Grupos Cerrados

Constituye otro tipo de sistema móvil, se denominan también *sistemas troncalizados*. En este caso los usuarios móviles no dirigen sus llamadas hacia abonados de las redes públicas, sino que el tráfico se desarrolla mediante llamadas desde y hacia una posición de despacho que controla por ejemplo una flota de vehículos o unidades. Los móviles constituyen en este caso "grupos cerrados", quedando todo el tráfico dentro de los límites del citado grupo.

En estos sistemas son esenciales las llamadas "de grupo" y "general", iniciadas desde el despacho. Esta característica los diferencia de los sistemas celulares tradicionales analógicos, en los que es difícil disponer de esta funcionalidad. Las conexiones son generalmente halfduplex (no se habla y se recibe al mismo tiempo), la duración de la llamada tiene una duración limitada. Los sistemas troncales disponen de un grupo de canales en las estaciones base. Estos canales pueden ser asignados de forma dinámica a los usuarios según un esquema de "acceso múltiple". En los sistemas troncales más avanzados pueden constituirse sistemas regionales, e incluso nacionales, integrados por numerosas estaciones base al estilo de los sistemas celulares (figura 2.3).

Desde el punto de vista tecnológico pueden establecerse 3 grandes grupos de sistemas: Sistemas de frecuencia común / llamada selectiva, sistemas troncales analógicos y sistemas troncales digitales.

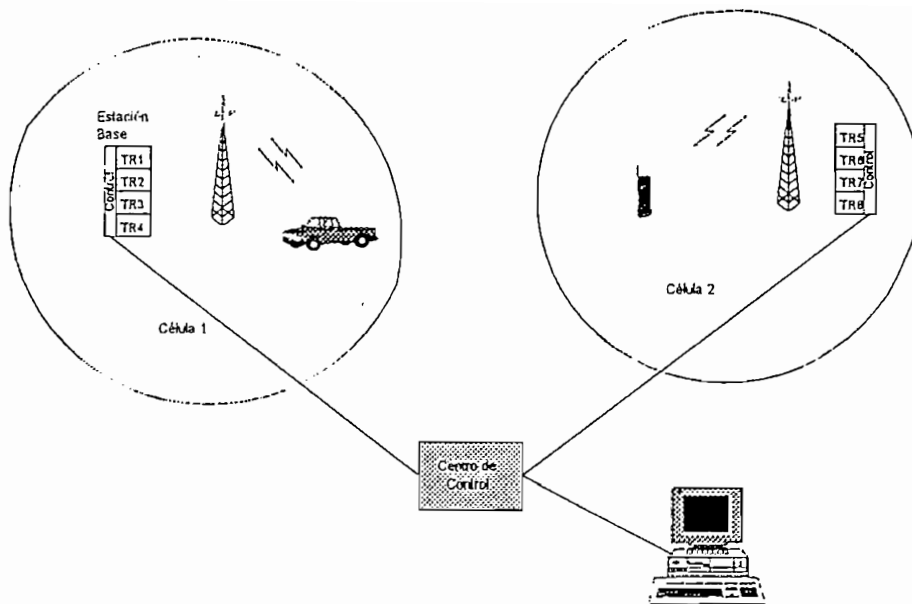


Figura 2.3. Sistemas para grupos cerrados

2.2.2.1 Sistemas de frecuencia común/llamada selectiva

Los sistemas de frecuencia común y llamada selectiva reparten a los usuarios de forma rígida entre los diferentes canales disponibles. Tecnológicamente están obsoletos y en vías de desaparición excepto para aplicaciones muy concretas.

2.2.2.2 Sistemas Troncales Analógicos

Los sistemas que operan actualmente están basados en tecnología analógica en la interfaz radio y siguen la serie de normas MPT -13XX definidas por el Ministerio de Industria y Comercio del Reino Unido (DTI).

Los sistemas MPT-13XX han constituido una especie de estándar en Europa. A pesar de que se han desarrollado en diferentes bandas de frecuencias, han permitido el beneficio de una economía en escala tanto en la infraestructura como en los terminales.

Utilizan modulación de frecuencia (FM) para la voz, y FSK para la información del control sobre un esquema de canales de 12,5kHz y una técnica de acceso FDMA. Los protocolos de control permiten la explotación en régimen de competencia.

Pueden constituirse una gran gama de sistemas en lo que se refiere al tamaño. Desde sistemas "monoemplazamiento", constituidos por una sola estación base, hasta grandes sistemas nacionales en los que las estaciones base se conectan a una compleja red con varios niveles jerárquicos de centros de comunicación .

En cuanto a la gama de servicios, son posibles tanto la telefonía, como los servicios de datos y la mensajería en diferentes modalidades.

La diversidad de sistemas que pueden establecerse permite que la norma GSM-13XX sea válida tanto para aplicaciones públicas como privadas.

Sistemas de este tipo se han desarrollado en un buen número de países europeos (Reino Unido, Alemania, España, etc.), para los diferentes regímenes de explotación mencionados. En algunos países coexisten diferentes aplicaciones simultáneamente (privadas, sistemas locales, sistemas regionales y sistemas nacionales).

2.2.2.3 Sistemas Troncales Digitales

Para unificar la tecnología y disponer de un sistema de características más avanzadas, el ETSI, a través del comité TC-RES, desarrolló un nuevo estándar para este tipo de sistema pero con tecnología digital. Este estándar, que se concluyó en 1996 se denomina **TETRA**.

El estándar TETRA ha previsto 2 tipos de sistemas: para aplicaciones mixtas de voz y datos, y sistemas sólo para datos y por tanto optimizados para este tipo de tráfico.

Se pretende en este caso que los sistemas TETRA puedan compartir infraestructuras, e incluso bandas de frecuencias con los actuales sistemas analógicos. Para ello se ha previsto una canalización de 25kHz utilizando modulación $\pi/4$ DQPSK. TETRA utiliza una técnica de acceso FDMA/TDMA.

Estarán disponibles servicios de telefonía, datos y mensajes cortos, así como la posibilidad de uso en "modo directo", que permite el establecimiento de llamadas directamente entre terminales móviles, sin la intervención de la infraestructura. Se ha previsto, así mismo, un alto nivel de protección contra el intrusismo y las escuchas no autorizadas.

Los sistemas basados en TETRA permitirán, desde configuraciones limitadas tal como es el caso de sistemas con una sola estación base, hasta sistemas nacionales con complejas estructuras de red. Al igual que los actuales sistemas analógicos permitirán la explotación tanto privada como pública en régimen de competencia.

2.2.3 Sistemas de Radiomensajería

Conocidos también como *Paging*, los sistemas de radiomensajería tal como generalmente se les conoce, deberían ser llamados propiamente sistemas de radiomensajería

unidireccional, ya que permite el envío de un mensaje hacia abonados provistos de un pequeño receptor conocido también como *beeper*, aunque últimamente este tipo de servicio esta desarrollando exitosamente las aplicaciones bidireccionales.

La manera en que puede ser enviado un mensaje puede ser tanto automática, por ejemplo marcando un determinado número de teléfono o utilizando un ordenador personal, o alternativamente poniéndose en contacto telefónico con un operador, quien recibe el mensaje y lo retransmite hacia el abonado destinatario.

En lo que respecta a su régimen de explotación, estos sistemas pueden ser tanto públicos como privados (explotados directamente por la organización que los utiliza). En cuanto a la cobertura, la gama abarca desde la cobertura de un país hasta los pequeños sistemas utilizados para cubrir un edificio o parte de él.

Desde el punto de vista tecnológico existe una diversidad de alternativas:

- Sistemas propietarios: Para los sistemas privados de pequeña cobertura.
- El estándar *POCSAG*, definido en la UIT, utilizado por los grandes sistemas públicos de cobertura nacional, bien a la velocidad de 512 bit/s o a 1200 bit/s.
- El estándar denominado *ERMES*, que ha venido a unificar todos los sistemas de este tipo cuya definición ha sido completada por el ETSI. Este nuevo estándar, ya completamente definido, mejora también los servicios y las prestaciones respecto a los sistemas basados en *POCSAG*.

Desde el punto de vista de la interfaz de radio, *ERMES* funciona en la banda de 160Mhz, sobre canales de 25 kHz, específicamente en la banda 169.4 - 169.8 MHz. Presenta la novedad de poder operar en varias portadoras, de manera que los terminales móviles pueden cambiar su frecuencia siguiendo el protocolo definido en el estándar. De esta forma se incrementa la capacidad del sistema.

La estructura de la red es la clásica de un sistema de radiomensajería, pero con la novedad de permitir la interconexión entre diferentes redes, inclusive a nivel de diferentes países, posibilitando de esta manera que un abonado de una red perteneciente a un operador, pueda recibir mensajes en otra, previa indicación de su desplazamiento.

ERMES conserva los 3 recursos básicos de cualquier servicio de radiomensajería:

- * Aviso.
- * Numérico : 20 dígitos
- * Alfanumérico : 400 caracteres

Pero ha aumentado posibilidades, por ejemplo incorpora 8 tonos de aviso diferentes. Incorpora también un nuevo servicio denominado “Datos no formateados” a 64 kbps orientado a aplicaciones de difusión de información.

2.2.4 Sistemas para transmisión de datos

Las aplicaciones de transmisión de datos desde terminales móviles están cobrando cada vez mayor interés, esperándose que para el año 2000 las conexiones móviles para aplicaciones de datos resulten un porcentaje cercano al 20% del total del tráfico de las redes móviles.¹²

En general, y salvo excepciones, las aplicaciones de datos desde terminales móviles se caracterizan por ser tipo transaccional, es decir se produce un intercambio de datos breve y frecuente entre el usuario y un centro de cálculo. Normalmente los usuarios están interesados en acceder a las redes públicas de datos desde sus terminales móviles y esperan que se les aplique criterios de tarificación orientados a la cantidad de información transferida y no al tiempo de ocupación de un canal. También los usuarios suelen demandar interfaces abiertas, de tal manera que puedan desarrollarse aplicaciones complejas normalmente por terceras partes.

2.2.4.1 Alternativas tecnológicas para la prestación de servicios móviles de datos.

De entre todas ellas, las de mayor interés son sin duda las basadas en *sistemas propietarios* y las basadas en los *sistemas celulares con norma GSM/DCS* (figura 2.4).

Los *sistemas propietarios* se explotan bien como sistemas públicos, bien como sistemas privados en régimen de autoprestación. La tecnología más utilizada es sin duda la *Mobitex de Ericsson*, aunque en algunos países se utiliza también el sistema *Datatac de Motorola*.

Actualmente existen algunos países europeos en los que se han concedido licencias para la prestación de servicios de datos basados en interfaces propietarios, normalmente en Mobitex de Ericsson que opera a 8 kbps y puede ser explotada por diferentes operadores de acuerdo al país. Se da esta circunstancia en el Reino Unido, Suecia, Francia, Alemania., Finlandia, Noruega, Bélgica, Países Bajos, en Europa; así como también en Australia, U.S.A, Canadá, Singapur, Chile, Mexico; se ha considerado dentro de las

¹² Estimaciones del ETSI

denominadas WWANs¹³. Otros estándares de redes de área lejana son: CDPD (Cellular Digital Packet Data) que opera aprovechando los canales del sistema AMPS para transmitir datos a una tasa de 19.2 kbps; también IS-54 e IS-95 soportan este tipo de servicio, incluyendo los 2 tipos conocidos: en modo circuito y modo paquete.

Debido a la imposibilidad de transmitir cualquier tipo de tráfico diferente la información vocal a través del codificador GSM, el estándar ha definido unos protocolos propios para la transmisión de tráfico de datos. Al mismo tiempo, y para permitir el interfuncionamiento con las redes públicas, se han desarrollado unas unidades de interconexión que adaptan los protocolos internos a los normalizados. De esta forma, los sistemas GSM y DCS puede facilitar conexiones en modo circuito hacia la Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN), a la Red Digital de Servicios Integrados (ISDN), y hacia las redes públicas de paquetes, en ambos casos siguiendo los protocolos normalizados.

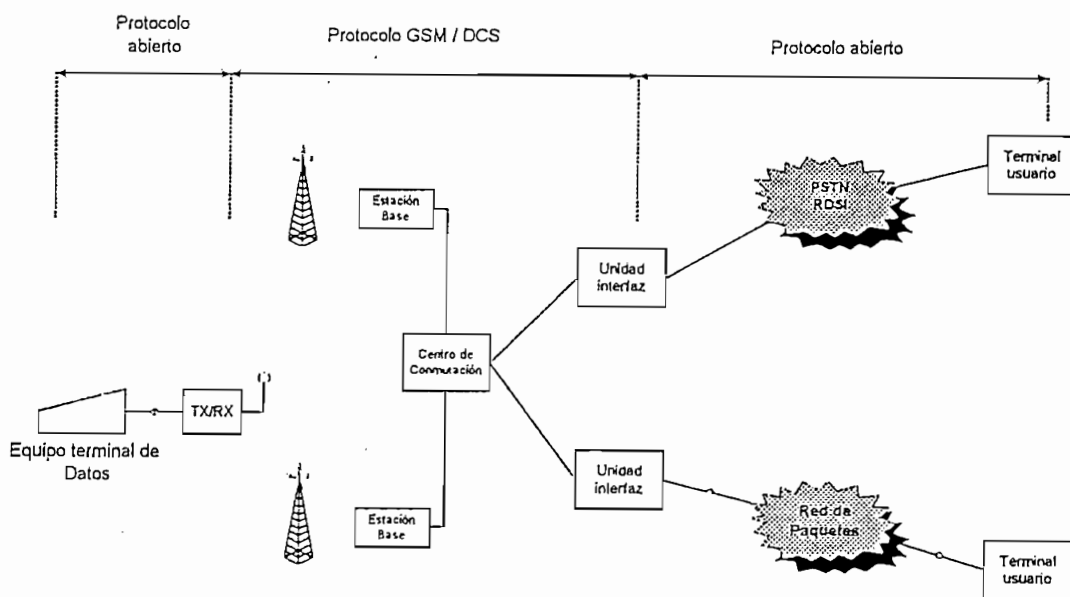


Figura 2.4. Sistemas para datos

Actualmente el estándar GSM/DCS limita la velocidad máxima a 9600 bit/s. En la fase 2+ del estándar se está considerando la posibilidad de adaptar la interfaz radio para mayor velocidad mediante *High Speed Circuit Switched Data* (HSCSD). HSCSD soportará transparencia (hasta 64 kbps) y no transparencia (hasta $4 \times 9.6 = 38.4$ kbps, y más tarde $4 \times 14.4 = 57.6$ kbps). La diferencia esencial entre un servicio transparente y no transparente está en la capacidad de corrección de errores en el canal de radio,

¹³ Wireless Wide Area Networks : Redes inalámbricas de Área Extensa

limitado en el caso transparente, mientras que en el no transparente se introduce un protocolo adicional que pide repetición de ráfagas consideradas erróneas, mejorando así el porcentaje de bits erróneos recibidos.

Al estar orientados GSM/DCS a la conexión tipo circuito, las aplicaciones de tipo transaccional ya mencionadas tiene dificultad para ser implantadas de un modo eficaz. Para ello, también durante la Fase 2+ del estándar se está definiendo un protocolo de acceso basado en la técnica de paquetes: *General Package Radio Service* (GPRS), que permitirá utilizar el sistema con una máxima eficacia. Este servicio tiene como objetivo la ampliación inalámbrica de Internet y de X25 sobre redes GSM/DCS. ¹⁴

Por otro lado, los operadores de sistemas para Grupos Cerrados permiten la utilización de sus sistemas tanto para telefonía como para datos; así se tiene, los sistemas analógicos: MPT 13XX, sistemas troncales digitales: TETRA. Otra opción son los sistemas celulares analógicos con opción módem estándar y módem celular, Telefonía Inalámbrica, sistemas por satélite, etc.

2.2.5 Sistemas por satélite

Hace algunos años se adoptó en Europa el sistema *OmniTracs*, desarrollado en los Estados Unidos y adaptado a las necesidades europeas. Este sistema, que no ha llegado a alcanzar una gran difusión y que utiliza acceso CDMA, se conoce con el nombre de *EutelTracs*. Los servicios que ofrece son:

- ⇒ Servicio de mensajería (en tiempo no real).
- ⇒ Posicionamiento. (Información de latitud y longitud de cualquier punto del planeta)

La tecnología de acceso CDMA ha permitido el apareamiento de nuevos conceptos para el servicio satelital móvil:

2.2.5.1 Sistemas satelitales móviles de órbita terrestre baja y mediana (LEO), (MEO).

Se han definido los siguientes sistemas:

- ⇒ Odyssey (Sistema MEO, altura de la órbita: 10370 km)
- ⇒ Globstar (Sistema LEO, altura de la órbita: 1400 km)

¹⁴ Revista de Telecomunicaciones de Alcatel - 3er trimestre de 1997.

⇒ Aries (Sistema LEO, altura de la órbita: 1020 km)

Características :

- Estos sistemas permiten disponer de una constelación de satélites que a cualquier hora y en cualquier lugar proporcionan una cobertura global.
- Los servicios que pueden suministrar son:
 - ⇒ Voz digital
 - ⇒ Fax
 - ⇒ Transmisión de datos
 - ⇒ Posicionamiento
 - ⇒ Paging (buscapersonas)
- Esquema de acceso CDMA
- Compatible : Complementan los sistemas inalámbricos terrestres y las redes telefónicas públicas.
- “ Roaming global ”: extiende los territorios de las redes celulares con aparatos celulares / satélites de modalidad doble.
- La *Federal Communications Commission* (FCC) propuso una asignación del espectro para satélites LEOs (con tecnología CDMA e IRIDIUM) para uniones de usuario en las bandas: 1610-1626.5 MHz (banda L) y 2483.5-2500 MHz (Banda S).

2.2.5.2 Sistema IRIDIUM

IRIDIUM provee un servicio global de comunicaciones móviles mediante una red global de telefonía inalámbrica a través del Sistema Satelital IRIDIUM y de la extensa cobertura provista por los sistemas celulares terrestres y *Personal Communication Services* (PCS) de todo el mundo.

Características:

- Patrocinan : Consorcio Iridium, LLC.
- Sistema conformado por una constelación de 66 satélites de órbita terrestre baja (LEO), ubicados a 780 km sobre la superficie de la Tierra, interconectados entre sí y con 11 estaciones terrestres de acceso o Gateways distribuidos alrededor del mundo.
- El Servicio de Roaming Celular IRIDIUM (ICRS: Iridium Cellular Roaming Service) permite hacer roaming entre los dos principales tipos de redes inalámbricas terrestres

y el sistema satelital IRIDIUM. Estos dos tipos de redes son IS-41 (AMPS, CDMA, TDMA) y GSM (GSM 900, PCS 1900, DCS 1800). Con ello se tendrá un solo teléfono, número y tarificación a nivel mundial.

- Servicios : Voz, fax, transmisión de datos, Paging, potencial interoperabilidad con sistemas celulares terrestres.
- Calidad de servicio de voz y datos "Premium" con margen de enlace promedio de 16 dB.
- Esquema de acceso del teléfono Iridium: FDMA/TDMA; modulación QPSK.
- Velocidad de transmisión
 - ⇒ Voz: Full - dúplex, 2.4 kbps
 - ⇒ Datos/fax: 2400 baudios
- Antenas de emisión dirigidas eliminan la necesidad de handover.

- Bandas de frecuencia:
 - ⇒ Enlaces de servicio de banda L: 1616-1626.5 MHz, banda L
 - ⇒ Enlaces Intersatelitales: 23.18-23.38 GHz, banda Ka
 - ⇒ Enlaces Gateway-satélites:
 - Downlinks (Enlace descendente): 19.4 - 19.6 GHz, banda Ka
 - Uplinks (Enlace Ascendente): 29.1 - 29.3 GHz, banda Ka

- Equipos a usarse:
 - ◆ Unidad portátil
 - ⇒ Modo simple y modo dual
 - ⇒ Accesorio Móvil (Instalación en vehículos)
 - ⇒ Accesorio Fijo (Instalación Fija)
 - ◆ Pager (mensajería)
 - ◆ Cabina Telefónica
 - ◆ MXU (Unidad Móvil de Conmutación), para conectar líneas telefónicas terrestres.

Las demostraciones se realizaron en febrero de 1997, el servicio comercial global se prevé para el cuarto trimestre de 1988. Además todos los países deberán planear frecuencias adicionales para el futuro crecimiento de los sistemas LEO.

2.3 SISTEMAS PARA BUCLE DE ABONADO

Los sistemas de “bucle de abonado” están destinados a sustituir o complementar el tradicional bucle de abonado de cobre.

2.3.1 Concepto y ámbito de aplicación

El bucle de abonado radioeléctrico es, básicamente, una *forma de acceso*, esto es, una alternativa al resto de medios de transmisión empleados en la red de acceso (cobre, fibra óptica, cable coaxial, etc.). No es por tanto ninguna arquitectura completa ni ningún tipo de servicio, sino una forma de acceder al servicio telefónico básico y a otros servicios de datos/ISDN en iguales condiciones que con el bucle fijo (cableado).

Los métodos convencionales de acceso vía alambres de cobre desde la central local hacia la casa del usuario u oficina generan instalaciones costosas y demorosas. Es así que han surgido opciones diferentes a las tradicionales, llamadas “Radio Local Loop”, traducidas como “Radio en el bucle de abonado” o simplemente “Radio en el lazo local” (RLL), o también denominadas mediante las siglas en inglés “Wireless local loop” (WLL), que es un término genérico para un sistema de acceso que usa un enlace inalámbrico o sistema de radio en lugar del tradicional cable de cobre. Mediante el enlace inalámbrico se disminuye los períodos de construcción así como también los costos de instalación y mantenimiento (figura 2.5).

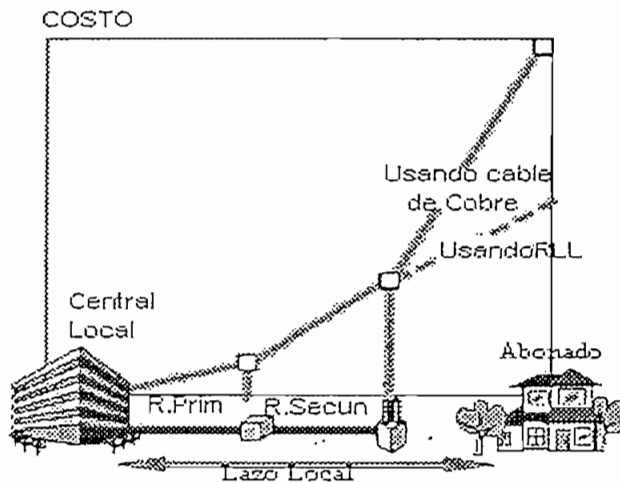


Figura 2.5. Concepto y comparación de costos del lazo local

La rápida disposición de las soluciones basadas en radio trae consigo una atención casi inmediata a la demanda y por tanto genera ingresos antes de lo previsto en relación a la solución por cobre. El costo marginal por abonado prima sobre el costo inicial o fijo, al contrario del caso del cobre. Además el incremento posterior de la demanda puede ser cubierto fácilmente mediante la ampliación de radiocanales.

En cuanto a la atención del ámbito geográfico donde se pretenda desplegar la red inalámbrica, la aplicación puede adaptarse a *entornos rurales o urbanos* dependiendo de la estrategia o de consideraciones políticas o económicas. Dentro de cada uno de los 2 escenarios hay a su vez varios subescenarios (suburbano, rural con mayor o menor densidad, etc.).

El tipo de terminal también es determinante, éste puede ser fijo o móvil.

El terminal fijo (terminal telefónico convencional + adaptador radio) proporciona una mejor calidad de servicio que el terminal móvil, así como un menor costo de infraestructura radioeléctrica (menos estaciones base), además es más sencilla la ingeniería de radio y pueden utilizarse antenas con mayor ganancia (directivas); la instalación puede ser convencional.

Los terminales móviles proporcionan movilidad al cliente y la posibilidad de introducir nuevas modalidades de servicio (por ejemplo tarificar según el área donde se puede mover el cliente). Con los terminales móviles no se necesita supervisión ni mantenimiento; además si se libera el mercado el terminal móvil no supone ningún costo para el operador.

2.3.2 Desventajas y beneficios de la solución Radio Local Loop (RLL)

Las soluciones RLL adolecen de ciertos *inconvenientes*:

- ⇒ Disponibilidad del espectro (a veces se solapa la banda de trabajo de algunos sistemas ya existentes como servicio móvil, radioenlaces, etc.)
- ⇒ Posibilidad de calidad de servicio deficiente (por el método de codificación empleado, por interferencias de ruido, desvanecimientos y distorsiones, etc.)

- ⇒ Limitación de algunos sistemas en la prestación de ciertos servicios (datos, ISDN, servicios suplementario, etc.)
- ⇒ Gestión de numeración (específica por el equipo o acorde con los distritos tarifarios).
- ⇒ Tarifación (específica por el equipo en el caso de movilidad o idéntica al acceso fijo), etc.

Los *beneficios* individuales de RLL son los que se indican a continuación:

⇒ *Costos totales más bajos en la red existente de acceso:*

El mantenimiento del cable existente de cobre se complica frecuentemente y es caro; además, el acceso a algunos edificios puede ser un problema, y, en ciertas áreas, existe inclusive el hurto y vandalismo del cable de cobre. Por esto, reparaciones o cambios en la red (conexión de nuevos usuarios) usando RLL es casi siempre más rápida y menos costosa que usando el cobre.

⇒ *Mejor uso de alimentadores existentes*

En ciertas situaciones, no es necesario reemplazar la línea de suscriptor entera en la red con RLL; la mayoría de los beneficios entran en vigor si la tecnología RLL se usa para los últimos cientos de metros que conducen al suscriptor. Además, un sistema RLL bien diseñado permite mejor uso de los alimentadores existentes y elimina embotellamientos posibles.

⇒ *Provisión de conexiones temporales y transportables.*

En nuevos desarrollos y para servicio temporal, RLL puede usarse para proveer servicios de telecomunicaciones muy rápidamente, sin considerar la condición de construcción. Si se dan cambios en la planificación, una determinada red temporal puede ser fácilmente desmontada y transportada a otro sitio. Esta opción no existe en una línea física de cobre.

⇒ *Servicios adicionales a tarifas especiales.*

Aunque RLL se ofrezca a los suscriptores como un sustituto para el cable de cobre dentro de las tarifas telefónicas normales, RLL incluye algunos servicios adicionales como acceso básico a ISDN ¹⁵, transmisión de datos, movilidad (es decir la capacidad

¹⁵ El acceso básico en ISDN es 2B+D (canal B: 64kbps, canal D:16 kbps), es llamado también *interfaz de velocidad básica* (BRI) a 144 kbps (192 kbps si se añade tramas, sincronización y otros bits de encabezamiento). El acceso primario (PRI) es 30B+D (canal B: 64kbps, canal D:64bps) a 2048 kbps.

para hacer llamadas dentro de ciertas áreas), etc. Esto significa que los nuevos servicios pueden ser suministrados a tarifas especiales.

⇒ *Nueva opción de acceso para vendedores alternativos de la red*

Bajo las regulaciones actuales, los operadores alternativos de red pueden establecer ahora sus propias redes para el acceso al suscriptor, ofrecerán una entrada rápida en una operación comercial de red que ofrece aspectos atractivos. En este aspecto, la mayoría de sistemas RLL no requieren grandes inversiones de capital, y la red puede expandirse gradualmente conjuntamente con la demanda del cliente.

2.3.3 Tecnologías de radio en el bucle de abonado.

A la hora de elegir la tecnología más adecuada para cada caso de aplicación RLL en un determinado entorno o país, se deben tomar en cuenta algunos aspectos claves y condiciones que los sistemas RLL deben cumplir para mirarlos como un reemplazo del cobre existente en la línea del suscriptor.

- *Costo por abonado:* Constituye un factor esencial, en él repercute tanto el costo fijo o inicial de la red como el costo final de abonado. El costo total debe ser bajo, incluyendo el equipo, construcción y costos de mantenimiento.
- *Período de construcción:* Se necesita un sistema que no requieren grandes trabajos de instalación y así los servicios puedan ser suministrados a los abonados mucho más rápido y con una reducción significativa de la inversión inicial de infraestructura.
- *Planificación de frecuencias:* El reuso de frecuencias, sobre todo en los sistemas celulares debe efectuarse con minuciosa planificación, de allí que un sistema que no lo necesite, por ejemplo DECT ofrece una enorme flexibilidad.
- *Facilidad de instalación:* Una de las ventajas ya mencionadas de la radio sobre el cable de cobre en materia de instalación y mantenimiento son los menores costos de personal implicados, dichas ventajas irán aumentando con los avances de la tecnología; sin embargo, de acuerdo al entorno particular la instalación no puede ser tan fácil para terminales fijos con adaptador radio.
- *Disponibilidad de espectro:* Algunas tecnologías emplean una banda para la cual no está asignado el acceso a red fija en algunos países; otros se basan en estándares y así la porción de espectro necesaria está asegurada por las autoridades administradoras del mismo. Un sistema RLL no debe ocasionar ninguna interferencia con la operación

de sistemas existentes, tales como enlaces microondas y diversos sistemas inalámbricos de transmisión.

- *Capacidad, eficiencia y cobertura:* Un sistema inalámbrico será eficiente en cuanto a la utilización del espectro en términos del número de abonados por radiocanal y para un tráfico por abonado determinado. En casos de gran densidad de usuarios el sistema deberá proveer una gran capacidad (tráfico servido por Km²). En entornos rurales no importa mucho la capacidad sino el rango de cobertura desde la estación base hasta los abonados.
- *Calidad y soporte de servicios:* Algunas tecnologías sólo aportan POTS y datos/fax en banda vocal, mientras que otros soportan además acceso básico ISDN y datos a mediana/alta velocidad. La provisión de servicios suplementarios dependerá además del interfaz con la central de conmutación y de ésta misma. Otro aspecto importante es la calidad de voz obtenida, y que tendrá que ver con la naturaleza del sistema (digital/analógico), así como del tipo de codificación empleado.

Desde que un sistema RLL sirve como la línea de acceso para un usuario fijo, debe proveer el mismo nivel de calidad al de los sistemas telefónicos convencionales con respecto a la calidad de conversación, el grado de servicio (GOS), retardos de conexión y de voz. Además, desde que se usan las ondas de radio, deben darse condiciones para protección de la confidencialidad y autenticación del terminal.

- *Búsqueda de estándares:* Actualmente no existe ningún estándar que cubra únicamente la aplicación RLL. Así algunos productos y sistemas se basan en estándares *celulares* o en *cordless telephony*, pero otros son propietarios. Un posible estándar RLL daría lugar a economías de escala, así como un entorno multivendedor pero previsiblemente sólo afectaría al interfaz radio y frecuencia de operación.
- *Reducción en el costo de equipos y terminales:* Si se analiza el costo de terminales portátiles, estos tienden cada vez más a la baja debido a su producción en masa y componentes específicos. Sin embargo el precio de los equipos RLL no experimentan igual situación ya que sus componentes son más o menos estándar (tarjetas de interfaz, baterías, etc.), los cuales han llegado a su etapa de madurez en cuanto a costo y no se prevé grandes bajadas de precio de los mismos.

Las tecnologías empleadas como solución RLL son muy variadas dependiendo del campo de aplicación (figura 2.6):

- ⇒ Punto a multipunto.
- ⇒ Celular Analógico o Digital
- ⇒ Acceso de radio fijo, FRA (propietario o celular).
- ⇒ Satélite y Monocanal.
- ⇒ Cordless Telephony (Telefonía sin hilos o Telefonía Inalámbrica)¹⁶

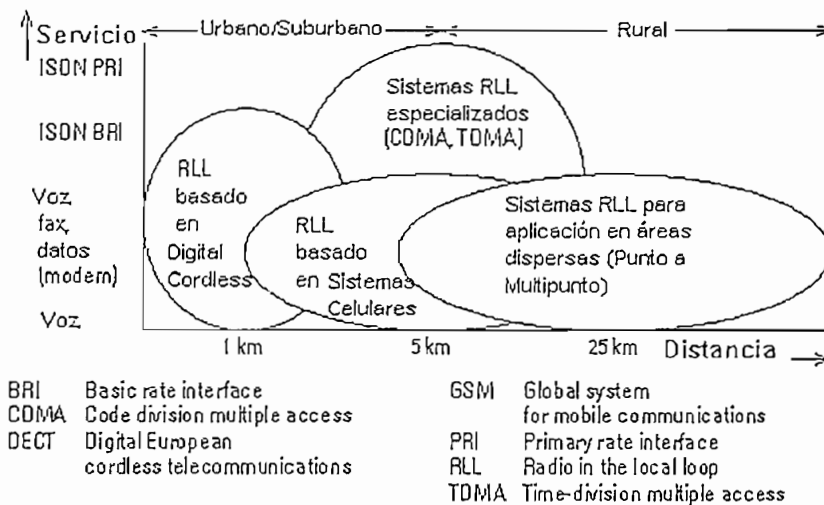


Figura 2.6. Algunas tecnologías para RLL

2.3.3.1 Sistemas RLL punto a multipunto

Estos sistemas constituyen una alternativa económica para el bucle de abonado en aquellas zonas que por su lejanía o escasa densidad de abonados no resulte adecuado el tendido de cobre; sin embargo, la técnica punto - multipunto se puede usar también como método de transporte para sistemas de alta capacidad.

El equipo de comunicaciones se basa en las tecnología que usan Multiplex por División de Tiempo/Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDM/TDMA) y se denominan específicamente sistemas punto a multipunto (P-MP).

¹⁶ Conocida también como Digital Cordless, modalidad tecnológica que incluye una gran variedad de estándares. Se estudiará como tema principal más adelante

La arquitectura típica de estos sistemas consta de una unidad central (una por sistema), estaciones repetidoras y estaciones de abonado. En función de su distribución geográfica, los abonados se conectan en grupos a una estación remota, que puede ser terminal o repetidora situada en el centro de cada grupo de abonados. Un sistema suele permitir: 256, 512 o más abonados dependiendo del fabricante. El tráfico se concentra en 30 o 60 circuitos que son asignados dinámicamente a petición de los abonados. Normalmente operan en la banda de 1.5GHz y 2.5GHz (Figura 2.7).

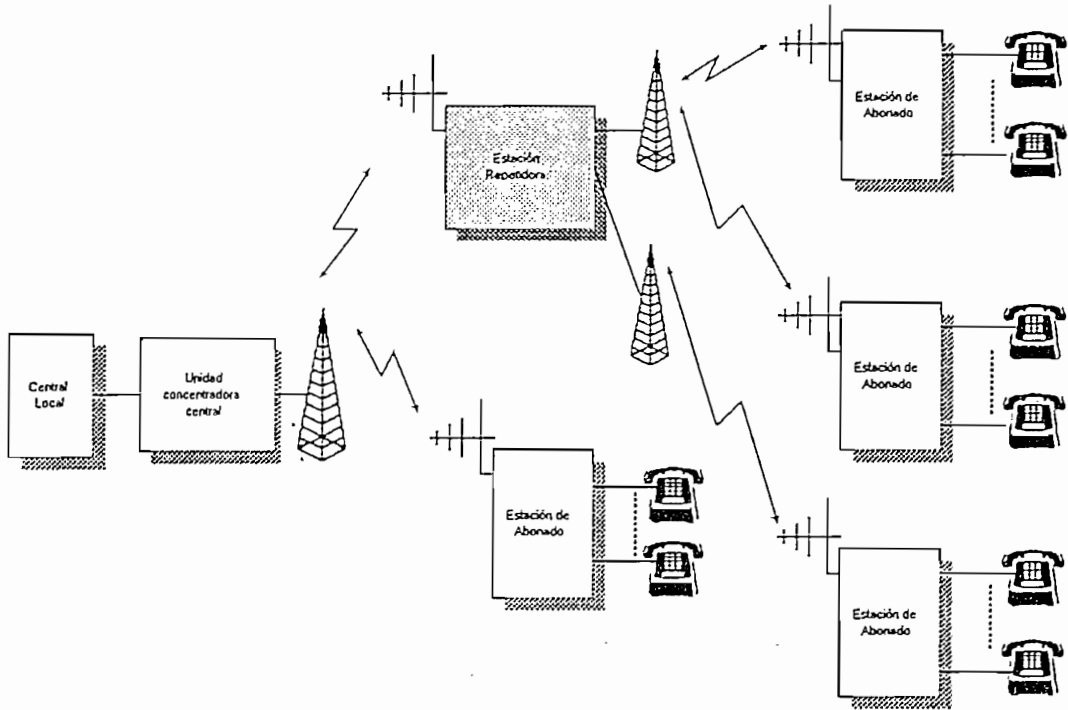


Figura 2.7. Sistemas multiacceso (P-MP)

La unidad central es el corazón del sistema y se conecta con la central de conmutación a nivel de línea o a 2Mbps (interfaz V5.2); todas las estaciones de abonado se conectan a la unidad central mediante TDMA, mientras que la unidad central se conecta con las estaciones de abonado por TDM. Los abonados se conectan a las estaciones de abonado mediante pares de cobre con una longitud de bucle máxima similar a la usada en las instalaciones convencionales. La capacidad por estación de abonado es de 4,8,32,64 o 128 abonados. Las tarjetas de línea pueden ser de telefonía, acceso básico ISDN (2B+D) a 144 kbps o datos a $N \times 64$ kbps.

Debido a su pequeña capacidad en términos de abonado/sistema estos sistemas son orientados al ámbito rural ya que son ideales para cubrir agrupaciones remotas de abonados con un gran rango de alcance (50 km.), el cual puede ser extendido con el uso de estaciones repetidoras. Los *inconvenientes* de esta tecnología son: altos costos iniciales (dependiendo de la modularidad del equipo), interfaz con la central de conmutación no normalizado (con concentración, por ejemplo V5.2), necesidad de acometida metálica (par de cobre), así como una escasa capacidad para mayores densidades fuera de su campo de aplicación: núcleos de poblaciones rurales.

2.3.3.2 Sistemas RLL celulares para densidades medianas de abonados

Los sistemas celulares son más sofisticados que otras opciones RLL, pero no son necesariamente una solución más competitiva para el bucle de abonado. Se basan en adaptar la infraestructura celular existente para la provisión del servicio móvil y fijo. Las modificaciones se refieren básicamente al terminal de abonado (adaptador de radio) y al software de la central de móviles (caracterización de abonado fijo), o en general, modificar cualquier elemento inteligente como los controladores de estaciones base.

Los sistemas celulares analógicos tiene algunas *ventajas* para aplicaciones RLL: adaptación simple para la provisión del servicio fijo, componentes de bajo costo y tecnología probada y contrastada. Sus *desventajas* son: calidad inferior al estándar POTS, escasa seguridad y privacidad, limitado potencial para la bajada futura de costos y la imposibilidad de soportar plenamente servicios como fax y datos.

Los sistemas celulares digitales, por su parte presentan como *ventajas*: un uso eficiente del espectro (ya disponible), un mercado de masas que hará bajar los costos, así como una buena calidad de servicio. Sin embargo la calidad de voz sigue siendo menor que para el servicio fijo. Además se requieren modificaciones más complejas para la aplicación RLL que para el caso analógico y la provisión de servicios avanzados todavía no está resuelta.

De entre las alternativas más conocidas por ejemplo GSM, AMPS, sus arquitecturas están optimizadas para cubrir grandes áreas para telefonía celular, por ejemplo celdas con radios de 30 km en el caso de GSM, pero no es la más adecuada para soportar grandes volúmenes de tráfico, típicas de las redes fijas en áreas urbanas y suburbanas; soporta densidades de hasta 1000 usuarios por km², en estos casos la planificación de frecuencias es problemática. Esto hará que se complementen con otras tecnologías como la *Telefonía Digital Inalámbrica*.

Otros estándares posteriores como DCS1800 (que opera en 1.8 GHz y tiene mayor capacidad) diseñados para implementarse en PCN (Redes de Comunicación Personales) utiliza *microceldas* con el fin de soportar eficientemente altos tráficos en áreas urbanas. Soporta servicios de fax y transmisión de datos, pero no servicios que requieran mayor ancho de banda.

Para la aplicación de bucle de abonado, los sistemas DCS 1800 o PCS 1900¹⁷ utilizan celdas de 1 o 2 km de radio, con un número grande de estaciones base y de baja potencia.

En áreas más densamente pobladas la capacidad puede incrementarse mediante la instalación de antenas directivas y celdas de varios sectores. Esto ha acarreado problemas de altos costos en infraestructura ya que celdas más pequeñas suponen un mayor número de estaciones base.

2.3.3.3 Acceso de radio fijo, FRA (propietario o celular)

Son sistemas que parten de la idea de utilizar las redes móviles celulares en el bucle de abonado con terminales fijos + adaptador radio en entornos rurales, se dedujo que muchas de las funcionalidades de la tecnología celular no tenían sentido para este tipo de aplicación. Por esta razón los suministradores se limitaron a configurar sistemas basados en la tecnología celular pero sin central de móviles ni registros de localización, los cuales operan en la banda por encima de 2GHz, por lo que no es necesario por parte de un operador que utilice esta tecnología acceder a una licencia de telefonía móvil celular. Pueden ser de tipo propietario (con tecnología FDMA, TDMA, CDMA, etc.) o basados en algún estándar celular (NTM, TACS, AMPS, etc.).

Su arquitectura consta de estaciones base, controladores de estaciones base (sólo en el caso celular fijo), y terminales de abonado (figura 2.8). Estos sistemas utilizan varias portadoras (FDMA), varios intervalos de tiempo por portadora (TDMA) o única con diversidad de códigos (CDMA). Los canales telefónicos son codificados básicamente a 32 kbps. El uso de tecnologías avanzadas de compresión de voz incrementa el uso eficiente de la frecuencia pero como consecuencia se deteriora la calidad de voz.

Las *ventajas* de los sistemas FRA son un diseño a medida de las aplicaciones RLL, facilidades de reuso de frecuencias, y espectro disponible (para FRA propietarios).

¹⁷ PCS 1900 es un estándar que trabaja en la banda de 1900 MHz, se basa en GSM y está orientado para aplicaciones en *Personal Communication Services (PCS)* (Norteamérica). DCS 1800 es el equivalente europeo.

Las *desventajas* que presentan son: menor capacidad de abonados y en menor medida el rango de alcance. En áreas densamente pobladas la capacidad es una restricción importante frente a la cobertura, mientras que en las áreas rurales sucede lo contrario. Se puede conseguir rangos de hasta 20 km para zonas rurales. Otras desventajas son la problemática del interfaz con la central ya que todavía no está completamente normalizado, y la falta de espectro para soluciones de tipo celular fijo que operan lógicamente en las mismas bandas que los estándares en los que están basados.

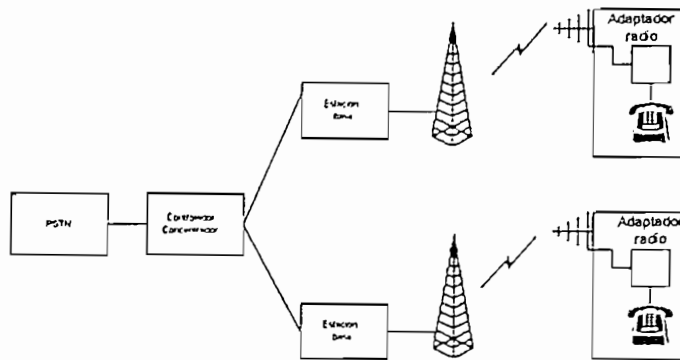


Figura 2.8. Acceso de Radio Fijo (FRA)

Desde el punto de vista económico están en desventaja frente a los sistemas celulares analógicos debido principalmente a que estos últimos están en su fase de madurez en cuanto a volumen de producción y las sistemas FRA son básicamente soluciones propietarias. Sin embargo los sistemas FRA presentan mayor calidad y seguridad de las comunicaciones telefónicas.

2.3.3.4 Sistemas monocanales y por satélite

Constituyen una alternativa extrema para atención de la demanda original, de modo provisional o definitivo. También son la solución óptima para cubrir grandes distancias o cuando la orografía del terreno es demasiado complicada para soluciones radio terrestres, o simplemente cuando se requieren grandes niveles de concentración de tráfico (satélite). En cualquier caso, estas tecnologías pueden servir como soluciones provisionales hasta que se den otras soluciones justificables económicamente.

La solución satelital puede usar por ejemplo los sistemas VSAT que tienen diferentes configuraciones: una de ellas se basa en una red en estrella con un sólo Hub situado en

una estación terrena hacia el satélite con Acceso Múltiple Asignado bajo Demanda(DAMA) y con antenas en estaciones remotas de 1.2m de diámetro. Para la aplicación RLL se podría considerar tarifa de abonado fijo y encaminamiento especial(mediante desvíos) para conservar la numeración del distrito de tarificación provincial donde se encuentre cada abonado servido mediante esta tecnología (figura 2.9).

En nuestro país se tiene un servicio satelital doméstico desde 1994: el sistema DOMSAT que está reemplazando antiguos sistemas en la región oriental y también brinda servicio a otras zonas rurales del país. Una estación típica usa una antena de 4m de diámetro y posee capacidad de 4, 8 o 16 canales por sitio, proporcionando servicio de voz y datos . Para un número igual o mayor a 16 canales es necesario instalar una central en el sitio de la antena. El sistema DOMSAT usa el satélite geostacionario INTELSAT VII.

Los sistemas monocanales constan de una estación de radio por abonado con un esquema punto a punto con otra estación situada en la central de conmutación. Ello supone el empleo de un par de frecuencias por cada abonado (esto genera problemas de disponibilidad del espectro). Esta solución constituye un precedente tecnológico a los sistemas punto a multipunto (P-MP) (Figura 2.10).

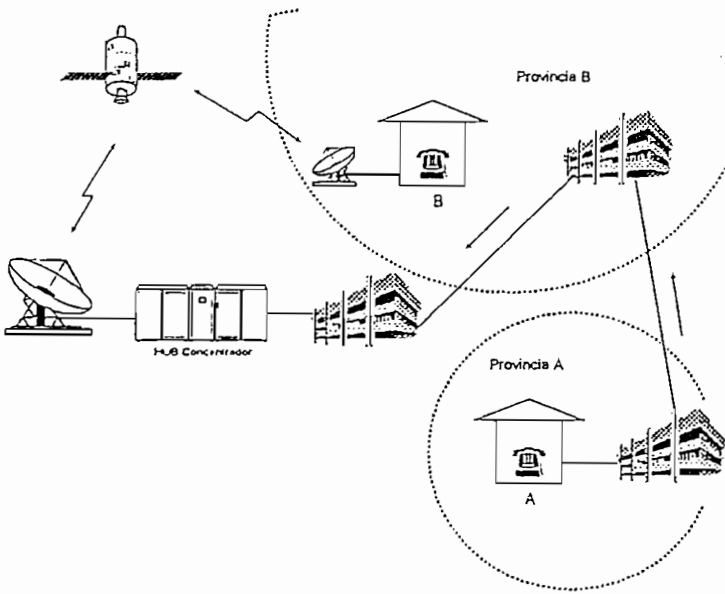


Figura 2.9. Solución mediante satélite

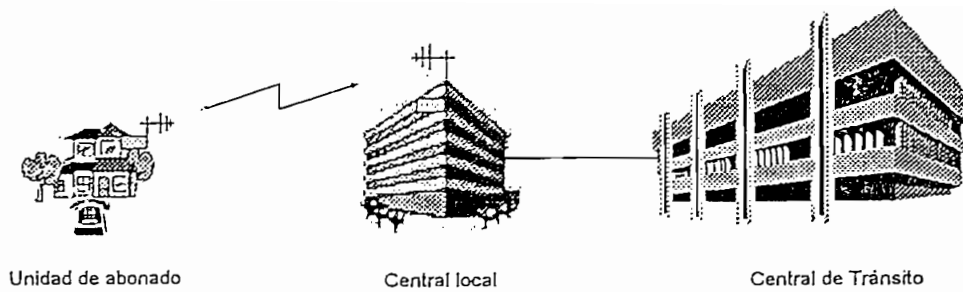


Figura 2.10. Solución con monocanal

La gran desventaja de estos dos tipos de sistemas es su elevado costo, por lo que se utilizan para casos excepcionales. Los sistemas monocanales presentan el inconveniente adicional de un excesivo consumo de frecuencias, y los sistemas VSAT una degradación de la calidad de servicio sobre todo cuando se da un doble salto (comunicación entre dos abonados conectados mediante estaciones VSAT).

Las soluciones satelitales del futuro, pero encaminadas a las comunicaciones personales se darán mediante los sistemas satelitales móviles como: Iridium, Globstar, Odyssey, etc., mencionados en párrafos anteriores.

2.4 TELEFONIA INALAMBRICA

Denominada en inglés como *Cordless Telephony* (Telefonía sin hilos). La Telefonía Inalámbrica empieza a desarrollarse en los años 70 y fue diseñada para trabajar con cualquier teléfono casero. El principio de operación fue usar un enlace de radio dúplex de baja potencia para conectarse a la estación base la cual en turno conectaba al teléfono. Como llegó a ser popular se produjo el problema de escasez de frecuencias. La señalización fue por tonos y generalmente no tenía control de seguridad por lo que existían problemas de intrusión.

Posteriormente se asignó más espectro para este servicio y se construyeron equipos que incluían códigos de seguridad que prevenían líneas ilegales.

Se puede definir entonces a la telefonía inalámbrica como una tecnología complementaria de la telefonía celular pero con características claramente diferenciadas:

- Baja movilidad
- Baja potencia
- Uso de pico, micro y macroceldas de acuerdo a la densidad de usuarios.
- Alto tráfico y reuso de frecuencia.
- Larga duración de llamadas.
- Etc, etc.

2.4.1 Evolución de aplicaciones

La telefonía inalámbrica ha mejorado sus servicios de acuerdo al avance de la tecnología y ha tenido aplicaciones específicas (figura 2.11):

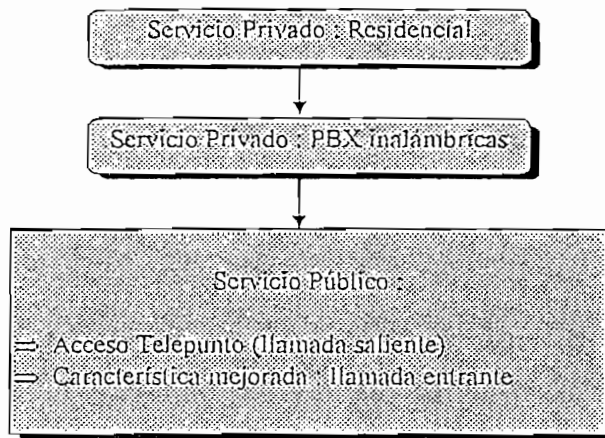


Figura 2.11. Evolución de Aplicaciones de la Telefonía Inalámbrica

2.4.1.1 Servicio Privado: Residencial

Este servicio reemplaza el cable entre el microteléfono y la unidad base. Entre sus características más importantes se tiene:

- ⇒ Diseño aislado pues no existe especificaciones de interoperatividad.
- ⇒ Metas de diseño: Minimizar costos y maximizar el tiempo de conversación.

2.4.1.2 Servicio Privado: PBX Inalámbricas

Ofrece un servicio inalámbrico para grandes edificios y para el ambiente de negocios que en ellos se desarrolla. En este caso cada estación base brinda servicios a varios microteléfonos. Sus características más representativas son:

- ⇒ Movilidad restringida: Estructura celular y handover entre celdas.
- ⇒ Especificaciones de interoperatividad requeridas.

2.4.1.3 Servicio Público: Acceso Telepunto

Para el servicio público las estaciones base y repetidores están ubicadas en sitios estratégicos como: a lo largo de las calles, en aeropuertos, estaciones de ferrocarril, centros comerciales, zonas industriales, etc. (Figura 2.12). Tiene como características:

- ⇒ Suministra varios puntos de acceso a un bajo costo.
- ⇒ Es un servicio limitado a *llamadas salientes*.
- ⇒ Cada sitio es una simple conexión a la Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN).
- ⇒ La tarificación del teléfono es inalámbrica.
- ⇒ Diseño del microteléfono con tamaño y pesos mínimos.

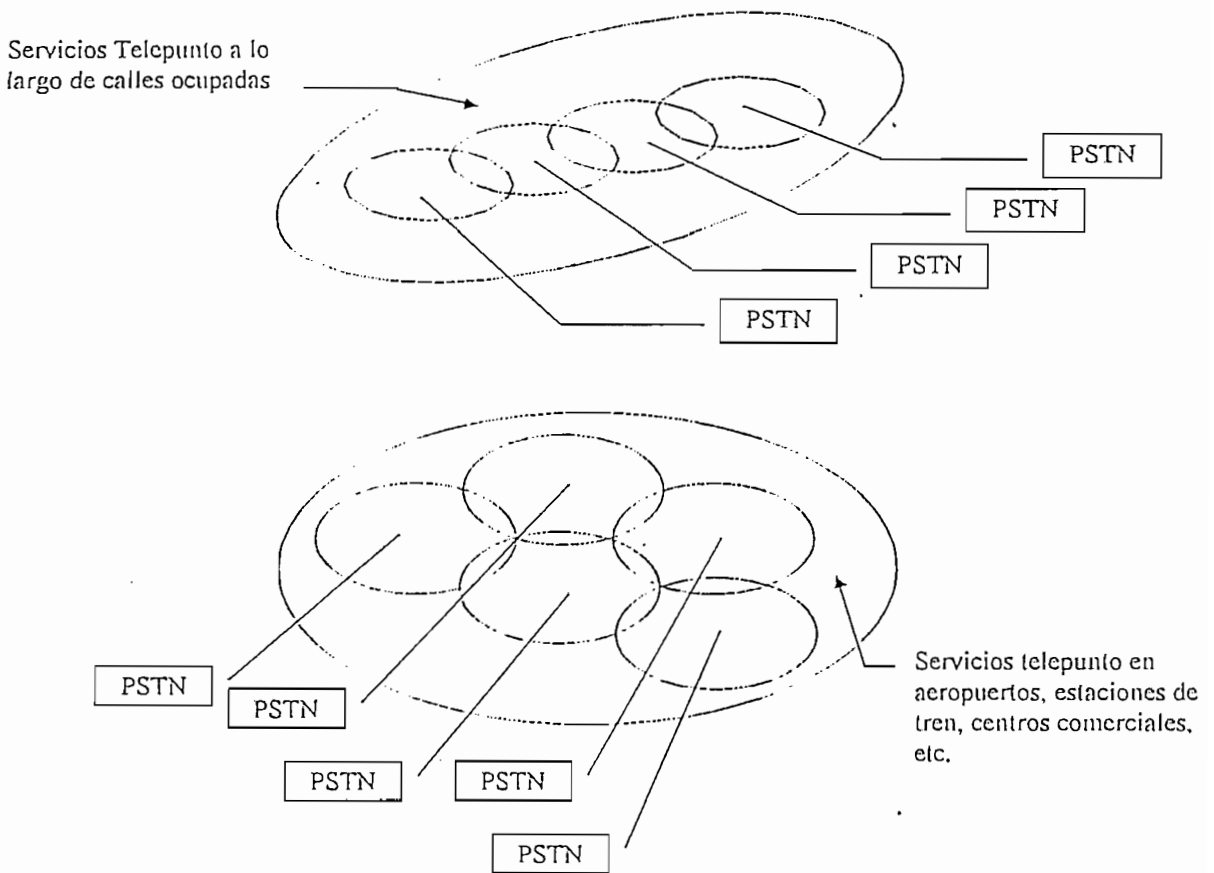


Figura 2.12. Localización de Servicios Telepunto

2.4.1.4 Servicio Público Avanzado: Llamada entrante

Este servicio tiene la capacidad de aceptar llamadas entrantes al sistema y con ello aumentar la complejidad en la gestión de la red.

Disponibilidades :

⇒ Estación base controladora

⇒ Rastreo y registro de la localización del usuario: El microteléfono monitorea y se mantiene enganchado a la óptima o más cercana estación base.

Características :

⇒ Microteléfono de alta complejidad y mayor consumo de potencia.

⇒ Similar a la telefonía celular pero con muy baja movilidad.

La figura 2.13 resume los servicios y aplicaciones descritas anteriormente:

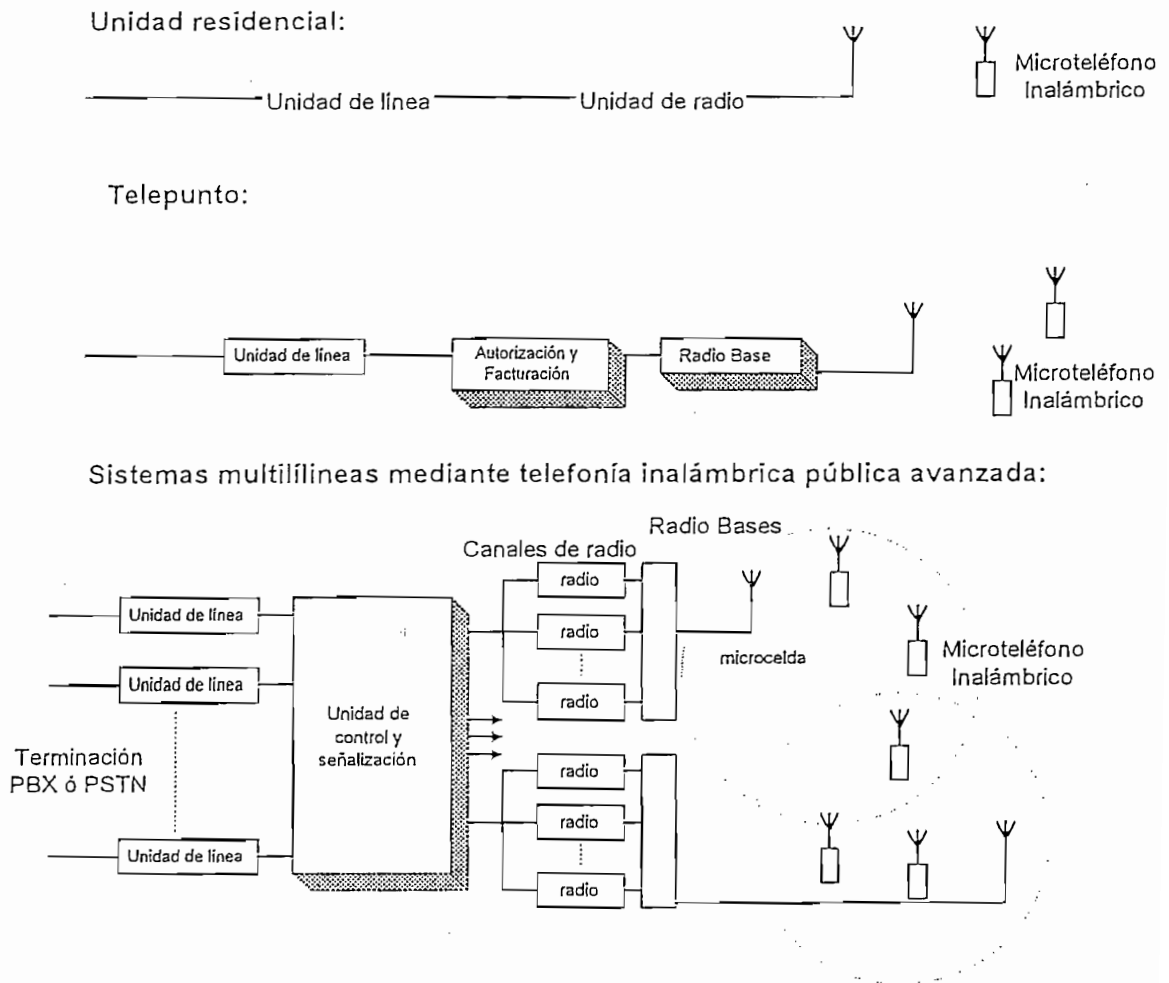


Figura 2.13. Aplicaciones de sistemas de Telefonía Inalámbrica

2.4.2 Evolución de Tecnologías y Estándares

Desde la aparición de las primeras aplicaciones de este tipo, se han desarrollado diferentes alternativas tecnológicas para los *teléfonos sin hilos*; distinguiéndose, por generaciones:

- ♦ Primera generación: Telefonía Inalámbrica Analógica
- ♦ Segunda Generación: Telefonía Inalámbrica Digital.

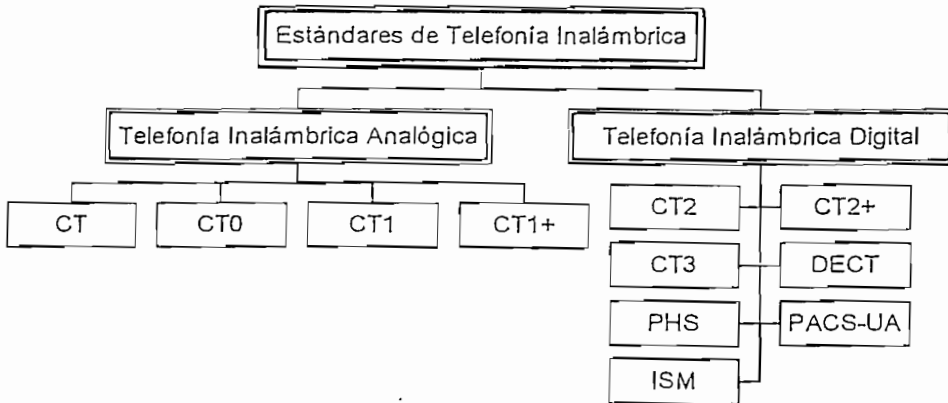


Figura 2.14. Estándares de Telefonía Inalámbrica

En la figura 2.14 se resumen los estándares de Telefonía Inalámbrica a tratarse. Cabe anotar que algunos de ellos como DECT, PHS y PACS han sido diseñados para soportar no solo esta tecnología sino también para aplicaciones más avanzadas en servicios como PCS y PCN.

2.4.2.1 Primera Generación: Telefonía Inalámbrica Analógica

2.4.2.1.1 North American Cordless Telephone (CT)

Este estándar fue introducido en el mercado a finales del los 70 en Estados Unidos y tenía las siguientes características:

- ⇒ Servicio privado y residencial
- ⇒ 25 pares de frecuencias en la banda de los 46 MHz (Transmisión de la estación base) y banda de los 49MHz. (Transmisión del microteléfono).
- ⇒ Ancho de banda de emisión: 20kHz.
- ⇒ Potencia radiada efectiva (ERP) muy baja: 20 μ W.

⇒ Modulación FM

Este sistema alcanzó en ventas 60 millones de unidades en cuatro años a costos individuales de U.S.\$ 50 a \$100 y fue usado sin licencia en Europa.

2.4.2.1.2 Cordless Telephone 0 (CT0)

Originario en el Reino Unido y Francia, llamado también MPT 1132. Aunque no constituye un estándar realmente, es una de las tecnologías más difundidas por su bajo precio. Esta alternativa es tecnológicamente muy simple, se basa en modulación de FM y una funcionalidad de gran sencillez, caracterizándose por:

⇒ Cierta similitud al estándar analógico norteamericano (CT)

⇒ 8 pares de canales en las bandas de 41.7 MHz.(Transmisión de la estación base) y banda de los 47.5MHz. (Transmisión del microteléfono).

⇒ Calidad de voz deficiente y limitado número de canales accesibles por cada microteléfono (2 pares).

⇒ Limitado a uso doméstico

⇒ No protegido contra escuchas fraudulentas.

Este sistema alcanzó 4.7 millones de unidades en operación.

2.4.2.1.3 Cordless Telephone 1(CT 1)

El estándar CT1 fue realmente la primera norma ETSI y CEPT para este tipo de aplicaciones, y su definición data de principios de 1983. Este estándar está orientado a teléfonos sin hilos para aplicaciones residenciales. Utiliza una tecnología analógica (modulación de FM) en la banda de 900MHz, con selección automática de canal libre.

Sus características y funciones le hacen mucho más interesante que el CT0, pero su mayor precio ha limitado en gran medida la introducción de este tipo de teléfonos en el gran público que ha preferido el CT0 por su menor precio.

Características :

⇒ Uso doméstico

⇒ Tecnología analógica (FM)

- ⇒ Acceso FDMA, 40 pares de canales dúplex de 25 kHz cada uno en las bandas de 914-915MHz.(Transmisión del microteléfono) y banda de los 959-960MHz. (Transmisión de la estación base).
- ⇒ Selección dinámica de canales (DCS) durante la realización de la llamada. Probabilidad baja de bloqueo de llamada.
- ⇒ Incompatibilidad de equipos entre diferentes fabricantes pero permite mejoras futuras (por ejemplo encriptamiento para proteger la privacidad de la conversación).

2.4.2.1.4 Cordless Telephone 1 Plus (CT 1+)

El estándar CT1+ fue comercializado en Bélgica, Alemania, Suiza y constituyó una mejora a CT1 .

Características :

- ⇒ Ofrece 80 canales debido a la adición de nuevas bandas : 885-887MHz. y 930-932MHz.
- ⇒ Provee más canales para aplicaciones de negocios.

Los estándares CT 1/CT1+ produjeron ventas anuales de 2.2 millones de unidades.

2.4.2.1.5 Sistema analógico de telefonía inalámbrica en Japón .

Dicho estándar tiene las siguientes características :

- ⇒ Dispone de 89 pares de canales dúplex en las bandas de 254MHz.(Transmisión del microteléfono) y 380MHz. (Transmisión de la estación base).
- ⇒ Dos canales de control dedicados para facilitar conexiones rápidas y ahorrar el consumo de las baterías.
- ⇒ Ventas : 20 millones con un promedio de 3 a 4 millones por año.

2.4.2.2 Segunda Generación : Telefonía Inalámbrica Digital

Conocida también como *Digital Cordless*. La segunda generación de los sistemas de Telefonía Inalámbrica imponía algunas metas para mejorar el servicio :

- Mejorar la calidad de voz
- Incrementar aplicaciones potenciales : “*comunicaciones con movilidad*” (es decir servicio telepunto, PBX inalámbricas).
- Incremento de movilidad : Estructura celular y handover entre celdas.

- Provisión de seguridad contra accesos no autorizados.
- Diseños para altas densidades de usuarios.
- Incremento de robustez contra la interferencia.

2.4.2.2.1 Cordless Telephone 2(CT2)

A finales de los 80, en 1987 se desarrolla el estándar CT2, impulsado fuertemente por el Reino Unido. Esta tecnología, ya digital pero con técnica de acceso FDMA, fue prevista tanto para aplicación doméstica como para su utilización en centralitas sin hilos (Wireless PBX). Bajo la iniciativa de la Administración del Reino Unido incluso se desarrolló un servicio de acceso público unidireccional (Telepunto).

Características :

- CT2 es un sistema digital que usa acceso *Multi Carrier / Time Division Duplexing* (MC/TDD). Es decir existen 40 portadoras, cada una de ellas proporciona un canal dúplex; al existir únicamente una banda de frecuencias cada portadora soporta transmisión y recepción mediante técnica de división doble de tiempo(TDD).
- En Europa CT2 opera en el rango de 861 - 865MHz. Sin embargo no todos los sistemas operan en ese rango, el Reino Unido usa la banda de 864-868MHz.
- La banda es dividida en 40 canales, cada uno tiene un ancho de banda de 100kHz, los canales son accedidos mediante *Acceso Múltiple por División de Frecuencia* (FDMA). El estándar usa DCS (Selección dinámica de canales) y está diseñado para una densidad moderada de usuarios.
- La modulación usada es FSK binaria de la forma gaussiana (GFSK) con $BT = 0.3$.
- La voz es digitalizada a 32 kbps, usando ADPCM (Modulación por codificación de pulsos adaptativa diferencial), que está de acuerdo al estándar UIT G.721 y que ofrece mejor calidad de voz que la derivada en los sistemas celulares.
- Velocidad total de datos de 72 kbps.
- 1 canal dúplex por portadora y duración de trama de 2 ms.
- Potencia de transmisión promedio del microteléfono de 5mW. y potencia pico de 10mW.
- El peso específico del terminal es de 180 g. por ser teléfono de bolsillo. El sistema CT2 ofrece un alcance máximo de 200m.

Inicialmente fue desarrollado como estándar de coexistencia, es decir con soporte de servicio telepunto y *roaming* (seguimiento) entre diferentes proveedores de servicio. Luego pasó a ser un estándar CAI (Interfaz Común de Aire) , denominado CT2/CAI y adoptado por el ETSI en 1992 para existir junto con DECT como estándares europeos.

Aplicaciones :

- Soporta aplicaciones residenciales, PBX inalámbricas y acceso telepunto pero con la limitante de no permitir llamadas entrantes .
- Este estándar fue promovido especialmente como un estándar telepunto ya que incorpora señales para tarificación lejana. Además algunos fabricantes han desarrollado microteléfonos que incorporan un *beeper* para superar la limitación de llamadas entrantes.
- El diseño apunta a proveer bajo costo y un servicio sencillo para telecomunicaciones inalámbricas ya que tiene un rango limitado de cobertura.

Penetración del servicio telepunto :

- El estándar CT2 ha tenido una tímida implantación fuera del propio Reino Unido, e incluso en este país la aplicación Telepunto no fue sobresaliente.
- Otros países que usan el estándar son :Hong Kong con 150,000 usuarios y el sudeste de Asia : Malasia, Singapur, Tailandia y China.

De evaluaciones que se ha hecho a CT2, se han tenido quejas de los usuarios como: dificultad de encontrar las estaciones base, una pobre cobertura y demasiado complejidad del microteléfono. Además el handover es limitado para velocidades muy bajas es decir únicamente para usuarios con velocidades terrestres .

2.4.2.2.2 Cordless Telephone 2 Plus (CT2+)

El Estándar CT2 Plus (CT2+) o también llamado PCI propuesto por Northern Telecom, Canadá en 1993 constituye una versión mejorada de CT2 .Tiene la ventaja de ser compatible con CT2 CAI ya que es capaz de identificar a CT2 y conectarse de acuerdo a este estándar. Trabaja en la banda de frecuencias: 944 - 948MHz y añade características adicionales :

- Usando uno o más de los canales diseñados para señalización puede proveer mejor handover y agilidad en frecuencia (lo cual significa que el equipo podrá hacer un uso más eficiente de la banda del espectro asignado).
- Mayor tiempo de vida de la batería.
- Servicio de paging.
- Registro y grabación de ubicaciones.
- Lo anterior provee capacidad de recibir llamadas públicas entrantes.
- Utiliza modulación GFSK.

2.4.2.2.3 Cordless Telephone 3(CT3)

CT3 conocido también como DECT900 fue desarrollado en Suecia e introducido por Ericsson como estándar propietario. Está basado en el estándar DECT pero opera en las bandas de 800 o 1000 MHz. Tanto CT3 como DECT fueron diseñados para telefonía inalámbrica en áreas de alta densidad y ambientes de alto tráfico que podrían complementar al servicio celular en ambientes urbanos; CT3, se ha orientado específicamente para aplicaciones en Wireless PBX (WPBX).

Características :

- CT3 soluciona algunas limitaciones de CT2, en particular resuelve la limitante de llamadas entrantes y permite un roaming eficaz entre las estaciones base.
- El handover y roaming soportan velocidades del terminal de hasta 40 km/h.
- El handover toma 48 ms. y es solicitado por el terminal a la estación base.
- Está basado en TDMA / TDD.
- CT3 soporta 8 canales dúplex por cada 1MHz de ancho de banda utilizando 15 portadoras en la banda asignada que da una capacidad neta de 120 canales dúplex. El ancho de banda neto utilizado es de 15 MHz.
- La longitud de trama dura 16ms y contiene a 16 intervalos de tiempo que corresponden a los 8 canales dúplex.
- La velocidad total es 640kbps.
- La voz es digitalizada a 32kbps, usando ADPCM.

CT3 también ha llegado a ser un estándar *de facto* para comunicaciones inalámbricas ya que tiene el respaldo del ETSI.

2.4.2.2.4 DECT

El estándar *Digital European Cordless Telecommunications* (DECT) fue inicialmente concebido a finales de 1980 como el estándar Pan - Europeo para teléfonos inalámbricos en aplicaciones domésticas y fue desarrollado a partir de CT2 .

El objetivo del nuevo estándar propuesto por CEPT era mejorar la calidad de voz, aumentar la capacidad de tráfico, mejorar seguridad contra escuchas no autorizadas e inmunidad a la interferencias entre teléfonos inalámbricos cercanos.

El estándar DECT fue finalizado en 1992 y publicado por ETSI, organismo de estandarización sucesor de CEPT pero su alcance había enrumado a 2 nuevas aplicaciones : la una fue teléfonos inalámbricos para aplicaciones de negocios (PBX inalámbricas) y la otra un sistema de acceso inalámbrico para suscriptores a las redes públicas de telecomunicaciones que incluía la opción telepunto y bucle de abonado (RLL).

Desde 1993 DECT ha sido un estándar de facto en la Unión Europea, sin embargo, su alcance no ha terminado allí. Existe el estándar Telecomunicaciones Inalámbricas Personales (PWT) desarrollado para PCS (Servicios de Comunicación Personal) más conocido como WCPE, una iniciativa de AT&T, Motorola y Nortel que modifica la capa física de DECT para lograr compatibilidad con las regulaciones de la Federal Communications Commission (FCC) en USA.

Este alcance global y amplio soporte por parte de fabricantes ha presionado al ETSI a redefinir el acrónimo de DECT por el de *Digital Enhanced Cordless Telecommunications* (Telecomunicaciones Inalámbricas Digitales Avanzadas).

Se estima que para 1998 solamente en Europa existirán 6.5 millones de usuarios usando DECT.

DECT es un estándar de acceso digital vía radio para comunicaciones inalámbricas en una o múltiples celdas .Está basado en la tecnología de acceso TDMA que es la misma que usan los sistemas celulares conocidos pero con la sustancial diferencia que los sistemas celulares fueron diseñados para cubrir una amplia área de cobertura con baja densidad de usuarios mientras que el estándar DECT fue optimizado para cobertura local y alta densidad de usuarios.

□ Configuración de la red y aplicaciones para el estándar DECT

Las tres aplicaciones básicas que han sido difundidas comercialmente y desplegadas con éxito están en la telefonía inalámbrica residencial, sistemas inalámbricos de negocios, y la alternativa de radio para los abonados de la red pública fija, conocido como el Lazo Local de Abonado (RLL) (figura 2.15).

- a/b: Interfaz a 2 hilos
- PRI: Interfaz de velocidad primaria a RDSI (30B+D)=2048 kbps
- V5.2: interfaz propietario a nx2 Mbps
- SS7: Sistema de señalización No.7
- PARI: Interfaz a la base de movilidad.

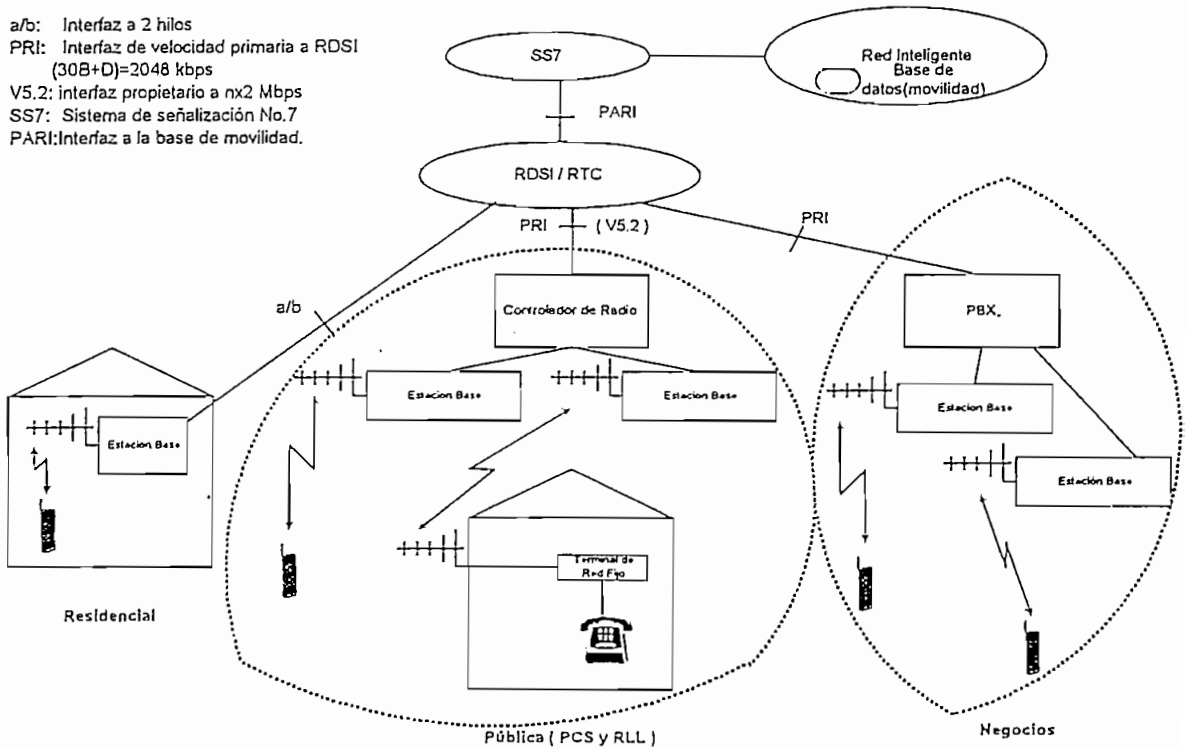


Figura 2.15. Configuración de la red DECT

En el caso de *teléfono inalámbrico para el hogar*, un típico sistema DECT consiste de un handset y una unidad base que se conecta a la estación radio base.

Un *sistema inalámbrico de negocios DECT* está compuesto por una red de estaciones radio base todas conectadas a la PBX a través de un interfaz de radio. Este sistema es parecido a los celulares ya que los usuarios pueden caminar dentro del área de cobertura haciendo y recibiendo llamadas. Las celdas en este caso son muy pequeñas (pico celdas) pero permiten una alta densidad de usuarios. Ejemplos típicos se tiene en los grandes edificios donde se tienen oficinas saturadas de llamadas.

Los *sistemas RLL* están caracterizados por estaciones radio base localizadas en cualquier lugar de un barrio o ciudadela y cada usuario es equipado con un transceptor (transmisor-receptor) DECT fijo al cual se conecta cualquier teléfono estándar, se permiten servicios de transmisión de datos, fax en grupo 3, etc. Existe un avance adicional en este campo que consiste en equipar al usuario de un teléfono inalámbrico DECT para proveerle un limitado grado de movilidad en su área local. Esta solución es llamada *Cordless Terminal Mobility* (CTM).

Como el estándar permite comunicaciones de datos, ha creado además la posibilidad de Wireless LANs (Redes de Area Local Inalámbricas), las cuales podrían compartir la capacidad con los sistemas telefónicos inalámbricos.

Una configuración típica DECT con sus diferentes ámbitos de aplicación es la que se observa en la figura 2.15. La incorporación de movilidad requiere la adición de interfaces adicionales y una base de datos y registros de movilidad.

□ Especificaciones técnicas y descripción funcional del estándar DECT

DECT opera en la banda 1880-1900 MHz. Pero debido a su tendencia a la globalización en América se ha propuesto el rango de 1910- 1930 MHz para que no interfiera con el servicio PCS.

Estructura *Multi-Carrier/ Time Division Multiple Access / Time Division Duplexing (MC/TDMA/TDD)* .- Con el fin de alcanzar una densidad alta de usuarios DECT es capaz de suministrar un gran número de canales en un rango relativamente pequeño (20MHz) ; utiliza para ello 2 métodos : división en frecuencia y división en el tiempo.

DECT es un sistema *Multi-Portadora* (MC), el espectro de 20 MHz se divide en 10 portadoras cada una de 1.728MHz , cada portadora a su vez se divide en 24 intervalos de tiempo usando la técnica de *Acceso Múltiple por División de Tiempo*(TDMA), con 12 intervalos de tiempo usados para recepción y 12 para transmisión de tráfico entre los terminales y la estación base en un arreglo por *División Dúplex de Tiempo* (TDD). Tal como se observa en la figura 2.16, debido a que un canal de voz con DECT toma un par de intervalos de tiempo y como hay 12 intervalos de tiempo por cada una de las 10 portadoras se tiene un total de 120 canales de voz disponibles para el tráfico. La duración de la trama es de 10 ms. y viaja a una velocidad de 1152 kbps. Cada intervalo

de tiempo tiene una capacidad útil para transportar una señal de 32 kbps junto a una tasa de señalización y control de 6.4 kbps. DECT por lo tanto puede ser caracterizado como un sistema MC/TDMA/TDD.

La estación base puede transmitir en cualquiera de los 120 canales pues cada canal dúplex funciona independientemente en cualquiera de las 10 portadoras. Además un transceptor se encuentra en capacidad de cursar hasta 12 llamadas simultáneas y se necesita un sólo transceptor por cada portadora.

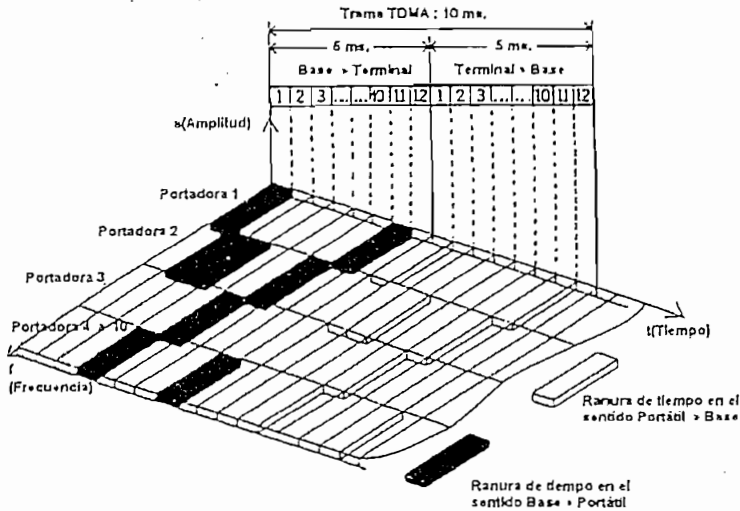


Figura 2.16. Estructura MC/TDMA/TDD en DECT

En la figura 2.17 se muestra en detalle la estructura de la trama DECT. Una trama consiste en 24 intervalos de tiempo, 12 para cada sentido y tiene una duración de 10 ms. Cada intervalo de tiempo transporta 420 bits teniendo en cuenta que los primeros 32 se utilizan con propósito de sincronización y los restantes 388 bits para el usuario y para los datos de control.

320 bits de ellos son utilizados para el transporte de la información y los restantes 68 bits para los canales de señalización, CRC y los canales "X". La duración de cada uno de los intervalos de tiempo es 52.1 ms mayor que la duración de los 420 bits transmitidos. La diferencia en tiempo corresponde al tiempo de guarda y resulta equivalente a la duración de 60 bits.

El campo A transporta los canales de señalización asociados (C) y los canales de difusión (Q). El canal "Q" facilita servicio a la unidad de abonado de manera repetida la información correspondiente. En cada trama se transmiten 48 bits. Los canales "Q" y "C" comparten, por tanto, un total de 4.8 kbps. La capacidad se asigna bajo demanda

mientras se garantice un mínimo de capacidad. Los restantes 16 bits del campo "A" se utilizan para proteger los datos con chequeo de redundancia cíclica (CRC), así la tasa neta del canal de control es 6.4 kbps por usuario (incluyendo el proceso CRC) y su máxima velocidad de información de 4.8 kbps. El campo "B" se utiliza para transportar información de usuario (canal "I"). Ofrece 320 bits por ráfaga o 32 kbps.

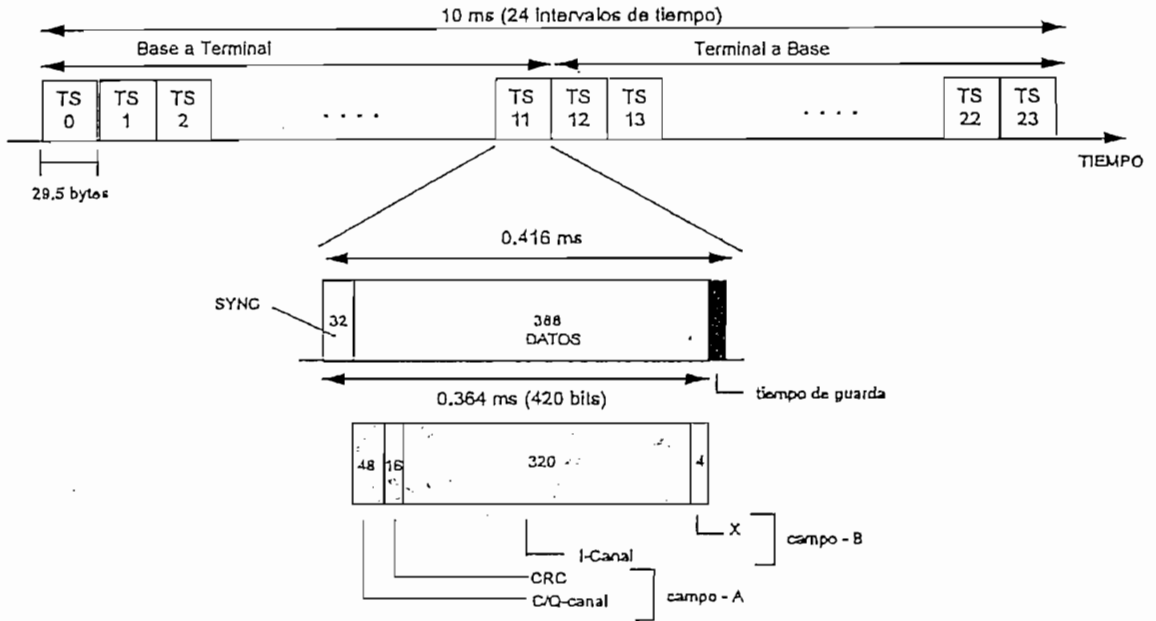


Figura 2.17. Trama DECT

Los cuatro bits "X" se determinan desde alguno de los 320 bits del canal "I". Sin embargo no es la intención proteger el canal "I" de errores de transmisión, sino detectar interferencias parciales con la ráfaga, independientemente del servicio transportado. Esta detección es de vital importancia para permitir a sistemas no sincronizados operar en la misma área geográfica.

Selección Continua Dinámica de Canales (CDCS) .- A diferencia de los sistemas celulares tradicionales, DECT no requiere planificación de frecuencias, únicamente la planificación de la cobertura de radio. Esta funcionalidad se la logra gracias a CDSC mediante un proceso descentralizado. Cada terminal DECT tiene acceso a todos los canales de radio y selecciona el canal disponible de mejor calidad cuando una conexión es requerida. Pero el terminal está continuamente *buscando* el canal que da la mejor señal y conmuta la conexión a ese canal cuando éste es encontrado. Esta característica le

permite al mismo canal (misma portadora, mismo intervalo de tiempo) ser reusado para diferentes llamadas en celdas que no se solapan.

Roaming de estaciones base.- El seguimiento o roaming sólo es posible si se apoya en algún sistema externo que gestione movilidad. Es decir, la movilidad generalizada entre celdas se consigue bien porque sus estaciones base están conectadas al mismo sistema DECT, o bien por pertenecer a distintos sistemas conectados (mediante interfaz tipo A) a las centrales con software de móviles (por ejemplo, GSM). Se necesitaría tarjeta SIM en portátiles para conseguir la movilidad del usuario con terminales duales DECT-GSM. En esta línea se están llevando a cabo tareas de definición y normalización del concepto *CTM: PAR+* a partir de la tecnología DECT. Mediante CTM se consigue, apoyándose en potentes protocolos y elementos de Red Inteligente (IN), la movilidad en la red fija sin restricciones, es decir, las comunicaciones personales. En este caso se utilizaría como interfaz a 2Mbps entre la red fija y los controladores de estación base al acceso primario con facilidades de movilidad (DSS1+). (Figura 2.18)

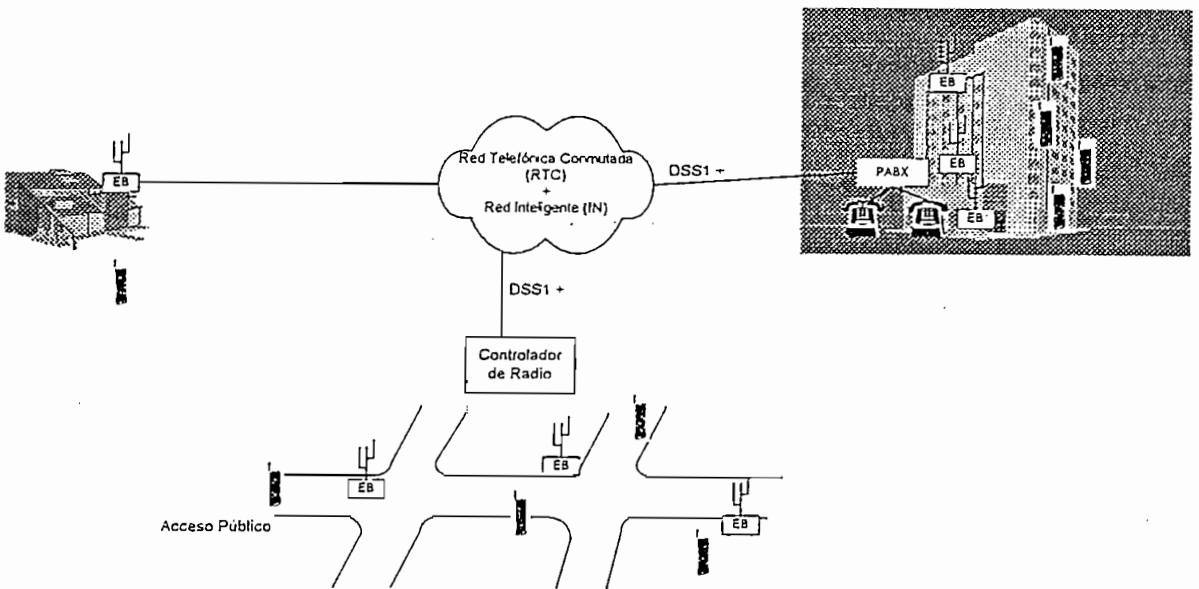


Figura 2.18. Acceso Público DECT y soporte para movilidad

Transferencia continua entre canales (Seamless Handover) .- Cuando se detecta un canal de la mejor calidad (enviado por la misma o por diferente estación base) el terminal

conmutará a este nuevo canal. Esta capacidad de traspaso se llama Handover y el proceso es el siguiente : el terminal pide la apertura de un segundo canal, que puede ser con otra estación base, cuando ambos canales transportan la misma señal, el terminal cierra el primer canal y utiliza el que se ha establecido recientemente y señala al sistema. La conmutación es indetectable por el usuario por lo que se llama *seamless handover*.

Modulación.- El transceptor radio DECT utiliza modulación *Gaussian Minimum Shift Keying* (GMSK) con $BT = 0.5$.

La modulación GMSK se deriva de GFSK cuando el *índice de modulación* (β) = 0.5. El factor BT en cambio corresponde al producto (Ancho de banda del filtro gaussiano*Período de símbolo = $B*T$) ; de esta manera, el producto BT indica el ancho de banda a 3dB del filtro gaussiano para la formación del pulso en relación a la tasa de bit. Mientras el espectro de GMSK llega a ser más compacto con el decremento del valor de BT, la degradación debido a la interferencia inter-símbolo (ISI) aumenta. Así por ejemplo el esquema de modulación del estándar celular GSM (GMSK con $BT = 0.3$) presentaría una mayor degradación por interferencia inter-símbolo que DECT.

Potencia.- Debido al pequeño radio de cobertura, los terminales DECT son de baja potencia : la potencia máxima del transmisor es de +24 dBm (aproximadamente 250 mW.) y potencia media de 10 mW.

Codificación de voz.- La codificación de voz en DECT es realizada antes de la transmisión usando un códec ADPCM (Adaptative Differential Pulse Code Modulation) a 32 kbit/s. Esta técnica utiliza principios de modulación Delta así como de PCM y se logra una severa reducción en la velocidad de señalización y de la banda de transmisión utilizada. El resultado de la codificación es una calidad de voz mejor a las líneas alámbricas comunes y sistemas celulares ya que la calidad de un circuito ADPCM de 32 kbps es comparable a la de un circuito PCM de 64 kbps. Para una llamada telefónica ordinaria se usa un solo intervalo elemental, pero existen facilidades para que una llamada use varios intervalos : por ejemplo un acceso de tasa binaria básica en ISDN 2B+D(144 kbps) puede usarse hasta cinco intervalos.

Alta capacidad.- La tecnología digital de radio TDMA usada en el estándar permite atender a los requerimientos de los sistemas inalámbricos de negocios con PBX donde la densidades de tráfico son altas. DECT está diseñado para soportar sobre los 10,000 Erlangs/km² suficiente para 50,000 a 100,000 usuarios / km². Tales densidades son logradas a través del uso de pico celdas con rangos típicos de 30 a 70 metros de radio en interiores y hasta 300m. en exteriores. Aquello implica el uso de terminales económicos y de baja potencia. Para su aplicación en RLL se puede utilizar antenas direccionales o sectoriales (en vez de omnidireccionales) y conseguir con esta disposición radios de cobertura de hasta 10 km.

Seguridad .- El estándar DECT usa técnicas de encriptamiento haciendo que las escuchas de radio indebidas sean virtualmente imposibles, así como autenticación en el acceso.

Terminal de usuario inalámbrico .- Tiene un tamaño de bolsillo y escaso peso (aproximadamente unos 150 g.). La tecnología de radio usa transmisión discontinua, lo cual reduce el consumo de la batería. Tiempos característicos del terminal en stanby y plena conversación son de 45 horas y 9 horas respectivamente.

□ Descripción del estándar DECT.

El estándar DECT está dividido en 10 secciones, especifica 4 capas de conectividad más otras importantes funciones. Las cuatro capas corresponden aproximadamente a las capas 1,2 y3 del modelo de referencia ISO/OSI y son descritas a continuación :

La Capa Física especifica los parámetros de radio tales como frecuencia, temporización y potencia, sincronismo de bit y ranura de tiempo, así como funcionamiento para el transmisor y receptor.

La Capa de Control de Acceso al Medio se emplea para el establecimiento de la conexión entre el terminal y las estaciones base. Todas las estaciones base transmiten una señal piloto que permite a los terminales seleccionar una de ellas sin que se requiera una transmisión.

La Capa de Control de Enlace de Datos ofrece enlaces altamente confiables a la capa red. Además de información de señalización, ofrece una gama de servicios alternos que

varían entre la transmisión sencilla, transmisión de voz con codificación y transmisión conmutada de paquetes y de circuitos con varios niveles de protección.

La Capa Red es la que se encarga de la señalización del estándar y especifica el intercambio de mensajes entre las estaciones radio base y los terminales para el establecimiento, mantenimiento y finalización de llamadas. Un grupo de servicios tal como Administración de Movilidad es muy importante ya que ofrece movilidad a los terminales a través del empleo de procedimientos de registro y verificación de los mismos.

La sección de Identidad y Direcciones del estándar permite que cada pieza del equipo manufacturada bajo el estándar tenga su propia identidad. La estructura es altamente flexible y está en capacidad de trabajar con la infraestructura de un sistema huésped, por ejemplo GSM.

Características de Seguridad. Cubren las rutinas para validación de terminales y estación base usando los algoritmos de criptografía.

La sección de Codificación de la voz y Transmisión especifica el tipo de codificación que será empleado. DECT emplea un codec ADPCM a 32 kbps (G721 UIT-T). El control del eco también se considera y especifica que debe estar relacionado con los retardos introducidos por los sistemas de transmisión.

El Perfil de Acceso Público (PAP) cubre en detalle las especificaciones de los equipos que deben ser empleados para acceso a las redes públicas y que puedan ser vistos como el nivel más elevado de estandarización dentro de DECT. La Interfaz Común (DECT-CI) puede ser empleada a discreción por el fabricante.

La sección de algoritmos de criptografía del estándar especifica los detalles de los algoritmos de validación.

Finalmente, las *Pruebas de Homologación* especifican los procedimientos de prueba que se deben realizar al equipo para cumplir con las regulaciones.

□ Normalización y Perfiles de interconexión

Como tecnología de acceso por radio DECT debe ser capaz de interconectarse con redes existentes y virtuales tales como PSTN, ISDN, GSM o PBXs, etc. DECT consigue aquello a través de la especificación de los llamados *perfiles de interconexión* que permite a diferentes fabricantes asegurar la interoperabilidad de sus sistemas.

Muchos de los perfiles han sido finalizados o están por completarse; éstos incluyen el *Perfil de Acceso Público (PAP)*, el *Perfil de Datos*, el *Perfil ISDN*, y el *Perfil GSM (GIP)*. Para el caso del acceso a PSTN no se requiere ningún perfil ya que es una aplicación directa usando los principios establecidos; una tarea difícil ha sido en cambio con las PBXs ya que tienen interfaces propietarios.

Haciendo un recuento de su estandarización DECT ha pasado una serie de ETS (European Telecommunication Standard). Después de ser aprobadas en votación pública, las normas ETSI 300 175-1 a 9 y 300 176 han sido utilizadas como base para el TBR (Technical Basis for Regulation) que será el anexo técnico del CTR (Common Technical Regulation). El cumplimiento del CTR otorga la homologación Europea.

CTR6 & CTR10.-Con sus respectivas TBR6 (acceso a un terminal de radio) y TBR10 (aplicaciones de telefonía) se aprobaron en Diciembre de 1993. El CTR correspondiente fue oficial en 1995.

Perfil de Acceso Público.-TBR11 también llamado PAP.

Perfil de Acceso Genérico.- El GAP (Generic Access Profile) constituye otro perfil que es más robusto y menos abierto a interpretaciones que el PAP ya que ofrece la capacidad de usar un terminal simple en diferentes localizaciones y redes. Está orientado a especificar el terminal que operará en el hogar, oficina o lugar público sujeto a derechos de acceso. GAP permite a cualquier terminal DECT hacer una *llamada básica* cuando se registre en cualquier producto DECT (Alcatel, Ericsson, Philips, etc., es decir de cualquier fabricante) o red pública DECT, garantizando su compatibilidad y conectividad. GAP al facilitar la movilidad entre los 3 dominios de utilización (residencial, PBX sin hilos y público) permite que los usuarios pudiesen utilizar el terminal portátil de su teléfono doméstico en áreas públicas mediante estaciones base instaladas por un operador público, pudiendo tanto realizar como recibir llamadas. El estándar pretende definir además enlaces de movilidad compatibles con otros sistemas tales como *Universal Personal Telecommunication (UPT)*, *GSM* y *PBXs*. Las especificaciones técnicas se terminaron a finales de 1994.

2.4.2.2.5 PHS

Personal Handyphone System (PHS) es el nombre dado al nuevo estándar para comunicaciones inalámbricas creado a través de la integración de tecnologías avanzadas de acceso inalámbrico en el Japón. PHS al igual que DECT permite la incorporación de técnicas para comunicaciones personales avanzadas.

El concepto de PHS fue desarrollado inicialmente por Nippon Telegraph and Telephone Corporation (NTT) y fue lanzado comercialmente en julio de 1995. En junio de 1997 se calcularon 5,100,000 usuarios que ocupaban este servicio y se tienen proyectados 30 millones para el año 2010.

PHS es una versión simplificada del teléfono celular sin embargo ofrece servicios desde la telefonía básica hasta sofisticadas aplicaciones multimedia debido a las múltiples capacidades avanzadas de este estándar, como mejoras a los servicios de transmisión de datos a alta velocidad para acceso a ISDN e Internet, soporte para alta densidad de usuario con un grado de movilidad considerable, etc. El estándar inicialmente empezó a usarse en Japón y Asia, sin embargo la tecnología que acompaña al estándar de PHS está siendo aplicada por los principales fabricantes mundiales de telecomunicaciones y está rápidamente extendiéndose alrededor del mundo conforme avanza su proceso de estandarización y disminuyen los costos.

□ Aplicaciones de PHS

PHS fue desarrollado para usuarios que requieran un razonable grado de movilidad, como se observa en la figura 2.19, al igual que DECT cubre los campos de la telefonía residencial, PBX inalámbricas, aplicación RLL y es plataforma para los sistemas de comunicaciones personales que ofrecen aplicaciones multimedia.

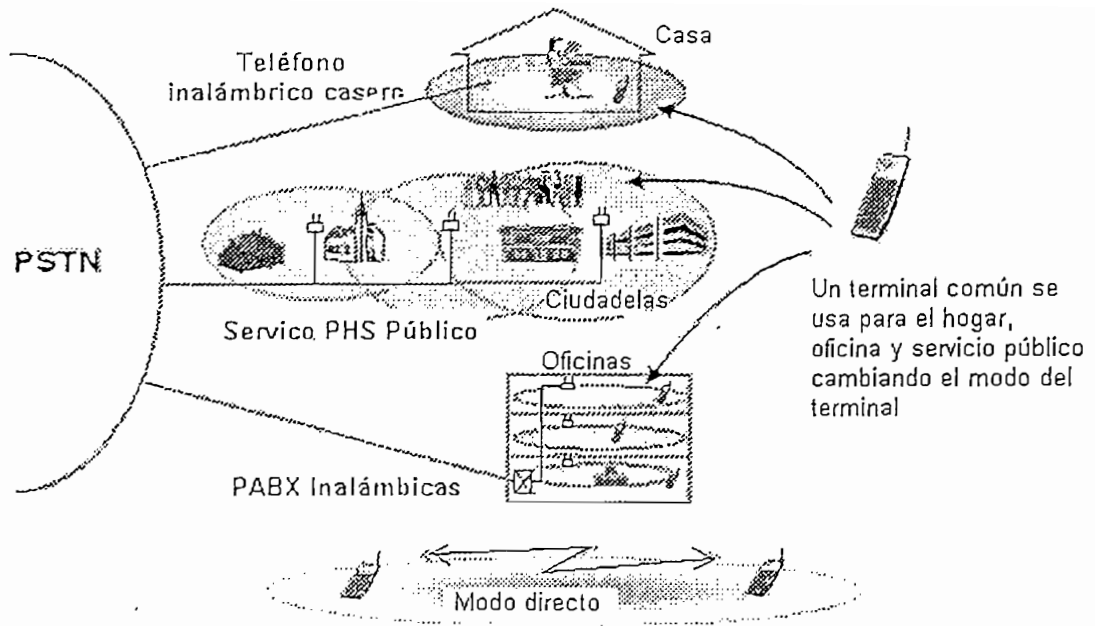


Figura 2.19. Concepto y ámbito de aplicación de PHS

□ Configuración de la red

El sistema basado en PHS usa una configuración de micro y pico celdas con zonas de radio entre 100 y 500m de diámetro. Los terminales de radio usan potencias muy bajas lo cual implica el uso de terminales muy livianos que se conectan a las estaciones base llamadas *estaciones de celda*(CS), las cuales se conectan a una estación central que se encarga de realizar la interfaz con la central local y la red pública.

Además PHS permite la interconexión a la Red Digital de Servicios Integrados (ISDN), redes inteligentes donde existe registros y bases de datos para gestionar la movilidad(SCP/SMS), etc.(Figura 2.20).

Los protocolos de interconexión están en fase de estandarización. El medio de transmisión desde la estación de celda a la red pública conmutada puede ser cualquiera de los típicamente empleados (fibra óptica, microondas, cable de cobre, etc.)

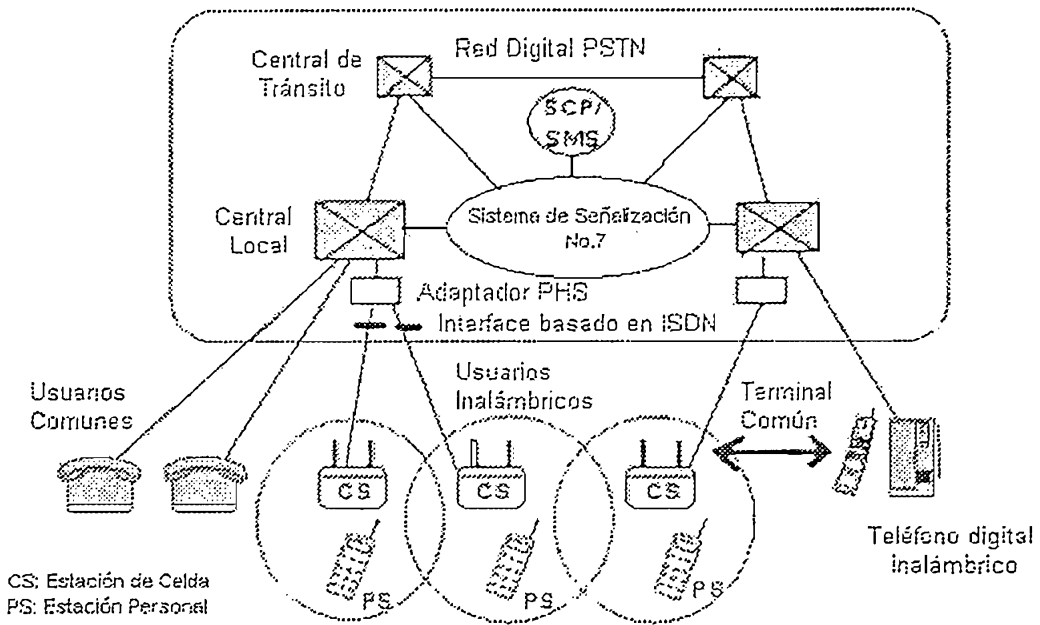


Figura 2.20. Configuración de la red PHS

□ Especificaciones técnicas y descripción funcional.

Interfaz de aire:

- PHS opera en la banda 1895-1918MHz, el ancho de banda neto es de 23 MHz. Dentro de este rango se especifica una sub-banda 1895-1906.1 MHz para aplicaciones residenciales y negocios. La técnica de acceso es MC/TDMA/TDD, es decir divide el ancho de banda de 23MHz en 77 portadoras cada una con 300 kHz de ancho de banda (proceso MC). A su vez cada portadora es dividida en el tiempo en 4 canales dúplex (proceso TDMA/TDD). De los cuatro canales uno se ha asignado para control y los restantes para voz. La duración de la trama es de 5 ms. Como un canal en PHS toma un par de intervalos de tiempo y si se dispone de 3 canales de voz por portadora entonces se tiene un total de 231 canales de voz disponibles para el tráfico. La trama se transmite a una velocidad de 384 kbps. Cada intervalo de tiempo tiene una capacidad útil para transportar una señal de 32 kbps. La figura 2.21 describe la trama PHS.

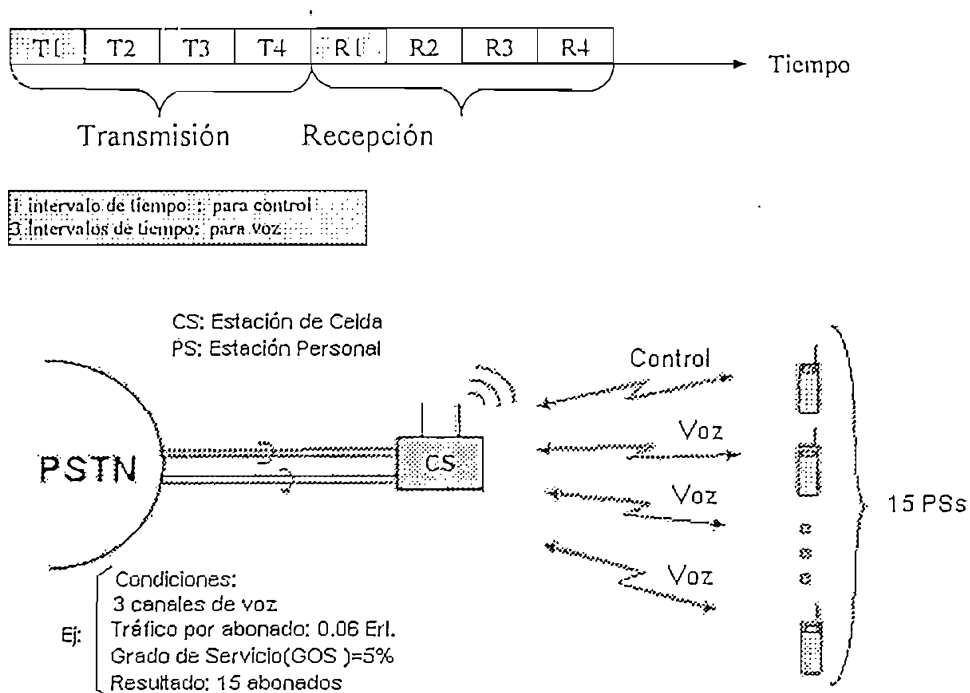


Figura 2.21. Estructura de la trama y ejemplo de capacidad de una Estación de Celda en PHS

- PHS tiene un reuso automático de frecuencia ya que al igual que DECT utiliza Selección Continua Dinámica de Canales (CDCS) y no requiere planificación de frecuencias, únicamente la planificación de la cobertura de radio. Además es un sistema descentralizado y autónomo.
- PHS también realiza *Seamless Handover* y *Roaming*
- La modulación utilizada es $\pi/4$ DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying), técnica que ofrece un compromiso entre *Offset Quadrature Phase Shift Keying* (OQPSK) y QPSK usando codificación diferencial en términos de permitir la máxima transición de fase y usar detección no coherente, simplificando de esta manera el diseño del terminal.
- Los terminales PHS son de baja potencia: la potencia máxima del transmisor es de 80 mW y potencia media de 10 mW. La estación base tiene una potencia de salida máxima de 80 mW para uso privado y de 160mW a 4 W para uso público.
- El códec utilizado es ADPCM a 32 kbit/s

- Soporta altas tasas de transmisión de datos:
 - ⇒ 9.6 kbps, vía módem sobre un canal a 32kbps ADPCM.
 - ⇒ 29.2 kbps con control de errores mediante un protocolo propietario denominado PIAFS.
 - ⇒ Combinando más de 2 intervalos de tiempo se tiene tasas de 64 kbps en adelante para acceder a ISDN.

Ello ha permitido incorporar a PHS servicios adicionales como transmisión de fax, e-mail, acceso a bases de datos, transferencia de llamadas, acceso a Internet, transmisión de foto/video, etc. Además existen en PHS aparatos de pulsera compactos con aplicaciones multimedia, módulos denominados PDA (Personal Digital Assistant) que incorporan varios servicios en un sólo dispositivo. (Figura 2.22)

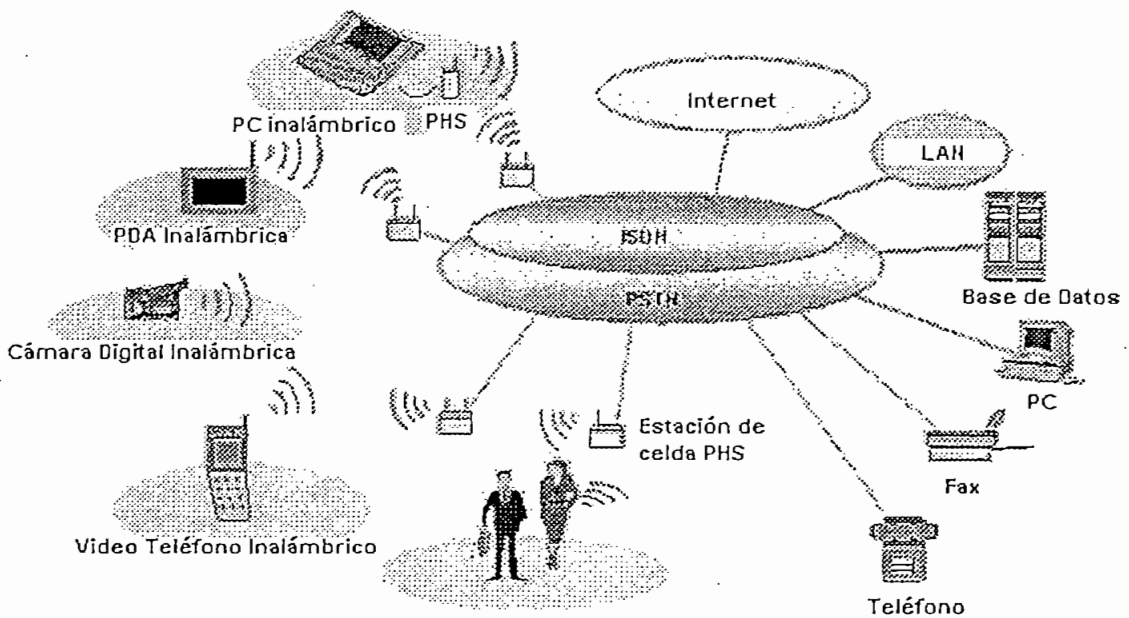


Figura 2.22 PHS como una infraestructura multimedia móvil

- Debido a su diseño de pico celdas, PHS trabaja en ambientes de alta densidad de usuarios y tráfico elevado similares a DECT; así, resuelve algunos problemas que se tenían con los teléfonos celulares como la cobertura en túneles y subterráneos. PHS puede permitir una movilidad máxima de 80 km/h que es inferior a la de los sistemas celulares comunes, sin embargo tiene varias ventajas respecto a estos sistemas como se describe en la tabla comparativa 2.8 y en la figura 2.23.

Característica	GSM/PCN	JDC	PHS
Separación entre portadoras	200kHz	25kHz	300kHz (una portadora es usada para Tx y Rx)
Velocidad total de un canal de voz	22.8 kbps	11.2 kbps	32 kbps
Relación promedio de tamaño del radio de la celda	1	1	0.05
Radio típico de una celda	2-3 km	2-3 km	100-500m.
Potencia máxima de salida del terminal	0.8 a 20W	0.3 a 2W	80 mw.
Velocidad a la que el sistema puede ser usado	Puede ser usado a altas velocidades (hasta 250 km/h)	Puede ser usado a altas velocidades	Velocidad moderada (hasta 80 km /h)

Tabla 2.8. Comparación de PHS con los sistemas celulares

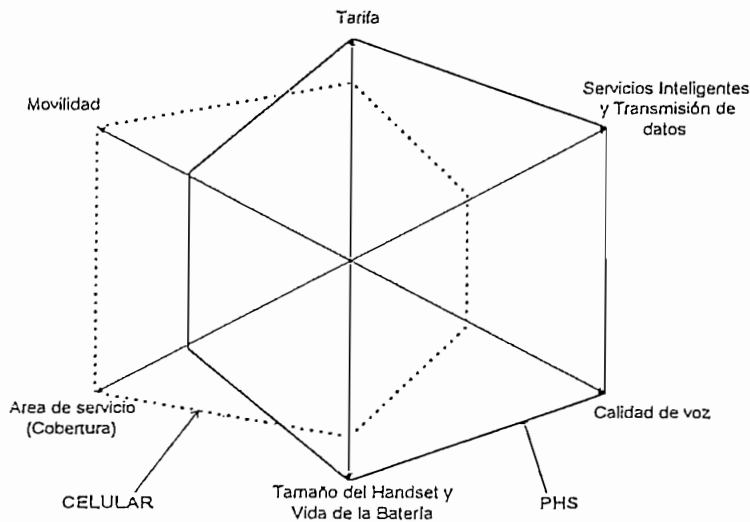


Figura 2.23. Comparación de servicios entre la tecnología celular y PHS.

- Los terminales de usuario en PHS son muy livianos. Tiempos característicos del terminal en stanby y conversación continua son de 550 horas y 7 horas respectivamente.

□ Estado de normalización en PHS

Se han establecido las interfaces tanto de aire como de red para PHS; *Japan's Telecommunications Technical Advisory Council* examinó un estándar para la Interfaz de aire entre el terminal y la estación base y, en Abril de 1993, dicho Consejo presentó un reporte final del estándar al Ministerio de Correos y Telecomunicaciones de Japón (MPT). Sin embargo la interfaz de aire ha sido completamente normalizado como RCR

Los resultados de PACS han permitido la aprobación de licencias de las organizaciones encargadas de este proceso, lo cual ha constituido un soporte para que aumente el número de operadores y fabricantes que proporcionan los servicios de PACS.

□ Aplicaciones de PACS

PACS está diseñado para soportar múltiples servicios y aplicaciones en varios ambientes de operación tales como: Radio en el Lazo Local de Abonado (RLL), redes de comunicación personales en micro y macro celdas para PCS, aplicaciones en interiores y exteriores, redes públicas y privadas, todo ello mediante una arquitectura que optimiza el consumo de potencia y la eficiencia espectral.

La movilidad personal conlleva las comunicaciones personales mediante un servicio parecido al que brinda la telefonía celular para localizar al usuario “ donde quiera y a cualquier hora” mediante terminales mucho más ligeros y a precios razonables que podrán disponer varios de los miembros de una familia.

PCS en vecindarios. Es un servicio inalámbrico que tiene 2 modalidades; la una usando una estación terminal en la casa y un terminal portátil que tiene un alcance de hasta 150 m. y que puede interconectarse con la red celular AMPS cuando se encuentra a mayor distancia; y, la otra con mayor alcance en el terminal portátil y la estación terminal, hasta una milla (1.6 km).

En el caso del *servicio RLL*, el proveedor puede ofrecer al usuario diferentes grados de servicio, ya sea un servicio fijo o grados de movilidad a través de la misma red.

Las aplicaciones de *transmisión de datos a alta velocidad* al igual que DECT y PHS, se logra mediante la adición de múltiples canales de 32 kbps. Así, el operador puede ofrecer servicio ISDN inalámbrico.

Las *centrales inalámbricas privadas para aplicaciones de negocios*, usan configuraciones de microceldas con el fin de lograr una cobertura para densidades altas de usuarios por ejemplo en edificios, de esta manera el empleado u oficinista pueda llamar o contestar en cualquier lugar lejano de su escritorio personal.

□ Configuración de la red

Como se observa en la figura 2.24, tres interfaces básicos forman la arquitectura de PACS conformada por diversas unidades con funciones específicas.

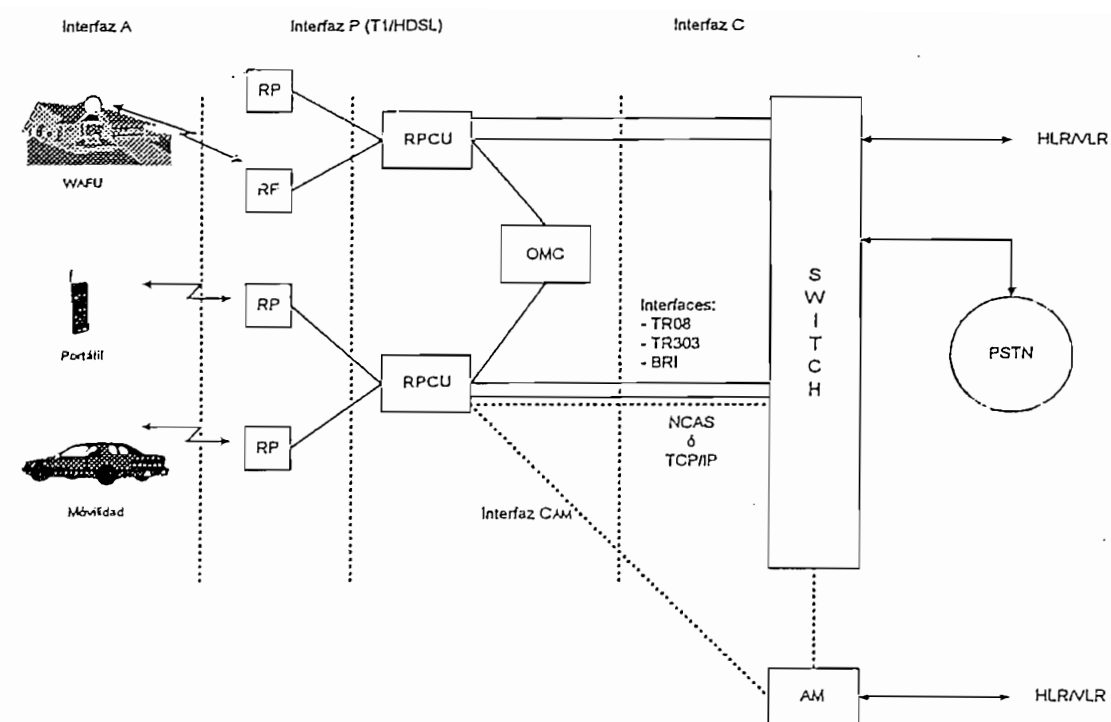


Figura 2.24 Arquitectura del Sistema basado en PACS

La descripción es la siguiente:

- Radio Port (RP). - Realiza la función de transmisión y recepción usando el interfaz A. La interfaz a la red es vía T1(PCM de 24 canales) o HDSL (Línea de Abonado de alta velocidad).
- Radio Port Controller Unit (RPCU). - Controla un número determinado de RPs y realiza la codificación/decodificación, control de llamadas, administra funciones de movilidad.
- Operations and Maintenance Center (OMC). - Supervisa a las RPs y RPCUs. Presenta alarmas, configuración de la red y funciones de diagnóstico.
- Home Location Register (HLR). - Almacena en una base de datos características del usuario incluyendo la suscripción a servicios avanzados de redes inteligentes.
- Access Manager (AM). - Contiene el Registro de localización visitante (VLR), similar al de los sistemas celulares GSM e IS-54, participa en el proceso de handover y autenticación.
- Subscriber Unit (SU). - Puede ser fija o portátil, la unidad fija para aplicación en RLL se denomina WAFU; a una WAFU se puede conectar cualquier aparato telefónico sea

de pulsos o de tonos. La unidad portátil puede operar en dos modos: la estándar PACS en la banda PCS y otra con opción AMPS en la banda de los 800 MHz.

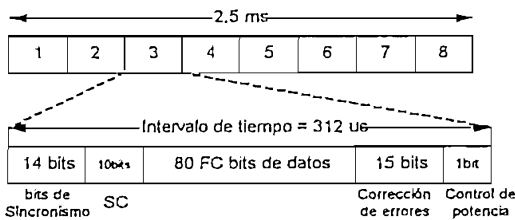
- Interfaz A.- Es el interfaz de aire entre el usuario y la RP. Se basa en TDMA y usa División Dúplex de Frecuencia (FDD).
- Interfaz P.- Constituye el interfaz entre la RP y la RPCU.
- Interfaz C.- Se realiza entre la RPCU y la central de conmutación.

□ Especificaciones técnicas y descripción funcional.

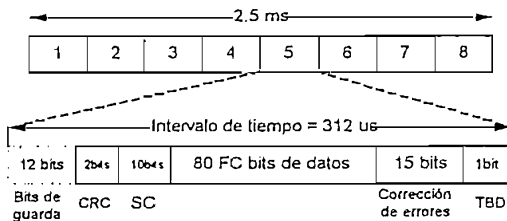
Interfaz de aire:

- PACS opera en la banda asignada para PCS en América 1850-1910 MHz y 1930 - 1990 MHz, así como también en la banda sin licencia para PCS: 1910 a 1930 MHz.
- La técnica de acceso es MC/TDMA/FDD, ya que divide el ancho de banda en 60MHz para Transmisión y 60 MHz para recepción (proceso FDD). Con canales de 300 kHz de ancho de banda se tiene en total 200 portadoras de frecuencia (proceso MC). A su vez cada portadora es dividida en el tiempo en 8 canales en el dominio del tiempo (proceso TDMA).
- Un canal en PACS toma un par de intervalos de frecuencia y se dispone de 8 canales de voz por portadora, con 200 portadoras se tiene un total de 1600 canales de voz disponibles para el tráfico. La duración de la trama es de 2.5 ms y viaja a una velocidad de 384 kbps. Cada intervalo de tiempo tiene una capacidad útil para transportar una señal de 32 kbps, ya que utiliza codificación ADPCM a 32 kbps. La figura 2.25 muestra la trama de transmisión y recepción en PACS con los procesos que se realizan dentro de un canal específico.
- PACS puede soportar grandes volúmenes de tráfico mediante su tecnología de microceldas y su algoritmo llamado *quasi-static automatic frequency assignment* (QSAFA), el cual selecciona automáticamente la mejor frecuencia para cada RP, eliminando la necesidad de un estudio detallado de frecuencias.
- PACS también realiza *Seamless Handover* y *Roaming*
- La modulación utilizada es $\pi/4$ DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying),

Enlace directo (Estación Base-Estación Móvil)



Enlace de regreso (Estación Móvil-Estación Base)



-SC: Slow channel (bits del sistema de control y supervisión).
 -TBD: función a ser determinada posteriormente
 -CRC: Bits de chequeo de redundancia cíclica
 -FC: Fast channel (contiene datos de usuario)

Figura 2.25 Estructura de la trama PACS

- Los terminales PACS son de baja potencia: la potencia máxima del transmisor es de 23 dBm (200 mW). La estación base tiene una potencia de salida máxima de 800 mW.
- Soporta altas tasas de transmisión de datos :
 - ⇒ Hasta 28.8 kbps, vía módem sobre un canal a 32kbps ADPCM.
 - ⇒ Combinando más de un intervalo de tiempo se tiene tasas de más de 32 kbps incorporando servicios adicionales como acceso a ISDN, conexión a Internet y a Redes Inteligentes (IN), etc.
- La movilidad máxima es de 100 km/h .
- Los terminales de usuario en PACS tienen un peso aproximado de 110 g. Tiempos característicos del terminal en stanby y conversación continua son de una semana y 6 horas respectivamente.

PACS ha sido ya normalizado en Estados Unidos en 1995 mediante el documento JTC STD-014.

□ PACS para la banda sin licencia de PCS

Las organizaciones normativas de los Estados Unidos han elaborado de 2 normas más para la interfaz aérea en la banda de 1910 - 1930 MHz que constituye la banda sin

licencia de PCS, conocida como la banda *PCS para usuarios*. Las normas se denominan :

- ANSI J-STD-014A, Personal Access Communications System, Unlicensed A, 1997
- ANSI J-STD-014B, Personal Access Communications System, Unlicensed A, 1997

Dichas normas han sido elaboradas conjuntamente por el comité T1 y la Telecommunications Industry Association (TIA), sus características básicas se presentan en la tabla 2.9.

Duplexado	TDD
Banda de frecuencia (MHz)	1920 - 1930
Esquema de acceso	MC/TDMA/TDD
Espaciamiento entre portadoras (kHz)	300
Número de portadoras	32
Canales de voz presentes por portadora	4
Velocidad de transmisión (kbps)	384
Modulación	$\pi/4$ DQPSK
Codificación de voz	32 kbps ADPCM
Transmisión de potencia máxima del terminal (mW)	53
Duración de la Trama (ms)	5

Tabla 2.9. Configuración física de PACS-UA

La configuración física de PACS-UB es muy similar a PACS-UA y la diferencia principal es que utiliza una trama de 2.5 ms en lugar de la trama de 5 ms.

2.4.2.2.7. Telefonía Inalámbrica en la banda ISM

La Federal Communications Commissions (FCC) emitió en su parte 15.247 el uso sin licencia de *Spread Spectrum (SS)*, mediante radios con potencia de transmisión de hasta 1W en la banda para aplicaciones Industriales, Científicas y Médicas (ISM). Las bandas asignadas son 902-928 MHz, 2400-2483.5 MHz, 5725-5850 MHz.

Entre los aparatos que radian en la banda ISM se tiene por ejemplo : hornos microondas, equipos para medicina, soldadores RF, etc. Los teléfonos inalámbricos SS están en la banda 902-928 MHz.

No existen especificaciones detalladas para los sistemas que usan la banda ISM, por lo que cada fabricante tiene su diseño específico e interfaces no normalizados.

En la actualidad el interés en la tecnología SS para comunicaciones personales está impulsado por Qualcomm's, CYLINK Corporation, Millicom Incorporated, etc.

La Telefonía Inalámbrica SS - Spread Spectrum Cordless Telephony (SSCT) disponible actualmente está orientada al uso doméstico y de negocios con arquitectura diferente a la celular ya que utiliza una sola estación base por microteléfono. Las regiones que usan la banda ISM son USA, Canadá y Australia.

2.4.2.3 Comparación entre DECT, PHS y PACS

En la tabla 2.10 se resume una comparación técnica entre los principales estándares orientados hacia la telefonía inalámbrica y comunicaciones personales:

Parámetro	PACS	DECT	PHS
Región de estandarización	Norteamérica JTC STD-014	Europa ETS 300 175	Japón Aire :RCR STD-28 Red : JT-Q921-b y JT-931-b
Banda de frecuencia	Tx : 1930-1990MHz Rx : 1850-1910 MHz. PCS para usuarios : 1910-1930 MHz	1880-1900MHz 1910-1930MHz	Hogar/Oficina : 1895-1906.1 MHz. Exteriores : 1895-1918.1 MHz.
Asignación de frecuencia	Asignación de Frecuencia Automática Cuasi-estática (QSFA)	Selección Continua Dinámica de Canales (CDCS)	Selección Continua Dinámica de Canales (CDCS)
Método de acceso	MC/TDMA/FDD	MC/TDMA/TDD	MC/TDMA/TDD
Número de portadoras	200	10	77
Intervalos de tiempo por portadora	8	12	4
Ancho de banda de portadora	300 kHz x 2	1728 kHz x 1	300 kHz x 1
Tasa de bit de la portadora	384 kbps	1152 kbps	384 kbps
Eficiencia de canal	75 kHz/canal	144 kHz/canal	75 kHz/canal
Modulación	$\pi/4$ DQPSK	GMSK	$\pi/4$ DQPSK
Longitud de la trama	2.5 ms.	10 ms.	5ms.
Codificación de voz	32 kbps ADPCM (G.721)	32 kbps ADPCM (G.721)	32 kbps ADPCM (G.721)
Detección de Error	Sí	Sí	Sí
Handover	Sí	Sí	Sí
Encriptación	Sí	Sí	Sí
Autenticación	Sí	Sí	Sí
Sensitividad de recepción	-101 dBm	-89 dBm	-97 dBm
Potencia RF en la estación base	800mW máx.	250 mW máx	Uso Privado : 80mW Uso público:160mW a 4 W
Potencia RF del terminal de usuario	200 mW máx.	250 mW máx.	80 mW máx.
Movilidad	100 km/h máx.	Moderada	80 km/h máx.
Fabricantes	Hughes, Panasonic, NEC, Siemens, Bellcore, Motorola, etc.	Alcatel, Ericsson, Siemens, Philips, Nokia, NEC, etc.	Motorola, NEC, Fujitsu, Mitsubishi, Panasonic, Oki, Toshiba, Hitachi, etc.
Estandarización	1995	1992	1993

Tabla 2.10. Comparación entre PHS, DECT y PACS

2.4.3 Comparación entre la Telefonía Inalámbrica y la Telefonía Celular.

De igual manera se podría comparar características generales de los sistemas de Telefonía Inalámbrica con los sistemas celulares (tabla 2.11).

Características	Telefonía Inalámbrica Digital	Telefonía Celular Digital
Tamaño de la celda	Pequeño (50 a 500m)	Grande (0.5 a 35 km)
Soporte de movilidad	Mediano (hasta 80 km/h)	Alto (hasta 250 km/h)
Cobertura	Local y zonal	Extensa, alcance nacional
Complejidad del microteléfono	Baja	Moderada
Soporte de tráfico	Elevado	Moderado.
Potencia media de transmisión del microteléfono	5 a 10 mW.	100 a 800 mW
Duplexado	TDD	FDD
Codificación de la voz	32 kbps ADPCM	6.7 a 13 kbps
Control de errores	CRC	FEC
Detección	Diferencial	coherente/diferencial
Compensación de pérdidas por caminos múltiples	Diversidad de antena	diversidad/ecualización/rake.

Tabla 2.11. Comparación general de características y atributos de diseño entre la Telefonía Inalámbrica y la Telefonía Celular.

2.4.4 Tendencias de la Telefonía Inalámbrica en el bucle de abonado

La tendencia que cabe esperar en el terreno de los teléfonos sin hilos es la generalización de la utilización de los sistemas digitales de Telefonía Inalámbrica como DECT, PHS, etc., en detrimento de los estándares analógicos. Si bien actualmente es un concepto aún no suficientemente maduro, podría desarrollarse también aplicaciones de acceso público integradas en las redes fijas, y combinadas con las funciones de red inteligente para facilitar la adecuada movilidad.

También puede esperarse una cierta integración del DECT con los estándares GSM y DCS 1800 en algunas aplicaciones, principalmente en entornos de negocios.

Finalmente, y a más largo plazo, es de esperar una convergencia entre los 3 conceptos (red fija, red móvil y teléfonos sin hilos) en el sentido marcado por el futuro sistema *Universal Mobile Telecommunications System* (UMTS), del cual se hablará más adelante.

2.5 APLICACIONES DE NEGOCIOS

Dentro de las aplicaciones inalámbricas dirigidas a las aplicaciones de negocios deben destacarse las centralitas sin hilos y las redes de área local sin hilos (Wireless LAN).

2.5.1 Centralitas sin hilos

Además de los estándares CT2 , CT2+ , DECT, PHS que ya han sido mencionados, se utilizan en algunos casos tecnologías propietarias tanto analógicas, como digitales (CT3 por ejemplo).

2.5.2 Redes de Area Local sin hilos (WLANs)

Las WLANs son usualmente privadas , se operan de modo propietario y proveen una alta velocidad de comunicación de datos sobre un área pequeña .

Los avances en producir microprocesadores de bajo consumo, tecnologías de alta calidad de displays y mínimo consumo de baterías han permitido desarrollar poderosas notebook PCs. y terminales de comunicaciones para las WLANs.

Con excepción del sistema Altair , las WLANs operan sin licencia la banda *Industrial, Medical & Scientific* (ISM) (2400 -2483.5 MHz.) tales como FreePort y WaveLAN. Para usar esta banda de frecuencia, el equipo debe cumplir con *European Telecommunication Standard ETS 300 328*.

Las tecnologías existentes para WLANs tienen licencia como sistemas celulares operando en los 18 - 19 MHz, WLANs infrarrojas como los sistemas (*DF/IR*) (1 a 4 Mbps) y (*DB/IR*) (10Mbps).

Otro estándar WLANs es el desarrollado por el comité IEEE 802.11 usando la banda 2400-2483.5 MHz, es decir en la banda ISM. Usa modulación 2 y 4 GFSK , soporta la interfaz PC Card (PCMCIA) e ISA. Este estándar ofrece la interoperatividad de diversos fabricantes de equipo y una tasa de 1 y 2 Mbps.

Para aplicaciones de redes de área local sin hilos de baja velocidad, el propio estándar DECT resulta ser una interesante alternativa para velocidades de algunos cientos de kbps. DECT trabaja nominalmente con una tasa de 1152 kbps.

Otro esfuerzo de estandarización del ETSI es HIPERLAN (High Performance Radio Local Area Network). El comité responsable para HIPERLAN es RES-10. Este tipo de estándar requiere un ambiente de predicción compartida y por tanto no se recomienda la banda ISM. CEPT ha asignado 2 bandas de frecuencia para HIPERLAN, una entre 5150 a 5250 MHz definido en Julio de 1996 y otra de 17.1 a 17.3 MHz. cuya definición está en estudio.

El estándar HIPERLAN en la banda de 5GHz especifica una tasa de aproximadamente 24 Mbps usando un protocolo que soporta comunicaciones multimedia. La versión de 17 GHz ofrece una tasa de 155Mbps compatible con ATM (Modo de Transferencia Asíncrono).

Una típica estación HIPERLAN debe ser capaz de comunicarse cuando esté en movimiento. La máxima velocidad es 36 km/h y el rango característico de comunicación de una estación es 24 Mbps a 50m y 1Mbps a 800m. HIPERLAN no provee funciones de handover.

2.6. COMUNICACIONES PERSONALES : PCN y PCS

El término *comunicaciones personales* no ha sido definido totalmente y está relacionado con Redes de Comunicación Personal (PCN) y Sistemas de Comunicación Personal (PCS), la tendencia ha sido orientar PCN con el desarrollo europeo y PCS al de Norteamérica.

PCN es un término usado en el Reino Unido para denotar un servicio de comunicaciones móviles para un mercado de masas y consecuentemente ha llegado a ser un sinónimo con la tecnología DCS 1800. El ETSI ha especificado a DCS 1800 como un estándar para PCN. Se ha denominado a PCN como el PCS europeo.

PCS es un término genérico también para un servicio de comunicaciones móviles en un mercado de masas pero independiente de la tecnología y estándar usado para proveer dicho servicio.

De acuerdo a una de las definiciones de PCS, estos sistemas permiten al usuario diferentes tipos de comunicación móvil en un sólo aparato que por su pequeño tamaño puede llevarse en el bolsillo, por lo que en cualquier momento éste puede transmitir o recibir mensajes en diversos formatos que incluyen: voz, textos o gráficos. Si se toma en cuenta que lo fundamental de los PCS es la movilidad, estos servicios abarcarían a la tecnología celular, la radiolocalización, telefonía inalámbrica, excepto la telefonía analógica. Por lo tanto también los PCS se dividirán en dos grandes ramas de acuerdo a las frecuencias:

- Servicios personales de comunicación de banda angosta: que incluyen todos los tipos de paging convencional. Es decir, mensajería en tiempo no real. Ocupan la banda de los 900MHz.

- Servicios personales de comunicación de banda ancha: que incluyen telefonía digital celular y telefonía básica inalámbrica. Es decir, servicios de comunicación en tiempo real. Se les ha asignado la banda de los 1.9GHz.

2.6.1 Tecnologías utilizadas por PCS

El concepto PCS como tal incluye la telefonía móvil y la telefonía local inalámbrica conformada por una nueva generación de telefonía celular. El usuario con un aparato similar al teléfono celular pero de menor tamaño, peso y costo podrá interconectarse tanto a la red pública como a la red inalámbrica a la hora que lo desee, sin importar el lugar en donde se encuentre o el tipo de servicio de comunicación que quiera recibir o transmitir: voz, datos o video; es decir para que los PCS cubran su objetivo deben tener la capacidad de satisfacer el servicio universal.

Cabe destacar que el sistema PCS utiliza nuevas tecnologías de señalización SS7 (Sistema de Señalización número 7). Es decir, tecnología digital, la cual permite que a un aparato se le agreguen servicios complementarios, además de que hace más eficiente el uso del ancho de banda de los servicios móviles de comunicación.

Así mismo estos sistemas de comunicación móvil utilizarán la frecuencia de 1.9 Mhz, la cual es diferente a la de telefonía celular .

2.6.2 Bandas de frecuencia asignadas

La Federal Communications Commission (FCC) asignó la banda 1850 - 1990 MHz para los Servicios de Comunicaciones Personales. Como se indica en la figura 2.26, se tiene un espectro de 140 MHz que se divide en siete sub-bandas. Se identificaron seis sub-bandas, A-F, para los servicios de comunicaciones personales FDD y utilizan las frecuencias 1850 - 1910 y 1930-1990 MHz. La séptima sub-banda, con una anchura de 20 MHz, en las frecuencias 1910-1930 MHz, se reserva para los sistemas de baja potencia y “unpaired”¹⁸, que incluye el Acceso Inalámbrico Fijo y/o sin Licencia, banda que la FCC ha denominado *PCS para usuarios*.

2.6.4 Estándares que pueden utilizarse en los sistemas móviles de PCS

- AMPS (Advanced Mobile Phone Service; Servicio Avanzado de Telefonía Móvil), usado en la banda de los 800 MHz.
- D-AMPS mejor conocida como TDMA (Time Division Multiple Access; Acceso múltiple por división de tiempo). Opera en la banda de 800 MHz. El modo dual AMPS/D-AMPS está normalizado en IS-54 por la Asociación de Industrias Electrónicas y la Asociación de Industrias de Telecomunicaciones (EIA/TIA). Ambos estándares pueden ofrecer servicios de acceso inalámbrico fijo de la siguiente manera: AMPS para ambientes rurales y D-AMPS para ambientes urbanos y suburbanos.
- D-AMPS 1900. Norma que evolucionó a partir de D-AMPS al digitalizar el canal de control mediante modulación $\pi/4$ DQPSK. Trabaja en la banda de 1900 MHz y está normalizada como IS-136 por EIA/TIA. Ofrece la estrategia de migración para convertir la base instalada de D-AMPS a los nuevos servicios de comunicación personal PCS. En los Estados Unidos los operadores que cuentan con el mayor número de abonados eligieron esta tecnología para PCS.
- GSM (Global System for Mobile Communications - Sistema Global para Comunicaciones Móviles). Norma inicialmente europea que se ha extendido hasta hoy a más de 100 países y que cuenta ya con más de 20 millones de abonados en el mundo. Se considera como la base instalada de telefonía celular digital más grande. En los Estados Unidos, la norma PCS 1900 basada en esta tecnología, ha traído la atención de algunos nuevos operadores de servicios de PCS. PCS 1900 y su equivalente europeo DCS 1800 también pueden ofrecer soluciones inalámbricas fijas de excelente rentabilidad.
- DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications). Estándar de comunicación de telefonía inalámbrica enmarcado en el universo de los PCN (Personal Communication Networks; Redes Personales de Comunicación)
- PHS (Personal Handypone System)
- PACS (Personal Access Communications System)
- CDMA (Code Division Multiple Access; Acceso Múltiple por División de Códigos).

2.7 EL FUTURO DE LAS COMUNICACIONES INALÁMBRICAS

Si se hace un recuento del panorama mundial y las tecnologías inalámbricas se distinguen 3 fases muy bien identificadas, resumidas en la figura 2.27.

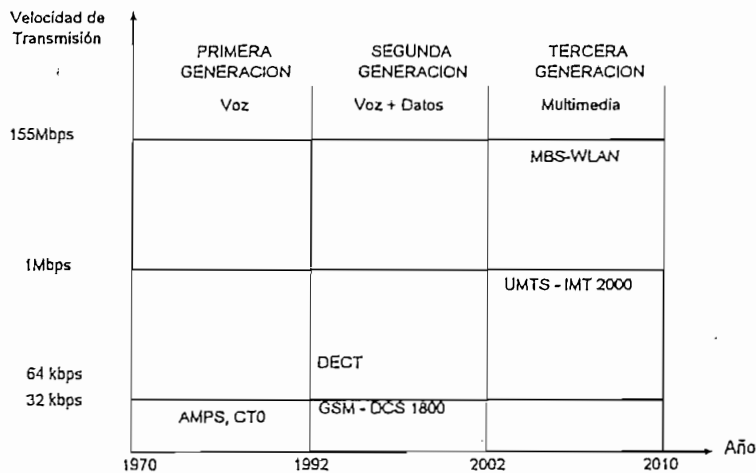


Figura 2.27. Evolución de requerimientos y velocidades de transmisión

Existe una *primera fase* donde no existe normativa y se da una gran proliferación de sistemas nacionales parecidos pero incompatibles entre sí.

Aparece una *segunda fase* en la que se utilizan estándares que posibilitan una economía de escala en los equipos y una uniformidad en los servicios, pero se mantiene una clara diferenciación entre los diferentes tipos de servicios y aplicaciones.

Finalmente, y ya mirando hacia el futuro, se camina hacia una fase de convergencia, en este caso también entre servicios y sistemas. Esta *tercera fase* de desarrollo de la tecnología inalámbrica se identifica con el "concepto" *Universal Mobile Telecommunication System (UMTS)*.

UMTS pertenece a un programa de investigación que se desarrolla en Europa denominado *Research and technology development in Advanced Communications in Europe (RACE)* y constituye la tercera generación de sistemas móviles que está actualmente siendo estandarizada por el ETSI.

Parte de la planificación del futuro de los sistemas inalámbricos es determinar los servicios requeridos que éstos soportarán. Esta ha sido la tarea que ha emprendido el Comité TG8/1 de la UIT-R (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Sección Radiocomunicaciones), el cual definió *Future Public Land Mobile Telecommunication Systems (FPLMTS)*.

El UMTS es la componente europea del FPLMTS, idea en la que se trabaja en el seno de la UIT con el objetivo de conseguir un sistema que asegure un cierto grado de compatibilidad entre las diferentes regiones del mundo (compatibilidad geográfica), y que a su vez integre tanto las tecnologías, como los servicios y las redes, simplificando a su vez la implantación para minimizar costos.

FPLMTS, ha sido posteriormente renombrada como *International Mobile Telecommunications (IMT-2000)* y será presentada concisamente en el año 2000 como la tercera generación de sistemas móviles desarrollada por UIT-T con la colaboración de europeos, japoneses y americanos.

Un total de 230 MHz en las bandas: 1885 a 2025 MHz y 2110 a 2200 MHz han sido propuestas por *UIT World Administrative Radio Conference (WARC)*. El tipo de modulación, codificación de voz y esquemas de acceso múltiple todavía no han sido definidos.

Entre los nuevos avances en tecnologías de acceso para esta *Tercera Generación* se tienen esquemas híbridos, como por ejemplo CTDMA (Code Time Division Multiple Access), que combina las ventajas más importantes de CDMA y TDMA. Otro esquema propuesto es JD-CDMA basado en el esquema híbrido de multiacceso F/T/CDMA (FDMA, TDMA y CDMA), así como también otros esquemas: FH/CDMA (Frequency Hopping CDMA), SDMA (Space Division Multiple Access), PDMA (Polarization Division Multiple Access), con resultados que mejoran en un número considerablemente superior la eficiencia y capacidad.

Los sistemas de radio celular móviles UMTS e IMT- 2000 se espera que estarán operativos desde el año 2000 y tendrán, entre otras, las siguientes características de integración:

- Alta flexibilidad y eficiencia espectral.
- Comunicación de datos hasta 2Mbps en adición a los canales de voz.
- Servicio avanzado de datos y video.
- Incorporación de los Sistemas de Telefonía Digital Inalámbrica.(DECT, PHS, PACS, etc.).
- Estructura celular jerárquica(coexistencia en un mismo ambiente de macro, micro, pico y nano celdas con el fin de lograr cobertura total de acuerdo al tráfico).
- Integración de enlaces satelitales (sistemas LEO,MEO).

- Integración de LANs inalámbricas , Radios Móviles Privados (PMR) y paging.
- Cobertura y roaming mundial.
- Escenarios multi-operador.

Además otro proyecto paralelo constituye las comunicaciones de banda ancha. RACE ha introducido también *Integrated Broadband Communications* (IBC), que viene a ser una red fija similar a ISDN de banda ancha (B-ISDN), sobre la cual ha desarrollado *Mobile Broadband System* (MBS).

MBS ha sido definido como la extensión *inalámbrica* de B-ISDN ; y, por lo tanto está basado en ATM (Modo de Transferencia Asíncronico). MBS usa un esquema de acceso híbrido (TDMA/FDMA), y puede transmitir una o dos celdas ATM dependiendo del esquema de modulación. De esta manera MBS será capaz de ofrecer hasta 155 Mbps a los usuarios y se explotarán completamente los servicios multimedia.

Las instalaciones MBS demorarán más tiempo que las de UMTS , pues la alta velocidad y frecuencia de operación implican un mayor desafío tecnológico (UMTS ofrece máximas velocidades de hasta 2 Mbps ya que su enfoque es ser un sistema de banda estrecha). MBS y UMTS se interconectarán por medio de la red fija *Integrated Broadband Communications Network* (IBCN).

De acuerdo al último panorama presentado, se nota claramente que la integración está llegando a ser una realidad en el campo de las telecomunicaciones, y se está logrando en todo el mundo a través del trabajo conjunto de las diversas organizaciones de estandarización enmarcadas con la UIT, es decir en el futuro, será de extrema importancia para el éxito global de los sistemas de radio de la tercera generación armonizar ideas y actividades sobre una base mundial.

CAPITULO III

DISEÑO DEL SISTEMA

3.1 Introducción

En el capítulo anterior básicamente se ha mencionado los beneficios e inconvenientes de la solución mediante radio en Lazo Local de Abonado (RLL), así como también la variedad de tecnologías y estándares que podrían usarse. Continuando el desarrollo del presente estudio es conveniente aclarar el enfoque predeterminado del mismo: la tecnología a usarse para cumplir con los objetivos propuestos será la de *Digital Cordless - Telefonía Digital Inalámbrica*, cuyos estándares han sido ya estudiados y analizados.

El estándar escogido para realizar el diseño es *Digital Enhanced Cordless Telecommunications - Telecomunicaciones Inalámbricas Digitales Avanzadas* (DECT).

La selección del estándar DECT, como la tecnología para facilitar el acceso al Bucle de Abonado se ha realizado por las siguientes razones:

- La Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL) a través del Comité Consultivo Permanente I: Servicios Públicos de Telecomunicaciones que pertenecen a la Organización de los Estados Americanos (OEA), ha dado la aprobación final al documento "Coordinación de normas en la banda 1910 - 1930 MHz" mediante las reuniones del CCP.I realizadas en Octubre de 1997 en Brasil. La banda de 1910 - 1930 MHz, denominada séptima sub-banda por encontrarse entre las seis bandas, A-F para los servicios de comunicaciones personales FDD (PCS) que utilizan las frecuencias 1850 - 1910 y 1930 -1990 MHz, ha sido reservada por CITEL para los servicios de baja potencia "unpaired" y que no requieren licencia que corresponden a comunicaciones personales y locales inalámbricas mediante cualquier aparato portátil o fijo; "notepads" inalámbricos, aparatos para la transmisión inalámbrica de mensajes y sistemas telefónicos inalámbricos. La FCC ha denominado a esta banda como la banda *PCS para Usuarios*. Siendo de vital importancia la condición de normalización de un estándar, así como el adecuado uso del espectro ante la inminente llegada de PCS a Sudamérica, DECT cumple con este requisito de

salvaguardar el espectro; por ejemplo, ha sido adoptado en USA a través de la norma *TIA/EIA 662, Personal Wireless Telecommunications 1995*, norma que está basada en DECT para la explotación de la banda PCS para Usuarios. Dicha reglamentación no ha sido aplicada a otros estándares similares a DECT.

Esta consideración permitirá ajustar el diseño a la realidad de nuestro país, que está sujeto a las normas de CITEL.

- La técnica Dúplex por División en el tiempo (Time Division Dúplex - TDD) del DECT, a diferencia de otras como División Dúplex por Frecuencia (FDD), fija el espectro de uso en un único segmento de frecuencias, utilizando tan solo 20 MHz para soportar 120 canales bidireccionales.
- La evolución hacia la independencia del fabricante de la infraestructura RLL y el del equipo de abonado RLL está asegurada una vez que el ETSI RAP (Radio Local Loop Access Profile: Perfil del Acceso mediante Radio en el Bucle Local) se ha definido completamente.
- La utilización de tecnologías maduras y estandarizadas hace que la parte de la red de acceso no compartida entre muchos abonados, tenga unos costos bajos, como, por ejemplo, el equipo de abonado.
- La Selección Continua Dinámica de Canales (Continuous Dynamic Channel Selection - CDCS) del DECT proporciona:
 - ⇒ Elevada inmunidad frente a interferencias.
 - ⇒ Manejo del canal durante la comunicación.
 - ⇒ No es necesaria una planificación de frecuencias.
- La tasa de bit de DECT: 1152 kbps proporciona una mayor velocidad de transmisión de la trama DECT que otros estándares parecidos.
- La modulación utilizada por DECT: Desplazamiento de Frecuencia Gausiana (Gaussian Frequency Shift Keying - GFSK), permite en un reducido ancho de banda tener una buena eficiencia espectral, usa pequeños y eficientes amplificadores de potencia y tiene baja radiación fuera de banda evitando la interferencia cocanal.
- Dentro de la definición DECT se incluye la capacidad de soportar servicios avanzados tales como el acceso a RDSI Básico (BRI).

- Con DECT se puede lograr tráficos de 10,000 Erlangs/km² suficiente para 50,000 a 100,000 usuarios / .km² propio para ambientes urbanos y suburbanos. Esto se logra con el uso de pico celdas con radios pequeños de 100 a 300 m y antenas sectoriales. Para su aplicación en RLL que corresponde al presente trabajo se utiliza antenas sectoriales (en vez de omnidireccionales) con el fin de aumentar la capacidad de tráfico al sectorizar las celdas.

3.2 Descripción del proyecto

Con el fin de seguir una metodología para el diseño del presente proyecto se ha previsto dividirlo en cuatro partes, las cuales se irán desarrollando paralelamente con el respaldo teórico que requiera cada caso y serán presentadas secuencialmente para de esta forma distribuir todos los números asignados en las centrales locales a los abonados proyectados de una manera totalmente transparente mediante los siguientes pasos:

➤ Central Telefónica

Seleccionar la central o centrales adecuadas para el proyecto, considerando la ubicación geográfica, capacidad existente e interfaz con la unidad concentradora del sistema inalámbrico.

➤ Red de acceso

Corresponde al transporte de todos los canales y números de abonados desde la central local hasta la estaciones base. Puede realizarse mediante cualquier medio de transmisión que utilice el interfaz G703.

➤ Sistema de distribución

Este sistema se encarga de enlazar a las estaciones base cuando se tiene configuraciones Punto – Multipunto y constituyen la etapa intermedia para llegar a las celdas. La ubicación de las estaciones base remotas, se elige tomando en cuenta la cercanía de los abonados y la viabilidad radioeléctrica. En sistemas que usen una configuración centralizada se puede omitir este paso ya que se conectan directamente la estación base y la unidad concentradora a través del interfaz G703/704 utilizando cualquier medio de transmisión.

➤ Subsistema inalámbrico mediante DECT.

Constituye el enlace entre la estación base y el abonado. Se considera formado celularmente, donde cada una de las celdas se diseña en función del número de abonados, área a cubrir y localización de las estaciones terminales remotas.

En la casa de los abonados se instalará un terminal telefónico inalámbrico (con respecto a la estación base) que posee un interfaz a dos hilos para conectarse a cualquier aparato telefónico estándar.

3.3 Central Telefónica

De los datos de la tabla 1.17 correspondiente al estudio de proyecciones de demanda realizados en 1995 por ALCATEL que contiene la proyección al año 2000 por zonas censales del Centro de Quito, se desprende que se tiene proyectado suministrar 75238 líneas residenciales, que en la actualidad sería imposible completar debido a la carencia de suficiente cantidad de números en las centrales, pero que ANDINATEL tratará de cubrir a esa fecha con diversos proyectos y ampliaciones en la capacidad de las centrales. (Se tiene actualmente una cantidad aproximada de 46000 abonados instalados en el sector).

Para el mencionado sector (Centro de Quito), sería óptimo cubrir la demanda utilizando números de centrales aledañas para evitar el aumento de medios de transmisión tales como enlaces de microondas de mediana y alta capacidad, repetidores pasivos, etc., si el transporte se lo realizara desde algún punto lejano; así, las centrales que se han considerado son:

- Villa Flora
- Quito Centro
- Mariscal Sucre

3.3.1 Capacidad instalada y utilizada en centrales de interés

De la tabla 1.5 que resume la situación telefónica actual de Quito se puede hacer un análisis más detallado para determinar la capacidad neta de números disponibles en las centrales de interés localizadas en los sitios Villa Flora, Quito Centro y Mariscal Sucre.

Villa Flora

En el edificio de la Central Villa Flora, compuesta antiguamente por las centrales Villa Flora 1 y Villa Flora 2 que han sido dadas de baja e integradas a la nueva central ALCATEL E010B-OCB283 denominada Villa Flora 3, se tienen los datos presentados en la tabla 3.1.

Central	Marca	Abonados instalados	Números en conmutación	Números Disponibles
Villa Flora 3	ALCATEL E010B	25502	35000	9498

Tabla 3.1. Capacidad numérica disponible en Villa Flora

Quito Centro

Al ser reemplazadas las centrales:

- Quito Centro 1 Ericsson AGF
- Quito Centro 2 Ericsson ARF-102
- Quito Centro 3 Ericsson ARF-102

por la nueva central ALCATEL E010B-OCB283 llamada Quito Centro 1, la disposición final de centrales está de acuerdo a la tabla 3.2.

Central	Marca	Abonados instalados	Números en conmutación	Números Disponibles
Quito Centro 1	ALCATEL E010B	20895	24000	3105
Quito Centro 4	NEC NEAX-61M	4744	5000	256
<i>Total</i>				3361

Tabla 3.2 Capacidad numérica disponible en Quito Centro

Cabe anotar que en Quito Centro se sigue teniendo la misma infraestructura en conmutación; ya que, lo único que se ha realizado es reemplazar las 3 centrales analógicas por una nueva central digital sin aumentar números telefónicos. Sin embargo, la central ALCATEL E010B-OCB283 tiene la opción para aumentar su capacidad hasta 100000 números si se aumentan tarjetas adicionales.

Mariscal Sucre

Al igual que en las anteriores centrales, mediante el proyecto de ampliación (según contrato No.961226) pasa a denominarse Mariscal Sucre 1 la nueva central Ericsson AXE 10 en reemplazo de las anteriores centrales:

- Mariscal Sucre 1 Ericsson AGF
- Mariscal Sucre 2 Ericsson ARF-102
- Mariscal Sucre 4 Ericsson ARF-102.

Los datos netos de capacidad y centrales que estarían presentes en Mariscal Sucre se presentan en la tabla 3.3:

Central	Marca	Abonados instalados	Números en conmutación	Capacidad disponible (números)
Mariscal Sucre 1	ERICSSON AXE-10	24321	31104	6783
Mariscal Sucre 3	ERICSSON ARF-102	9509	10000	491
Mariscal Sucre 5	NEC NEAX-61M	19127	20000	873
Mariscal Sucre 6	NEC NEAX-61E	10468	11128	660
<i>Total</i>				8807

Tabla 3.3 Capacidad numérica disponible en Mariscal Sucre

Es necesario recordar que en todos los casos anteriores se deben considerar reservas necesarias por daños, realizar reparaciones y mantenimiento, etc., por lo cual no se podrían dimensionar los sistemas con la capacidad máxima de las centrales mencionadas. La central de Villa Flora posee una gran infraestructura (9498 números), lo cual representa una gran ventaja. Quito Centro a pesar que no dispone de una elevada cantidad de números posee una buena ubicación para el caso del sistema inalámbrico, ya que dispone de una torre de 30m de altura; mientras que Mariscal Sucre a pesar de tener también una gran infraestructura de números no posee una ubicación ideal para este sistema ya que se tendría que montar una torre nueva o buscar algún edificio aledaño.

De acuerdo a estos datos y tomando en cuenta lo mencionado en el capítulo I sobre la demanda y las diversas formas de llegar a satisfacerla para llegar al punto de equilibrio, añadiendo que el presente proyecto todavía no ha sido implementado en ninguna parte del país, no teniendo más que la referencia de experiencias exitosas en otros países, se ha determinado como una primera fase implementar 5000 números telefónicos para usuarios fijos en el Sector Centro de Quito.

3.4 Soluciones fijas para el Bucle de Abonado disponibles en el mercado.

El Estándar DECT en la actualidad está representado por una gran cantidad de fabricantes especializados en el ramo como son, entre otros: ALCATEL, ERICSSON, NEC, SIEMENS, PHILIPS, etc.

Algunos fabricantes consideran reservada la información sobre su equipo debido al competitivo mercado, se ha logrado sin embargo recopilar información de los tres principales proveedores de este estándar:

3.4.1 Descripción funcional de equipos de fabricantes

3.4.1.1 DRA 1900

El sistema DRA 1900 pertenece a la compañía ERICSSON y constituye la solución urbana para llegar a la última milla del abonado mediante tecnología de radio usando el estándar DECT. Un sistema puede proveer servicio hasta un máximo de 600 abonados. Las configuraciones de este sistema se muestran en la figura 3.1.

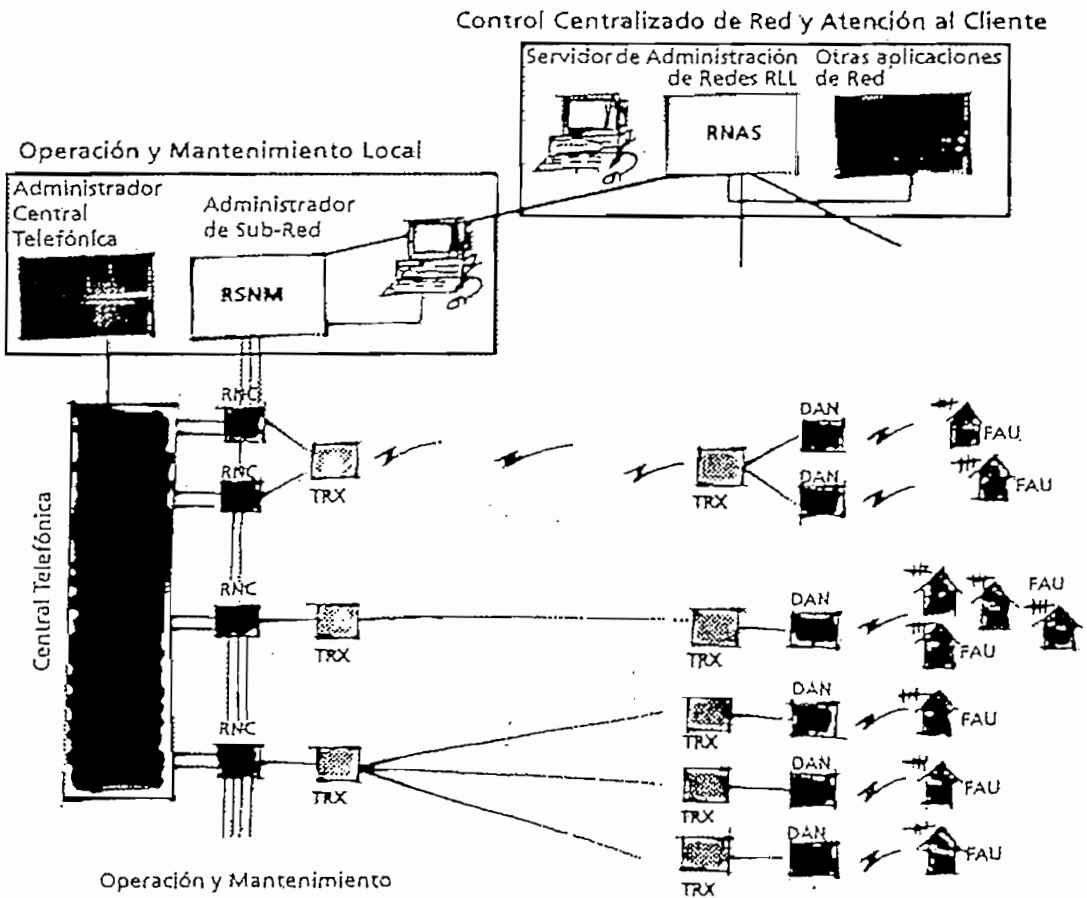


Figura 3.1 Configuraciones de la red DRA 1900

La descripción de las diferentes unidades es la siguiente:

- Unidad de Acceso Fija (FAU). - Constituye el terminal de abonado al cual se conectan sus teléfonos estándar o equipos de comunicación como: fax, contestadores, etc.
- Nodo de Acceso de DECT (DAN). - Todas las FAU de abonados ubicadas en un área determinada se conectan al DAN. Este módulo que maneja la gestión de DECT puede cubrir un área de un radio de hasta 5 km, según sea el entorno.
- Controlador de Nodo de Radio (RNC). - Constituye la parte central del sistema DRA 1900 que se conecta a la Central Local (CL) de la red telefónica y que actúa como elemento intermedio entre los DAN y la CL. La conexión del DAN al RNC se realiza por medio de enlaces que cumplan la norma G703, es decir, ya sea mediante microondas, fibra óptica, HDSL en cables pares, etc., mientras que la conexión del RNC a la central local se realiza por medio de un interfaz digital según la norma V5.2¹. Cada RNC puede atender hasta 8 DAN.
- Gestor de la Subred de RLL (RSNM). - Es el elemento que supervisa y controla la red DRA 1900, típicamente administra entre 10 y 20 RNCs conectados a la central telefónica y cuenta con funciones de operación y mantenimiento como configuración, bloqueo/desbloqueo y pruebas de RNCs, DANs y FAUs bajo un interfaz amigable de ventanas. Los RNCs remotos pueden conectarse al RSNM a través de modems o mediante una red de paquetes X.25.

A su vez un RSNM ofrece un acceso remoto a un Servidor de Administración de Redes RLL (RNAS), que es un sistema centralizado con funciones adicionales y que administra entre 5 y 10 RSNMs.

3.4.1.2 DCTS

Sus siglas corresponden a *Digital Cordless Telephone System*, este equipo pertenece a la compañía japonesa NEC y es la solución que ofrece para 2 tipos de entornos: urbanos y rurales. DCTS provee servicio a sus abonados terminales ya sea con el estándar PHS o con DECT. La capacidad máxima del sistema es de 2048 abonados.

Una típica red con DCTS consiste de una o más Estaciones Base, Estaciones de Celda y Terminales de Subscriptor. (Figura 3.2).

¹ El interfaz V 5.2 es todavía un interfaz propietario y permite conectar directamente los abonados de la central local a la estación concentradora inalámbrica a través de flujos de $n \times 2\text{Mbps}$ y se fundamenta en un principio de tipo concentrador dinámico.

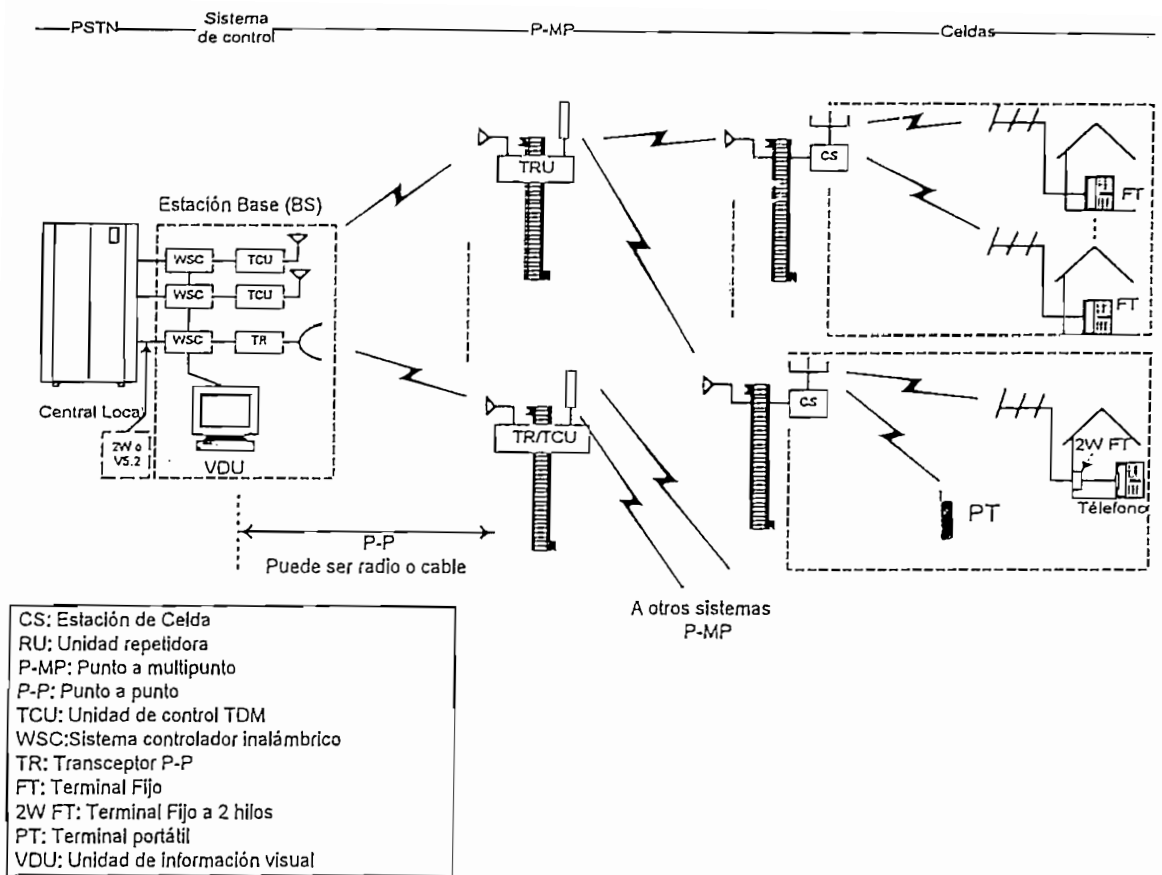


Figura 3.2 Configuración del sistema DCTS

Las unidades más importantes de este sistema son:

➤ Estación Base (BS). - Una Estación Base consiste de los siguientes módulos: *Controlador del Sistema Inalámbrico (WSC)*, *Unidad Controladoras TDM (TCU)* los cuales pueden estar en un número mayor a uno, y una *Unidad de Información Visual (VDU)*.

Mediante un concentrador, el WSC conecta los abonados con la PSTN usando ya sea cableado a dos hilos o el interfaz V5.2.

La TCU implementa la función TDM/TDMA de acuerdo a la configuración que puede ser Punto a Punto (P-P) o Punto a Multipunto (P-MP) y puede ser instalada en el mismo lugar que el WSC o remotizada mediante la interfaz ITU-T G.703.

➤ Estación de celda (CS).- La estación de celda es localizada en el centro de radiación con respecto a los abonados. Consiste de 2 funciones: la una corresponde a la transmisión TDM/TDMA para conectar la CS con la TCU o una unidad repetidora

(sistema P-MP) y en la otra dirección cumple la función transceptora PHS o DECT con los abonados terminales.

➤ **Terminal de Subcriptor (ST).**- El equipo consta de tres tipos de terminales:

Terminal Fijo (FT), Terminal Portátil (PT), y Terminal Fijo a 2 hilos (2W FT).

⇒ *Terminal Fijo(FT).*- Comprende de un set telefónico y un transceptor DCTS, si el abonado está lejos de la CS se emplea una antena yagi, caso contrario una antena látigo es suficiente.

⇒ *Terminal Portátil.(PT)*- Este terminal opera en un radio de pocos cientos de metros de la CS y usa un teléfono inalámbrico parecido a los celulares pero opera únicamente en esa celda.

⇒ *Terminal fijo a 2 hilos(2W FT).*- Contiene un adaptador que permite la conexión estándar de un teléfono ordinario, fax, módem, etc.

➤ **Operación y mantenimiento.**- el monitoreo del sistema se logra mediante la Unidad de Información Visual (VDU) que incluye las siguientes funciones: alarmas, estadísticas de tráfico, pruebas de diagnóstico, control remotizado de las Estaciones de celda y terminales de abonados.

Las VDUs también pueden ser remotizadas vía módem o integrarse a un sistema centralizado local de hasta 10 VDUs vía Ethernet.

3.4.1.3 A9500

La solución de la empresa ALCATEL para dar servicio mediante radio y llegar a la denominada "última milla" del abonado se basa en la familia de sistemas de telefonía fija inalámbrica Alcatel A-9500, el sistema es diseñado para aplicaciones de alta densidad de abonados en ámbitos urbanos.

El sistema A9500 proporciona los servicios básicos telefónicos de voz, fax, datos en la banda vocal y a su vez incluye los servicios avanzados ISDN.

A diferencia de otros sistemas el A9500 propone 2 arquitecturas básicas: centralizada y distribuida mediante las cuales consigue flexibilizar el sistema. (figuras 3.3 y 3.4)

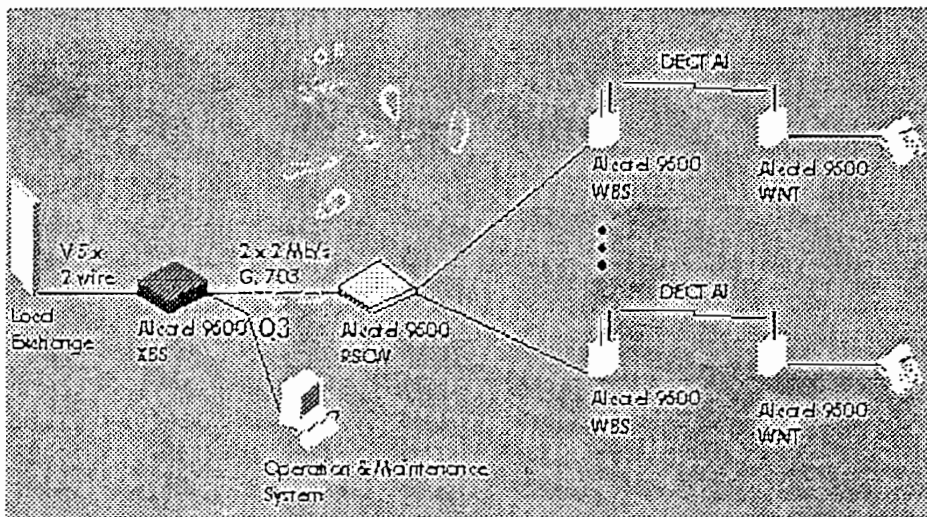


Figura 3.3 Arquitectura Centralizada del Sistema A9500.

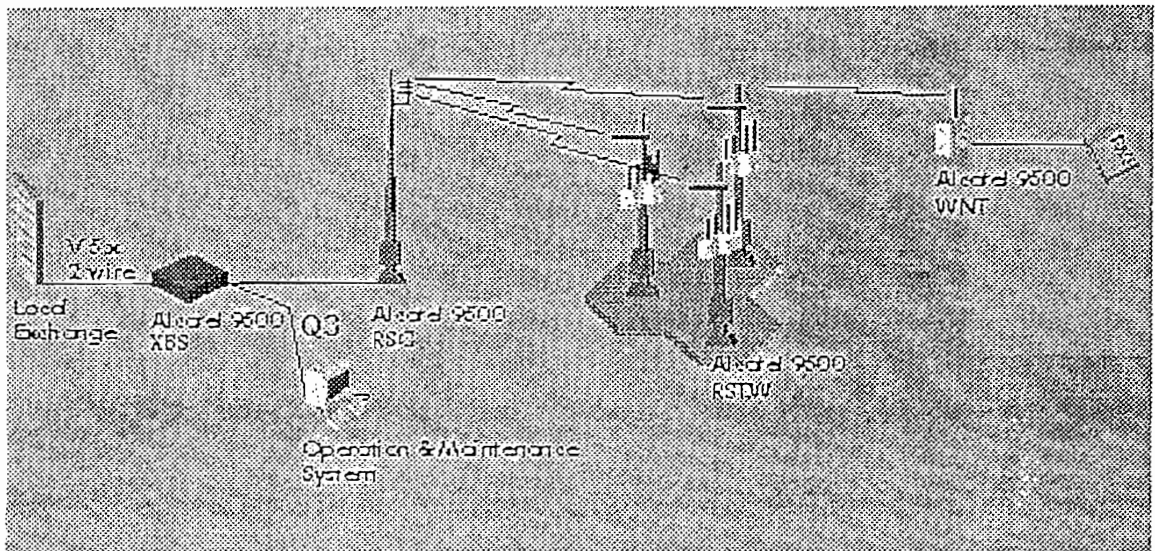


Figura 3.4 Arquitectura distribuida (P-MP) del sistema A9500

Las diversas unidades que conforman este sistema para lograr los 2 tipos de arquitecturas son las siguientes:

- Estación Banda Base de Central (XBS).- La estación XBS es el interfaz con la Central Local de Conmutación instalándose en sus inmediaciones (mecánica de interior). Controla la red completa del sistema A9500 y proporciona los diferentes interfaces de conexión: con el OMS local y/o remoto; con la unidad RSCW 2x2

Mbps G.703; con la central de conmutación a 2 hilos a/b o a nx2 Mbps usando el interfaz V5.2.

- **Estación Central Inalámbrica (RSCW).** La Estación Central Inalámbrica (RSCW) permite controlar hasta 24 Estaciones Base Inalámbricas (WBS) y un número máximo de 1536 abonados. La RSCW concentra el tráfico que llega de cada WBS y proporciona los interfaces de conexión hacia la XBS (hasta 120 conversaciones simultáneas).
- **Estación Base Inalámbrica (WBS).** La Estación Base Inalámbrica (WBS) es una pequeña unidad transceptora DECT para instalación en exterior. La WBS realiza la conexión de la unidad de terminación de abonado (WNT) a través del interfaz aire DECT con la RSCW.
- **Estación de Radio Central (RSC).** La RSC lleva a cabo la función de transmisión radio TDM/TDMA P-MP hacia las estaciones RSTW. Se conecta con la XBS mediante un interfaz 2x2 Mbps G-703.
- **Estación Terminal Radio Inalámbrica (RSTW).** La estación RSTW permite la remotización de las estaciones WBS vía radio al incluir una unidad radio P-MP con el fin de establecer el enlace con la RSC. El número de RSTWs enlazadas con la RSC dependen de la configuración de la RSTW de tal manera que el número de WBS total sea menor o igual a 24.
- **Terminación de Red Inalámbrica (WNT).** La WNT se instala en la casa del abonado. Suministra la/s terminación/es de línea para la conexión de equipos telefónicos convencionales (teléfono, fax, módem) en el lado abonado, y establece el interfaz hacia la WBS haciendo uso del interfaz radio DECT.

Dependiendo del número de líneas de abonado y de los servicios a suministrar existen diversos modelos de WNTs:

- WNT-S (Una línea).
 - WNT-SH (Una línea/Bucle Corto).
 - WNT-D2 (Dos líneas/Transmisión de Datos: fax hasta 9800bps y datos en banda vocal hasta 28.8kbps).
 - WNT-I (Transmisión RDSI de una línea: acceso básico 2B+D).
- **Estación de Operación y Mantenimiento (OMS).** Proporciona el interfaz hombre-máquina del sistema A9500 para llevar a cabo todas las tareas de operación,

administración y mantenimiento en la red, tales como configuración del sistema, pruebas, monitoreo de la situación y de las características, así como visualización de las alarmas y análisis de ellas.

La OMS se conecta a la estación XBS bien de forma local y/o de forma remota a un centro de supervisión. El interfaz es tipo Q3 - LTS, bajo el protocolo X.25, permite la conexión de:

- Un ordenador personal bajo entorno Windows con una gestión en tiempo real para controlar un máximo de 14 redes A9500.
- Un sistema de Gestión de Red de Telecomunicaciones Alcatel 1353 OS (Telecommunication Network Management - TMN), necesario en la gestión de grandes redes de acceso.

3.4.2 Comparación de características técnicas

La tabla 3.4 presenta una comparación técnica de los tres equipos planteados, así como características de estaciones que serían equivalentes en los tres sistemas y diferencias básicas de configuraciones existentes en cada equipo.

3.4.3 Análisis de los sistemas planteados

En la tabla 3.4 se visualiza claramente que existen muchas características comunes entre los equipos planteados, sobre todo los 2 últimos sistemas: DCTS y A9500.

Si se quiere aprovechar la capacidad de abonados por sistema el equipo DRA1900 estaría en desventaja ya que un sistema DRA 1900 brinda servicio a un máximo de 600 abonados, esto es debido a que solo conecta un flujo de 2 Mbps desde la central local logrando con ello mantener un máximo de 60 canales, es decir máximo 60 conversaciones telefónicas al mismo tiempo ya que utiliza codificación vocal ADPCM; no ocurre esto con los otros 2 sistemas que mediante la conexión de 2 flujos de 2Mbps cada uno desde la central local consiguen mantener una capacidad doble de conversaciones simultáneas, mediante los 120 canales ADPCM, ello implica también que el tráfico ofrecido por sistema sea menor en el DRA 1900, así si se toma un Grado de Servicio (GOS) aceptable para una ciudad (1%) , el tráfico ofrecido por el DRA 1900 es 47 Erl a diferencia de 103 Erl de los otros dos sistemas.

Otra ventaja sobre DRA 1900 es que los otros dos sistemas disponen de un sub-sistema de transporte punto-multipunto (P-MP) , mediante TDM/TDMA integrado que permite en el caso del A9500 realizar arquitectura distribuida. DRA 1900 plantea otras configuraciones mediante interfaces a 2 Mbps.

Tabla 3.4 Comparación de Especificaciones Técnicas de equipos planteados

Característica		DRA 1900	DCTS	A 9500
Bandas de frecuencia		1880 – 1900 MHz 1910 – 1930 MHz	1895 – 1918 MHz (PHS) 1880 – 1900 MHz (DECT)	1880 - 1900 MHz 1900 - 1920 MHz 1910 - 1930 MHz
Número máximo de abonados		600	Sistema PCM 64 kbps: 1024 Sistema ADPCM 32 kbps: 2048	ADPCM 32 kbps: 2048 Configuración típica (con sectorización de celdas): 1536
Número de canales telefónicos		60 (32 kbpsADPCM)	60 (64 kbps PCM) 120 (32 kbpsADPCM)	120 (32kbps ADPCM)
Número de flujos tomados desde central		1X2Mbps	2x2Mbps	2x2 Mbps
Máxima capacidad de tráfico		+5 Erl(0,5%GOS) +7 Erl (1%GOS) 55 Erl (5% GOS)	100 Erl (0,5% GOS) 103 Erl (1% GOS)	100 Erl (0,5% GOS) 103 Erl (1% GOS)
<i>Estaciones y características equivalentes en los tres sistemas</i>				
Estación concentradora		RNC	WSC	XBS
Estación de celda		DAN	CS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Arquitectura centralizada (RSCW) ▪ Arquitectura distribuida (RSTW)
Estación de abonado		FAU	<ul style="list-style-type: none"> ▪ FT ▪ PT ▪ 2W FT 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ WNT-S ▪ WNT-SH ▪ WNT-D2 ▪ WNT-I
Máximo número de Estaciones de celda		8 DANs	255 CS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Arquitectura centralizada (RSCW) :1 ▪ Arquitectura distribuida RSTW(6WBS) : 4 ▪ RSTW(12WBS): 2 ▪ Máximo número de WBS : 24

Máximo número de abonados por celda	522 (1%GOS y 0.09 Erl/abon) (con sectorización)	57 (1%GOS y 0.09 Erl/abon) (sin sectorización)	Arquitectura centralizada (RSCW): 1536 (1 celda sectorizada) Arquitectura distribuida RSTW (6WBS): 384 (4 celdas sectorizadas) RSTW (12WBS): 766 (2 celdas sectorizadas)
Servicios de telecomunicación:	<ul style="list-style-type: none"> Telefonía Básica Transmisión de datos en banda de voz Fax Grupo 3. Marcarción por tonos o por impulsos Servicios de la central local: discado abreviado, llamada en espera, transferencia de llamadas, etc. Servicios de Valor Agregado a través de servicios inteligentes de red. Servicios de grupos de negocios. Acceso a RDSI básico 	<ul style="list-style-type: none"> Telefonía Básica Fax Grupo 3. Marcarción por tonos o por impulsos Servicios de la central local: llamada en espera, transferencia de llamadas. Llamada de emergencia Línea arrendada Mobilidad: dentro de la misma celda pero sin opción a handover con otra celda 	<ul style="list-style-type: none"> Telefonía básica Audio 3.1 kHz Telefax, grupo 2-3 (T.3,T.4 y T.30) Transmisión de datos: <ul style="list-style-type: none"> 2.4 kbps (V.21, V.22, V.23, V.26 (cr)) 4.8 kbps (V.27 bis) Servicios de la central local: llamada en espera, transferencia de llamadas, discado directo. Servicios de valor agregado Servicio a grupos de negocios. Acceso a RDSI básico

Sistema de radio DECT

General	Cumple ETS 300175	Cumple ETS 300175	Cumple ETS 300175
Potencia transmitida	23 dBm , +/- 1dB	24 dBm	22 dBm
Potencia recibida Min. (BER 1.10 ⁻³)	-89 dBm	-83 dBm	-89dBm
Ganancia del sistema	112 dBm	107 dBm	111 dBm.
Velocidad de transmisión	1.152 Mbps	1.152 Mbps	1.152 Mbps
Modulación	GMSK con BT =0.5	GMSK	GMSK CON BT=0.5
Ancho de banda de RF	1.728 MHz	1.728 MHz	1.728 MHz
Número de portadoras	10	10	10
Codificación	32 kbps ADPCM	32 kbps ADPCM	32 kbps ADPCM

Transporte Radio TDM/TDMA Integrado

Capacidad de transmisión	-4 Mbps por sistema	-4 Mbps por sistema	-4 Mbps por sistema
Banda de RF	1.5 GHz (ITU-R Rec. 746 Anexo 1) 2.4 GHz (ITU-R Rec. 746 Anexo 2) Otras frecuencias bajo demanda	1.5 GHz (ITU-R Rec. 746 Anexo 1) 2.4 GHz (ITU-R Rec. 746 Anexo 2) 3.3 a 3.7 GHz 10.5 GHz (ITU-R Rec. 747)	1.5 GHz (ITU-R Rec. 746 Anexo 1) 2.4 GHz (ITU-R Rec. 746 Anexo 2) Otras frecuencias bajo demanda
Modulación	QPSK	QPSK	4QAM
Ancho de banda de RF	No posee un sistema integrado TDM/TDMA pero utiliza flujos de 2Mbps para el transporte entre la RNC y DAN según la recomendación G703/704.	3.5 MHz para la banda 1.5 GHz 4 MHz para las bandas 2.4/3.5/10.5 GHz	3.5 MHz para la banda 1.5 GHz 4 MHz para la banda de 2.4 GHz
Potencia transmitida		<ul style="list-style-type: none"> TCU/RU : +31 dBm CS: +20 dBm o 26 dBm 	+30 dBm
Potencia recibida mínima (BER 1.10 ⁻³)		<ul style="list-style-type: none"> Upward: -92 dBm Downward: (TCU/RU a RU): -91 dBm (TCU/RU a CS): -87 dBm 	-93 dBm
Ganancia del sistema (considerando pérdidas del diplexor)		TCU: 121 dBm	119 dBm

Características Eléctricas

Margen de voltaje de entrada	RNC: -10.5 a -57 Vdc DAN: -10.5 a -57 Vdc FAU: 161-253 o 80 -127 Vac RSNM; 115V/60 Hz o 230V/50Hz	WSC: -43 a V-52.8Vdc TCU: -19 a 58 Vdc RU(tipo exterior): +10 a +18 Vdc TF: 115/60 Hz o 230V/50Hz Con batería de 12 o -18 V VDU: 115V/60 Hz o 230V/50Hz	XBS: -48Vdc de batería local o central RSC: 12Vdc o -24Vdc o -18 Vdc. 115/60Hz o 230V/50 Hz. Con batería: 12 0 -18V WNT: 115/60 Hz o 230V/50Hz Con batería de 12 o -18 V OMS: 115V/60 Hz o 230V/50Hz
Consumo de potencia:	RNC: máx 225 W DAN: máx: 120 W FAU: En reposo <2.5 w Activo: <5W	WSC: Aprox. 500 W. TCU: Aprox. 70 W (1+1) RU(tipo exterior): Aprox. 30 W (1+0)	XBS: máximo 91 RSC: máximo 82W RSCW-RSTW: De acuerdo al número de abonados. WNT-S: En reposo : 3.8W Activo: 6W

Se procede a analizar entonces los dos sistemas restantes, los cuales difieren técnicamente en algunos aspectos importantes :

- Como se mencionó al inicio de este capítulo, CITELE normalizó para Sudamérica la banda de 1910 a 1930 MHz para aplicaciones como la Telefonía Inalámbrica Fija, en este contexto A9500 cumpliría esta norma, mientras que DCTS trabaja en la banda 1880 a 1900 MHz que está orientada a la normalización europea.
- A9500 presenta un sistema que permite flexibilizar el diseño al proponer dos tipos de arquitectura: centralizada y distribuida, disponiendo de módulos específicos para cada configuración y lograr una eficiente distribución de usuarios y de tráfico mediante la sectorización de las celdas. DCTS no menciona la sectorización de celdas pues su arquitectura está orientada a aumentar el número de Estaciones de Celda (CS) hasta un máximo de 255 y 64 abonados máximo por celda, esto conllevaría a aumentar significativamente los costos al instalar un mayor número de estaciones base.
- A9500 utiliza modulación QAM para el sub-sistema punto – multipunto , modulación más eficiente que QPSK en cuanto a la relación señal a ruido.
- Otro punto importante constituye el interfaz con la central local. Tanto en Quito Centro como en La Villa Flora existen centrales nuevas Alcatel E010B que usan la interfaz V5.2 para conectarse directamente a la estación concentradora inalámbrica mediante flujos de 2Mbps, evitando la conexión mediante pares cableados. Las centrales NEC existentes son antiguas y no poseen esta opción. Además el interfaz V5.2 es todavía propietario, por tanto deberán ser del mismo fabricante tanto la central local como la estación concentradora del sistema inalámbrico si se quiere conectar directamente flujos de 2 Mbps.

Por todas las características mencionadas anteriormente se selecciona el sistema A9500 como óptimo técnicamente, sin embargo se deben analizar parámetros adicionales además de la parte técnica como son:

- Costos
- Respaldo de la empresa fabricante
- Experiencias anteriores

Los costos del equipamiento dependerán de las configuraciones usadas en cada uno de los sitios a implementarse pues se tendrán diferente número de estaciones base , módulos

de radio, tarjetas, etc.; pero como se dijo anteriormente la arquitectura de A9500 es más flexible en cuanto a utilización de estaciones base, lo cual implicará menores costos.

Si se busca experiencias anteriores ALCATEL ha estado presente en el país desde hace algún tiempo, por ejemplo se le adjudicó el concurso de ofertas para provisión de una segunda etapa de sistemas multiacceso con el sistema SDM 30 el cual está funcionando exitosamente en las áreas rurales; también ha ganado la oferta para proveer próximamente servicio mediante el uso del estándar DECT a una parte de la región rural de Esmeraldas con el sistema A9800 que es la solución de ALCATEL para el bucle de abonado pero en ambientes rurales. Sin embargo no existen todavía en el país instalados sistemas rurales/urbanos inalámbricos fijos de ningún tipo de fabricante que usen el estándar DECT, como se dijo anteriormente únicamente se tiene la referencia de experiencias exitosas del sistema A9500 en otros países.

A todo ello se añade que si bien existen más sistemas disponibles en el mercado el diseño se lo realizará considerando la generalidad del caso; es decir, usando la típica planificación celular con análisis de tráfico, cálculos radioeléctricos de enlaces punto – punto, punto – multipunto, estudios de cobertura, etc., cuyas ecuaciones matemáticas siguen los modelos de propagación conocidos y que se aplican para cualquier equipo utilizado.

3.5 Descripción teórica de la red de acceso y distribución .- Arquitectura de celdas

Para la infraestructura del sistema de las estaciones bases y controladoras, existen 2 arquitecturas básicas: la arquitectura Centralizada (Punto a Punto) y la arquitectura Distribuida (Punto a Multipunto).

3.5.1 Arquitectura Centralizada (Punto a Punto)

En la figura 3.5 se muestra la arquitectura del sistema centralizado. La conexión entre la XBS y RSCW se realiza mediante un interfaz 2x2 Mbps G-703 que permite remotizar la instalación del equipo usando un medio de transporte estándar (radioenlace, fibra óptica, cable, etc.).

La RSCW puede ser configurada desde su capacidad mínima de 6 WBSs hasta su capacidad máxima de 24 WBSs en un único bastidor de interior.

También en la figura 3.5 se muestra un ejemplo típico de planificación. La RSCW esta ubicada en algún punto alejado de la central local y se puede hacer uso de cualquier

equipo de transporte estándar punto a punto como por ejemplo, un enlace de fibra óptica. La celda de la RSCW está sectorizada en 6 divisiones mediante 2 WBS por sector, dando un total de 12 WBS con capacidad de direccionar hasta un máximo de 768 abonados (2 WBS permiten direccionar máximo 128 abonados).

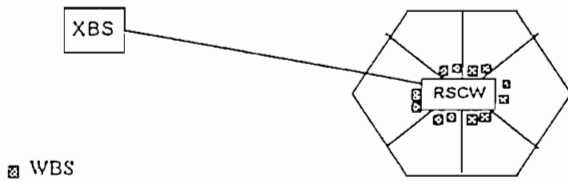
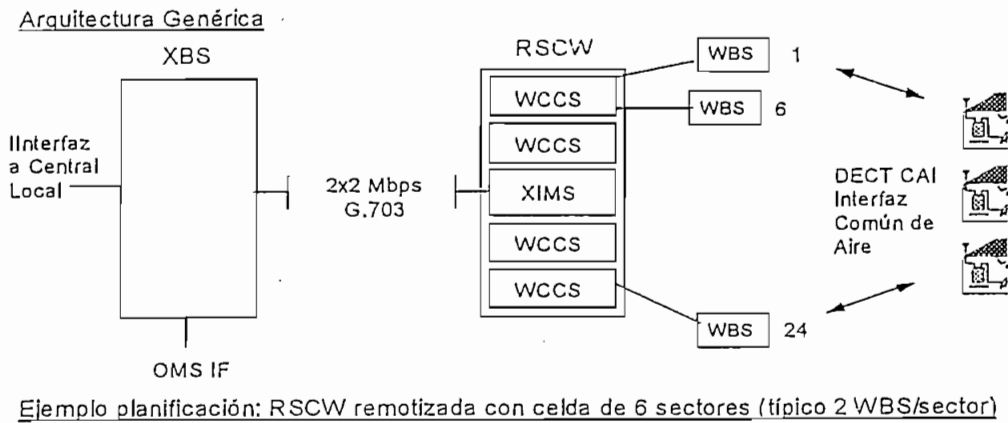
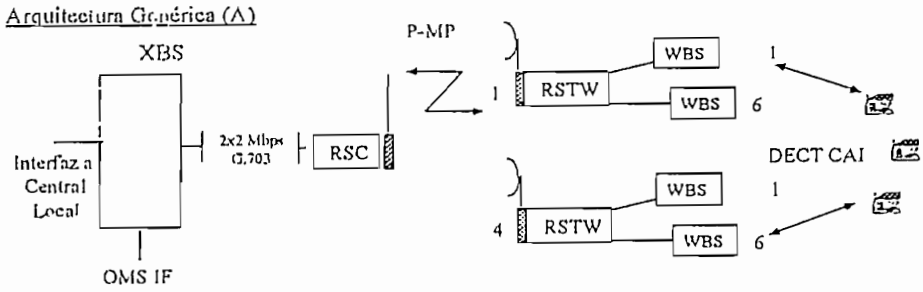


Figura 3.5. Arquitectura centralizada A9500 con ejemplo de aplicación

3.5.2 Arquitectura Distribuida (Punto a Multipunto)

Mediante este tipo de arquitectura se combina el acceso inalámbrico DECT hasta el abonado con un sistema de transmisión radio micro-ondas punto a multipunto TDM/TDMA con capacidad de 4 Mbps. La tecnología de radio P-MP tiene la ventaja de minimizar el equipo de transporte en el lado de la central, ya que de esta manera varios transceptores P-MP se unen con un transceptor único en el lado de central, como se puede observar en las figuras 3.6 y 3.7, en las cuales también se muestran ejemplos de planificación.

La RSC realiza el enlace P-MP al área donde se dará el servicio telefónico y conecta a varias RSTWs, las cuales a su vez conectan WBSs que realizan el interfaz DECT con las WNTs de usuarios bajo distintos patrones sectorizados con el fin de facilitar la cobertura local inalámbrica a la vez que concentran el tráfico hacia la RSC. La RSC se encuentra habitualmente en el mismo lugar de la XBS pero puede remotizarse ya que la interfaz entre ellas es de 2x2 Mbps G-703. Es de notarse que en los 2 ejemplos mencionados las configuraciones están dimensionadas con la máxima capacidad ya que utilizan 24 WBSs.



Ejemplo de planificación: 4 RSTW's con 3 sectores por celda (típico 2 WBS/sector)

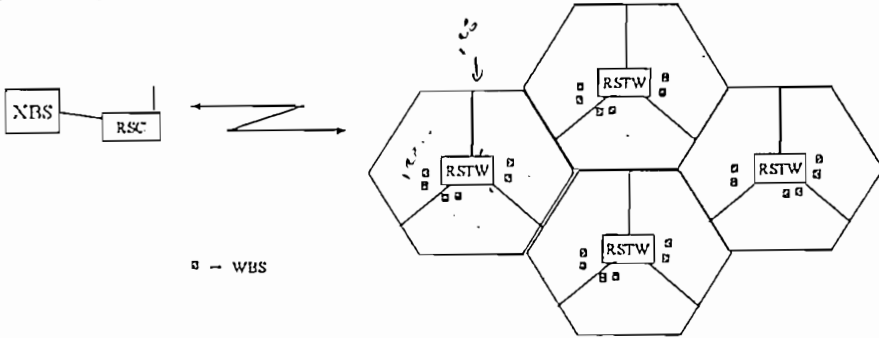
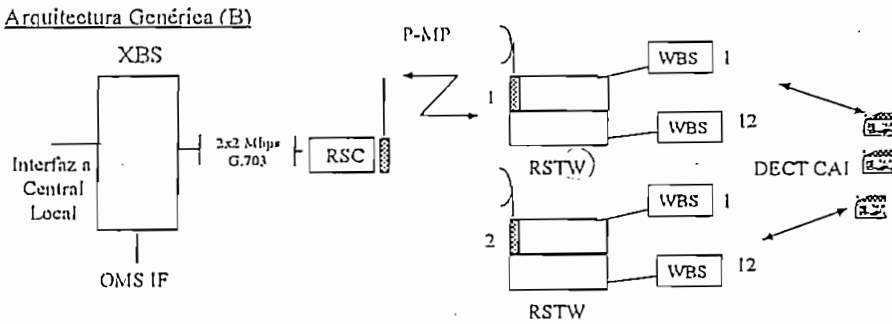


Figura 3.6. Arquitectura distribuida P-MP A9500 y ejemplo de aplicación (6WBS por celda)



Ejemplo de planificación: 2 RSTW's con 6 sectores por celda (típico 2 WBS/sector)

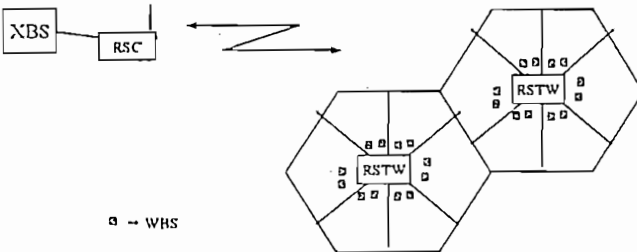


Figura 3.7. Arquitectura distribuida P-MP A9500 y ejemplo de aplicación (12 WBS por celda)

3.6 Estudio de tráfico

Un estudio fundamental para el dimensionamiento de un sistema de telecomunicaciones constituye el estudio de tráfico. La intensidad de tráfico telefónico constituye el flujo de ocupaciones o llamadas simultáneas durante un período de tiempo dado. La forma de calcular el tráfico en un grupo de canales es sumando los tiempos de todas las ocupaciones:

$$A = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n t_i \quad (3.1)$$

donde:

A = Tráfico total

t_i = Tiempo de duración de la llamada.

T = Período de observación.

n = Número total de ocupaciones en el grupo de canales.

Si se obtiene el tiempo promedio de la ocupaciones, la fórmula anterior se reduce a:

$$A = \frac{1}{T} (n \cdot t_m) \quad (3.2)$$

donde:

t_m = Tiempo promedio de ocupación.

Debido a que el tráfico telefónico es producido por abonados que originan llamadas según sus necesidades y gustos, se producen grandes variaciones en el transcurso del día y de la semana; es así, que existe una determinada hora del día en la que el tráfico alcanza su valor máximo denominada *hora pico* o también denominada *hora cargada*.

El dimensionamiento de los sistemas se deberá realizar para cumplir los requerimientos de esta hora pico ya que a cualquier otra hora del día el tráfico será menor.

La cantidad de canales asignados deben marcar un compromiso de calidad para evitar subdimensionamientos de un sistema que producen congestiones y fracasos de llamadas o también sobredimensionamientos que acarrearán gastos considerables e innecesarios.

Una vez conocido el tráfico a ser cursado por un grupo de canales, hay que establecer la relación entre este tráfico, la cantidad de canales necesarios para cursarlo y la probabilidad de que una llamada se pierda en dichas condiciones.

La función utilizada para combinar estos parámetros y calcular la probabilidad de pérdidas se denomina *Erlang B* y es la que utilizan los sistemas de telecomunicaciones.

$$P_N = \frac{A_T^N}{N!} \div \sum_{i=0}^N \frac{A_T^i}{i!} = B \quad (3.3)$$

donde:

N = Número de canales

A_T = Tráfico total ofrecido por el sistema.

P_N = Probabilidad de pérdida = B^2

Esta función está basada en tres supuestos:

1. Número infinito de fuentes de tráfico
2. Aparición de llamas según la Ley de Poisson
3. Duración de llamadas según la Ley Exponencial Negativa

La probabilidad de pérdidas es llamada también *Grado de Servicio (GOS)*.

Conocida esta relación y a través de tablas como las que se adjuntan en el anexo2 se puede calcular a partir de un tráfico ofrecido y de un grado de servicio establecido, la cantidad de canales necesarios para cursar el tráfico en las condiciones requeridas. Cabe anotar que en la tabla del mencionado anexo, el número máximo de canales es 100, para calcular el tráfico ofrecido para un mayor número de canales se deberá utilizar un algoritmo computacional que resuelva la fórmula de Erlang B. El GOS en el anexo 2 se encuentra en forma porcentual.

3.6.1 Cálculo del tráfico ofrecido.

De acuerdo a las necesidades de comunicación actuales se ha planteado los siguientes valores esperados:

² B (pérdida), notación que es utilizada para el cálculo del tráfico ofrecido en la tabla de Erlang B que consta en el anexo 2.

- Tiempo promedio de conversación (tm): 6 minutos
- Grado de servicio (GOS): 1 %
- Número total de abonados (n): 5000

De la ecuación 3.2 se puede calcular el tráfico promedio por abonado en la hora pico haciendo $n = 1$:

$$A_{abonado} = \frac{1}{60\text{min}} (6\text{min}) = 0.1 \text{ Erl}$$

El tráfico total ofrecido sería :

$$A_T = 0.1 \frac{\text{Erl}}{\text{abonado}} (5000 \text{ abonados})$$

$$A_T = 500 \text{ Erl.}$$

Si se utiliza este dato para calcular el número de canales en la fórmula de Erlang B con un grado de servicio del 1 % se necesitarían 527 canales, que sería imposible de satisfacer mediante un solo sistema; es por ello que, para cubrir la demanda total se implementan varios sistemas de acuerdo a la capacidad de tráfico y configuraciones del equipo a utilizar.

La tabla 3.5 presenta las capacidades de tráfico de acuerdo a los flujos E1(PCM de 30 canales) que se tomen desde la central local para cualquier sistema en general con grado de servicio 1%. Dichos flujos pueden estar codificados o bien mediante PCM (64kbps) o ADPCM (32 kbps).

SISTEMA		2Mbps (64kbps)	2Mbps (32kbps)	2x2Mbps (64kbps)	2x2Mbps (32kbps)
CANALES		30	60	60	120
TRAFICO(Erl)		20.3	46.9	46.9	103
Abonados	50mE/abon	406	938	938	2048
	67.05mE/abon	302	699	699	1536
	70mE/abon	290	670	670	1471
	100mE/abon	203	469	469	1030

Tabla 3.5 Tráfico y capacidad de abonados (GOS 1%)

Cada sistema A-9500 tiene una capacidad de tráfico de 103 Erlang máxima, usando 120 canales a través de flujos 2 x 2 Mbps tomados desde la central con interfaz V5.2 y

mediante codificación ADPCM a 32 kbps. Se diría entonces que la capacidad máxima del sistema si usamos un tráfico promedio por abonado de 50 mErl/abon sería de 2048 abonados; sin embargo debido al diseño del equipo en cuanto a su configuración para lograr sectorización mediante un máximo de 24 WBS por sistema es de 1536 abonados:

2WBS = 128 abonados máximo

24WBS = 1536 abonados máximo

Esta capacidad se logra si se trabaja con un tráfico promedio de 67.05 mErl por abonado.

En el presente caso el número máximo de abonados por sistema estaría determinado por:

$$\frac{103 \text{ Erl}}{0.1 \frac{\text{Erl}}{\text{abon.}}} = 1030 \text{ abonados}$$

Este dato se puede también comprobar en la tabla 3.5.

3.7 Zona geográfica a cubrir y tráfico generado

De acuerdo al estudio de demanda y delimitación del área a cubrir (Ver Capítulo I, numeral 1.3), se ha determinado 3 zonas básicas, en las cuales irán localizadas las estaciones base como lo indica la tabla 3.6. Los sectores de La Floresta, Guápulo y zonas posteriores del Panecillo no serán consideradas ya que sus ubicaciones geográficas están mas bien orientadas a la Zona Centro – Norte y Zona Sur de Quito respectivamente; y, deberán formar parte de proyectos futuros que den servicio a esas zonas.

Centros de zona a cubrir	No de abonados	Tráfico por abonado	Tráfico Total
Quito Centro	2024	100 mErl	= 202.4 Erl
San Juan , El Placer y sector oeste	1476	100 mErl	147.6 Erl
La Tola, Itchimbia y sector este	1500	100 mErl	150 Erl
Total	5000	100 mErl	500 Erl

Tabla 3.6 División de áreas a cubrir y tráfico generado

3.8 Elección de los sitios para las estaciones bases y estaciones terminales

Si se recuerda que el sistema A-9500 usa 2 configuraciones:

- Centralizada (con RSCW)
- Distribuida (con RSC y RSTW)

Se ha considerado estas configuraciones , pero además para la elección de los sitios se ha tomado en cuenta la viabilidad radioeléctrica tanto hacia el lado de central como la cobertura hacia los abonados. Para ello se realizó un estudio de campo conjuntamente con la guía de cartas topográficas a escala 1:1000 para una localización exacta visitando los posibles sitios y determinando características como:

- Condiciones de cobertura sobre el área a cubrir. En este caso a diferencia de los sistemas celulares, una característica importante en estos sistemas es que entre el sitio de la estación terminal y el sitio de abonado exista línea de vista ya que se utilizará antenas direccionales y se maneja rangos de potencia bajos (potencia de transmisión 22 dBm); las celdas también serán de radios de pocos kilómetros o inclusive menores a 1 km. por la capacidad de tráfico que se cursa y da lugar a un aumento del número de estaciones base. La cobertura esperada se comprobará con predicciones obtenidas más adelante en este estudio.
- Condiciones de visibilidad para los enlaces radioeléctricos hacia el lado de central en el caso de los sistemas punto – multipunto. En el área planteada las distancias son cortas y no será necesario instalar ninguna estación repetidora.
- Acceso hacia el sitio de las estaciones base y estaciones terminales que deberá estar en buenas condiciones.
- Existencia de energía eléctrica convencional disponible para los equipos.
- Espacio para la instalación de torres nuevas si es el caso y construcción de casetas para los equipos si usan bastidor de interior.

En estas condiciones se ha determinado óptimos los siguientes sitios:

- Estación Quito Centro
- Estación San Juan
- El Panecillo
- El Itchimbia
- El Placer
- La Tola
- Edificio del Instituto Geográfico Militar (IGM)

3.9 Descripción de la red: Sistemas planteados

Si consideramos desde el punto de vista del tráfico que la capacidad máxima del sistema A9500 es 103 Erl , para cada uno de los tres sectores mencionados (tabla 3.6), se

necesitará 2 sistemas por sector siendo entonces requeridos 6 sistemas A9500 para cubrir el tráfico total. Los sistemas se distribuirán de la siguiente manera:

#	Nombre del Sistema	Tipo (# de celdas)	No. de abonados	Tráfico por sistema (Erl)
1	Quito Centro 1	Centralizado(1)	1024	102.4
2	Quito Centro 2	Distribuido(2)	1000	100
3	San Juan	Centralizado(1)	708	70.8
4	El Placer	Distribuido(1)	768	76.8
5	La Tola	Distribuido(1)	750	75
6	IGM	Distribuido(1)	750	75

Tabla 3.7 Sistemas A-9500 planteados

Como indica la tabla 3.7, para facilitar la distribución de abonados y el transporte de los canales al sitio de celda los sistemas 1 y 3 serán centralizados mientras que los sistemas 2, 4, 5 y 6 serán distribuidos. A excepción del sistema 2 que tiene dos celdas, la una en El Panecillo y la otra en Itchimbía el resto de sistemas se forman con una celda.

* Los 5000 números serán asignados a través de las XBSs mediante interfaz V5.2 como se indica en la tabla 3.8.

Central	Marca	No. Líneas	No. de XBSs
Villa Flora 3	Alcatel E010B	3000	4
Quito Centro 1	Alcatel E010B	2000	2

Tabla 3.8 Asignación de abonados mediante las XBSs y centrales locales seleccionadas.

Las especificaciones técnicas indican que un interfaz V5.2 tiene capacidad de direccionar hasta 8 flujos PCM. El interfaz conecta por cada 2 enlaces PCM a 256 abonados desde la red de acceso inalámbrica hasta la central local. De acuerdo a ello, para los sistemas planteados sería necesario un solo interfaz V5.2 por sistema; ocupándose todos los flujos Erl del interfaz en el caso de los sistemas 1 y 2, mientras que existirían flujos sobrantes dentro del respectivo interfaz para los demás sistemas.

3.10 Red de acceso

Una vez que se determina el número de sistemas a implementarse se procede a planificar la red de transporte que llevará los 5000 números desde las centrales de Villa Flora y Quito Centro hasta las radiobases para su posterior distribución.

La red de transporte descrita a continuación: Villa Flora - Quito Centro - San Juan, así como los diagramas de transmisión de los 6 sistemas se presentan de manera detallada en el Anexo 3.

3.10.1 Transporte desde Villa Flora

Las 4 XBS conectadas a la central Villa Flora³ serán conectadas mediante interfaz V5.2. Los flujos salientes de las XBSs son de 2x2Mbps (120 canales ADPCM) ingresan directamente en un número de 8 flujos resultantes al enlace de fibra óptica que existe entre Villa Flora y Quito Centro. En realidad existen dos enlaces de fibra óptica los cuales se resumen en la tabla 3.9 que es un extracto de la tabla 1.6 que trata sobre los enlaces de fibra óptica existentes en la ciudad de Quito indicados en el capítulo I.

Sistema	NEC Japón 3ra. Generación PDH	Alcatel PDH
Modo de propagación	Multimodo	Monomodo
Longitud de onda (μm)	0.85	1.3
Jerarquía de Tx (Mbps)/Cant	140/1	565/1
Tipo Stanby	1+1	1+1
Número de fibras	6	6
Capacidad Ocupada	6	4
Capacidad Libre	0	2

Tabla 3.9. Sistemas de fibra óptica Villa Flora – Quito Centro

El enlace de fibra óptica entre Villa Flora y Quito Centro puede realizarse por cualquiera de los dos sistemas. Se utiliza el sistema Alcatel a 565 Mbps que tiene la ventaja de mayor capacidad y mejor tecnología. Además dispone de 2 fibras adicionales de reserva para pruebas y mantenimiento.

El múltiplex de Villa Flora tiene entrada directa de flujos de 2Mbps por tanto, no es necesario utilizar ningún múltiplex adicional.

En Quito Centro a través del mux de la fibra óptica el enlace es bajado a nivel de 2 Mbps, los 8 flujos serán nuevamente transportados desde ese sitio mediante cable coaxial de 75 Ω al Departamento de Transmisiones situado a 15m. de ese lugar. En este sitio existe un nuevo múltiplex al cual ingresarán los 8 flujos (8x2Mbps) que serán transportados a través de otro enlace de fibra óptica a la estación repetidora de San Juan. El nuevo enlace de fibra óptica mencionado se encarga de transportar parte de la red troncal del norte y centro del país mediante los sistemas Ambato1, 2 y 3; Ibarra 1 y 2 y Sistemas de Multiacceso Digital para diversas poblaciones rurales (Sistema SMD30). Dicho enlace tiene las características que se presentan en la tabla 3.10 :

Sistema	Siemens SLX16 SDH
Modo de propagación	Monomodo
Longitud de onda (μm)	1.3
Jerarquía de Tx /Cant	STM-16(2.5Gbps) / 1
Tipo Stanby	1+1
Número de fibras	12
Capacidad Ocupada	4
Capacidad Libre	8

Tabla 3.10 Sistema de fibra óptica Quito Centro - San Juan

Todos estos sistemas llegan a la estación de San Juan desde donde son distribuidos tanto al norte como al centro del país. La fibra óptica en Quito Centro acepta flujos de 140 Mbps o 155 Mbps; se ha escogido utilizar un múltiplex STM1 que está formado por 63 tributarios, cada uno de 2 Mbps , permitiendo este múltiplex elevar los flujos de 2 Mbps individuales a nivel de 155 Mbps. El enlace Quito Centro - San Juan es un STM 16, es decir a 2.5 Gbps . En San Juan la fibra baja nuevamente a nivel de 155 Mbps o 140 Mbps ; por tanto, será necesario otro múltiplex STM1 para recuperar los 8 flujos de 2 Mbps provenientes de Quito Centro que están listos para ingresar a las respectivas RSCs y RSCW localizadas en San Juan.

3.10.2. Transporte desde Quito Centro

En este caso no es necesario transportar los flujos de 2 Mbps sino ingresarlos directamente a los sistemas de distribución, el procedimiento es el siguiente:

En Quito Centro los 2000 números se tomarán directamente desde la central Alcatel E010B denominada Quito Centro 1 , a través de 2 XBSs mediante interfaz V 5.2. Las 2 XBS se localizan en el mismo edificio de la central. Se tiene entonces 4 flujos provenientes de las 2 XBSs, los 2 primeros corresponden a un sistema centralizado y por tanto ingresan a la RSCW1(Sistema Quito Centro 1). Los 2 flujos restantes pertenecen a un sistema distribuido y van a la RSC1(Sistema Quito Centro 2) para mediante un enlace punto – multipunto , enlazar a las celdas de Panecillo e Itchimbía.

Se debe añadir que los 2 enlaces de fibra óptica proveen un sistema de servicio y supervisión conformado por un canal de servicio que permite la comunicación de voz y transmisión de alarmas relativas a los terminales de fibra óptica. También poseen una configuración 1 +1 ISO (hot-standby) para mejorar la confiabilidad del sistema.

3.11 Localización de las unidades del equipo para cada sistema

3.11.1 Sistema 1: Quito Centro 1

El sistema 1 es centralizado y su centro de celda estará ubicado en el edificio de la central de Quito Centro. La RSCW1 es con bastidor de interior y se encuentra en el edificio de Quito Centro.

3.11.2 Sistema 2: Quito Centro 2

Este segundo sistema usa una configuración distribuida con 2 celdas. La RSC1 se ubica en el edificio de la central de Quito Centro y los sitios remotos están ubicados en el Panecillo y en el Itchimbía donde existen RSTWs en cada uno de ellos (RSTW1 y RSTW2 respectivamente). Las 2 RSTWs se enlazan vía P-MP a la RSC1.

3.11.3 Sistema 3: San Juan

Corresponde a un sistema centralizado con una RSCW2 ubicada en la repetidora de San Juan. Existen además en la estación de San Juan las unidades RSC2 , RSC3 y RSC4 que se enlazan vía punto – punto³ a El Placer, La Tola e IGM respectivamente.

3.11.4 Sistema 4: El Placer

Es un sistema distribuido. Una RSTW3 se encuentra ubicada en el sitio denominado Tanques de Agua de El Placer donde existe una torre perteneciente a la empresa Bell South que tiene una altura de 25m . La RSC de este sistema (RSC2), se encuentra en San Juan.

3.11.5 Sistema 5: La Tola

El sistema es distribuido. La RSTW4 está ubicada en La Tola. La RSC correspondiente(RSC3), se encuentra en San Juan.

3.11.6 Sistema 6: IGM

Corresponde a un sistema distribuido. La RSTW5 se ubicará en el edificio del IGM. La RSC de este sistema (RSC4), se encuentra en San Juan.

La tabla 3.11 resume la distribución del equipo por estaciones:

Sistema	Estación Banda Base de Central (XBS)	Estación Radio Central (RSC)	Estación Radio Terminal Inalámbrica (RSTW)	Estación Radio Central Inalámbrica (RSCW)
1	Quito Centro	---	---	Quito Centro
2	Quito Centro	Quito Centro	Panecillo Itchimbía	---
3	Villa Flora	---	---	San Juan
4	Villa Flora	San Juan	El Placer	---
5	Villa Flora	San Juan	La Tola	---
6	Villa Flora	San Juan	IGM	---

Tabla 3.11 Ubicación de las unidades para los sistemas propuestos.

3.12 Descripción teórica de enlaces Punto – Punto y Punto - Multipunto

La configuración punto-multipunto corresponde a los sistemas distribuidos y usarán la banda de 1.5 GHz, con una capacidad de transmisión de 4 Mbps equivalente a 120 canales telefónicos codificados mediante ADPCM. Una descripción más detallada de la configuración y funcionamiento TDM-TDMA se da en el siguiente numeral.

3.12.1 Interfaz Aéreo para Punto - Multipunto mediante TDM -TDMA

Cuando se da una arquitectura distribuida, la parte central de la red se enlaza con las estaciones remotas haciendo uso de un interfaz aéreo PMP TDM/TDMA a 4 Mbps el

³ La denominación punto – punto es debido a que se conectan únicamente 2 puntos en este caso (1 sola celda) aunque se esté utilizando tecnología punto – multipunto.

cual permite la recepción conjunta de varias celdas en una infraestructura de transporte de radio común. Esta infraestructura común proporciona las ventajas del uso de un espectro radioeléctrico reducido comparado con la utilización de radio enlaces independientes, y además reduce el equipo requerido en el lado central de tal manera que sólo resulta necesario una unidad radio para conectar varias celdas. Además, tiene la ventaja principal de la integración de la red WLL y de la red de transporte en un único entorno de Operación y Mantenimiento (O&M).

La unidad radio del sistema TDMA utiliza una Modulación en Amplitud en Cuadratura a cuatro niveles (Quadrature Amplitude Modulation - 4QAM) con detección coherente. La potencia transmitida es de 30dBm, y el umbral del receptor para un BER de $1E-3$ es de -93 dBm. La máscara del espectro radiado permite una planificación de frecuencias con una separación entre canales de 3.5 MHz o de 4 MHz. La modulación 4QAM con detección coherente tiene la ventaja de facilitar las mismas prestaciones de radio (idénticos niveles de umbral de la potencia recibida) para los enlaces de radio TDM y TDMA.

3.12.1.1 Intervalos de tiempo y canales

En el *sentido ascendente* se utiliza una trama TDMA con una duración de 12 ms, dividida en 64 intervalos de tiempo (TS0 - TS63). La estructura de la trama TDMA se muestra en la figura 3.8.

Los 64 intervalos de tiempo se separan entre ellos por medio de una banda de guarda con una longitud de 4 bytes. Cada intervalo de tiempo comienza con un preámbulo (con una longitud de 11 bytes) seguido de una palabra de sincronización (3 bytes) y termina con 96 bytes de información. El número total de bytes por cada intervalo de tiempo es incluyendo el tiempo de guarda), por lo tanto, de 114. Consecuentemente, la velocidad de información por intervalo es de 64 Kbit/s y la velocidad total del sistema es de 4864 Kbit/s.

Los intervalos de tiempo TS0, TS16, T32 y T48 se usan, en esta trama, para la señalización interna, control y supervisión. El resto de los intervalos de tiempo (60 en total) proporcionan 120 canales de usuario con una capacidad de 32 Kbit/s por canal con el fin de transportar las comunicaciones desde los lugares de las celdas del DECT.

En el *sentido descendente* se usa una trama TDM que se transmite de forma continua. La estructura de esta trama se muestra en la figura 3.9.

El mismo número de bytes de información más el equivalente de los bytes de encabezamiento transmitidos en la dirección ascendente se incluyen en la multitrama. Consecuentemente, la velocidad de transmisión de la información por canal es de 64 Kbit/s y la velocidad total del sistema es de 4864 Kbit/s. Como la longitud de la trama se encuentra fijada a 125 μ s, resulta que la velocidad de transmisión es mayor que los 4 Mbps requeridos para la transmisión de los 60 + 4 intervalos de tiempo. Estos canales adicionales se utilizan para la transmisión de la información de sincronización de la trama y de la multitrama a las estaciones remotas.

Cada uno de estos intervalos de tiempo se usan como dos canales de abonado a 32 Kbit/s con el fin de proporcionar los 120 canales para el transporte de las comunicaciones entrantes a los lugares de localización de las celdas DECT.

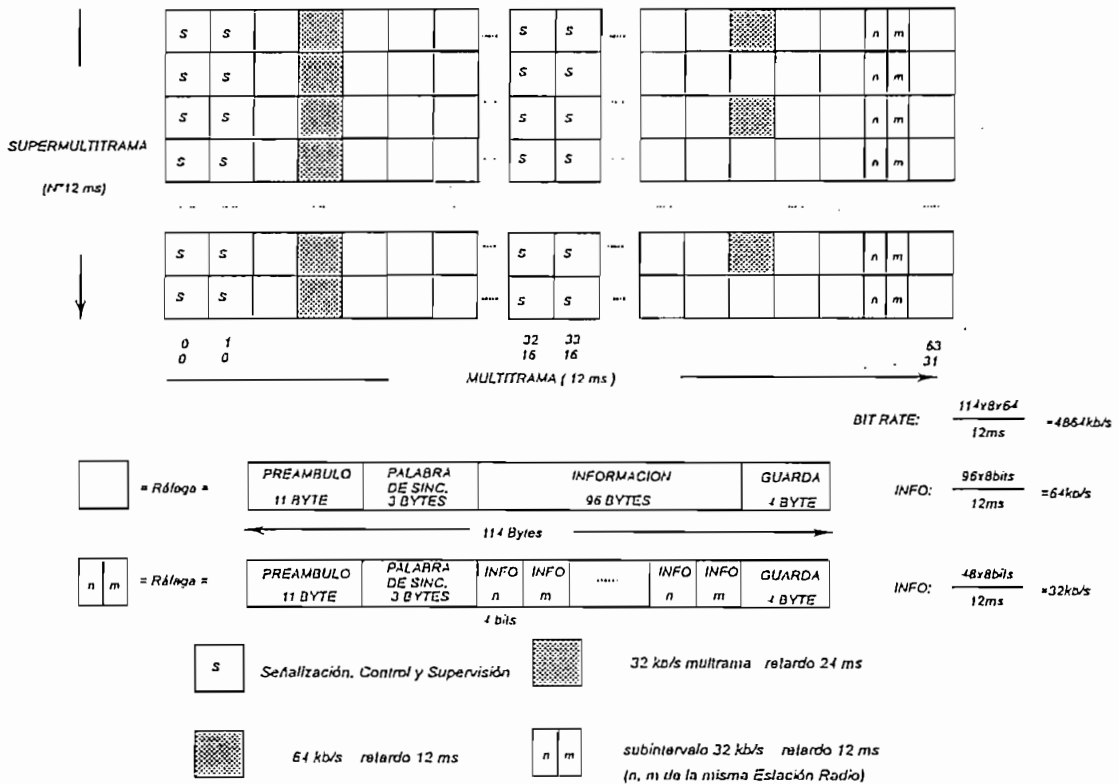
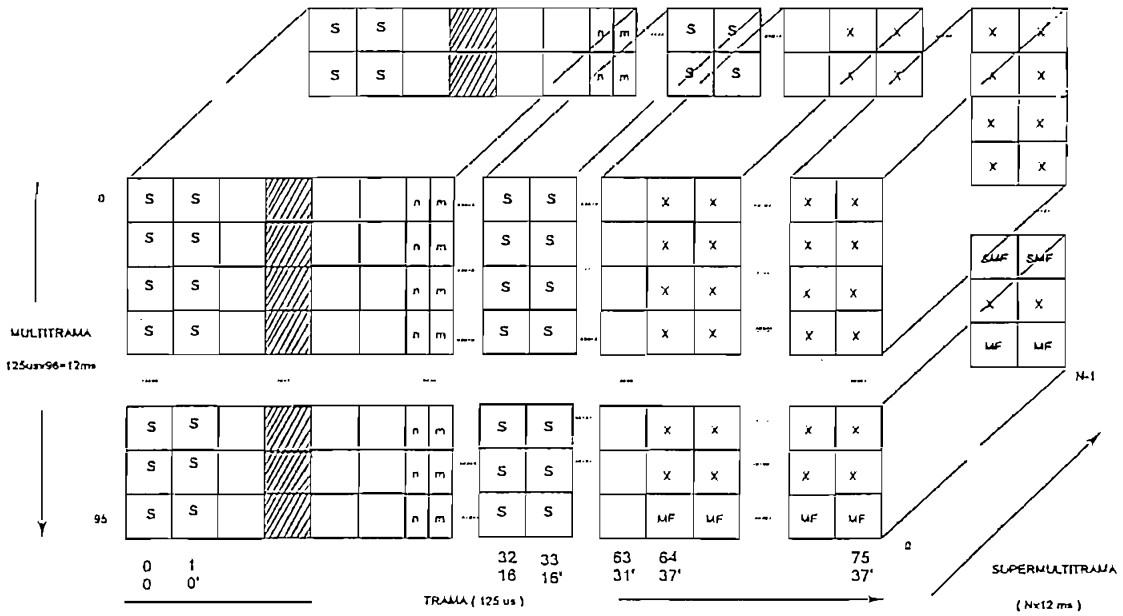


Figura 3.8 Estructura de trama TDMA



	Marca Multitrama		Marca Supermultitrama		no usado
--	------------------	--	-----------------------	--	----------

	= 64 Canal (125 ms) =	<table border="1"> <tr> <td>BIT 7</td> <td>BIT 6</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>BIT 0</td> </tr> </table>	BIT 7	BIT 6						BIT 0	INFO: $\frac{8\text{bits}}{125\text{us}} = 64\text{kb/s}$
BIT 7	BIT 6						BIT 0				
	= 32 Canal (125 ms) =	<table border="1"> <tr> <td>BIT 7</td> <td>BIT 6</td> <td>BIT 5</td> <td>BIT 4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4					INFO: $\frac{4\text{bits}}{125\text{us}} = 32\text{kb/s}$
BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4								
	= 32 Canal (125 ms) =	<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>BIT 3</td> <td>BIT 2</td> <td>BIT 1</td> <td>BIT 0</td> </tr> </table>					BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	
				BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0				

n, m de la misma o diferente estación radio

	Señalización, Control y Supervisión	BIT RATE: $\frac{96 \times 76 \times 8}{12\text{ms}} = 4864 \text{ kb/s}$
--	-------------------------------------	---

Figura 3.9 Estructura de la trama TDM

Antes de determinar el balance de los enlaces, es necesario revisar algunos conceptos teóricos y consideraciones para el cálculo de los radioenlaces punto – punto y punto – multipunto:

Una vez trazados los perfiles topográficos, se debe determinar la validez desde el punto de vista radioeléctrico de un determinado trayecto, se procede a calcular entonces las condiciones de visibilidad que incluyen parámetros tales como:

- ⇒ Frecuencia de trabajo del enlace
- ⇒ Coeficiente de corrección del radio terrestre

- ⇒ Distancia entre estaciones que determinan el enlace
- ⇒ Altitud de las estaciones sobre el nivel del mar
- ⇒ Altitud de los obstáculos posibles del trayecto
- ⇒ Distancia de cada uno de los obstáculos a las estaciones

3.12.2. Zonas de Fresnel

Las ondas electromagnéticas al propagarse entre dos puntos determinados, configuran un elipsoide cuya sección transversal aumenta a medida que el frente de ondas se aleja de los extremos. Este fenómeno es variable con la frecuencia y da lugar a la formación de las denominadas *zonas de Fresnel*. Así, en un punto específico del trayecto, el radio del elipsoide de la *n*-ésima región de Fresnel viene dado por la expresión:

$$R_n = \sqrt{\frac{n \cdot L_A \cdot L_B \cdot \lambda}{L}} \quad (3.4)$$

donde:

R_n : Radio de la *n*-ésima región del elipsoide de Fresnel

n : número de la elipsoide.

L_A : distancia desde el punto en estudio al terminal A

L_B : distancia desde el punto en estudio al terminal B

L : Longitud total del trayecto

λ : Longitud de onda = c/f

c : velocidad de la luz

f : frecuencia de trabajo.

Para los cálculos se considera el primer elipsoide de Fresnel ya que allí se encuentra concentrada el doble de la energía total:

$$R_1 = \sqrt{\frac{L_A \cdot L_B \cdot \lambda}{L}} \quad (3.5)$$

Se nota claramente que a medida que aumenta la frecuencia el radio de Fresnel disminuye, es decir el frente de ondas se hace más directivo. En el diseño de los radioenlaces se debe procurar en general que los posibles obstáculos del trayecto A-B no intercepten a la primera zona de Fresnel.; caso contrario, se producen atenuaciones por difracción o sombra, las cuales si son elevadas pueden llevar a la inviabilidad del enlace.

3.12.3 Coeficiente de corrección del radio terrestre: radio ficticio de la tierra

Uno de los elementos más importantes que afectan a la propagación de las ondas en la atmósfera es la variabilidad del *índice de refracción* (n) con la altura. Debido a que n depende de la presión, temperatura y humedad del aire los cuales a su vez, varían con la altura. Así para frecuencias de hasta 30 GHz el índice de refracción es :

$$n = 1 + N \times 10^{-6} \quad (3.6)$$

donde :

N es el índice de refracción o refractividad expresado por :

$$N = \frac{77.6}{T} \left(P + 4810 \frac{e}{T} \right) \quad (3.7)$$

tal que:

p : presión atmosférica total (mb)

e : presión debida al vapor de agua (mb)

T : temperatura absoluta ($^{\circ}\text{K}$)

Como el eje del haz de microondas se mantiene a unos cientos de metros de la superficie de la tierra, se sabe que en una atmósfera homogénea la refractividad decrece uniformemente con la altura h , y su gradiente es constante con h .

$$G = \frac{dN}{dh} \quad (3.8)$$

Esto no significa que G permanezca constante con el tiempo ya que G varía fuertemente con las condiciones meteorológicas.

Bajo la consideración de un gradiente de refractividad constante se puede demostrar que el eje radioeléctrico describe un arco de circunferencia de radio r , relacionado con el índice de refracción “ n ” por la expresión:

$$\frac{1}{r} = - \frac{dn}{dh} \quad (3.9)$$

Es por ello que se debe considerar tanto la curvatura del haz radioeléctrico como la curvatura de la tierra para el desarrollo de los perfiles topográficos. La figura 3.10 muestra gráficamente los parámetros que se deben considerar al trazar un perfil. La

curvatura de la tierra está representada por un arco de circunferencia de radio R_0 , mientras la trayectoria del eje radioeléctrico es el arco de circunferencia de radio r . Sean h_1, h_2 las alturas de la antena sobre la línea de referencia $T'R'$ y $H(x)$ la distancia vertical desde TR a $T'R'$ se tiene que:

$$H(x) = \frac{(d-x).h_1 + x.h_2}{d} \tag{3.10}$$

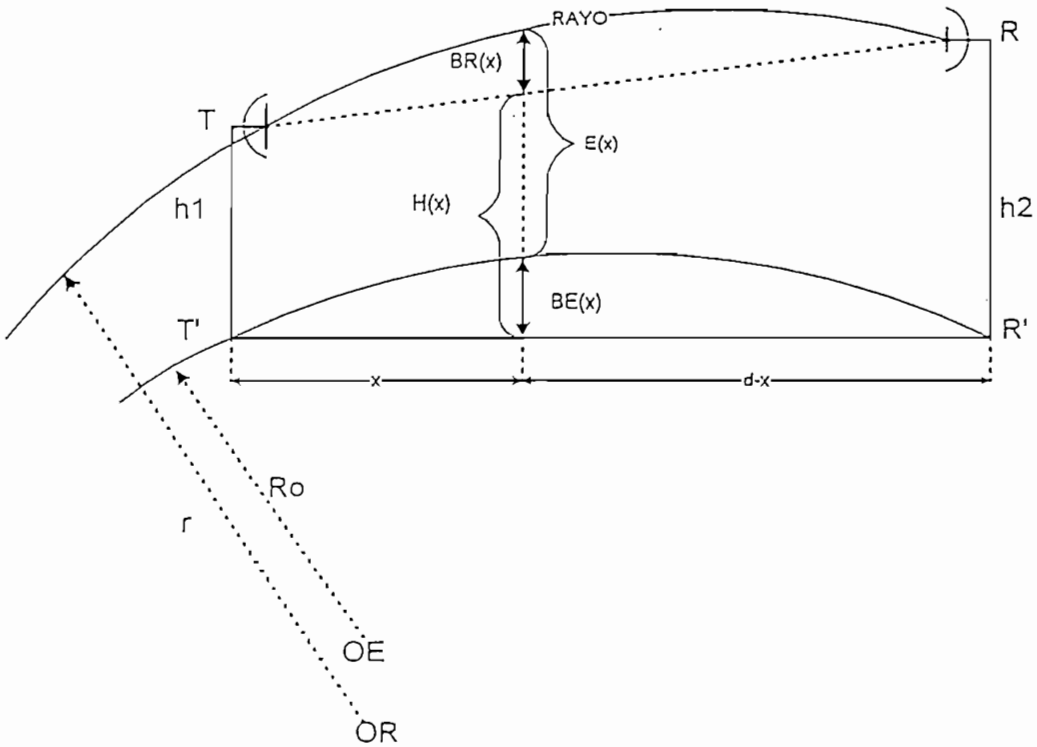


Figura 3.10 Modelo geométrico para la curvatura del eje radioeléctrico

La elevación del rayo sobre la tierra está dado por:

$$E(x) = H(x) + B_R(x) - B_E(x) \tag{3.11}$$

También se pueden calcular las flechas del eje y de la Tierra B_R y B_E , aproximando los arcos TR y $T'R'$ mediante parábolas:

$$B_R(x) = \frac{1}{2r} .x.(d-x) \tag{3.12}$$

$$B_E(x) = \frac{1}{2R_0} .x.(d-x) \tag{3.13}$$

Para el trazado del perfil topográfico se debe efectuar una transformación geométrica en la figura 3.10 para producir figuras donde o bien el eje radioeléctrico directo se propaga sobre una *tierra equivalente* de radio efectivo $K.R_0$ (Haz directo, correcciones de la tierra) o, alternativamente, ejes de radio efectivo $K.R_0$ se propagan sobre una *tierra plana* (Tierra plana, correcciones en el haz). Las figuras 3.11 y 3.12 ilustran gráficamente estas equivalencias.

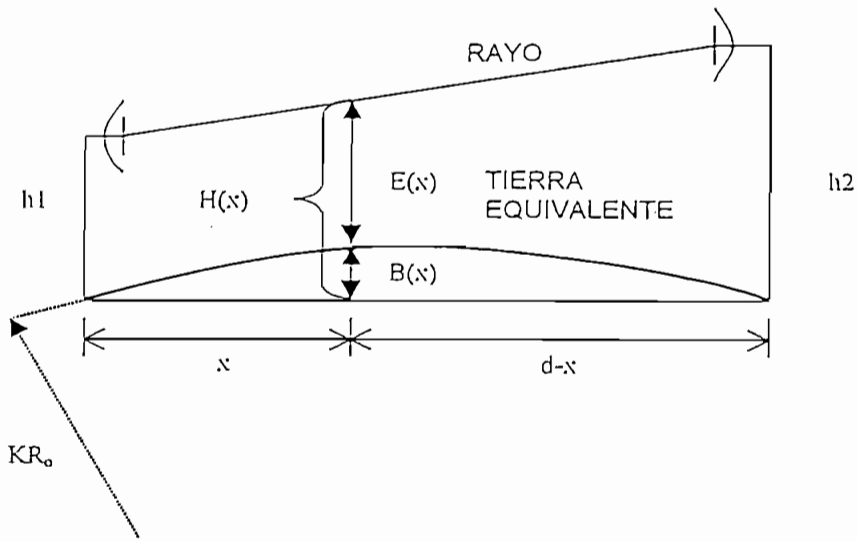


Figura 3.11 Rayo directo sobre tierra equivalente

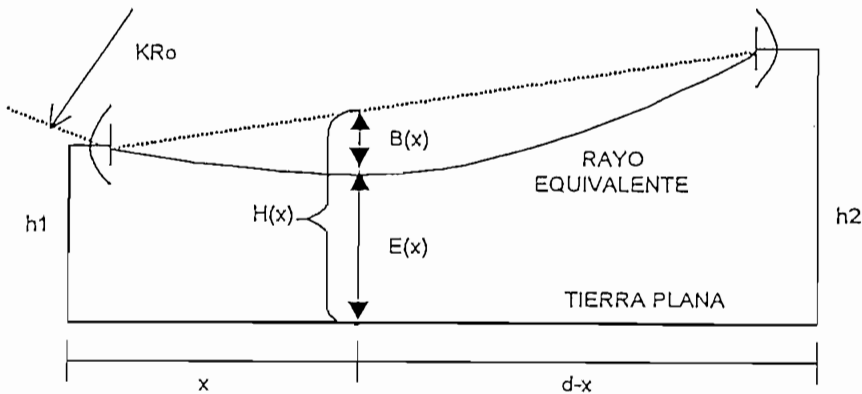


Figura 3.12 Rayo equivalente sobre tierra plana

Los dibujos de perfil presentados posteriormente han sido desarrollados utilizando el modelo rayo directo, correcciones en la tierra; para lo cual, $B(x)$, la corrección de la tierra estaría dada por:

$$B(x) = \frac{1}{2KR_0} \cdot x \cdot (d - x) \quad (3.14)$$

Conviene en este punto analizar el valor de K . Este valor está estrechamente relacionado con el gradiente mediante:

$$K = \frac{157}{157 + G} \quad (3.15)$$

donde G se expresa en N-unidades/km. En climas templados el valor mediano de G es de unas -40 N-unidades/km y el K correspondiente es de $4/3$. A tal atmósfera se la denomina *estándar*. Sin embargo aún en climas templados surgen considerables variaciones de G de su valor mediano como consecuencia de variaciones meteorológicas. Diversos valores de K dan como resultado correcciones en la tierra como se presentan en la figura 3.13:

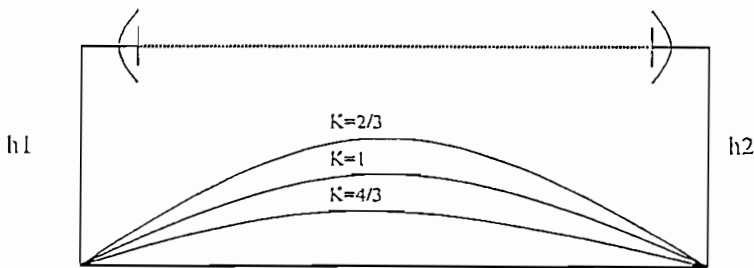


Figura 3.13. Diversos valores de K para el modelo de rayo directo y tierra equivalente

Para determinar el valor de K en la práctica se utilizan reglas empíricas, resultado de la experiencia, y se recomienda el margen mínimo de seguridad sobre obstáculos, para que se cumplan las condiciones de propagación en el espacio libre, así:

- ⇒ Para la *atmósfera fundamental de referencia*, que corresponde a una estructura media entre las diversas situaciones meteorológicas, se considera que el valor medio de K , para el 50% del tiempo, es de $4/3$ y, en estas condiciones, deberá liberarse el 100% del radio de la primera zona de Fresnel.
- ⇒ Para atmósferas subrefractivas, y en un clima templado continental, el valor mínimo efectivo de K , que será excedido aproximadamente durante el 99.99% del tiempo, es

función de la longitud (d) del trayecto. Para este valor mínimo deberá liberarse, al menos, el 60% del radio de la primera zona de Fresnel.⁴

Para el presente trabajo se ha seleccionado la primera opción, es decir, para un valor de $K= 4/3$ quede libre el 100% del radio del primer elipsoide de Fresnel.

3.12.4 Despejamiento y Margen de seguridad

El Despejamiento o "Clearance" es la distancia de la cúspide del obstáculo a la recta que une las antenas de las estaciones A-B. Se considera negativo si esa recta corta el obstáculo. El margen de seguridad sobre obstáculos para un despeje del 100% de la primera zona de Fresnel viene definido por la expresión:

$$ms_1 = C - R_{1F} \quad (3.16)$$

donde:

C = Clearance

R_{1F} = Radio de la primera zona de Fresnel.

Si ms_1 es positivo o cero se tiene condiciones de espacio libre, caso contrario si, ms_1 es negativo se producirá atenuación por difracción o sombra.

3.12.5 Análisis y balance de enlaces

Una vez trazados los perfiles topográficos y realizados los cálculos de condiciones de visibilidad, se debe determinar el nivel de campo o potencia recibidos de la señal proveniente del transmisor.

Dicho nivel no debe superar el máximo nivel admisible de entrada del receptor ya que lo puede saturar y tampoco será inferior a un valor tal que la calidad del trayecto radioeléctrico esté fuera de los límites nominales admitidos por el UIT-R.

En ambos niveles de potencia, deberá elegirse aquel que conlleve a la mejor relación costo - calidad. En la determinación de la potencia recibida son influyentes los siguientes parámetros:

⇒ Potencia transmitida del equipo utilizado

⇒ Diámetro, tipo y ganancia de las antenas utilizadas

⁴ ALCATEL. Metodología para el cálculo de Radioenlaces Digitales. (Enero de 1995)

⇒ Longitud del trayecto radioeléctrico.

⇒ Frecuencia de trabajo del enlace

⇒ Longitud, tipo y atenuación de alimentadores (feeders) y pérdidas de derivación (pérdidas en branching) del equipo utilizado.

⇒ Otras atenuaciones.

La potencia recibida se puede calcular mediante:

$$P_{RX} = P_{TX} - A_o - 2A_b - A_{fA} - A_{fB} + G_{a_{TX}} + G_{a_{RX}} - A_{otras} \quad (3.17)$$

Donde:

P_{RX} : Potencia de recepción

P_{TX} : Potencia de transmisión

A_o : Pérdidas en espacio libre.

A_b : Pérdidas de derivación

A_f : Pérdidas en los alimentadores(feeders).

$G_{a_{TX}}$: Ganancia de la antena de transmisión

$G_{a_{RX}}$: Ganancia de la antena de recepción

A_{otras} : Otras atenuaciones.

3.12.5.1 Atenuación del espacio libre

La atenuación fundamental o pérdida en el espacio libre viene dada por la siguiente expresión:

$$A_o = 20 \cdot \log\left(\frac{4\pi L}{\lambda}\right) \quad (3.18)$$

donde:

L = Longitud del trayecto

λ = Longitud de onda.

3.12.5.2 Pérdidas de derivación(branching)

Llamada también pérdidas de derivación , corresponde a la atenuación producida cuando la señal al partir desde el transmisor y llegar a su correspondiente feeder (similar en

recepción), recorre una serie de filtros de radiofrecuencia y circuladores que producen dicha atenuación. Depende del equipo utilizado.

3.12.5.3 Pérdidas en los alimentadores (feeders)

El *feeder* puede ser una guía de onda o cable coaxial y presenta una atenuación por unidad de longitud y viene definida por la expresión:

$$A_f = L_f \cdot A_c \quad (3.19)$$

Donde:

A_f : Pérdidas en los alimentadores.

L_f = Longitud total del feeder .

A_c = Atenuación del feeder por unidad de longitud.

3.12.5.4 Otras atenuaciones

Se consideran otras atenuaciones a las introducidas por repetidores pasivos, atenuaciones por sombra o difracción, hidrometeoros, atenuadores a radiofrecuencia, tolerancias, etc.

La atenuación por hidrometeoros (lluvia, granizo, nieve y niebla) causa absorción y dispersión del haz radioeléctrico y suele ser despreciable a frecuencias inferiores a 5 GHz, pero puede alcanzar valores considerables a frecuencias superiores.⁵

3.12.6 Desvanecimiento por caminos múltiples atmosféricos.

En un enlace de microondas con suficiente margen de despejamiento y sin reflexiones, la existencia de fading profundos se debe a la propagación multitrayecto (multipath) a través de la atmósfera producida por las variaciones del índice de refracción de la atmósfera originando una señal cuyo nivel sigue una distribución de Rayleigh (forma exponencial). Por otra parte, incluso en los períodos sin propagación multitrayecto, el nivel de la única señal recibida sufre fluctuaciones que pueden ser representadas por una distribución log-normal.

De acuerdo al UIT-T (Inf338-3), la probabilidad de desvanecimiento P_r viene dada por la fórmula:

$$\Pr(W) = K \cdot Q \frac{W}{W_0} \cdot f^B \cdot d^C \quad (3.20)$$

donde:

$\Pr(W)$: probabilidad de que la potencia recibida sea inferior o igual a W

d : longitud del trayecto (km)

f : frecuencia (GHz)

K: factor para las condiciones climáticas

Q : factor para las condiciones del terreno

W : Potencia recibida

W_o : potencia recibida sin desvanecimiento

$$W/W_o = 10^{-M/10}$$

Los factores B , C , K.Q han sido analizados por diversos investigadores y Administraciones de Telecomunicaciones de distintas partes del mundo. Los resultados se han recopilado en la tabla 3.12

El *margen de desvanecimiento* o margen de fading está dado por:

$$M = \text{Prec} - T \quad (3.21)$$

Donde:

Prec : Potencia recibida a la entrada del receptor

T: Umbral del equipo para una tasa de error determinada, es una característica del equipo.

La fórmula 3.20 se deriva de la aproximación asintótica que se hace a la distribución de Rayleigh cuando M es suficientemente grande.

Dicha expresión cuantifica la llamada probabilidad de fading plano (debida al ruido térmico) y se la puede también interpretar como la probabilidad relativa para tener una atenuación mayor al margen de desvanecimiento en un enlace sin protección (sin diversidad) referida al peor mes. Así en función de M estaría dada por:

$$P_r(M) = P_o \cdot 10^{-M/10} \quad (3.22)$$

Donde :

$$P_o = K \cdot Q \cdot f^B \cdot d^C \quad (3.23)$$

⁵ UIT-R. Informe 338-3

Modelo	Japón (Morita 1970)	USA (Barnett 1972- Vigants 1975)	URSS (Nadenenko 1980)	Norte de Europa y Suecia (Tanem 1985)	Noroeste de Europa	Gran Bretaña
B	1.2	1	1.5	1	1	0.85
C	3.5	3	2	3	3.5	3.5
K.Q	Clima marítimo templado, mediterráneo, costero o de gran humedad y temperatura	$\frac{4.1 \times 10^{-5}}{S^{1.3}}$ s (5-10m)	2×10^{-2}			
	Regiones de clima marítimo subtropical	$\frac{3.1 \times 10^{-5}}{S^{1.3}}$ s (5-10m)				
	Clima continental templado o regiones interiores de latitud media con terreno medianamente ondulado	$\frac{2.1 \times 10^{-5}}{S^{1.3}}$ s (10-25m)	4.1×10^{-6}	$\frac{2.3 \times 10^{-5}}{S^{1.3}}$ s (10-25m)	1.4×10^{-8}	$\frac{8.1 \times 10^{-7}}{S^{1.4}}$ a $\frac{4.0 \times 10^{-7}}{S^{1.4}}$
	Clima templado y regiones costeras con terreno llano	$\frac{9.9 \times 10^{-8}}{\sqrt{h1+h2}}$	$\frac{10^{-5}}{S^{1.3}}$	2.3×10^{-3} a 4.9×10^{-2}	$\frac{6.5 \times 10^{-5}}{S^{1.3}}$ s (6-10m)	
	Regiones montañosas elevadas y clima seco	3.9×10^{-10}	$\frac{10^{-5}}{S^{1.3}}$ s (2.5-12m)		$\frac{10^{-8}}{S^{1.3}}$ s (12m)	
Clima templado y regiones interiores con terreno llano			7.6×10^{-6} a 2×10^{-2}	$\frac{3.3 \times 10^{-5}}{S^{1.3}}$ s (6-10m)		

Tabla 3.12 Valores de parámetros para la fórmula general P_r del UIT-T

h1, h2 : altura de las antenas (m)
S : Rugosidad del terreno (m).

La *rugosidad* del terreno es definida como la desviación estándar del perfil del terreno; se encuentra mediante la siguiente aproximación:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2} \quad ; \text{ donde } \bar{h} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_i \quad (3.24)$$

h_i es la altura del terreno sobre el nivel del mar a intervalos de 1 km, excluyendo el primero y último km.

Q y S están relacionados mediante:

$$Q = \left(\frac{15.2}{s} \right)^{1.4} \quad (3.25)$$

3.12.7 Desvanecimiento Selectivo

El desvanecimiento selectivo tiene efectos significantes en sistemas de radio digitales de mediana capacidad (34 Mbps) y alta capacidad (140 Mbps) donde la indisponibilidad ocurre fundamentalmente a causa de las distorsiones de amplitud y retardo de grupo a través del ancho de banda del canal producido por la propagación por caminos múltiples en el medio de transmisión.

La calidad degradada por desvanecimiento selectivo del enlace se obtiene integrando el área incluida dentro de la denominada “firma” del radioenlace. Se puede compensar el desvanecimiento selectivo con la incorporación de determinados circuitos (ecualizadores, combinadores).

3.12.8 Suma de los efectos de Ruido Térmico y Distorsión (fading plano y fading selectivo)

La evaluación de la calidad de un radioenlace digital se hace separadamente y de forma independiente para el ruido térmico (fading plano) y para la distorsión (fading selectivo). Aunque es bastante conservador se ha caracterizado la calidad total de un radioenlace digital sumando ambas probabilidades:

$$P_{\text{total}} = P_r + P_{d,\text{selectivo}} \quad (3.26)$$

Debido a que el desvanecimiento selectivo no está afectado por el margen de fading (M) y P_r decrece rápidamente a medida que aumenta M , cuando M es grande la calidad del

radioenlace estará limitada por el fading selectivo, mientras que si M es bajo, estará limitada por el ruido térmico.

3.12.9. Disponibilidad de un radioenlace

La probabilidad de disponibilidad de un radioenlace estaría dado por:

$$P_{dis} = 1 - P_{total} \quad (3.27)$$

En términos de porcentaje se tendría:

$$\%Disponibilidad = (1 - P_{total}) \times 100 \quad (3.28)$$

3.12.10 Requisitos de calidad fijados por el UIT-R

El UIT-R en sus Recomendaciones 594-2 y 557-2 distingue claramente entre los objetivos de calidad (proporción de bit erróneos, BER) y disponibilidad de un sistema de radioenlace digital. La diferencia reside en que un sistema se considera no disponible cuando, al menos durante 10 segundos consecutivos:

⇒ La señal está interrumpida (pérdida de alineamiento o temporización)

y / o

⇒ La proporción de bits erróneos *en cada segundo* es mayor que 10^{-3} .

En caso contrario, el sistema se considera “disponible” y se puede hablar de su calidad.

Por otra parte el UIT-T en su Recomendación G821 define modelos ficticios para las conexiones digitales y efectuar el reparto de los objetivos de calidad asignando tres zonas definidas en los siguientes términos:

3.12.10.1 Zona de grado local

Corresponde a la existente entre el abonado y su central local. Esta zona es de longitud reducida, correspondiendo las mayores distancia a las zonas rurales.

Los objetivos de calidad correspondientes a esta zona dentro de la “conexión ficticia de referencia” de longitud máxima a 64 kbps es para cualquier mes, la siguiente:

⇒ $BER \geq 1.10^{-3}$ durante no más del 0.015% del tiempo

(tiempo de integración de 1 segundo)

⇒ $BER \geq 1.10^{-6}$ durante no más del 1.5% del tiempo

(tiempo de integración de 1 minuto)

3.12.10.2 Zona de grado medio

Funcionalmente sólo posee definición uno de sus extremos, el correspondiente a una central local. Junto con la zona anterior cubren una distancia de 1250 km. a partir del abonado.

Los objetivos de calidad correspondientes a esta zona dentro de la “conexión ficticia de referencia” de longitud máxima a 64 kbps es para cualquier mes, la siguiente:

⇒ $BER \geq 1.10^{-3}$ durante no más del 0.04% del tiempo
(tiempo de integración de 1 segundo)

⇒ $BER \geq 1.10^{-6}$ durante no más del 1.5% del tiempo
(tiempo de integración de 1 minuto)

3.12.10.3 Zona de grado alto

Posee una longitud de 25000 km y une dos zonas de grado medio.

Los objetivos de calidad correspondientes a esta zona dentro de la “conexión ficticia de referencia” en una red digital de servicios integrados a 64 kbps, vienen fijados por el UIT-R en los siguientes términos:

$BER \geq 1.10^{-3}$ durante no más del :

$$\frac{L(\text{km})}{2500} \times 0.054\% \text{ de cualquier mes } (280 < L < 2500 \text{ km}) \quad (3.29)$$

$$\frac{280}{2500} \times 0.054\% = 6.05 \times 10^{-3}\% = 60 \text{ ppm de cualquier mes } (L \leq 280 \text{ km}) \quad (3.30)$$

(tiempo de integración de 1 segundo)

⇒ $BER \geq 1.10^{-6}$ durante no más del :

$$\frac{L(\text{km})}{2500} \times 0.4\% \text{ de cualquier mes } (280 < L < 2500 \text{ km}) \quad (3.31)$$

$$\frac{280}{2500} \times 0.4\% = 4.48 \times 10^{-2}\% = 448 \text{ ppm de cualquier mes } (L \leq 280 \text{ km}) \quad (3.32)$$

(tiempo de integración de 1 minuto)

3.13 Balance y criterios de cálculo para los enlaces Punto – Multipunto

Todos los conceptos, fórmulas y consideraciones anteriores han sido recolectados para desarrollar una hoja de cálculo que facilita el proceso de realización de los perfiles y cálculos de balance y confiabilidad de los enlaces, los mismos que se presentarán en el anexo 4. Se han aplicado criterios específicos para analizar los radioenlaces en los sistemas propuestos:

- ⇒ Dado que en el presente diseño los enlaces radioeléctricos son de baja capacidad (4Mbps), los requisitos de calidad tomarán en cuenta únicamente el fading causado por el ruido plano.
- ⇒ La frecuencia de operación es de 1.5 GHz.
- ⇒ Los perfiles dibujados asumen un haz directo, consecuentemente la corrección se realiza a la tierra.
- ⇒ El valor de rugosidad se calcula de acuerdo a las condiciones del perfil.
- ⇒ Para calcular la probabilidad de supera el margen de fading durante el peor mes se ha adoptado el criterio de Barnett & Vigants por ser el que más se acomoda a las condiciones de nuestro país. El coeficiente climático en K.Q será 2.1×10^{-5} que corresponde a un clima continental templado o regiones interiores de latitud media con terreno medianamente ondulado.
- ⇒ Las coordenadas geográficas y altitud de las localidades son las obtenidas en el estudio de campo y fueron medidas respectivamente con un GPS y altímetro de precisión pertenecientes al Departamento de Transmisiones de Andínatel S.A.
- ⇒ Para la selección del tipo de antenas se ha considerado reducir los costos al mínimo pero conservando los niveles de recepción suficientes para cumplir con los objetivos de calidad del UIT-R.
- ⇒ Los cables coaxiales utilizados son no presurizables de ½” con atenuación de 9.2 dB/100m.
- ⇒ De acuerdo a los perfiles, los cálculos se han considerado en propagación libre de obstáculos, el factor de corrección del radio de la tierra (K) utilizado es 4/3. El despeje será del 100 % del radio de la primera zona de Fresnel.
- ⇒ La calidad de transmisión estará de acuerdo a la recomendación de la UIT-R para enlaces radioeléctricos digitales que forman parte de un circuito de *grado alto* de calidad, dentro de una red digital de servicios integrados a 64 kbps, es decir:

- $BER \geq 1.10^{-3}$ durante no más del 6.05×10^{-3} % de cualquier mes
- $BER \geq 1.10^{-6}$ durante no más del 4.48×10^{-2} % de cualquier mes.

3.14 Plan de frecuencias para los sistemas Punto – Multipunto

La recomendación UIT-R 746-1 en su Anexo 1 indica la disposición de radiocanales en la banda de 1.5 GHz de acuerdo a la capacidad de canales a transmitirse; para los enlaces planteados a 4 Mbps y 120 canales codificados mediante ADPCM, es necesario una separación entre portadoras de 3.5 MHz, dato que se comprueba en la especificaciones del equipo de transporte punto – multipunto que exige una separación de 3.5/4Mhz entre las portadoras. (Las especificaciones técnicas del equipo constan en el Anexo 10).

De esta manera si se tiene las siguientes condiciones:

⇒ Capacidad de canales telefónicos: 60 MIC (120 ADPCM)

⇒ Separación entre radiocanales: 3.5MHz;

se obtiene la canalización de frecuencias que se resume en la tabla 3.13; de acuerdo a la cual se posee 11 pares de frecuencia disponibles:

No. de canal	Frecuencia de Transmisión f(MHz)	Frecuencia de Recepción f (MHz)
1	1429	1494.5
2	1432.5	1498
3	1436	1501.5
4	1439.5	1505
5	1443	1508.5
6	1446.5	1512
7	1450	1515.5
8	1453.5	1519
9	1457	1522.5
10	1460.5	1526
11	1464	1529.5

Tabla 3.13 Disposición de radiocanales en la banda de 1.5 GHz para 60 canales MIC con separación entre portadoras de 3.5 MHz.

En el anexo 8 se encuentra la recomendación UIT746-1 que indica la canalización de frecuencias en la banda de 1.5 GHz.

Una consideración importante que se debe tomar en cuenta es la existencia de otros enlaces o servicios de telecomunicaciones que utilicen esta banda de tal manera que no exista interferencias en el sector. Ello sucede si se prevé la implantación futura de servicios satelitales móviles. Así de acuerdo a la Resolución 218 de la Conferencia Mundial de Telecomunicaciones realizada en 1997 en Ginebra, se asignó las siguientes frecuencias para los enlaces de servicio de banda L para el servicio móvil satelital:

⇒ Segmento espacio-tierra: (1525 - 1559)MHz

⇒ Segmento tierra-espacio: (1625.5 – 1660.5) MHz

Sin embargo el Sistema Satelital Iridium cuya operación comercial se iniciará a finales de 1998 utiliza las siguientes bandas de frecuencia:

⇒ Enlaces de servicio de banda L : 1616 - 1626.5 MHz, Banda L

⇒ Enlaces intersatelitales : 23.18 - 23.38 GHz, banda Ka

⇒ Enlaces Gateway

Enlace descendente: 19.4 – 19.6 GHz, banda Ka

Enlace ascendente: 29.1 – 29.3 GHz, banda Ka

En este último caso no se interferiría a la banda de 1.5 GHz; pero para prever interferencias futuras, tomando en cuenta la primera normativa, no se deberían utilizar los pares de frecuencia 10 y 11.

Para los enlaces punto – multipunto requeridos se necesitan únicamente 4 pares de frecuencia, por tanto se utilizarán los pares : 3,4,5 y 7. Las frecuencias asignadas a los sistemas con las respectivas polarizaciones que deberán tener las antenas se encuentran detalladas en los diagramas de localización de las estaciones que se describen en el siguiente numeral.

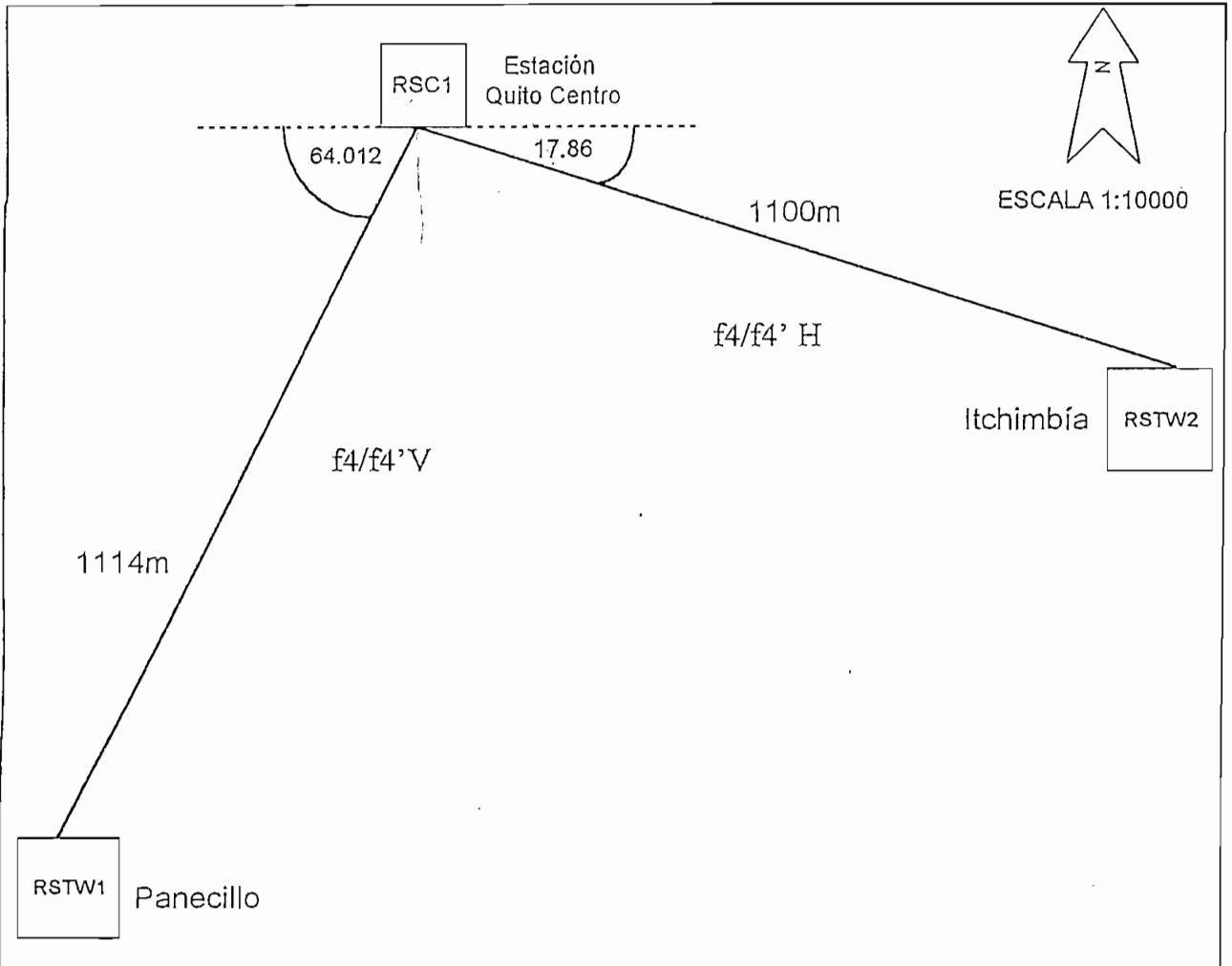
3.15 Diagramas de localización de las estaciones y plan de frecuencias de los enlaces de los sistemas Punto - Multipunto

Las páginas 150,151,152 y 153, muestran la ubicación geográfica de las estaciones, altura, azimuth ⁶, distancia del enlace y el plan de frecuencias asignado de acuerdo a la tabla 3.13 para los cuatro sistemas punto – multipunto implementados.

⁶ El azimuth permite apuntar las antenas y es el ángulo medido con respecto al norte magnético en sentido horario.

Sistema 2 : Quito Centro 2
Tipo : Distribuido

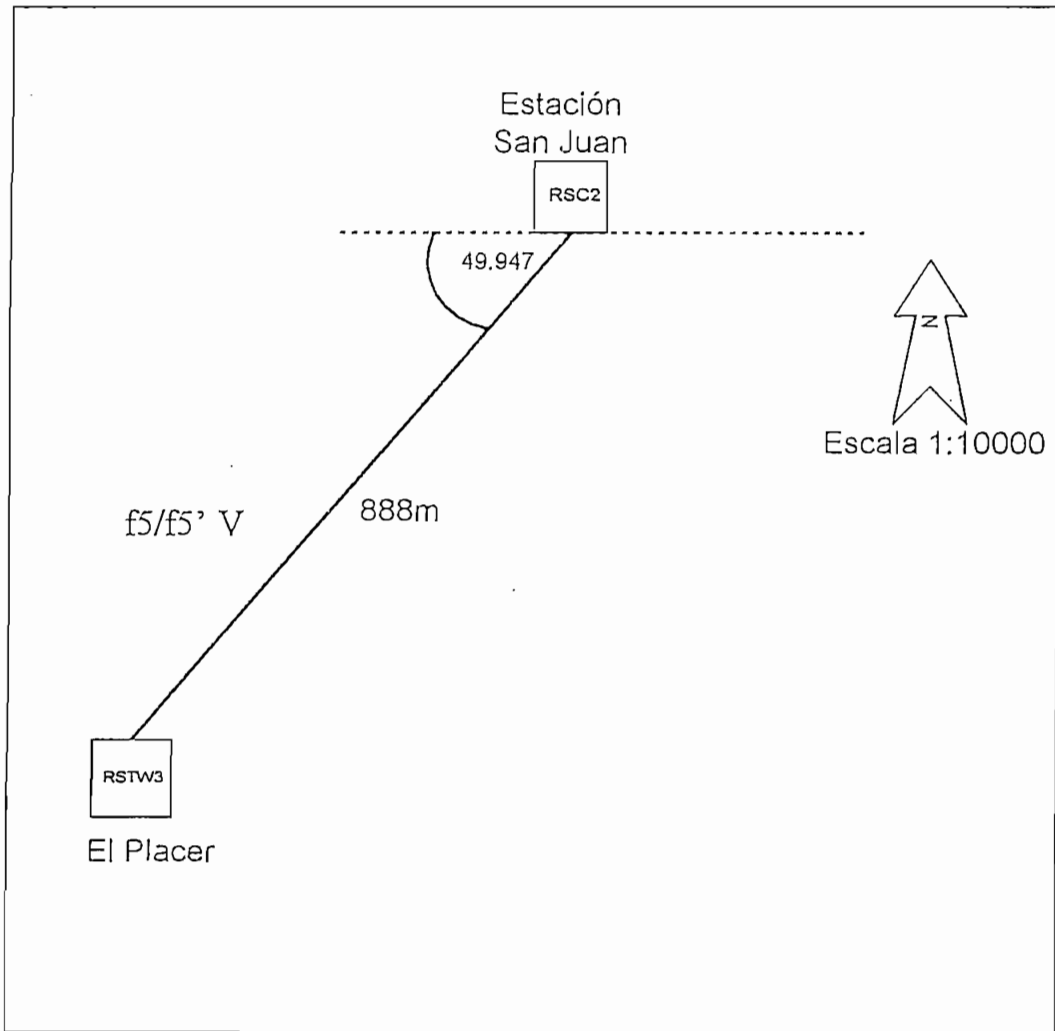
Estación	Longitud	Latitud	Altura (msnm)
Quito Centro	78 30 38.142 O	00 12 54.456 S	2838
Panecillo	78 30 53.593 O	00 13 27.042 S	2924
Itchimbia	78 30 4.287 O	00 13 5.439 S	2874



Enlace	Distancia (m)	Azímüt (°)
Quito Centro – Panecillo	1114	205.988
Quito Centro – Itchimbia	1100	107.86

Sistema 4 : El Placer
Tipo : Distribuido

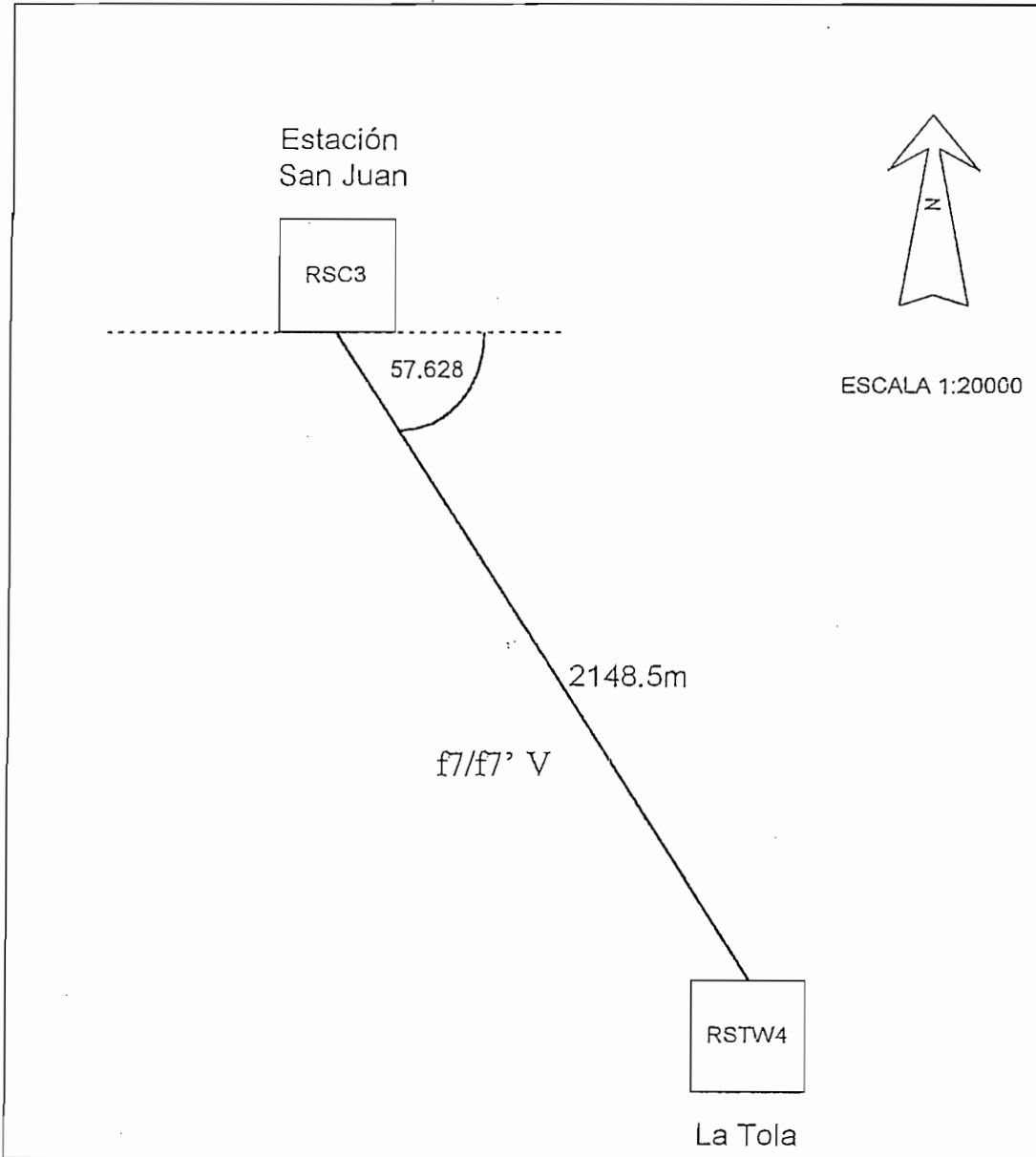
Estación	Longitud	Latitud	Altura (msnm)
San Juan	78 30 43 O	00 12 27.815 S	2978
El Placer	78 31 1.468 O	00 12 50.022 S	2943



Enlace	Distancia (m)	Azimuth (°)
San Juan – Placer	888	220.053

Sistema 5 : La Tola
Tipo : Distribuido

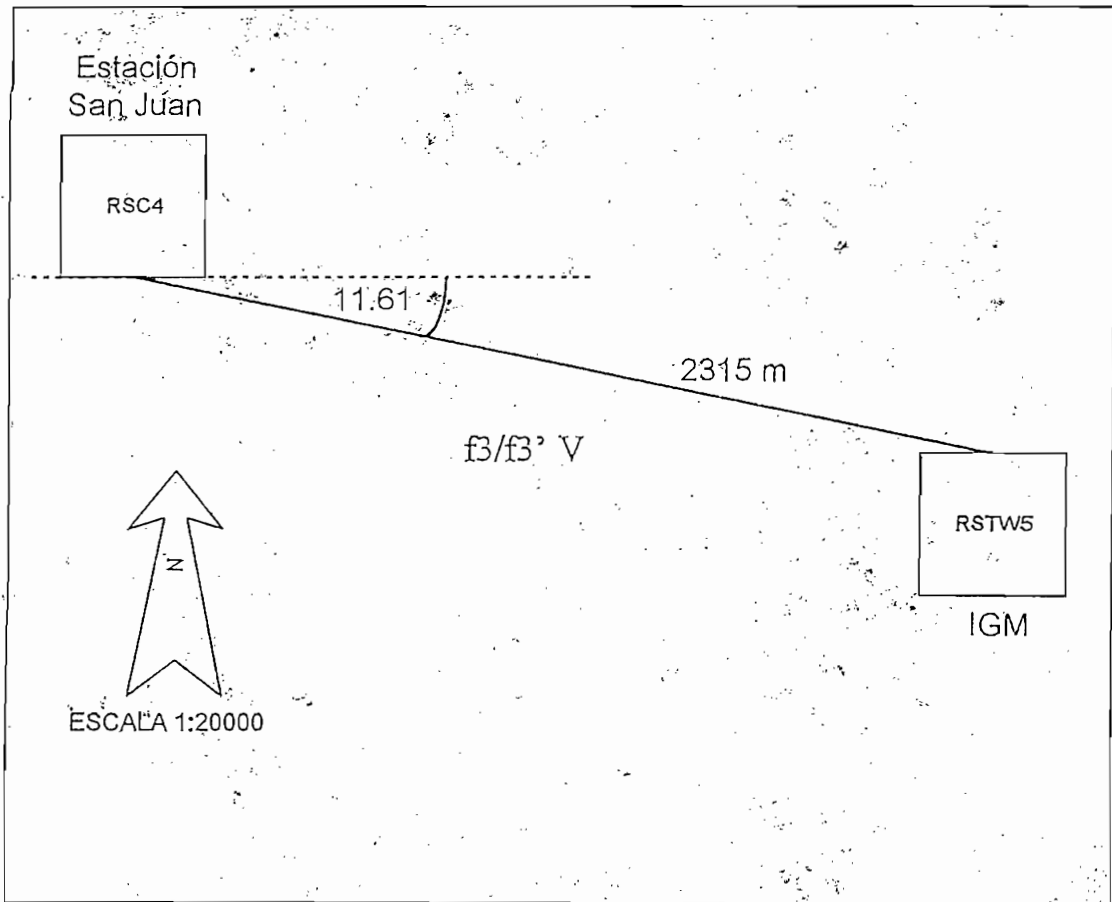
Estación	Longitud	Latitud	Altura (msnm)
San Juan	78 30 43 O	00 12 27.315 S	2978
La Tola	78 30 5.817 O	00 13 26.869 S	2847



Enlace	Distancia (m)	Azimuth (°)
San Juan - La Tola	2148.5	147.628

Sistema 6 : IGM
 Tipo : Distribuido

Estación	Longitud	Latitud	Altura (msnm)
San Juan	78 30 43 O	00 12 27.815 S	2978
IGM	78 29 29.692 O	00 12 42.98 S	2880



Enlace	Distancia (m)	Azimuth (°)
San Juan - IGM	2315	101.6117

3.16 Estudio de cobertura

Conviene en este punto determinar los sectores por celda y la cantidad de abonados por sector. La tabla 3.14 constituye una ampliación a la tabla 3.7 y presenta el número de celdas por sistema y su sectorización con diferentes ángulos de cobertura. Es de notarse que la suma total de abonados seguirá siendo 5000, así como el tráfico generado de 500 Erl.

#	Nombre del Sistema	No. De abonados	Número de celdas	Sectores por celda	Tráfico por sistema (Erl)
1	Quito Centro 1	1024	1	12	102.4
2	Quito Centro 2	1000	2	4	100
3	San Juan	708	1	6	70.8
4	El Placer	768	1	6	76.8
5	La Tola	750	1	6	75
6	IGM	750	1	6	75

Tabla 3.14 Sectorización prevista para los sistemas planteados

Para la presentación de los datos mencionados se ha tomado en cuenta los siguientes parámetros:

- Estudio de demanda a nivel de zonas censales (capítulo I)
- Índice de habitabilidad (No. de metros cuadrados por habitante), con el fin de tener una idea de la concentración de población en los sectores. (Anexo 1-figura 6)

Dentro de la planificación celular, existen fórmulas para calcular los posibles radios de celda, si consideramos un área simétrica donde el tráfico se distribuirá uniformemente en varios sub-sistemas, se tiene las siguientes relaciones:

El número de estaciones base se calcula con:

$$\#BS = \frac{A_{total}}{A_{celda}} \quad (3.33)$$

donde:

A_{total} = Tráfico Total

A_{celda} = Tráfico por celda

#BS : Número de estaciones base

La superficie de la celda estaría dada por:

$$S_{\text{celda}} = \frac{S_{\text{total}}}{\#BS} = \frac{S_{\text{total}} \cdot A_{\text{celda}}}{A_{\text{total}}} \quad (3.34)$$

donde: S_{celda} = Superficie de la celda

S_{total} = Superficie total a cubrirse

La superficie de la celda se puede igualar a la de un hexágono, un círculo o sector circular, etc. de acuerdo a la aplicación.

Si se usa la superficie de un hexágono inscrito en un círculo de radio R y se iguala esta relación con la superficie de la celda:

$$S_{\text{hex}} = \frac{3\sqrt{3}}{2} R^2 = S_{\text{celda}} \quad (3.35)$$

se podría calcular el radio de la celda:

$$R = \sqrt{\frac{2 \cdot S_{\text{celda}}}{3\sqrt{3}}} \quad (3.36)$$

Un ejemplo de cálculo se puede hacer si consideramos la capacidad máxima del sistema A9500, con las siguientes suposiciones:

- Area total a cubrir (aproximadamente 10 km² : Area del Sector Centro de Quito)
- Distribuir uniformemente el tráfico total (500 Erl), mediante sistemas iguales, cada uno de 103 Erl.

$$\#BS = 500 \text{ Erl} / 103 \text{ Erl} = 4,85$$

por tanto $\#BS = 5$

$$S_{\text{celda}} = 10 \text{ Km}^2 / 5$$

$$S_{\text{celda}} = 2 \text{ Km}^2$$

Si se usa la superficie de un hexágono:

$$R = \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \text{ km}^2}{3\sqrt{3}}}$$

$$R = 877 \text{ m}$$

Este resultado teórico indica que para cubrir un área total de 10 km² utilizando la capacidad máxima serían necesarios 5 sistema A9500 centralizados, cada uno con un radio de celda de 870 m.

En la práctica , debido a la ubicación geográfica de los abonados y distribución irregular de la demanda ,se necesita dividir el tráfico total en sub-sistemas de tráfico menor cada uno, aumentando de este modo el número de sistemas a plantearse como sucede en el presente diseño.

Por otro lado en cuestión de cobertura radioeléctrica las especificaciones del equipo aseguran la máxima distancia del enlace DECT en condiciones de visibilidad de hasta 10 km. (Ver Anexo 10).

Sin embargo en condiciones donde no exista línea de vista la cobertura puede disminuir notablemente y se comprobará con el modelo de predicción de cobertura planteado más adelante.

Debido a la sectorización , las celdas planteadas podrían tener sectores con mayor o menor radio que otros de la misma celda y los radios estarán determinados por el número de sistemas planteados estableciendo el compromiso entre cobertura radioeléctrica y cantidad de abonados asignados a ese sector de celda para no superar el tráfico total ofrecido (500 Erl). Así se puede prever radios de cobertura de acuerdo a los supuestos mencionados y mas bien se deberá controlar los lóbulos de radiación de las antenas con la inclinación mecánica (downtilt) para que los cruces de las celdas no sean muy pronunciados, aunque el cruce de celdas no es relevante en este sistema.

Conviene analizar en este punto las configuraciones mecánicas que se dispone en las estaciones base para la parte terminal de abonado y su asignación en dichas estaciones:

⇒ *Intemperie tipo 0* para la estación RSC.

⇒ *Intemperie tipo 1* para la estación RSTW-3 puede alojar hasta 3 RCW (6 WBS máximo)

⇒ *Intemperie tipo 2* para la estación RSTW-6 puede alojar hasta 6 RCW (12 WBS máximo).

⇒ *Bastidor de Interior* capaz de albergar configuraciones distintas de estaciones RSCW hasta un máximo de 24 WBSs.

Otra unidad importante es la Unidad de Control Inalámbrico de las RSs (RCW) que está a cargo del control, comunicación y alimentación de las Estaciones Base Inalámbricas (Wireless Base Stations - WBS). Hasta un máximo de tres RCWs pueden ser direccionadas en el sub-bastidor de control de la estación base(RSCW o RSTW),

conectando hasta un máximo de 6 WBSs. De allí que una estación podrá contener hasta un máximo de 4 sub-bastidores (Bastidor de interior).

Una característica fundamental de la RCW constituye la manipulación del procedimiento de registro (derecho de acceso). Cada Terminación de Red Inalámbrica (Wireless Network Termination - WNT) dispone de su propio código de registro. La RCW conoce que WNT pertenece a su área de cobertura. Cuando una WNT intenta establecer comunicación con la WBS, la RCW comprueba si este abonado tiene el derecho de acceder a la estación. Si la comprobación del terminal de abonado resulta negativa, entonces el acceso es denegado. Este mecanismo proporciona una protección frente a señales interferentes que provengan desde celdas vecinas. La asignación se la realiza en la unidad de Operación y Mantenimiento(OMS).

Debido a que tanto la RSCW como la RSTW está compuesta por sub-bastidores, la WBS se conecta a la RCW a través de cable de pares trenzado con un interfaz propietario a una velocidad binaria de 1152 Kbit/s. El interfaz usa un código de línea HDB3 para la transmisión. La WBS puede remotizarse desde la estación RSTW o RSCW hasta una distancia de 800 m, haciendo uso de un cable de cobre de 0.6 mm de diámetro. La WBS se alimenta desde la RCW haciendo uso de la misma conexión por cable.

La WBS es un contenedor de intemperie que contiene *un solo transceptor* radio DECT(una portadora RF) , pero puede hacer uso de cualquiera de las 10 frecuencias definidas en los intervalos de tiempo adyacentes. La WBS trabaja con 12 canales aéreos, como combinación de portadoras RF e intervalos, desde una pila de 120 circuitos posibles. Por ello en un sector con 2 WBSs (2 transceptores), se podrán efectuar máximo 24 conversaciones al mismo tiempo, las cuales podrán ocupar cualquiera de los 120 canales con que dispone el estándar DECT. En la figura 3.14 se puede observar de manera resumida la descripción mecánica y funcional mencionada.

En la tabla 3.15 se indica el número detallado de abonados por sector, así como los ángulos de cada sector dentro de la celdas. Se puede notar que existe sectores con diferentes ángulos de cobertura donde por ejemplo para una menor densidad de abonados la sectorización será menor y el ángulo de cobertura será mayor. La representación gráfica de las celdas con el número de abonados asignado se encuentra en el Anexo 3 .

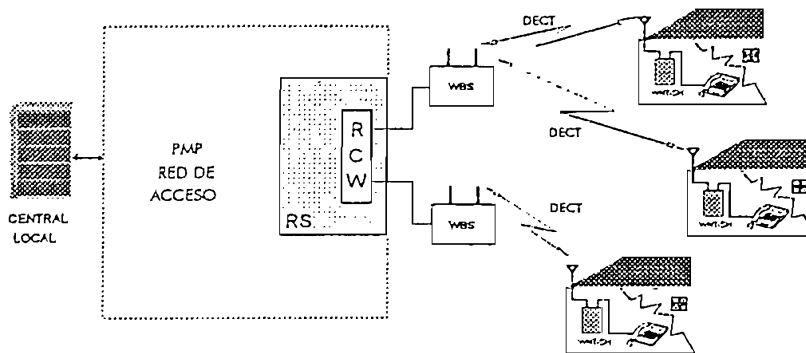


Figura 3.14 Configuración terminal de abonado dentro de la red inalámbrica.

En la tabla 3.15 también se ha mencionado un radio máximo y mínimo requerido que corresponderá únicamente a un determinado sector o sectores de la celda; los demás sectores tendrán radios iguales o diferentes dependiendo de la necesidad de cubrimiento y relieve del terreno.

3.16.1 Métodos de predicción de cobertura

Para analizar el nivel de señal de las ondas electromagnéticas sobre un área determinada a la cual se desea dar cualquier servicio de telecomunicación inalámbrico, y trabajando en ambientes en los cuales no exista necesariamente línea de vista se deberá tomar en cuenta pérdidas del trayecto adicionales a las descritas anteriormente como es: la presencia de árboles, edificios y otros obstáculos propios del terreno.

Para el pronóstico de la radio propagación: sistemas celulares, paging, Telefonía Inalámbrica Fija, PCS, Radio Difusión (TV,FM) y otras aplicaciones similares existen algunos modelos para el pronóstico de intensidad de campo de recepción.

Ellos son BULLINGTON, OKUMURA, LONGLEY-RICE, CAREY (FCC Part 22) y BROADCAST/SMR (FCC Part 73), entre otros. Los primeros tres se usan para modelar la señal de acuerdo a la realidad desde el sitio transmisor. Los últimos dos se usan como normas de regulación y coordinación de frecuencia e interferencia tal como los requiere la FCC (Federal Communications Commission) en USA. Ninguno de los modelos CAREY o BROADCAST/SMR son tan precisos para el pronóstico como BULLINGTON, LONGLEY-RICE y OKUMURA, pero ellos son a veces necesarios cuando se tiene la necesidad de presentar a la FCC, una solicitud de autorización para el uso particular de instalaciones de transmisión.

Tabla 3.15 Asignación de abonados por sector de celda para los sistemas planteados

Celda	Radio Requerido mínimo (m)	Radio Requerido máximo (m)	Angulo de Cobertura (°)	Sectores		Cantidad de abonados	Equipo	
				Angulo(°)	Ubicación(°)		No. de WBS	Estaciones Terminales
Quito Centro	570	850	360	30	0-30	89	2	RSCW1
				30	30-60	85	2	
				30	60-90	85	2	
				30	90-120	85	2	
				30	120-150	85	2	
				30	150-180	85	2	
				30	180-210	85	2	
				30	210-240	85	2	
				30	240-270	85	2	
				30	270-300	85	2	
				30	300-330	85	2	
				30	330-360	85	2	
Panecillo	830	1170 m	120	30	104-134	125	2	RSTW1
				30	134-164	125	2	
				30	164-194	125	2	
				30	194-224	125	2	
				30	330-360	125	2	
				30	0-30	125	2	
Itchimbia	730	730	120	30	30-60	125	2	RSTW2
				30	60-90	125	2	
				30		125	2	

San Juan	1200	1700	180	30	350-20	128	2	RSCW2
				30	20-50	100	2	
				30	110-140	112	2	
				30	140-170	128	2	
				30	170-200	128	2	
				30	200-230	112	2	
				30	247-277	128	2	
El Placer	700	1300	240	30	277-307	128	2	RSTW3
				60	307-7	128	2	
				60	7-67	128	2	
				30	67-97	128	2	
				30	97-127	128	2	
				60	30-90	128	2	
				60	90-150	119	2	
La Tola	500	1000	360	60	150-210	119	2	RSTW4
				60	210-270	128	2	
				60	270-330	128	2	
				60	330-30	128	2	
				60	0-60	128	2	
				60	60-120	128	2	
				60	120-180	128	2	
IGM	450	1400	360	30	180-210	128	2	RSTW5
				90	210-300	110	2	
				60	300-360	128	2	

La finalidad de estos modelos es predecir el nivel de señal en un determinado punto de recepción en una área local específica (llamada sector), los métodos varían ampliamente en su aproximación, complejidad y exactitud. La mayoría de esos modelos están basados en la interpretación sistemática de datos medidos y obtenidos en el área de servicio.

En el caso de una área específica, a diferencia del desarrollo de un radioenlace punto – punto o enlaces punto – multipunto, los modelos anteriores involucran el conocimiento de las condiciones del terreno en múltiples puntos, y la predicción será más exacta mientras más elementos del terreno se disponga; es por ello, que la mayoría de los métodos descritos arriba han sido automatizados mediante programas desarrollados en ordenador y recopilados en diferentes paquetes comerciales disponibles hoy en el mercado.

En el presente proyecto se manejan distancias cortas y se tratará de ubicar al abonado con línea de vista, sin embargo buscando la generalidad del diseño, se analizará también la cobertura en aquellos sitios que no tengan línea de vista con el fin de tener la medida del campo en esos lugares y determinar el comportamiento de las ondas a la frecuencia de diseño, banda (1910 – 1930 MHz). El objetivo es dibujar mediante radiales (trayectos individuales en determinada dirección que salen desde las estaciones base), una área de cobertura en la cual se observe diferentes umbrales de la señal y se pueda ver entonces exactamente donde están los hoyos (puntos con muy baja intensidad de campo).

Para obtener dichos valores se ha usado el paquete computacional canadiense denominado PATHLOSS II, el cual incluye múltiples opciones tales como diseño de radioenlaces punto – punto, punto – multipunto, análisis de difracción, refracción, confiabilidad de los enlaces, etc. y entre ellas el análisis de cobertura en una región dada a partir de radiales que pueden ingresarse en un número comprendido entre 0 y 360 grados.

El programa permite automatizar las tareas de cálculo en la cobertura, calculando atenuaciones adicionales por edificios, arboles, difracción por obstáculos del terreno, etc. Sin embargo dada la multiplicidad de opciones que se presentan en el diseño se debe aclarar que este programa solamente constituye una herramienta adicional y será

empleado de la mejor manera técnica posible para la consecución de los resultados adecuados.

3.16.2 Modelos matemáticos de propagación utilizados por el programa PATHLOSS para el cálculo de la cobertura

Las fórmulas y algoritmos que maneja el PATHLOSS, están basados en los conocidos estudios y leyes que rigen a las ondas radiantes en cualquier trayecto y que han sido descritas en el desarrollo de los enlaces P-P y P-MP. Es necesario entonces revisar algunos algoritmos de cálculo que usa Pathloss para calcular la cobertura.

3.16.2.1 Algoritmo de difracción

Las pérdidas por difracción consideran los diferentes tipos de obstáculos que interfieren con cualquier porcentaje de la primera zonal de Fresnel, el porcentaje de cruce de la primera zona de Fresnel puede ingresarse de acuerdo a la conveniencia del enlace.

Los métodos para calcular la difracción sobre obstáculos que se utilizan son:

3.16.2.2 Pérdidas de difracción en obstáculos aislados

En el caso de un obstáculo filo de cuchillo real (figura 3.15), se deberá tomar en cuenta el radio finito de la obstrucción aproximando a un modelo ideal; las pérdidas totales viene dadas por:

$$A(V, \rho) = A(V, 0) + A(0, \rho) + U(V, \rho) \quad (3.37)$$

Donde:

V es usada como una definición alternativa al Despeje o *Clearance* (C) y se define por la ecuación (3.38):

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot d \cdot \tan(\alpha_o) \cdot \tan(\beta_o)}{\lambda}} \quad (3.38)$$

donde:

λ : Longitud de onda

d : Longitud del trayecto

La relación entre V y el despeje (C) es:

$$V = -\frac{C}{F_1} \cdot \sqrt{2} \quad (3.39)$$

F_1 es el radio de la Primera Zona de Fresnel.

Al contrario del Despeje V es positivo para trayectos obstruidos y negativo para enlaces con línea de vista.

Los parámetros de la fórmula 3.38 se muestran en la figura 3.16.

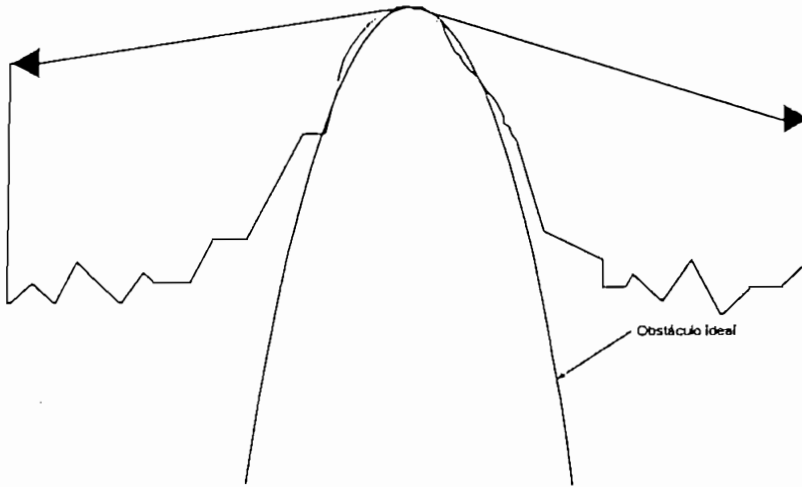


Figura 3.15 Obstáculo aislado

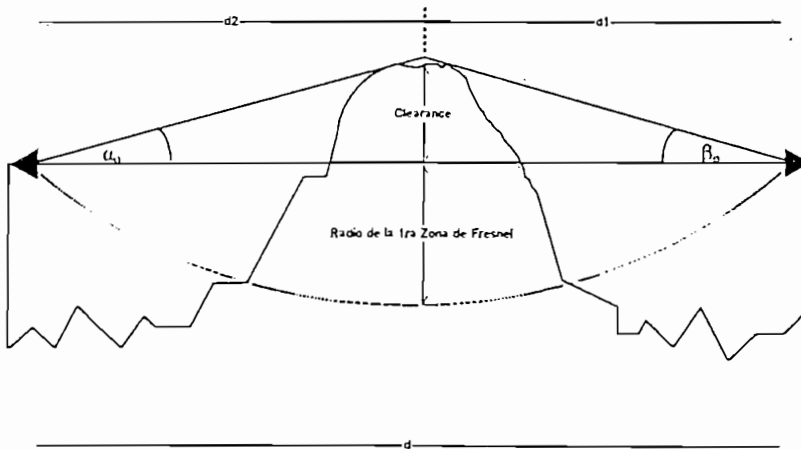


Figura 3.16 Clearance y primera zona de Fresnel

Continuando con la equivalencia de los términos de la ecuación 3.37, se tiene:

$$(3.40) \quad \left\{ \begin{array}{ll} A(V,0) = 6.02 + 9.0V + 1.65V^2 & \text{para: } -0.8 \leq V \leq 0 \\ A(V,0) = 6.02 + 9.11V - 1.27V^2 & \text{para: } 0 < V \leq 2.4 \\ A(V,0) = 12.953 + 20. \log(V) & \text{para: } V > 2.4 \end{array} \right.$$

$$(3.41) \quad \left\{ \begin{array}{ll} U(V, \rho) = 11.45V\rho + 2.19(V\rho)^2 - 0.206(V\rho)^3 - 6.02 & \text{para: } V \leq 3 \\ U(V, \rho) = 13.47V\rho + 1.058(V\rho)^2 - 0.048(V\rho)^3 - 6.02 & \text{para: } 3 < V \leq 5 \\ U(V, \rho) = 20V\rho - 18.2 & \text{para: } V < 5 \end{array} \right.$$

$$(3.42) \quad A(0, \rho) = 6.02 + 5.556\rho + 3.148\rho^2 + 0.256\rho^3$$

$$(3.43) \quad \rho = 0.676R^{\frac{2}{3}} \cdot f_{\text{MHz}}^{-\frac{1}{6}} \sqrt{\frac{d}{d1 \cdot d2}}$$

donde:

R : Radio del obstáculo en kilómetros.

3.16.2.3 Pérdidas de difracción en múltiples obstáculos filo de cuchillo

Un trayecto irregular puede ser analizado como una serie de obstáculos filo de cuchillo y la pérdida total es resultado de la suma de las pérdidas individuales que son analizadas como obstáculos aislados (numeral anterior) dividiendo el trayecto en tramos. El programa dispone de dos métodos para calcular las pérdidas de difracción:

3.16.2.3.1 Método de Epstein – Peterson

Un ejemplo de este método se muestra en la figura 3.17, en el que se encuentran 2 obstáculos. El modelo puede aplicarse también para varios obstáculos. Las pérdidas de difracción de cada obstáculo es calculada en tramos, así la altura del obstáculo en B es calculada sobre el perfil que forma los puntos A y C, el obstáculo en C será considerado en el trayecto de B a D. Las pérdidas totales serán la suma de las pérdidas en B y C. Se obtienen mejores resultados cuando los obstáculos individuales están más separados, ya que facilita el cálculo geométrico de las alturas efectivas de dichos obstáculos.

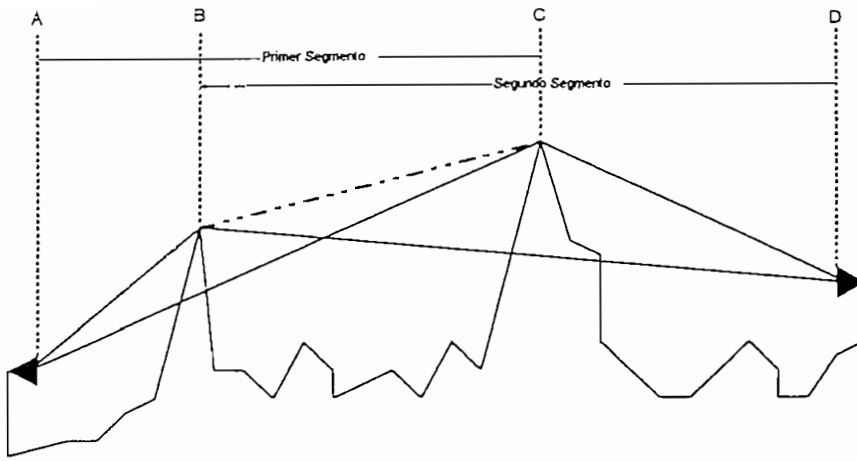


Figura 3.17 Método Epstein-Peterson

3.16.2.3.2 Método de Deygout

Este método está limitado a analizar máximo 2 obstáculos en un trayecto. El parámetro V es primero calculado para los 2 obstáculos localizados en B y C sobre todo el trayecto, es decir de A a D. El mayor obstáculo es aquel que tiene mayor valor de V .

Ello se puede observar en la figura 3.18, donde el mayor obstáculo filo de cuchillo está en C, entonces es calculado sobre el trayecto completo (de A a D), el segundo obstáculo filo de cuchillo, localizado en B, es calculado sobre el trayecto de A a C. La exactitud del método es mejor mientras los obstáculos se encuentren más juntos.

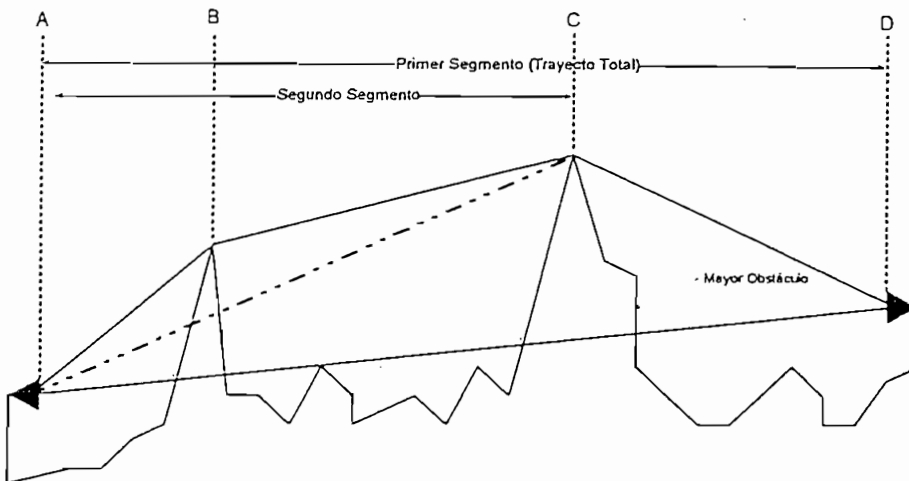


Figura 3.18 Método Deygout

3.16.2.4 Pérdidas de difracción en árboles y edificios

El programa calcula las pérdidas de difracción en edificios y árboles, incluyendo estos elementos en la entrada de datos del perfil. Se puede obtener los datos de pérdidas individuales o del conjunto.

3.16.2.4.1 Pérdidas en árboles

La pérdida de un árbol individual es calculada como el mínimo de los siguientes componentes:

- Pérdidas de difracción por obstáculo filo de cuchillo medidas en la cima del árbol menos las pérdidas de difracción por obstáculos filo de cuchillo medidas en la base del árbol. En otras palabras considera la contribución del árbol aparte de las pérdidas en el perfil. El parámetro V es calculado de la siguiente manera:

$$V = 0.082 \sqrt{\frac{h^2 \cdot f_{\text{MHz}}}{d}} \quad (3.44)$$

donde:

h : altura del árbol

f : frecuencia de propagación.

d : distancia desde el transmisor al árbol.

- *Pérdidas de onda lateral viajando a través de la cima de los árboles.*

Se cuantifica con la siguiente expresión:

$$L_l = 6 + (dB_{lat} - 6) \left(1 - e^{-\frac{h}{10}} \right) \quad (3.45)$$

$$y, \quad \begin{cases} \text{Si } \sigma < 0.0002 & dB_{lat} = 30 \\ \text{Si } \sigma < 0.0001 & dB_{lat} = 12 \\ \text{Caso contrario} & dB_{lat} = 40 \end{cases}$$

donde:

σ : Conductividad (depende del tipo y humedad del árbol)

h : Altura del árbol

3.16.2.4.2 Pérdidas en edificios

La pérdida de un edificio individual es calculada como el mínimo de los siguientes componentes:

- Pérdidas de difracción por obstáculos filo de cuchillo, calculada de la misma manera que en los árboles.
- Pérdidas de propagación por caminos múltiples en edificios.

La pérdidas de transmisión por caminos múltiples debido a los edificios (L_m), está dada por:

$$L_m = 20 \cdot \log (f_{\text{MHz}}) \quad (3.46)$$

Las pérdidas totales, tanto en arboles como en edificios dependerán si el enlace es con línea de vista o no:

- Enlaces con línea de vista:

De acuerdo al despeje que haya sobre la primera zona de Fresnel, las pérdidas por árboles / edificios, serán calculadas por separado y será tomado el máximo valor de los cálculos individuales.

- Enlaces con obstáculos:

Si son más de dos obstáculos se usará el método de Epstein - Peterson , tanto para árboles como para edificios; las pérdidas totales serán la suma de las pérdidas individuales calculadas para árboles/edificios en cada tramo.

3.16.3 Método general para el cálculo de la cobertura.

El módulo de cobertura calcula las pérdidas combinadas de difracción a lo largo del camino en trayectos individuales. El sitio fijo es llamado sitio #1 y el sitio del abonado será llamado sitio #2. Para obtener el área de cobertura se calcula la cobertura individual por radiales, para luego generar mediante otro módulo la cobertura total. El proceso se resume en la figura 3.19.

3.16.4 Criterios para el cálculo DECT

Las siguientes son las consideraciones que se han tomado para el balance de la cobertura con DECT y utilización del módulo de cobertura PATHLOSS:

- La frecuencia de operación utilizada en los cálculos es de 1930 MHz, la más alta de la banda a utilizar (1910 –1930 MHz).
- Los cálculos están realizados en la dirección abonado-base por ser la más desfavorable. (Umbral de recepción en la base = -88 dBm; umbral de recepción en el abonado = -89 dBm) Se trabajará con el umbral de -88 dBm (-118 dBW).

- Los cálculos de propagación han considerado la generalidad del caso; es decir, el programa permite calcular los niveles de recepción en sitios donde no exista línea de vista, en los cuales se calcula las pérdidas por difracción. Sin embargo debido a que los módulos individuales de cobertura (radiales) del programa no consideran las pérdidas de árboles /edificios en cada punto, sino en un determinado enlace, se tomará en cuenta estas pérdidas mediante un margen de seguridad.
- El cable coaxial utilizado en el extremo del abonado es no presurizable de atenuación 0.8dB/m .

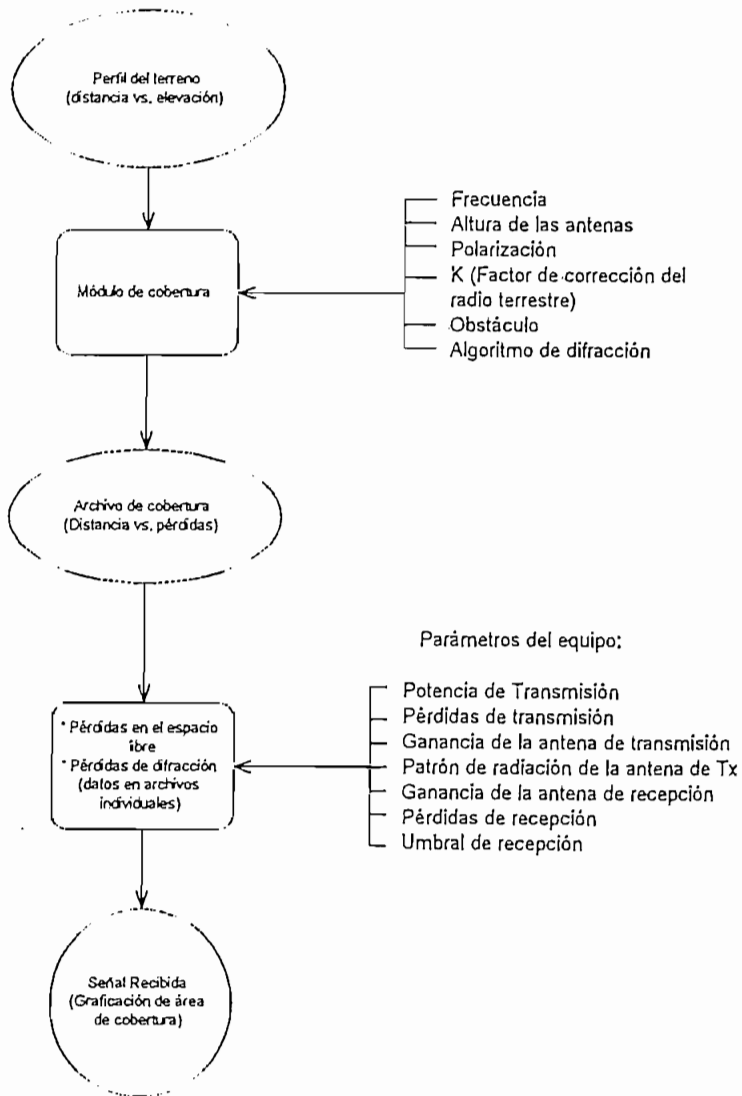


Figura 3.19. Método para calcular la cobertura a partir de radiales individuales mediante el programa PATHLOSS

- El transceptor se equipa con diversidad de espacio mediante el uso de 2 antenas externas, la distancia elegida entre las antenas es de $\frac{3}{4}$ de longitud de onda (11.7 cm) para evitar que las 2 reciban la misma fase de la señal de llegada.
- Las antenas utilizadas serán de acuerdo a la necesidad de cobertura del sitio. Para adaptar las condiciones del diseño a la del programa, se probará diferentes valores de antenas en el módulo de cobertura ya que la simulación se la realiza con una antena omnidireccional y para el diseño únicamente se utilizó antenas sectoriales. Los tipos de antenas utilizados constan en el Anexo 9. Para ingresar el dato de ganancia de una antena específica se lo deberá hacer en dBd, mas no en dBi.⁷
- Los radiales dibujados por el programa consideran las pérdidas por difracción automáticamente de acuerdo a los algoritmos utilizados por PATHLOSS y por tanto dan la medida de la potencia recibida en puntos donde no exista línea de vista.
- Los datos de pérdidas de transmisión y recepción introducidos en el programa serán de acuerdo a especificaciones del equipo y a consideraciones propias del diseño, las cuales se indican en la tabla 3.16:

Tipo de pérdida	Pérdidas en transmisión (dB)	Pérdidas en recepción (Abonado) (dB)
Pérdida en conectores	1	1
Pérdida por despuntamiento de antenas	1.5	1.5
Pérdidas en cables	1.6 (2m)	2.4 (3m)
Total	4.1	4.9

Tabla 3.16 Pérdidas en transmisión y recepción utilizadas en el módulo de cobertura.

- Se considerará que la antena del WNT (Terminal Inalámbrico Telefónico) será instalada en un punto y a una altura a la cual se ve las antenas de la WBS (Estación Base Inalámbrica) a la cual se encuentren asignada; es decir se localizará en ventanas, tejados o terrazas. Para ingresar los datos en el programa se ha considerado las casas de los abonados conformadas de dos o tres pisos (aproximadamente 9 m).
- El margen de protección necesario será de 12 dB, considerando:
 - ⇒ 7 dB de pérdidas producidas por árboles y/o edificios; tomando en cuenta que en enlaces con línea de vista se considerará el mayor obstáculo.
 - ⇒ El margen de protección contra desvanecimientos en condiciones de visibilidad, para una seguridad del 99% en el tiempo y admitiendo unas variaciones del 10% en la

⁷ dBd: Ganancia relativa a la antena dipolo, dBi: Ganancia relativa a la antena hipotética isotrópica; un dBi es 2.1 veces mayor que el dBd para una misma antena.

potencia de la señal de recepción debida a reflexiones es de 5dB. (Recomendación del fabricante).

3.16.5 Presentación de resultados obtenidos del estudio de cobertura

En el Anexo 5 se presentan las pérdidas por difracción de los radiales individuales trazados en la respectiva celda, en las figuras presentadas existen 2 trazos: el más grueso corresponde a las pérdidas por difracción y el más delgado es el perfil del terreno del radial. En el Anexo 6 en cambio se muestra el área de cobertura generada a partir de los radiales individuales para cada celda.

3.16.6 Cálculo de la inclinación mecánica de las antenas (Downtilt)

Debido a la diferencia de alturas entre la antena de la radiobase y las del abonado, se debe calcular la inclinación óptima de las antenas de la radiobase (downtilt), para radiar la energía mediante el lóbulo principal de la antena de una forma directiva y así cubrir un área más específica, evitando de esta manera en parte que la energía se irradie más allá de una determinada zona atenuando así la señal sobre el horizonte.

En el presente diseño esta situación no es crítica; ya que no importa que las celdas tengan zonas de cruce significativas; pues, cada abonado como se dijo anteriormente está asignado a las WBSs y RCW de su respectivo sector y no podrá enlazarse a otras que no corresponden. Así en las casos donde haya áreas cubiertas por 3 o más celdas superpuestas los abonados se asignarán a la que sea más fácil la comunicación radioeléctrica considerando no superar la capacidad máxima de gestión de los equipos.

Para estos cálculos se ha considerado usar ecuaciones geométricas planteadas por la empresa Allen Telecom y su división *Decibel Products*, empresa especialista en antenas y demás productos de transmisión.

Las ecuaciones planteadas y el modelo geométrico a usarse se presentan en la figura 3.20

La altura de la antena sobre el terreno medio se calcula de la siguiente manera:

$$h_{a_m} = h_a - h_m \quad (3.47)$$

donde:

h_{a_m} : Altura de la antena sobre el terreno medio

h_a : Altura de la antena sobre el nivel del mar.

h_m : Altura del terreno medio.

La altura del terreno medio (h_m), se calcula como el promedio de los diferentes puntos tomados en un radial determinado.

Para calcular el downtilt en un determinado sector, se usará un radial que se encuentre dentro o en las proximidades de ese sector.

En el anexo 7 se presentan en forma ordenada el margen de distancia que se puede cubrir con el lóbulo principal de radiación de una antena determinada, dependiendo del ángulo de emisión de la antena en el plano E y de la variación del ángulo de inclinación mecánica de la antena para un radial seleccionado.

Este cálculo ha sido realizado para todas las celdas propuestas y se ha desarrollado una hoja de cálculo que permita obtener los resultados directamente en metros ya que el programa original trabaja con medidas inglesas ⁸; en dicha hoja de cálculo se presenta la distancia medida desde la antena a la cual con un determinado ángulo de inclinación el mayor lóbulo de radiación alcanza el nivel de tierra, también se presentan los puntos de media potencia superior e inferior que alcanzan la superficie de la tierra.

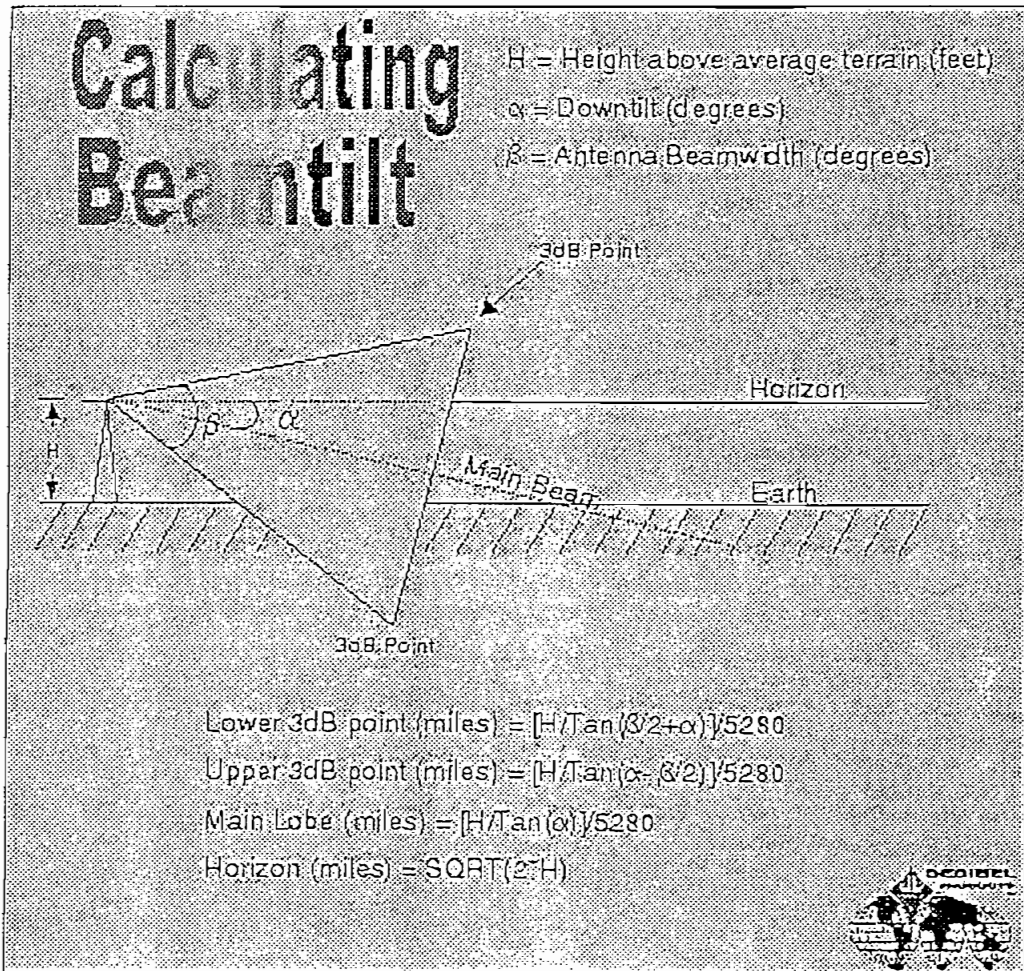


Figura 3.20. Modelo geométrico y matemático para el cálculo del Downtilt

⁸ Se puede encontrar el software de cálculo en la dirección <http://www.allentelcom.com/>

Se deberá tomar en cuenta para ello que mientras más directiva sea la antena y mayor ganancia tenga el ángulo de emisión en el plano E (beamwidth vertical), tiende a hacerse más pequeño y por tanto se cubrirá una menor área en el plano E.

Para escoger el ángulo más conveniente se determinará en base al área que se desee cubrir asignando el ángulo de inclinación a la distancia elegida a partir de la antena a la cual el mayor lóbulo de radiación alcance la tierra, se usará el punto superior de media potencia que toque el suelo para asignar a la mayor distancia.

Cabe recordar que este método es aproximado ya que se ha calculado sobre un terreno plano, siendo factible aquello con la aproximación realizada mediante el concepto *terreno medio*; por ello, para la presentación de los resultados también se ha examinado el perfil del radial para determinar la inclinación óptima. Los ángulos de inclinación escogidos se resumen en la tabla 3.18.

Para la instalación de las antenas en el sitio de la torre se deberá utilizar un inclinómetro para medir los ángulos de una manera exacta.

3.16.7 Cobertura final esperada

El área definitiva a cubrir se muestra en el Anexo 6, donde se ha tomado en cuenta tanto los resultados de cobertura alcanzados en el módulo de PATHLOSS y la inclinación mecánica de las antenas.

3.16.8 Plan de Frecuencias DECT

Si se recuerda el estándar DECT, éste operará en la banda 1910 –1930 MHz por las razones explicadas en el punto 3.1, con 10 canales de radiofrecuencia y un ancho de banda por portadora de 1.728 MHz. La Tabla 3.17 expone las frecuencias de las portadoras de los canales usados en dicha banda así como las frecuencia de transmisión y recepción del oscilador local para dichas portadoras.

En este caso no es necesario realizar la planificación de las frecuencias indicadas en la tabla 3.16, ya que el estándar posee el mecanismo de Selección Dinámica Continua de Canales (CDSC), que permite seleccionar en cada instante de forma automática el canal que proporcione la mejor relación señal a ruido (S/N). Este mecanismo lo realiza la unidad de abonado.

Canal	Frecuencia de canal (MHz)	2xO.L Rx(MHz)	2xO.L Tx(MHz)
0	1928.448	1817.856	1824.768
1	1926.720	1816.128	1823.040
2	1924.992	1814.400	1821.040
3	1923.264	1812.672	1819.584
4	1921.536	1810.944	1817.856
5	1919.808	1809.216	1816.128
6	1918.080	1807.488	1814.400
7	1916.352	1805.760	1812.672
8	1914.624	1804.032	1810.944
9	1912.896	1802.304	1809.216

Tabla 3.17 Frecuencias de canal (banda 1910-1930 MHz)

0
3
2

3.17 Sistema de Operación y Mantenimiento

El sistema de operación y mantenimiento (OMS) se localizará en el edificio de Quito Centro junto a la central Alcatel E10B.

Las comunicaciones XBS-OMS tiene lugar por el interfaz Q3LTS propietario. Las capas inferiores son el interfaz serial dúplex RS232 para las actividades de operación y mantenimiento locales o remotas.

La conexión local se la realiza directamente con la OMS; mientras que si la OMS está distante de la XBS, ambas estaciones pueden conectarse mediante una red de paquetes X.25 o mediante modems. En operación multired, ambos tipos de interfaces pueden estar presentes simultáneamente, de esta manera el sistema OMS puede soportar hasta 14 redes A9500 (14 XBSs), localizadas localmente o remotamente.

Para el funcionamiento multired se requiere del uso de un multiplexor OMS RS232 o del conmutador X.25.

En esta forma las XBS localizadas en Quito Centro se conectarán directamente a la OMS y para conectar las 4 XBSs de Villa Flora se utilizará 4 pares de modems y 4 líneas arrendadas que igualmente serán transportadas a través del enlace de fibra óptica existente.

La figura 3.21 presenta un diagrama general del sistema de OMS propuesto.

Las principales funciones que se podrá manipular desde el OMS son:

- Monitorización de la red usando la plataforma HP Open View 4.0 bajo Sistema Operativo UNIX.
- Adición, borrado y configuración de nuevas estaciones : XBS,RSC, RSTW,RSTW, etc., incluyendo el control de acceso de los abonados.

- Monitoreo de alarmas de la red de las estaciones y de los abonados, las cuales se grabarán en ficheros diarios permitiendo dar reportes estadísticos bajo petición del operador.
- Herramientas para el análisis de los mensajes de alarma.

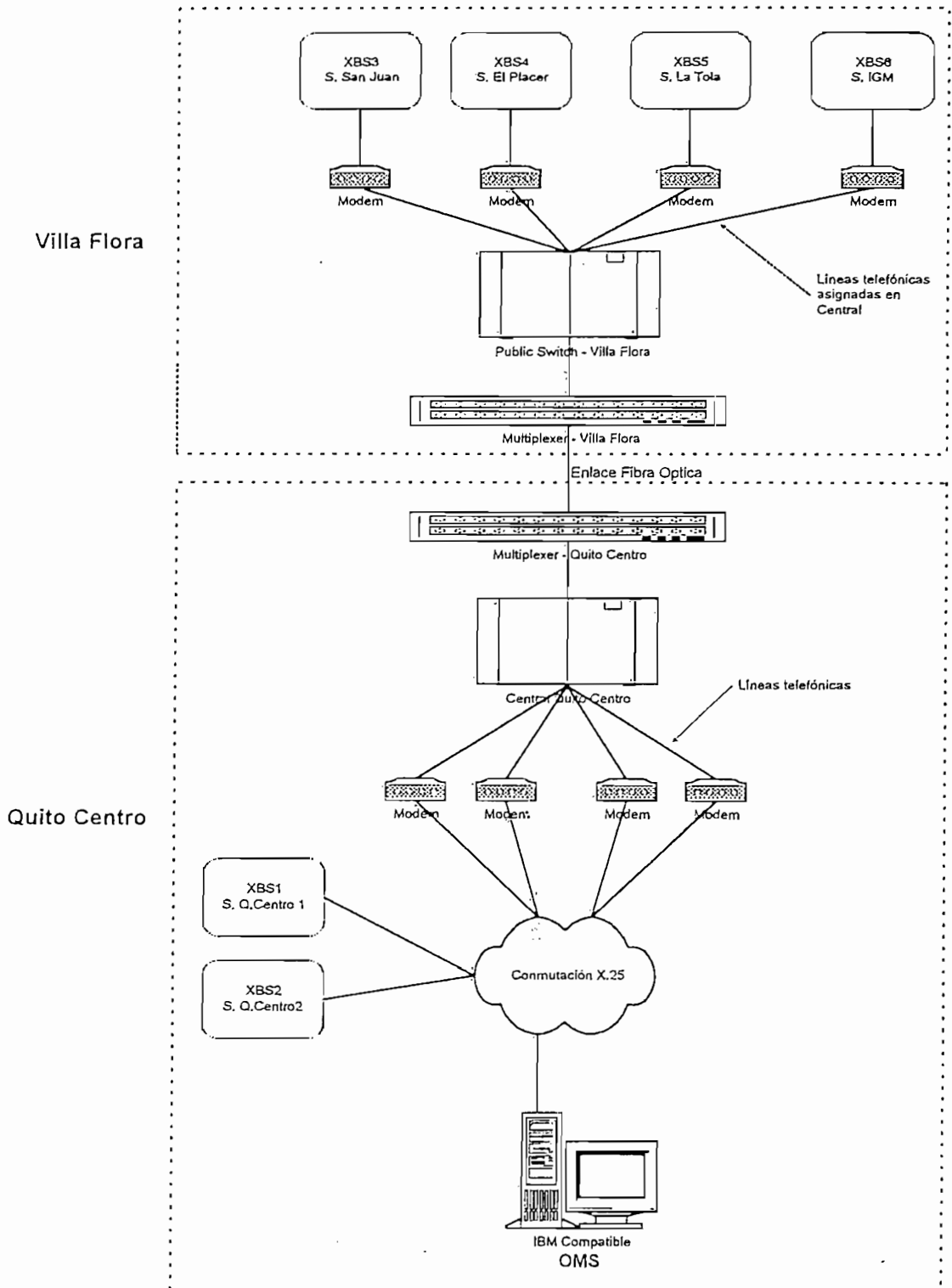


Figura 3.21 Sistema de Operación y Mantenimiento

- Pruebas remotas del sistema, realizando bucles analógicos y digitales de los interfaces de terminación de abonado, chequeando de esta manera el estado de las terminaciones de radio y terminaciones de abonado.
- Estadísticas de tráfico: medidas de tráfico en la hora cargada, períodos de congestión, ocupación de canales, generación de reportes estadísticos de tráfico.

La equipación de la OMS será la siguiente:

- PC compatible con IBM con las siguientes características mínimas:
 - ⇒ Microprocesador Pentium Intel con velocidad \geq 133 MHz
 - ⇒ Memoria Ram interna \geq 32 Mb
 - ⇒ Memoria Cache interna \geq 256 kb
 - ⇒ Tarjeta de video SVGA con memoria de video \geq 2Mb
 - ⇒ Monitor de alta resolución de 17 pg.
 - ⇒ Disco duro \geq 4Gb
 - ⇒ Unidad de disco flexible 3,5 " y CD ROM
 - ⇒ Ratón, Teclado en español

Además:

- Impresora
- Tarjeta X.25
- Software:
 - ⇒ Windows 95
 - ⇒ Plataforma HP Open View 4.0
 - ⇒ UNIX
 - ⇒ Microsoft Access
- Conmutador X.25
- Modems.

La configuración básica de la red será definida al arrancar el sistema, es decir se definirán: tipos de estaciones y nombre, localización, categorías, parámetros, así como características deseadas de cada abonado.

3.18 Resumen de antenas y torres

La altura de todas las estructuras se han establecido en función de la altura que se colocarán las antenas después de haber realizado un estudio de campo y los cálculos radioeléctricos de los enlaces punto - multipunto y cobertura DECT.

Se ha considerado la disponibilidad de estructuras existentes; como sucede en Quito Centro, San Juan, torres pertenecientes a Andinatel y la posibilidad de arrendar la torre ubicada en los tanques de agua de El Placer perteneciente a la empresa Bell South, las torres indicadas poseen altura y capacidad suficiente para usarse en este proyecto. En el sitio La Tola la torre utilizada es de 30 m y tendrá que ser autosoportada, tipo triangular, metálica con una base de hormigón y apoyos unidos por viguetas del mismo material. En todos los casos se deberá suministrar los correspondientes herrajes para la correcta fijación de las antenas sobre estas torres.

Otra opción usada es utilizar las terrazas de casas o edificios ubicadas estratégicamente e instalar pequeñas estructuras sobre ellos, esta opción se ha utilizado en el edificio del Instituto Geográfico Militar (IGM) donde se colocará un mástil de 6 m.; finalmente, en el resto de las estaciones se ha considerado la instalación de postes de hormigón de 12 m. de altura.

Todas las estructuras estarán diseñadas y calculadas para soportar esfuerzos, debidos al viento que ejerce tanto sobre la estructura como sobre las propias antenas de hasta 120 km/h. También deberán soportar la sobrecarga debido a los componentes instalados en ellas.

Las estructura prevista sobre el edificio estará diseñada, conforme a las necesidades de carga esperada en la estación que dependerá del tipo y número de antenas.

Los postes de hormigón, están constituidos a base de hormigón armado vibrado, presentan una sección rectangular doble T, excepto en la parte superior que su sección es rectangular. En esta parte superior los postes presentan una serie de agujeros que facilitan el acoplamiento de soporte para fijar las antenas o cualquier accesorio necesario adicional. Estos postes incluirán sistema de acceso, soportes para la fijación de antenas, toma de tierra y pararrayos, así como todos los elementos necesarios para la correcta funcionalidad de los mismos.

Todas las partes metálicas que forman parte de las estructuras, soportes de antenas sobre torres existentes o herrajes previstos sobre los postes, estarán galvanizados en caliente, con el fin de protegerlos contra la corrosión.

La tabla 3.18 indica detalladamente el tipo de estructura y antenas empleadas por sectores en todas las estaciones.

Tabla 3.18 RESUMEN DE TORRES Y ANTENAS POR ESTACIONES

SISTEMA DE TELEFONIA INALAMBRICA FIJA
 REGION: QUITO CENTRO
 5000 ABONADOS

ESTACION	TORRES		ANTENAS					
	TIPO	ALTURA (m)	(CANTIDAD / TIPO) COBERTURA	MODELO	ALTURA (m)	DIRECCION	ANGULOS DE ELEVACION Y DOWNTILT	ANTENA DE ABONADO
SAN JUAN	TE	25	1 P-MP	TA-1403 (11 dBi)	17	EL PLACER	-2.58°	
			1 P-MP	TA-1403 (11 dBi)	15	LA TOLA	-3.49°	
			1 P-MP	TA-1403 (11 dBi)	12	IGM	-2.64°	
			4 DECT(350°-20°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	20	ABONADOS	0°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(20°-50°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	20	ABONADOS	0°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(110°-140°)	DB983H33 (16.6 dBi)	20	ABONADOS	-11.5°	DB799N-M (15 dBi)
			4 DECT(140°-170°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	20	ABONADOS	-16°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(170°-200°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	20	ABONADOS	-15°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(200°-230°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	20	ABONADOS	-16°	PC18513N (12 dBi)
QUITO CENTR	TE	30	1 P-MP	TA-1403 (11 dBi)	8	PANECILLO	4.51°	
			1 P-MP	TA-1403 (11 dBi)	9	ITCHIMBIA	1.9°	
			4 DECT(0°-30°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	25	ABONADOS	-11.5°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(30°-60°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	25	ABONADOS	-11.7°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(60°-90°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	25	ABONADOS	-11.3°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(90°-120°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	25	ABONADOS	-11.2°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(120°-150°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	25	ABONADOS	-12.5°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(150°-180°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	25	ABONADOS	-12.8°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(180°-210°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	25	ABONADOS	-13.5°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(210°-240°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	25	ABONADOS	-14.7°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(240°-270°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	25	ABONADOS	-14.6°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(270°-300°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	25	ABONADOS	-13.4°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(300°-330°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	25	ABONADOS	-12.7°	PC18513N (12 dBi)
4 DECT(330°-360°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	25	ABONADOS	-11.9°	PC18513N (12 dBi)			
PANECILLO	PH	12	1 P-MP	TA-1403 (11 dBi)	10	UITO CENTR	-4.51°	
			4 DECT(104°-134°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	12	ABONADOS	-16.5°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(134°-164°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	12	ABONADOS	-17°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(164°-194°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	12	ABONADOS	-19°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(194°-224°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	12	ABONADOS	-20°	PC18513N (12 dBi)
ITCHIMBIA	PH	12	1 P-MP	TA-1403 (11 dBi)	9	UITO CENTR	-1.9°	
			4 DECT(0°-30°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	12	ABONADOS	-17°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(30°-60°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	12	ABONADOS	-16.5°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(60°-90°)	DB983H33 (16.6 dBi)	12	ABONADOS	-10.5°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(330°-360°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	12	ABONADOS	-17°	PC18513N (12 dBi)
EL PLACER	TE	30	1 P-MP	TA-1403 (11 dBi)	12	SAN JUAN	2.58°	
			4 DECT(247°-277°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	20	ABONADOS	-16°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(277°-307°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	20	ABONADOS	-15°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(307°-7°)	DB972H65 (12.6 dBi)	20	ABONADOS	0°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(7°-67°)	DB972H65 (12.6 dBi)	20	ABONADOS	0°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(67°-97°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	20	ABONADOS	-11.3°	PC18513N (12 dBi)
4 DECT(97°-127°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	20	ABONADOS	-14.7°	PC18513N (12 dBi)			
LA TOLA	TA	30	1 P-MP	TA-1403 (11 dBi)	15	SAN JUAN	3.49°	
			4 DECT(30°-90°)	DB974H65 (14.6 dBi)	30	ABONADOS	-11.5°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(90°-150°)	DB974H65 (14.6 dBi)	30	ABONADOS	-8°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(150°-210°)	DB974H65 (14.6 dBi)	30	ABONADOS	-16°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(210°-270°)	DB982H65 (19.6 dBi)	30	ABONADOS	-12°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(270°-330°)	DB982H65 (19.6 dBi)	30	ABONADOS	-8.5°	PC18513N (12 dBi)
4 DECT(330°-30°)	DB982H65 (19.6 dBi)	30	ABONADOS	-7.5°	PC18513N (12 dBi)			
IGM	ME	6	1 P-MP	TA-1403 (11 dBi)	3	SAN JUAN	2.64°	
			4 DECT(0°-60°)	DB972H65 (12.6 dBi)	6	ABONADOS	-18.5°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(60°-120°)	DB972H65 (12.6 dBi)	6	ABONADOS	-19°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(120°-180°)	DB972H65 (12.6 dBi)	6	ABONADOS	-19°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(180°-210°)	SPUD4SLGB13T (14 dBi)	6	ABONADOS	-14.5°	PC18513N (12 dBi)
			4 DECT(210°-300°)	DB974H90 (13.1 dBi)	6	ABONADOS	-9.5°	PC18513N (12 dBi)
4 DECT(300°-360°)	DB972H65 (12.6 dBi)	6	ABONADOS	-18°	PC18513N (12 dBi)			

TE: TORRE EXISTENTE
 PH: POSTE DE HORMIGON
 ME: MASTIL NUEVO SOBRE EDIFICIO
 TA: TORRE NUEVA AUTOSOPORTADA

3.19 Alimentación Eléctrica

De acuerdo a las especificaciones del equipo, para este proyecto se ha previsto como fuente de energía convencional, la alimentación desde la red comercial (110 Vac), excepto para la estaciones ubicadas tanto en Villa Flora, Quito Centro y San Juan donde se posee directamente alimentación de -48 Vdc.

En el resto de las estaciones, la alimentación prevista es de 12 Vdc mediante un equipo alimentador - cargador 115-230 Vac/+12Vdc/9.8A; normalizado para la instalación en el propio contenedor de equipo de radio y baterías de plomo herméticas de 12V que irán alojadas en un contenedor propio e independiente, con una capacidad adecuada para el suministro de corriente para una autonomía de tiempo superior a 8 horas.

En el caso de la unidad del abonado, la alimentación es a 115 Vac/60Hz o 230Vac/50Hz, con baterías de respaldo de 12 Vdc con autonomía en conversación mayor a 3.5 horas o en espera + conversación de aproximadamente 5.5 + 1 hora. La tabla 3.19 resume el tipo de energía utilizado por las unidades respectivas.

ESTACION	EQUIPO	SISTEMA DE ALIMENTACION	
		Existente	Previsto
Villa Flora	XBS3	-48Vdc	
	XBS4	-48Vdc	
	XBS5	-48Vdc	
	XBS6	-48Vdc	
Quito Centro	XBS1	-48Vdc	
	XBS2	-48Vdc	
	RSCW1	-48Vdc	
	RSC1	-48Vdc	
San Juan	RSCW2	-48Vdc	
	RSC2	-48Vdc	
	RSC3	-48Vdc	
	RSC4	-48Vdc	
Panecillo	RSTW1	110Vac	12 Vdc y Batería
Itchimbia	RSTW2	110Vac	12 Vdc y Batería
El Placer	RSTW3	110Vac	12 Vdc y Batería
La Tola	RSTW4	110Vac	12 Vdc y Batería
IGM	RSTW5	110Vac	12 Vdc y Batería

Tabla 3.19 Tipo de energía disponible para las unidades.

CAPITULO IV

EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO

Antes de entrar en el plano netamente financiero y de factibilidad económica del proyecto, se hace necesario presentar estudios comparativos realizados por empresas especializadas en el acceso inalámbrico sobre la posibilidad de llegar hacia el abonado mediante la solución cableada o mediante la solución inalámbrica, justificando de esta manera económica y técnicamente el presente diseño.

4.1 Comparación entre la solución cableada y la solución por radio

Durante muchas décadas el cable de cobre ha sido muy útil para la conexión de los abonados a la central local y hoy continua siéndolo, pero presenta desventajas evidentes tales como:

- Generar obras civiles de gran magnitud y elevados costos. Ello conlleva problemas de destrucción de calles y aceras si se quiere ampliar la red existente que contribuiría por ejemplo en el caso del Centro Histórico de Quito a la destrucción del Patrimonio Histórico.
- La red debe estar prácticamente concluida en su totalidad para que los abonados puedan ser conectados a ella y empiecen a generar ingresos.

Casi tan importante como el costo final de la instalación, es frecuentemente el costo de la inversión inicial que se realiza antes de que se generen ingresos. De acuerdo a la figura 4.1, este costo puede ser más bajo para una solución RLL que para una solución tradicional de cobre¹. En dicha figura se presenta un diagrama genérico que demuestra el corto tiempo que implica conectar abonados inalámbricos en comparación a instalar abonados cableados, generando de esta manera ingresos sin necesidad de llegar al 100% de la inversión como sucede con la solución cableada.

Esto reduce considerablemente el riesgo de inversión de capital para nuevos operadores y compromete una menor cantidad de capital. La figura 4.2 en cambio, presenta mediante porcentajes la inversión de las partes que constituyen una red tanto alámbrica como inalámbrica.

¹ Ericsson DRA1900. Radio en el bucle de abonado (1997)

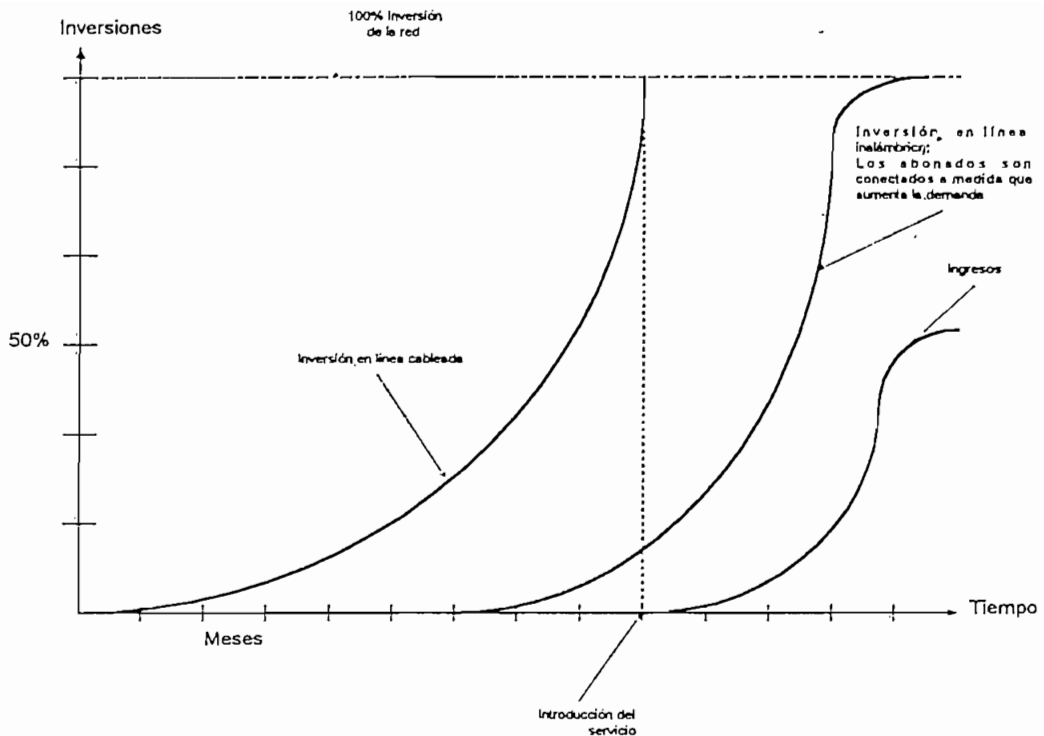


Figura 4.1 Comparación del retorno de las inversiones para la solución cableada y solución inalámbrica.

Como se verá posteriormente en el análisis financiero, los abonados empezarán a generar ingresos aún cuando la inversión inicial no sobrepase el 50 % del total. Parte de esa inversión incluso puede ser transferida al abonado a través de un cobro de suscripción del sistema.

- La construcción de la red cableada es más tardía que la correspondiente mediante solución RLL; en zonas en las que la expansión de la red existente de hilos es muy complicada (como el caso del centro de Quito), RLL puede usarse para conectar gran cantidad de números de nuevos abonados muy rápidamente, en comparación con el tiempo necesario para instalar una red de acceso cableada. Por otro lado algunas redes tienen mucha mayor capacidad en sus sistemas de conmutación que en sus redes de acceso y la construcción de esta red no puede hacerse al ritmo de la demanda de servicios; los resultados son largas listas de espera, clientes descontentos y grandes pérdidas de ingresos potenciales. Mediante RLL cualquier

abonado puede ser conectado rápidamente si se localiza en un sector de celda que tenga capacidad disponible.

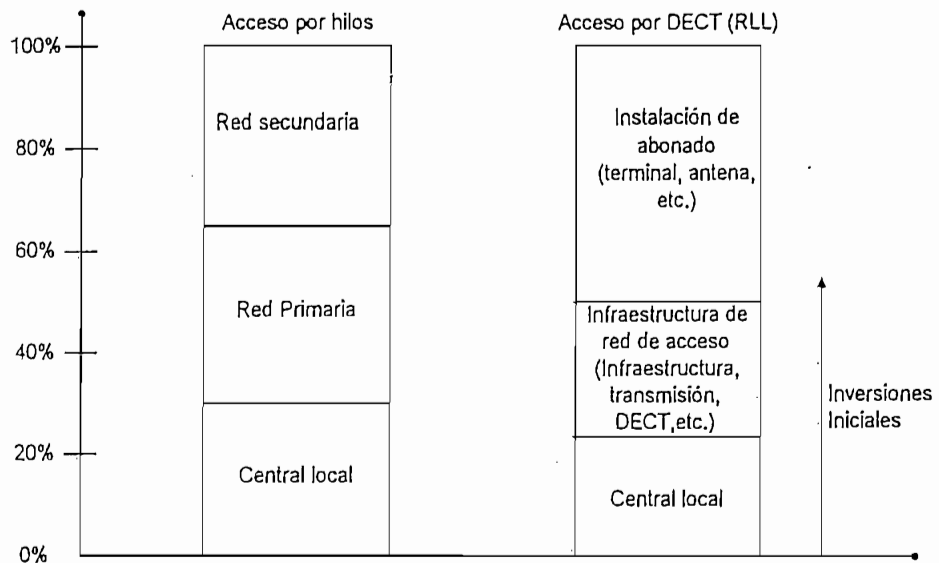


Figura 4.2 . Comparación de las partes constituyentes de las inversiones en red local, en una red típica de accesos cableados y una red RLL.

- Los cables se pueden dañar con facilidad y las averías son difíciles de identificar y localizar con precisión. El mantenimiento de una red cableada es mucho mayor e implica mayor cantidad de personal a diferencia de un sistema inalámbrico donde las posibilidades de fallo entre el domicilio del usuario y la central telefónica son mínimos, pues el único equipo de planta externa que ha de ser mantenido es la unidad de abonado y los enlaces de transmisión punto - multipunto hasta la estación base concentradora; además las fallas son localizables fácilmente e inclusive a distancia a través del sistema de operación y mantenimiento.
- El costo de ampliación de una red alámbrica es mayor al de un sistema inalámbrico debido a las mayores dificultades que implica ampliar una red cableada existente. Como se describió anteriormente esto ocurre en mucho menor grado con la solución inalámbrica.
- El costo por línea alámbrica aumenta con el tiempo. En una red cableada, la mayor parte de las inversiones se refieren a mano de obra antes que a equipo; mientras que en las solución inalámbrica la mayoría de costos son para equipo electrónico. En el

futuro, tal como hasta ahora, puede decirse que el costo de mano de obra continuará aumentando mientras que el costo de componentes electrónicos cada vez tiende a disminuir.

- La calidad de servicio es inferior a una red inalámbrica ya que esta viene dada por dos características inherentes a su diseño: la redundancia interna y el solapamiento de las áreas sectoriales de cobertura.
- Limitaciones de ampliar nuevos servicios como ISDN , servicios ofrecidos por los estándares inalámbricos como DECT , lo cual lo hace ideal para aplicaciones mixtas residenciales y empresariales.

Todas las características anteriores permiten justificar la solución inalámbrica en aspectos no solo económicos, sino también socioeconómicos y técnicos; sin embargo se tiene que demostrar mediante cálculos matemáticos reales la factibilidad del proyecto y realizar por tanto un análisis financiero.

4.2 Costos de inversión

Dentro de los costos de inversión están incluidos varios costos que se podrían considerar de manera individual como:

- Costo neto de equipamiento, donde se encuentran los costos del equipo de las estaciones base y del abonado, antenas, sistemas de múltiplex, etc.
- Costos de infraestructura, constituido por la inversión en torres, puestas a tierra, alojamiento de los equipos, etc. y accesorios adicionales al sistema.
- Costos de instalación y puesta a punto, representan una inversión adicional y se refiere a la instalación de las diferentes unidades del sistema y a pruebas que se deberán realizar para entregas parciales y entrega definitiva del sistema.

Todos los costos mencionados han sido reunidos en la tabla 4.1 donde se presenta en detalle y de acuerdo a cada uno de los sistemas planteados. El precio de los componentes está dado en dólares CIF, es decir están incluidos los valores de transporte del país de origen en el caso de los bienes extranjeros, que prácticamente constituyen la mayor parte de la inversión.

DESCRIPCION	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5	Sistema 6	Abonados DECT	Total equipo	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
Estación Banda Base de Central (XBS)										
XBS - 4 Mbps (Estación Central con enlaces a 2 Mbps) tipo1			1	1	1	1		4	14,100.00	56,400.00
XBS - 4 Mbps (Estación Central con enlaces a 2 Mbps) tipo2	1	1						2	21,500.00	43,000.00
Interfaz de central 2 Mbps V 5.2A, E010	1	1	1	1	1	1		6	2,810.00	16,860.00
Estación de Operación y Mantenimiento (OMS)										
OMS con conexión remota(hasta 6 XBS),múltisistema	1							1	10,520.00	10,520.00
Accesorios para conexión remota			1	1	1	1		4	2,450.00	9,800.00
Documentación y Accesorios para Operación y Mantenimiento	1							1	7,030.00	7,030.00
Estación Radio Central(RSC)										
Estación Radio Central (RSC) 1+0 , 1.5 GHz		1		1	1	1		4	8,360.00	33,440.00
Unidad control radio		1		1	1	1		4	705.00	2,820.00
Estación Terminal Radio Inalámbrica(RSTW)										
RSTW-6, hasta 12 WBS Interperle 1+0 , 1.5 GHz		2				1		3	10,120.00	30,360.00
RSTW-6, hasta 12 WBS Interior 1+0 , 1.5 GHz				1			1	2	10,120.00	20,240.00
Estación Radio Central Inalámbrica (RSCW)										
RSCW hasta 12 WBS, Interior , -48 Vdc			1					1	17,150.00	17,150.00
RSCW hasta 24 WBS, Interior , -48 Vdc	1							1	25,220.00	25,220.00
BATERIAS										
Alimentador - cargador 115-230 Vac/12Vdc/9.8A		2		1	1	1		5	600.00	3,000.00
TERMINAL DE ABONADO Y DECT										
Control de abonados Inalámbricos (RCW) para 2WBSs	12	8	6	6	6	6		44	1,390.00	61,160.00
Estación base (WBS),Interperle 1910-1930 MHz, sin antenas	24	16	12	12	12	12		88	735.00	64,680.00
Terminal de abonado inalámbrico (WNT-SH), Interior, AC (incluye baterías)							5000	5000	410.00	2,050,000.00
Kit sistema radiante WNT-SH (conectores,lalguillos,abrazaderas)							5000	5000	80.00	400,000.00
ANTENAS										
Antena Panel (33°) - 11 dBI 1.5 GHz		4		2	2	2		10	470.00	4,700.00
Sistema Radiante (12 dBI) para WNT							4888	4888	55.00	268,840.00
Sistema Radiante (14.4 dBI) para WNT							112	112	61.00	6,832.00
Antena sectorial (33°) - 14 dBI para WBS	48	28	20	16				116	498.00	57,768.00
Antena sectorial (33°) - 16.6 dBI para WBS		4	4					8	580.00	4,640.00
Antena sectorial (65°) - 12.6 dBI para WBS				8		18		24	235.00	5,640.00
Antena sectorial (65°) - 14.6 dBI para WBS						12		12	249.00	2,988.00
Antena sectorial (65°) - 10.6 dBI para WBS						12		12	260.00	3,120.00
Antena sectorial (80°) - 13.1 dBI para WBS							4	4	125.00	500.00
SISTEMA DE MUX										
Mux STM1										
Tarjeta STM1 (83 salida - 75 ohms)	1		1					2	1,990.00	3,980.00
Bastidor para mux y cableado	1		1					2	510.00	1,020.00
REPUESTOS										
Loté de repuestos	1	1	1	1	1	1		6	9,815.00	58,890.00
Loté de repuestos								1	30,925.00	30,925.00
INSTALACION Y PUESTA A PUNTO										
Instalación y pruebas del Sistema A-9500	1							1	23,815.00	23,815.00
Instalación y pruebas del Sistema A-9500		1						1	25,730.00	25,730.00
Instalación y pruebas del Sistema A-9500			1					1	11,740.00	11,740.00
Instalación y pruebas del Sistema A-9500				1				1	12,960.00	12,960.00
Instalación y pruebas del Sistema A-9500					1			1	12,960.00	12,960.00
Instalación y pruebas del Sistema A-9500						1		1	12,960.00	12,960.00
Instalación y pruebas abonados DECT								1	19,800.00	19,800.00
CURSOS										
Curso de capacitación	1	1	1	1	1	1		6	10,910.00	65,460.00
TORRES										
Poste de hormigón (15 m)		2						2	510.00	1,020.00
Mástil con tensores sobre edificio (10m)							1	1	635.00	635.00
Torre autosoportada de 30 m					1			1	14,970.00	14,970.00
ACCESORIOS ADICIONALES										
Sistema de tierra y pararrayos		2			1	1		4	480.00	1,920.00
Sistema tierra de equipos		2				1		3	410.00	1,230.00
Accesorios para divisor de potencia										
Divisor de potencia para 2 antenas		1						1	260.00	260.00
Lalguillo cable R213U de 0.5 m		1						1	29.00	29.00
Lalguillo cable R213U de 1.5 m		2						2	30.00	60.00
Cable coaxial 1/2 con abrazaderas (1m) (*)	157	39	74	22	25	25		342	10.00	3,420.00
Accesorios bajada cable (1/2)										
Conector N para cable 1/2 LCF		4		4	4	4		16	37.00	592.00
Pasamuros cable 1/2		4		4	4	4		16	3.00	48.00
Conexión a tierra		2		2	2	2		8	66.00	528.00
Soporte fijación antenas panel P-MP		4		2	2	2		10	21.00	210.00
Soporte fijación antenas panel de radiobases con Inclinación	48	32	24	24	24	24		176	110.00	19,360.00
PRECIO TOTAL										3,531,230.00

Tabla 4.1 Costos de equipamiento, Infraestructura e Instalación

4.3 Análisis Financiero

El contexto financiero, y en particular, las fuentes de capital para un proyecto pueden ser muy variadas según sea el marco regulatorio en el que se pondrá en servicio la red. Sin embargo se debe señalar que en la financiación de un proyecto juegan esencialmente el equilibrio de dos factores: el relacionado con el retorno y el ligado al riesgo. A mayor riesgo, condiciones de retorno más exigentes. De ahí la enorme importancia que tiene, en el logro de la mejor financiación, el disminuir el riesgo, de modo que la negociación de la misma esté soportada por una bien fundada planificación de red.

En cuanto a tarifas, los niveles deben ser lo suficientemente elevados para que la relación ingresos/costos sea mayor que 1. Si las tarifas nacionales son anormalmente bajas (y subvencionadas por tarifas internacionales elevadas), se atraerá una gran cantidad de abonados residenciales y la demanda superará rápidamente la capacidad de la administración telefónica de suministrar servicios; sin embargo si existiera más de una operadora que ofrezca el mismo servicio esta afirmación no sería tan categórica.²

Antes de entrar al análisis financiero del proyecto propiamente dicho se deberá recordar ciertos conceptos económicos que están ligados al mismo.

4.3.1 Variables económicas

Las variables conocidas que se involucran en el presente análisis son las siguientes:

4.3.1.1 Inversión

La inversión corresponde a la creación de bienes de capital mediante la colocación de disponibilidades líquidas. Si se representa mediante diagramas de flujo corresponderá a un flujo negativo que ocurre al comienzo de la vida económica de un proyecto y constituye el desembolso para la adquisición de bienes de capital, que en este caso serían: equipos, infraestructura, costos de instalación, etc.

4.3.1.2 Vida útil de un proyecto

Es el período durante el cual una inversión no se vuelve obsoleta y constituye el horizonte que se adopta para su evaluación. En un proyecto de telecomunicaciones se considera generalmente como vida útil un período de 10 años.

4.3.1.3 Depreciación y amortización

La depreciación es la pérdida de valor que resulta del uso del capital durante un período de tiempo; por ello para prevenir la necesidad de reemplazo de un activo al fin de su vida económica, cada año se traspa una parte de las utilidades de una empresa a un fondo de amortización en el cual se distribuyen periódicamente desembolsos de capital.

4.3.1.4 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La tasa interna de retorno es la tasa de interés pagada sobre saldos insolutos de dinero tomado en préstamo o la tasa de interés ganada sobre el saldo no recuperado de una inversión (préstamo), de tal manera que el pago o ingreso final, lleva el saldo a cero, considerando el interés. Su valor siempre será positivo. La evaluación de la TIR determinará la viabilidad de un proyecto.

4.3.1.5 Valor Actual Neto (VAN)

Es el valor presente de una inversión a partir de una tasa de interés y una serie de pagos futuros (valores negativos) e ingresos (valores positivos), los cuales no necesariamente son iguales.

Estos 2 últimos conceptos se los puede hallar cuantitativamente mediante técnicas iterativas con la ayuda de una hoja de cálculo (por ejemplo Microsoft Excel), mediante las funciones denominadas TIR y VAN, respectivamente.

La forma como se irá proporcionando el servicio reside en la adecuada selección de las inversiones y gastos que garanticen al principio del proyecto los ingresos por línea más rentables, para posteriormente ir ampliando a líneas de rentabilidad inferior; esto es en base al consumo que se espera por abonado; así, en el presente proyecto se empezará instalando radiobases en los sitios donde se espera mayor cantidad de tráfico por abonado y esperar mayores ingresos para continuar con la financiación del mismo.

El riesgo de un proyecto es obtener tasas de retorno que no cumplan con los objetivos propuestos. Sin embargo a diferencia de proyectos en áreas rurales, donde existen mayores riesgos por las condiciones de financiación y retorno de ingresos, en un área urbana las condiciones para obtener una óptima tasa de retorno son mucho mejores ya que el servicio telefónico tiene gran demanda.

² Alcatel, Comunicaciones Eléctricas 1er trimestre de 1995.

4.3.2 Rentabilidad del proyecto: Cálculo de la TIR y VAN

Para llegar a calcular la TIR y el VAN primeramente se deberá evaluar el total de ingresos y egresos del proyecto; para ello se obtendrá valores de costos de operación y mantenimiento del sistema e ingresos de acuerdo a un sistema de tarificación propuesto.

Para el presente proyecto de telefonía inalámbrica en el Sector Centro de Quito se ha propuesto la remuneración para el personal que consta en la tabla 4.2; donde se ha tomado en cuenta una cantidad de personal de acuerdo a la cantidad de usuarios a la que se va a dar servicio. Los beneficios sociales se ha determinado que sean el 40% del sueldo anual. En la tabla 4.2 se trata de encontrar la remuneración anual total de todo el personal tanto técnico como administrativo, resultado que se utilizará para calcular el salario por minuto anual.

DENOMINACION	NUMERO DE PERSONAL	SUELDO MENSUAL (USD)	SUELDO ANUAL (USD)	BENEFICIOS SOCIALES (USD)	REMUNERACION ANUAL (USD)
ADMINISTRADORES	1	2,500.00	30,000.00	12,000.00	42,000.00
EJECUTIVOS	2	2,000.00	48,000.00	19,200.00	67,200.00
INGENIEROS	3	1,500.00	54,000.00	21,600.00	75,600.00
TECNOLOGOS	4	600.00	28,800.00	11,520.00	40,320.00
VENDEDORES	4	800.00	38,400.00	15,360.00	53,760.00
CHOFERES	4	160.00	7,680.00	3,072.00	10,752.00
SECRETARIA	4	200.00	9,600.00	3,840.00	13,440.00
CONSERJE	2	90.00	2,160.00	864.00	3,024.00
				TOTAL	306,096.00

Tabla 4.2 Remuneración para el personal del Sistema de Telefonía Inalámbrica en el Sector Centro de Quito

Continuando con la determinación de variables, en la tabla 4.3 se presentan como variables importantes el número de abonados instalados por año y el salario por minuto anual durante la vida útil del proyecto que corresponde a diez años.

Para este cálculo se utilizan las siguientes relaciones :

$$\# \text{ de minutos anuales} = \# \text{ de abonados anuales} * \text{Tráfico por abonado} * 365 * 24 * 60 \quad (4.1)$$

$$\text{Salario por minuto} = \frac{\text{Remuneración anual} + \text{viáticos}}{\text{número de minutos anuales}} \quad (4.2)$$

AÑO	REMUNERACION ANUAL (USD)	VIATICOS (USD)	NUMERO DE ABONADOS	NUMERO MINUTOS ANUALES	SALARIO POR MINUTO (USD)
0	306.096.00	91.828.80	0	0	0
1	336.705.60	101.011.68	3000	157680000	0.00278
2	370.376.16	111.112.85	5000	262800000	0.00183
3	407.413.78	122.224.13	5000	262800000	0.00202
4	448.155.15	134.446.55	5000	262800000	0.00222
5	492.970.67	147.891.20	5000	262800000	0.00244
6	542.267.74	162.680.32	5000	262800000	0.00268
7	596.494.51	178.948.35	5000	262800000	0.00295
8	656.143.96	196.843.19	5000	262800000	0.00325
9	721.758.36	216.527.51	5000	262800000	0.00357
10	793.934.19	238.180.26	5000	262800000	0.00393

Tabla 4.3 Costos de salarios durante el tiempo de vida útil del proyecto

Además se han considerado los siguientes supuestos prácticos:

- El tráfico por abonado como se determinó inicialmente para el diseño es de 0.1 Erl.
- La remuneración tiene un incremento anual del 10% con el fin de seguir manteniendo la valorización del salario del empleado.
- El monto para viáticos será el 30% del sueldo anual.

En la tabla 4.4 se incluyen propiamente los costos de operación y mantenimiento del sistema, los cuales han sido evaluados mediante la función *Pago* de Microsoft Excel, esta función convierte los valores de inversión a anualidades constantes, a excepción de los costos de oficina y arriendo de antenas y terrenos que son valores mensuales y también han sido convertidos en anualidades. La tasa de interés utilizada es la *tasa prime* que es una tasa de interés activa en dólares y que se usa en la mayoría de las transacciones mundiales.

DESCRIPCION	VALOR DE LA INVERSION (USD)	PAGOS ANUALES (USD)	NUMERO DE AÑOS
OFICINA	2.000,00	24.000,00	1
VEHICULOS	200.000,00	62.004,96	4
MUEBLES	20.000,00	4.485,01	6
ARRIENDO DE ANTENA Y TERRENOS	800,00	9.600,00	1
EQUIPO DE PRUEBA	160.000,00	41.348,48	5
GASTOS DE OPERACION ANUAL (USD)		141.438.45	

Tasa Prime (junio de 1998): 9.2 %

Tabla 4.4 Pagos anuales de los gastos de operación

Finalmente en la tabla 4.5 se calcula el valor de la TIR y VAN. Esta tabla resume y ordena todos los valores calculados anteriormente, pero se agrega las siguientes consideraciones y cálculos adicionales:

- Se ha previsto invertir el primer año un valor del 40 % del total, debido a la flexibilidad de inversión que presenta el sistema, ya que como se dijo anteriormente en el apartado 4.1, no es necesario invertir el 100% para que los abonados empiecen a generar ingresos, añadiendo a esto la ventaja de tiempos de instalación reducidos. Así, en el presente proyecto los costos de inversión para instalar toda la infraestructura de radiobases y dejarlas listas antes de conectar abonados son inferiores al 40 % de la inversión total, valor que se podría comprobar en la tabla 4.1.
- Se considera que el costo del arrendamiento de las frecuencias y egresos por imprevistos será del 3% del monto total de la inversión.
- El costo de operación por minuto se obtiene de la división del total de gastos de operación anual para el número de minutos anual.
- El precio por minuto se ha determinado de modo que su valor sea inferior a las tarifas vigentes para que el sistema inalámbrico sea más atractivo económicamente. Así para los cálculos finales se ha determinado un precio por minuto anual de 0.006 USD, que equivale a un costo mensual por minuto de 0.0005 USD, es decir 2.6 *sucres por minuto* (considerando un cambio de 5200 sucres por dólar). Este valor representaría un costo mucho menor al costo por minuto vigente (25 sucres). Todos estos cálculos referenciales han considerado un usuario de categoría B.³
- Los ingresos han considerado el precio de una suscripción al servicio telefónico y una tarifa básica mensual considerando como se ha dicho anteriormente un abonado de categoría B de acuerdo al sistema de tarificación vigente. La relación utilizada es la siguiente:

$$\text{Ingresos} = (\# \text{ minutos} * \text{precio por minuto}) + (\text{Precio inscripción de línea} * \# \text{ líneas nuevas}) + (\# \text{ de abonados} * \text{pensión básica anual}) \quad (4.3)$$

$$\text{Donde: } \text{pensión básica anual} = \text{pensión básica mensual} * 12 \quad (4.4)$$

El precio de inscripción por línea es 307.7 USD y la pensión básica mensual de 3.85 USD.

³ El Sistema Tarifario Vigente se encuentra publicado en el Registro Oficial No.200 del 24 de noviembre de 1997.

- Los costos se calculan en base a los costos de operación por minuto y salarios por minuto mediante la siguiente relación:

$$\text{Costos} = \# \text{minutos anuales} * (\text{costos de operación por minuto} + \text{salarios por minuto}) \quad (4.5)$$

- La utilidad se obtiene restando los ingresos menos los costos, es decir:

$$\text{Utilidad} = \text{Ingresos} - \text{Costos} \quad (4.6)$$

- La depreciación considerada es del 10% anual sobre el valor de la inversión y es constante cada año.

- El flujo neto de caja considera esta depreciación y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Flujo neto de caja} = \text{Utilidad} - \text{Inversión} - \text{Depreciación} \quad (4.7)$$

- Finalmente la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN) se calculan sobre este flujo de caja, utilizando las funciones respectivas incluidas en Microsoft Excel de la siguiente manera:

⇒ Si n es el número de flujos de caja de la lista de valores, la fórmula de VAN es:

$$\text{VAN} = \sum_{j=1}^n \frac{\text{valores}_j}{(1 + \text{tasa})^j} \quad (4.8)$$

donde:

valores_j : valor1, valor2,..., son argumentos que representan los pagos e ingresos.

tasa : Es la tasa de descuento durante un período (en este caso la tasa prime).

⇒ Microsoft Excel utiliza una técnica iterativa para el cálculo de TIR. Comenzando con un argumento denominado estimar (20% en este caso), TIR reitera el cálculo hasta que el resultado obtenido tenga una exactitud de 0,00001%. Si TIR no llega a un resultado después de 20 intentos, devuelve el valor de error.

Para que el proyecto sea rentable se debe esperar una tasa interna de retorno de por lo menos el 20 %. Este valor ha sido propuesto como meta básica además del VAN que deberá ser positivo y lo más alto posible para lo cual se ha variado parámetros como el sistema de tarificación propuesto que se basa principalmente en la variación del costo anual del minuto.

RESUMEN DE COSTOS DEL SISTEMA DE TELEFONIA INALAMBICA FIJA PARA EL SECTOR CENTRO DE QUITO											
PARAMETROS DE REFERENCIA	CALCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO Y VALOR ACTUAL NETO (Todos los costos están en dólares).										
	VIDA UTIL DEL SISTEMA EN AÑOS										
INSTALACION	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INVERSION TOTAL	3.531,230.00										
INVERSION ANUAL EN %	40	60									
ARRIENDO DE FRECUENCIAS E IMPREVISTOS	105,936.90										
NUMERO DE ABONADOS AL AÑO	0	3,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
NUMERO DE MINUTOS AÑO	0	157,660,000	262,800,000	262,800,000	262,800,000	262,800,000	262,800,000	262,800,000	262,800,000	262,800,000	262,800,000
COSTO DE OPERACION POR MINUTO	0.00	0.00990	0.00954	0.00954	0.00954	0.00954	0.00954	0.00954	0.00954	0.00954	0.00954
SALARIOS POR MINUTO	0.0000	0.00278	0.00183	0.00202	0.00222	0.00244	0.00268	0.00295	0.00325	0.00357	0.00393
PRECIO POR MINUTO	0.000	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
DEPRECIACION LINEAL	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
FLUJO DE CAJA											
INVERSION EN EL SISTEMA	1,454,866.76	2,182,300.14									
INGRESOS	0.00	2,007,780.00	2,423,206.00	1,807,800.00	1,807,800.00	1,807,800.00	1,807,800.00	1,807,800.00	1,807,800.00	1,807,800.00	1,807,800.00
COSTOS	0.00	578,155.73	622,927.45	671,078.35	724,040.15	782,300.32	846,386.50	916,891.31	994,425.56	1,079,724.31	1,173,552.90
UTILIDAD	0.00	1,428,624.27	1,800,278.55	1,136,721.65	1,083,759.85	1,025,499.68	961,413.50	890,918.69	813,374.41	728,075.69	634,247.10
DEPRECIACION	0.00	363,716.69	363,716.69	363,716.69	363,716.69	363,716.69	363,716.69	363,716.69	363,716.69	363,716.69	363,716.69
FLUJO NETO DE CAJA	-1,454,866.76	-1,117,392.56	1,436,555.69	773,008.96	720,043.16	661,782.99	597,696.81	527,202.00	449,657.72	364,358.00	270,530.41
TASA INTERNA DE RETORNO				1,160,508.95							
DEL PROYECTO . TIR (%):	23.37										

Tabla 4.5 Cálculo de la Tasa Interna de Retorno y Valor Actual Neto

Inscripción Básica (USD): 307.70
 Tarifa Básica Mensual (USD): 3.85

Valor del cambio : 1 dólar = 5200 sucres (Julio de 1998)

Se ha tratado que los valores presentados en la tabla 4.5 sean los óptimos, después de haberse realizado varias iteraciones .

La tasa interna de retorno final obtenida es del 23.37 % y se puede decir que su valor es satisfactorio.

El cronograma de ejecución del proyecto se presenta en la tabla 4.6; donde se nota claramente que el sistema empieza a comercializar y conectar abonados al cuarto mes para terminar con un total de 3000 abonados instalados el primer año tal como se procede en los cálculos presentados en las tablas 4.3 y 4.5.

4.4 Modalidades de ejecución del proyecto

Las modalidades de financiación y ejecución del proyecto pueden ser muy variadas y podrían ser:

- ⇒ Con recursos propios
- ⇒ Recurrir a préstamos comerciales nacionales - internacionales o de proveedores; o,
- ⇒ Ejecución a través de compañías con las cuales se firmarían convenios de riesgo compartido.

Con recursos propios Andinatel invertiría sin necesidad de hacer préstamos a otros organismos, evitaría pagar intereses y las ganancias serían únicamente para Andinatel. La diferencia entre las 2 modalidades de ejecución últimas sería en cambio que en caso de utilizar crédito de proveedores, las utilidades serían totalmente para Andinatel, mientras que si se realiza el proyecto de riesgo compartido como Andinatel S.A, estas utilidades deberán ser compartidas con las empresas con quienes se firmen los convenios.

Para el presente proyecto, dadas las condiciones de retorno favorables y si el cliente es Andinatel S.A, se recomienda la financiación con recursos propios.

ACTIVIDAD	AÑO																																		
	0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,10	1,11	1,12	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	2,10	2,11	2,12	3	4	5	6	7	8	9	10		
APROBACION DE LA OFERTA GANADORA DEL CONCURSO	**																																		
FIRMA DEL CONTRATO PARA LA ADQUISICION DE LOS SISTEMAS	*																																		
TRAMITE DE FRECUENCIAS	***	****																																	
AJUSTE DE EQUIPOS EN FABRICA	**	****	**																																
IMPORTACION DE EQUIPOS			**																																
CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURA	**	****	**																																
INSTALACION DE EQUIPOS (Estaciones Base)		**	****	**																															
PRUEBAS Y PUESTA A PUNTO			****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	
ENTREGA/RECEPCION PARCIAL			****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	
ENTREGA/RECEPCION DEFINITIVA																																			
COMERCIALIZACION E INSTALACION DE USUARIOS					****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	
OPERACION Y MANTENIMIENTO					****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

(*) Corresponde a un periodo de una semana.

Tabla 4.6 Cronograma de ejecucion del proyecto

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Si bien el estudio de demanda presentado en el capítulo 1, demuestra los valores proyectados al año 2000, su requerimiento no es posible satisfacerlo inmediatamente de acuerdo a la capacidad actual estimada en el sector de estudio, justamente debido a la actual carencia de capacidad en las centrales. Se espera que con este tipo de proyectos y otros similares se llegue a cubrir una buena parte de la demanda en dicho año. Los métodos para satisfacer la demanda son muy variados y en el presente trabajo se ha escogido un método a corto plazo para empezar a dar servicio a 5000 nuevos abonados en un tiempo breve: cuatro meses .
- El estudio realizado sobre los estándares inalámbricos existentes ha considerado el análisis de sistemas tanto móviles como fijos, para de esta manera encontrar los aspectos comparativos funcionales y prever los campos de aplicación óptimos para cada uno de ellos.
- De acuerdo a lo anterior se observa que la tendencia actual y futura es lograr la integración de las redes fijas y móviles a un innovador concepto de servicio global que brinde nuevos tipos de servicios como los de multimedia y redes de banda ancha.
- Un tipo de integración a corto plazo es el de las redes celulares móviles con las de telefonía inalámbrica; pues, los 2 sistemas se complementan; mientras la telefonía celular ofrece grandes área de cobertura , el tráfico que soporta no se compara con las redes de tecnología inalámbrica que ofrecen áreas de cobertura limitada debido a los bajos valores de potencia que manejan para funciones específicas.
- Un problema de integración para las redes actuales es la incompatibilidad de estándares y tecnologías; así DECT para aumentar su movilidad restringida se encuentra desarrollando los interfaces respectivos para lograr la compatibilidad con GSM para aumentar su campo de aplicación a una cobertura global. Sin embargo en nuestro medio, la telefonía celular sigue el estándar D-AMPS el cual se encuentra desarrollando conjuntamente interfaces con otros estándares de telefonía inalámbrica como PACS.

- En nuestro país, no se ha previsto estas posibles interconectividades con las redes celulares, pues el estándar DECT ha entrado definitivamente de una manera dominante sobre otros estándares de telefonía inalámbrica como PACS y PHS. Esta situación obedece en parte a recomendaciones de CITEEL, que ha estandarizado la banda de 1910-1930 MHz para aplicaciones de telefonía inalámbrica fija en Sudamérica, rango en que DECT encajó exitosamente.
- Los sistemas inalámbricos tienen una gran ventaja en lo que se refiere a la operación y mantenimiento, ya que mediante el sistema de supervisión remota, se puede detectar errores a la distancia y evitar pérdidas de tiempo y dinero al tratar de localizar el origen del error.
- El Sector Centro de Quito constituye un sector con algunas irregularidades en su perfil, razón de ello la cantidad y disposición de sistemas que se han implementado. Las opciones de diseño pueden ser muy variadas, pero se ha tratado de economizar costos al evitar enlaces de radio de alta capacidad mediante la implementación de enlaces punto - multipunto y usar la infraestructura existente.
- Dada la altitud de ciertas estaciones implementadas en el diseño, con el fin de dar cobertura a determinados sectores, se ha puesto énfasis en este estudio al cálculo del downtilt (inclinación mecánica de la antena), para tratar de que el cruce con otras celdas no sea muy pronunciado, aunque esta situación no es crítica para el estándar DECT, ya que posee un mecanismo de selección continua dinámica de canales (CDCS). Se ha comprobado además que mientras más estrecho es el lóbulo de radiación de la antena en el plano H, es más fácil controlar el punto superior de media potencia del lóbulo.
- Se ha determinado que el área de cobertura de una celda antes que estar determinada por los niveles de potencia propiamente dichos, viene especificada por la cantidad de tráfico que maneja dicha celda y será consecuencia directa del número de abonados a los que se quiera dar servicio. Es por ello que en el presente estudio y diseño existen celdas con radios menores a un kilómetro inclusive, aunque las especificaciones del equipo señalan cobertura en enlaces DECT de hasta 10 km.
- El sistema inalámbrico planteado, no pretende ser un medio de competencia con el servicio celular existente; ya que, debido a su condición de servir a abonados fijos, lo que pretende es dar soluciones económicas, mejores tecnológicamente y sobre todo inmediatas a la alternativa tradicional del cobre, ofreciendo mejores servicios y

más fiables como ISDN, el cual se da a petición del usuario. Además el servicio es totalmente transparente al abonado.

- De acuerdo al análisis económico realizado, se puede determinar que el sistema planteado es factible económicamente desde todo punto de vista, si bien no se ha considerado la tarificación regional y nacional, su consideración implicaría una mayor cantidad de ganancias al sistema y se tendría tasas de retorno mayores, de allí que se ha analizado las peores condiciones económicas.
- El sistema es atractivamente económico de acuerdo al plan tarifario presentado que incluye un costo por minuto menor al sistema vigente. Esto podría dar opción a la competencia de este tipo de modalidad en un futuro no determinado, si apareciese otra operadora que trate de dar un servicio parecido al que viene ofreciendo Andinatel.
- A diferencia de un proyecto en un área rural donde los riesgos de inversión son más críticos, se puede predecir que en este tipo de proyectos urbanos la rentabilidad está asegurada, ya que la demanda por líneas telefónicas aumenta día a día y al margen de las predicciones.

5.2 Recomendaciones

- Para nuestro país se recomienda usar únicamente la banda de 1910 -1930 MHz para aplicaciones de telefonía inalámbrica fija y no otras bandas, ya que se espera a corto tiempo la inminente llegada del servicio PCS y se deberá tener reservadas las bandas de 1850 -1910 y 1930-1990 para este servicio.
- Se espera que el desarrollo de interfaces entre las redes celulares fijas y móviles de diferentes estándares sea rápida y lograr de ésta manera la interoperatividad de las redes y así nuestro país no se quede al margen de las facilidades de nuevos servicios que ellas prestan.
- De acuerdo a las especificaciones del equipo, la capacidad de ampliación puede darse en los sistemas 3, 4, 5 y 6, denominados San Juan, El Placer, Itchimbía e IGM respectivamente, mediante el aumento de tarjetas en las XBSs respectivas. Futuras ampliaciones considerarán también la adición de tarjetas en las unidades RSC y RSTW en el caso de los sistemas distribuidos y RSCW para un sistema centralizado.

Con el tráfico asignado por abonado de 0,1 Erl. los sistemas mencionados se pueden ampliar hasta un número máximo de 1030 abonados.

Posteriores ampliaciones, así mismo utilizarían la infraestructura instalada, por ejemplo la torre nueva en la Tola, podría dar servicio a una parte del sector de Monjas.

- Para futuras ampliaciones en el Sector Centro de Quito se recomienda aumentar la capacidad de la central Quito Centro 1: Alcatel E010B mediante la adquisición de nuevas tarjetas de abonados; ya que, dicha central posee suficiente capacidad de ampliación: hasta 100000 números.
- Se recomienda usar la tecnología que acompaña al estándar DECT, no solo en ámbitos urbanos, sino también en los proyectos para zonas rurales, DECT como se dijo anteriormente ofrece enlaces robustos (mejores niveles de potencia que PHS, por ejemplo), que podrían fácilmente conectar abonados de forma inalámbrica, evitando el acceso final cableado de que disponen los típicos sistemas de multiacceso. Además tiene la ventaja de ser una norma estandarizada no solo en Europa sino también en América y el resto del mundo.
- Para la realización de las bases de concursos que Andinatel convoca, en cuanto a la provisión de sistemas inalámbricos se deberá tener preferencias por aquellos que manejen estándares conocidos como DECT, ya que en el mercado existen múltiples opciones que ofrecen un servicio parecido pero que manejan estándares propietarios que dificultan el mantenimiento y ampliación de sistemas al existir variedad de fabricantes y cambios permanentes de las administraciones de telecomunicaciones, las cuales tienen preferencia por otra empresa de equipos determinada. DECT al haber terminado en su estándar la definición del GAP (Perfil de Acceso Genérico), permite la convivencia de múltiples fabricantes en un mismo sistema.
- Se recomienda viabilizar el presente proyecto para cubrir de manera inmediata parte de la demanda existente en el Sector Centro de Quito, que en el presente caso permitirá abastecer a 5000 nuevos abonados.

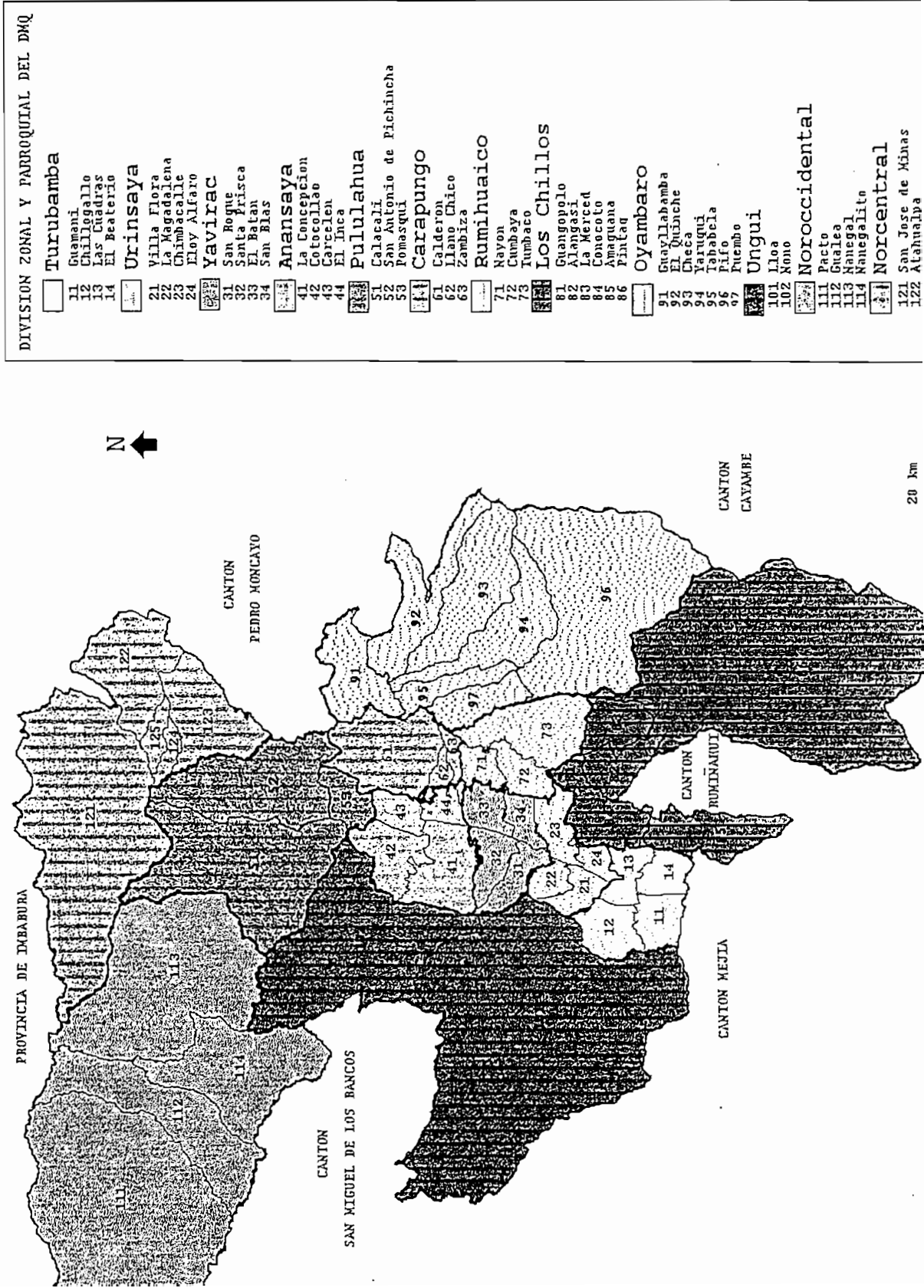
BIBLIOGRAFIA

1. AHCJET, "I Foro UE sobre Comunicaciones Inalámbricas", Compañía de Teléfonos de Chile, Santiago de Chile, Diciembre de 1995, 148 p.
2. IEEE, " Introducción a las Comunicaciones Personales Inalámbricas ", Seminario, Quito, Noviembre de 1995, 53p.
3. RAPPAPORT, Theodore S., " Wireless Communications. Principles and Practice", IEEE Press-Prentice Hall PTR, New York, 1996, 641 p.
4. TOMASI, Wayne , "Sistemas de Comunicaciones Electrónicas", Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México, 1996, 858 p.
5. TELECOM. ENG, " Pathloss. Manual of user ", Contract Telecommunication Engineering, Quebec, 1993, 247 p.
6. ALCATEL, " Metodología de Cálculo para Radioenlaces Digitales", Madrid, Marzo de 1995, 94 p.
7. ALCATEL, " Comunicaciones Eléctricas" , Madrid, 1er trimestre de 1995, 79 p.
8. ALCATEL, " Revista de Telecomunicaciones de Alcatel " , Madrid, 3er trimestre de 1997, 78 p.
9. ALCATEL, " Sistemas Inalámbricos de Alcatel A9500 y A9800 ", Junio de 1997, 53 p.
10. ERICSSON, " DRA 1900 Radio en el Bucle del Abonado ", Ericsson Business Networks , Suecia, 1997, 27 p.
11. NEC, " Digital Cordless Telephone System (DCTS)" , Japan, 1995, 39 p.
12. HUGHES NETWORK SYSTEMS, " Personal Access Communications System (PACS) ", USA, 1996, 22 p.
13. ALLEN TELECOM GROUP - DECIBEL PRODUCTS DIVISION, " Decibel Products ", Dallas, 1996, 236 p.
14. IETEL, Pronóstico de Líneas Principales en Servicio para la Ciudad de Quito durante el período 1988 - 2010", Grupo de Trabajo Planificación a largo plazo, Quito, Noviembre de 1988, 52 p.
15. ALCATEL CIT, " Análisis de la Red de Quito y Proyecciones en el Año 2000 y 2005 ", Dirección de Asuntos Internacionales, Quito, Mayo de 1995, 145 p.
16. SERVICIO URBANO DE INFORMACION METROPOLITANA, " Zonas y Parroquias del Distrito Metropolitano de Quito" , Quito, 1996, 103 p.
17. INEC, " V Censo de Población y IV de Vivienda" , Quito, 1990, 280 p.

ANEXO 1

MAPAS DEL SECTOR CENTRO DE QUITO Y
PARAMETROS DE POBLACION VARIOS.

Figura 1. Distrito Metropolitano de Quito



CONTIENE:
ZONA YAVIRAC CENTRO

SIMBOLOGIA:

BARRIOS Y AREAS DE PROTECCION DE LA ZONA CENTRO

COD. BARRIO O AREA DE PROTECCION	COD. BARRIO O AREA DE PROTECCION
• 3101 EL AMECILLO (AREA DE PROTECCION)	3120 SANTA CLARA DE SAN MILAN 3
• 3102 BIRCHAD	• 3120 LA AREA
• 3103 LIBERTAD	• 3131 LA MARX
• 3104 LA DANTEA	• 3132 SAN ANDRES
• 3105 LA ESPERANZA (AREA DE PROTECCION)	• 3133 LA LOMA
• 3106 LA ESPERANZA	• 3134 SANTA ANA 3
• 3107 EL PUEBLO	• 3400 PARQUE EL ESTILO-CASA DE LA CULTURA (AREA DE PROTECCION)
• 3108 EL PUEBLO ALTO	• 3402 LA TOLA
• 3109 TORTILLO ALTO	• 3403 SAN BLAS
• 3110 DIEGO	• 3404 LA ALMENA
• 3111 LA VICTORIA	• 3405 BOMBALE
• 3112 LA VICTORIA	• 3406 EL ESTILO
• 3113 SAN RODRIGUE ALTO	• 3407 LA TOLA BAJA
• 3114 EL TIGRE	• 3408 EL BELON
• 3115 SAN RODRIGUE	• 3409 EL CERRO-RIO MACHAYARA (AREA DE PROTECCION)
• 3116 LA PEREZA	• 3410 NUEVA TOLA
• 3117 LA CHILGA	• 3411 RIO MACHAYARA (AREA DE PROTECCION)
• 3118 LA INDEPENDENCIA	• 3412 EL TESHIBRIA
• 3119 MIRAFLORES ALTO	• 3413 PARQUE LA ALMENA (AREA DE PROTECCION)
• 3120 EL SOL	• 3414 LA ALMENA (AREA DE PROTECCION)
• 3121 LA REDOLETA	• 3415 EL BOSQUE
• 3122 EL OLIVAR	• 3416 SANTA LUCIA 2
• 3123 SAN SEBASTIAN	• 3417 SAN PABLO
• 3124 GONDALET SUPEZ	• 3418 BUVALDO
• 3125 SAN JUAN	
• 3126 SAN JUAN	
• 3127 MERICA	
• 3128 MIRAFLORES	

• Barrios y Areas de proteccion del Centro Historico

FUENTE:

ELABORACION:

FECHA:

MAPA No.

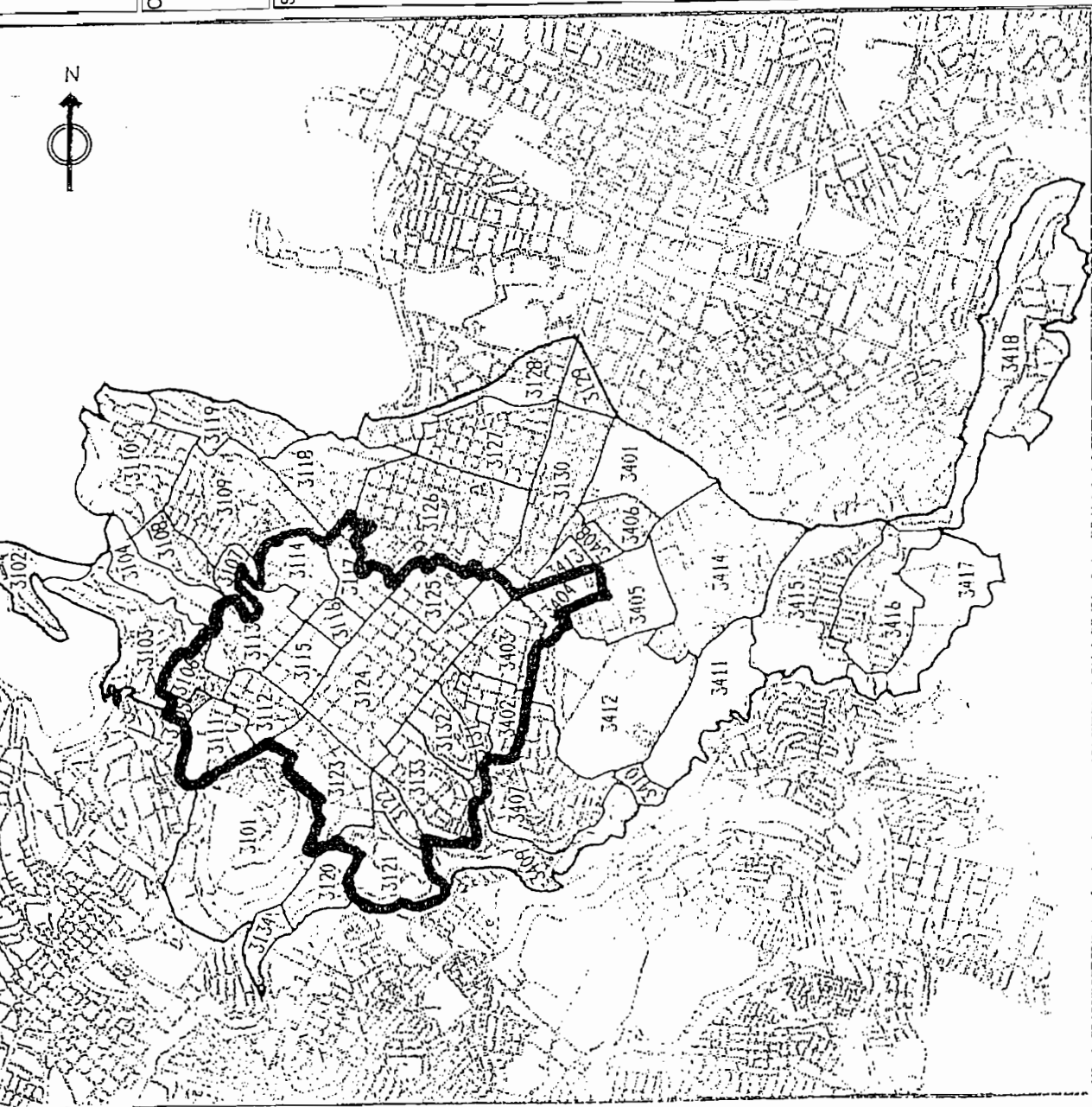


Figura 2. Zona Centro y Centro Histórico de Quito

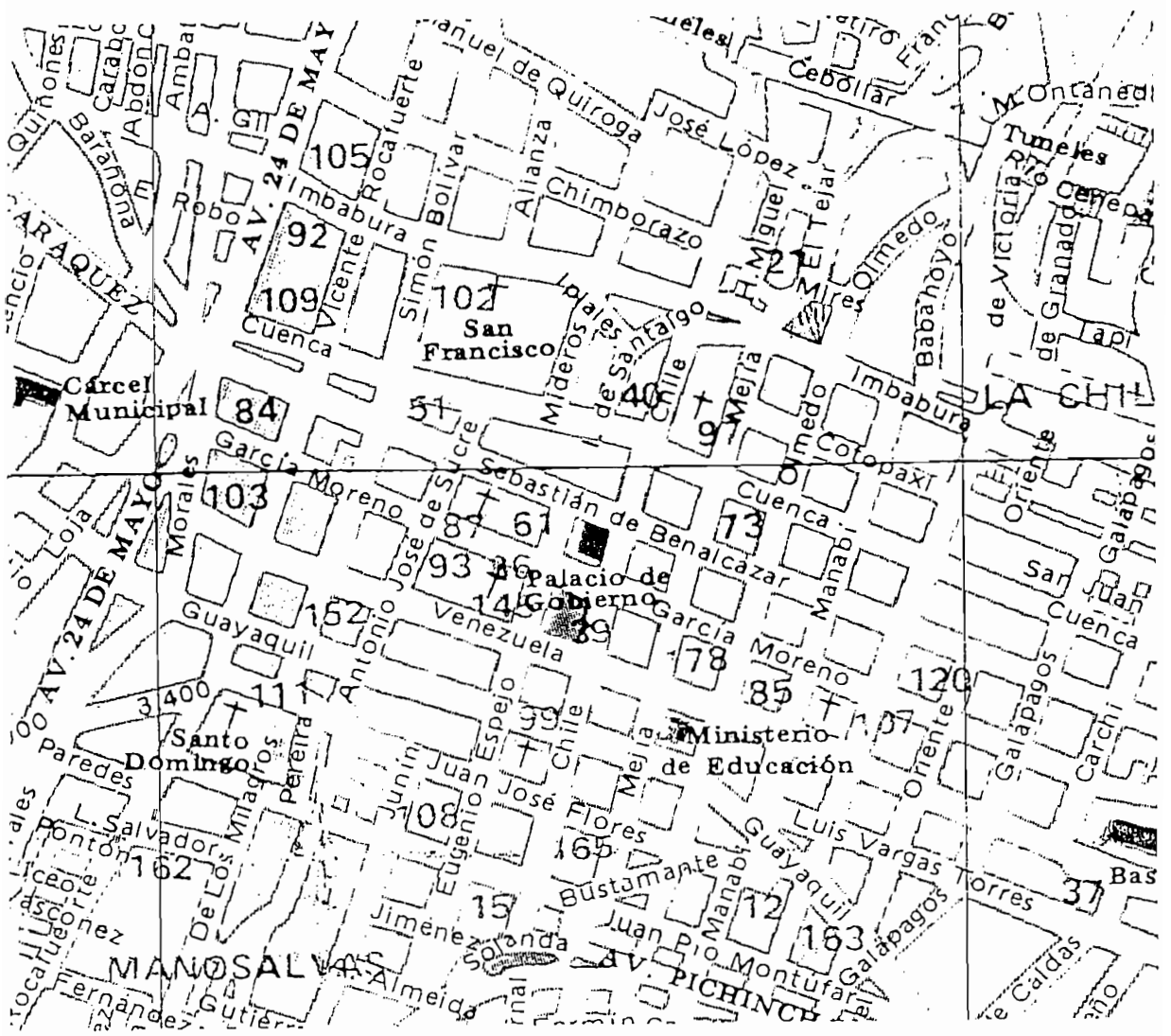


Figura 4. Zona de cobertura de la ampliación de red realizada por Siemens

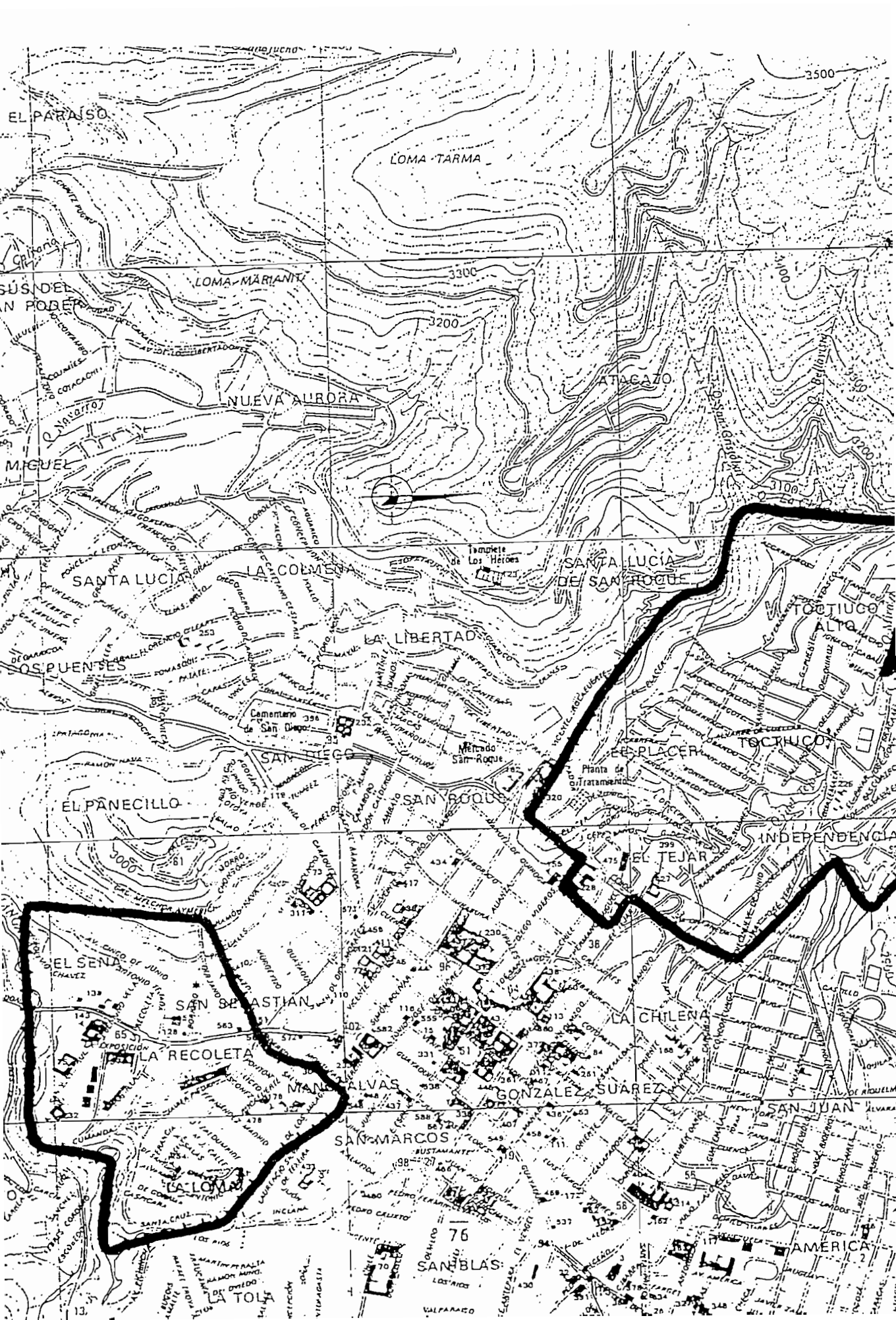
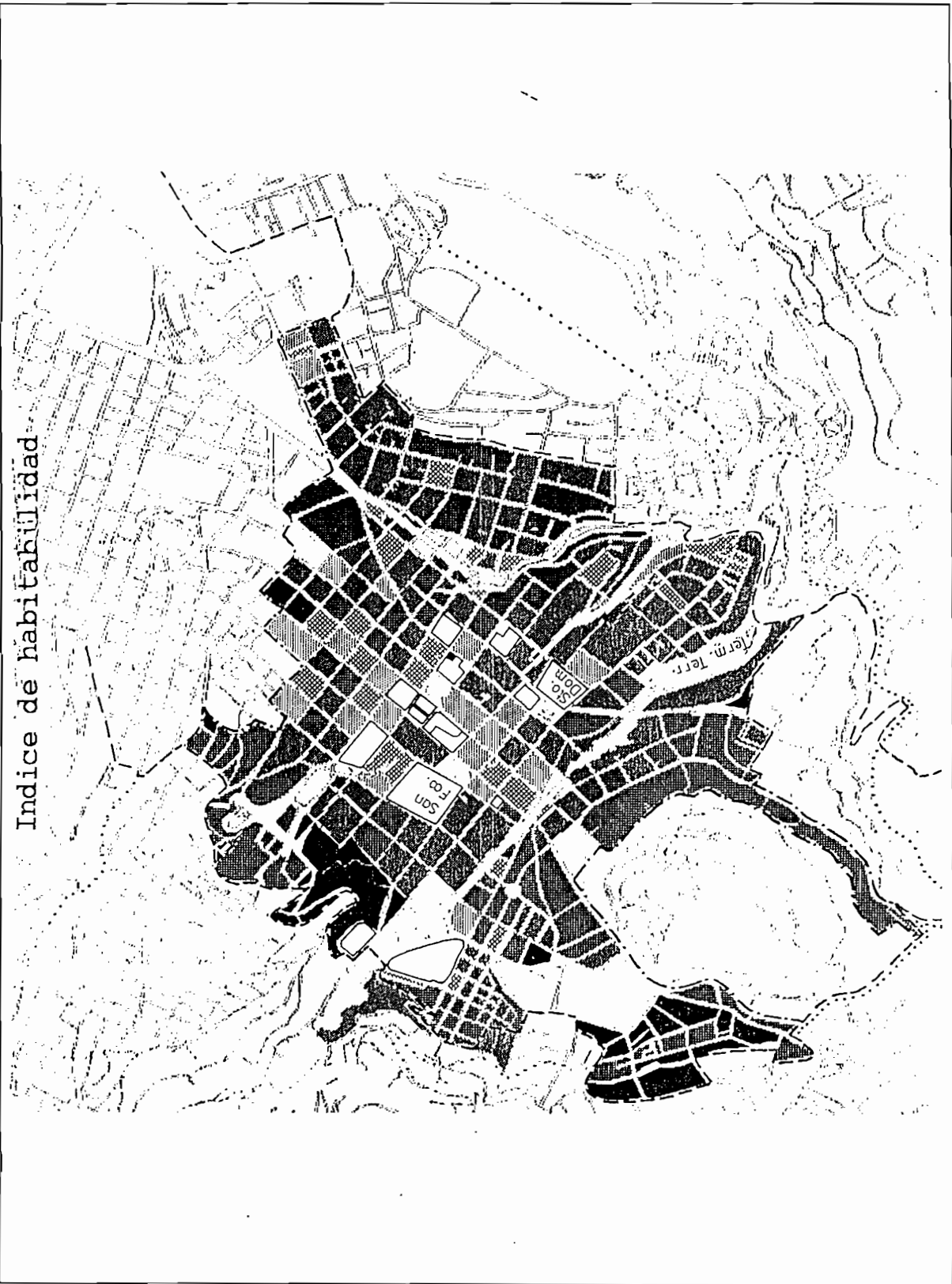


Figura 6

Indice de habitabilidad



- 0 a 6 m²/HAB
- 6,1 a 12 m²/HAB
- 12,1 a 18 m²/HAB
- 18,1 a 24 m²/HAB
- >24,1 m²/HAB
- Pedidos con edificación monumental: civiles y de interés
- Límite del área de estudio
- Límite del área de vivienda
- Áreas de protección natural y edificado

3.2 INDICE DE HABITABILIDAD

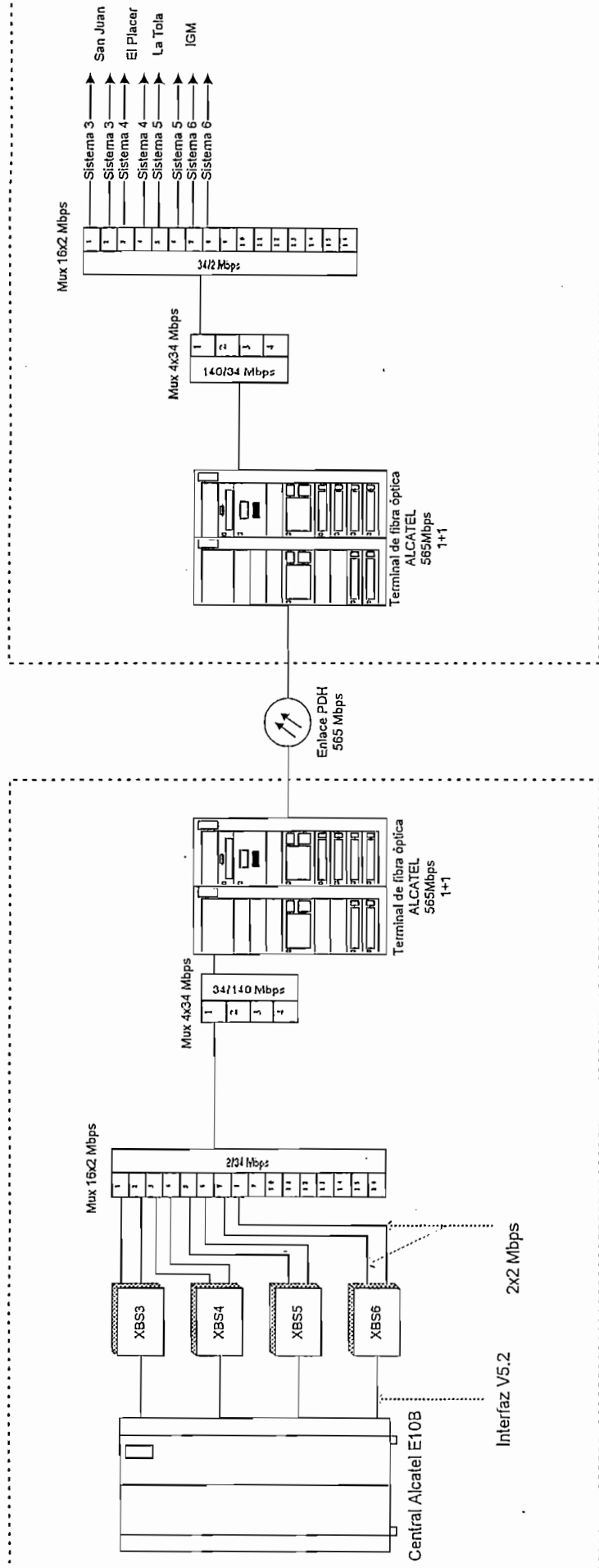
Los metros cuadrados por persona destinados a vivienda nos confirman que los valores más críticos, por debajo de 10 m²/hab., están en la franja occidental del núcleo central (Agüero). El PR (Proyecto de Regeneración Urbana) de Piquero, (Cajón y Ardo la Colmena, y San Sebastián); en los flancos y Pichincha; en buena parte de La Pichincha; en algunas manzanas de San Juan y en algunas manzanas de San Juan y en el este-oeste comprendida entre las calles de Medo y Marabá. En esta suerte de núcleo central se puede hablar de niveles de medio entre medios y altos, no mayor parte del núcleo central (tráfico, comercial y de servicios). Los barrios de la Loma, San Marcos y de La Loma, que presentan índices promedio de 10 a 12 m²/hab.

ANEXO 2

TABLA DE ERLANG B

ANEXO 3

DIAGRAMAS DE TRANSMISION Y SECTORIZACION DE CELDAS



VILLA FLORA

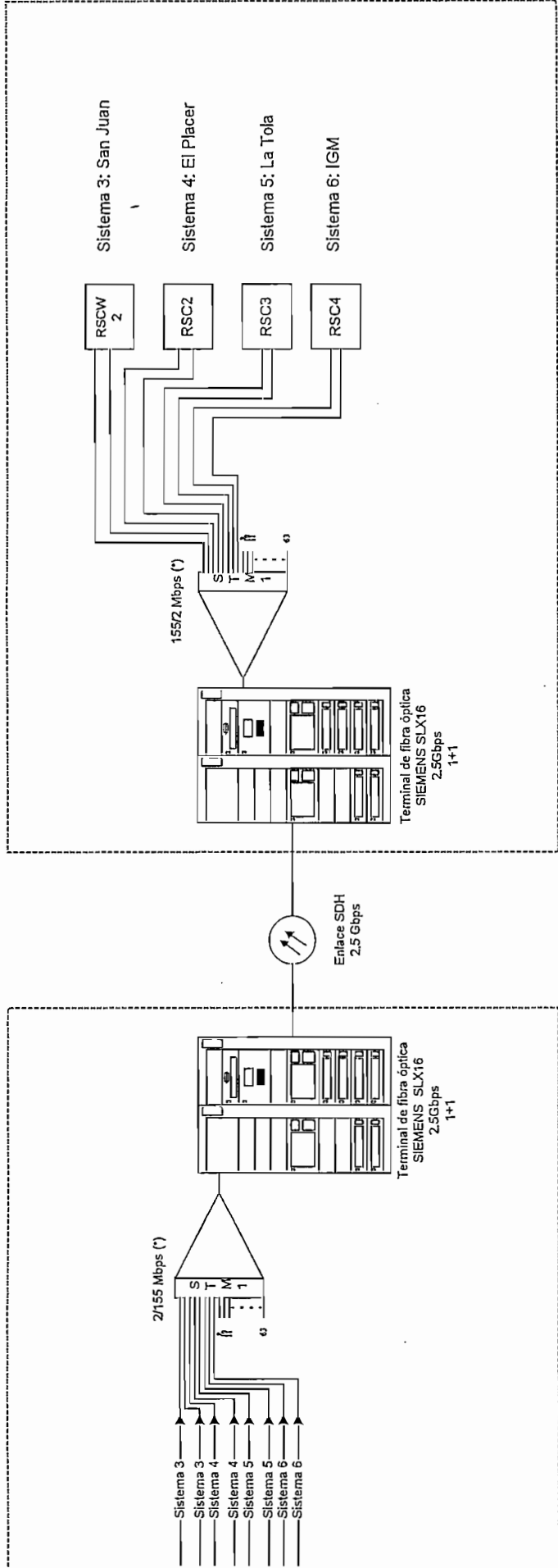
QUITO CENTRO

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
Facultad de Ingeniería Eléctrica

Diagrama De Transmisión
César Abarca A.

Red de Transporte
Villa Flora -San Juan

20-04-98
1/2



QUITO CENTRO

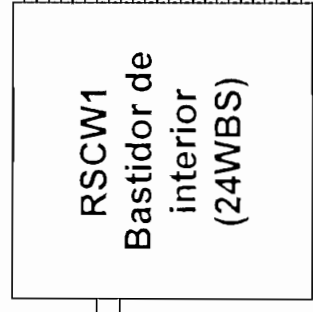
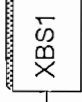
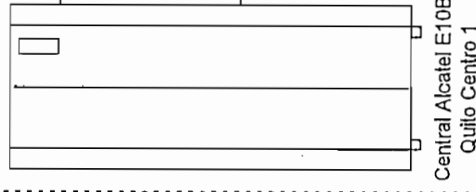
SAN JUAN

A excepción de estos 2 multiplexers que deberán aumentarse todos los demás multiplexers presentados ya existen en las estaciones descritas.

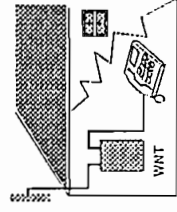
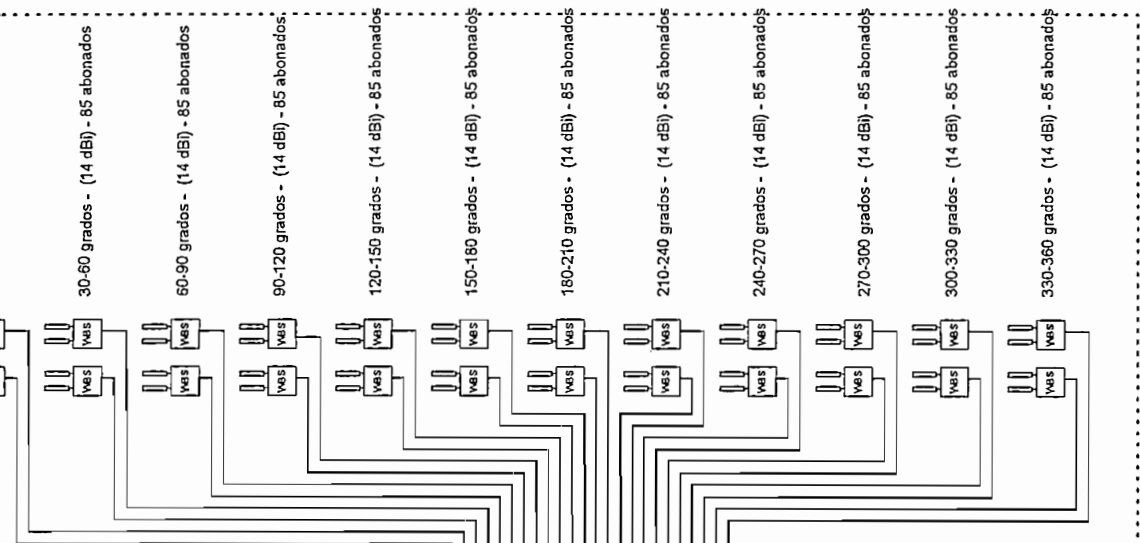
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL Facultad de Ingeniería Eléctrica	
Diagrama De Transmisión César Abarca A.	Red de TransporteVilla Flora -San Juan
	20-04-98 2/2

Interfaz-V5.2

2x2 Mbps



Sistema 2



Total : 1024 abonados

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
Facultad de Ingeniería Eléctrica

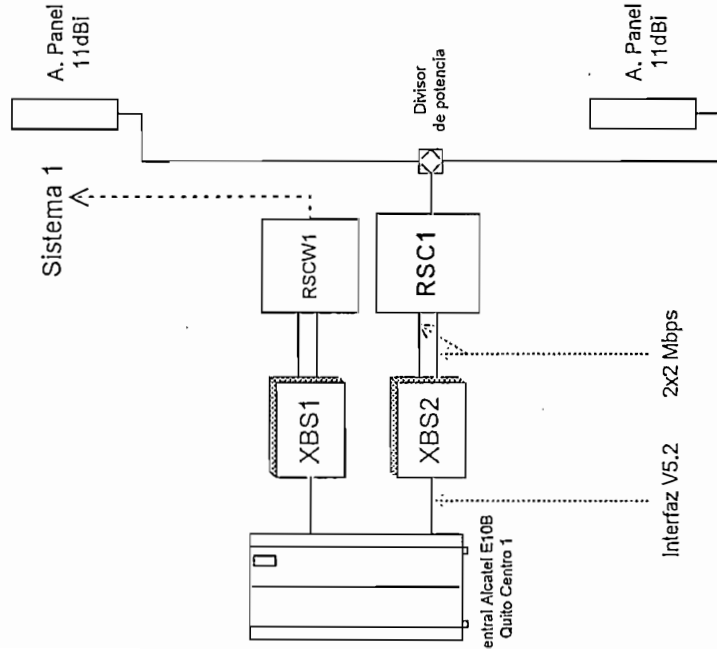
Diagrama De Transmisión
César Abarca A.

Sistema1: Quito Centro1

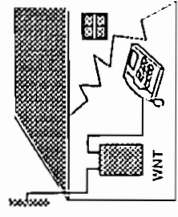
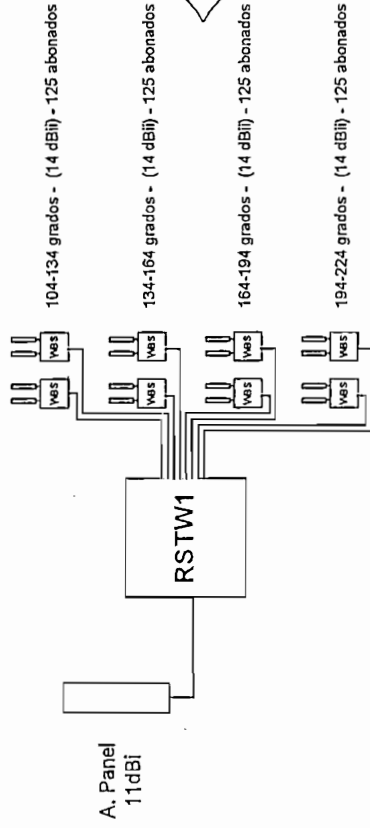
20-04-98

1/1

QUITO CENTRO

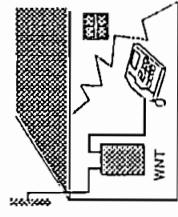
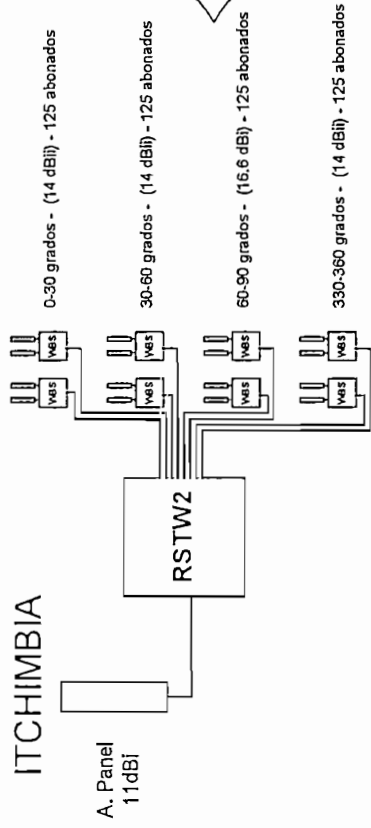


PANECILLO



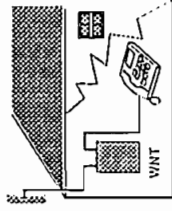
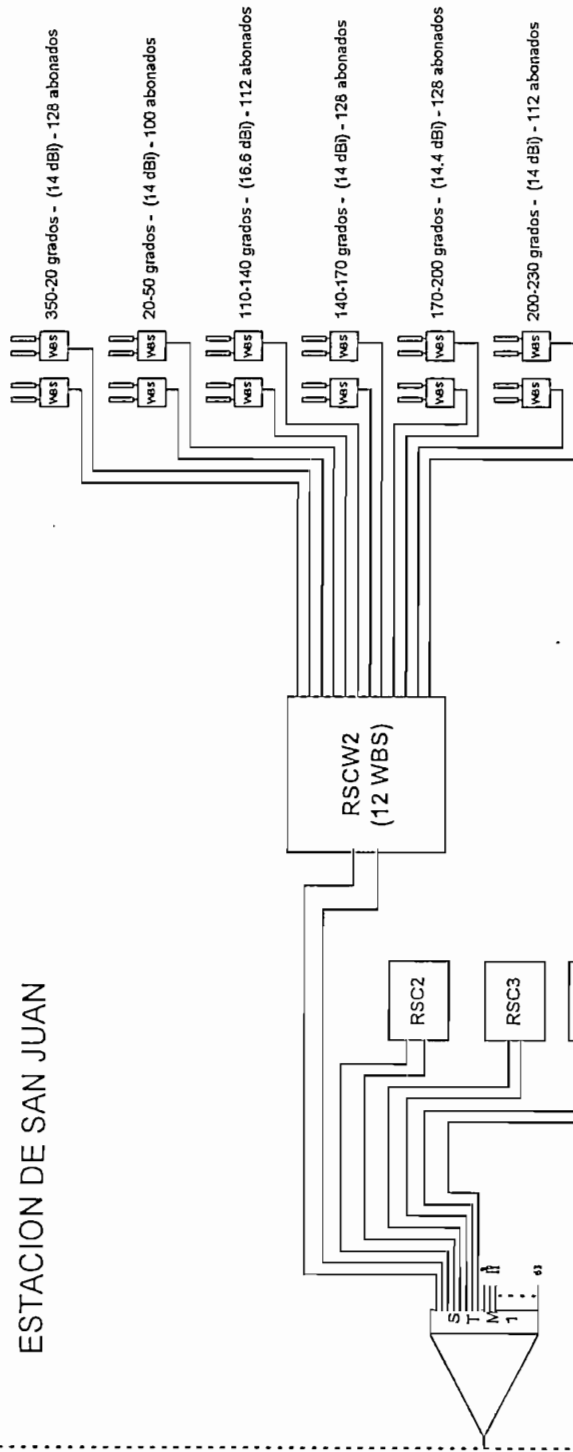
Total : 500 abonados

ITCHIMBIA



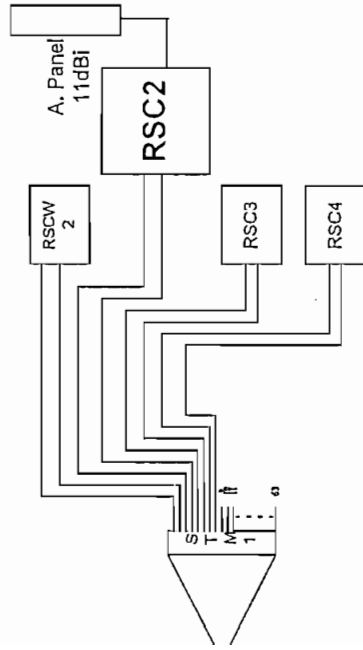
Total : 500 abonados

ESTACION DE SAN JUAN

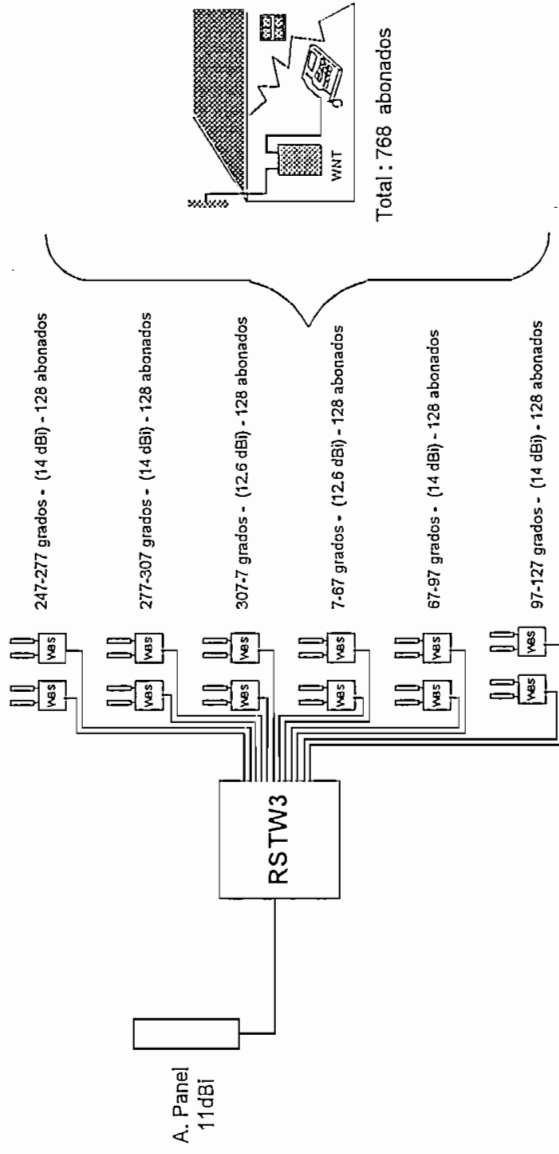


Total : 708 abonados

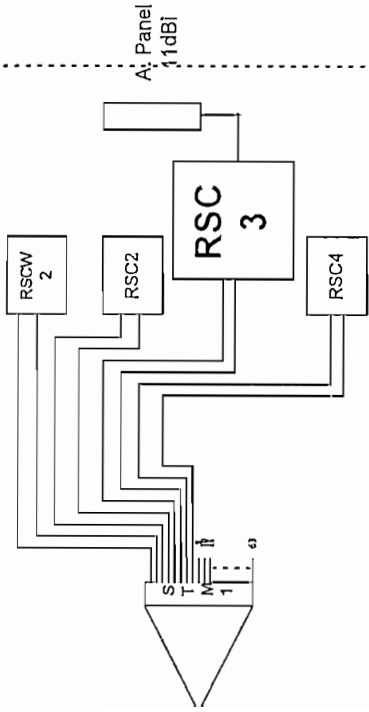
SAN JUAN



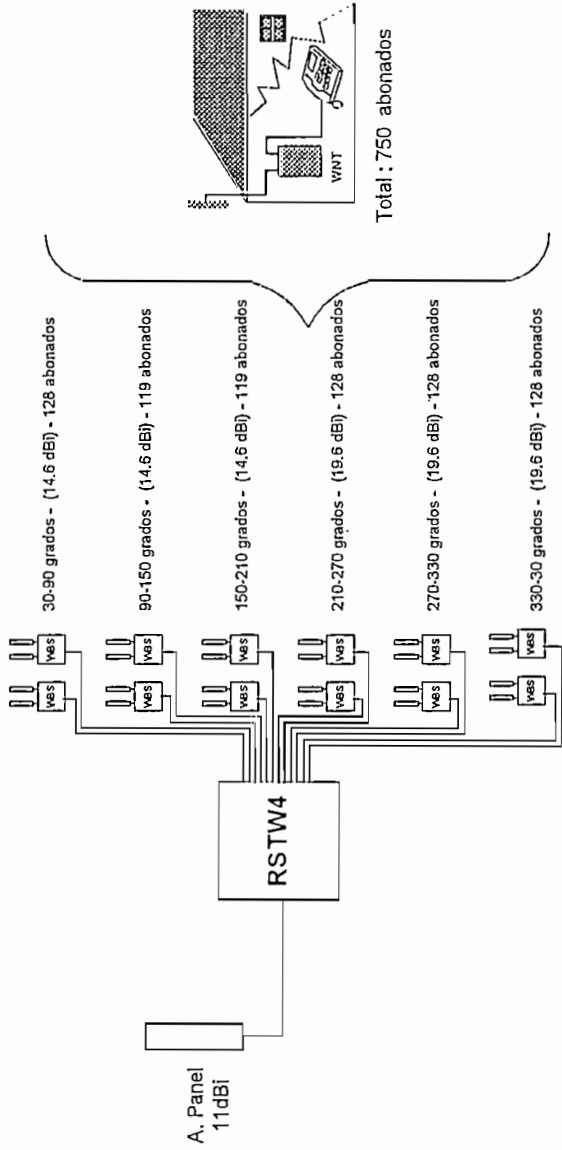
EL PLACER



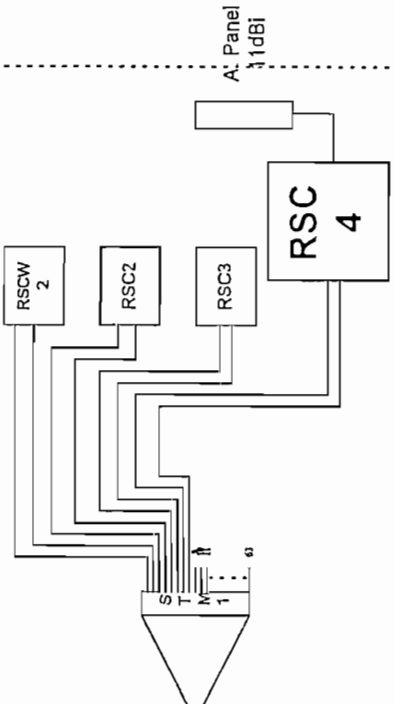
SAN JUAN



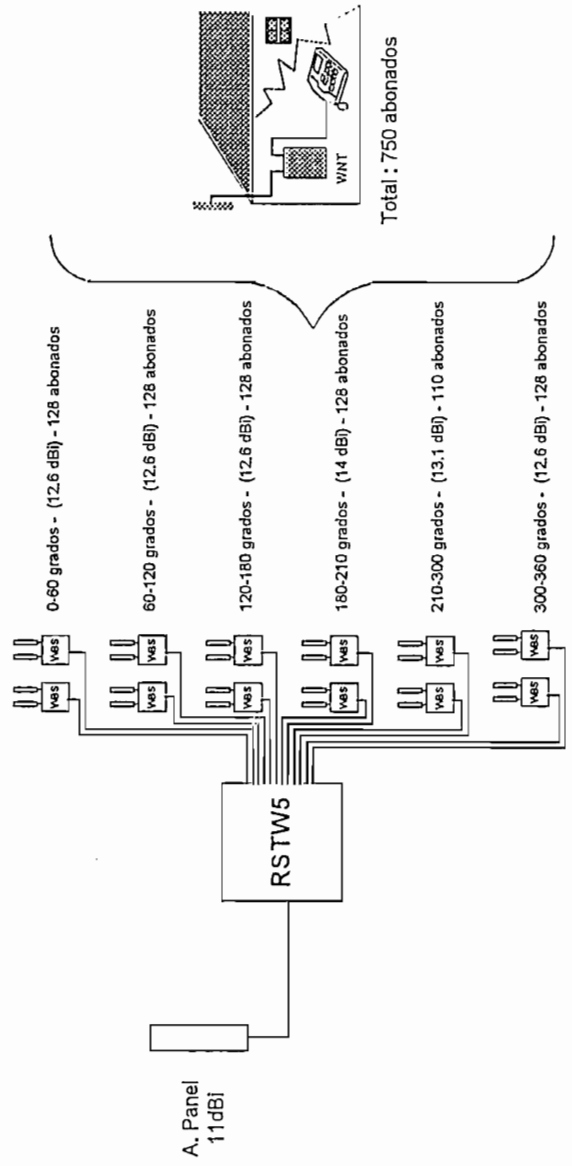
LA TOLA

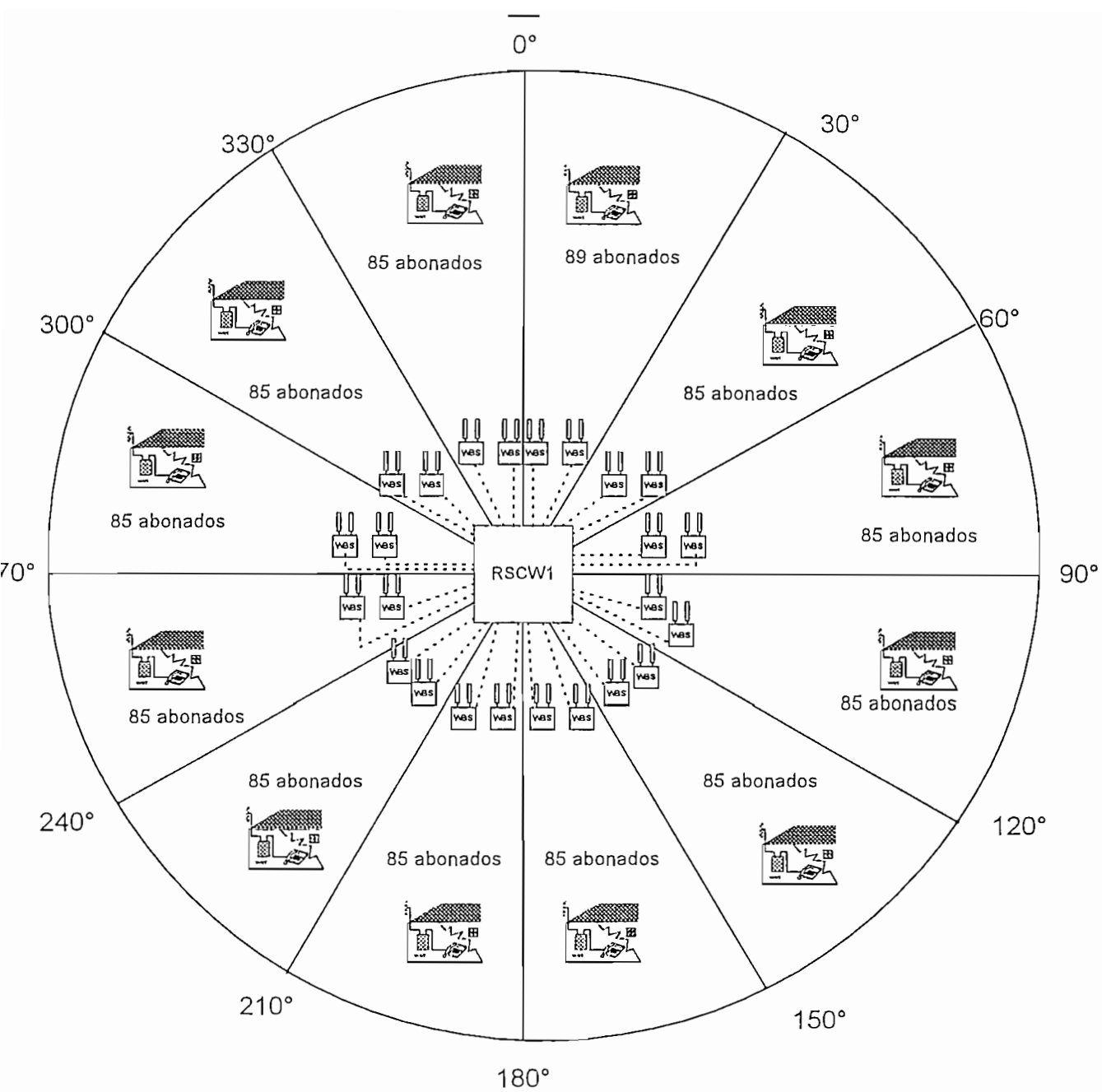


SAN JUAN

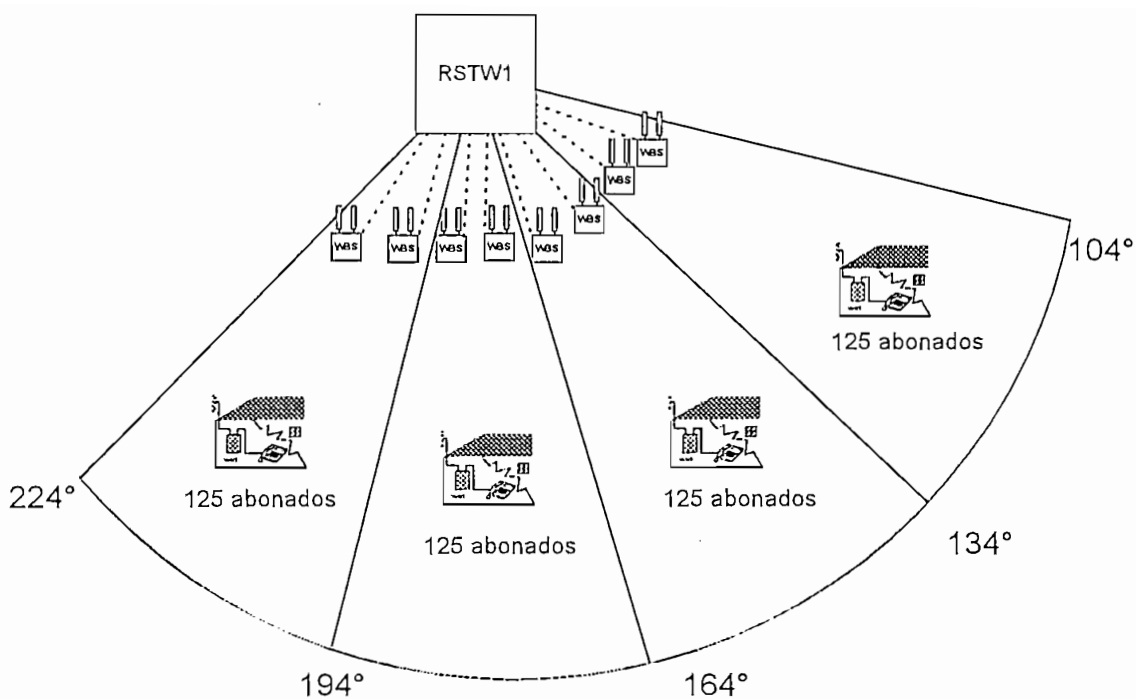


IGM

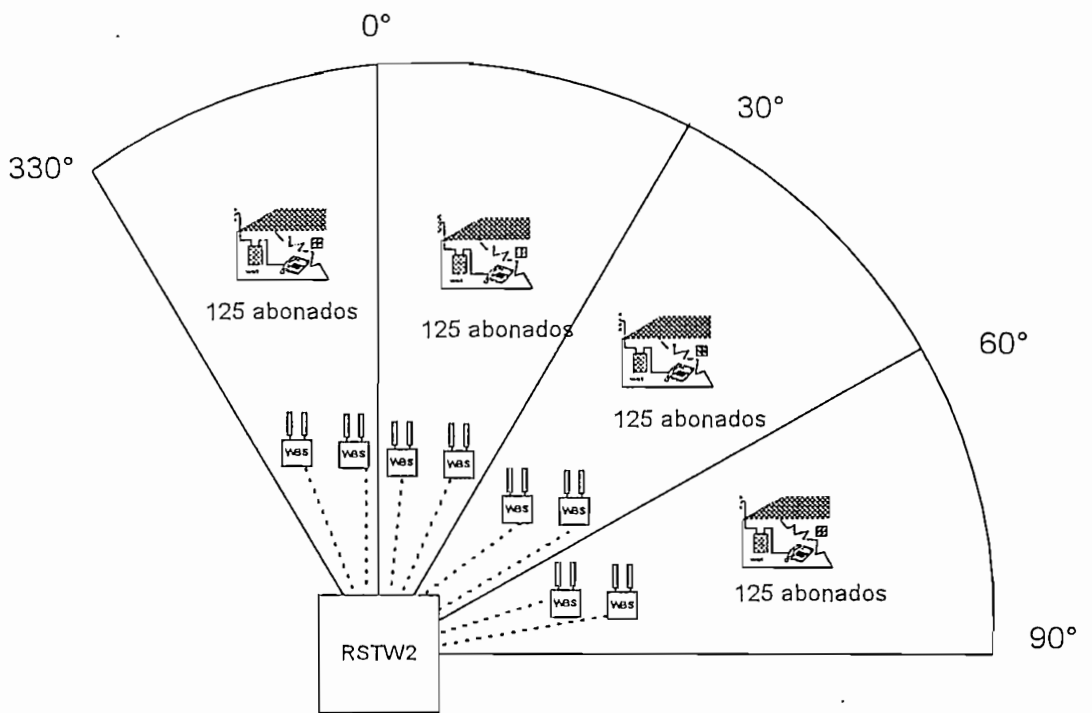




ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
Facultad de Ingeniería Eléctrica

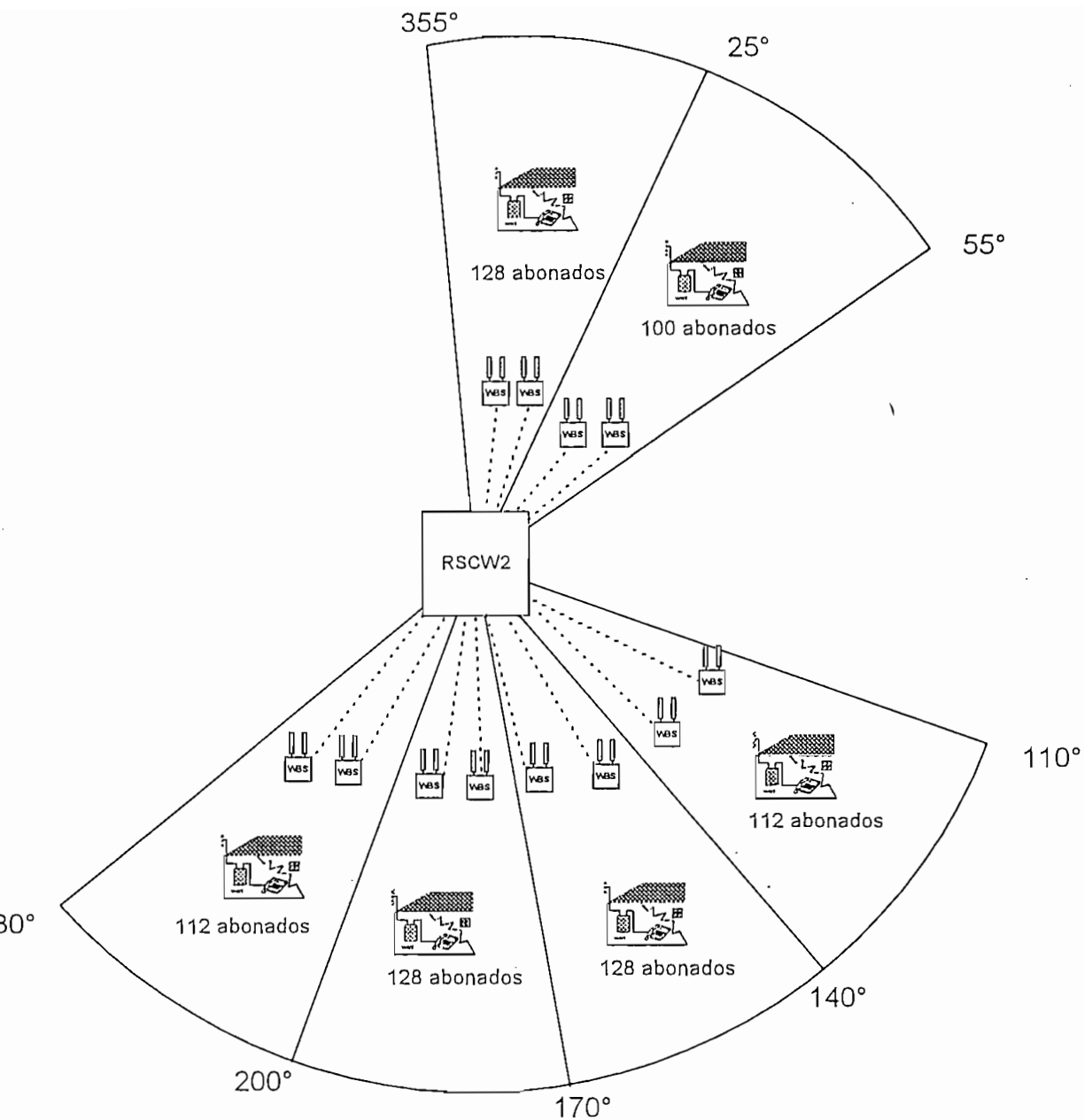


ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
 Facultad de Ingeniería Eléctrica

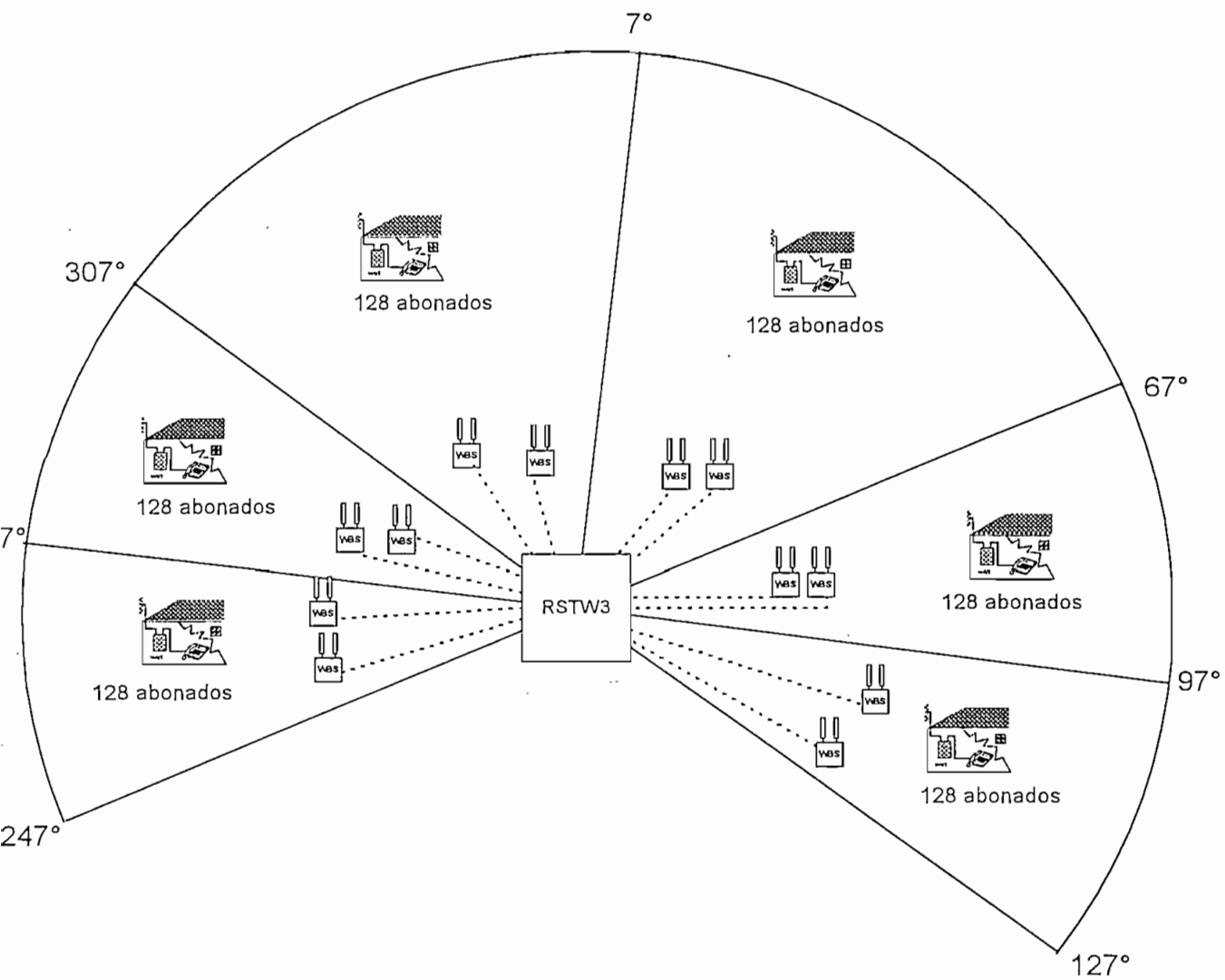


ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
 Facultad de Ingeniería Eléctrica

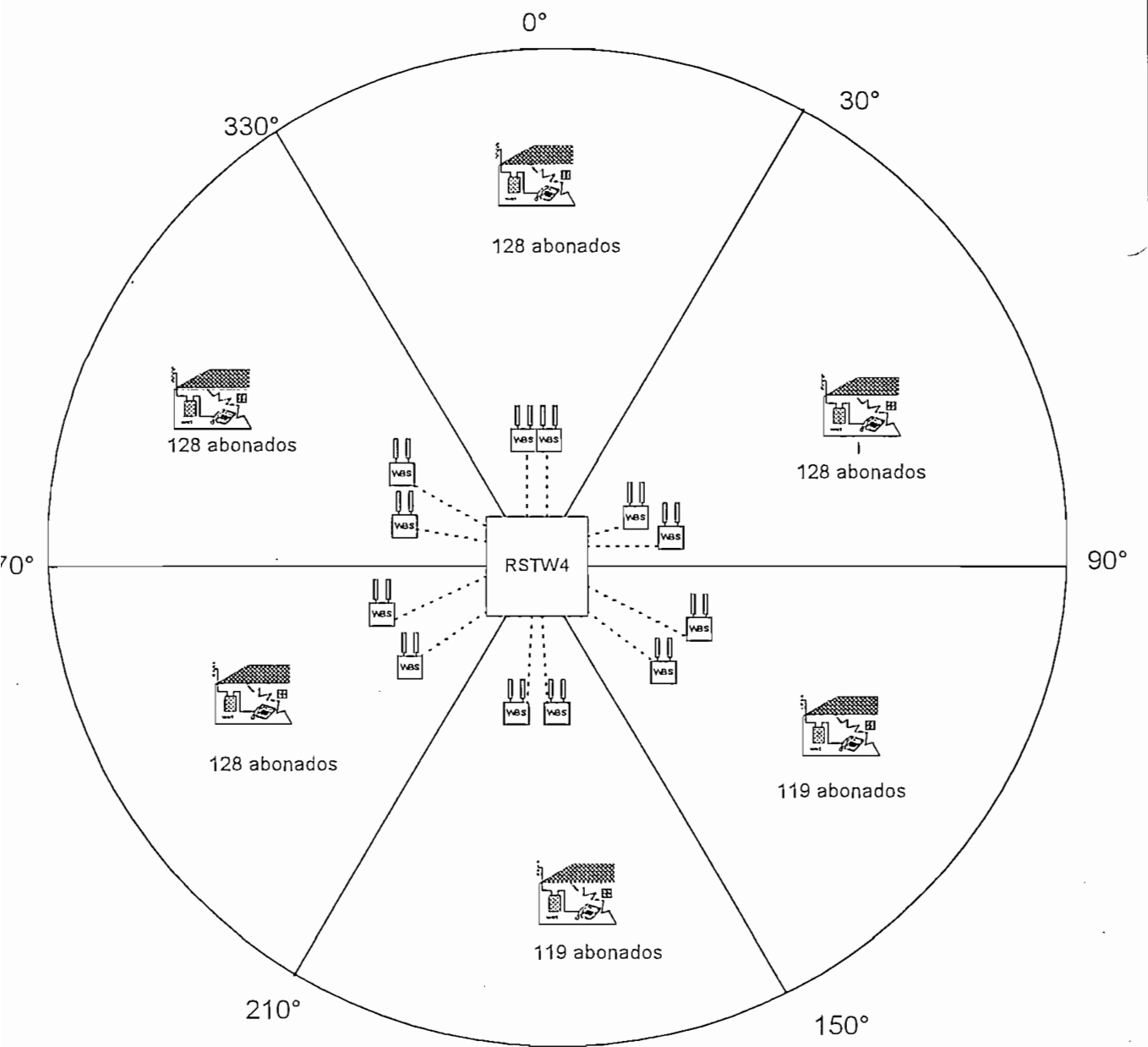
Diagrama De Transmisión	Celda: Itchimbía	28-04-98
hoja: 1/1		César Abarca A.



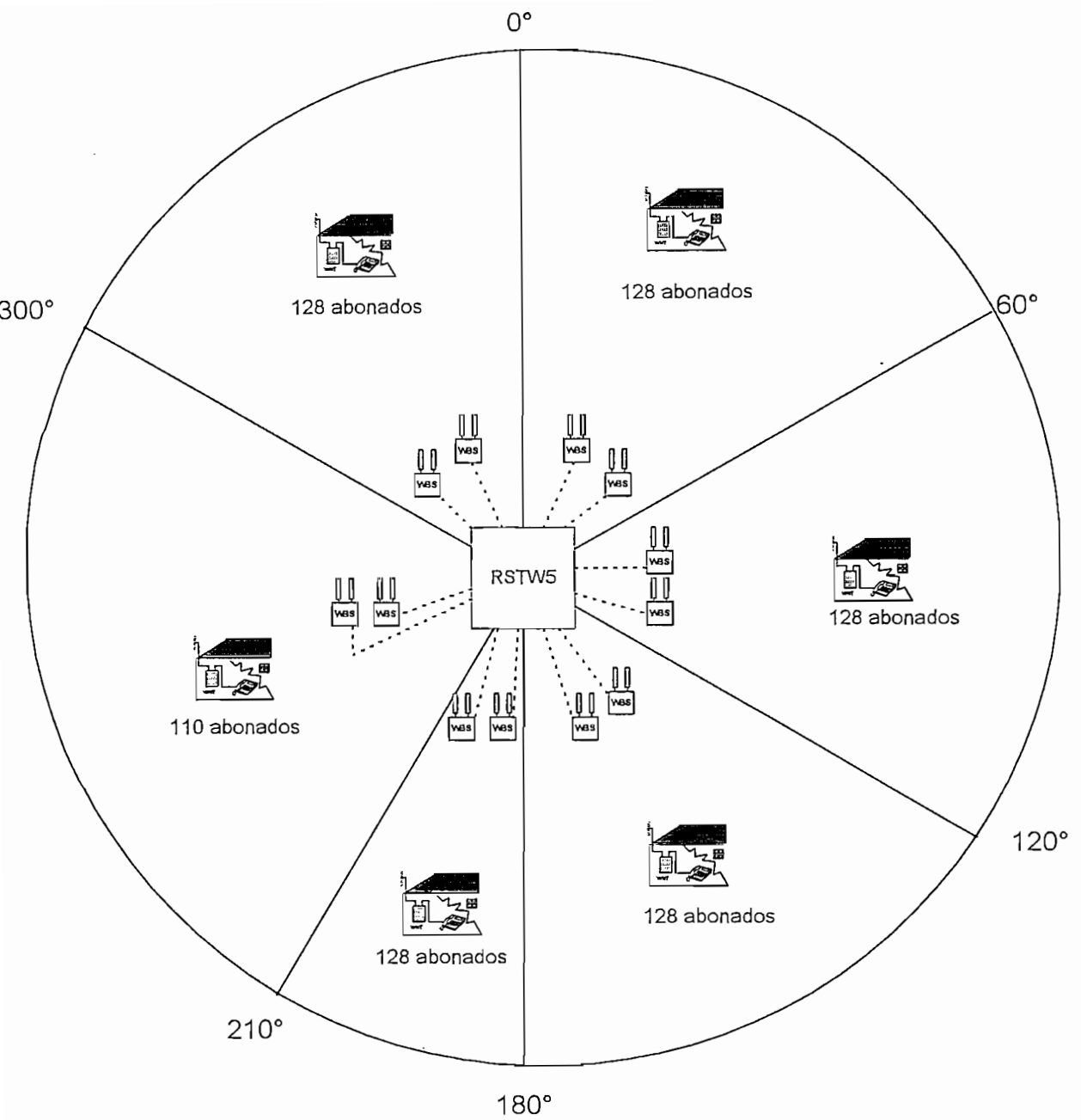
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
 Facultad de Ingeniería Eléctrica



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
 Facultad de Ingeniería Eléctrica



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
Facultad de Ingeniería Eléctrica



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
Facultad de Ingeniería Eléctrica

Diagrama De Transmisión

hoja: 1/1

Celda: IGM

28-04-98

César Abarca A.

ANEXO 4

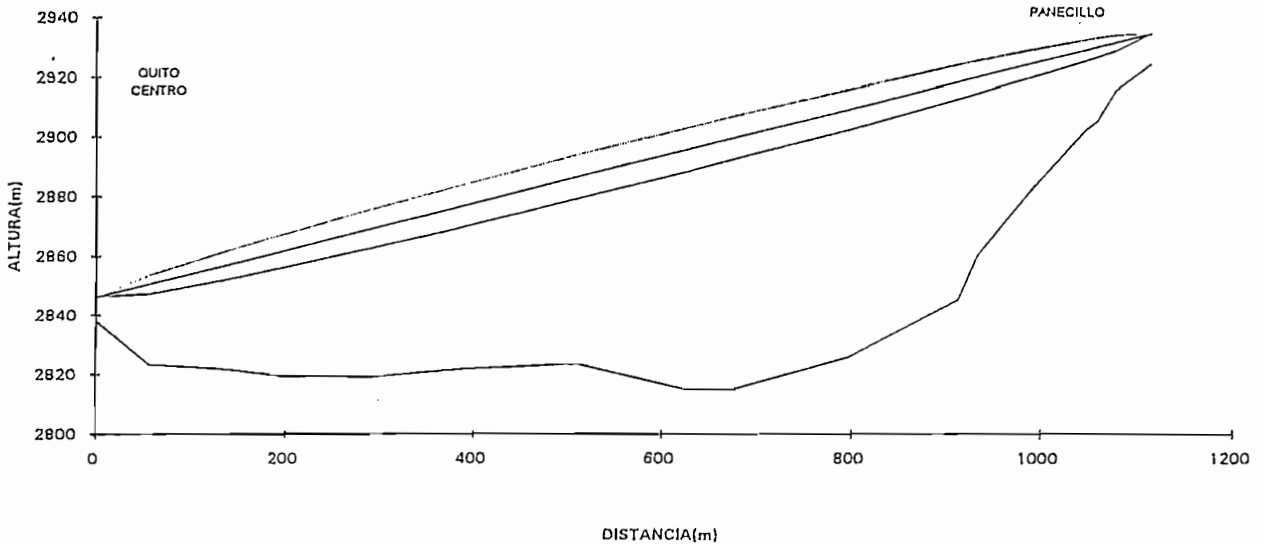
BALANCE DE ENLACES PUNTO - MULTIPUNTO

ENLACE QUITO CENTRO - PANECILLO

DATOS:

Estación A:		QUITO CENTRO
Longitud:		78 30 38.142 W
Latitud:		00 12 54.456 S
Altura:		2838 m.
Torre:		8 m.
Estación B:		PANECILLO
Longitud:		78 30 53.593 W
Latitud:		00 13 27.042 S
Altura:		2924 m.
Torre:		10 m.
DISTANCIA DEL ENLACE:		1114 m.
FRECUENCIA:		1500 MHz.
FACTOR K:		1.333
Angulo de elevación (A-B):		4.5166787 grados
Azimut (A-B):		205.988 grados

ENLACE QUITO CENTRO - PANECILLO



DISTANCIA 1 (metros)	ALTURA (msnm)	DISTANCIA 2 (metros)	FACTOR DE CORRECCION DE ALTURA	ALTURA CORREGIDA (metros)	ALTURA DEL RAYO (metros)	DESPEJE (metros)	RADIO 1a. ZONA DE FRESNEL (metros)	ALTURA SUPERIOR DE FRESNEL (metros)	ALTURA INFERIOR DE FRESNEL (metros)	MARGEN DE SEGURIDAD (metros)
0	2838	1114	0.00	2838.00	2846.00	8.00	0.00	2848.00	2846.00	8.00
56.37	2823.25	1057.63	0.00	2823.25	2850.45	27.20	3.27	2851.72	2847.18	23.93
134.65	2821.77	979.35	0.01	2821.78	2856.84	34.86	4.87	2861.50	2851.77	29.99
194.15	2819.5	919.85	0.01	2819.51	2861.34	41.83	5.88	2867.00	2855.87	36.16
291.23	2819	822.77	0.01	2819.01	2869.01	49.99	6.58	2875.58	2862.45	43.43
378.29	2821.5	735.71	0.02	2821.52	2875.88	54.37	7.07	2882.95	2868.81	47.20
510.43	2823.5	603.57	0.02	2823.52	2886.32	62.80	7.44	2893.78	2878.88	55.37
629.43	2814.5	484.57	0.02	2814.52	2895.72	81.20	7.40	2903.12	2888.32	73.80
677.03	2814.9	436.97	0.02	2814.92	2899.48	84.56	7.29	2906.77	2892.19	77.28
795.4	2825.8	318.8	0.01	2825.81	2908.83	83.22	6.75	2915.58	2902.09	78.47
913.15	2845	200.85	0.01	2845.01	2918.13	73.12	5.74	2923.87	2912.40	67.38
933.19	2860	180.81	0.01	2860.01	2919.72	59.71	5.50	2925.22	2914.01	54.20
989.55	2882	124.45	0.01	2882.01	2924.17	42.16	4.70	2928.87	2918.47	37.48
1045.92	2902	88.08	0.00	2902.00	2928.82	28.82	3.58	2932.20	2925.65	23.04
1058.45	2905	55.55	0.00	2905.00	2929.81	24.81	3.25	2932.88	2929.30	21.38
1077.24	2915	38.76	0.00	2915.00	2931.10	18.09	2.67	2933.78	2925.43	13.43
1114	2924	0	0.00	2924.00	2934.00	10.00	0.00	2934.00	2934.00	10.00

CALCULOS DEL RADIO - ENLACE

ESTACION A : QUITO CENTRO
ESTACION B : PANECILLO

DATOS DEL VANO:	
Distancia (Km):	1.114
Frecuencia (MHz) :	1500.00
Factor de corrección: k	1.33
Rugosidad (m):	36.00
Factor B (Ver tabla 3.12):	1.00
Factor C (Ver tabla 3.12):	3.00
Altura de A (m):	2838.00
Altura de B (m):	2924.00
Altura del obstáculo (m):	0.00
Distancia de A al obstáculo (Km):	0.00
Radio de Fresnel (m):	10.55
Despejamiento D (m):	Garantizado
Relación D/F ($> = 1$)	Garantizado
Altura de la torre en A (m):	8.00
Altura de la torre en B (m):	10.00

DATOS DEL EQUIPO:	
Régimen Binario (Mbit/s):	4.00
Modulación:	QAM
Número de estados:	4.00
Potencia de Tx (dBm):	30.00
Umbral BER = 1E-3 (dBm):	-93.00
Umbral BER = 1E-6 (dBm):	-87.00
Pérd. Deriv. Tx y Rx (dB):	4.00

MARGENES DE DESVANECIMIENTO:

Margen BER = 1E-3 (dB):	36.06
Margen BER = 1E-6 (dB):	30.06
Factor ($s^{-1.3}$):	9.48E-03
K. (Bernet y Vignans: Ver tabla)	2.10E-05
Po:	4.13E-07

DATOS DEL SISTEMA RADIANTE:			
Tipo antena:	EST. A	EST. B	
Panel antena:	Panel Direc.	Panel Direc.	
Longitud (m) :	0.356	0.356	
Angulo en los planos H/E (grados)	48/52	48/52	
Ganancia de la antena (dB):	11.00	11.00	
Tipo de cable :	1/2"	1/2"	
Atenuación del cable (dB/100m):	9.20	9.20	
Longitud del cable(m):	13.00	20.00	

CALCULOS:

Potencia de Tx (dBm):	30.00	
Ganancias Ant (dB):	22.00	
Pérdidas Feeder (dB):		3.04
Pérdidas Derivación (dB):		4.00
Pérdidas espacio libre (dB):		96.9013215
Otras atenuaciones (dB):		4.00
Tolerancia(dB):		1.00
Total: Ganancia/Pérdidas (dB):	52.00	108.94
POTENCIA RECIBIDA (dBm):		-56.94

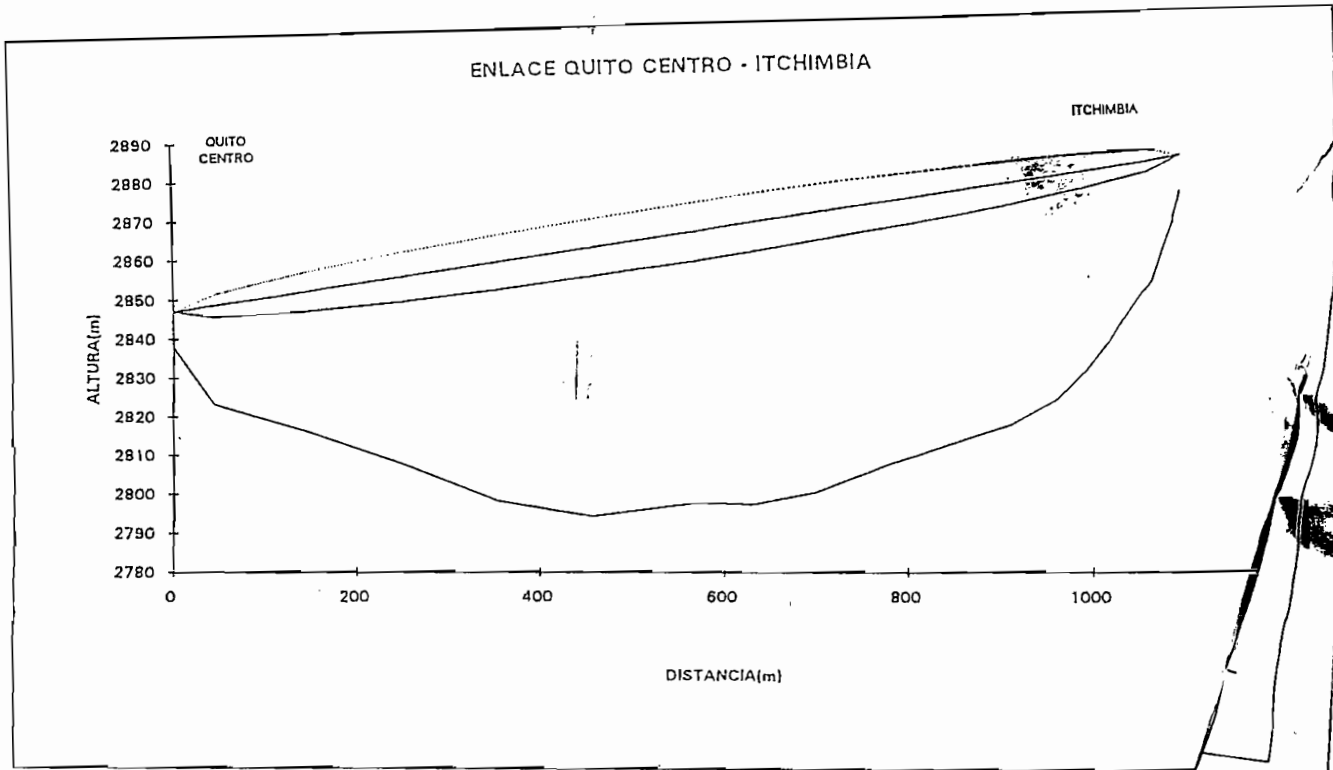
OBJETIVOS DE CALIDAD:

UIT-R	BER=1E-3 (%):	BER = 1E-6 (%):
CALCULADO	6.06E-03	4.48E-02
DISPONIBILIDAD	1.02E-08	4.07E-08
EVALUACION	99.99999999	99.99999996
	CUMPLE	CUMPLE

ENLACE QUITO CENTRO - ITCHIMBIA

DATOS:

Estación A:		QUITO CENTRO	
Longitud:		78 30 38.142 W	
Latitud:		00 12 54.456 S	
Altura:		2838 m.	
Torre:		9 m.	
Estación B:		ITCHIMBIA	
Longitud:		78 30 4.287 W	
Latitud:		00 13 5.439 S	
Altura:		2874 m.	
Torre:		9 m.	
DISTANCIA DEL ENLACE:		1100 m.	
FRECUENCIA:		1500 MHz.	
FACTOR K:		1.333	
Angulo de elevación (A-B):		1.874466 grados	
Azimut (A-B):		107.86 grados	



DISTANCIA 1 (metros)	ALTURA (msnm)	DISTANCIA 2 (metros)	FACTOR DE CORRECCION DE ALTURA	ALTURA CORREGIDA (metros)	ALTURA DEL RAYO (metros)	DESPEJE (metros)	RADIO 1a. ZONA DE FRESNEL (metros)	ALTURA SUPERIOR DE FRESNEL (metros)	ALTURA INFERIOR DE FRESNEL (metros)	GEN DE ALTURA (metros)
0	2838	1100	0.00	2838.00	2847.00	9.00	0.00	2847.00	2847.00	22.53
46.43	2823	1053.57	0.00	2823.00	2848.52	25.52	2.98	2851.50	2845.52	30.74
146.42	2818.01	953.58	0.01	2816.02	2851.79	35.77	5.04	2856.83	2846.7	41.47
250.71	2807.5	849.29	0.01	2807.51	2855.21	47.69	8.22	2861.43	2848	53.63
353.57	2798	746.43	0.02	2798.02	2858.1	60.56	6.93	2865.50	285	60.83
457.14	2794	642.88	0.02	2794.02	2861.2	67.94	7.31	2869.27	285	60.77
571.43	2797.5	528.57	0.02	2797.5	2863.70	68.18	7.41	2873.11	285	63.31
631.44	2797	488.58	0.02	2797.02	2867.87	70.65	7.33	2875.00	285	62.68
697.88	2800	402.14	0.02	2800.02	2869.04	66.82	7.14	2878.98	285	58.72
778.57	2807	321.43	0.01	2807.01	2872.48	61.47	6.75	2878.23	285	56.04
860.71	2813	239.29	0.01	2813.01	2875.17	62.6	6.12	2881.29	285	54.38
914.28	2817	185.72	0.01	2817.01	2878.92	54.1	5.58	2882.48	285	50.47
980	2823	140	0.01	2823.01	2878.42	51.41	4.94	2883.38	285	44.48
992.88	2830.8	107.14	0.01	2830.81	2879.49	48.89	4.40	2883.88	285	27.20
1084.28	2852	35.72	0.00	2852.00	2881.83	29.83	2.83	2884.46	285	9.00
1100	2874	0	0.00	2874.00	2884.00	0.00	0.00	2884.46	285	9.00

CALCULOS DEL RADIO - ENLACE

ESTACION A : QUITO CENTRO
ESTACION B : ITCHIMBIA

DATOS DEL VANO:	
Distancia (Km):	1.100
Frecuencia (MHz) :	1500.00
Factor de corrección: k	1.33
Rugosidad (m):	16.00
Factor B (Ver tabla 3.1.2):	1.00
Factor C (Ver tabla 3.1.2):	3.00
Altura de A (m):	2838.00
Altura de B (m):	2874.00
Altura del obstáculo (m):	0.00
Distancia de A al obstáculo (Km):	0.00
Radio de Fresnel (m):	10.49
Despejamiento D (m):	Garantizado
Relación D/F (> = 1)	Garantizado
Altura de la torre en A (m):	9.00
Altura de la torre en B (m):	9.00

DATOS DEL EQUIPO:	
Régim en Binario (Mbit/s):	4.00
Modulación:	QAM
Número de estados:	4.00
Potencia de Tx (dBm):	30.00
Umbral BER = 1E-3 (dBm):	-93.00
Umbral BER = 1E-6 (dBm):	-87.00
Pérd. Deriv. Tx y Rx (dB):	4.00

MARGENES DE DESVANECIMIENTO:	
Márgen BER = 1E-3 (dB):	36.26
Márgen BER = 1E-6 (dB):	30.26
Factor (s ⁻¹ .J):	2.72E-02
Coef. climático en K.Q (Barnet y Vigants)	2.10E-05
Po:	1.14E-06

DATOS DEL SISTEMA RADIANTE:			
Tipo antena:	EST. A	EST. B	
Panel Direcc.:	Panel Direcc.	Panel Direcc.	
Longitud (m) :	0.356	0.356	
Angulo en los planos H/E (grados)	48/52	48/52	
Ganancia de la antena (dB):	11.00	11.00	
Tipo de cable :	1/2"	1/2"	
Atenuación del cable (dB/100m):	9.20	9.20	
Longitud del cable(m):	13.00	19.00	

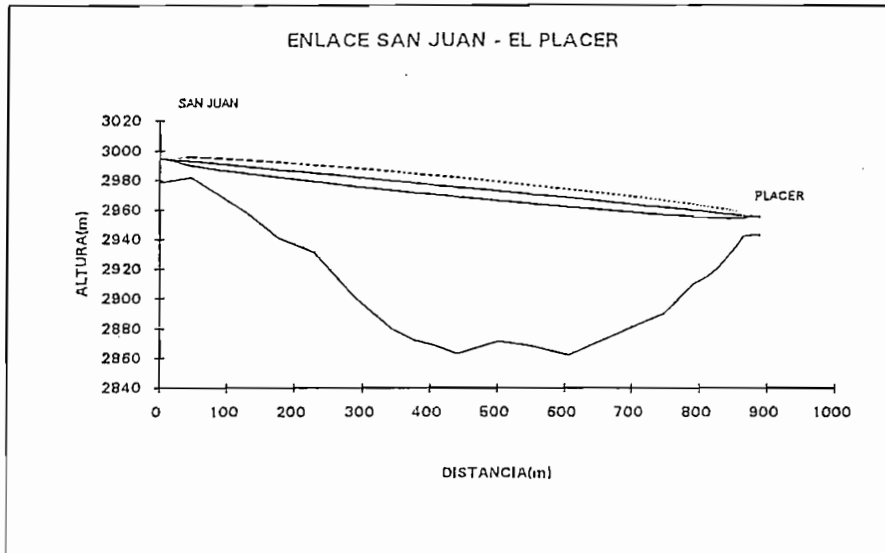
CALCULOS:			
Potencia de Tx (dBm):	30.00		
Ganancias Ant (dB):	22.00		
Pérdidas Feeder (dB):		2.94	
Pérdidas Derivación (dB):		4.00	
Pérdidas espacio libre (dB):		96.79147138	
Otras pérdidas (dB):		4.00	
Tolerancia(dB):		1.00	
Total: Ganancia/Pérdidas (dB):	52.00		108.74
POTENCIA RECIBIDA (dBm):			-56.74

OBJETIVOS DE CALIDAD:			
UIT-R	BER=1E-3 (%):	BER = 1E-6 (%):	
CALCULADO	6.05E-03	4.48E-02	
DISPONIBILIDAD	2.70E-08	1.07E-07	
EVALUACION	99.99999997	99.99999989	
	CUMPLE	CUMPLE	

ENLACE SAN JUAN - PLACER

DATOS:

Estación A:	SAN JUAN
Longitud:	78 30 43.00 W
Latitud:	00 12 27.815 S
Altura:	2978 m.
Torre:	17 m.
Estación B:	PLACER
Longitud:	78 31 1.468 W
Latitud:	00 12 50.022 S
Altura:	2943 m.
Torre:	12 m.
DISTANCIA DEL ENLACE:	888 m.
FRECUENCIA:	1500 MHz.
FACTOR K:	1.333
Angulo de elevación (A-B):	-2.579148 grados
Azímüt (A-B):	220.053 grados



DISTANCIA 1 (metros)	ALTURA (msnm)	DISTANCIA 2 (metros)	FACTOR DE CORRECCION DE ALTURA	ALTURA CORREGIDA (metros)	ALTURA DEL RAYO (metros)	DESPEJE (metros)	RADIO 1/4 ZONA DE FRESNEL (metros)	ALTURA SUPERIOR DE FRESNEL (metros)	ALTURA INFERIOR DE FRESNEL (metros)	MARGEN DE SEGURIDAD (metros)
0	2978	888	0.00	2978.00	2995.00	17.00	0.00	2995.00	2995.00	17.00
47.06	2982	840.94	0.00	2982.00	2992.88	10.88	2.99	2995.87	2989.89	7.89
88.24	2970	799.76	0.00	2970.00	2991.03	21.02	3.99	2995.01	2987.04	17.03
132.35	2957	755.85	0.01	2957.01	2989.04	32.03	4.75	2993.78	2984.29	27.29
178.47	2941	711.53	0.01	2941.01	2987.05	48.04	5.32	2992.37	2981.73	40.73
229.41	2931	658.59	0.01	2931.01	2984.67	53.66	5.83	2990.50	2978.83	47.82
291.18	2900	596.82	0.01	2900.01	2981.88	61.87	6.28	2988.14	2975.63	75.62
344.12	2880	543.88	0.01	2880.01	2979.50	98.49	6.49	2985.89	2973.01	93.00
378.47	2872	511.53	0.01	2872.01	2978.04	106.03	6.59	2984.63	2971.46	99.44
408.41	2868.5	478.59	0.01	2868.51	2976.56	108.05	6.64	2983.70	2969.92	101.40
440	2863	448	0.01	2863.01	2975.18	112.17	6.66	2981.84	2968.52	105.51
501.17	2871.5	386.83	0.01	2871.51	2972.42	100.91	6.61	2979.03	2968.82	94.31
552.94	2868	335.06	0.01	2868.01	2970.09	102.08	6.46	2978.55	2963.63	95.62
605.88	2882	282.12	0.01	2882.01	2967.71	105.70	6.20	2973.91	2961.50	98.49
720.59	2885	167.41	0.01	2885.01	2962.54	77.53	5.21	2967.75	2957.33	72.32
747.06	2890	140.94	0.01	2890.01	2961.35	71.34	4.87	2966.22	2956.48	68.47
791.18	2910	96.82	0.01	2910.00	2959.36	49.36	4.15	2963.51	2955.21	45.20
811.78	2915	76.24	0.01	2915.00	2958.43	43.43	3.73	2962.17	2954.70	39.70
824.7	2920	63.3	0.01	2920.00	2957.85	37.85	3.43	2961.28	2954.42	34.42
835.3	2925	52.7	0.01	2925.00	2957.37	32.37	3.15	2960.52	2954.23	29.22
852.94	2935	35.06	0.01	2935.00	2956.58	21.58	2.60	2959.17	2953.98	18.98
884.71	2942	23.29	0.00	2942.00	2956.05	14.05	2.13	2958.18	2953.92	11.92
888	2943	0	0.00	2943.00	2955.00	12.00	0.00	2955.00	2955.00	12.00

CALCULOS DEL RADIO - ENLACE

ESTACION A : SAN JUAN
ESTACION B : EL PLACER

DATOS DEL VANO:	
Distancia (Km):	.888
Frecuencia (MHz):	1500.00
Factor de corrección: k	1.33
Rugosidad (m):	36.00
Factor B (Ver tabla 3.1.2):	1.00
Factor C (Ver tabla 3.1.2):	3.00
Altura de A (m):	2978.00
Altura de B (m):	2943.00
Altura del obstáculo (m):	0.00
Distancia de A al obstáculo (Km):	0.00
Radio de Fresnel (m):	9.42
Despejamiento D (m):	Garantizado
Relación D/F ($> = 1$)	Garantizado
Altura de la torre en A (m):	17.00
Altura de la torre en B (m):	12.00

DATOS DEL EQUIPO:	
Régimen Binario (Mbit/s):	4.00
Módulación:	QAM
Número de estados:	4.00
Potencia de Tx (dBm):	30.00
Umbral BER = 1E-3 (dBm):	-93.00
Umbral BER = 1E-6 (dBm):	-87.00
Pérd. Deriv. Tx y Rx (dB):	4.00

MARGENES DE DESVANECIMIENTO:

Márgen BER = 1E-3 (dB):	40.85
Márgen BER = 1E-6 (dB):	34.85
Factor ($s^{-1.3}$):	9.48E-03
Coef. climático en K.O. (Barnet y Viganis)	2.10E-05
Po:	2.09E-07

DATOS DEL SISTEMA RADIANTE:			
	EST. A		EST. B
Tipo antena:	Panel Direc.		Panel Direc.
Longitud (m):	0.356		0.356
Angulo en los planos H/E (grados)	48/52		48/52
Ganancia de la antena (dB):	11.00		11.00
Tipo de cable:	1/2"		1/2"
Atenuación del cable (dB/100m):	9.20		9.20
Longitud del cable(m):	17.00		18.00

CALCULOS:

Potencia de Tx (dBm):	30.00		
Ganancias Ant (dB):	22.00		
Pérdidas Feeder (dB):		3.22	
Pérdidas Derivación (dB):			4.00
Pérdidas espacio libre (dB):			94.93187699
Otras atenuaciones (dB):			1.00
Tolerancia(dB):			1.00
Total: Ganancia/Pérdidas (dB):	52.00		104.15
POTENCIA RECIBIDA (dBm):			-52.15

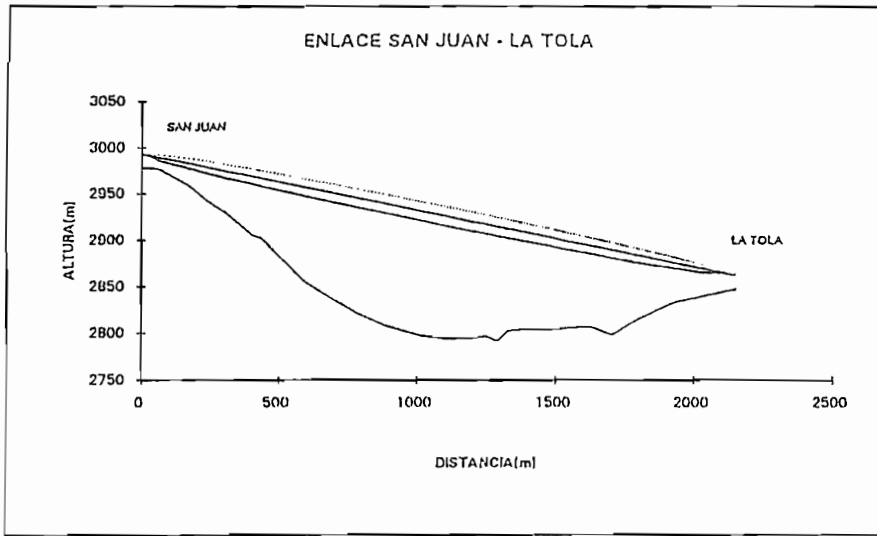
OBJETIVOS DE CALIDAD:

	BER=1E-3 (%):	BER = 1E-6 (%):
UIT-R	6.05E-03	4.48E-02
CALCULADO	1.72E-09	6.85E-09
DISPONIBILIDAD	100	99.99999999
EVALUACION	CUMPLE	CUMPLE

ENLACE SAN JUAN - LA TOLA

DATOS:

Estación A:	SAN JUAN
Longitud:	78 30 43.00 W
Latitud:	00 12 27.815 S
Altura:	2978 m.
Torre:	15 m.
Estación B:	LA TOLA
Longitud:	78 30 5.217 W
Latitud:	00 13 26.869 S
Altura:	2847 m.
Torre:	15 m.
DISTANCIA DEL ENLACE:	2148.5 m.
FRECUENCIA:	1500 MHz.
FACTOR K:	1.333
Angulo de elevación (A-B):	-3.489163 grados
Azimut (A-B):	147.6279 grados



DISTANCIA 1 (metros)	ALTURA (msnm)	DISTANCIA 2 (metros)	FACTOR DE CORRECCION DE ALTURA	ALTURA CORREGIDA (metros)	ALTURA DEL RAYO (metros)	DESPEJE (metros)	RADIO 1a. ZONA DE FRESNEL (metros)	ALTURA SUPERIOR DE FRESNEL (metros)	ALTURA INFERIOR DE FRESNEL (metros)	MARGEN DE SEGURIDAD (m.Us)
0	2978	2148.5	0.00	2978.00	2993.00	15.00	0.00	2993.00	2993.00	15.00
63.83	2977	2084.67	0.01	2977.01	2989.11	12.10	3.52	2992.63	2985.59	8.58
168.69	2959	1979.81	0.02	2959.02	2982.71	23.69	5.58	2988.29	2977.14	18.12
205.17	2951	1943.33	0.02	2951.02	2980.49	29.47	6.09	2985.58	2974.40	23.37
246.2	2941	1902.3	0.03	2941.03	2977.99	36.96	6.60	2984.59	2971.39	30.36
310.03	2929	1838.47	0.03	2929.03	2974.10	45.06	7.28	2981.38	2966.81	37.78
405.77	2905	1742.73	0.04	2905.04	2968.28	63.22	8.11	2976.37	2960.15	55.10
437.89	2902	1710.81	0.04	2902.04	2966.31	64.27	8.35	2974.66	2957.98	55.92
492.4	2865	1656.1	0.05	2865.05	2962.98	77.93	8.71	2971.69	2954.26	69.22
592.7	2855	1555.8	0.05	2855.05	2956.86	101.81	9.26	2966.13	2947.80	92.54
694.83	2836	1453.67	0.06	2836.06	2950.63	114.57	9.70	2960.33	2940.94	104.89
793.31	2820	1355.19	0.06	2820.06	2844.63	124.57	10.00	2954.63	2934.63	114.56
884.49	2808	1264.01	0.07	2808.07	2839.07	131.00	10.20	2949.27	2928.87	120.80
1013.98	2797.5	1134.52	0.07	2797.57	2831.17	133.61	10.35	2941.52	2920.83	123.28
1085.1	2795	1063.4	0.07	2795.07	2926.84	131.77	10.36	2937.20	2916.47	121.41
1197.28	2793.8	951.24	0.07	2793.87	2920.00	128.13	10.30	2930.30	2909.70	115.84
1250.15	2797	898.35	0.07	2797.07	2916.77	118.71	10.22	2927.00	2906.55	109.48
1290.27	2791.5	858.23	0.07	2791.57	2914.33	122.76	10.15	2924.48	2904.18	112.61
1326.74	2802	821.76	0.06	2802.06	2912.10	110.04	10.07	2922.18	2902.03	98.97
1372.33	2803.7	776.17	0.06	2803.76	2909.33	105.58	9.96	2919.28	2899.37	95.60
1495.43	2804	653.07	0.06	2804.06	2901.82	97.76	9.53	2911.35	2892.28	86.23
1522.79	2804.9	625.71	0.06	2804.96	2900.15	95.20	9.42	2909.57	2890.73	85.78
1627.65	2807	520.85	0.05	2807.05	2893.78	86.71	8.88	2902.64	2884.87	77.82
1705.16	2798	443.34	0.04	2798.04	2889.03	90.99	8.39	2897.42	2880.64	82.60
1782.67	2812.5	365.83	0.04	2812.54	2884.31	71.77	7.79	2892.10	2876.51	63.88
1851.08	2822.5	297.44	0.03	2822.53	2880.14	57.60	7.18	2887.29	2872.98	50.44
1928.56	2833	219.94	0.02	2833.02	2875.41	42.39	6.28	2881.89	2869.13	38.10
2015.19	2838	133.31	0.02	2838.02	2870.13	32.11	5.00	2875.13	2865.13	27.11
2148.5	2847	0	0.00	2847.00	2862.00	15.00	0.00	2862.00	2862.00	15.00

CALCULOS DEL RADIO - ENLACE

ESTACION A : SAN JUAN
ESTACION B : LA TOLA

DATOS DEL VANO:	
Distancia (Kkm):	2.1485
Frecuencia (MHz) :	1500.00
Factor de corrección: k	1.33
Rugosidad (m):	42.00
Factor B (Ver tabla 3.1.2):	1.00
Factor C (Ver tabla 3.1.2):	3.00
Altura de A (m):	2978.00
Altura de B (m):	2847.00
Altura del obstáculo (m):	0.00
Distancia de A al obstáculo (Kkm):	0.00
Radio de Fresnel (m):	14.66
Despejamiento D (m):	Garantizado
Relación D/F ($> = 1$)	Garantizado
Altura de la torre en A (m):	15.00
Altura de la torre en B (m):	15.00

DATOS DEL EQUIPO:	
Régimen Binario (Mbit/s):	4.00
Modulación:	QAM
Numero de estados:	4.00
Potencia de Tx (dBm):	30.00
Umbral 3EH = 1E-3 (dBm):	-93.00
Umbral 5FR = 1E-6 (dBm):	-87.00
Pérd. Deriv. Tx y Rx (dB):	4.00

MARGENES DE DESVANECIMIENTO:	
Márgen BER = 1E-3 (dB):	33.17
Márgen BER = 1E-6 (dB):	27.17
Factor (s ⁻¹ .3):	7.76E+03
Coef. climático en K-Q (Barnet y Vigants)	2.10E+05
Po:	2.42E+06

DATOS DEL SISTEMA RADIANTE:			
	EST. A	EST. B	
Tipo antena:	Panel Direc.	Panel Direc.	
Longitud (m) :	0.356	0.356	
Angulo en los planos H/E (grados)	48/52	48/52	
Ganancia de la antena (dB):	11.00	11.00	
Tipo de cable :	1/2"	1/2"	
Atenuación del cable (dB/100m):	9.20	9.20	
Longitud del cable(m):	17.00	18.00	

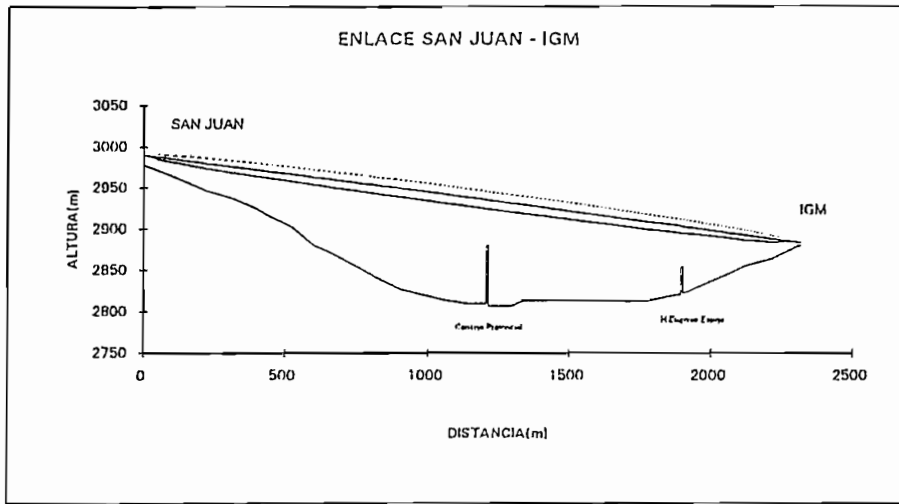
CALCULOS:			
Potencia de Tx (dBm):	30.00		
Ganancias Ant (dB):	22.00		
Pérdidas Feeder (dB):		3.22	
Pérdidas Derivación (dB):		4.00	
Pérdidas espacio libre (dB):		102.6063248	
Otras pérdidas (dB):		1.00	
Tolerancia(dB):		1.00	
Total: Ganancia/Pérdidas (dB):	52.00	111.83	
POTENCIA RECIBIDA (dBm):		-59.83	

OBJETIVOS DE CALIDAD:			
UIT-R	BER=1E-3 (%):	BER = 1E-6 (%):	
CALCULADO	6.05E-03	4.48E-02	
DISPONIBILIDAD	1.17E-07	4.65E-07	
EVALUACION	99.99999988	99.99999954	
	CUMPLE	CUMPLE	

ENLACE SAN JUAN - IGM

DATOS:

Estación A:	SAN JUAN	
Longitud:	78 30 13.00 W	
Latitud:	00 12 27.815 S	
Altura:	2978 m.	
Torre:	12 m.	
Estación B:	IGM	
Longitud:	78 29 29.692 W	
Latitud:	00 12 42.98 S	
Altura:	2880 m.	
Torre:	3 m.	
DISTANCIA DEL ENLACE:	2315 m.	
FRECUENCIA:	1500 MHz.	
FACTOR K:	1.333	
Angulo de elevación (A-B):	-2.64634485 grados	
Azimuth (A-B):	101.6117 grados	



DISTANCIA 1 (metros)	ALTURA (metros)	DISTANCIA 2 (metros)	FACTOR DE CORRECCION DE ALTURA	ALTURA CORREGIDA (metros)	ALTURA DEL RAYO (metros)	DESPEJE (metros)	RADIO 1.1. ZONA DE FRESNEL (metros)	ALTURA SUPERIOR DE FRESNEL (metros)	ALTURA INFERIOR DE FRESNEL (metros)	MARGEN DE SEGURIDAD (metros)
0	2978	2315	0.00	2978.00	2990.00	12.00	0.00	2950.00	2990.00	12.00
47.06	2972	2267.94	0.01	2972.01	2987.82	15.82	3.04	2990.86	2984.79	12.78
141.18	2959	2173.82	0.02	2959.02	2983.47	25.46	5.15	2988.62	2978.33	20.31
223.53	2946	2091.47	0.03	2946.03	2979.67	33.64	6.36	2986.02	2973.31	27.29
311.76	2937	2003.24	0.04	2937.04	2975.59	38.35	7.35	2982.94	2968.24	31.21
394.12	2925	1920.88	0.04	2925.04	2971.78	46.74	8.09	2979.87	2963.70	38.65
452.94	2913	1862.06	0.05	2913.05	2969.06	56.02	8.54	2977.60	2960.53	47.46
529.41	2901	1785.59	0.06	2901.06	2965.53	64.47	9.04	2974.57	2956.49	55.44
600	2890	1715	0.06	2890.06	2962.27	82.21	9.43	2971.70	2952.84	72.78
670.59	2869	1644.41	0.06	2869.06	2959.01	89.94	9.76	2968.77	2949.24	80.18
767.06	2851	1547.94	0.07	2851.07	2954.55	103.48	10.13	2964.67	2944.42	93.35
841.18	2837	1473.82	0.07	2837.07	2951.12	114.05	10.33	2961.47	2940.77	103.70
905.88	2827	1409.12	0.08	2827.08	2948.13	121.05	10.50	2958.63	2937.63	110.55
1058.82	2814	1256.18	0.08	2814.08	2944.06	126.58	10.72	2951.78	2930.34	116.26
1130.59	2810	1184.41	0.08	2810.08	2937.74	127.66	10.76	2948.50	2925.99	114.31
1206	2809	1109	0.08	2809.08	2934.25	125.18	10.75	2945.01	2923.51	114.43
1206	2779	1109	0.08	2809.08	2934.26	55.18	10.75	2945.01	2923.51	44.43
1215	2879	1100	0.08	2809.08	2933.84	54.76	10.75	2944.59	2923.10	44.02
1215	2807	1100	0.08	2807.08	2933.84	126.76	10.75	2944.59	2923.10	116.02
1294.12	2806	1020.88	0.08	2806.08	2930.19	124.11	10.68	2940.87	2919.50	113.42
1335.29	2813	979.71	0.08	2813.08	2928.28	115.21	10.63	2938.91	2917.65	104.57
1505.88	2814	809.12	0.07	2814.07	2920.40	106.33	10.26	2930.66	2910.14	96.07
1541.175	2813	773.825	0.07	2813.07	2918.77	105.70	10.15	2928.92	2908.62	95.55
1689.23	2813	626.77	0.06	2813.06	2911.37	98.91	9.56	2921.53	2902.41	89.35
1770.59	2812	544.41	0.06	2812.06	2908.16	96.11	9.13	2917.29	2899.04	86.98
1894.12	2871	420.88	0.05	2821.05	2902.45	81.41	8.30	2910.75	2894.15	73.11
1894.12	2854	420.88	0.05	2854.05	2902.45	48.41	8.30	2910.75	2894.15	40.11
1904	2854	411	0.05	2854.05	2902.00	47.95	8.22	2910.22	2893.77	39.73
1904	2922	411	0.05	2922.05	2902.00	79.95	8.22	2910.22	2893.77	71.73
1917.64	2824	397.75	0.04	2824.04	2901.37	77.32	8.11	2909.48	2893.25	69.21
2064.7	2846	250.3	0.03	2846.03	2894.57	48.54	6.68	2901.25	2887.89	41.86
2117.65	2855	197.25	0.02	2855.02	2892.12	37.10	6.01	2898.13	2886.11	31.09
2211.76	2863	103.74	0.01	2863.01	2887.77	24.76	4.44	2892.21	2883.33	20.32
2315	2880	0	0.00	2880.00	2883.00	3.00	0.00	2883.00	2883.00	3.00

CALCULOS DEL RADIO - ENLACE

ESTACION A: SAN JUAN
ESTACION B : I.G.M

DATOS DEL VANO:	
Distancia (Krn):	2.315
Frecuencia (MHz) :	1500.00
Factor de corrección: k	1.33
Rugosidad (m):	42.00
Factor B (Ver tabla 3.12):	1.00
Factor C (Ver tabla 3.12):	3.00
Altura de A (m):	2978.00
Altura de B (m):	2880.00
Altura del obstáculo (m):	2879.00
Distancia de A al obstáculo (Krn):	1.206
Radio de Fresnel (m):	10.75
Despejamiento D (m):	55.18
Relación D/F ($>=1$)	5.13
Altura de la torre en A (m):	12.00
Altura de la torre en B (m):	3.00

DATOS DEL EQUIPO:	
Régimen Binario (Mbit/s):	4.00
Modulación:	QAM
Número de estados:	4.00
Potencia de Tx (dBm):	30.00
Umbral $E_{\text{CP}} = 1E-3$ (dBm):	-93.00
Umbral BER = 1E-6 (dBm):	-87.00
Pérd. Deriv. Tx y Rx (dB):	4.00

MARGENES DE DESVANECIMIENTO:	
Márgen BER=1E-3 (dB):	32.53
Márgen BER=1E-6 (dB):	26.53
Factor ($S^{\wedge}-1.3$):	7.76E-03
Coef. climático en K,Q (Barnet y Vignans)	2.10E-05
Po:	3.03E-06

DATOS DEL SISTEMA RADIANTE:			
	EST. A	EST. B	
Tipo antena:	Panel Direc.	Panel Direc.	
Longitud (m) :	0.356	0.356	
Angulo en los planos H/E (grados)	48/52	48/52	
Ganancia de la antena (dB):	11.00	11.00	
Tipo de cable :	1/2"	1/2"	
Atenuación del cable (dB/100m):	9.20	9.20	
Longitud del cable(m):	17.00	18.00	

CALCULOS:	
Potencia de Tx (dBm):	30.00
Ganancias Ant (dB):	22.00
Pérdidas Feeder (dB):	3.22
Pérdidas Derivación (dB):	4.00
Pérdidas espacio libre (dB):	103.2546376
Otras pérdidas (dB):	1.00
Tolerancia (dB):	1.00
Total: Ganancia/Pérdidas (dB):	52.00
POTENCIA RECIBIDA (dBm):	-50.47

OBJETIVOS DE CALIDAD:			
UI/R	BER=1E-3 (%):	BER = 1E-6 (%):	
CALCULADO	6.05E-03	4.48E-02	
DISPONIBILIDAD	1.70E-07	6.75E-07	
EVALUACION	99.99999983	99.99999983	CUMPLE

ANEXO 5

PREDICCIÓN DE COBERTURA EN RADIALES
INDIVIDUALES UTILIZANDO PATHLOSS

PATHLOSS - Resultado de cobertura por radiales

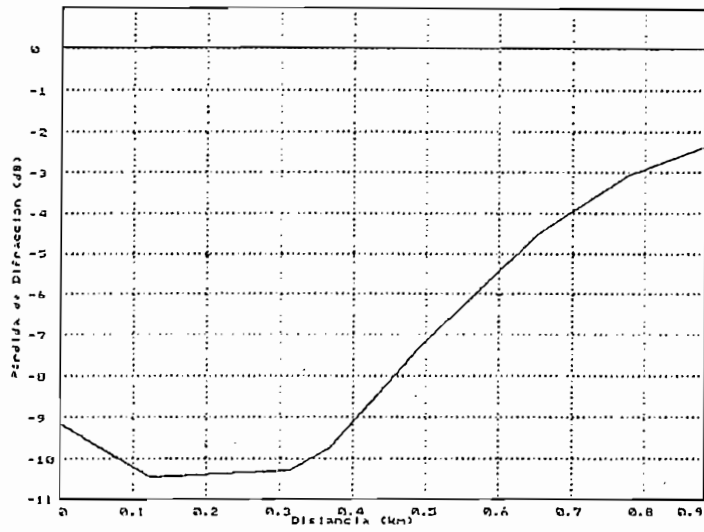
Sistema 1: Quito Centro 1

Celda: Quito Centro

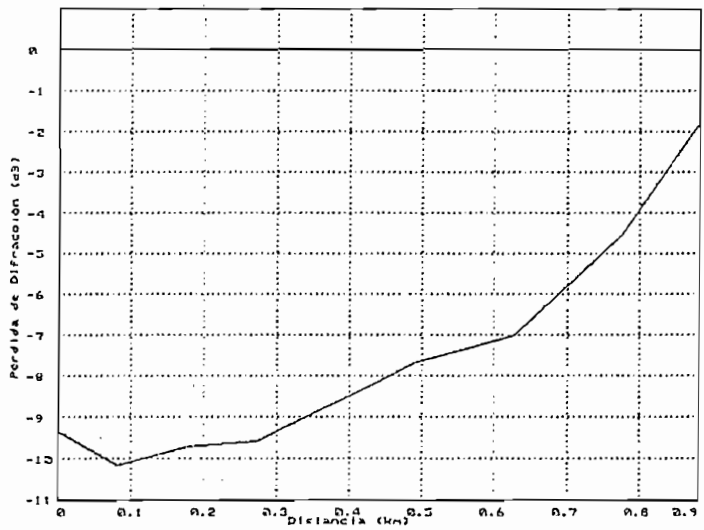
Altura del centro de radiación(SNM): 2858 m.

Altura de la antena del abonado: 9m.

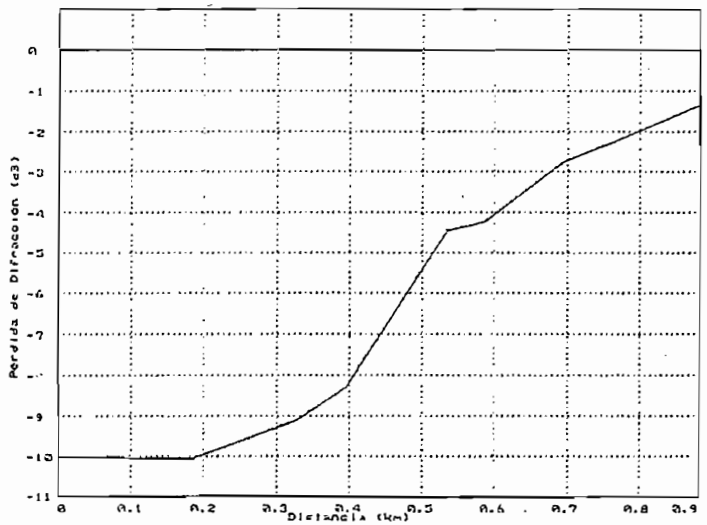
Radial: 0°



Radial: 34°



Radial: 78°



PATHLOSS - Resultado de cobertura por radiales

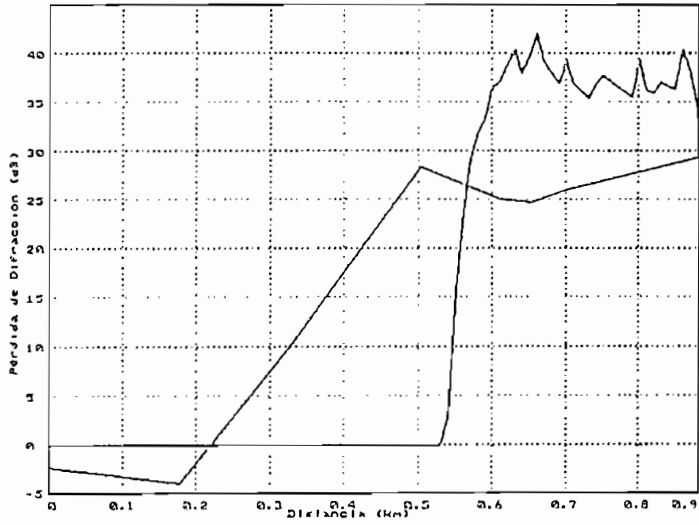
Sistema 1: Quito Centro 1

Celda: Quito Centro

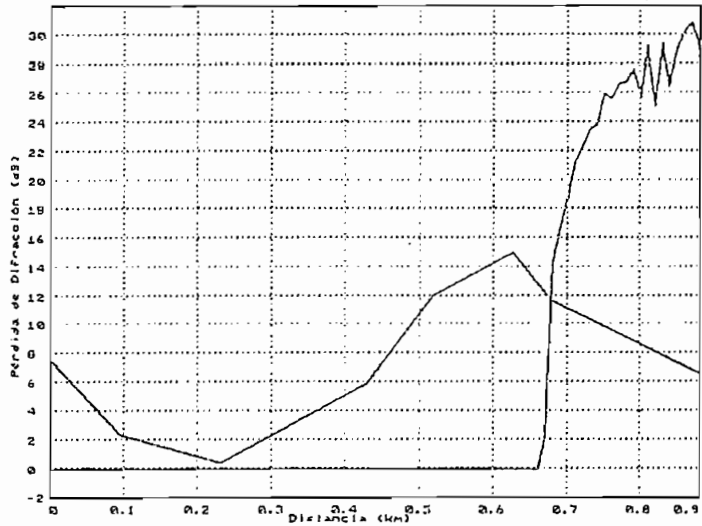
Altura del centro de radiación(SNM): 2858 m.

Altura de la antena del abonado: 9m.

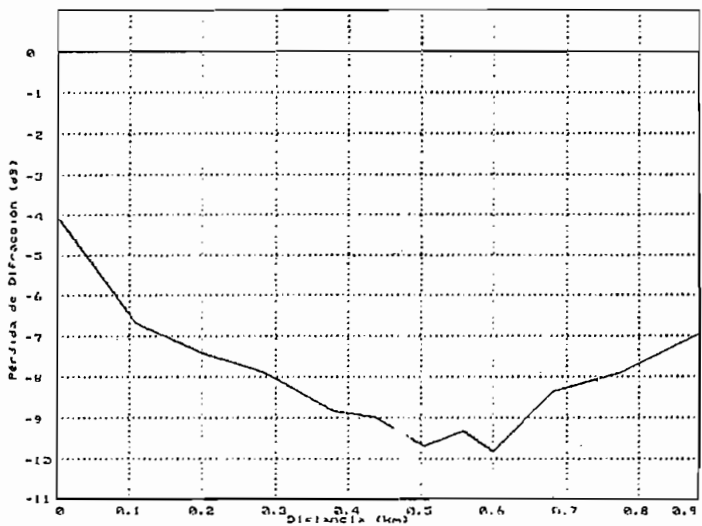
Radial: 107°



Radial: 142°



Radial: 212°



PATHLOSS - Resultado de cobertura por radiales

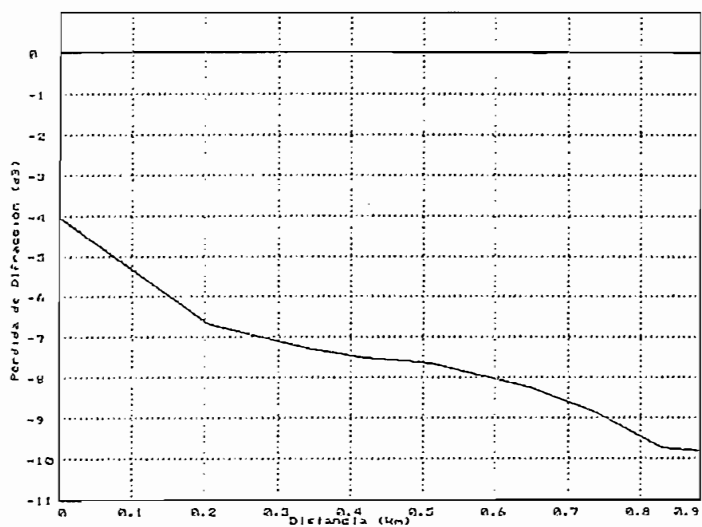
Sistema 1: Quito Centro 1

Celda: Quito Centro

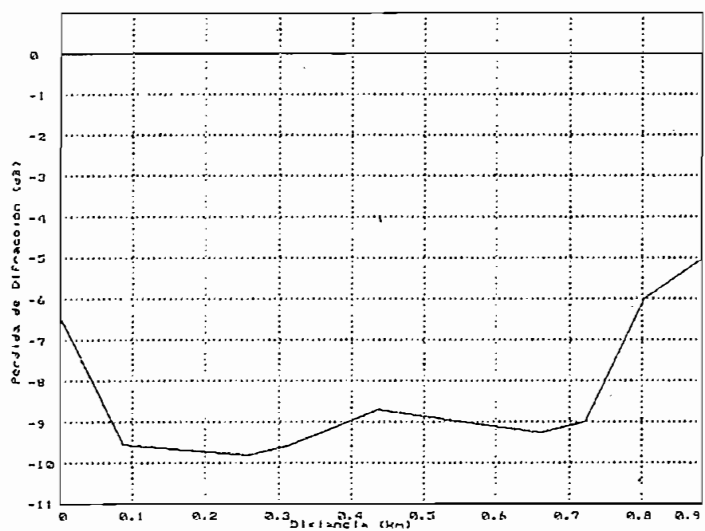
Altura del centro de radiación(SNM): 2858 m.

Altura de la antena del abonado: 9m.

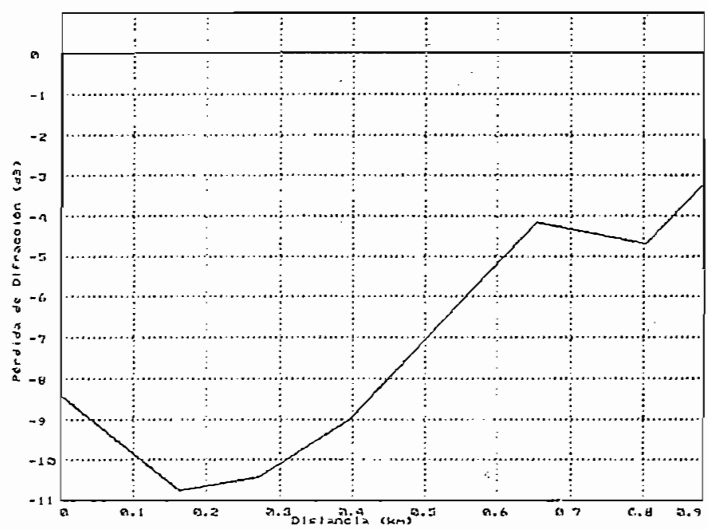
Radial: 272°



Radial: 309°



Radial: 343°



PATHLOSS - Resultado de cobertura por radiales

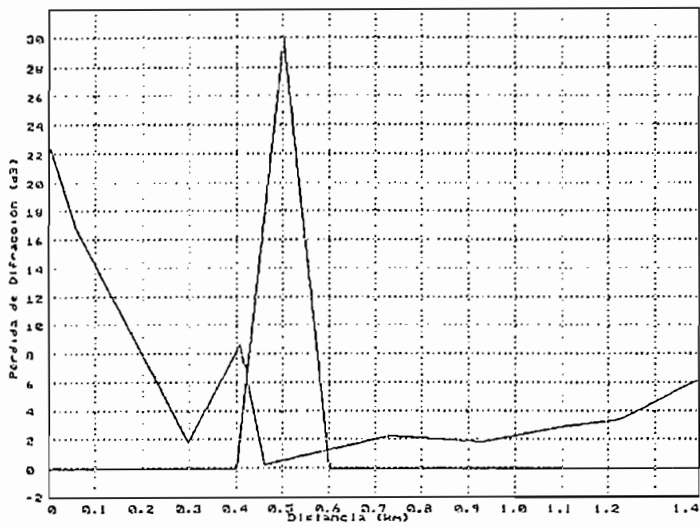
Sistema 2: Quito Centro2

Celda: Panecillo

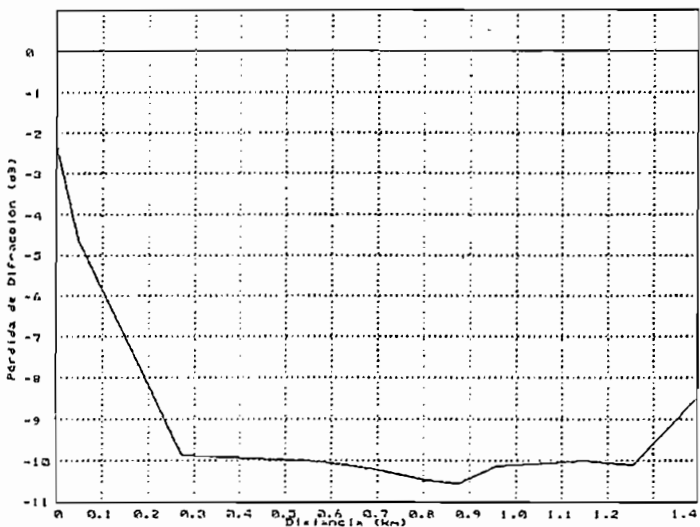
Altura del centro de radiación(SNM): 2936 m.

Altura de la antena del abonado: 9m.

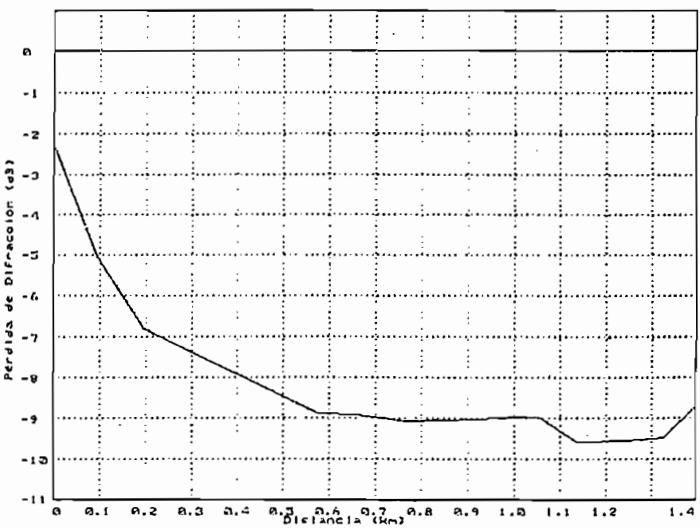
Radial: 104°



Radial: 116°



Radial: 127°



PATHLOSS - Resultado de cobertura por radiales

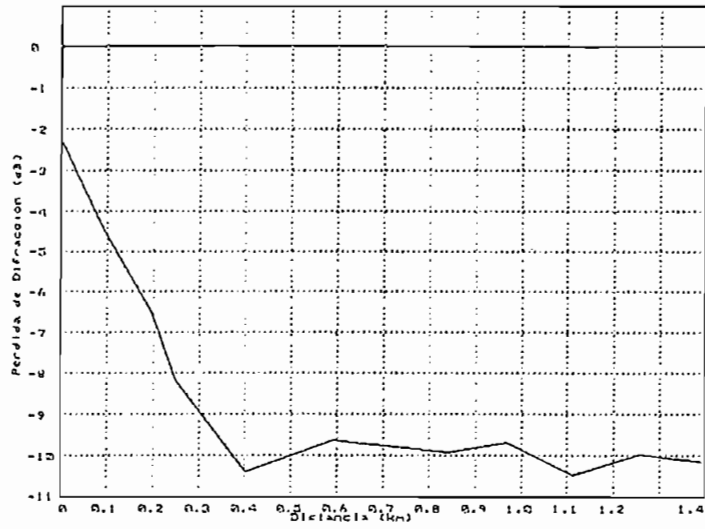
Sistema 2: Quito Centro2

Celda: Panecillo

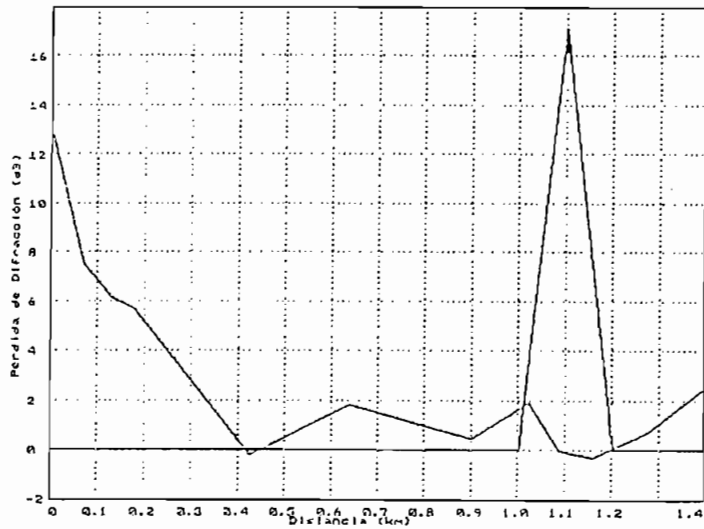
Altura del centro de radiación(SNM): 2936 m.

Altura de la antena del abonado: 9m.

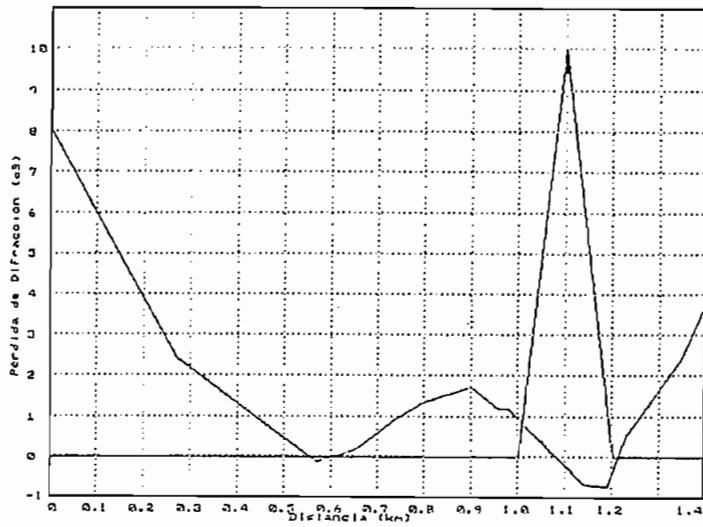
Radial: 144°



Radial: 163°



Radial: 180°



PATHLOSS - Resultado de cobertura por radiales

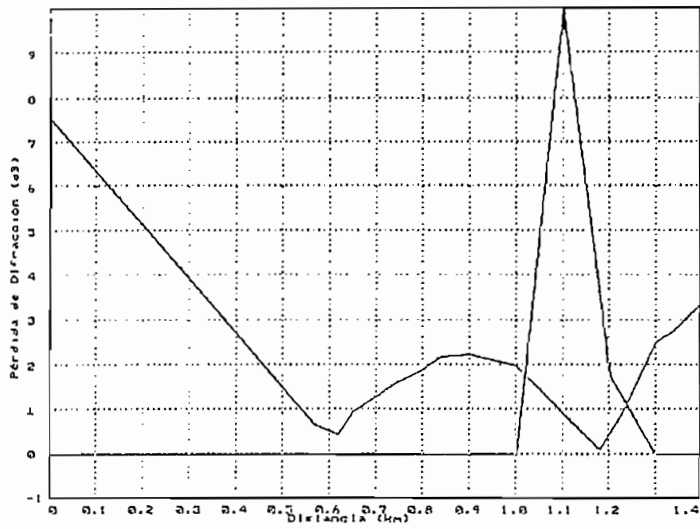
Sistema 2: Quito Centro2

Celda: Panecillo

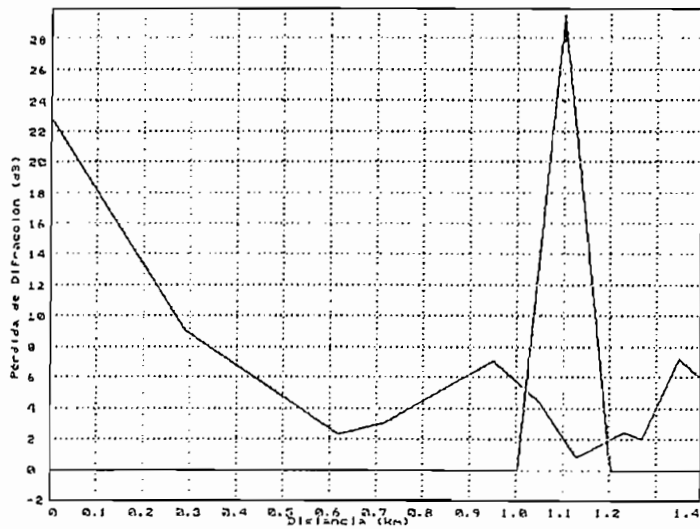
Altura del centro de radiación(SNM): 2936 m.

Altura de la antena del abonado: 9m.

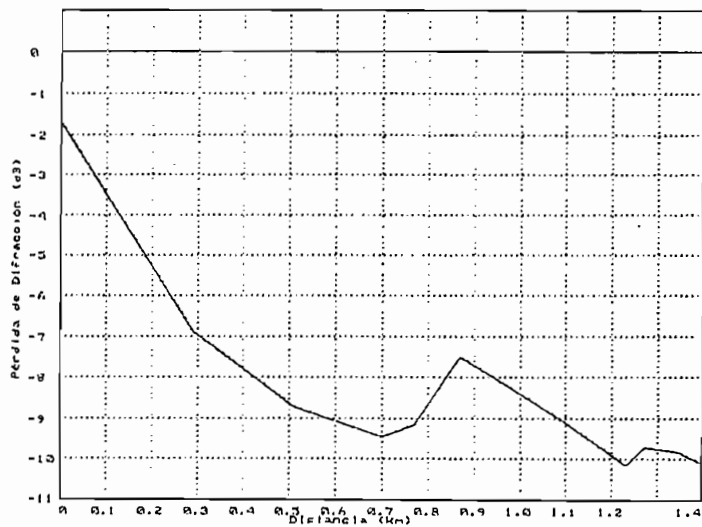
Radial: 185°



Radial: 190°



Radial: 193°



PATHLOSS - Resultado de cobertura por radiales

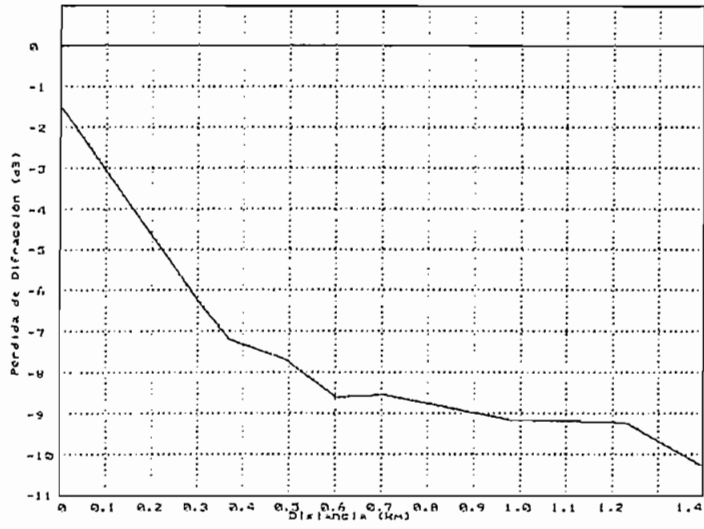
Sistema 2: Quito Centro2

Celda: Panecillo

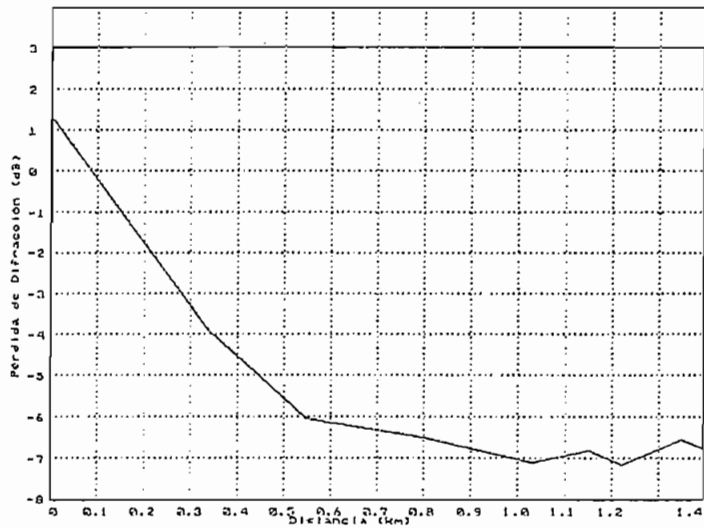
Altura del centro de radiación(SNM): 2936 m.

Altura de la antena del abonado: 9m.

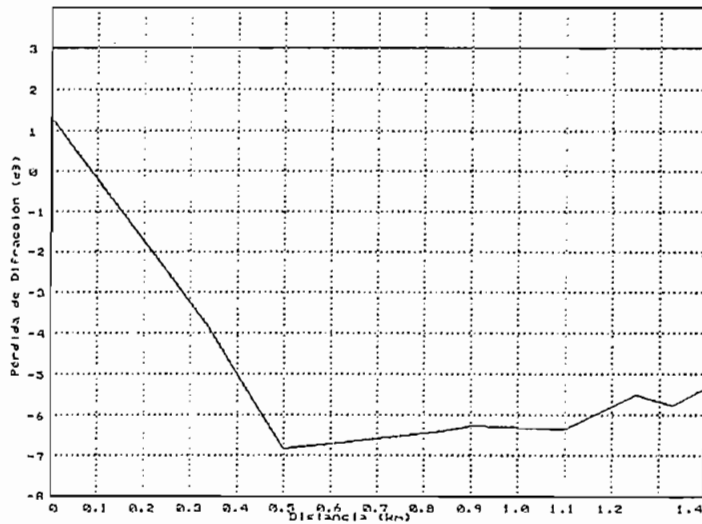
Radial: 198°



Radial: 206°



Radial: 213°



PATHLOSS - Resultado de cobertura por radiales

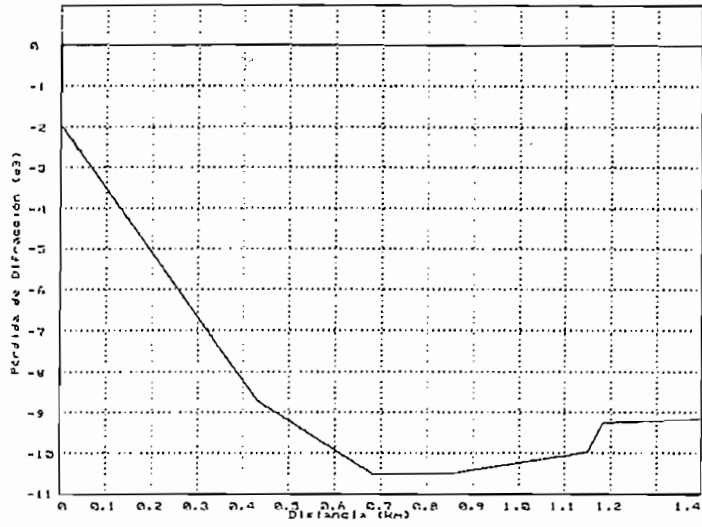
Sistema 2: Quito Centro2

Celda: Panecillo

Altura del centro de radiación(SNM): 2936 m.

Altura de la antena del abonado: 9m.

Radial: 224°



PATHLOSS - Resultado de cobertura por radiales

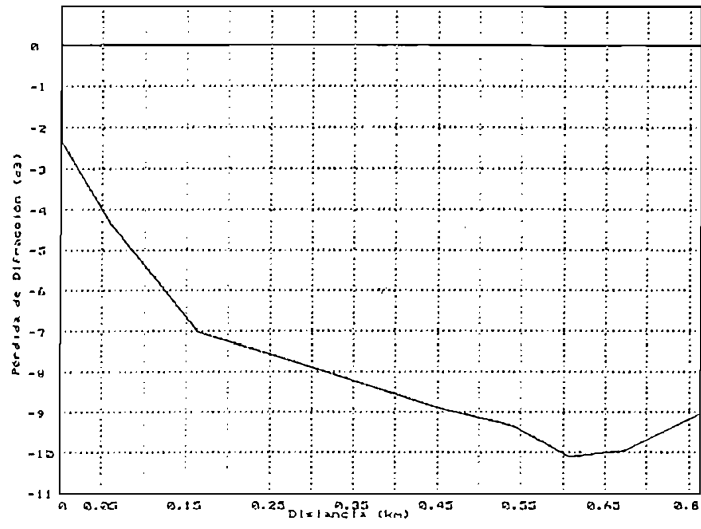
Sistema 2: Quito Centro 2

Celda: Itchimbía

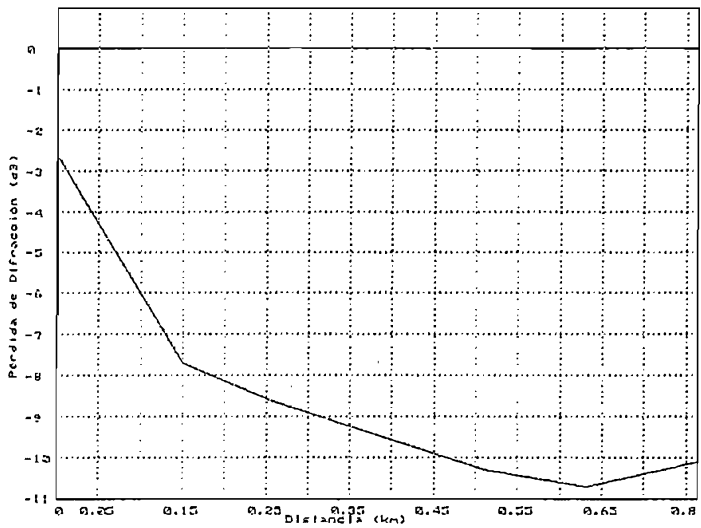
Altura del centro de radiación(SNM): 2886 m.

Altura de la antena del abonado: 9m.

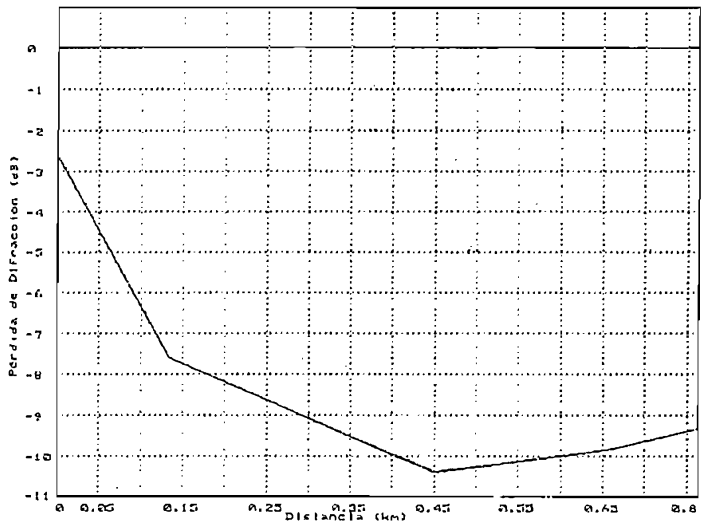
Radial: 0°



Radial: 15°



Radial: 30°



PATHLOSS - Resultado de cobertura por radiales

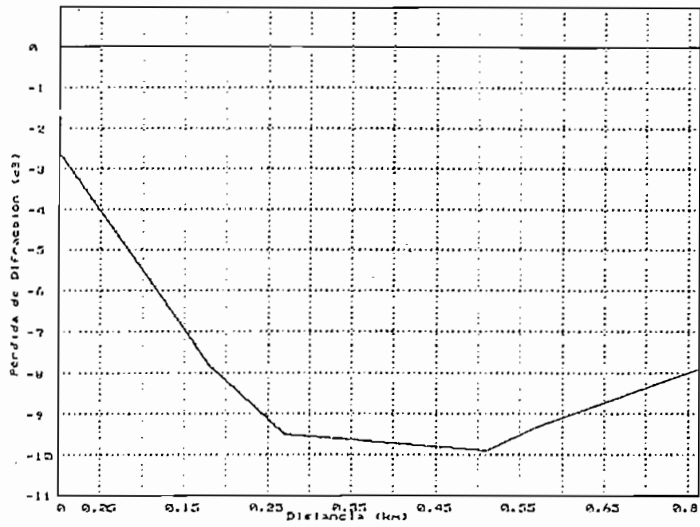
Sistema 2: Quito Centro 2

Celda: Itchimbía

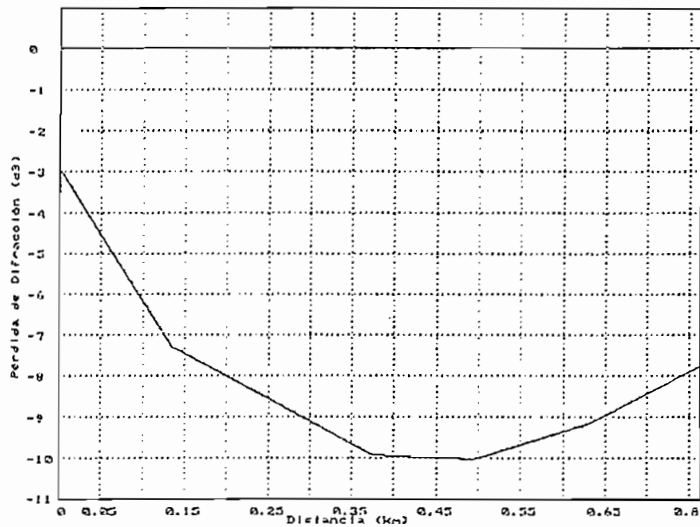
Altura del centro de radiación(SNM): 2886 m.

Altura de la antena del abonado: 9m.

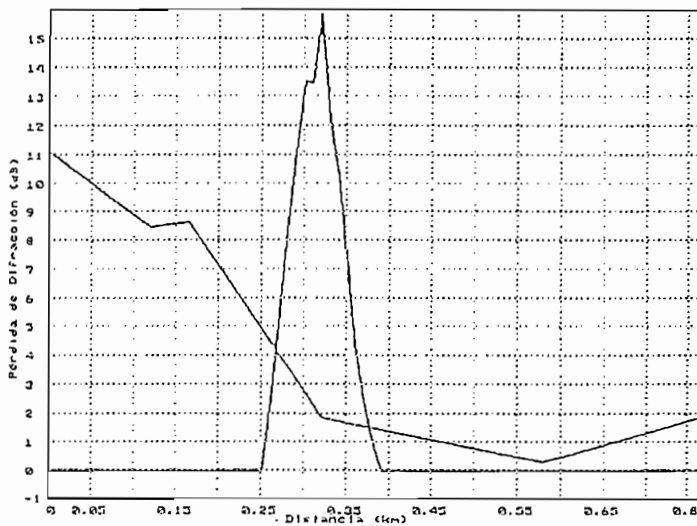
Radial: 45°



Radial:60°



Radial: 75°



PATHLOSS - Resultado de cobertura por radiales

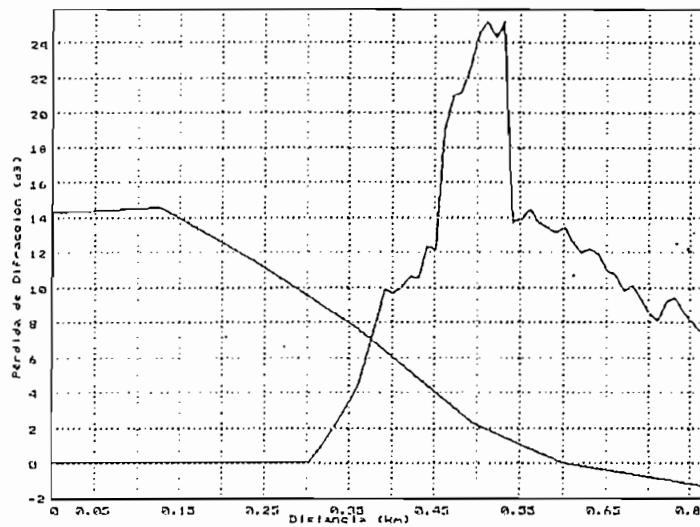
Sistema 2: Quito Centro 2

Celda: Itchimbla

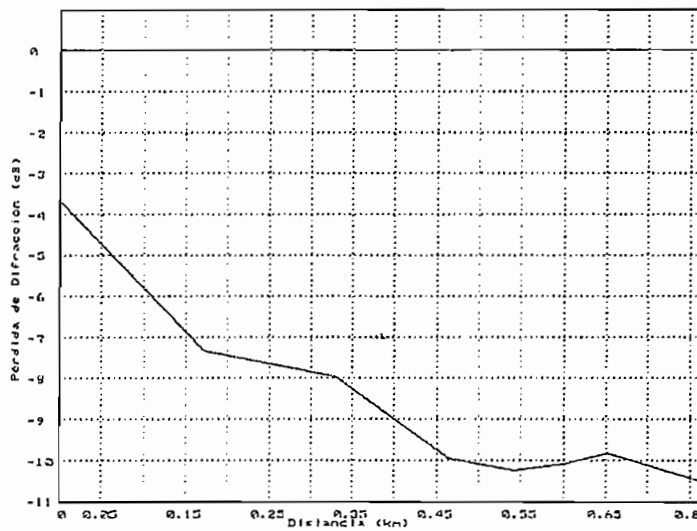
Altura del centro de radiación(SNM): 2886 m.

Altura de la antena del abonado: 9m.

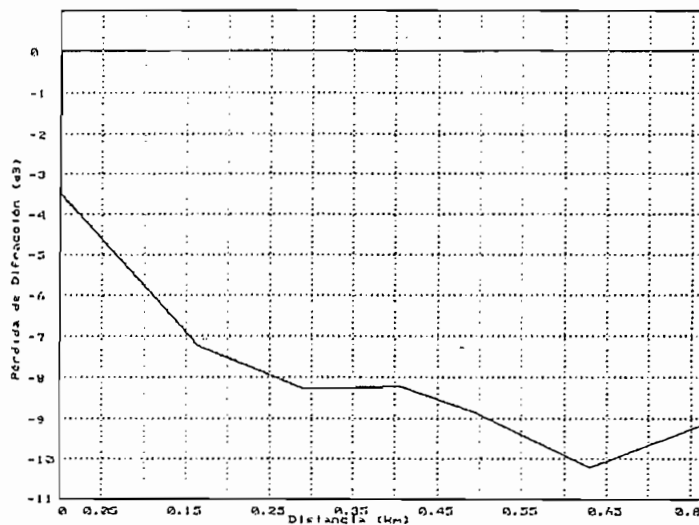
Radial:90°



Radial: 330°



Radial: 345°



PATHLOSS - Resultado de cobertura por radiales

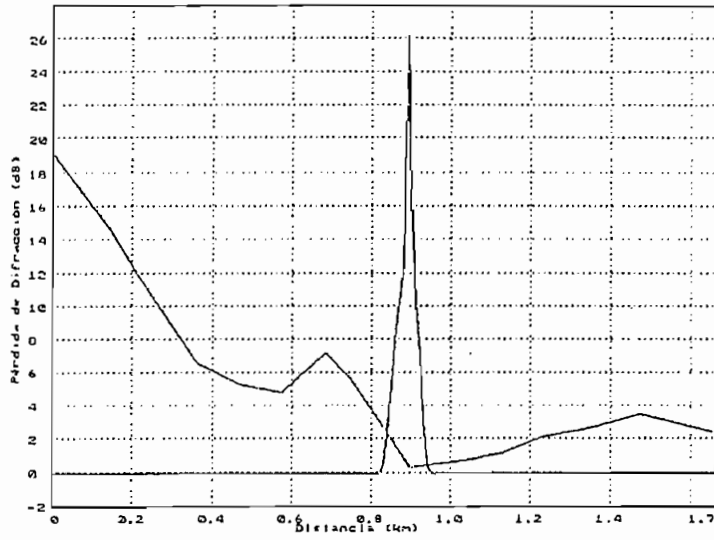
Sistema 3: San Juan

Celda: San Juan

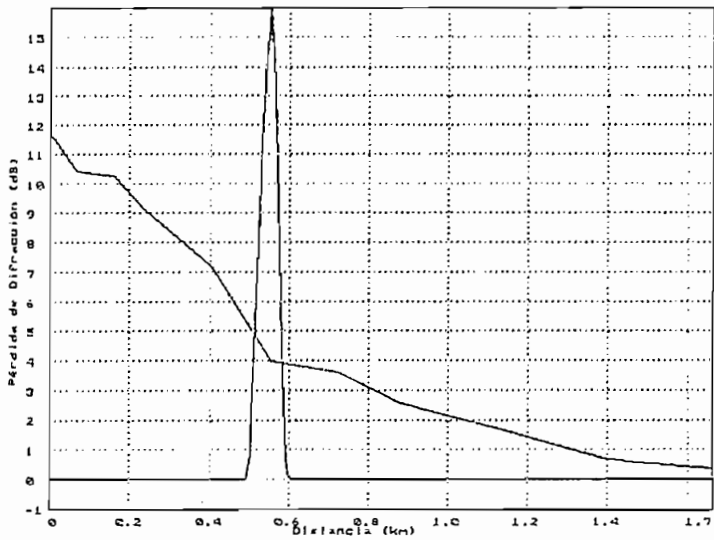
Altura del centro de radiación(SNM): 2998 m.

Altura de la antena del abonado: 9m.

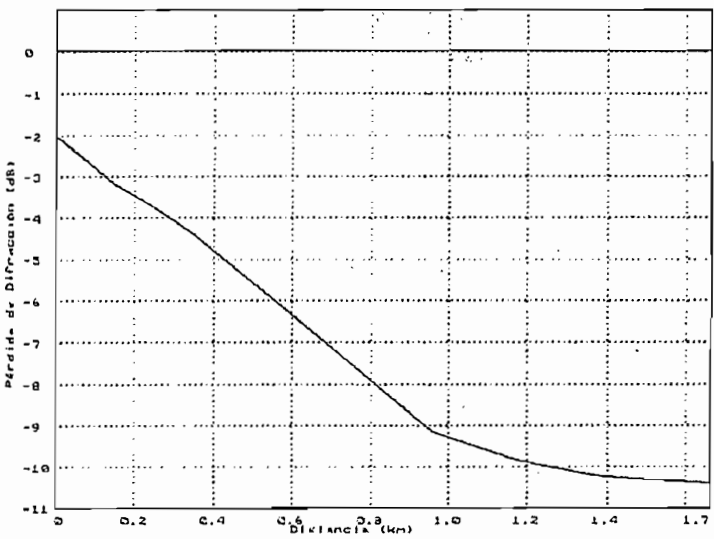
Radial: 122°



Radial: 145°



Radial: 170°



PATHLOSS - Resultado de cobertura por radiales

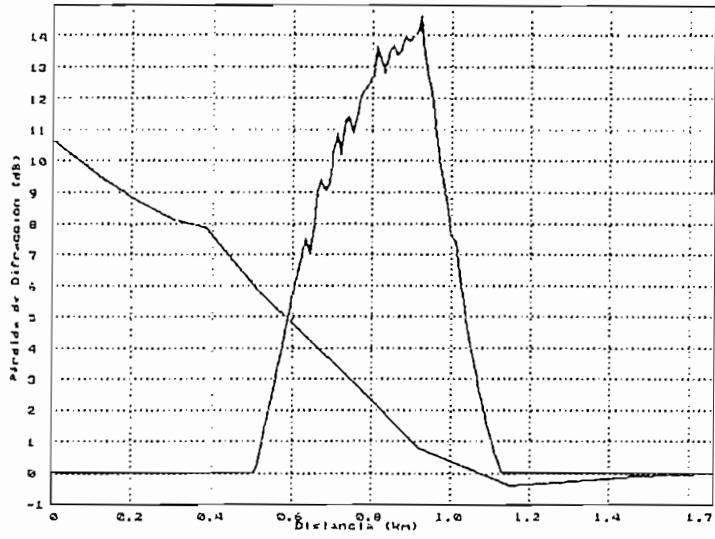
Sistema 3: San Juan

Celda: San Juan

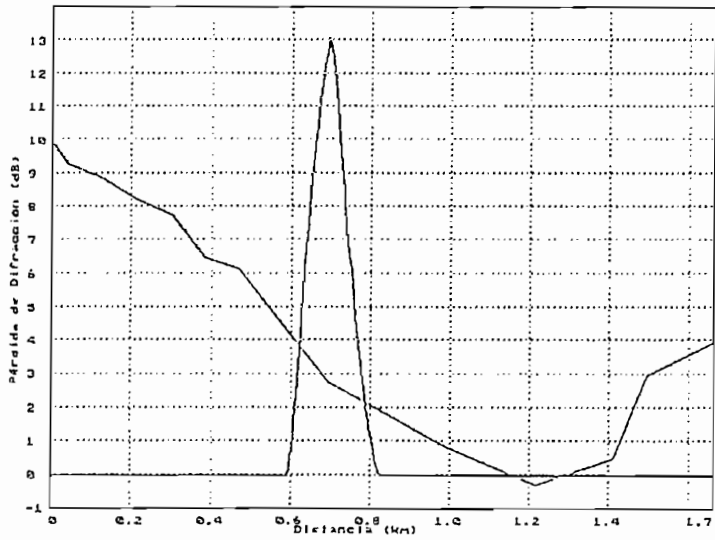
Altura del centro de radiación(SNM): 2998 m.

Altura de la antena del abonado: 9m.

Radial: 195°



Radial: 220°



PATHLOSS - Resultado de cobertura por radiales

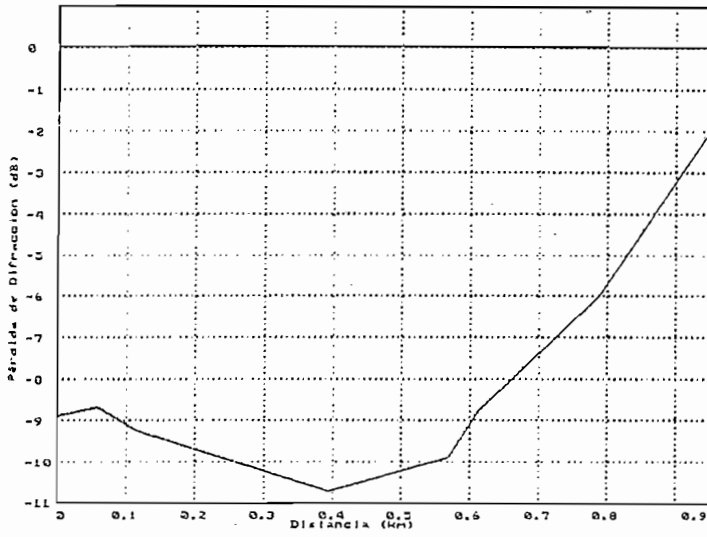
Sistema 4: El Placer

Celda: El Placer

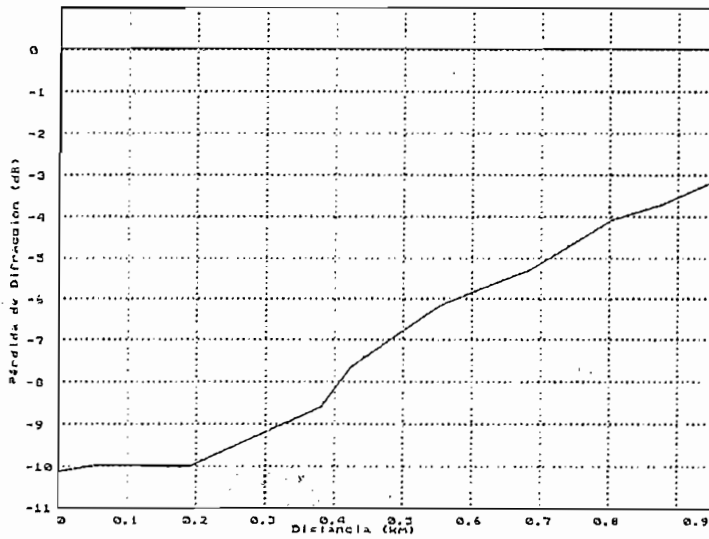
Altura del centro de radiación(SNM): 2963 m.

Altura de la antena del abonado: 9m.

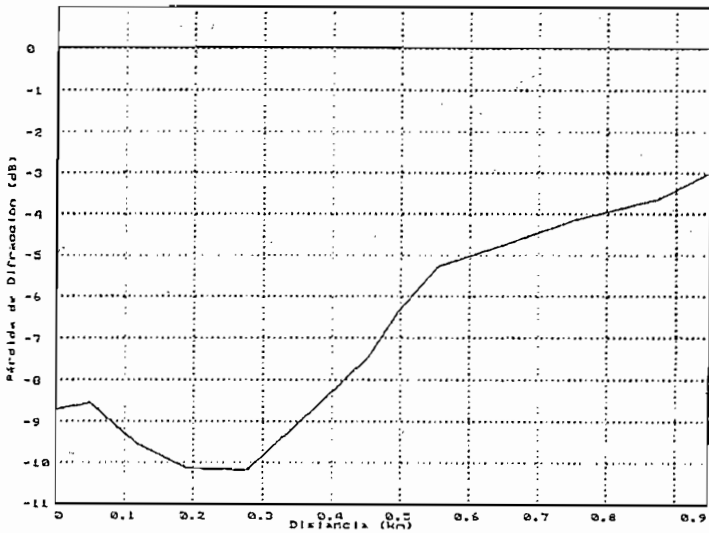
Radial: 12°



Radial: 52°



Radial: 76°



PATHLOSS - Resultado de cobertura por radiales

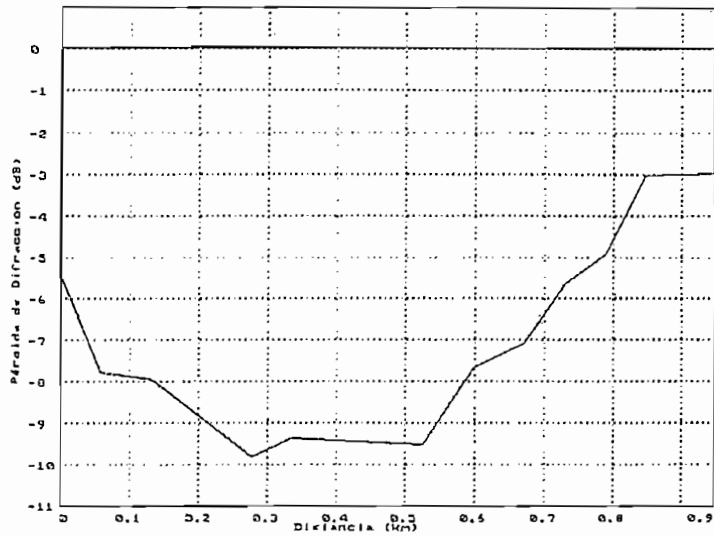
Sistema 4: El Placer

Celda: El Placer

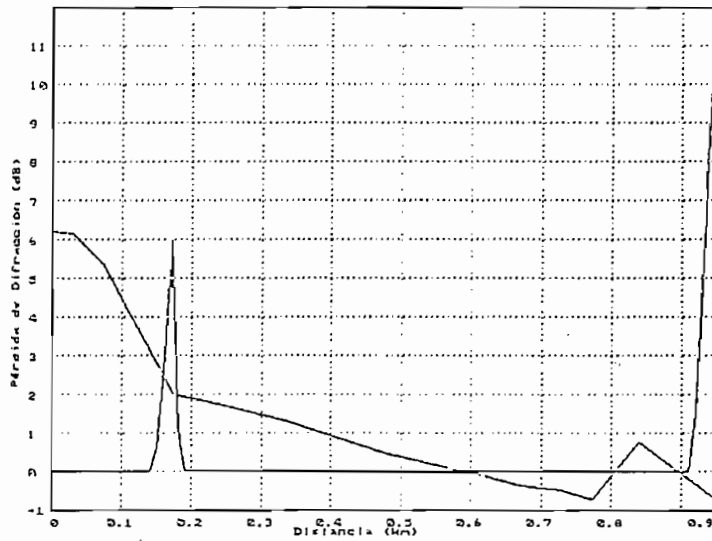
Altura del centro de radiación(SNM): 2963 m.

Altura de la antena del abonado: 9m.

Radial: 126°



Radial: 246°



PATHLOSS - Resultado de cobertura por radiales

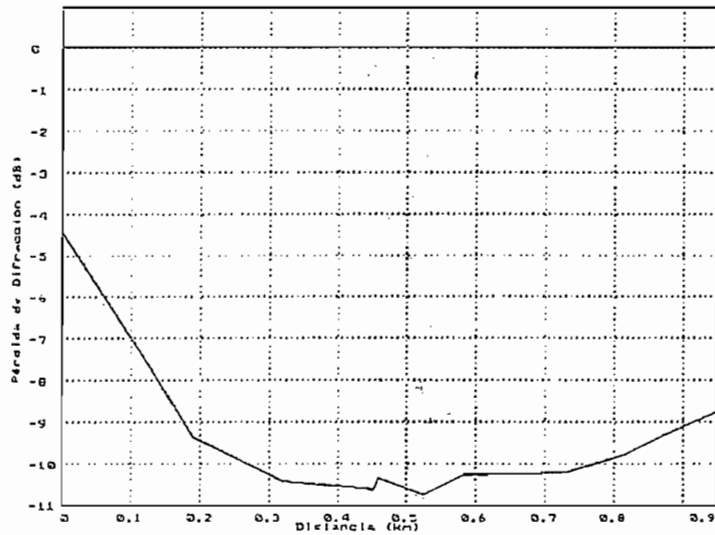
Sistema 4: El Placer

Celda: El Placer

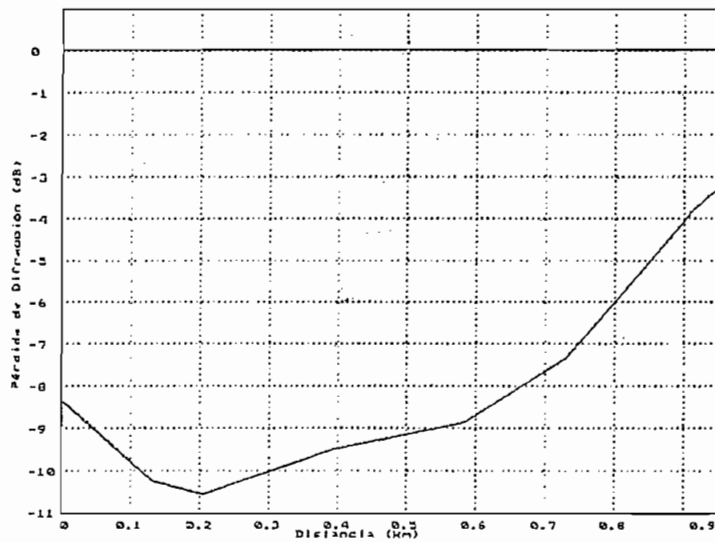
Altura del centro de radiación(SNM): 2963 m.

Altura de la antena del abonado: 9m.

Radial: 292°



Radial: 332°



PATHLOSS - Resultado de cobertura por radiales

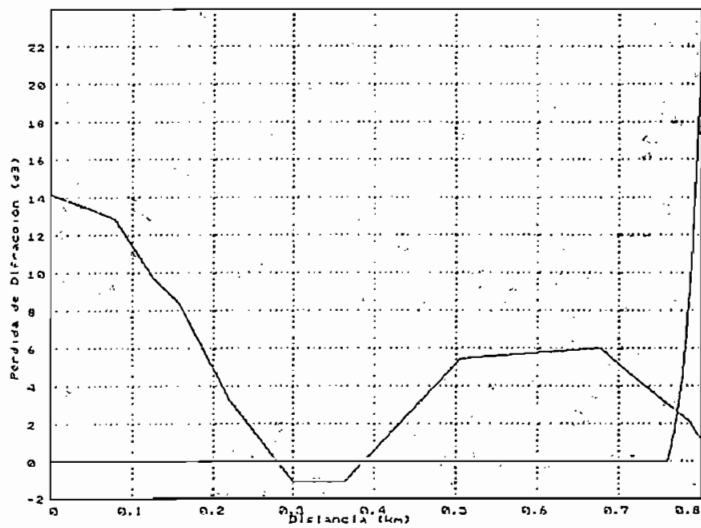
Sistema 5: La Tola

Celda: La Tola

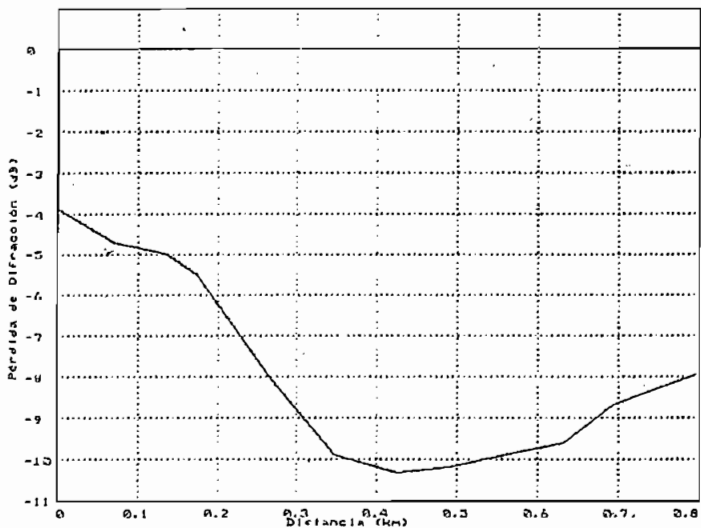
Altura del centro de radiación(SNM): 2877 m.

Altura de la antena del abonado: 9m.

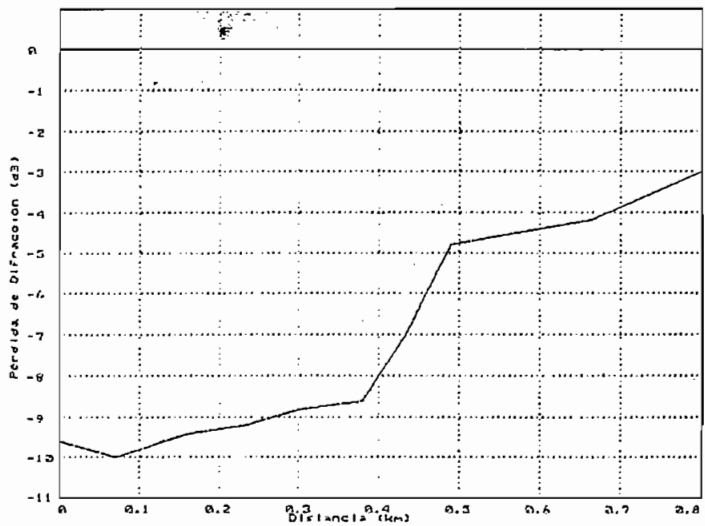
Radial: 0°



Radial: 42°



Radial: 95°



PATHLOSS - Resultado de cobertura por radiales

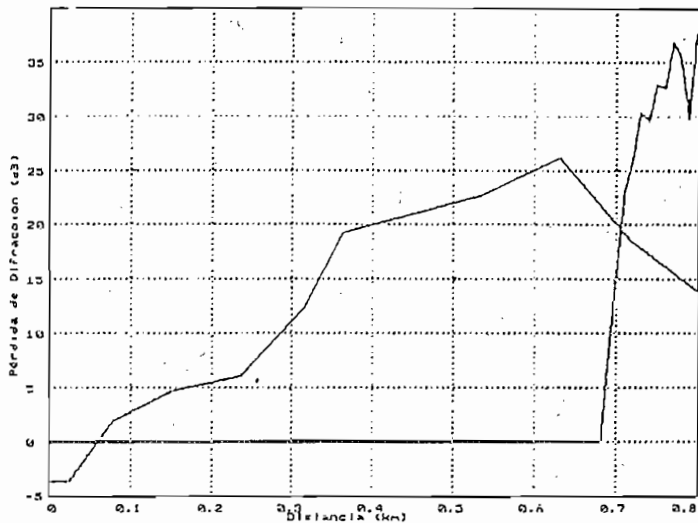
Sistema 5: La Tola

Celda: La Tola

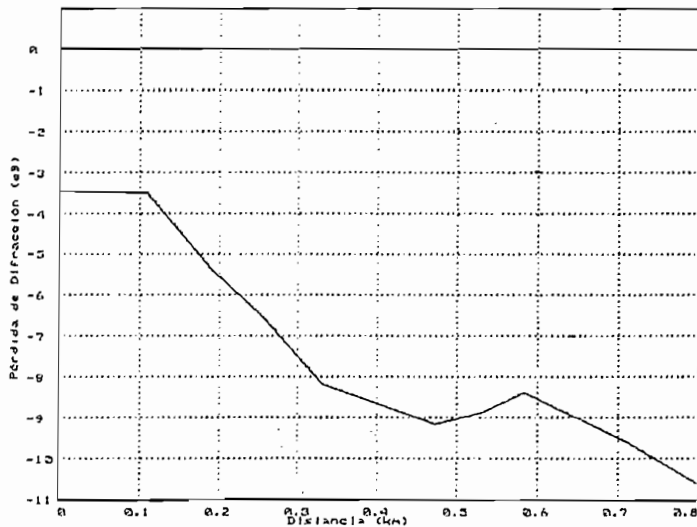
Altura del centro de radiación(SNM): 2877 m.

Altura de la antena del abonado: 9m.

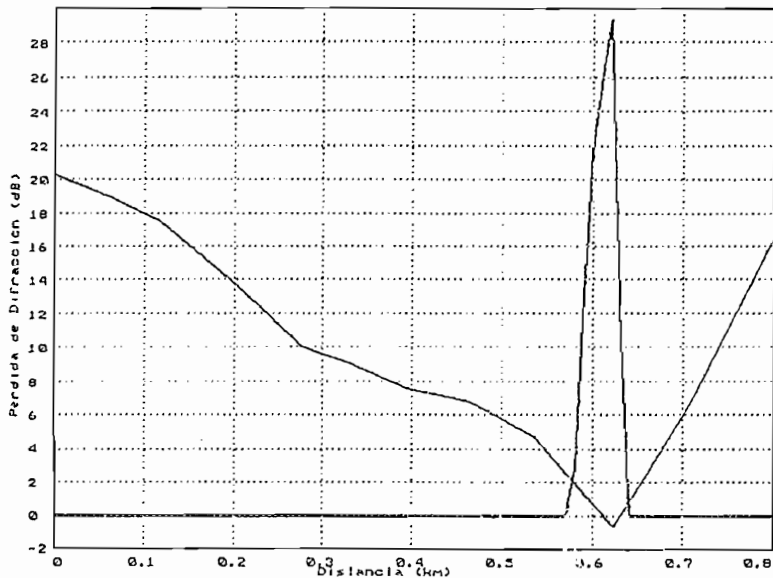
Radial: 137°



Radial: 169°



Radial: 210°



PATHLOSS - Resultado de cobertura por radiales

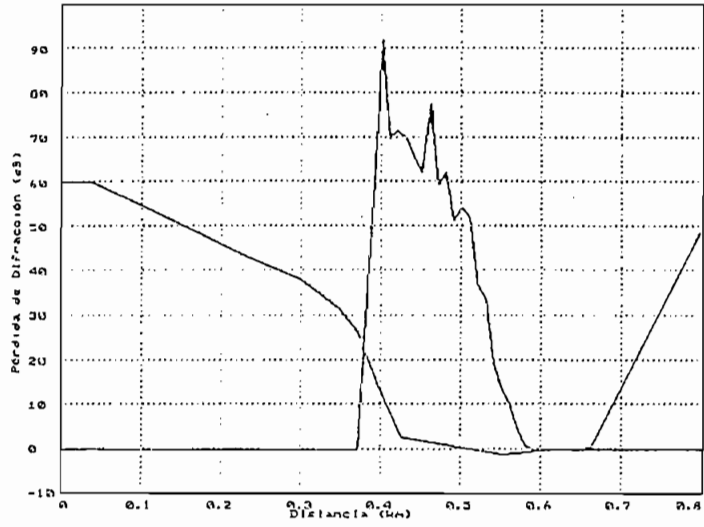
Sistema 5: La Tola

Celda: La Tola

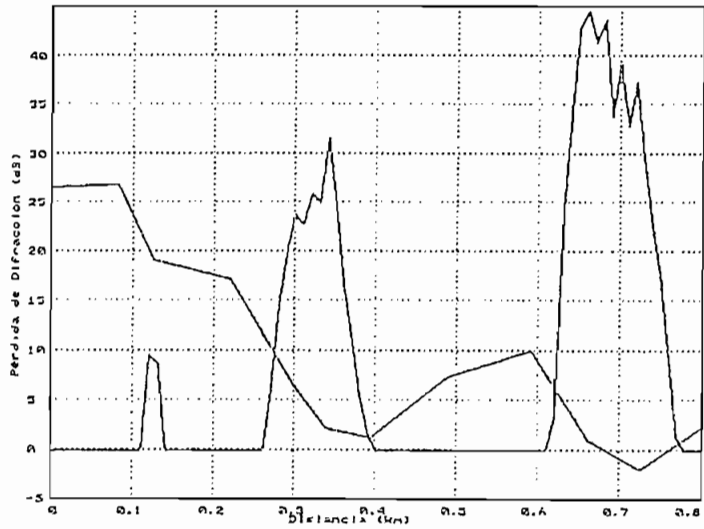
Altura del centro de radiación(SNM): 2877 m.

Altura de la antena del abonado: 9m.

Radial: 268°



Radial: 331°



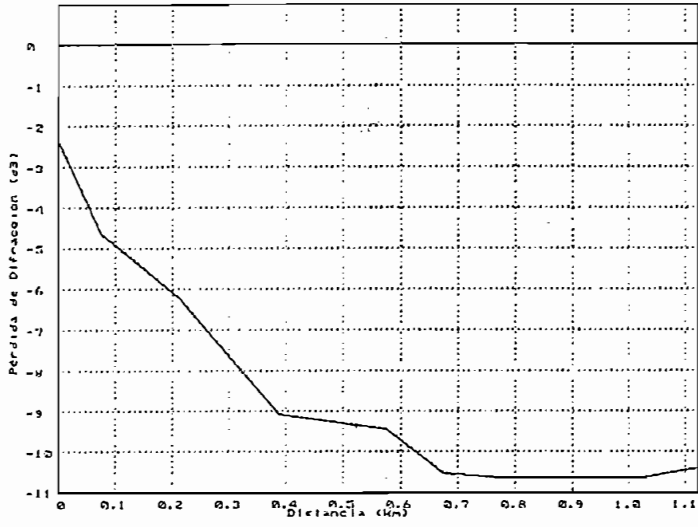
Sistema 6: IGM

Celda: IGM

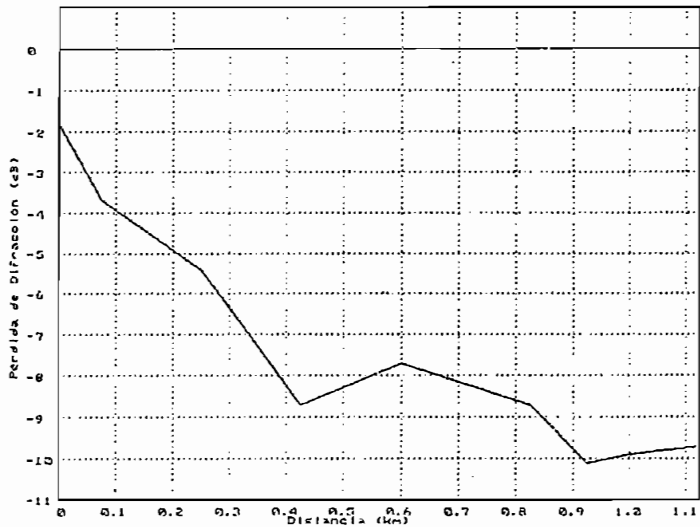
Altura del centro de radiación(SNM): 2888 m.

Altura de la antena del abonado: 9m.

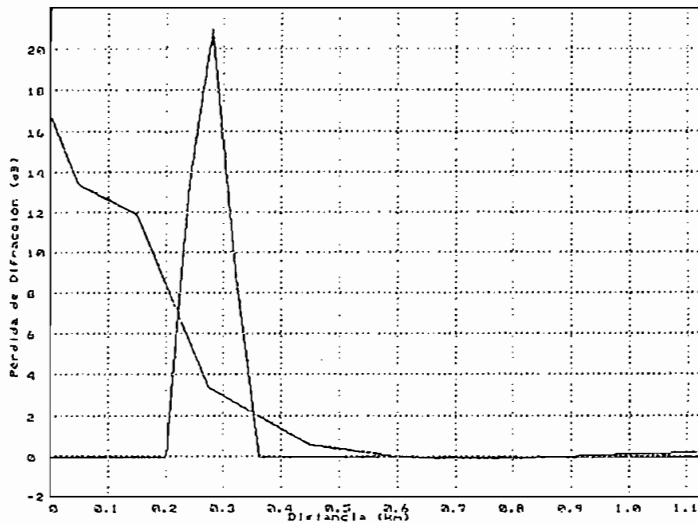
Radial: 0°



Radial: 18°



Radial:70°



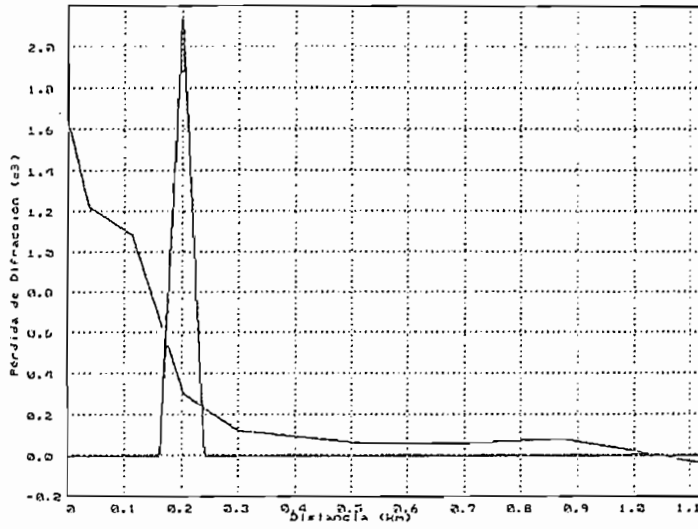
Sistema 6: IGM

Celda: IGM

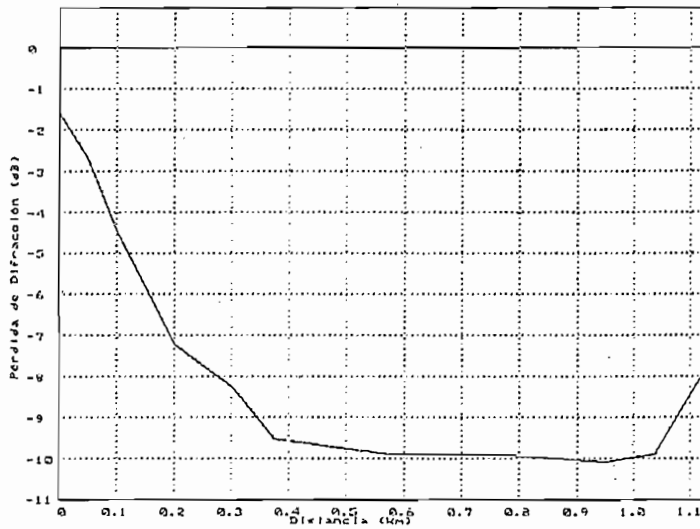
Altura del centro de radiación(SNM): 2888 m.

Altura de la antena del abonado: 9m.

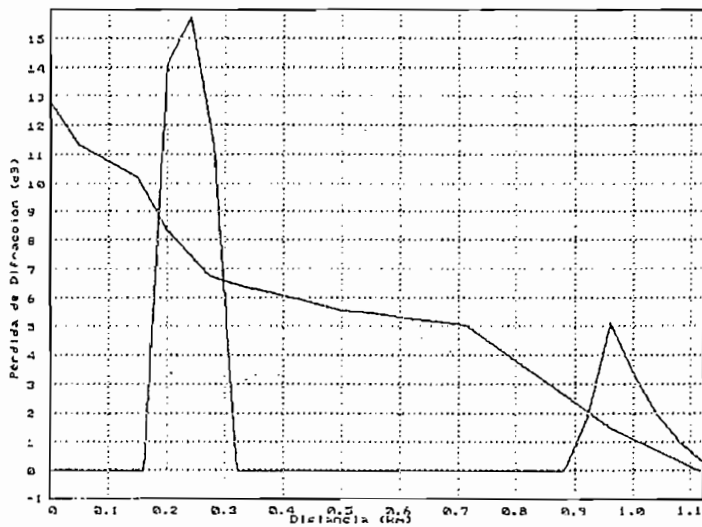
Radial: 120°



Radial: 155°

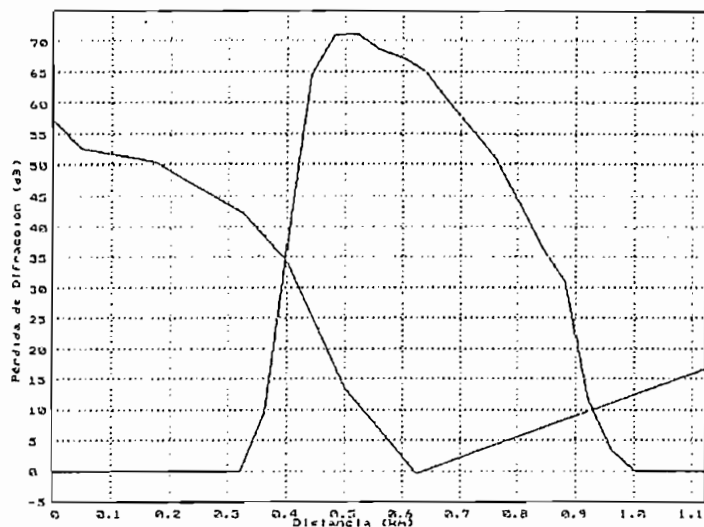


Radial: 193°

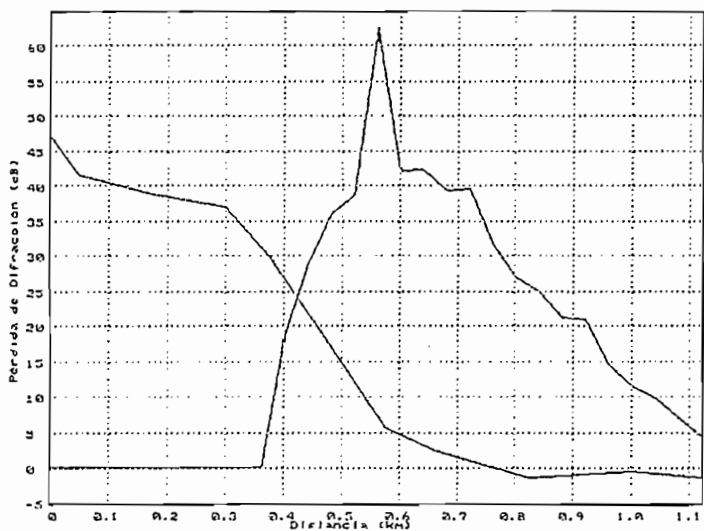


Sistema 6: IGM
 Celda: IGM
 Altura del centro de radiación(SNM): 2888 m.
 Altura de la antena del abonado: 9m.

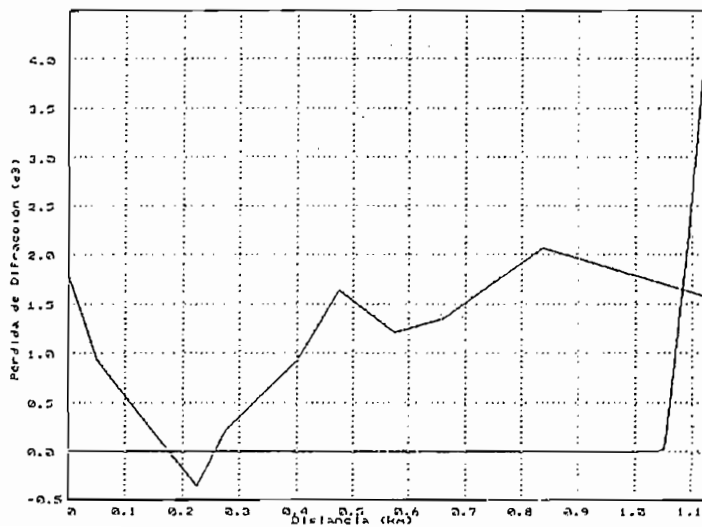
Radial: 244°



Radial: 284°



Radial: 302°



PATHLOSS - Resultado de cobertura por radiales

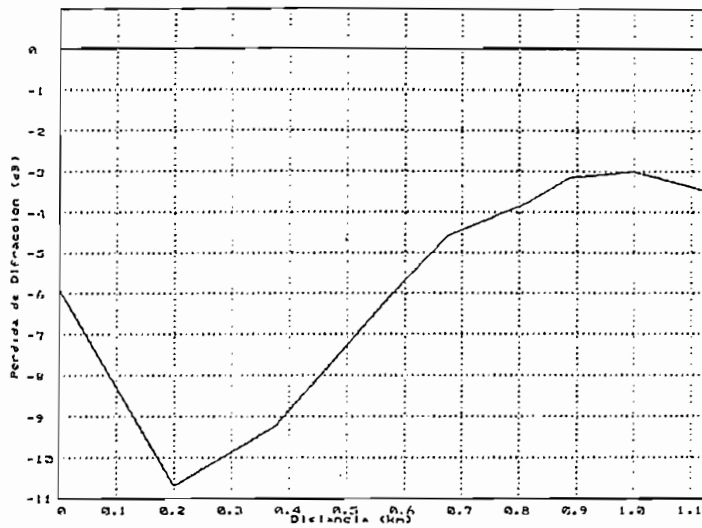
Sistema 6: IGM

Celda: IGM

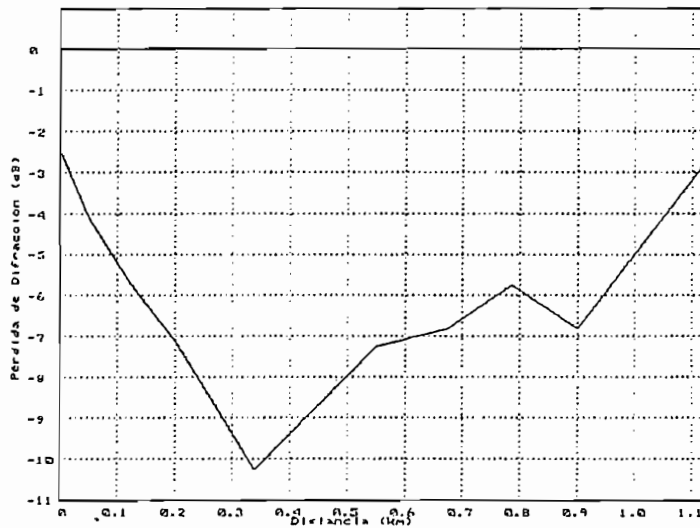
Altura del centro de radiación(SNM): 2888 m.

Altura de la antena del abonado: 9m.

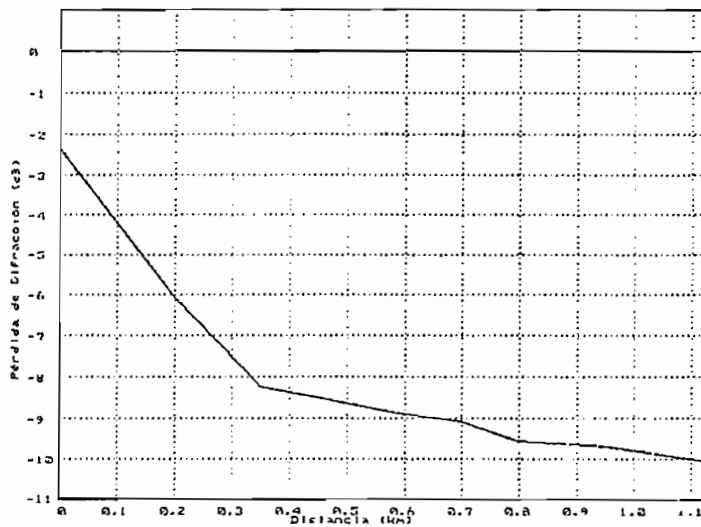
Radial: 314°



Radial: 334°

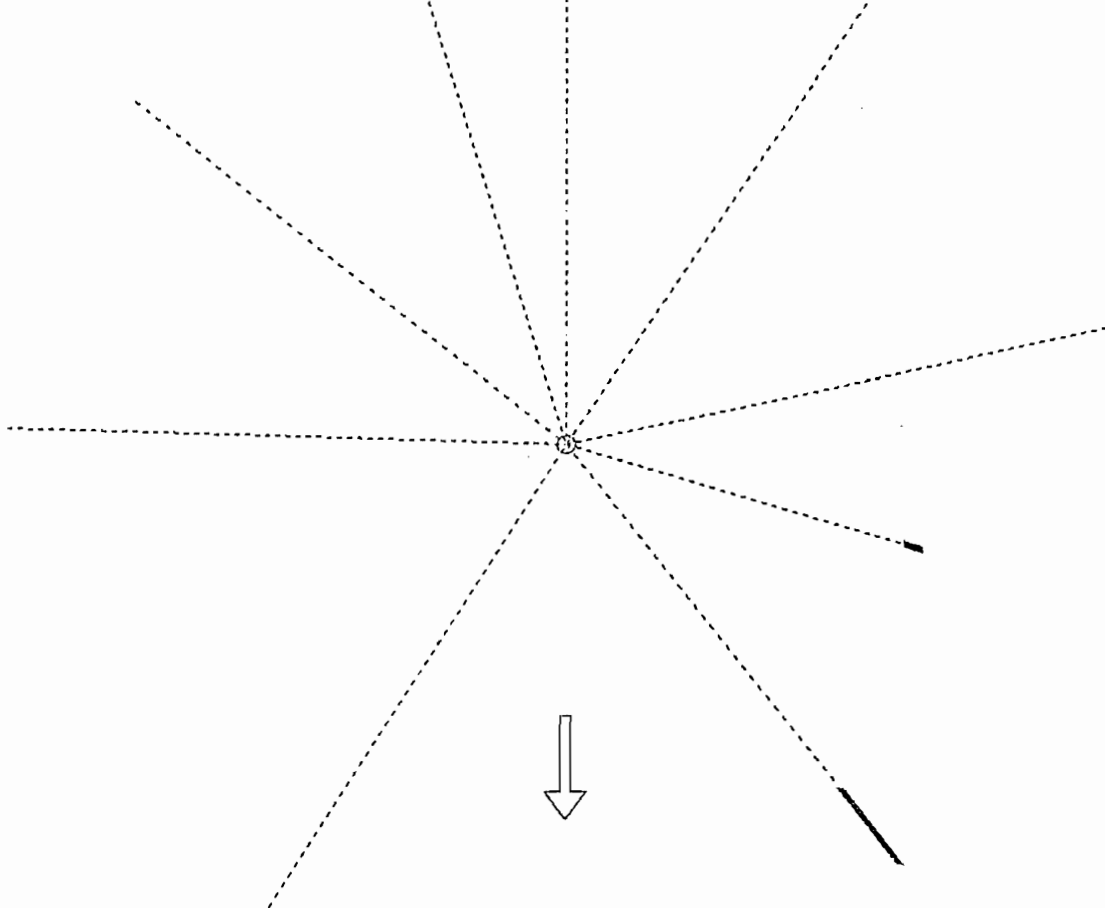


Radial: 349°

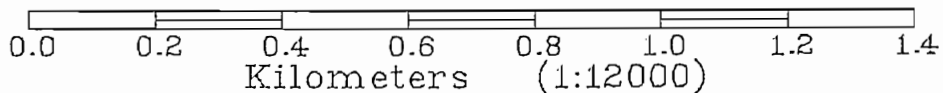


ANEXO 6

PREDICCIÓN DE COBERTURA CON VARIOS NIVELES DE RECEPCIÓN EN UNA CELDA ESPECÍFICA UTILIZANDO PATHLOSS Y DIAGRAMA FINAL DE COBERTURA PARA EL SECTOR CENTRO DE QUITO CONSIDERANDO EL DOWNTILT.

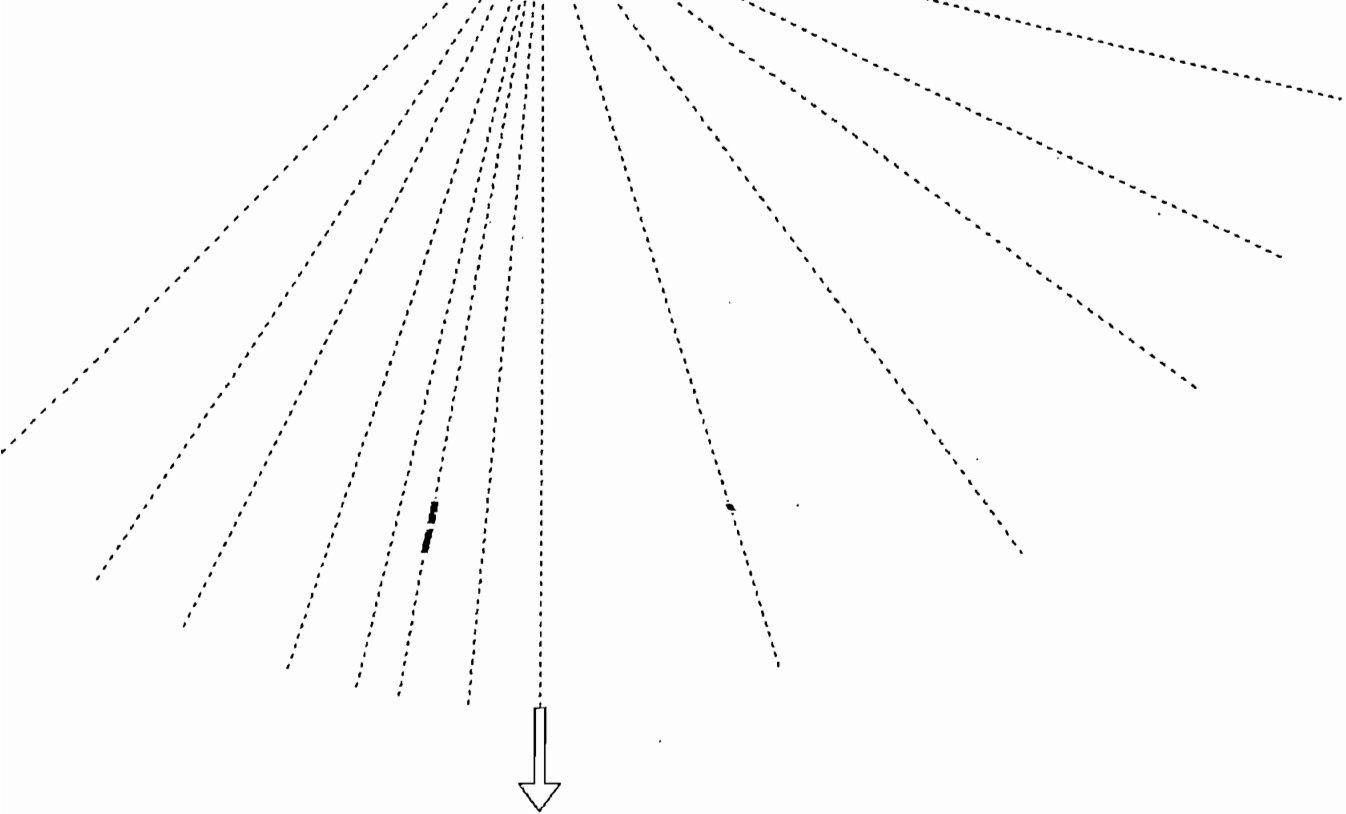


Quito Centro

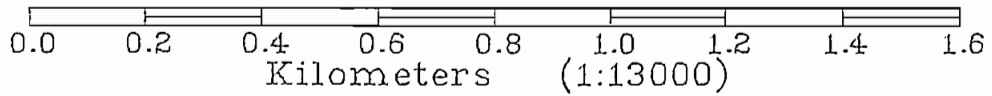


Latitude : 000 12 54.4 S
 Longitude : 078 30 38.1 W
 Elevation : 2838.0 meters
 Fixed Antenna Height : 25.0 meters
 Fixed Antenna Gain : 11.9 dBd
 Fixed Antenna Pattern : OMNI.PAT
 Fixed Antenna Bearing : 0.0 deg
 Mobile Antenna Height : 9.0 meters
 Mobile Antenna Gain : 9.9 dBd
 Transmit Power : -8.0 dBw
 Transmitter Losses : -4.1 dB
 Receiver Sensitivity : -118.0 dBw
 Receiver Losses : -4.9 dB
 Frequency : 1930.0 MHz
 Diffraction Algorithm : Pathloss

LEGEND : Receive Signal (dBm)
 ----- Greater than -76.00
 _____ Greater than -88.00
 _____ Less than -88.00

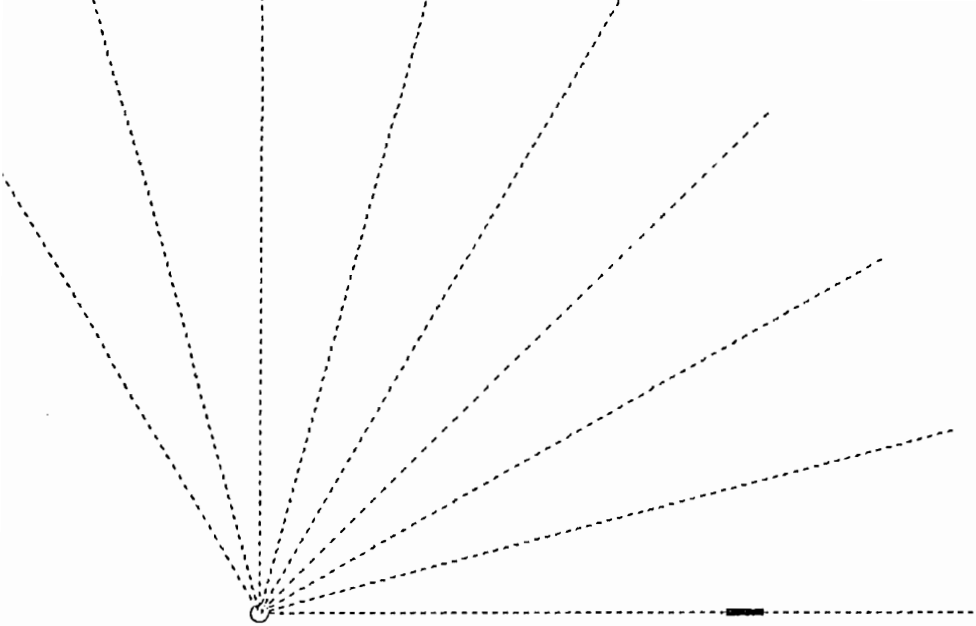


Panecillo

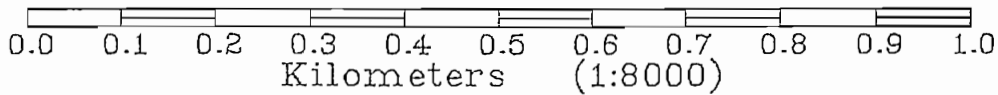


Latitude : 000 13 27.0 S
 Longitude : 078 30 54.0 W
 Elevation : 2924.0 meters
 Fixed Antenna Height : 12.0 meters
 Fixed Antenna Gain : 11.9 dBd
 Fixed Antenna Pattern : OMNI.PAT
 Fixed Antenna Bearing : 0.0 deg
 Mobile Antenna Height : 9.0 meters
 Mobile Antenna Gain : 9.9 dBd
 Transmit Power : -8.0 dBw
 Transmitter Losses : -4.1 dB
 Receiver Sensitivity : -118.0 dBw
 Receiver Losses : -4.9 dB
 Frequency : 1930.0 MHz
 Diffraction Algorithm : Pathloss

LEGEND : Receive Signal (dBm)
 ----- Greater than -76.00
 _____ Greater than -88.00
 _____ Less than -88.00

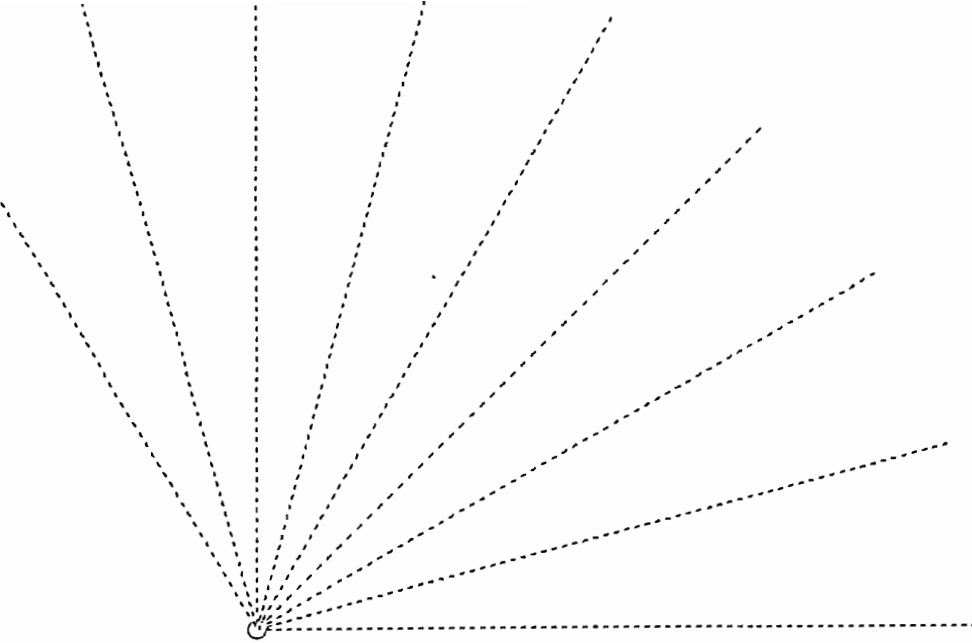


ITCHIMBIA

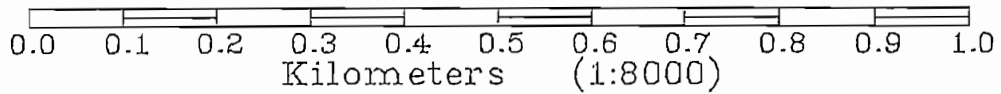


Latitude : 000 13 05.4 S
 Longitude : 078 30 04.2 W
 Elevation : 2874.0 meters
 Fixed Antenna Height : 12.0 meters
 Fixed Antenna Gain : 11.9 dBd
 Fixed Antenna Pattern : OMNI.PAT
 Fixed Antenna Bearing : 0.0 deg
 Mobile Antenna Height : 9.0 meters
 Mobile Antenna Gain : 9.9 dBd
 Transmit Power : -8.0 dBw
 Transmitter Losses : -4.1 dB
 Receiver Sensitivity : -118.0 dBw
 Receiver Losses : -4.9 dB
 Frequency : 1930.0 MHz
 Diffraction Algorithm : Pathloss

LEGEND : Receive Signal (dBm)
 ----- Greater than -76.00
 _____ Greater than -88.00
 _____ Less than -88.00

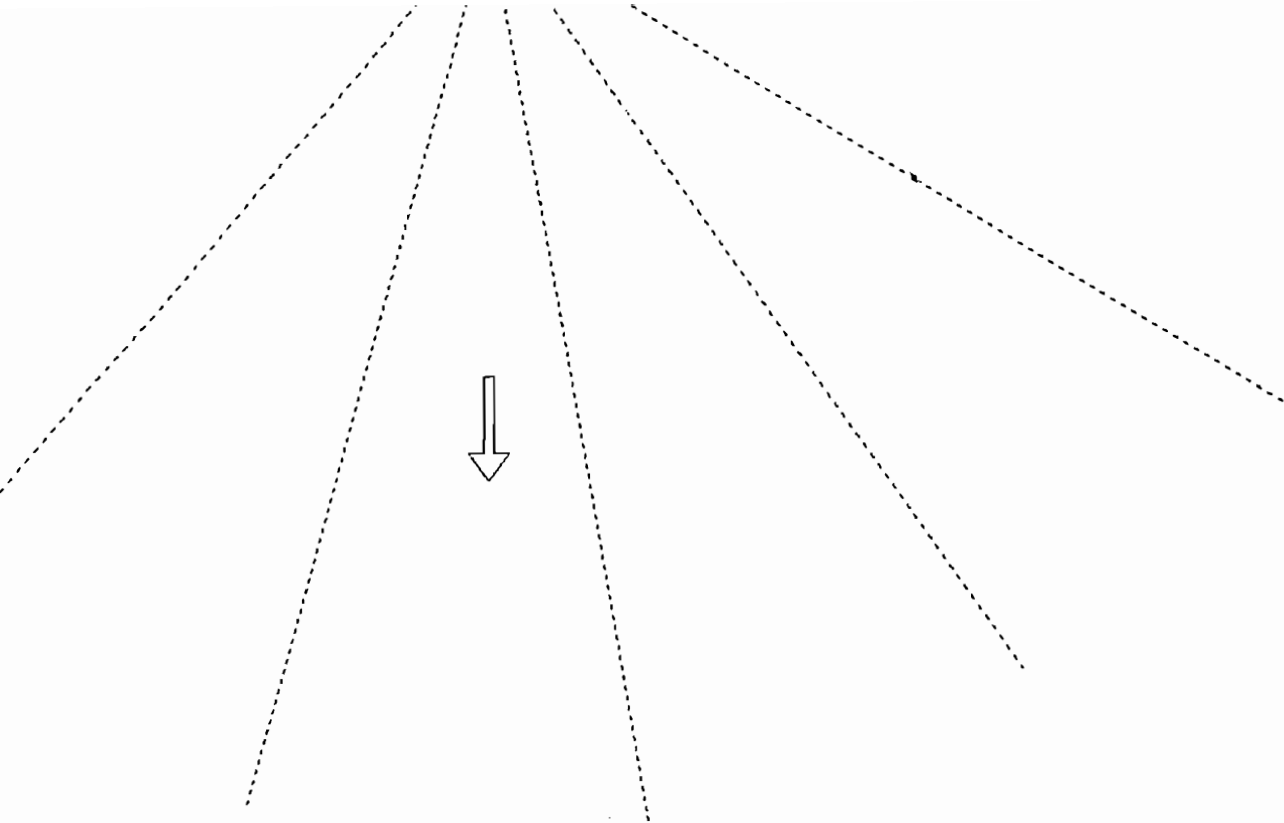


ITCHIMBIA

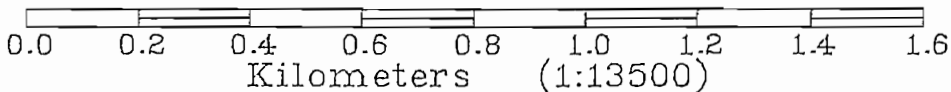


Latitude : 000 13 05.4 S
 Longitude : 078 30 04.2 W
 Elevation : 2874.0 meters
 Fixed Antenna Height : 12.0 meters
 Fixed Antenna Gain : 14.5 dBd
 Fixed Antenna Pattern : OMNI.PAT
 Fixed Antenna Bearing : 0.0 deg
 Mobile Antenna Height : 9.0 meters
 Mobile Antenna Gain : 9.9 dBd
 Transmit Power : -8.0 dBw
 Transmitter Losses : -4.1 dB
 Receiver Sensitivity : -118.0 dBw
 Receiver Losses : -4.9 dB
 Frequency : 1930.0 MHz
 Diffraction Algorithm : Pathloss

LEGEND : Receive Signal (dBm)
 ----- Greater than -76.00
 _____ Greater than -88.00
 Less than -88.00

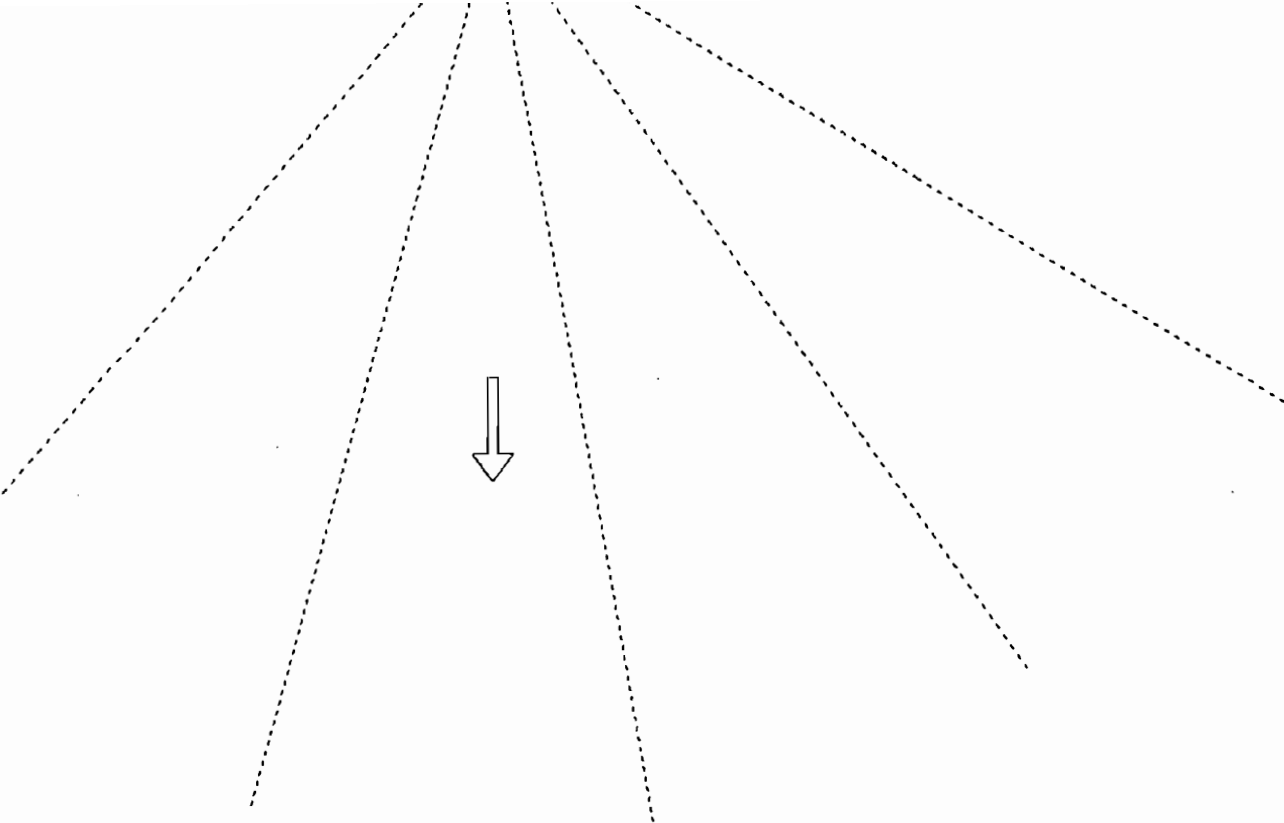


San Juan

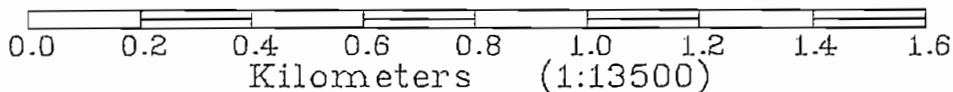


Latitude : 000 12 27.8 S
 Longitude : 078 30 43.0 W
 Elevation : 2978.0 meters
 Fixed Antenna Height : 20.0 meters
 Fixed Antenna Gain : 11.9 dBd
 Fixed Antenna Pattern : OMNI.PAT
 Fixed Antenna Bearing : 0.0 deg
 Mobile Antenna Height : 9.0 meters
 Mobile Antenna Gain : 9.9 dBd
 Transmit Power : -8.0 dBw
 Transmitter Losses : -4.1 dB
 Receiver Sensitivity : -118.0 dBw
 Receiver Losses : -4.9 dB
 Frequency : 1930.0 MHz
 Diffraction Algorithm : Pathloss

LEGEND : Receive Signal (dBm)
 ----- Greater than -76.00
 _____ Greater than -88.00
 _____ Less than -88.00

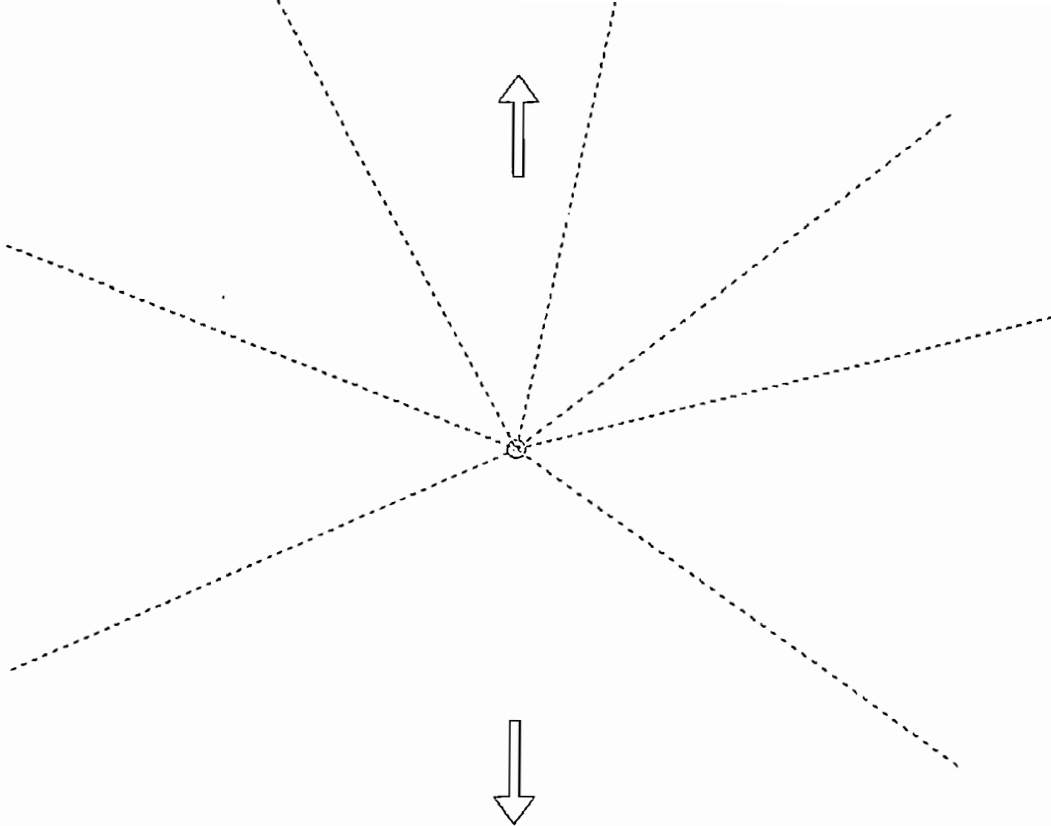


San Juan

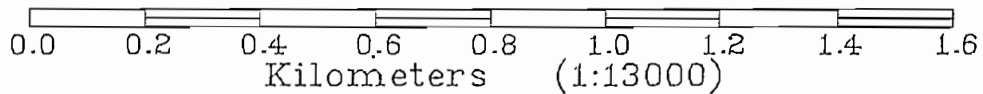


Latitude : 000 12 27.8 S
 Longitude : 078 30 43.0 W
 Elevation : 2978.0 meters
 Fixed Antenna Height : 20.0 meters
 Fixed Antenna Gain : 14.5 dBd
 Fixed Antenna Pattern : OMNI.PAT
 Fixed Antenna Bearing : 0.0 deg
 Mobile Antenna Height : 9.0 meters
 Mobile Antenna Gain : 12.9 dBd
 Transmit Power : -8.0 dBw
 Transmitter Losses : -4.1 dB
 Receiver Sensitivity : -118.0 dBw
 Receiver Losses : -4.9 dB
 Frequency : 1930.0 MHz
 Diffraction Algorithm : Pathloss

LEGEND : Receive Signal (dBm)
 ----- Greater than -76.00
 _____ Greater than -88.00
 _____ Less than -88.00

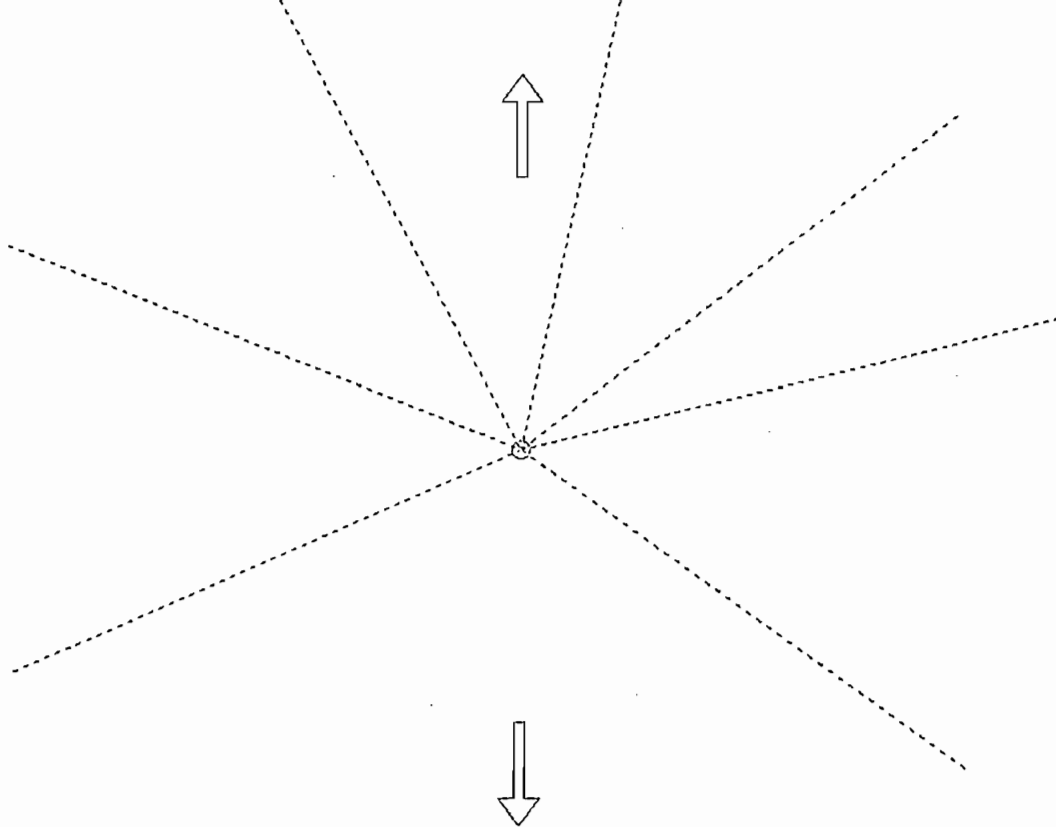


El Placer

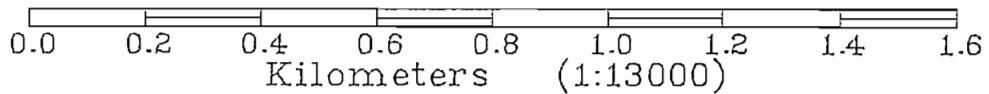


Latitude : 000 12 50.0 S
 Longitude : 078 31 01.4 W
 Elevation : 2943.0 meters
 Fixed Antenna Height : 20.0 meters
 Fixed Antenna Gain : 11.9 dBd
 Fixed Antenna Pattern : OMNI.PAT
 Fixed Antenna Bearing : 0.0 deg
 Mobile Antenna Height : 9.0 meters
 Mobile Antenna Gain : 9.9 dBd
 Transmit Power : -8.0 dBw
 Transmitter Losses : -4.1 dB
 Receiver Sensitivity : -118.0 dBw
 Receiver Losses : -4.9 dB
 Frequency : 1930.0 MHz
 Diffraction Algorithm : Pathloss

LEGEND : Receive Signal (dBm)
 ----- Greater than -76.00
 _____ Greater than -88.00
 _____ Less than -88.00

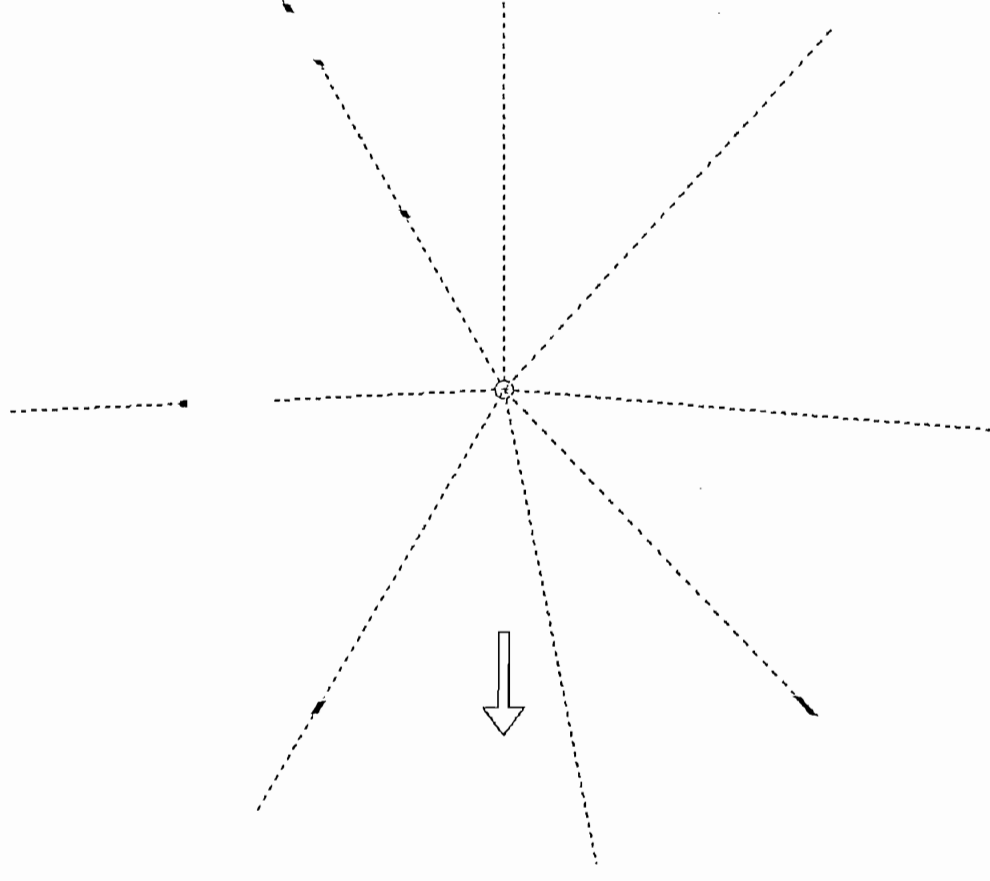


El Placer

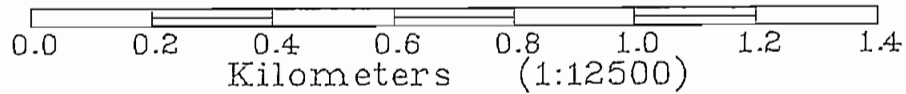


Latitude : 000 12 50.0 S
 Longitude : 078 31 01.4 W
 Elevation : 2943.0 meters
 Fixed Antenna Height : 20.0 meters
 Fixed Antenna Gain : 10.5 dBd
 Fixed Antenna Pattern : OMNIPAT
 Fixed Antenna Bearing : 0.0 deg
 Mobile Antenna Height : 9.0 meters
 Mobile Antenna Gain : 9.9 dBd
 Transmit Power : -8.0 dBw
 Transmitter Losses : -4.1 dB
 Receiver Sensitivity : -118.0 dBw
 Receiver Losses : -4.9 dB
 Frequency : 1930.0 MHz
 Diffraction Algorithm : Pathloss

LEGEND : Receive Signal (dBm)
 ----- Greater than -76.00
 _____ Greater than -88.00
 _____ Less than -88.00

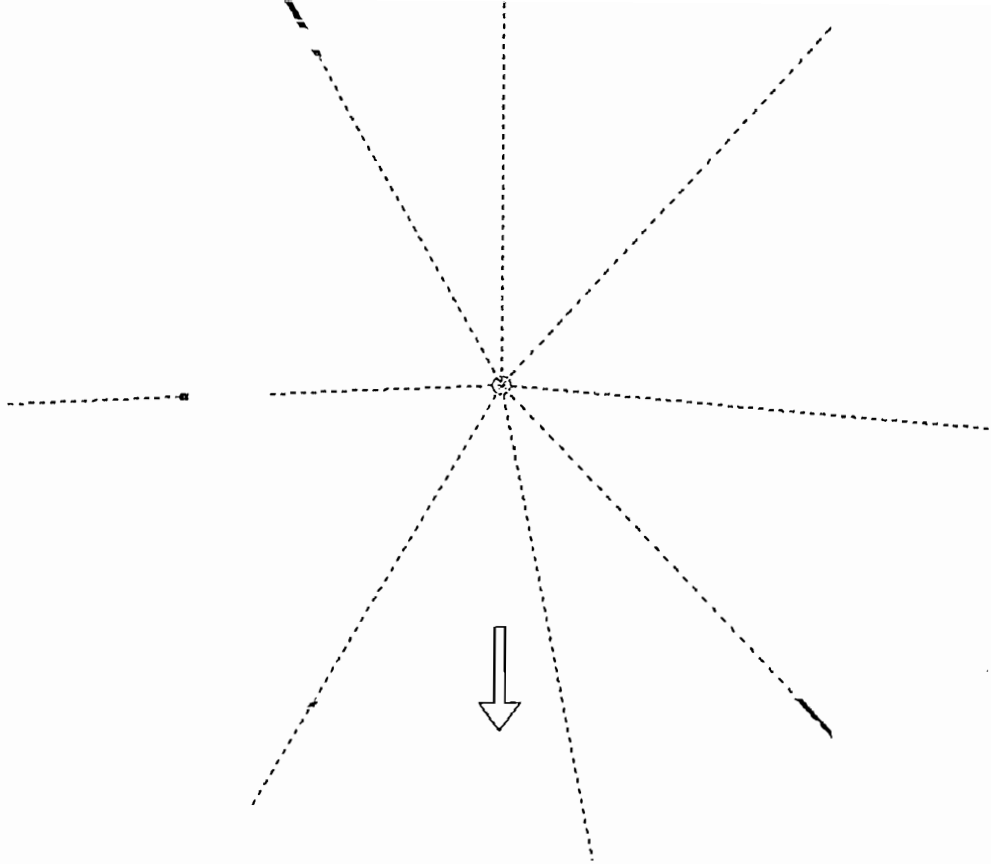


La Tola

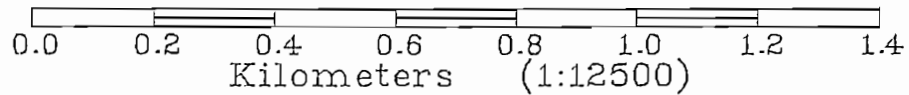


Latitude : 000 13 26.8 S
 Longitude : 078 30 05.8 W
 Elevation : 2847.0 meters
 Fixed Antenna Height : 30.0 meters
 Fixed Antenna Gain : 12.5 dBd
 Fixed Antenna Pattern : OMNI.PAT
 Fixed Antenna Bearing : 0.0 deg
 Mobile Antenna Height : 9.0 meters
 Mobile Antenna Gain : 9.9 dBd
 Transmit Power : -8.0 dBw
 Transmitter Losses : -4.1 dB
 Receiver Sensitivity : -118.0 dBw
 Receiver Losses : -4.9 dB
 Frequency : 1930.0 MHz
 Diffraction Algorithm : Pathloss

LEGEND : Receive Signal (dBm)
 ----- Greater than -76.00
 _____ Greater than -88.00
 _____ Less than -88.00

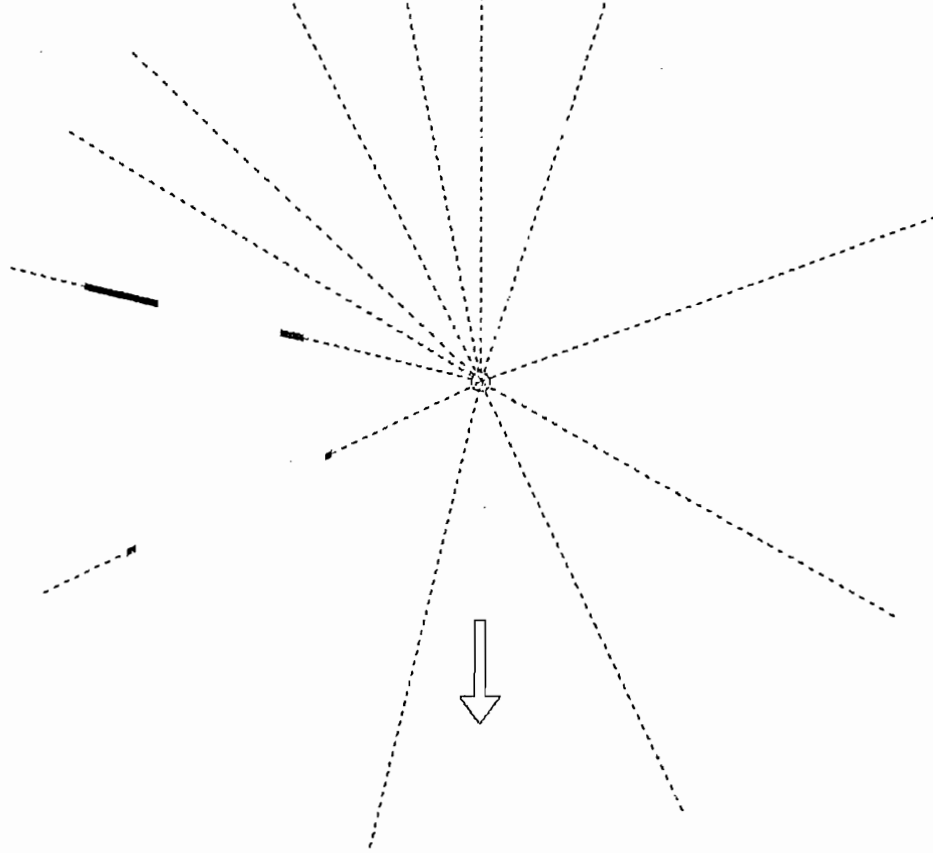


La Tola

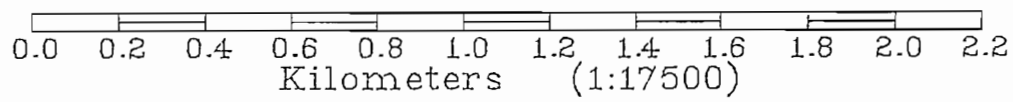


Latitude : 000 13 26.8 S
 Longitude : 078 30 05.8 W
 Elevation : 2847.0 meters
 Fixed Antenna Height : 30.0 meters
 Fixed Antenna Gain : 17.5 dBd
 Fixed Antenna Pattern : OMNI.PAT
 Fixed Antenna Bearing : 0.0 deg
 Mobile Antenna Height : 9.0 meters
 Mobile Antenna Gain : 9.9 dBd
 Transmit Power : -8.0 dBw
 Transmitter Losses : -4.1 dB
 Receiver Sensitivity : -118.0 dBw
 Receiver Losses : -4.9 dB
 Frequency : 1930.0 MHz
 Diffraction Algorithm : Pathloss

LEGEND : Receive Signal (dBm)
 ----- Greater than -76.00
 _____ Greater than -88.00
 _____ Less than -88.00

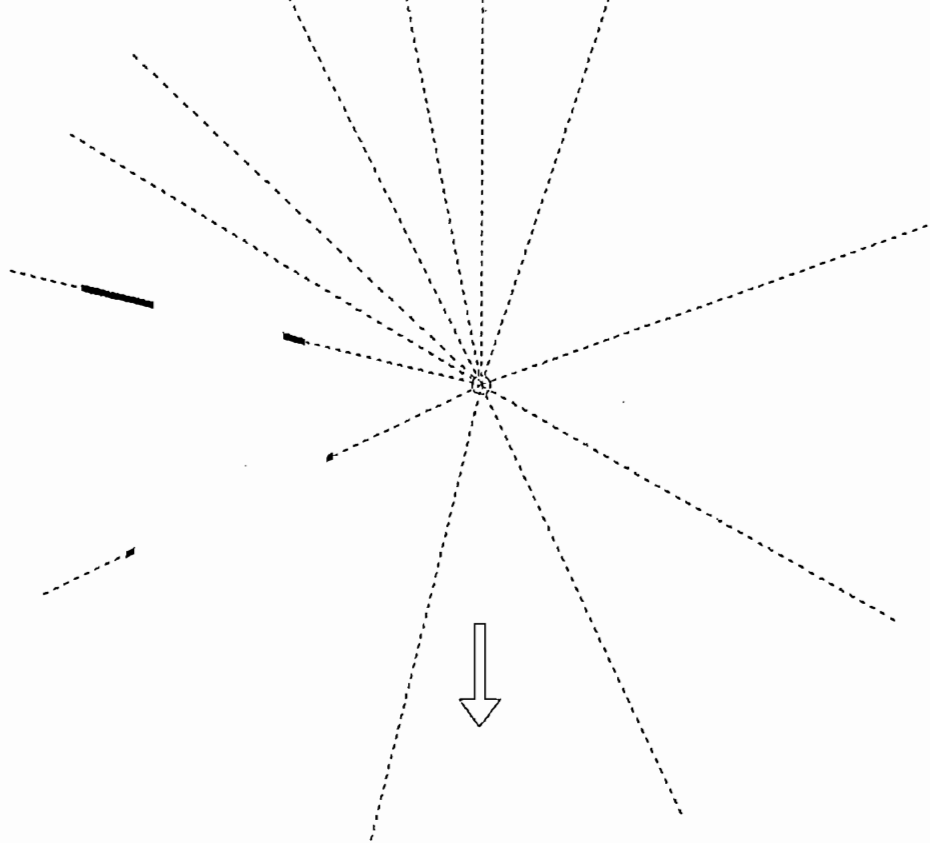


IGM

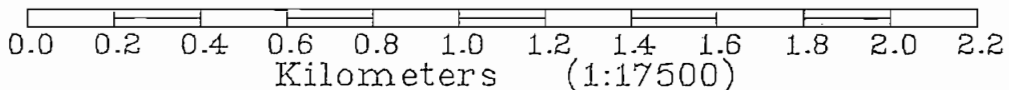


Latitude : 000 12 43.0 S
 Longitude : 078 29 29.6 W
 Elevation : 2880.0 meters
 Fixed Antenna Height : 6.0 meters
 Fixed Antenna Gain : 11.9 dBd
 Fixed Antenna Pattern : OMNI.PAT
 Fixed Antenna Bearing : 0.0 deg
 Mobile Antenna Height : 9.0 meters
 Mobile Antenna Gain : 9.9 dBd
 Transmit Power : -8.0 dBw
 Transmitter Losses : -4.1 dB
 Receiver Sensitivity : -118.0 dBw
 Receiver Losses : -4.9 dB
 Frequency : 1930.0 MHz
 Diffraction Algorithm : Pathloss

LEGEND : Receive Signal (dBm)
 ----- Greater than -76.00
 _____ Greater than -88.00
 _____ Less than -88.00

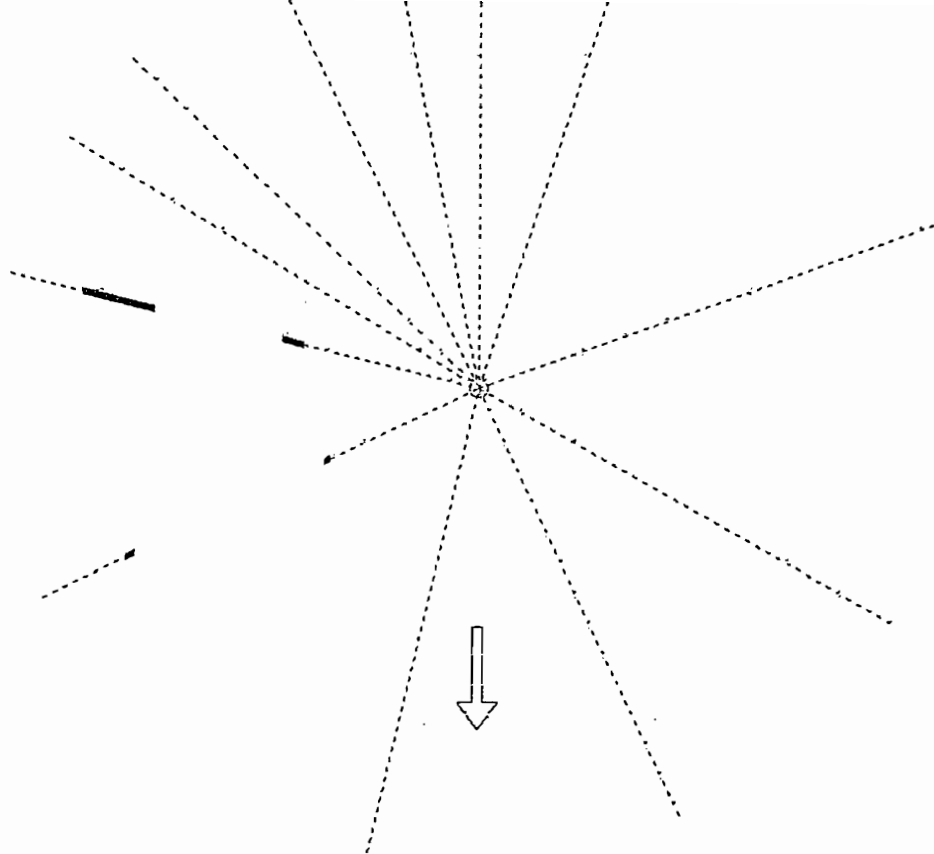


IGM

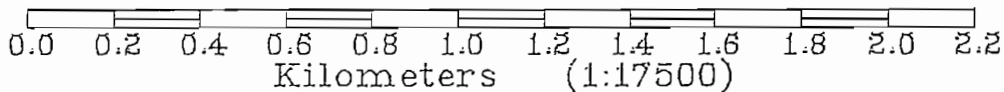


Latitude : 000 12 43.0 S
 Longitude : 078 29 29.6 W
 Elevation : 2880.0 meters
 Fixed Antenna Height : 6.0 meters
 Fixed Antenna Gain : 10.5 dBd
 Fixed Antenna Pattern : OMNI.PAT
 Fixed Antenna Bearing : 0.0 deg
 Mobile Antenna Height : 9.0 meters
 Mobile Antenna Gain : 9.9 dBd
 Transmit Power : -8.0 dBw
 Transmitter Losses : -4.1 dB
 Receiver Sensitivity : -118.0 dBw
 Receiver Losses : -4.9 dB
 Frequency : 1930.0 MHz
 Diffraction Algorithm : Pathloss

LEGEND : Receive Signal (dBm)
 ----- Greater than -76.00
 _____ Greater than -88.00
 _____ Less than -88.00



IGM



Latitude : 000 12 43.0 S
 Longitude : 078 29 29.6 W
 Elevation : 2880.0 meters
 Fixed Antenna Height : 6.0 meters
 Fixed Antenna Gain : 11.0 dBd
 Fixed Antenna Pattern : OMNIPAT
 Fixed Antenna Bearing : 0.0 deg
 Mobile Antenna Height : 9.0 meters
 Mobile Antenna Gain : 9.9 dBd
 Transmit Power : -8.0 dBw
 Transmitter Losses : -4.1 dB
 Receiver Sensitivity : -118.0 dBw
 Receiver Losses : -4.9 dB
 Frequency : 1930.0 MHz
 Diffraction Algorithm : Pathloss

LEGEND : Receive Signal (dBm)
 ----- Greater than -76.00
 ----- Greater than -88.00
 ----- Less than -88.00

COBERTURA FINAL DE CELDAS

Escala 1:30000



ANEXO 7

CALCULO DE LA INCLINACION MECANICA DE LAS
ANTENAS (DOWNTILT)

CALCULO DEL DOWNTILT

Celda:	Quito Centro
Sector(grados):	0-30

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros)	(pies)
	7.06	23.1568
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km)	(millas)
	10.94990407	6.805409613

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	36.3034917	10949.90407	SOBRE EL HORIZONTE
-0.1	35.96821862	4043.177965	SOBRE EL HORIZONTE
-0.2	35.63885815	2021.582825	SOBRE EL HORIZONTE
-0.3	35.31525327	1347.715041	SOBRE EL HORIZONTE
-0.4	34.99725252	1010.779096	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	34.68470968	808.615887	SOBRE EL HORIZONTE
-0.6	34.37748357	673.8390458	SOBRE EL HORIZONTE
-0.7	34.07543786	577.5687005	SOBRE EL HORIZONTE
-0.8	33.7784408	505.3649151	SOBRE EL HORIZONTE
-0.9	33.48636511	449.205503	SOBRE EL HORIZONTE
-1	33.19908773	404.2771521	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	31.83064425	269.4838874	SOBRE EL HORIZONTE
-2	30.56585624	202.0769886	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	29.39320399	161.6246345	SOBRE EL HORIZONTE
-3	28.3028134	134.6495508	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	27.2861722	115.3757625	SOBRE EL HORIZONTE
-4	26.33590299	100.9152819	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	25.44558024	89.66367089	SOBRE EL HORIZONTE
-5	24.6095815	80.65826651	SOBRE EL HORIZONTE
-6	23.08137314	67.13986284	SOBRE EL HORIZONTE
-7	21.71823999	57.47207864	SOBRE EL HORIZONTE
-8	20.49409826	50.21091524	SOBRE EL HORIZONTE
-9	19.38807978	44.55414891	SOBRE EL HORIZONTE
-10	18.38329016	40.02044333	SOBRE EL HORIZONTE
-11	17.46590565	36.3034917	SOBRE EL HORIZONTE
-11.5	17.03634207	34.68470968	808.615887
-13	15.84957163	30.56585624	202.0769886
-14	15.13310754	28.3028134	134.6495508
-15	14.46834619	26.33590299	100.9152819
-16	13.84952203	24.6095815	80.65826651
-17	13.27169224	23.08137314	67.13986284
-18	12.73059482	21.71823999	57.47207864
-20.4	11.56070413	18.97485129	42.62597221
-20.5	11.51546159	18.87395854	42.16908042
-20.6	11.47047603	18.77400337	41.72162072
-20.7	11.425745	18.67497216	41.2833014
-20.8	11.38126607	18.57685158	40.85384262
-20.9	11.33703685	18.47962853	40.43297586
-21	11.29305497	18.38329016	40.02044333
-22	10.86634036	17.46590565	36.3034917
-23	10.46196418	16.62450555	33.19908773
-24	10.0779891	15.84957163	30.56585624
-25	9.712692193	15.13310754	28.3028134

CALCULO DEL DOWNTILT

Celda:	Quito Centro
Sector(grados):	30-60

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros)	(pies)
	9.5	31.16
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km)	(millas)
	12.7019315	7.894301742

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	48.85030753	12701.9315	SOBRE EL HORIZONTE
-0.1	48.39916104	5440.536922	SOBRE EL HORIZONTE
-0.2	47.95597059	2720.260175	SOBRE EL HORIZONTE
-0.3	47.52052494	1813.497576	SOBRE EL HORIZONTE
-0.4	47.09262025	1360.113514	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	46.67205977	1088.080868	SOBRE EL HORIZONTE
-0.6	46.25865353	906.7239285	SOBRE EL HORIZONTE
-0.7	45.85221808	777.1816792	SOBRE EL HORIZONTE
-0.8	45.45257615	680.023611	SOBRE EL HORIZONTE
-0.9	45.05955645	604.454997	SOBRE EL HORIZONTE
-1	44.67299341	543.9990007	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	42.83160346	362.6199618	SOBRE EL HORIZONTE
-2	41.12969324	271.9166278	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	39.55176174	217.4835733	SOBRE EL HORIZONTE
-3	38.08452228	181.1856562	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	36.71652066	155.250672	SOBRE EL HORIZONTE
-4	35.43782981	135.7925181	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	34.23980344	120.6522484	SOBRE EL HORIZONTE
-5	33.11487595	108.5344946	SOBRE EL HORIZONTE
-6	31.05850493	90.34400807	SOBRE EL HORIZONTE
-7	29.22426061	77.33495	SOBRE EL HORIZONTE
-8	27.5770444	67.56426272	SOBRE EL HORIZONTE
-9	26.08877591	59.95246666	SOBRE EL HORIZONTE
-10	24.73672189	53.85187134	SOBRE EL HORIZONTE
-11	23.50228097	48.85030753	SOBRE EL HORIZONTE
-11.5	22.92425633	46.67205977	1088.080868
-11.6	22.81156462	46.25865353	906.7239285
-11.7	22.69981398	45.85221808	777.1816792
-11.8	22.58899198	45.45257615	680.023611
-11.9	22.47908644	45.05955645	604.454997
-12	22.37008538	44.67299341	543.9990007
-13	21.32732726	41.12969324	271.9166278
-14	20.3632467	38.08452228	181.1856562
-15	19.46873779	35.43782981	135.7925181
-16	18.6360424	33.11487595	108.5344946

CALCULO DEL DOWNTILT

Celda:	Quito Centro
Sector(grados):	60-90

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros) 3.88	(pies) 12.6608
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km) 8.096580089	(millas) 5.032057233
------------------	---------------------	-------------------------

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	19.84865127	8096.580089	SOBRE EL HORIZONTE
-0.1	19.66534333	2210.576055	SOBRE EL HORIZONTE
-0.2	19.48526805	1105.28466	SOBRE EL HORIZONTE
-0.3	19.30833961	736.8526993	SOBRE EL HORIZONTE
-0.4	19.13447518	552.6355964	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	18.96359481	442.1044368	SOBRE EL HORIZONTE
-0.6	18.79562133	368.4162488	SOBRE EL HORIZONTE
-0.7	18.63048019	315.7811875	SOBRE EL HORIZONTE
-0.8	18.46809936	276.3043304	SOBRE EL HORIZONTE
-0.9	18.30840925	245.5996093	SOBRE EL HORIZONTE
-1	18.15134259	221.0353835	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	17.40315677	147.3382161	SOBRE EL HORIZONTE
-2	16.71164378	110.4840193	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	16.0705053	88.3670098	SOBRE EL HORIZONTE
-3	15.47434274	73.61859294	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	14.91850208	63.08079935	SOBRE EL HORIZONTE
-4	14.3989498	55.17464421	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	13.91217277	49.02291355	SOBRE EL HORIZONTE
-5	13.45509697	44.09927886	SOBRE EL HORIZONTE
-6	12.61956095	36.70819696	SOBRE EL HORIZONTE
-7	11.87427852	31.42241127	SOBRE EL HORIZONTE
-8	11.20498857	27.45242675	SOBRE EL HORIZONTE
-9	10.60028158	24.35963382	SOBRE EL HORIZONTE
-10	10.05092068	21.88086562	SOBRE EL HORIZONTE
-11	9.549347847	19.84865127	SOBRE EL HORIZONTE
-11.1	9.501568721	19.66534333	2210.576055
-11.2	9.454198569	19.48526805	1105.28466
-11.3	9.407231877	19.30833961	736.8526993
-11.4	9.36066323	19.13447518	552.6355964
-11.5	9.314487308	18.96359481	442.1044368
-12	9.0893189	18.15134259	221.0353835
-13	8.665629815	16.71164378	110.4840193
-14	8.273908657	15.47434274	73.61859294
-15	7.910455566	14.3989498	55.17464421

CALCULO DEL DOWNTILT

Celda:	Quito Centro
Sector(grados):	90-120

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros)	(pies)
	2.1	6.888
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km)	(millas)
	5.971969914	3.711603427

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	10.79848903	5971.969914	SOBRE EL HORIZONTE
-0.1	10.69876191	1202.645004	SOBRE EL HORIZONTE
-0.2	10.6007935	601.3206702	SOBRE EL HORIZONTE
-0.3	10.50453709	400.8784115	SOBRE EL HORIZONTE
-0.4	10.40994763	300.6566716	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	10.31698163	240.5231392	SOBRE EL HORIZONTE
-0.6	10.2255971	200.4337105	SOBRE EL HORIZONTE
-0.7	10.13575347	171.7980554	SOBRE EL HORIZONTE
-0.8	10.04741157	150.3210088	SOBRE EL HORIZONTE
-0.9	9.960533532	133.6163677	SOBRE EL HORIZONTE
-1	9.875082754	120.2524107	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	9.468038659	80.15809682	SOBRE EL HORIZONTE
-2	9.091826926	60.10788614	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	8.743021017	48.07531621	SOBRE EL HORIZONTE
-3	8.418683872	40.0515661	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	8.116283514	34.3185696	SOBRE EL HORIZONTE
-4	7.833625537	30.01729348	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	7.568798656	26.67049701	SOBRE EL HORIZONTE
-5	7.320130473	23.99183565	SOBRE EL HORIZONTE
-6	6.865564249	19.97078073	SOBRE EL HORIZONTE
-7	6.460099713	17.09509421	SOBRE EL HORIZONTE
-8	6.095978235	14.93525808	SOBRE EL HORIZONTE
-9	5.766992569	13.25265053	SOBRE EL HORIZONTE
-10	5.468117471	11.90409788	SOBRE EL HORIZONTE
-11	5.195241057	10.79848903	SOBRE EL HORIZONTE
-11.1	5.169247232	10.69876191	1202.645004
-11.2	5.143475905	10.6007935	601.3206702
-11.3	5.117924078	10.50453709	400.8784115
-11.4	5.092588804	10.40994763	300.6566716
-11.5	5.067467189	10.31698163	240.5231392
-12	4.944966241	9.875082754	120.2524107
-13	4.714461816	9.091826926	60.10788614

CALCULO DEL DOWNTILT

Celda:	Quito Centro
Sector(grados):	120-150

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros)	(pies)
	21.26	69.7328
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km)	(millas)
	19.00157472	11.80955545

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	109.3218461	19001.57472	SOBRE EL HORIZONTE
-0.1	108.3122278	12175.34894	SOBRE EL HORIZONTE
-0.2	107.3204142	6087.655928	SOBRE EL HORIZONTE
-0.3	106.3459327	4058.416681	SOBRE EL HORIZONTE
-0.4	105.388327	3043.790876	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	104.4471569	2435.010447	SOBRE EL HORIZONTE
-0.6	103.5219973	2029.152707	SOBRE EL HORIZONTE
-0.7	102.6124375	1739.250789	SOBRE EL HORIZONTE
-0.8	101.7180809	1521.82126	SOBRE EL HORIZONTE
-0.9	100.8385442	1352.706656	SOBRE EL HORIZONTE
-1	99.97345683	1217.412501	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	95.85261995	811.505304	SOBRE EL HORIZONTE
-2	92.04392402	608.5207901	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	88.51267944	486.7053441	SOBRE EL HORIZONTE
-3	85.22915196	405.4744264	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	82.16770834	347.4346617	SOBRE EL HORIZONTE
-4	79.30613281	303.8893616	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	76.62507592	270.0070316	SOBRE EL HORIZONTE
-5	74.1076066	242.8887742	SOBRE EL HORIZONTE
-6	69.50566473	202.1803802	SOBRE EL HORIZONTE
-7	65.400819	173.0674776	SOBRE EL HORIZONTE
-8	61.71452251	151.2017079	SOBRE EL HORIZONTE
-9	58.38393429	134.1673096	SOBRE EL HORIZONTE
-10	55.35817973	120.5148194	SOBRE EL HORIZONTE
-11	52.59563089	109.3218461	SOBRE EL HORIZONTE
-12	50.06189633	99.97345683	1217.412501
-12.1	49.81996118	99.12246043	1106.715034
-12.2	49.5799979	98.28520847	1014.465085
-12.3	49.34198103	97.46136565	936.405533
-12.4	49.10588556	96.65060751	869.4955793
-12.5	48.87168688	95.85261995	811.505304
-13	47.72831343	92.04392402	608.5207901
-14	45.5708026	85.22915196	405.4744264
-15	43.56898583	79.30613281	303.8893616
-16	41.70550119	74.1076066	242.8887742
-17	39.96546417	69.50566473	202.1803802
-18	38.33604049	65.400819	173.0674776
-19	36.80610433	61.71452251	151.2017079
-20	35.3659627	58.38393429	134.1673096

CALCULO DEL DOWNTILT

Celda:	Quito Centro
Sector(grados):	150-180

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros) 27.1	(pies) 88.888
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km) 21.45322607	(millas) 13.33326667
------------------	---------------------	-------------------------

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	139.3519299	21453.22607	SOBRE EL HORIZONTE
-0.1	138.0649752	15519.84743	SOBRE EL HORIZONTE
-0.2	136.8007161	7759.900077	SOBRE EL HORIZONTE
-0.3	135.5585501	5173.240454	SOBRE EL HORIZONTE
-0.4	134.3378957	3879.902762	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	133.1381916	3103.893844	SOBRE EL HORIZONTE
-0.6	131.9588959	2586.549312	SOBRE EL HORIZONTE
-0.7	130.7994853	2217.013001	SOBRE EL HORIZONTE
-0.8	129.6594541	1939.856827	SOBRE EL HORIZONTE
-0.9	128.5383137	1724.287412	SOBRE EL HORIZONTE
-1	127.4355917	1551.828728	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	122.1827846	1034.421154	SOBRE EL HORIZONTE
-2	117.3278618	775.6779592	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	112.8266046	620.4005092	SOBRE EL HORIZONTE
-3	108.6411109	516.8559245	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	104.7387063	442.8729696	SOBRE EL HORIZONTE
-4	101.0910724	387.3660254	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	97.67354456	344.1764138	SOBRE EL HORIZONTE
-5	94.46454087	309.6089267	SOBRE EL HORIZONTE
-6	88.59847197	257.7181704	SOBRE EL HORIZONTE
-7	83.36604868	220.6081205	SOBRE EL HORIZONTE
-8	78.6671477	192.7359494	SOBRE EL HORIZONTE
-9	74.42166601	171.0222996	SOBRE EL HORIZONTE
-10	70.56475403	153.6195488	SOBRE EL HORIZONTE
-11	67.04334887	139.3519299	SOBRE EL HORIZONTE
-12	63.81361197	127.4355917	1551.828728
-12.5	62.29645882	122.1827846	1034.421154
-12.6	62.00031414	121.1814853	969.7392965
-12.7	61.70652618	120.1957016	912.6652146
-12.8	61.41506516	119.2250695	861.9309457
-12.9	61.12590178	118.2692368	816.5354668
-13	60.83900725	117.3278618	775.6779592
-14	58.08884057	108.6411109	516.8559245
-15	55.53713622	101.0910724	387.3660254
-16	53.16176305	94.46454087	309.6089267
-17	50.94374784	88.59847197	257.7181704
-18	48.86673083	83.36604868	220.6081205
-19	46.91652998	78.6671477	192.7359494
-20	45.08078971	74.42166601	171.0222996

CALCULO DEL DOWNTILT

Celda:	Quito Centro
Sector(grados):	180-210

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros) 37.2	(pies) 122.016
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km) 25.13503149	(millas) 15.62152361
------------------	---------------------	-------------------------

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	191.28752	25135.03149	SOBRE EL HORIZONTE
-0.1	189.5209253	21303.99721	SOBRE EL HORIZONTE
-0.2	187.7854848	10651.96616	SOBRE EL HORIZONTE
-0.3	186.0803714	7101.274719	SOBRE EL HORIZONTE
-0.4	184.4047867	5325.918183	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	182.7579604	4260.695609	SOBRE EL HORIZONTE
-0.6	181.1391486	3550.540015	SOBRE EL HORIZONTE
-0.7	179.5476329	3043.279838	SOBRE EL HORIZONTE
-0.8	177.9827192	2662.829298	SOBRE EL HORIZONTE
-0.9	176.4437368	2366.918514	SOBRE EL HORIZONTE
-1	174.9300374	2130.185561	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	167.719542	1419.943429	SOBRE EL HORIZONTE
-2	161.0552198	1064.768269	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	154.8763723	851.6198872	SOBRE EL HORIZONTE
-3	149.1309714	709.4848853	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	143.7741651	607.9289471	SOBRE EL HORIZONTE
-4	138.7670809	531.7349131	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	134.0758619	472.4488041	SOBRE EL HORIZONTE
-5	129.6708827	424.9982315	SOBRE EL HORIZONTE
-6	121.6185667	353.7681158	SOBRE EL HORIZONTE
-7	114.4360521	302.8273832	SOBRE EL HORIZONTE
-8	107.9859002	264.5674288	SOBRE EL HORIZONTE
-9	102.1581541	234.7612379	SOBRE EL HORIZONTE
-10	96.8637952	210.8725909	SOBRE EL HORIZONTE
-11	92.02998443	191.28752	SOBRE EL HORIZONTE
-12	87.59654484	174.9300374	2130.185561
-13	83.5133236	161.0552198	1064.768269
-13.1	83.12258081	159.7823916	1014.022777
-13.2	82.73487532	158.528514	967.8885439
-13.3	82.35016952	157.2931594	925.7641013
-13.4	81.96842641	156.075913	887.1482251
-13.5	81.5896096	154.8763723	851.6198872
-14	79.73818706	149.1309714	709.4848853
-15	76.23547851	138.7670809	531.7349131
-16	72.97481865	129.6708827	424.9982315
-17	69.93016309	121.6185667	353.7681158
-18	67.07905486	114.4360521	302.8273832
-19	64.40202639	107.9859002	264.5674288
-20	61.88211724	102.1581541	234.7612379

CALCULO DEL DOWNTILT

Celda:	Quito Centro
Sector(grados):	210-240

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros)	(pies)
	56	183.68
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km)	(millas)
	30.83912003	19.16663768

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	287.9597075	30839.12003	SOBRE EL HORIZONTE
-0.1	285.3003177	32070.53344	SOBRE EL HORIZONTE
-0.2	282.6878266	16035.21787	SOBRE EL HORIZONTE
-0.3	280.1209891	10690.09097	SOBRE EL HORIZONTE
-0.4	277.5986036	8017.511243	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	275.1195102	6413.950379	SOBRE EL HORIZONTE
-0.6	272.6825893	5344.898947	SOBRE EL HORIZONTE
-0.7	270.2867592	4581.281477	SOBRE EL HORIZONTE
-0.8	267.9309752	4008.560233	SOBRE EL HORIZONTE
-0.9	265.6142275	3563.10314	SOBRE EL HORIZONTE
-1	263.3355401	3206.730952	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	252.4810309	2137.549248	SOBRE EL HORIZONTE
-2	242.448718	1602.876964	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	233.1472271	1282.008432	SOBRE EL HORIZONTE
-3	224.4982366	1068.041763	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	216.434227	915.1618559	SOBRE EL HORIZONTE
-4	208.896681	800.4611595	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	201.8346308	711.2132535	SOBRE EL HORIZONTE
-5	195.2034793	639.7822839	SOBRE EL HORIZONTE
-6	183.0817133	532.5541528	SOBRE EL HORIZONTE
-7	172.2693257	455.869179	SOBRE EL HORIZONTE
-8	162.5594196	398.2735487	SOBRE EL HORIZONTE
-9	153.7864685	353.404014	SOBRE EL HORIZONTE
-10	145.8164659	317.44261	SOBRE EL HORIZONTE
-11	138.5397615	287.9597075	SOBRE EL HORIZONTE
-12	131.8657664	263.3355401	3206.730952
-13	125.7189818	242.448718	1602.876964
-14	120.0359805	224.4982366	1068.041763
-14.5	117.3512961	216.434227	915.1618559
-14.6	116.8261177	214.8863322	889.6764366
-14.7	116.3047517	213.3590425	865.5668444
-14.8	115.7871534	211.85194	842.7244614
-14.9	115.2732792	210.3646181	821.0518098
-15	114.7630859	208.896681	800.4611595
-16	109.8545657	195.2034793	639.7822839
-17	105.2712133	183.0817133	532.5541528
-18	100.9792224	172.2693257	455.869179
-19	96.94928704	162.5594196	398.2735487
-20	93.15587542	153.7864685	353.404014

CALCULO DEL DOWNTILT

Celda:	Quito Centro
Sector(grados):	240-270

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros) 54.8	(pies) 179.744
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km) 30.50691156	(millas) 18.96016878
------------------	---------------------	-------------------------

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	281.7891424	30506.91156	SOBRE EL HORIZONTE
-0.1	279.1867395	31383.30772	SOBRE EL HORIZONTE
-0.2	276.6302304	15691.60606	SOBRE EL HORIZONTE
-0.3	274.1183965	10461.0176	SOBRE EL HORIZONTE
-0.4	271.6500621	7845.707431	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	269.2240921	6276.508585	SOBRE EL HORIZONTE
-0.6	266.8393909	5230.365398	SOBRE EL HORIZONTE
-0.7	264.4949001	4483.11116	SOBRE EL HORIZONTE
-0.8	262.1895971	3922.662514	SOBRE EL HORIZONTE
-0.9	259.9224941	3486.75093	SOBRE EL HORIZONTE
-1	257.6926357	3138.015288	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	247.0707231	2091.744622	SOBRE EL HORIZONTE
-2	237.2533883	1568.5296	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	228.1512151	1254.536823	SOBRE EL HORIZONTE
-3	219.6875601	1045.155154	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	211.7963507	895.5512447	SOBRE EL HORIZONTE
-4	204.4203235	783.3084204	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	197.509603	695.9729695	SOBRE EL HORIZONTE
-5	191.0205476	626.0726636	SOBRE EL HORIZONTE
-6	179.1585337	521.1422781	SOBRE EL HORIZONTE
-7	168.5778401	446.1005537	SOBRE EL HORIZONTE
-8	159.0760035	389.7391155	SOBRE EL HORIZONTE
-9	150.4910442	345.8310709	SOBRE EL HORIZONTE
-10	142.6918273	310.6402684	SOBRE EL HORIZONTE
-11	135.5710523	281.7891424	SOBRE EL HORIZONTE
-12	129.0400714	257.6926357	3138.015288
-13	123.0250036	237.2533883	1568.5296
-14	117.4637809	219.6875601	1045.155154
-14.5	114.8366255	211.7963507	895.5512447
-14.6	114.3227009	210.2816251	870.6119415
-14.7	113.812507	208.787063	847.0189835
-14.8	113.3060002	207.3122555	824.6660801
-14.9	112.8031375	205.8568048	803.4578425
-15	112.3038769	204.4203235	783.3084204
-16	107.5005393	191.0205476	626.0726636
-17	103.0154015	179.1585337	521.1422781
-18	98.81538189	168.5778401	446.1005537
-19	94.87180232	159.0760035	389.7391155
-20	91.15967809	150.4910442	345.8310709

CALCULO DEL DOWNTILT

Celda:	Quito Centro
Sector(grados):	270-300

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros)	(pies)
	34.6	113.488
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km)	(millas)
	24.2407478	15.06572268

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	177.9179622	24240.7478	SOBRE EL HORIZONTE
-0.1	176.2748391	19815.00816	SOBRE EL HORIZONTE
-0.2	174.6606929	9907.4739	SOBRE EL HORIZONTE
-0.3	173.074754	6604.949066	SOBRE EL HORIZONTE
-0.4	171.5162801	4953.67659	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	169.9845545	3962.905055	SOBRE EL HORIZONTE
-0.6	168.4788855	3302.383992	SOBRE EL HORIZONTE
-0.7	166.9986048	2830.577484	SOBRE EL HORIZONTE
-0.8	165.5430668	2476.717573	SOBRE EL HORIZONTE
-0.9	164.1116477	2201.488726	SOBRE EL HORIZONTE
-1	162.7037444	1981.301624	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	155.9972084	1320.700071	SOBRE EL HORIZONTE
-2	149.7986722	990.3489811	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	144.0516796	792.0980671	SOBRE EL HORIZONTE
-3	138.707839	659.897232	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	133.7254331	565.4392895	SOBRE EL HORIZONTE
-4	129.0683065	494.570645	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	124.7049683	439.4281888	SOBRE EL HORIZONTE
-5	120.607864	395.294054	SOBRE EL HORIZONTE
-6	113.1183443	329.0423873	SOBRE EL HORIZONTE
-7	106.4378334	281.6620284	SOBRE EL HORIZONTE
-8	100.4384985	246.0761569	SOBRE EL HORIZONTE
-9	95.01806804	218.3531944	SOBRE EL HORIZONTE
-10	90.09374499	196.134184	SOBRE EL HORIZONTE
-11	85.59778122	177.9179622	SOBRE EL HORIZONTE
-12	81.47420569	162.7037444	1981.301624
-13	77.67637088	149.7986722	990.3489811
-13.1	77.31293807	148.6148051	943.1502172
-13.2	76.95233027	147.4485641	900.2404199
-13.3	76.59451251	146.2995515	861.0601587
-13.4	76.23945037	145.1673814	825.1432416
-13.5	75.88711	144.0516796	792.0980671
-14	74.16508796	138.707839	659.897232
-15	70.90719237	129.0683065	494.570645
-16	67.8744281	120.607864	395.294054
-17	65.04257105	113.1183443	329.0423873
-18	62.39073382	106.4378334	281.6620284
-19	59.90080949	100.4384985	246.0761569
-20	57.55702303	95.01806804	218.3531944

CALCULO DEL DOWNTILT

Celda:	Quito Centro
Sector(grados):	300-330

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros) 24.3	(pies) 79.704
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km) 20.31473215	(millas) 12.6256881
------------------	---------------------	------------------------

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	124.9539445	20314.73215	SOBRE EL HORIZONTE
-0.1	123.7999593	13916.32076	SOBRE EL HORIZONTE
-0.2	122.6663248	6958.139184	SOBRE EL HORIZONTE
-0.3	121.5525006	4638.735905	SOBRE EL HORIZONTE
-0.4	120.4579655	3479.0272	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	119.382216	2783.196325	SOBRE EL HORIZONTE
-0.6	118.3247664	2319.304365	SOBRE EL HORIZONTE
-0.7	117.2851473	1987.948927	SOBRE EL HORIZONTE
-0.8	116.2629053	1739.428816	SOBRE EL HORIZONTE
-0.9	115.2576023	1546.132255	SOBRE EL HORIZONTE
-1	114.2688147	1391.492181	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	109.5587331	927.5436917	SOBRE EL HORIZONTE
-2	105.2054259	695.534111	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	101.1692432	556.3000876	SOBRE EL HORIZONTE
-3	97.41619909	463.4538364	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	93.91699495	397.1148768	SOBRE EL HORIZONTE
-4	90.64623835	347.3429674	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	87.58181302	308.6157511	SOBRE EL HORIZONTE
-5	84.70436691	277.6198125	SOBRE EL HORIZONTE
-6	79.44438631	231.0904627	SOBRE EL HORIZONTE
-7	74.75258239	197.8146616	SOBRE EL HORIZONTE
-8	70.53917672	172.822272	SOBRE EL HORIZONTE
-9	66.73234258	153.3520989	SOBRE EL HORIZONTE
-10	63.27393073	137.7474183	SOBRE EL HORIZONTE
-11	60.1163608	124.9539445	SOBRE EL HORIZONTE
-12	57.22032365	114.2688147	1391.492181
-12.5	55.85992433	109.5587331	927.5436917
-12.6	55.59437762	108.6608891	869.5448304
-12.7	55.33094414	107.7769575	818.3677016
-12.8	55.06959717	106.9066122	772.8753499
-12.9	54.81031046	106.049537	732.1701787
-13	54.55305816	105.2054259	695.534111
-14	52.08704155	97.41619909	463.4538364
-15	49.79898193	90.64623835	347.3429674

CALCULO DEL DOWNTILT

Celda:	Quito Centro
Sector(grados):	330-360

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros)	(pies)
	13.2	43.296
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km)	(millas)
	14.97252095	9.305482255

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	67.87621678	14972.52095	SOBRE EL HORIZONTE
-0.1	67.2493606	7559.482882	SOBRE EL HORIZONTE
-0.2	66.63355914	3779.729927	SOBRE EL HORIZONTE
-0.3	66.02851887	2519.807158	SOBRE EL HORIZONTE
-0.4	65.43395656	1889.841936	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	64.84959884	1511.859732	SOBRE EL HORIZONTE
-0.6	64.27518175	1259.869038	SOBRE EL HORIZONTE
-0.7	63.71045038	1079.873491	SOBRE EL HORIZONTE
-0.8	63.15515844	944.8749121	SOBRE EL HORIZONTE
-0.9	62.60906791	839.8743116	SOBRE EL HORIZONTE
-1	62.07194874	755.8722958	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	59.51338586	503.8508943	SOBRE EL HORIZONTE
-2	57.14862639	377.8209986	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	54.95613211	302.1877019	SOBRE EL HORIZONTE
-3	52.91744148	251.7527012	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	51.01663923	215.7167232	SOBRE EL HORIZONTE
-4	49.23993194	188.6801305	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	47.57530584	167.643124	SOBRE EL HORIZONTE
-5	46.01224869	150.8058241	SOBRE EL HORIZONTE
-6	43.15497528	125.5306217	SOBRE EL HORIZONTE
-7	40.60634105	107.4548779	SOBRE EL HORIZONTE
-8	38.31757748	93.87876504	SOBRE EL HORIZONTE
-9	36.24966758	83.30237473	SOBRE EL HORIZONTE
-10	34.3710241	74.82575807	SOBRE EL HORIZONTE
-11	32.65580093	67.87621678	SOBRE EL HORIZONTE
-11.5	31.8526509	64.84959884	1511.859732
-11.6	31.69606874	64.27518175	1259.869038
-11.7	31.54079416	63.71045038	1079.873491
-11.8	31.38680991	63.15515844	944.8749121
-11.9	31.23409906	62.60906791	839.8743116
-12	31.08264494	62.07194874	755.8722958
-13	29.63375999	57.14862639	377.8209986
-14	28.29419541	52.91744148	251.7527012
-15	27.05129883	49.23993194	188.6801305

CALCULO DEL DOWN TILT

Celda:	Panecillo
Sector(grados):	104-134

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros)	(pies)
	99.86	327.5408
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km)	(millas)
	41.18165013	25.59456192

Down tilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	513.4938642	41181.65013	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	490.5970409	11437.44794	SOBRE EL HORIZONTE
-1	469.583697	5718.288444	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	450.2277812	3811.708356	SOBRE EL HORIZONTE
-2	432.3380175	2858.2731	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	415.7514661	2286.095751	SOBRE EL HORIZONTE
-3	400.3284626	1904.547329	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	385.9486056	1631.929695	SOBRE EL HORIZONTE
-4	372.5075458	1427.393775	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	359.914397	1268.245634	SOBRE EL HORIZONTE
-5	348.0896329	1140.868908	SOBRE EL HORIZONTE
-5.5	336.9633651	1036.598636	SOBRE EL HORIZONTE
-6	326.4739266	949.6581732	SOBRE EL HORIZONTE
-6.5	316.5666967	876.0483009	SOBRE EL HORIZONTE
-7	307.1931225	812.9124324	SOBRE EL HORIZONTE
-7.5	298.3098993	758.1557349	SOBRE EL HORIZONTE
-8	289.8782793	710.2070816	SOBRE EL HORIZONTE
-8.5	281.8634881	667.8650204	SOBRE EL HORIZONTE
-9	274.2342276	630.1950864	SOBRE EL HORIZONTE
-9.5	266.9622521	596.4595425	SOBRE EL HORIZONTE
-10	260.0220051	566.068197	SOBRE EL HORIZONTE
-10.5	253.3903063	538.543274	SOBRE EL HORIZONTE
-11	247.0460819	513.4938642	SOBRE EL HORIZONTE
-11.5	240.9701302	490.5970409	11437.44794
-12	235.1449185	469.583697	5718.288444
-12.5	229.5544051	450.2277812	3811.708356
-13	224.1838843	432.3380175	2858.2731
-13.5	219.0198499	415.7514661	2286.095751
-14	214.0498753	400.3284626	1904.547329
-14.5	209.2625077	385.9486056	1631.929695
-15	204.6471743	372.5075458	1427.393775
-15.5	200.1940995	359.914397	1268.245634
-16	195.8942309	348.0896329	1140.868908
-16.5	191.7391736	336.9633651	1036.598636
-17	187.7211313	326.4739266	949.6581732
-17.5	183.8328544	316.5666967	876.0483009
-18	180.0675919	307.1931225	812.9124324
-18.5	176.41905	298.3098993	758.1557349
-19	172.8813536	289.8782793	710.2070816
-19.5	169.449012	281.8634881	667.8650204
-20	166.1168878	274.2342276	630.1950864

CALCULO DEL DOWNTILT

Celda:	Panecillo
Sector(grados):	134-164

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros) 110.5	(pies) 362.44
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km) 43.32006532	(millas) 26.9235956
------------------	---------------------	------------------------

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	568.2062086	43320.06532	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	542.8697478	12656.09851	SOBRE EL HORIZONTE
-1	519.6174497	6327.567324	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	498.199177	4217.842713	SOBRE EL HORIZONTE
-2	478.4032739	3162.819723	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	460.0494392	2529.677353	SOBRE EL HORIZONTE
-3	442.9831275	2107.475264	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	427.0711087	1805.810448	SOBRE EL HORIZONTE
-4	412.1979151	1579.481395	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	398.2629769	1403.376152	SOBRE EL HORIZONTE
-5	385.178294	1262.427542	SOBRE EL HORIZONTE
-5.5	372.8665316	1147.04736	SOBRE EL HORIZONTE
-6	361.2594521	1050.843462	SOBRE EL HORIZONTE
-6.5	350.2966151	969.3905192	SOBRE EL HORIZONTE
-7	339.9242944	899.5275764	SOBRE EL HORIZONTE
-7.5	330.0945711	838.9365983	SOBRE EL HORIZONTE
-8	320.764569	785.8790559	SOBRE EL HORIZONTE
-8.5	311.8958085	739.0254832	SOBRE EL HORIZONTE
-9	303.4536566	697.3418491	SOBRE EL HORIZONTE
-9.5	295.4068582	660.011811	SOBRE EL HORIZONTE
-10	287.7271336	626.3822929	SOBRE EL HORIZONTE
-10.5	280.3888328	595.9246122	SOBRE EL HORIZONTE
-11	273.3686365	568.2062086	SOBRE EL HORIZONTE
-11.5	266.6452973	542.8697478	12656.09851
-12	260.1994141	519.6174497	6327.567324
-12.5	254.0132362	498.199177	4217.842713
-13	248.0704908	478.4032739	3162.819723
-13.5	242.3562328	460.0494392	2529.677353
-14	236.8567116	442.9831275	2107.475264
-14.5	231.5592539	427.0711087	1805.810448
-15	226.4521606	412.1979151	1579.481395
-15.5	221.5246144	398.2629769	1403.376152
-16	216.7665984	385.178294	1262.427542
-16.5	212.1688231	372.8665316	1147.04736
-17	207.7226619	361.2594521	1050.843462
-17.5	203.4200922	350.2966151	969.3905192
-18	199.2536441	339.9242944	899.5275764
-18.5	195.2163532	330.0945711	838.9365983
-19	191.3017182	320.764569	785.8790559
-19.5	187.5036634	311.8958085	739.0254832
-20	183.8165042	303.4536566	697.3418491

Celda:	Panecillo
Sector(grados):	164-194

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros)	(pies)
	117.8	386.384
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizontal:	(km)	(millas)
	44.72811635	27.79870501

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	605.7438133	44728.11635	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	578.7335411	13492.20276	SOBRE EL HORIZONTE
-1	553.9451183	6745.587609	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	531.1118829	4496.487526	SOBRE EL HORIZONTE
-2	510.0081961	3371.766184	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	490.4418456	2696.796309	SOBRE EL HORIZONTE
-3	472.2480762	2246.702137	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	455.2848562	1925.108333	SOBRE EL HORIZONTE
-4	439.4290896	1683.827225	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	424.5735627	1496.08788	SOBRE EL HORIZONTE
-5	410.6244618	1345.827733	SOBRE EL HORIZONTE
-5.5	397.4993432	1222.825149	SOBRE EL HORIZONTE
-6	385.1254612	1120.2657	SOBRE EL HORIZONTE
-6.5	373.4383824	1033.431703	SOBRE EL HORIZONTE
-7	362.3808315	958.9533801	SOBRE EL HORIZONTE
-7.5	351.9017238	894.3595591	SOBRE EL HORIZONTE
-8	341.9553505	837.7968577	SOBRE EL HORIZONTE
-8.5	332.50069	787.8479812	SOBRE EL HORIZONTE
-9	323.5008213	743.4105866	SOBRE EL HORIZONTE
-9.5	314.9224244	703.6144013	SOBRE EL HORIZONTE
-10	306.7353515	667.7632046	SOBRE EL HORIZONTE
-10.5	298.912258	635.2933875	SOBRE EL HORIZONTE
-11	291.428284	605.7438133	SOBRE EL HORIZONTE
-11.5	284.2607785	578.7335411	13492.20276
-12	277.3890587	553.9451183	6745.587609
-12.5	270.7942011	531.1118829	4496.487526
-13	264.4588581	510.0081961	3371.766184
-13.5	258.3670971	490.4418456	2696.796309
-14	252.504259	472.2480762	2246.702137
-14.5	246.8568336	455.2848562	1925.108333
-15	241.4123486	439.4290896	1683.827225
-15.5	236.1592722	424.5735627	1496.08788
-16	231.0869257	410.6244618	1345.827733
-16.5	226.185406	397.4993432	1222.825149
-17	221.4455165	385.1254612	1120.2657
-17.5	216.8587046	373.4383824	1033.431703
-18	212.4170071	362.3808315	958.9533801
-18.5	208.1129991	351.9017238	894.3595591
-19	203.9397502	341.9553505	837.7968577
-19.5	199.8907832	332.50069	787.8479812
-20	195.9600379	323.5008213	743.4105866
-20.5	192.1418379	314.9224244	703.6144013
-21	188.4308605	306.7353515	667.7632046
-21.5	184.8221098	298.912258	635.2933875
-22	181.3108915	291.428284	605.7438133

Celda:	Panecillo
Sector(grados):	194-224

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros)	(pies)
	130.83	429.1224
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km)	(millas)
	47.13696698	29.2958154

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	672.7458667	47136.96698	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	642.7479557	14984.59157	SOBRE EL HORIZONTE
-1	615.2176556	7491.725186	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	589.8588084	4993.849432	SOBRE EL HORIZONTE
-2	566.4208175	3744.721306	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	544.6902094	2995.0922	SOBRE EL HORIZONTE
-3	524.4840052	2495.212568	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	505.6444629	2138.046886	SOBRE EL HORIZONTE
-4	488.0348709	1870.077384	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	471.5361563	1661.571964	SOBRE EL HORIZONTE
-5	456.0441285	1494.691361	SOBRE EL HORIZONTE
-5.5	441.4672247	1358.083313	SOBRE EL HORIZONTE
-6	427.7246527	1244.17964	SOBRE EL HORIZONTE
-6.5	414.7448521	1147.740829	SOBRE EL HORIZONTE
-7	402.4642121	1065.024369	SOBRE EL HORIZONTE
-7.5	390.8259976	993.285748	SOBRE EL HORIZONTE
-8	379.779444	930.4665781	SOBRE EL HORIZONTE
-8.5	369.2789921	874.9927961	SOBRE EL HORIZONTE
-9	359.2836371	825.6401278	SOBRE EL HORIZONTE
-9.5	349.7563733	781.4420384	SOBRE EL HORIZONTE
-10	340.6637184	741.6252976	SOBRE EL HORIZONTE
-10.5	331.9753031	705.5639549	SOBRE EL HORIZONTE
-11	323.6635178	672.7458667	SOBRE EL HORIZONTE
-11.5	315.7032058	642.7479557	14984.59157
-12	308.0713968	615.2176556	7491.725186
-12.5	300.7470741	589.8588084	4993.849432
-13	293.7109711	566.4208175	3744.721306
-13.5	286.9453931	544.6902094	2995.0922
-14	280.4340595	524.4840052	2495.212568
-14.5	274.1619655	505.6444629	2138.046886
-15	268.1152595	488.0348709	1870.077384
-15.5	262.281134	471.5361563	1661.571964
-16	256.6477291	456.0441285	1494.691361
-16.5	251.2040464	441.4672247	1358.083313
-17	245.939872	427.7246527	1244.17964
-17.5	240.8457074	414.7448521	1147.740829
-18	235.9127083	402.4642121	1065.024369
-18.5	231.1326288	390.8259976	993.285748
-19	226.4977718	379.779444	930.4665781
-19.5	222.0009437	369.2789921	874.9927961
-20	217.6354139	359.2836371	825.6401278
-20.5	213.3948782	349.7563733	781.4420384
-21	209.2734252	340.6637184	741.6252976
-21.5	205.2655062	331.9753031	705.5639549
-22	201.3659078	323.6635178	672.7458667
-22.5	197.5697269	315.7032058	642.7479557
-23	193.8723475	308.0713968	615.2176556
-23.5	190.2694203	300.7470741	589.8588084
-24	186.7568434	293.7109711	566.4208175
-24.5	183.330745	286.9453931	544.6902094
-25	179.9874674	280.4340595	524.4840052

CÁLCULO DEL DOWNTILT

Celda:	Itchimbia
Sector(grados):	0-30

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros) 80.8	(pies) 265.024
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km) 37.04363908	(millas) 23.02277134
------------------	---------------------	-------------------------

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	415.4847209	37043.63908	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	396.9581505	9254.414118	SOBRE EL HORIZONTE
-1	379.955565	4626.854659	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	364.2940589	3084.178201	SOBRE EL HORIZONTE
-2	349.8188646	2312.722476	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	336.398142	1849.755024	SOBRE EL HORIZONTE
-3	323.9188842	1541.031686	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	312.2836704	1320.447821	SOBRE EL HORIZONTE
-4	301.4080683	1154.951102	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	291.2185388	1026.179123	SOBRE EL HORIZONTE
-5	281.6507344	923.1144383	SOBRE EL HORIZONTE
-5.5	272.6481064	838.7459425	SOBRE EL HORIZONTE
-6	264.1607578	768.3995634	SOBRE EL HORIZONTE
-6.5	256.1444932	708.8394023	SOBRE EL HORIZONTE
-7	248.5600271	657.7541011	SOBRE EL HORIZONTE
-7.5	241.3723199	613.4486619	SOBRE EL HORIZONTE
-8	234.5500197	574.6518345	SOBRE EL HORIZONTE
-8.5	228.0649894	540.3914845	SOBRE EL HORIZONTE
-9	221.8919046	509.9115059	SOBRE EL HORIZONTE
-9.5	216.0079108	482.6149713	SOBRE EL HORIZONTE
-10	210.3923294	458.0243373	SOBRE EL HORIZONTE
-10.5	205.0264044	435.7530196	SOBRE EL HORIZONTE
-11	199.8930845	415.4847209	SOBRE EL HORIZONTE
-11.5	194.9768328	396.9581505	9254.414118
-12	190.263463	379.955565	4626.854659
-12.5	185.7399953	364.2940589	3084.178201
-13	181.3945308	349.8188646	2312.722476
-13.5	177.2161413	336.398142	1849.755024
-14	173.1947719	323.9188842	1541.031686
-14.5	169.3211558	312.2836704	1320.447821
-15	165.5867383	301.4080683	1154.951102
-15.5	161.9836095	291.2185388	1026.179123
-16	158.5044448	281.6507344	923.1144383
-16.5	155.1424517	272.6481064	838.7459425
-17	151.891322	264.1607578	768.3995634
-17.5	148.7451896	256.1444932	708.8394023
-18	145.6985923	248.5600271	657.7541011
-18.5	142.7464374	241.3723199	613.4486619
-19	139.8839713	234.5500197	574.6518345
-19.5	137.1067512	228.0649894	540.3914845
-20	134.4106202	221.8919046	509.9115059

Celda:	Itchimbía
Sector(grados):	30-60

Aitura de la antena sobre el terreno medio:	(metros) 74.8	(pies) 245.344
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km) 35.64172892	(millas) 22.15147851
------------------	---------------------	-------------------------

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	384.6318951	35641.72892	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	367.4810601	8567.205148	SOBRE EL HORIZONTE
-1	351.7410429	4283.276343	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	337.2425198	2855.155068	SOBRE EL HORIZONTE
-2	323.8422162	2140.985659	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	311.4180819	1712.396977	SOBRE EL HORIZONTE
-3	299.8655017	1426.59864	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	289.094289	1222.394765	SOBRE EL HORIZONTE
-4	279.026281	1069.187406	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	269.5933997	949.9777029	SOBRE EL HORIZONTE
-5	260.7360759	854.5663364	SOBRE EL HORIZONTE
-5.5	252.4019599	776.462828	SOBRE EL HORIZONTE
-6	244.5448599	711.3401898	SOBRE EL HORIZONTE
-6.5	237.1238625	656.202813	SOBRE EL HORIZONTE
-7	230.1025993	608.9109748	SOBRE EL HORIZONTE
-7.5	223.4486327	567.8955435	SOBRE EL HORIZONTE
-8	217.132939	531.9796686	SOBRE EL HORIZONTE
-8.5	211.1294704	500.263404	SOBRE EL HORIZONTE
-9	205.4147829	472.0467902	SOBRE EL HORIZONTE
-9.5	199.9677194	446.7772259	SOBRE EL HORIZONTE
-10	194.7691366	424.0126291	SOBRE EL HORIZONTE
-10.5	189.8016714	403.3951221	SOBRE EL HORIZONTE
-11	185.0495386	384.6318951	SOBRE EL HORIZONTE
-11.5	180.4983551	367.4810601	8567.205148
-12	176.134988	351.7410429	4283.276343
-12.5	171.9474214	337.2425198	2855.155068
-13	167.9246399	323.8422162	2140.985659
-13.5	164.0565268	311.4180819	1712.396977
-14	160.333774	299.8655017	1426.59864
-14.5	156.7478026	289.094289	1222.394765
-15	153.2906933	279.026281	1069.187406
-15.5	149.9551236	269.5933997	949.9777029
-16	146.7343128	260.7360759	854.5663364
-16.5	143.6219726	252.4019599	776.462828
-17	140.6122634	244.5448599	711.3401898
-17.5	137.6997547	237.1238625	656.202813
-18	134.8793899	230.1025993	608.9109748
-18.5	132.1464545	223.4486327	567.8955435
-19	129.4965477	217.132939	531.9796686
-19.5	126.9255568	211.1294704	500.263404
-20	124.4296336	205.4147829	472.0467902

CALCULO DEL DOWNTILT

Celda:	Itchimbia
Sector(grados):	60-90

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros) 48.4	(pies) 158.752
Beamwidth Vertical (grados):	14	

Resultados:

Radio horizonte:	(km)	(millas)
	28.67019486	17.81864192

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	394.001219	28670.19486	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	367.4618222	5543.485684	SOBRE EL HORIZONTE
-1	344.2221385	2771.531751	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	323.6998496	1847.453279	SOBRE EL HORIZONTE
-2	305.4420407	1385.343661	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	289.0911462	1108.021574	SOBRE EL HORIZONTE
-3	274.3611129	923.0932378	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	261.0203731	790.9613183	SOBRE EL HORIZONTE
-4	248.8794615	691.827145	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	237.7818624	614.6914548	SOBRE EL HORIZONTE
-5	227.5971454	552.9546883	SOBRE EL HORIZONTE
-5.5	218.2157481	502.417124	SOBRE EL HORIZONTE
-6	209.5449634	460.2789464	SOBRE EL HORIZONTE
-6.5	201.5058177	424.6018202	SOBRE EL HORIZONTE
-7	194.0306188	394.001219	SOBRE EL HORIZONTE
-7.5	187.0610105	367.4618222	5543.485684
-8	180.5464171	344.2221385	2771.531751
-8.5	174.4427881	323.6998496	1847.453279
-9	168.7115785	305.4420407	1385.343661
-9.5	163.3189152	289.0911462	1108.021574
-10	158.2349094	274.3611129	923.0932378
-10.5	153.4330875	261.0203731	790.9613183
-11	148.8899172	248.8794615	691.827145
-11.5	144.5844094	237.7818624	614.6914548
-12	140.4977841	227.5971454	552.9546883
-13	132.9154478	209.5449634	460.2789464
-14	126.0270884	194.0306188	394.001219
-15	119.7379367	180.5464171	344.2221385
-16	113.9696981	168.7115785	305.4420407
-17	108.65712	158.2349094	274.3611129
-18	103.7453832	148.8899172	248.8794615
-19	99.18809569	140.4977841	227.5971454
-20	94.94573179	132.9154478	209.5449634

Celda:	Itchimbia
Sector(grados):	330-360

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros)	(pies)
	76.66	251.4448
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km)	(millas)
	36.08214698	22.42520011

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	394.1962711	36082.14698	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	376.6189581	8780.239929	SOBRE EL HORIZONTE
-1	360.4875447	4389.785621	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	345.6284969	2926.152239	SOBRE EL HORIZONTE
-2	331.8949772	2194.224072	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	319.1619006	1754.977972	SOBRE EL HORIZONTE
-3	307.3220503	1462.072885	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	296.2829972	1252.791212	SOBRE EL HORIZONTE
-4	285.9646351	1095.774152	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	276.2971928	973.6001431	SOBRE EL HORIZONTE
-5	267.21962	875.816248	SOBRE EL HORIZONTE
-5.5	258.6782653	795.7705935	SOBRE EL HORIZONTE
-6	250.6257882	729.0285956	SOBRE EL HORIZONTE
-6.5	243.020258	672.5201557	SOBRE EL HORIZONTE
-7	235.8244019	624.0523439	SOBRE EL HORIZONTE
-7.5	229.0049758	582.0170102	SOBRE EL HORIZONTE
-8	222.532234	545.20804	SOBRE EL HORIZONTE
-8.5	216.3794813	512.703109	SOBRE EL HORIZONTE
-9	210.5226906	483.7848521	SOBRE EL HORIZONTE
-9.5	204.9401787	457.886927	SOBRE EL HORIZONTE
-10	199.6123263	434.5562586	SOBRE EL HORIZONTE
-10.5	194.5213387	413.4260704	SOBRE EL HORIZONTE
-11	189.6510378	394.1962711	SOBRE EL HORIZONTE
-11.5	184.9866832	376.6189581	8780.239929
-12	180.5148153	360.4875447	4389.785621
-12.5	176.2231193	345.6284969	2926.152239
-13	172.1003061	331.8949772	2194.224072
-13.5	168.1360073	319.1619006	1754.977972
-14	164.3206833	307.3220503	1462.072885
-14.5	160.6455421	296.2829972	1252.791212
-15	157.1024673	285.9646351	1095.774152
-15.5	153.6839542	276.2971928	973.6001431
-16	150.3830537	267.21962	875.816248
-16.5	147.1933211	258.6782653	795.7705935
-17	144.1087716	250.6257882	729.0285956
-17.5	141.1238395	243.020258	672.5201557
-18	138.2333426	235.8244019	624.0523439
-18.5	135.4324492	229.0049758	582.0170102
-19	132.716649	222.532234	545.20804
-19.5	130.081727	216.3794813	512.703109
-20	127.5237395	210.5226906	483.7848521

CALCULO DEL DOWNTILT

Celda:	San Juan
Sector(grados):	350-20

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros)	(pies)
	1.5	4.92
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km)	(millas)
	5.047235782	3.136877428

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	7.713206452	5047.235782	SOBRE EL HORIZONTE
-0.02	7.698857581	4295.164915	SOBRE EL HORIZONTE
-0.05	7.677430465	1718.0656	SOBRE EL HORIZONTE
-0.1	7.641972795	859.0321456	SOBRE EL HORIZONTE
-0.2	7.571995357	429.5147644	SOBRE EL HORIZONTE
-0.3	7.50324078	286.3417225	SOBRE EL HORIZONTE
-0.4	7.435676882	214.7547654	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	7.369272595	171.8022423	SOBRE EL HORIZONTE
-1	7.053630538	85.89457906	SOBRE EL HORIZONTE

Celda:	San Juan
Sector(grados):	20-50

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros)	(pies)
	1	3.28
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km)	(millas)
	4.121050759	2.561249695

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	5.142137635	4121.050759	SOBRE EL HORIZONTE
-0.02	5.132571721	2863.443277	SOBRE EL HORIZONTE
-0.04	5.123040039	1431.721464	SOBRE EL HORIZONTE
-0.05	5.118286976	1145.377066	SOBRE EL HORIZONTE
-0.1	5.09464853	572.6880971	SOBRE EL HORIZONTE
-0.2	5.047996904	286.3431763	SOBRE EL HORIZONTE
-0.3	5.00216052	190.8944817	SOBRE EL HORIZONTE
-0.4	4.957117921	143.1698436	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	4.912848397	114.5348282	SOBRE EL HORIZONTE
-1	4.702420359	57.26305271	SOBRE EL HORIZONTE

Celda:	San Juan
Sector(grados):	110-140

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros)	(pies)
	121.46	398.3888
Beamwidth Vertical (grados):	14	

Resultados:

Radio horizonte:	(km)	(millas)
	45.41764404	28.22724925

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	988.7476871	45417.64404	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	922.1469614	13911.40023	SOBRE EL HORIZONTE
-1	863.826879	6955.170382	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	812.3261103	4636.191638	SOBRE EL HORIZONTE
-2	766.5080633	3476.525643	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	725.475426	2780.584718	SOBRE EL HORIZONTE
-3	688.5103466	2316.506295	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	655.031705	1984.920697	SOBRE EL HORIZONTE
-4	624.5640371	1736.143079	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	596.7145663	1542.570746	SOBRE EL HORIZONTE
-5	571.1559768	1387.642075	SOBRE EL HORIZONTE
-5.5	547.6133217	1260.817849	SOBRE EL HORIZONTE
-6	525.8539516	1155.071918	SOBRE EL HORIZONTE
-6.5	505.6796822	1065.540022	SOBRE EL HORIZONTE
-7	486.9206396	988.7476871	SOBRE EL HORIZONTE
-7.5	469.4303789	922.1469614	13911.40023
-8	453.0819799	863.826879	6955.170382
-8.5	437.7648975	812.3261103	4636.191638
-9	423.3824035	766.5080633	3476.525643
-9.5	409.8494926	725.475426	2780.584718
-10	397.0911589	688.5103466	2316.506295
-10.5	385.0409671	655.031705	1984.920697
-11	373.6398624	624.5640371	1736.143079
-11.5	362.8351729	596.7145663	1542.570746
-12	352.5797697	571.1559768	1387.642075
-12.5	342.8313566	547.6133217	1260.817849
-13	333.5518654	525.8539516	1155.071918
-13.5	324.7069411	505.6796822	1065.540022
-14	316.265499	486.9206396	988.7476871
-14.5	308.1993451	469.4303789	922.1469614
-15	300.482847	453.0819799	863.826879
-15.5	293.0926499	437.7648975	812.3261103
-16	286.0074284	423.3824035	766.5080633
-16.5	279.2076712	409.8494926	725.475426
-17	272.6754915	397.0911589	688.5103466
-17.5	266.3944619	385.0409671	655.031705
-18	260.3494677	373.6398624	624.5640371
-18.5	254.526579	362.8351729	596.7145663
-19	248.912936	352.5797697	571.1559768
-19.5	243.4966486	342.8313566	547.6133217
-20	238.2667063	333.5518654	525.8539516

Celda:	San Juan
Sector(grados):	140-170

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros)	(pies)
	132.7	435.256
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km)	(millas)
	47.47264451	29.50444034

Down tilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	682.3616641	47472.64451	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	651.9349822	15198.7717	SOBRE EL HORIZONTE
-1	624.0111816	7598.807095	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	598.2898714	5065.228308	SOBRE EL HORIZONTE
-2	574.5168729	3798.245948	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	552.4756614	3037.902124	SOBRE EL HORIZONTE
-3	531.9806428	2530.877534	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	512.8718202	2168.606755	SOBRE EL HORIZONTE
-4	495.010528	1896.807069	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	478.2759913	1685.321406	SOBRE EL HORIZONTE
-5	462.5625304	1516.055519	SOBRE EL HORIZONTE
-5.5	447.7772737	1377.494883	SOBRE EL HORIZONTE
-6	433.8382742	1261.963144	SOBRE EL HORIZONTE
-6.5	420.6729486	1164.1459	SOBRE EL HORIZONTE
-7	408.2167771	1080.247144	SOBRE EL HORIZONTE
-7.5	396.4122134	1007.483137	SOBRE EL HORIZONTE
-8	385.2077675	943.7660698	SOBRE EL HORIZONTE
-8.5	374.5572289	887.4993812	SOBRE EL HORIZONTE
-9	364.4190066	837.4412975	SOBRE EL HORIZONTE
-9.5	354.7555663	792.611469	SOBRE EL HORIZONTE
-10	345.5329468	752.2256133	SOBRE EL HORIZONTE
-10.5	336.7203449	715.648833	SOBRE EL HORIZONTE
-11	328.2897563	682.3616641	SOBRE EL HORIZONTE
-11.5	320.2156647	651.9349822	15198.7717
-12	312.4747715	624.0111816	7598.807095
-12.5	305.0457596	598.2898714	5065.228308
-13	297.9090871	574.5168729	3798.245948
-13.5	291.0468063	552.4756614	3037.902124
-14	284.4424038	531.9806428	2530.877534
-14.5	278.0806606	512.8718202	2168.606755
-15	271.9475268	495.010528	1896.807069
-15.5	266.0300121	478.2759913	1685.321406
-16	260.3160869	462.5625304	1516.055519
-16.5	254.7945958	447.7772737	1377.494883
-17	249.4551786	433.8382742	1261.963144
-17.5	244.2882012	420.6729486	1164.1459
-18	239.284693	408.2167771	1080.247144
-18.5	234.4362902	396.4122134	1007.483137
-19	229.7351855	385.2077675	943.7660698
-19.5	225.1740827	374.5572289	887.4993812
-20	220.7461548	364.4190066	837.4412975

CASEO DEL DOWNLET

Celda:	San Juan
Sector(grados):	170-200

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros)	(pies)
	118.2	387.696
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km)	(millas)
	44.80399108	27.84586145

Downfilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	607.8006684	44803.99108	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	580.6986805	13538.01669	SOBRE EL HORIZONTE
-1	555.8260864	6768.49283	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	532.9153188	4511.755735	SOBRE EL HORIZONTE
-2	511.7399727	3383.215305	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	492.107183	2705.953512	SOBRE EL HORIZONTE
-3	473.8516351	2254.331006	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	456.8308149	1931.645203	SOBRE EL HORIZONTE
-4	440.9212088	1689.544805	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	426.0152386	1501.167974	SOBRE EL HORIZONTE
-5	412.0187724	1350.397606	SOBRE EL HORIZONTE
-5.5	398.8490863	1226.977357	SOBRE EL HORIZONTE
-6	386.4331877	1124.069658	SOBRE EL HORIZONTE
-6.5	374.7064245	1036.940809	SOBRE EL HORIZONTE
-7	363.6113267	962.2095885	SOBRE EL HORIZONTE
-7.5	353.0966362	897.3964337	SOBRE EL HORIZONTE
-8	343.1164892	840.6416688	SOBRE EL HORIZONTE
-8.5	333.6297246	790.5231865	SOBRE EL HORIZONTE
-9	324.599296	745.934901	SOBRE EL HORIZONTE
-9.5	315.9917705	706.0035843	SOBRE EL HORIZONTE
-10	307.7768976	670.0306518	SOBRE EL HORIZONTE
-10.5	299.9272402	637.4505807	SOBRE EL HORIZONTE
-11	292.4178538	607.8006684	SOBRE EL HORIZONTE
-11.5	285.2260103	580.6986805	13538.01669
-12	278.330957	555.8260864	6768.49283
-12.5	271.713706	532.9153188	4511.755735
-13	265.3568508	511.7399727	3383.215305
-13.5	259.2444047	492.107183	2705.953512
-14	253.3616589	473.8516351	2254.331006
-14.5	247.6950571	456.8308149	1931.645203
-15	242.2320849	440.9212088	1689.544805
-15.5	236.9611713	426.0152386	1501.167974
-16	231.8716012	412.0187724	1350.397606
-16.5	226.953438	398.8490863	1226.977357
-17	222.1974537	386.4331877	1124.069658
-17.5	217.595067	374.7064245	1036.940809
-18	213.1382872	363.6113267	962.2095885
-18.5	208.8196647	353.0966362	897.3964337
-19	204.6322451	343.1164892	840.6416688
-19.5	200.5695295	333.6297246	790.5231865
-20	196.625437	324.599296	745.934901

RESULTADOS DEL DOWNTILT

Celda:	San Juan
Sector(grados):	200-230

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros)	(pies)
	105.8	347.024
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km)	(millas)
	42.38876833	26.34479076

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	544.0381617	42388.76833	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	519.7793604	12117.78482	SOBRE EL HORIZONTE
-1	497.516074	6058.430977	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	477.0088048	4038.441259	SOBRE EL HORIZONTE
-2	458.0548994	3028.292549	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	440.4817255	2422.080217	SOBRE EL HORIZONTE
-3	424.1413113	2017.836045	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	408.9060932	1729.002221	SOBRE EL HORIZONTE
-4	394.6655151	1512.299834	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	381.3232847	1343.68504	SOBRE EL HORIZONTE
-5	368.7951448	1208.731529	SOBRE EL HORIZONTE
-5.5	357.0070502	1098.25892	SOBRE EL HORIZONTE
-6	345.8936655	1006.146953	SOBRE EL HORIZONTE
-6.5	335.3971211	928.1585242	SOBRE EL HORIZONTE
-7	325.465976	861.2671274	SOBRE EL HORIZONTE
-7.5	316.0543495	803.2533222	SOBRE EL HORIZONTE
-8	307.1211892	752.4525259	SOBRE EL HORIZONTE
-8.5	298.6296519	707.5918201	SOBRE EL HORIZONTE
-9	290.546578	667.6811551	SOBRE EL HORIZONTE
-9.5	282.8420416	631.9389105	SOBRE EL HORIZONTE
-10	275.4889659	599.7397882	SOBRE EL HORIZONTE
-10.5	268.4627919	570.5775925	SOBRE EL HORIZONTE
-11	261.7411923	544.0381617	SOBRE EL HORIZONTE
-11.5	255.3038231	519.7793604	12117.78482
-12	249.1321087	497.516074	6058.430977
-12.5	243.2090533	477.0088048	4038.441259
-13	237.5190763	458.0548994	3028.292549
-13.5	232.0478682	440.4817255	2422.080217
-14	226.7822632	424.1413113	2017.836045
-14.5	221.7101273	408.9060932	1729.002221
-15	216.8202588	394.6655151	1512.299834
-15.5	212.1023005	381.3232847	1343.68504
-16	207.5466616	368.7951448	1208.731529
-16.5	203.1444479	357.0070502	1098.25892
-17	198.8873993	345.8936655	1006.146953
-17.5	194.7678349	335.3971211	928.1585242
-18	190.7786023	325.465976	861.2671274
-18.5	186.9130332	316.0543495	803.2533222
-19	183.164903	307.1211892	752.4525259
-19.5	179.5283945	298.6296519	707.5918201
-20	175.9980646	290.546578	667.6811551

CALCULO DEL DOWNTILT

Celda:	El Placer
Sector(grados):	247-277

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros) 105	(pies) 344.4
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km) 42.22820423	(millas) 26.24499952
------------------	---------------------	-------------------------

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	539.9244516	42228.20423	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	515.8490817	12026.15696	SOBRE EL HORIZONTE
-1	493.7541377	6012.620534	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	473.4019329	4007.904841	SOBRE EL HORIZONTE
-2	454.5913463	3005.394307	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	437.1510508	2403.765811	SOBRE EL HORIZONTE
-3	420.9341936	2002.578305	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	405.8141757	1715.92848	SOBRE EL HORIZONTE
-4	391.6812768	1500.864674	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	378.4399328	1333.52485	SOBRE EL HORIZONTE
-5	366.0065237	1199.591782	SOBRE EL HORIZONTE
-5.5	354.307564	1089.954505	SOBRE EL HORIZONTE
-6	343.2782124	998.5390365	SOBRE EL HORIZONTE
-6.5	332.861037	921.1403123	SOBRE EL HORIZONTE
-7	323.0049856	854.7547106	SOBRE EL HORIZONTE
-7.5	313.6645246	797.1795731	SOBRE EL HORIZONTE
-8	304.7989118	746.7629038	SOBRE EL HORIZONTE
-8.5	296.3715827	702.2414094	SOBRE EL HORIZONTE
-9	288.3496285	662.6325263	SOBRE EL HORIZONTE
-9.5	280.7033494	627.1605444	SOBRE EL HORIZONTE
-10	273.4058735	595.2048938	SOBRE EL HORIZONTE
-10.5	266.4328275	566.2632062	SOBRE EL HORIZONTE
-11	259.7620528	539.9244516	SOBRE EL HORIZONTE
-11.5	253.3733594	515.8490817	12026.15696
-12	247.2483121	493.7541377	6012.620534
-12.5	241.3700434	473.4019329	4007.904841
-13	235.7230908	454.5913463	3005.394307
-13.5	230.2932529	437.1510508	2403.765811
-14	225.0674635	420.9341936	2002.578305
-14.5	220.0336802	405.8141757	1715.92848
-15	215.1807861	391.6812768	1500.864674
-15.5	210.4985024	378.4399328	1333.52485
-16	205.9773107	366.0065237	1199.591782
-16.5	201.608384	354.307564	1089.954505
-17	197.3835249	343.2782124	998.5390365
-17.5	193.2951102	332.861037	921.1403123
-18	189.3360419	323.0049856	854.7547106
-18.5	185.4997021	313.6645246	797.1795731
-19	181.7799132	304.7989118	746.7629038
-19.5	178.1709019	296.3715827	702.2414094
-20	174.6672664	288.3496285	662.6325263

Celda:	El Placer
Sector(grados):	277-307

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros) 85	(pies) 278.8
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km) 37.99421069	(millas) 23.61355543
------------------	---------------------	-------------------------

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	437.0816989	37994.21069	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	417.5921137	9735.460396	SOBRE EL HORIZONTE
-1	399.7057305	4867.35948	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	383.2301362	3244.494395	SOBRE EL HORIZONTE
-2	368.0025184	2432.938248	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	353.884184	1945.905656	SOBRE EL HORIZONTE
-3	340.756252	1621.134819	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	328.5162375	1389.08496	SOBRE EL HORIZONTE
-4	317.0753193	1214.985689	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	306.3561361	1079.520117	SOBRE EL HORIZONTE
-5	296.2909953	971.0981096	SOBRE EL HORIZONTE
-5.5	286.8204089	882.3441227	SOBRE EL HORIZONTE
-6	277.8918863	808.3411248	SOBRE EL HORIZONTE
-6.5	269.4589347	745.6850148	SOBRE EL HORIZONTE
-7	261.4802265	691.9442895	SOBRE EL HORIZONTE
-7.5	253.9189009	645.3358449	SOBRE EL HORIZONTE
-8	246.7419762	604.5223507	SOBRE EL HORIZONTE
-8.5	239.9198527	568.4811409	SOBRE EL HORIZONTE
-9	233.4258897	536.416807	SOBRE EL HORIZONTE
-9.5	227.2360447	507.7013931	SOBRE EL HORIZONTE
-10	221.3285643	481.832533	SOBRE EL HORIZONTE
-10.5	215.6837175	458.4035479	SOBRE EL HORIZONTE
-11	210.2835666	437.0816989	SOBRE EL HORIZONTE
-11.5	205.1117672	417.5921137	9735.460396
-12	200.1533955	399.7057305	4867.35948
-12.5	195.394797	383.2301362	3244.494395
-13	190.8234545	368.0025184	2432.938248
-13.5	186.4278714	353.884184	1945.905656
-14	182.1974704	340.756252	1621.134819
-14.5	178.122503	328.5162375	1389.08496
-15	174.1939697	317.0753193	1214.985689
-15.5	170.4035496	306.3561361	1079.520117
-16	166.7435372	296.2909953	971.0981096
-16.5	163.206787	286.8204089	882.3441227
-17	159.786663	277.8918863	808.3411248
-17.5	156.476994	269.4589347	745.6850148
-18	153.272034	261.4802265	691.9442895
-18.5	150.1664255	253.9189009	645.3358449
-19	147.1551678	246.7419762	604.5223507
-19.5	144.2335872	239.9198527	568.4811409
-20	141.3973109	233.4258897	536.416807

CALCULO DEL DOWNTILT

Celda:	El Placer
Sector(grados):	307-7

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros) 9.58	(pies) 31.4224
Beamwidth Vertical (grados):	30	

Resultados:

Radio horizonte:	(km) 12.7553012	(millas) 7.927471224
------------------	--------------------	-------------------------

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	35.73625364	12755.3012	SOBRE EL HORIZONTE
-0.05	35.6119155	10972.7123	SOBRE EL HORIZONTE
-0.1	35.48838182	5486.35197	SOBRE EL HORIZONTE
-0.2	35.24369611	2743.167629	SOBRE EL HORIZONTE
-0.3	35.002134	1828.769135	SOBRE EL HORIZONTE
-0.4	34.7636346	1371.567102	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	34.52813863	1097.243654	SOBRE EL HORIZONTE
-1	33.39373806	548.580045	SOBRE EL HORIZONTE

Celda:	El Placer
Sector(grados):	7-67

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros) 0.5	(pies) 1.64
Beamwidth Vertical (grados):	30	

Resultados:

Radio horizonte:	(km) 2.914022937	(millas) 1.811077028
------------------	---------------------	-------------------------

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	1.865148937	2914.022937	SOBRE EL HORIZONTE
-0.01	1.863847665	2863.443364	SOBRE EL HORIZONTE
-0.02	1.862548086	1431.721638	SOBRE EL HORIZONTE
-0.03	1.861250197	954.4810438	SOBRE EL HORIZONTE
-0.04	1.859953993	715.8607319	SOBRE EL HORIZONTE
-0.05	1.858659473	572.6885332	SOBRE EL HORIZONTE
-0.1	1.852211995	286.3440485	SOBRE EL HORIZONTE
-0.2	1.839441342	143.1715881	SOBRE EL HORIZONTE
-0.3	1.826833716	95.44724084	SOBRE EL HORIZONTE
-0.4	1.81438594	71.58492181	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	1.802094918	57.26741409	SOBRE EL HORIZONTE
-1	1.742888208	28.63152635	SOBRE EL HORIZONTE

CALCULO DEL DOWNTILT

Celda:	El Placer
Sector(grados):	67-97

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros) 3.87	(pies) 12.6936
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km) 8.107061103	(millas) 5.038571226
------------------	---------------------	-------------------------

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	19.90007265	8107.061103	SOBRE EL HORIZONTE
-0.1	19.71628981	2216.302936	SOBRE EL HORIZONTE
-0.2	19.53574802	1108.148092	SOBRE EL HORIZONTE
-0.3	19.35836121	738.7616441	SOBRE EL HORIZONTE
-0.4	19.18404635	554.0672948	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	19.0127233	443.2497851	SOBRE EL HORIZONTE
-0.6	18.84431465	369.3706951	SOBRE EL HORIZONTE
-0.7	18.67874568	316.5992735	SOBRE EL HORIZONTE
-0.8	18.51594418	277.0201447	SOBRE EL HORIZONTE
-0.9	18.35584037	246.2358777	SOBRE EL HORIZONTE
-1	18.19836679	221.608014	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	17.44824267	147.7199213	SOBRE EL HORIZONTE
-2	16.75493819	110.7702473	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	16.11213873	88.59593987	SOBRE EL HORIZONTE
-3	15.51443171	73.80931468	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	14.95715105	63.24422111	SOBRE EL HORIZONTE
-4	14.43625277	55.3175837	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	13.94821467	49.14991591	SOBRE EL HORIZONTE
-5	13.48995473	44.21352569	SOBRE EL HORIZONTE
-6	12.65225412	36.80329592	SOBRE EL HORIZONTE
-7	11.9050409	31.50381648	SOBRE EL HORIZONTE
-8	11.23401703	27.52354702	SOBRE EL HORIZONTE
-9	10.62774345	24.42274168	SOBRE EL HORIZONTE
-10	10.07695934	21.9375518	SOBRE EL HORIZONTE
-11	9.57408709	19.90007265	SOBRE EL HORIZONTE
-11.1	9.526184184	19.71628981	2216.302936
-11.2	9.478691311	19.53574802	1108.148092
-11.3	9.431602944	19.35836121	738.7616441
-11.4	9.384913652	19.18404635	554.0672948
-11.5	9.338618105	19.0127233	443.2497851
-12	9.112860359	18.19836679	221.608014
-13	8.688079633	16.75493819	110.7702473
-14	8.295343654	15.51443171	73.80931468
-15	7.930948974	14.43625277	55.3175837

CALCULO DEL DOWNTILT

Celda:	El Placer
Sector(grados):	97-127

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros) 47	(pies) 154.16
Beamwidth Vertical (grados):	22	

Resultados:

Radio horizonte:	(km) 28.2525006	(millas) 17.55904325
------------------	--------------------	-------------------------

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	241.6804688	28252.5006	SOBRE EL HORIZONTE
-0.1	239.4484809	26916.34056	SOBRE EL HORIZONTE
-0.2	237.2558545	13458.12929	SOBRE EL HORIZONTE
-0.3	235.1015444	8972.040639	SOBRE EL HORIZONTE
-0.4	232.9845423	6728.98265	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	230.9038746	5383.136925	SOBRE EL HORIZONTE
-0.6	228.8586017	4485.897331	SOBRE EL HORIZONTE
-0.7	226.8478158	3845.004097	SOBRE EL HORIZONTE
-0.8	224.8706399	3364.327339	SOBRE EL HORIZONTE
-0.9	222.9262267	2990.461564	SOBRE EL HORIZONTE
-1	221.0137569	2691.363477	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	211.9037224	1794.014548	SOBRE EL HORIZONTE
-2	203.4837455	1345.271737	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	195.677137	1075.971363	SOBRE EL HORIZONTE
-3	188.4181628	896.3921938	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	181.6501548	768.0822719	SOBRE EL HORIZONTE
-4	175.3240001	671.815616	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	169.3969223	596.9111235	SOBRE EL HORIZONTE
-5	163.8314915	536.9601312	SOBRE EL HORIZONTE
-6	153.6578665	446.9650925	SOBRE EL HORIZONTE
-7	144.5831841	382.6044895	SOBRE EL HORIZONTE
-8	136.4337986	334.2652998	SOBRE EL HORIZONTE
-9	129.0707861	296.6069403	SOBRE EL HORIZONTE
-10	122.3816767	266.4250477	SOBRE EL HORIZONTE
-11	116.2744427	241.6804688	SOBRE EL HORIZONTE
-12	110.673054	221.0137569	2691.363477
-13	105.5141454	203.4837455	1345.271737
-13.5	103.0836465	195.677137	1075.971363
-14	100.7444836	188.4181628	896.3921938
-14.5	98.49126637	181.6501548	768.0822719
-14.6	98.05049165	180.3510288	746.6927235
-14.7	97.61291657	179.0691964	726.4578873
-14.8	97.17850378	177.8043068	707.2866016
-14.9	96.74721651	176.5560187	689.0970547
-15	96.31901854	175.3240001	671.815616
-16	92.19936765	163.8314915	536.9601312
-17	88.35262541	153.6578665	446.9650925
-18	84.75041878	144.5831841	382.6044895
-19	81.36815162	136.4337986	334.2652998
-20	78.18439544	129.0707861	296.6069403

CALCULO DEL DOWNTILT

Celda:	La Tola
Sector(grados):	30-90

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros) 78.22	(pies) 250.0016
Beamwidth Vertical (grados):	14	

Resultados:

Radio horizonte:	(km) 35.97844889	(millas) 22.36075133
------------------	---------------------	-------------------------

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	620.4705147	35978.44889	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	578.6764482	8729.844604	SOBRE EL HORIZONTE
-1	542.0787478	4364.589878	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	509.7603831	2909.357209	SOBRE EL HORIZONTE
-2	481.0081062	2181.630039	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	455.2588257	1744.905048	SOBRE EL HORIZONTE
-3	432.0620667	1453.681128	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	411.0531579	1245.600655	SOBRE EL HORIZONTE
-4	391.9337305	1089.484814	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	374.4573048	968.012039	SOBRE EL HORIZONTE
-5	358.4184798	870.7893872	SOBRE EL HORIZONTE
-5.5	343.6447174	791.2031651	SOBRE EL HORIZONTE
-6	329.990023	724.8442416	SOBRE EL HORIZONTE
-6.5	317.3300295	668.6601391	SOBRE EL HORIZONTE
-7	305.5581356	620.4705147	SOBRE EL HORIZONTE
-7.5	294.5824426	578.6764482	8729.844604
-8	284.323304	542.0787478	4364.589878
-8.5	274.7113493	509.7603831	2909.357209
-9	265.6858784	481.0081062	2181.630039
-9.5	257.1935479	455.2588257	1744.905048
-10	249.1872891	432.0620667	1453.681128
-10.5	241.6254118	411.0531579	1245.600655
-11	234.4708572	391.9337305	1089.484814
-11.5	227.690572	374.4573048	968.012039
-12	221.2549815	358.4184798	870.7893872
-12.5	215.1375432	343.6447174	791.2031651
-13	209.3143684	329.990023	724.8442416
-13.5	203.763898	317.3300295	668.6601391
-14	198.4666255	305.5581356	620.4705147
-14.5	193.4048582	294.5824426	578.6764482
-15	188.5625111	284.323304	542.0787478
-15.5	183.9249281	274.7113493	509.7603831
-16	179.4787271	265.6858784	481.0081062
-16.5	175.2116639	257.1935479	455.2588257
-17	171.1125141	249.1872891	432.0620667
-17.5	167.1709689	241.6254118	411.0531579
-18	163.3775435	234.4708572	391.9337305
-18.5	159.7234962	227.690572	374.4573048
-19	156.2007573	221.2549815	358.4184798
-19.5	152.8018653	215.1375432	343.6447174
-20	149.5199107	209.3143684	329.990023
-20.5	146.348486	203.763898	317.3300295
-21	143.2816406	198.4666255	305.5581356
-21.5	140.313841	193.4048582	294.5824426
-22	137.4399345	188.5625111	284.323304
-22.5	134.6551171	183.9249281	274.7113493
-23	131.9549046	179.4787271	265.6858784
-23.5	129.3351061	175.2116639	257.1935479
-24	126.7918004	171.1125141	249.1872891
-24.5	124.3213148	167.1709689	241.6254118
-25	121.9202053	163.3775435	234.4708572

CALCULO DEL DOWNTILT

Celda:	La Tola
Sector(grados):	90-150

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros)	(pies)
	18.11	59.4008
Beamwidth Vertical (grados):	14	

Resultados:

Radio horizonte:	(km)	(millas)
	17.53748001	10.89961467

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	147.4248363	17537.48001	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	137.4944959	2074.225738	SOBRE EL HORIZONTE
-1	128.7988208	1037.033885	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	121.1199231	691.2681587	SOBRE EL HORIZONTE
-2	114.2883338	518.3589609	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	108.1702615	414.5923698	SOBRE EL HORIZONTE
-3	102.6586726	345.3970772	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	97.66692061	295.9568073	SOBRE EL HORIZONTE
-4	93.12411256	258.8634214	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	88.97168446	230.0012861	SOBRE EL HORIZONTE
-5	85.1608327	206.9010208	SOBRE EL HORIZONTE
-5.5	81.65056196	187.9912007	SOBRE EL HORIZONTE
-6	78.40618363	172.2242091	SOBRE EL HORIZONTE
-6.5	75.39814791	158.874772	SOBRE EL HORIZONTE
-7	72.60112615	147.4248363	SOBRE EL HORIZONTE
-7.5	69.99328307	137.4944959	2074.225738
-8	67.55569451	128.7988208	1037.033885
-8.1	67.08711846	127.1877246	942.7379713
-8.2	66.6245654	125.6156646	864.1562881
-8.3	66.16791719	124.0812296	797.6624743
-8.4	65.71705874	122.583076	740.6662719
-8.5	65.27187793	121.1199231	691.2681587
-9	63.12741089	114.2883338	518.3589609
-9.5	61.10961889	108.1702615	414.5923698
-10	59.20731835	102.6586726	345.3970772
-11	55.71066943	93.12411256	258.8634214
-12	52.57055516	85.1608327	206.9010208
-13	49.73344544	78.40618363	172.2242091
-14	47.15600352	72.60112615	147.4248363
-14.5	45.95331911	69.99328307	137.4944959
-15	44.8027693	67.55569451	128.7988208
-15.5	43.7008718	65.27187793	121.1199231
-16	42.64444697	63.12741089	114.2883338
-16.5	41.63058558	61.10961889	108.1702615
-17	40.65662071	59.20731835	102.6586726
-17.5	39.72010295	57.41060361	97.66692061
-18	38.8187787	55.71066943	93.12411256
-18.5	37.95057093	54.09966229	88.97168446
-19	37.11356225	52.57055516	85.1608327
-19.5	36.30597979	51.11704156	81.65056196
-20	35.52618187	49.73344544	78.40618363
-20.5	34.77264604	48.41464436	75.39814791
-21	34.04395843	47.15600352	72.60112615
-21.5	33.33880425	45.95331911	69.99328307
-22	32.65595924	44.8027693	67.55569451
-22.5	31.99428196	43.7008718	65.27187793
-23	31.35270693	42.64444697	63.12741089
-23.5	30.73023841	41.63058558	61.10961889
-24	30.12594471	40.65662071	59.20731835
-24.5	29.53895318	39.72010295	57.41060361
-25	28.96844554	38.8187787	55.71066943

CÁLCULO DEL DOWN TILT

Celda:	La Tola
Sector(grados):	150-210

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros)	(pies)
	91.77	301.0056
Beamwidth Vertical (grados):	14	

Resultados:

Radio horizonte:	(km)	(millas)
	39.4782897	24.53591653

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	747.055617	39478.2897	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	696.7349468	10510.86118	SOBRE EL HORIZONTE
-1	652.6707779	5255.030347	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	613.7589918	3502.908831	SOBRE EL HORIZONTE
-2	579.140828	2626.714624	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	548.1383158	2100.891318	SOBRE EL HORIZONTE
-3	520.2090771	1750.253439	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	494.9140422	1499.721491	SOBRE EL HORIZONTE
-4	471.8939707	1311.755725	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	450.8520974	1165.500719	SOBRE EL HORIZONTE
-5	431.5411163	1048.443218	SOBRE EL HORIZONTE
-5.5	413.7532894	952.6202369	SOBRE EL HORIZONTE
-6	397.3128367	872.7231179	SOBRE EL HORIZONTE
-6.5	382.0700184	805.076633	SOBRE EL HORIZONTE
-7	367.8964852	747.055617	SOBRE EL HORIZONTE
-7.5	354.6815896	696.7349468	10510.86118
-8	342.329436	652.8707779	5255.030347
-8.5	330.7565013	613.7589918	3502.908831
-9	319.8897017	579.140828	2626.714624
-9.5	309.6648109	548.1383158	2100.891318
-10	300.0251577	520.2090771	1750.253439
-10.5	290.9205463	494.9140422	1499.721491
-11	282.3063575	471.8939707	1311.755725
-11.5	274.1427945	450.8520974	1165.500719
-12	266.3942489	431.5411163	1048.443218
-12.5	259.0287633	413.7532894	952.6202369
-13	252.0175753	397.3128367	872.7231179
-13.5	245.3347274	382.0700184	805.076633
-14	238.9567335	367.8964852	747.055617
-14.5	232.8622913	354.6815896	696.7349468
-15	227.0320342	342.329436	652.6707779
-15.5	221.4483161	330.7565013	613.7589918
-16	216.0950247	319.8897017	579.140828
-16.5	210.9574179	309.6648109	548.1383158
-17	206.0219814	300.0251577	520.2090771
-17.5	201.276303	290.9205463	494.9140422
-18	196.7089631	282.3063575	471.8939707
-18.5	192.3094365	274.1427945	450.8520974
-19	188.0680071	266.3942489	431.5411163
-19.5	183.9756911	259.0287633	413.7532894
-20	180.0241695	252.0175753	397.3128367
-20.5	176.2057276	245.3347274	382.0700184
-21	172.5132007	238.9567335	367.8964852
-21.5	168.9399264	232.8622913	354.6815896
-22	165.4797007	227.0320342	342.329436
-22.5	162.1267396	221.4483161	330.7565013
-23	158.8756441	216.0950247	319.8897017
-23.5	155.7213682	210.9574179	309.6648109
-24	152.6591908	206.0219814	300.0251577
-24.5	149.6846898	201.276303	290.9205463
-25	146.7937188	196.7089631	282.3063575

CALCULO DEL DOWN TILT

Celda:	La Tola
Sector(grados):	210-270

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros)	(pies)
	77.62	254.5936
Beamwidth Vertical (grados):	4	

Resultados:

Radio horizonte:	(km)	(millas)
	36.30736933	22.56517671

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	2221.701963	36307.36933	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	1776.955259	8890.193364	SOBRE EL HORIZONTE
-1	1480.382172	4444.758151	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	1268.479701	2962.79594	SOBRE EL HORIZONTE
-2	1109.496343	2221.701963	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	985.7923703	1776.955259	8890.193364
-3	886.7839443	1480.382172	4444.758151
-3.5	805.7358918	1268.479701	2962.79594
-4	738.1580954	1109.496343	2221.701963
-4.5	680.9420099	985.7923703	1776.955259
-5	631.8672441	886.7839443	1480.382172
-5.5	589.3055091	805.7358918	1268.479701
-6	552.0355866	738.1580954	1109.496343
-6.5	519.1236019	680.9420099	985.7923703
-7	489.8432066	631.8672441	886.7839443
-7.5	463.6209663	589.3055091	805.7358918
-8	439.9981319	552.0355866	738.1580954
-8.5	418.603334	519.1236019	680.9420099
-9	399.1327232	489.8432066	631.8672441
-9.5	381.3352926	463.6209663	589.3055091
-10	365.0018683	439.9981319	552.0355866
-10.5	349.9567432	418.603334	519.1236019
-11	336.0512409	399.1327232	489.8432066
-11.5	323.1587102	381.3352926	463.6209663
-12	311.1705915	365.0018683	439.9981319
-12.5	299.9932983	349.9567432	418.603334
-13	289.545721	336.0512409	399.1327232
-13.5	279.7572151	323.1587102	381.3352926
-14	270.5659654	311.1705915	365.0018683
-14.5	261.9176487	299.9932983	349.9567432
-15	253.7643319	289.545721	336.0512409
-15.5	246.0635589	279.7572151	323.1587102
-16	238.7775903	270.5659654	311.1705915
-16.5	231.8727657	261.9176487	299.9932983
-17	225.318967	253.7643319	289.545721
-17.5	219.0891643	246.0635589	279.7572151
-18	213.1590301	238.7775903	270.5659654
-18.5	207.5066093	231.8727657	261.9176487
-19	202.1120372	225.318967	253.7643319
-19.5	196.9572959	219.0891643	246.0635589
-20	192.0260051	213.1590301	238.7775903
-20.5	187.3032396	207.5066093	231.8727657
-21	182.7753713	202.1120372	225.318967
-21.5	178.4299311	196.9572959	219.0891643
-22	174.2554887	192.0260051	213.1590301
-22.5	170.2415456	187.3032396	207.5066093
-23	166.378443	182.7753713	202.1120372
-23.5	162.6572786	178.4299311	196.9572959
-24	159.0698345	174.2554887	192.0260051
-24.5	155.608512	170.2415456	187.3032396
-25	152.2662748	166.378443	182.7753713

CALCULO DEL DOWNTILT

Celda:	La Tola
Sector(grados):	270-330

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros)	(pies)
	81.5	267.32
Beamwidth Vertical (grados):	4	

Resultados:

Radio horizonte:	(km)	(millas)
	37.20375435	23.12228362

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	2332.758438	37203.75435	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	1865.780129	9334.588497	SOBRE EL HORIZONTE
-1	1554.382208	4666.938796	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	1331.887344	3110.897567	SOBRE EL HORIZONTE
-2	1164.956866	2332.758438	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	1035.069289	1865.780129	9334.588497
-3	931.1117168	1554.382208	4666.938796
-3.5	846.0123059	1331.887344	3110.897567
-4	775.0564903	1164.956866	2332.758438
-4.5	714.9803377	1035.069289	1865.780129
-5	663.4524658	931.1117168	1554.382208
-5.5	618.7631924	846.0123059	1331.887344
-6	579.6302539	775.0564903	1164.956866
-6.5	545.0730939	714.9803377	1035.069289
-7	514.3290561	663.4524658	931.1117168
-7.5	486.7960416	618.7631924	846.0123059
-8	461.9923699	579.6302539	775.0564903
-8.5	439.5281077	545.0730939	714.9803377
-9	419.0842172	514.3290561	663.4524658
-9.5	400.3971443	486.7960416	618.7631924
-10	383.2472593	461.9923699	579.6302539
-10.5	367.4500718	439.5281077	545.0730939
-11	352.8494735	419.0842172	514.3290561
-11.5	339.3124823	400.3971443	486.7960416
-12	326.7251122	383.2472593	461.9923699
-12.5	314.9890983	367.4500718	439.5281077
-13	304.0192768	352.8494735	419.0842172
-13.5	293.7414717	339.3124823	400.3971443
-14	284.0907779	326.7251122	383.2472593
-14.5	275.0101568	314.9890983	367.4500718
-15	266.4492792	304.0192768	352.8494735
-15.5	258.3635668	293.7414717	339.3124823
-16	250.7133936	284.0907779	326.7251122
-16.5	243.4634167	275.0101568	314.9890983
-17	236.5820125	266.4492792	304.0192768
-17.5	230.0407999	258.3635668	293.7414717
-18	223.8142354	250.7133936	284.0907779
-18.5	217.8792664	243.4634167	275.0101568
-19	212.2150352	236.5820125	266.4492792
-19.5	206.8026233	230.0407999	258.3635668
-20	201.6248315	223.8142354	250.7133936
-20.5	196.6659885	217.8792664	243.4634167
-21	191.9117851	212.2150352	236.5820125
-21.5	187.3491289	206.8026233	230.0407999
-22	182.9660181	201.6248315	223.8142354
-22.5	178.7514296	196.6659885	217.8792664
-23	174.6952216	191.9117851	212.2150352
-23.5	170.788047	187.3491289	206.8026233
-24	167.0212768	182.9660181	201.6248315
-24.5	163.3869328	178.7514296	196.6659885
-25	159.8776269	174.6952216	191.9117851

CALCULO DEL DOWNTILT

Celda:	La Tola
Sector(grados):	330-30

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros)	(pies)
	81.18	266.2704
Beamwidth Vertical (grados):	4	

Resultados:

Radio horizonte:	(km)	(millas)
	37.13064447	23.07684554

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	2323.599141	37130.64447	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	1858.454367	9297.937352	SOBRE EL HORIZONTE
-1	1548.279113	4648.614619	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	1326.657848	3098.683	SOBRE EL HORIZONTE
-2	1160.382802	2323.599141	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	1031.005213	1858.454367	9297.937352
-3	927.455818	1548.279113	4648.614619
-3.5	842.6905398	1326.657848	3098.683
-4	772.0133237	1160.382802	2323.599141
-4.5	712.1730529	1031.005213	1858.454367
-5	660.8474991	927.455818	1548.279113
-5.5	616.3336928	842.6905398	1326.657848
-6	577.354405	772.0133237	1160.382802
-6.5	542.9329296	712.1730529	1031.005213
-7	512.3096046	660.8474991	927.455818
-7.5	484.8846952	616.3336928	842.6905398
-8	460.1784121	577.354405	772.0133237
-8.5	437.8023531	542.9329296	712.1730529
-9	417.4387332	512.3096046	660.8474991
-9.5	398.8250328	484.8846952	616.3336928
-10	381.7424847	460.1784121	577.354405
-10.5	366.007323	437.8023531	542.9329296
-11	351.4640523	417.4387332	512.3096046
-11.5	337.9802125	398.8250328	484.8846952
-12	325.4422651	381.7424847	460.1784121
-12.5	313.7523313	366.007323	437.8023531
-13	302.8255815	351.4640523	417.4387332
-13.5	292.5881309	337.9802125	398.8250328
-14	282.9753294	325.4422651	381.7424847
-14.5	273.9303623	313.7523313	366.007323
-15	265.403098	302.8255815	351.4640523
-15.5	257.3491331	292.5881309	337.9802125
-16	249.7289975	282.9753294	325.4422651
-16.5	242.5074867	273.9303623	313.7523313
-17	235.6531015	265.403098	302.8255815
-17.5	229.1375723	257.3491331	292.5881309
-18	222.9354556	249.7289975	282.9753294
-18.5	217.0237896	242.5074867	273.9303623
-19	211.3817982	235.6531015	265.403098
-19.5	205.9906375	229.1375723	257.3491331
-20	200.8331757	222.9354556	249.7289975
-20.5	195.893803	217.0237896	242.5074867
-21	191.1582664	211.3817982	235.6531015
-21.5	186.613525	205.9906375	229.1375723
-22	182.2476239	200.8331757	222.9354556
-22.5	178.0495835	195.893803	217.0237896
-23	174.0093018	191.1582664	211.3817982
-23.5	170.1174682	186.613525	205.9906375
-24	166.3654878	182.2476239	200.8331757
-24.5	162.7454136	178.0495835	195.893803
-25	159.2498865	174.0093018	191.1582664

Celda:	IGM
Sector(grados):	0-60

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros)	(pies)
	68.29	223.9912
Beamwidth Vertical (grados):	30	

Resultados:

Radio horizonte:	(km)	(millas)
	34.05544191	21.16559472

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	254.7420419	34055.44191	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	246.1301239	7821.583417	SOBRE EL HORIZONTE
-1	238.0436714	3910.49387	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	230.4348909	2606.664967	SOBRE EL HORIZONTE
-2	223.2616107	1954.651212	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	216.4864782	1563.363497	SOBRE EL HORIZONTE
-3	210.0762902	1302.438785	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	204.0014322	1116.007199	SOBRE EL HORIZONTE
-4	198.2354065	976.1337961	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	192.7544322	867.2991622	SOBRE EL HORIZONTE
-5	187.537106	780.1916459	SOBRE EL HORIZONTE
-5.5	182.5641117	708.8856487	SOBRE EL HORIZONTE
-6	177.8179724	649.4307696	SOBRE EL HORIZONTE
-6.5	173.2828361	599.0921136	SOBRE EL HORIZONTE
-7	168.9442913	555.9161827	SOBRE EL HORIZONTE
-7.5	164.7892068	518.4704099	SOBRE EL HORIZONTE
-8	160.8055927	485.6803685	SOBRE EL HORIZONTE
-8.5	156.9824787	456.7244366	SOBRE EL HORIZONTE
-9	153.3098083	430.9635735	SOBRE EL HORIZONTE
-9.5	149.7783451	407.8932722	SOBRE EL HORIZONTE
-10	146.3795912	387.1099257	SOBRE EL HORIZONTE
-10.5	143.1057145	368.2868034	SOBRE EL HORIZONTE
-11	139.9494846	351.1565791	SOBRE EL HORIZONTE
-11.5	136.9042165	335.498417	SOBRE EL HORIZONTE
-12	133.9637195	321.1282863	SOBRE EL HORIZONTE
-12.5	131.1222528	307.8916	SOBRE EL HORIZONTE
-13	128.3744849	295.6575527	SOBRE EL HORIZONTE
-13.5	125.7154579	284.3147168	SOBRE EL HORIZONTE
-14	123.1405553	273.7675817	SOBRE EL HORIZONTE
-14.5	120.6454729	263.9338101	SOBRE EL HORIZONTE
-15	118.2261931	254.7420419	SOBRE EL HORIZONTE
-15.5	115.8789608	246.1301239	7821.583417
-16	113.6002631	238.0436714	3910.49387
-16.5	111.3868091	230.4348909	2606.664967
-17	109.2355133	223.2616107	1954.651212
-17.5	107.1434794	216.4864782	1563.363497
-18	105.1079863	210.0762902	1302.438785
-18.5	103.1264744	204.0014322	1116.007199
-19	101.1965345	198.2354065	976.1337961
-19.5	99.31589627	192.7544322	867.2991622
-20	97.48241867	187.537106	780.1916459
-20.5	95.69408069	182.5641117	708.8856487
-21	93.94897306	177.8179724	649.4307696
-21.5	92.24529059	173.2828361	599.0921136
-22	90.5813251	168.9442913	555.9161827
-22.5	88.95545897	164.7892068	518.4704099
-23	87.36615916	160.8055927	485.6803685
-23.5	85.81197173	156.9824787	456.7244366
-24	84.29151675	153.3098083	430.9635735
-24.5	82.80348359	149.7783451	407.8932722
-25	81.34662662	146.3795912	387.1099257

CALCULO DEL DOWNTILT

Celda:	IGM
Sector(grados):	60-120

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros) 79.51	(pies) 260.7928
Beamwidth Vertical (grados):	30	

Resultados:

Radio horizonte:	(km) 36,74674203	(millas) 22,83824862
------------------	---------------------	-------------------------

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	296.595984	36746.74203	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	286.5691339	9106.664189	SOBRE EL HORIZONTE
-1	277.1540828	4552.985321	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	268.2951849	3034.938228	SOBRE EL HORIZONTE
-2	259.9433397	2275.79906	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	252.0550576	1820.223044	SOBRE EL HORIZONTE
-3	244.5916801	1516.428581	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	237.5187271	1299.366414	SOBRE EL HORIZONTE
-4	230.8053474	1136.511907	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	224.4238528	1009.795818	SOBRE EL HORIZONTE
-5	218.3493234	908.3765964	SOBRE EL HORIZONTE
-5.5	212.5592696	825.3550729	SOBRE EL HORIZONTE
-6	207.0333429	756.131798	SOBRE EL HORIZONTE
-6.5	201.7530868	697.5225356	SOBRE EL HORIZONTE
-7	196.7017221	647.2528289	SOBRE EL HORIZONTE
-7.5	191.8639601	603.6547415	SOBRE EL HORIZONTE
-8	187.2258409	565.4773188	SOBRE EL HORIZONTE
-8.5	182.7745919	531.7639472	SOBRE EL HORIZONTE
-9	178.4985043	501.7705921	SOBRE EL HORIZONTE
-9.5	174.3868242	474.9098561	SOBRE EL HORIZONTE
-10	170.4296573	450.71182	SOBRE EL HORIZONTE
-10.5	166.6178849	428.7960717	SOBRE EL HORIZONTE
-11	162.9430886	408.8513633	SOBRE EL HORIZONTE
-11.5	159.397485	390.620576	SOBRE EL HORIZONTE
-12	155.9738664	373.8894427	SOBRE EL HORIZONTE
-12.5	152.6655487	358.477978	SOBRE EL HORIZONTE
-13	149.4663244	344.2338852	SOBRE EL HORIZONTE
-13.5	146.3704211	331.0274291	SOBRE EL HORIZONTE
-14	143.3724638	318.747407	SOBRE EL HORIZONTE
-14.5	140.4674411	307.2979534	SOBRE EL HORIZONTE
-15	137.6506752	296.595984	SOBRE EL HORIZONTE
-15.5	134.9177944	286.5691339	9106.664189
-16	132.2647081	277.1540828	4552.985321
-16.5	129.6875852	268.2951849	3034.938228
-17	127.1828329	259.9433397	2275.79906
-17.5	124.7470794	252.0550576	1820.223044
-18	122.3771561	244.5916801	1516.428581
-18.5	120.0700832	237.5187271	1299.366414
-19	117.8230555	230.8053474	1136.511907
-19.5	115.6334297	224.4238528	1009.795818
-20	113.498713	218.3493234	908.3765964
-20.5	111.4165523	212.5592696	825.3550729
-21	109.3847247	207.0333429	756.131798
-21.5	107.4011284	201.7530868	697.5225356
-22	105.4637745	196.7017221	647.2528289
-22.5	103.5707797	191.8639601	603.6547415
-23	101.720359	187.2258409	565.4773188
-23.5	99.91081963	182.7745919	531.7639472
-24	98.14055493	178.4985043	501.7705921
-24.5	96.40803895	174.3868242	474.9098561
-25	94.71182139	170.4296573	450.71182

Celda:	IGM
Sector(grados):	120-180

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros)	(pies)
	75.2	246.656
Beamwidth Vertical (grados):	30	

Resultados:

Radio horizonte:	(km)	(millas)
	35.73690059	22.21062809

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	280.5184002	35736.90059	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	271.0350757	8613.01908	SOBRE EL HORIZONTE
-1	262.1303865	4306.181564	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	253.751703	2870.423276	SOBRE EL HORIZONTE
-2	245.8525864	2152.43478	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	238.3919046	1721.55418	SOBRE EL HORIZONTE
-3	231.3330945	1434.22751	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	224.6435452	1228.931635	SOBRE EL HORIZONTE
-4	218.2940778	1074.904986	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	212.258505	955.0577976	SOBRE EL HORIZONTE
-5	206.5132577	859.1362099	SOBRE EL HORIZONTE
-5.5	201.0370655	780.6150356	SOBRE EL HORIZONTE
-6	195.8106828	715.1441481	SOBRE EL HORIZONTE
-6.5	190.8166536	659.7119189	SOBRE EL HORIZONTE
-7	186.0391083	612.1671832	SOBRE EL HORIZONTE
-7.5	181.4635869	570.932418	SOBRE EL HORIZONTE
-8	177.0768863	534.8244796	SOBRE EL HORIZONTE
-8.5	172.8669263	502.9386094	SOBRE EL HORIZONTE
-9	168.8226327	474.5711045	SOBRE EL HORIZONTE
-9.5	164.9338345	449.166409	SOBRE EL HORIZONTE
-10	161.1911738	426.2800763	SOBRE EL HORIZONTE
-10.5	157.5860262	405.5523153	SOBRE EL HORIZONTE
-11	154.1104297	386.6887501	SOBRE EL HORIZONTE
-11.5	150.7570227	369.4461994	SOBRE EL HORIZONTE
-12	147.5189882	353.622011	SOBRE EL HORIZONTE
-12.5	144.3900045	339.0459558	SOBRE EL HORIZONTE
-13	141.3642007	325.5739928	SOBRE EL HORIZONTE
-13.5	138.436117	313.0834193	SOBRE EL HORIZONTE
-14	135.60067	301.4690606	SOBRE EL HORIZONTE
-14.5	132.85312	290.6402477	SOBRE EL HORIZONTE
-15	130.1890426	280.5184002	SOBRE EL HORIZONTE
-15.5	127.6043031	271.0350757	8613.01908
-16	125.0950327	262.1303865	4306.181564
-16.5	122.6576079	253.751703	2870.423276
-17	120.2886308	245.8525864	2152.43478
-17.5	117.9849122	238.3919046	1721.55418
-18	115.7434554	231.3330945	1434.22751
-18.5	113.561442	224.6435452	1228.931635
-19	111.436219	218.2940778	1074.904986
-19.5	109.3652863	212.258505	955.0577976
-20	107.3462862	206.5132577	859.1362099
-20.5	105.3769932	201.0370655	780.6150356
-21	103.4553049	195.8106828	715.1441481
-21.5	101.5792335	190.8166536	659.7119189
-22	99.74689775	186.0391083	612.1671832
-22.5	97.95651654	181.4635869	570.932418
-23	96.20640165	177.0768863	534.8244796
-23.5	94.49495203	172.8669263	502.9386094
-24	92.82064811	168.8226327	474.5711045
-24.5	91.18204665	164.9338345	449.166409
-25	89.57777598	161.1911738	426.2800763

CALCULO DEL DOWNTILT

Celda:	IGM
Sector(grados):	210-300

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros)	(pies)
	46	150.88
Beamwidth Vertical (grados):	14	

Resultados:

Radio horizonte:	(km)	(millas)
	27.95032613	17.3712406

Downtilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	374.4639684	27950.32613	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	349.2405749	5268.602097	SOBRE EL HORIZONTE
-1	327.1532721	2634.100425	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	307.6486174	1755.844025	SOBRE EL HORIZONTE
-2	290.2961544	1316.648934	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	274.756048	1053.078355	SOBRE EL HORIZONTE
-3	260.7564296	877.3200194	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	248.0772141	751.7400959	SOBRE EL HORIZONTE
-4	236.5383312	657.5216667	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	225.9910262	584.2108868	SOBRE EL HORIZONTE
-5	216.3113365	525.5354475	SOBRE EL HORIZONTE
-5.5	207.3951325	477.5038782	SOBRE EL HORIZONTE
-6	199.1543041	437.455197	SOBRE EL HORIZONTE
-6.5	191.5137937	403.5471845	SOBRE EL HORIZONTE
-7	184.4092658	374.4639684	SOBRE EL HORIZONTE
-7.5	177.7852579	349.2405749	5268.602097
-8	171.5937022	327.1532721	2634.100425
-8.5	165.7927325	307.6486174	1755.844025
-9	160.3457151	290.2961544	1316.648934
-9.5	155.2204566	274.756048	1053.078355
-10	150.3885502	260.7564296	877.3200194
-10.5	145.8248352	248.0772141	751.7400959
-11	141.5069461	236.5383312	657.5216667
-11.5	137.4149346	225.9910262	584.2108868
-12	133.5309518	216.3113365	525.5354475
-12.5	129.8389791	207.3951325	477.5038782
-13	126.3245991	199.1543041	437.455197
-13.5	122.9748007	191.5137937	403.5471845
-14	119.7778113	184.4092658	374.4639684
-14.5	116.722953	177.7852579	349.2405749
-15	113.8005184	171.5937022	327.1532721
-15.5	111.0016622	165.7927325	307.6486174
-16	108.3183081	160.3457151	290.2961544
-16.5	105.7430666	155.2204566	274.756048
-17	103.2691636	150.3885502	260.7564296
-17.5	100.8903775	145.8248352	248.0772141
-18	98.600984	141.5069461	236.5383312
-18.5	96.39570751	137.4149346	225.9910262
-19	94.26967772	133.5309518	216.3113365
-19.5	92.21839153	129.8389791	207.3951325
-20	90.23767897	126.3245991	199.1543041

CÁLCULO DEL DOWN TILT

Celda:	IGM
Sector(grados):	300-360

Altura de la antena sobre el terreno medio:	(metros)	(pies)
	59	193.52
Beamwidth Vertical (grados):	30	

Resultados:

Radio horizonte:	(km)	(millas)
	31.65439152	19.6733322

DownTilt(grados)	Bajo 3dB(m)	Lóbulo Principal(m)	Sobre 3dB(m)
0	220.0875746	31654.39152	SOBRE EL HORIZONTE
-0.5	212.6472003	6757.554863	SOBRE EL HORIZONTE
-1	205.6608085	3378.52011	SOBRE EL HORIZONTE
-1.5	199.0871074	2252.060815	SOBRE EL HORIZONTE
-2	192.8896622	1688.745372	SOBRE EL HORIZONTE
-2.5	187.0362017	1350.687455	SOBRE EL HORIZONTE
-3	181.4980396	1125.258286	SOBRE EL HORIZONTE
-3.5	176.24959	964.1883839	SOBRE EL HORIZONTE
-4	171.2679599	843.3430073	SOBRE EL HORIZONTE
-4.5	166.5326036	749.3139635	SOBRE EL HORIZONTE
-5	162.0250293	674.0563349	SOBRE EL HORIZONTE
-5.5	157.7285487	612.4506263	SOBRE EL HORIZONTE
-6	153.6280623	561.0838396	SOBRE EL HORIZONTE
-6.5	149.7098745	517.5931279	SOBRE EL HORIZONTE
-7	145.9615344	480.2907421	SOBRE EL HORIZONTE
-7.5	142.3716972	447.9389982	SOBRE EL HORIZONTE
-8	138.9300039	419.6096316	SOBRE EL HORIZONTE
-8.5	135.6269768	394.5927919	SOBRE EL HORIZONTE
-9	132.4539272	372.3363719	SOBRE EL HORIZONTE
-9.5	129.4028754	352.4044964	SOBRE EL HORIZONTE
-10	126.4664795	334.4484641	SOBRE EL HORIZONTE
-10.5	123.6379727	318.1859921	SOBRE EL HORIZONTE
-11	120.9111084	303.3861204	SOBRE EL HORIZONTE
-11.5	118.2801109	289.8580554	SOBRE EL HORIZONTE
-12	115.7396317	277.4428012	SOBRE EL HORIZONTE
-12.5	113.284711	266.0068004	SOBRE EL HORIZONTE
-13	110.9107425	255.4370422	SOBRE EL HORIZONTE
-13.5	108.6134429	245.6372571	SOBRE EL HORIZONTE
-14	106.3888236	236.5249278	SOBRE EL HORIZONTE
-14.5	104.2331659	228.0289178	SOBRE EL HORIZONTE
-15	102.1429988	220.0875746	SOBRE EL HORIZONTE
-15.5	100.1150782	212.6472003	6757.554863
-16	98.14636874	205.6608085	3378.52011
-16.5	96.23402747	199.0871074	2252.060815
-17	94.37538855	192.8896622	1688.745372
-17.5	92.56794973	187.0362017	1350.687455
-18	90.80935994	181.4980396	1125.258286
-18.5	89.09740798	176.24959	964.1883839
-19	87.43001223	171.2679599	843.3430073
-19.5	85.80521131	166.5326036	749.3139635
-20	84.22115539	162.0250293	674.0563349
-20.5	82.67609841	157.7285487	612.4506263
-21	81.16839085	153.6280623	561.0838396
-21.5	79.69647306	149.7098745	517.5931279
-22	78.25886925	145.9615344	480.2907421
-22.5	76.85418186	142.3716972	447.9389982
-23	75.4810864	138.9300039	419.6096316
-23.5	74.13832673	135.6269768	394.5927919
-24	72.82471062	132.4539272	372.3363719
-24.5	71.53910575	129.4028754	352.4044964
-25	70.28043594	126.4664795	334.4484641

ANEXO 8

RECOMENDACION UIT-R 746-1(ANEXO1)PARA LA
BANDA DE 1.5 GHZ

CUADRO 2

Disposición de los radiocanales para sistemas de relevadores radioeléctricos
en bandas de frecuencias superiores a unos 17 GHz

(Cuestión UIT-R 108/9)

Banda (GHz)	Gama de frecuencias (GHz)	Recomendación UIT-R Serie F	Separación entre canales (MHz)
18	17,7-19,7 17,7-21,2 17,7-19,7 17,7-19,7	595 595, anexo 1 595, anexo 2 595, anexo 3	220; 110; 55; 27.5 160 220; 80; 40; 20; 10; 6; 5 13,75; 20; 110
23	21,2-23,6 21,2-23,6 21,2-23,6 21,2-23,6 21,2-23,6 21,2-23,6 22,0-23,6	637 637, anexo 1 637, anexo 2 637, anexo 3 637, anexo 4 637, anexo 5 637, anexo 1	3,5; 2,5 (esquemas) 112 a 3,5 28; 3,5 28; 14; 7; 3,5 50 112 a 3,5 112 a 3,5
27	24,25-25,25 24,25-25,25 25,25-27,5 25,25-27,5 27,5-29,5 27,5-29,5 27,5-29,5	748 748, anexo 3 748 748, anexo 1 748 748, anexo 2 748, anexo 3	3,5; 2,5 (esquemas) 56; 28 3,5; 2,5 (esquemas) 112 a 3,5 3,5; 2,5 (esquemas) 112 a 3,5 112; 56; 28
31	31,0-31,3	746, anexo 8	25; 50
38	36,0-40,5 36,0-37,0 37,0-39,5 38,6-40,0 39,5-40,5	749 749, anexo 3 749, anexo 1 749, anexo 2 749, anexo 3	3,5; 2,5 (esquemas) 112 a 3,5 140; 56; 28; 14; 7; 3,5 50 112 a 3,5
55	54,25-58,2 54,25-57,2 57,2-58,2	1100 1100, anexo 1 1100, anexo 2	3,5; 2,5 (esquemas) 140; 56; 28; 14 100

ANEXO 1

Disposición de radiocanales en la banda en 1,5 GHz
(cuadro 1)

En este anexo se presenta un ejemplo de cómo utiliza la banda en 1,5 GHz una administración para sistemas analógicos y digitales de pequeña capacidad.

La disposición de radiocanales para los sistemas de relevadores radioeléctricos mencionados se basa en una separación adyacente de 0,5 MHz y se obtiene de la siguiente manera:

f_0 la frecuencia central de la banda de frecuencias (MHz),

f_n la frecuencia central de un radiocanal situado en la mitad inferior de la banda (MHz),

f'_n la frecuencia central de un radiocanal situado en la mitad superior de la banda (MHz);

Las frecuencias centrales de cada uno de los radiocanales se expresan mediante las relaciones siguientes:

mitad inferior de la banda: $f_n = f_0 - 51,5 + 0,5 n$

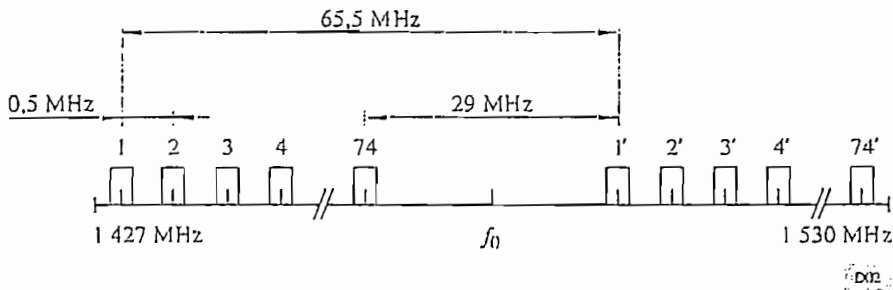
mitad superior de la banda: $f'_n = f_0 + 14 + 0,5 n$

donde:

$n = 1, 2, 3, \dots, 74.$

Con la frecuencia central $f_0 = 1478,5$ MHz, se obtiene la disposición de radiocanales de la fig. 2.

FIGURA 2
Disposición de los radiocanales



En una sección en que existe una conexión internacional o rural, así como en un nodo de red, todos los radiocanales de ida deben estar comprendidos en una mitad de la banda de frecuencia y todos los radiocanales de retorno en la otra mitad de la banda.

El cuadro 3 indica las separaciones preferidas entre radiocanales copolares adyacentes para las diversas capacidades de canales telefónicos.

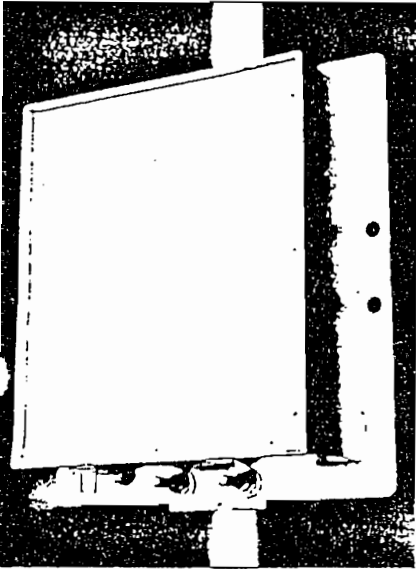
CUADRO 3

Capacidad de canales telefónicos	Separación entre radiocanales (MHz)	"
12 MDF	0,5	1, 2, 3, 4, ...
24 MDF	1	1, 3, 5, 7, ...
60 MDF	2	2, 6, 10, 14, ...
30 MIC	2	2, 6, 10, 14, ...
60 MIC	3,5	4, 11, 18, 25, ...

ANEXO 9

ANTENAS UTILIZADAS PARA LOS ENLACES PUNTO-
MULTIPUNTO Y ENLACES DECT

DIRECTIONAL ANTENNA



The TA-1403-panel antenna consists of a broadband dipole element mounted in an aluminum cavity with a plastic front cover. The design of this antenna is such that the radiation pattern is nearly symmetrical (H and E-plane beamwidths are similar). Polarization is easily changed in the field by rotating the antenna through 90 degrees. The antenna was designed for operation under severe weather conditions (icing, salt air, acid rain, etc.) and is at DC ground for lightning protection.

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Frequency Range: 1425 - 1535 MHz
Gain: 11 dBi
VSWR: 1.5:1 maximum
Front-to-Back Ratio: 25 dB typical
Polarization: Vertical / Horizontal
Power Rating: 100 watts
H-Plane Beamwidth (-3 dB): 48 degrees
E-Plane Beamwidth (-3 dB): 52 degrees
Cross-Polarization Discrimination: 24 dB minimum
Impedance: 50 ohms nominal
Termination: Type N female (7/16 jack optional)

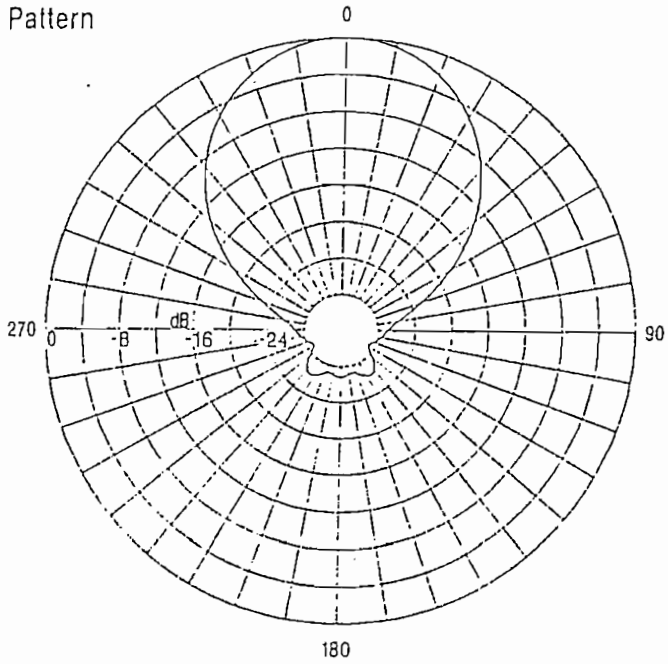
MECHANICAL SPECIFICATIONS

Length: 14 in. (356 mm)
Width: 12 in. (305 mm)
Depth: 4 in. (102 mm)
Weight Including Clamps: 5 lb. (2.3 kg)
Rated Wind Velocity: 125 mph (200 km/hr)
Horizontal Thrust at Rated Wind: 73 lb. (33.2 kg)
Mounting: Mounts to a 1.9 in. O.D. (48.3 mm) pipe using the two TMC-101 clamps supplied (TMC-105 clamps optional)

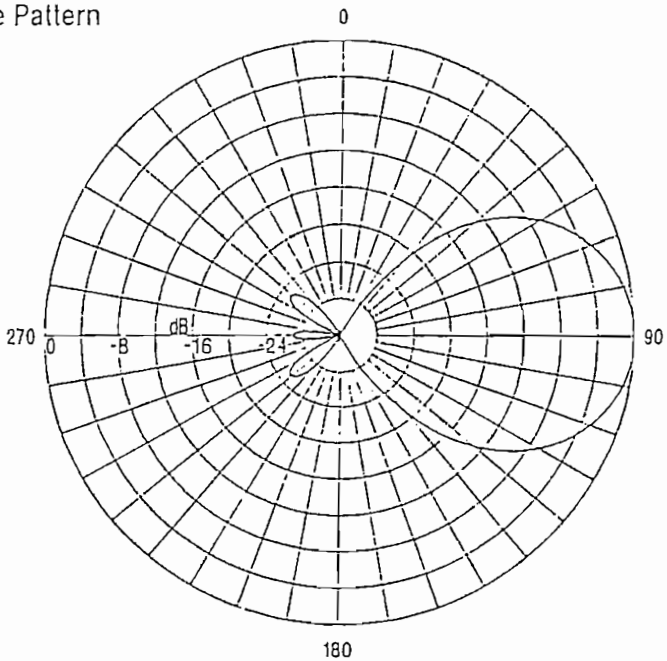
MATERIALS

Radiating Elements: Irridited aluminum
Reflector: Irridited aluminum
Radome: White ASA, UV stabilized
Clamps: Hot dip galvanized steel

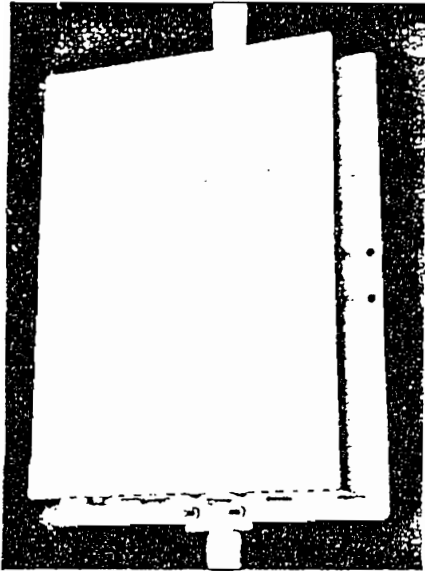
H-Plane Pattern



E-Plane Pattern



DIRECTIONAL ANTENNA



The TA-1406 panel antenna consists of a broadband dipole array mounted in an aluminum cavity with a plastic front cover. It was designed specifically for point-to-multipoint rural radio applications. As such, the beamwidths are relatively large in order to cover expected lull and sway when pole mounted, and the polarization is easily changed by rotating the antenna through 90 degrees. The antenna was designed for operation under severe weather conditions (icing, salt air, acid rain, etc.) and is at DC ground for lightning protection.

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Frequency Range: 1425 - 1535 MHz
Gain: 17 dBi
VSWR: 1.5:1 maximum
Front-to-Back Ratio: 25 dB typical
Polarization: Vertical / Horizontal
Power Rating: 100 watts
H-Plane Beamwidth (-3 dB): 30 degrees
E-Plane Beamwidth (-3 dB): 18 degrees
Cross-Polarization Discrimination: 24 dB minimum
Impedance: 50 ohms nominal
Termination: Type N female (7/16 jack optional)

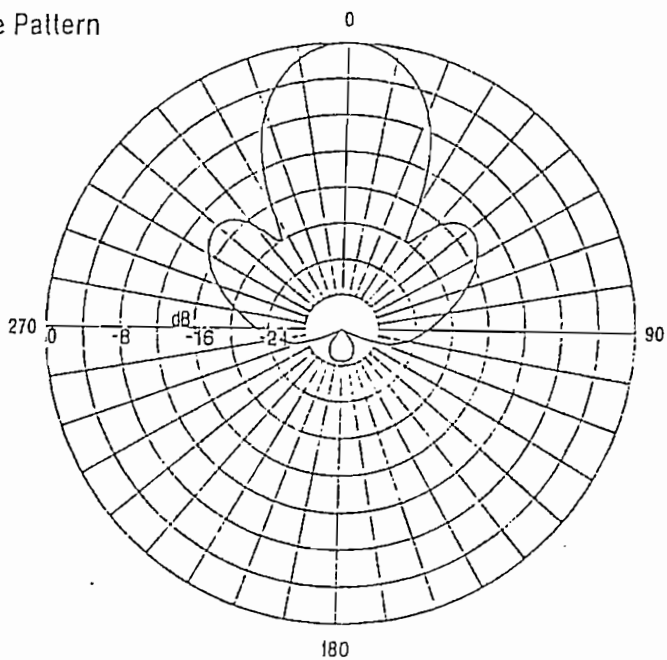
MECHANICAL SPECIFICATIONS

Length: 24 in. (610 mm)
Width: 17 in. (432 mm)
Depth: 5.5 in. (140 mm)
Weight Including Clamps: 9 lb. (4.1 kg)
Rated Wind Velocity: 125 mph (200 km/hr)
Horizontal Thrust at Rated Wind: 159 lb. (72 kg)
Mounting: Mounts to a 1.9 in. O.D. (48.3 mm) pipe using the two TMC-101 clamps supplied (TMC-105 clamps optional)

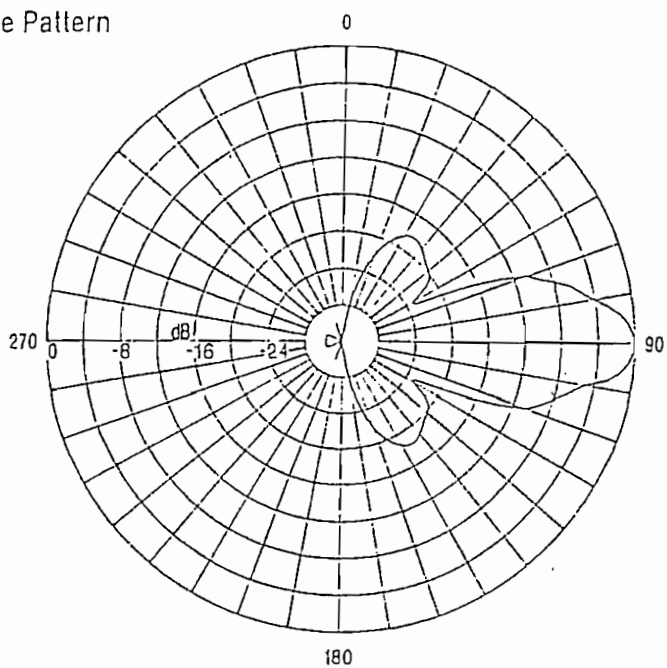
MATERIALS

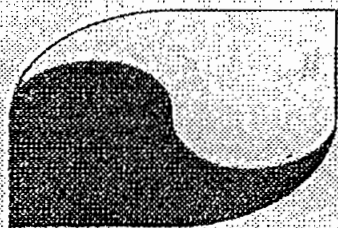
Radiating Elements: Irridited
aluminum
Reflector: Irridited aluminum
Radome: White ASA, UV stabilized
Clamps: Hot dip galvanized steel

H-Plane Pattern



E-Plane Pattern



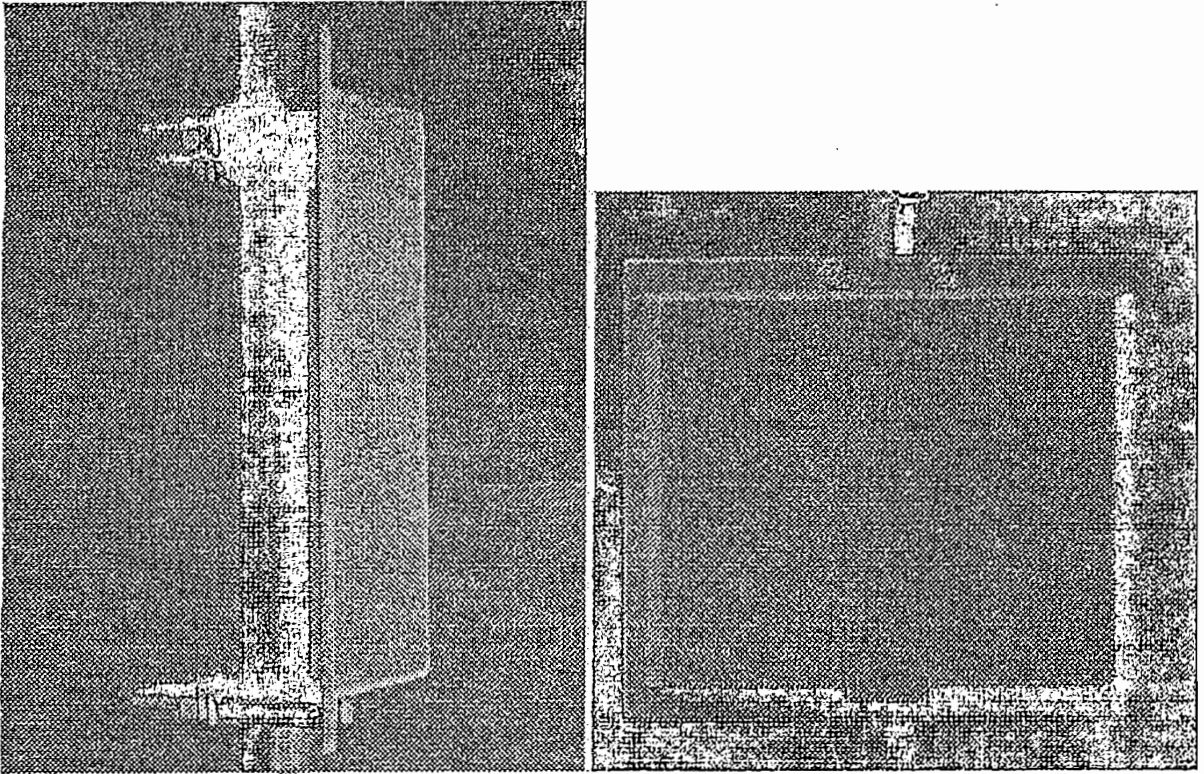


SuperPass

14 dBi Directional Panel Antenna for PCS (SPUD4SLGB13T)

No	ITEM	TYPICAL	REMARKS
1	Frequency Range	1850-1990MHz	
2	Impedance	50 ohm	
3	VSWR (or Return Loss)	$\leq 2:1$ (or ≥ 10 dB)	
4	Gain	≥ 14 dBi	Maximum Gain
5	Polarization	Vertical, Linear	
6	3dB Horizontal Beamwidth	35 Degrees	
7	3dB Vertical Beamwidth	22 Degrees	
8	Front to Back Ratio	≥ 15 dB	
9	Max. Power Input	≥ 100 W	
10	Connector	Female TNC or SMA	or Customer Design
11	Appearance	Panel Type	
12	Size	220x220x28 [mm]	
13	Housing Material	Powder Coated Aluminum	
14	Radom Material	ASA with UV Protection	
15	Radom Color	Beige or White	
16	Case Design	Water Resistance	
17	Weight	350g	
18	Wind Loading (Frontal)	≥ 2.5 Kg	100km/h
19	Temperature Range	-40 to +85 (Celcius)	
20	Storage Temperature	-40 to +85 (Celcius)	
21	Lighting Protection	Direct Grounding	
22	Mounting Hardware	Clamp Set	
23	Life Expectancy	20 years	

Picture



SPUD4SLGB13T model



DB983H33

PCS PANEL
ANTENNAS
14.5dBd GAIN,
1710-1990MHz



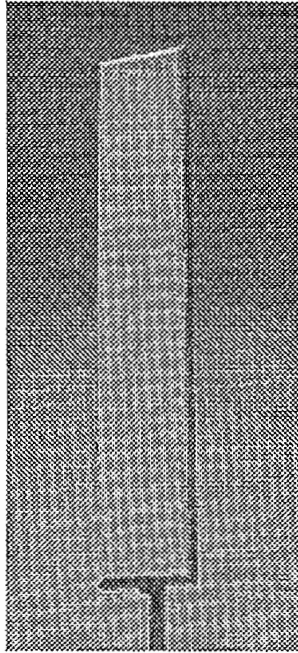
This 6-foot high gain panel antenna, with a 33° horizontal 3 dB beamwidth, can solve your toughest PCS and DCS 1800 signal coverage problems. It is available in two frequency ranges, 1710-1880 or 1850-1990 MHz, and it offers an excellent front-to-back ration or >25 dB. To accommodate the higher 14.5dBd (16.6 dBi) gain, the antennas are 12 inches (305 mm) wide, while other Decibel PCS panels are 6 inches (152 mm) wide.

- **Null Fill** - First lower null is >18 dB down from maximum to improve close-in coverage.
- **Reduced Interference** - Upper side lobe suppression minimize co-channel interference.
- **Beamtilt** - Optional electrical downtilt of 2° (982H33T2) is available, also mechanical downtilt via optional DB5083 bracket, 4° or 5° (for 12 dB resolution).
- **Corrosion Resistant** - Exposed metals are anodized for special environmental resilience.
- **Trouble Free** - Every antenna is tested for return loss compliance and the absence or intermodulation generators. Antenna designs have passed Nordic Spec or the IEC 68-2 series of environmental tests, including cold soak, heat soak, salt mist, mechanical vibration and temperature shock.
- **Lightning Resistant** - All metal parts are grounded.
- **Terminations and Mounts** - Bottom mounted N-Female or 7/16 DIN is available. DB380 pipe mount kit is included.
- **Timely Delivery** - Decibel's dedicated and highly mechanized PCS panel manufacturing line can handle the most demanding build out schedule.

Ordering Information - Order DB983H33 for N-Female connector, or DB983H33E for 7/16 DIN connector. Add -KL for 1710-1880 MHz or -M for 1850-1990 MHz.

Electrical Data	
Frequency Ranges - MHz	KL = 1710-1880 M = 1850-1990
Gain dBd/dBi	14.5/16.6
VSWR	1.4 to 1 or better
Beamwidth (3 dB down from maximum)	
Horizontal	33°
Vertical	14°
Polarization	Vertical
Front-to-back ration - dB	25
Maximum power input - watts	250
Lightning protection	All metal parts grounded
Termination	N-Female or 7/16 DIN

Mechanical Data	
Dimensions (HxWxD) - in. (mm)	72 (1,829) x 12 (305) x 2.8 (7.1)
Max wind speed - mph (kph)	140 (225)
Wind area - ft ² (m ²)	6 (.55)
Wind load (at 100 mph/161 kph) -lbf (N) kp	240 (1067) 107
Radome	UV resistant light gray PVC
Reflector screen	Passivated aluminum
Radiators	Brass
Mounting hardware	Galvanized steel
Weight - lbs. (kg)	20 (9)
Shipping weight - lbs. (kg)	30 (13.5)



- Photo of Model DB983H33 6-Foot Antenna

ALLEN TELECOM INC. · DECIBEL PRODUCTS DIVISION
PHONE 1-800-676-5342 · (214) 631-0310 · FAX 1-800-229-4706 · (214) 631-4706

DB970/980

SERIES OF PCS PANEL ANTENNAS
8 to 16.5 dBd GAIN, 1710-1990 MHz



available in 1, 2, 3, 4, 5 and 6 foot
s, Decibel's extensive line of panel
has brings unbeatable features and
to your PCS and DCS 1800
ations. Check out the high gains and the
ent front-to-back ratio of >25 dB. Two
ncy ranges are offered, 1710-1880 and
1990 MHz.

Fill - First lower null is <18 dB down
m maximum to improve close-in
verage.

duced Interference - Upper side lobe
pression on higher gain models
uces co-channel interference.

amtilt - Optional electrical downtilt from
to 12° is available on selected models;
mechanical downtilt is also available via optional DB5095 or
5098 brackets.

urdy Construction - Reflectors are made of passivated
uminum, radiators of brass, radomes of tough UV resistant
C, and mounting hardware of galvanized steel.

ouble Free - Every antenna is tested for return loss
pliance and the absence of intermodulation generators.
enna designs have passed Nordic Spec or the IEC 68-2
ies of environmental tests, including cold soak, heat soak,
t mist, mechanical vibrations and temperature shock.

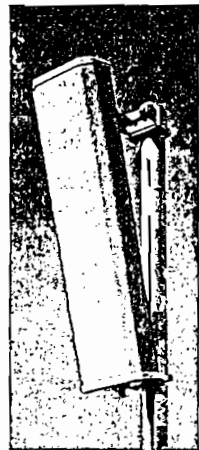
htning Resistant - All metal parts are grounded.

unts - Clamps are included for up to 4" (101.6 mm) OD pipe mounting.

erminations - 7/16 DIN or N-Female is available as follows: E or N on the bottom,
or B on the back, R or S on the top. (See nomenclature, next page.)

ely Delivery - Decibel's dedicated and highly mechanized PCS panel
manufacturing line can handle the most demanding "build out" schedule.

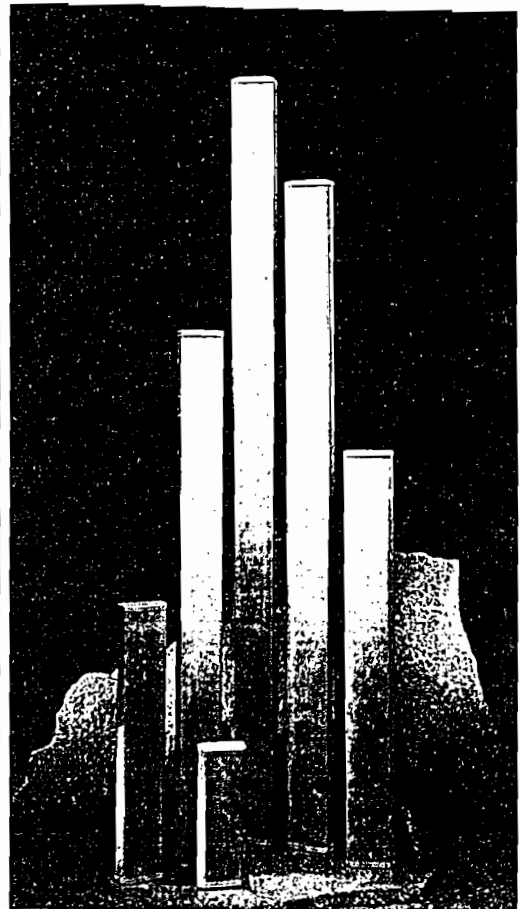
ng Information - See table for model numbers and specifications to meet your
ements. Add -KL to model numbers for 1710-1880 MHz or -M for 1850-1990 MHz.



2-Foot Panel



5-Foot Panel



1-Foot to 6-Foot PCS Panel Antennas

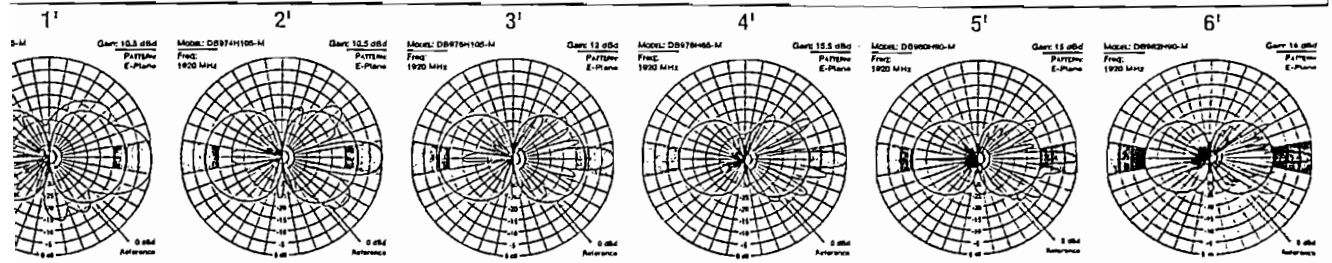
Continued

Electrical Data	
Frequency Range - MHz	KL = 1710-1880, M = 1850-1990
Gain dBd/dBi	See table 1.4 to 1 or better
Bandwidth (3 dB from maximum)	
Horizontal	See table
Vertical	See table
Front-to-back ratio - dB	Vertical >25
Maximum power input - watts	250
Lightning protection	All metal parts grounded
Termination	N-Female or 7/16 DIN

Mechanical Data	
Dimensions (HxWxD) - in. (mm)	See table
Max wind speed - mph (kph)	165 (266)
Wind area - ft ² (m ²)	See table
Wind load (at 100 mph/161 kph) - lbf (N) kp	See table
Radome	UV resistant gray PVC
Reflector screen	Passivated aluminum
Radiators	Brass
Mounting hardware	Aluminum or galvanized steel
Weight	See table
Shipping weight	See table

Testing Specifications (Nordic Spec or IEC 68-2 Series)	
Cold Soak	16 hours at -40°C
Heat Soak	16 hours at +70°C
Salt Mist	96 hours in a 5% salt environment at 35°C
Temperature Shock	10 cycles of 30 minutes each at -40°C and +70°C
Rain Test	Driving rain for 30 minutes to each of 4 faces at 65° angle
Humidity	Ten 24 hour cycles with extremes of 25° to 40°C with 90% humidity
Vibration	20 cycles of 10 to 150 Hz on each of three axes. Dwell tested at resonance frequency for 1.5 hours on each axis.

PGS Antenna Vertical Patterns





Ordering Information

Horizontal Aperture	65°	90°	105°	120°
Width & Depth	6" W x 2-3/4" D 152 mm x 70 mm	6" W x 2-3/4" D 152 mm x 70 mm	6" W x 2-3/4" D 152 mm x 70 mm	6" W x 2-3/4" D 152 mm x 70 mm
1-foot (305 mm)	DB972H65 10.5 dBd/12.6 dBi	DB972H90 9 dBd/11.1 dBi	DB972H105 8.5 dBd/10.6 dBi	DB972H120 8 dBd/10.1 dBi
2-foot (610 mm)	DB974H65 12.5 dBd/14.6 dBi	DB974H90 11 dBd/13.1 dBi	DB974H105 10.5 dBd/12.6 dBi	DB974H120 10 dBd/12.1 dBi
3-foot (914 mm)	DB976H65 14.5 dBd/16.1 dBi	DB976H90 12.5 dBd/14.6 dBi	DB976H105 12 dBd/14.1 dBi	DB976H120 11.5 dBd/13.6 dBi
4-foot (1219 mm)	DB978H65 15.5 dBd/17.6 dBi	DB978H90 14 dBd/16.1 dBi	DB978H105 13.5 dBd/15.6 dBi	DB978H120 13 dBd/15.1 dBi
5-foot (1524 mm)	DB980H65 16.5 dBd/18.6 dBi	DB980H90 15 dBd/17.1 dBi	DB980H105 14.5 dBd/16.6 dBi	DB980H120 14 dBd/16.1 dBi
6-foot (1829 mm)	DB982H65 17.5 dBd/19.6 dBi	DB982H90 16 dBd/18.1 dBi	N/A	N/A

For 1710-1880 MHz add -KL to model number.

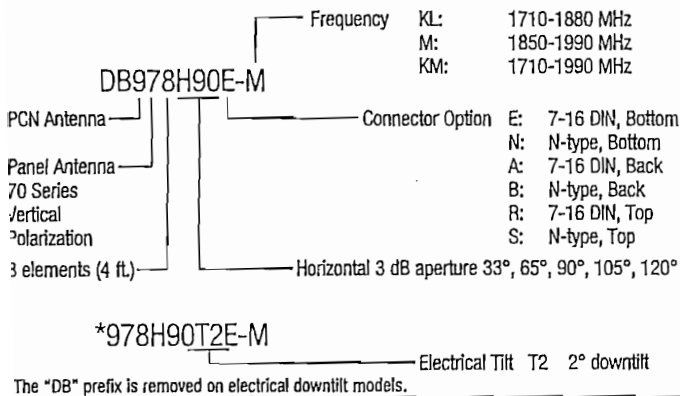
For 1850-1990 MHz add -M to model number.

Note: For lengths exceeding one foot, upper lobe suppression and null-fill have reduced peak gain by 0.5 to 1.0 dB, relative to theoretical gain.

Ordering Information

Panel	Vertical Aperture	Wind Area - ft ² /m ²	Wind Load (at 100 mph/161 kph) - lbf (N) kp	Weight - lbs. (kg) Excluding bracket	Shipping Weight - lbs. (kg) Excluding bracket
1-foot (305 mm)	30°	.5 (.046)	20 (88.96) 9	1.8 (0.8)	5 (2.3)
2-foot (610 mm)	14°	1 (.09)	40 (177.9) 17.9	3.5 (1.6)	5.5 (2.5)
3-foot (914 mm)	9°	1.5 (.14)	60 (266.8) 27.3	5 (2.3)	8 (3.6)
4-foot (1219 mm)	6.5°	2 (.19)	80 (355.8) 35.9	7.1 (3.3)	11 (5)
5-foot (1524 mm)	5.5°	2.5 (.24)	101.6 (451.9) 45.6	8.5 (4)	13.2 (6)
6-foot (1829 mm)	4°	3.05 (.28)	122 (543) 54.8	10 (4.5)	15 (6.8)

PCS Panel Antenna Nomenclature



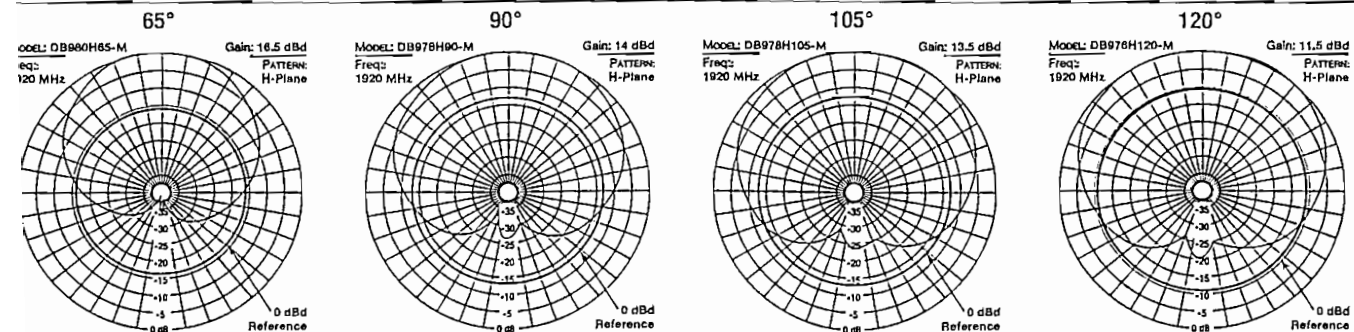
Downtilt Availability

2 ft	3 ft	4 ft	5 ft	
-	-	2°	2°	Downtilt represent less than a 2 dB reduction on the horizon relative to the main lobe gain
6°	5°	3°	3°	Downtilt represent a 3 dB reduction on the horizon relative to the main lobe gain
9°	7°	5°	4°	Downtilt represent a 6 dB reduction on the horizon relative to the main lobe gain
12°	9°	7°	6°	Downtilt represent a 12 dB reduction on the horizon relative to the main lobe gain

Electrical downtilt available on selected models. (See chart above.)

Optional mechanical downtilt available on all models. Order Decibel DB5095 downtilt bracket for 1', 2' and 3' or DB5098 for 4', 5' and 6' models.

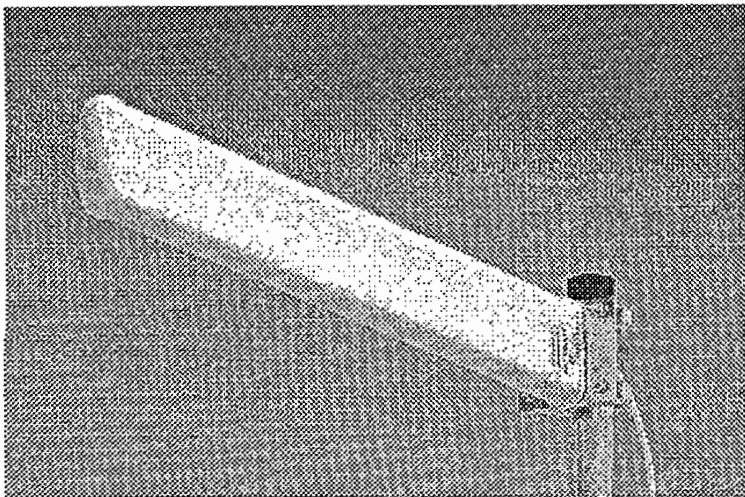
PCS Antenna Horizontal Patterns





PC18513N

PCS Directional Yagi Antenna



Cushcraft's PC18513N is a linearly polarized Yagi antenna which provides for reception and transmission of signals in the 1850-1990 MHz frequency band. The antenna provides a minimum of 12 dBi gain with a nominal 32 by 32 degree half power beamwidth. The PC18513N has a VSWR of 2.0:1 maximum on 50 ohms impedance.

The PC18513N is housed in a rugged, UV stable polycarbonate radome which is weather resistant for outdoor applications. The PC18513N radome is white in color. The antenna is typically provided with a 12 inch (30 cm) coaxial cable and type N female connector. The standard antenna mounting adapter is designed for mast or pole mounting. A variety of custom cable and connector configurations are available.

SPECIFICATIONS

Frequency 1850-1990 MHz

Impedance 50 Ohms

VSWR 2.0:1 maximum

Polarization Linear

Minimum Gain 12.0 dBi (9.9 dBd)

Beamwidth:

E-Plane 32 degrees, typical

H-Plane 32 degrees, typical

RF connector Type N receptacle, or customer specified

Dimensions 3 in. by 26.0 in. by 1.0 in.

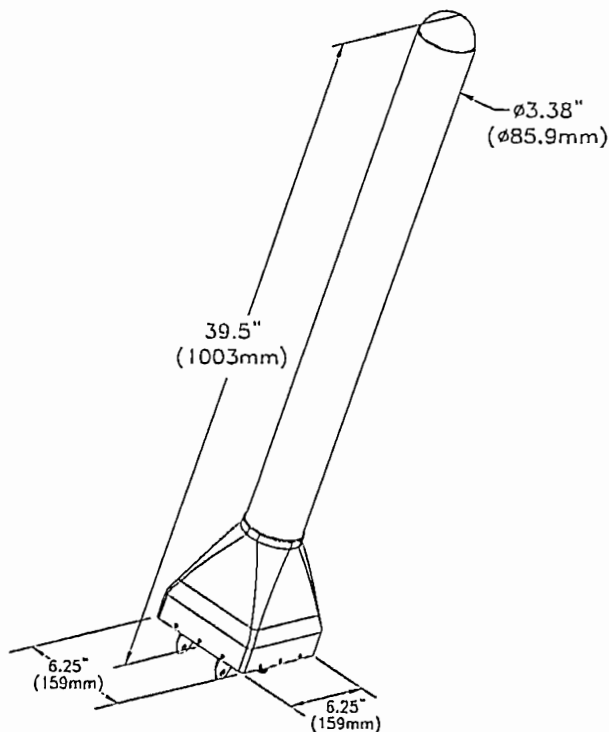
Mounting Mast or pole mount standard.

DB799N-M

12.9 dBd Directional Antenna

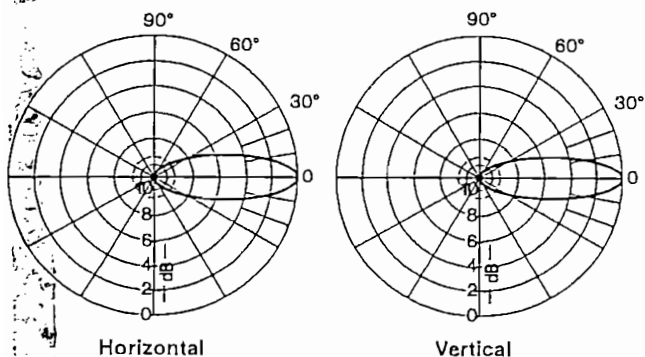
1850 - 1990 MHz

Model Number	DB799N-M	
Termination	Type N - Female	
Frequency Range	1850 - 1990 MHz	
Gain	12.9 dBd (15.0 dBi) \pm 1.0	
VSWR	1.5:1 or less	
Beamwidth (3dB from max)	Horizontal	23° \pm 3.0°
	Vertical	22° \pm 3.0°
Front to Back Ratio	24 dB, typical	
Polarization	Vertical	
Max. Input Power	100 Watts	
Application	Control or Point-to-Point	
Weight	3 lbs (1.4 kg)	
Wind Area	.7 ft ² (.07 m ²)	
Wind Load	28.4 lbf (126 N) 12.8 kp (at 100 mph)	
Max. Wind Speed	100 mph (160 km/h)	
Material	Radiators:	Pass. Aluminum
	Radome:	ABS
	Mtg. Hardware:	Galvanized Steel
Color	Radome: Gray	
Mounting	Two DB390 mounting brackets.	
Weather Protection	UV radome.	
Lightning Protection	Direct ground.	
Packing Size	50" x 10" x 15" (127 x 25 x 38 cm)	
Shipping Weight	16 lbs (7.3 kg)	

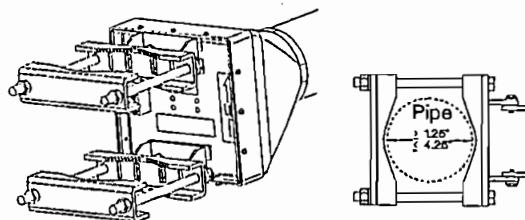


Antenna Patterns

Beamwidth



DB390 Mounting Brackets



12.9 dBd (15.0 dBi) Gain Directional Yagi Antenna enclosed in an overall radome cover with 23° horizontal 3 db beamwidth for 1850-1990 MHz.

Specifications are for reference only.

099132-000-A 4/97



DECIBEL PRODUCTS

A Division of the ALLEN TELECOM GROUP

8635 Stemmons Freeway • P. O. Box 569610 • Dallas, Texas 75356-9610
214 / 631-0310 • Fax: 214 / 631-4706



ANEXO 10

ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL EQUIPO EMPLEADO (A9500).-CARACTERISTICAS DE LAS RADIO ESTACIONES Y DE LA UNIDAD DE ABONADO (WNT-SH).

1. DATOS TÉCNICOS A9500

1.1 DATOS DE SISTEMA

Número de canales

-Telefónicos..... 120x32 Kbit/s

Servicios de telecomunicación:

* Velocidad (telefonía básica)

* Audio 3.1 KHz

* Telefax, grupo 2-3 (T.3, T.4 y T.30)

* 2.4 kbit/s (V.21, V.22 bis, V.23, V.26 ter)..... G.113

* 4.8 kbit/s (V.27 bis) G.113

Máximo número de:

Estaciones Base Inalámbricas (WBS) 24

Controladoras Estaciones Base:

• Arquitectura centralizada (RSCW)..... 1

• Arquitectura distribuida:

* RSTW (6 WBS)..... 4

* RSTW (12 WBS)..... 2

Abonados:

• Arquitectura centralizada

- RSCW..... 1536

• Arquitectura distribuida

- RSTW (6 WBS)..... 384

- RSTW (12 WBS)..... 768

Abonados/sistema..... máximo 1536

1.2 EQUIPO RADIO

1.2.1 SISTEMA DECT

Banda de RF:

• Standard 1880-1900 MHz

• Opcional..... 1910-1930 MHz

Velocidad de Transmisión..... 1.152 Mbit/s

Modulación..... 0.5 GFSK

Ancho de banda de RF 1.728 MHz

Número de portadoras	10
Potencia transmitida	+22 dBm
Potencia recibida	
-Min (BER 1E-3)	-88 dBm
Ganancia del sistema	110 dB
Máscara de transmisión	Conforme standard DECT (ver figura 5.1.)

1.2.2 TRANSPORTE RADIO TDM/TDMA INTEGRADO

Este equipamiento radio es sólo necesario en arquitecturas distribuidas y mixtas.

Capacidad de transmisión	4 Mbit/s por sistema
Banda de RF	1.5 GHz
	2.4 GHz
Velocidad de transmisión.....	4,864 Mbit/s
Modulación	4 QAM
Ancho de banda de RF	3,5/4 MHz
Potencia transmitida	+30 dBm
Potencia recibida	
- Min (BER 1E-3)	-93 dBm
- Min (BER 1E-6)	-87 dBm
Atenuación del diplexor (Tx+Rx).....	2+2 dB
Ganancia del sistema (incluye pérdidas del diplexor)	119 dB

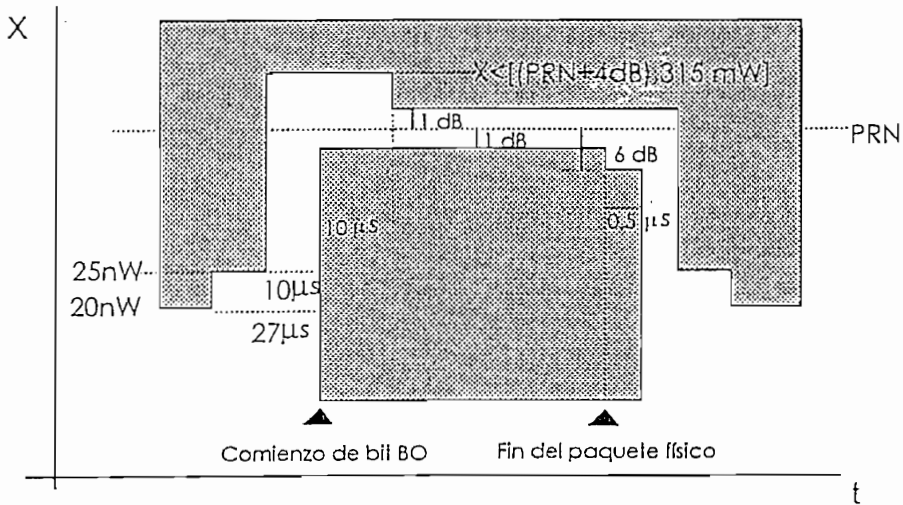


FIGURA 1.1: MÁSCARA DE TRANSMISIÓN DECT (ETS 300175-2)

1.3 INTERFACES (CARACTERÍSTICAS ESTÁNDAR)

1.3.1 ANALÓGICO A 2 HILOS

Lado Central

Modularidad.....	16 abonados por tarjeta
Tensión de alimentación de línea	48 VDC
Corriente	25 mA

Transmisión marcación decádica

Frecuencia	de 8 a 12 /s
Índice apertura/cierre	50:50 min
	70:30 max
Resistencia en apertura.....	< 1,4 KOhm
Resistencia en reposo	> 20 KOhm
Impedancia detector corriente de llamada	1 kOhm + 1 μF
Tensión umbral	< 18 Vrms
Frecuencia	25 Hz (16 a 66 Hz)
Tiempo de detección.....	< 200 ms
Impedancia detector de tarificación	aprox. 200 Ohm
Tensión umbral	0,45 Vrms
Frecuencia	16 KHz (12 KHz)

Tiempo de detección	> 50 ms
Tiempo de no detección	< 30ms
Otras señalizaciones (sólo para cuelgue)	
Tiempo de detección de inversión de polaridad	< 200 ms
Duración de apertura (funciones especiales hook flash)	50 a 130 ms
Tiempo de apertura de bucle para detección de cuelgue	< 1.2 s
Parámetros de Transmisión	
Impedancia	600 Ohm real
(bajo pedido)	900 Ohm real
	200 Ohm+(820 Ohm/115nF)
	(600 Ohm/60 nF)
Nivel nominal de recepción	-7 dBr
Nivel nominal de transmisión	0 dBr
Lado Abonado (abonado inalámbrico) WNT	

Los datos técnicos de la WNT están incluidos en su Descripción Técnica particular.

1.4 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Tensión de Alimentación

XBS.....	DC -48 V de batería local o de central
RSC/RSN/RST	DC +12V ó -24V ó -48V
	AC 115/60Hz ó 230V/50Hz
	(con batería de 12 ó -48 V)
WNT.....	de AC 115/60Hz ó 230/50Hz
	(con batería de 12 V)
	opcionalmente DC 12V
OMS.....	AC 115V/60Hz ó 230V/50Hz

1.5 DIMENSIONES MECÁNICAS

	Alto (mm)	Ancho (mm)	Profundo (mm)
Bastidor interior XBS (S9)	2200	600	300
Bastidor interior RS	2200	600	300
Contenedor RSX tipo 0/1	376	515	325
Contenedor RS tipo 2/3/4	687	515	325
WBS (sin antena)	213	240	73

1.6 CONDICIONES AMBIENTALES

Unidades de Interior

Rango de Temperaturas de 0°C a +40°C conforme a ETS 300 019-1-3 clase 3.1

Humedad relativa de 0% a 95%

Unidades de Intemperie

Rango de temperaturas de -30°C a +55°C conforme a ETS 300 019-1-3 clase 3.3

Humedad relativa 10% a 95%

Protección sobrecorrientes conforme CCITT K.12, K.17, K.20

Nota: Estas especificaciones pueden cambiar sin previo aviso.

2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS WNT -SH

2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Banda de frecuencias 1880 ÷ 1900 MHz,
1910 ÷ 1930 MHz
1900 ÷ 1920 MHz
- Modulación GFSK digital (BT=0,5)
- Máximo ancho de banda 20 MHz
- Separación (FTx/FRx) 1728 KHz
- Número de portadoras 10
- Número de canales por portadora 12
- Codificación de la señal de fonía 32 Kbit/s, ADPCM
- Máxima distancia enlace DECT (en condiciones de visibilidad) 10 Km.

2.2 CARACTERÍSTICAS RF

- Potencia máxima de salida en RF 22 dBm / ± 1 dB
- Tipo de modulación GFSK digital (BT=0,5)
- Oscilador local sintetizado, en pasos de 1728 MHz
- Sensibilidad (BER= 10^{-3}) ≤ -89 dBm/50 Ω

2.3 CARACTERÍSTICAS DEL BUCLE DE ABONADO

Las características de la línea del abonado están configuradas dependiendo de los requerimientos del cliente. Una configuración normal podría presentar las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LA LÍNEA DEL SUSCRIPTOR

- Máxima corriente de la línea 35 mA, ± 10 %
(SW configurable)
- Voltaje de la línea (bucle abierto): -24 Vdc ± 10 %
-48 Vdc ± 10 %
(SW configurable)
- Impedancia de la línea de DC
 - * Línea de abonado cerrada $R_f = 2 \times 200 \Omega$
- Impedancia de la línea de CA (configurable)

- Banda de fonía 300 ÷ 3400 Hz
- Características de la transmisión..... Rec. G.712
- Corriente de bucle cerrado..... > 12 mA
- Corriente de bucle abierto..... < 8 mA

CARACTERÍSTICAS DE LA MARCACIÓN

El equipo WNT-SH soporta dos tipos de aparatos telefónicos: de marcación por impulsos y de DTMF, y ambos tipos de marcación se hallan disponibles simultáneamente.

a) Marcación de impulsos

- Frecuencia de los impulsos..... 8 a 22 p.p.s.
- Relación de apertura/cierre (B/M) $1 < B/M < 7/3$
- Mín. tiempo entre dos dígitos consecutivos
160 ms..... 160 ms

b) Marcación en multifrecuencia

- Nivel del tono..... -25 ÷ 0 dBm (± 2 dB)
- Duración de un impulso DTMF..... > 40 ms
- Tiempo entre dos impulsos DTMF > 40 ms
- Velocidad máxima 10 dígitos por segundo

CARACTERÍSTICAS DE LA CORRIENTE DE LLAMADA

- Frecuencia..... 16 ÷ 30 Hz , SW configurable
- Tolerancia de frecuencia..... ± 10 %
- Distorsión armónica < 15 %
- Nivel de voltaje (RMS)..... > 40 Vrms (para todo el rango de carga)
- Cadencia (SW configurable)
 - * Activo..... 0,5 ÷ 5,1 s ± 5 %
 - * Inactivo 0,5 ÷ 5,1 s ± 5 %
- Rango de impedancia de carga..... 1300 Ω +3 μ F ÷ 4000 Ω + 1 μ F (a 25 Hz ± 5 %)

CARACTERÍSTICAS DE LOS TONOS LOCALES DE SEÑALIZACIÓN

Los tonos de señal utilizados se pueden programar mediante software con los parámetros incluidos en los siguientes rangos:

- Banda de frecuencias 300 Hz , 3400 Hz \pm 5 %
- Distorsión armónica < 4 %
- Cadencia SW configurable
- Rango de nivel -30 dBm \div +3 dBm \pm 1 dB

CARACTERÍSTICAS DE LOS IMPULSOS DE TARIFICACIÓN

- Frecuencia 12 ó 16 KHz \pm 1 %
- Máx. distorsión armónica < 2 %
- Máx. distorsión armónica < 4 %
- Nivel del impulso > 300 mVrms/300 Ω (100
 Ω impedancia de línea + 200
 Ω impedancia de carga)

CARACTERÍSTICAS DE AISLAMIENTO Y PROTECCIÓN

En la línea del abonado:

- Corto-circuito no hay daños
- Contacto con las líneas no hay daños durante al
 menos 2 seg. (a 380 Vrms, 50
 Hz entre la línea de abonado
 y tierra)

2.4 CARACTERÍSTICAS DE LA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA

CARACTERÍSTICAS DE LA ENTRADA EN DC

- Voltaje nominal 16 Vdc
- Rango del voltaje
 - * Equipo con alimentación en AC externa 16 \div 20 Vdc
 - * Equipo con alimentación en DC externa 11 \div 20 Vdc
- Máxima corriente (Vin= 16 Vdc) 600 mA

CARACTERÍSTICAS DE LAS BATERÍAS

- Voltaje nominal 2x6 V
- Capacidad nominal 1.2 A/h
- Autonomía
 - * en conversación > 3,5 horas

- * en espera + conversación..... ~ 5,5 + 1 horas
- Tiempo de recarga..... 10 horas para el 90 % del voltaje nominal
- Vida útil media..... 4-5 años

CARACTERÍSTICAS DEL ADAPTADOR DE 230V AC/DC

- Voltaje de entrada..... 230 Vdc ± 5 %
- Frecuencia del voltaje de entrada 50 / 60 Hz
- Voltaje nominal de salida 16 Vdc
- Corriente nominal de salida 600 mA
- Consumo típico (un teléfono)
 - * En espera 3,8 W
 - * Conversación 6 W

CARACTERÍSTICAS DEL ADAPTADOR DE 115V AC/DC

- Voltaje de entrada..... 115 Vac ± 5 %
- Frecuencia del voltaje de entrada 50 / 60 Hz
- Voltaje nominal de salida 16 Vdc
- Corriente nominal de salida 600 mA
- Consumo típico (un teléfono)
 - * En espera 3,8 W
 - * Conversación 6 W

2.5 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

CARACTERÍSTICAS DEL GABINETE

- Alto..... 265 mm
- Ancho 172 mm
- Fondo 42 mm
- Peso
 - * con dos baterías (versión alim. AC) 1,255 Kg
 - * sin batería (versión alim. DC) 0,55 Kg
- Material..... plástico A.B.S. auto-degradable
- Tapa cierre con un tornillo
- Instalación pared o escritorio

CARACTERÍSTICAS DE LA BATERÍA

- Alto..... 51 mm
- Ancho 97 mm
- Fondo 25 mm
- Peso 350 gramos

CARACTERÍSTICAS DE LOS ADAPTADORES AC/DC

- Material..... plástico
- Color..... negro NCS 9000
- Peso 500 gr
- Longitud del cable DC..... 1800 mm

2.6 CARACTERÍSTICAS MEDIOAMBIENTALES

- Condiciones de temperaturas de almacenamiento: ETS 300-019-1.1. Clase 1.2.
- Condiciones de temperatura de transporte: ETS 300-019-1.2. Clase 2.3.
- Condiciones de temperatura de operación: ETS 300-019-1.3. Clase 3.2.

2.7 CARACTERÍSTICAS EMI/EMC

- ETS 300 329 EMC para equipo DECT.
- EN 50081-1 Compatibilidad electromagnética -Norma de emisión genérica. Parte 1: Residencial, comercial e industria ligera.
- EN 50082-1 Compatibilidad electromagnética -Norma de inmunidad genérica. Parte 1: Residencial, comercial e industria ligera.

2.8 CARACTERÍSTICAS DE SEGURIDAD

- EN 60950 Seguridad en equipo IT, incluyendo equipos eléctricos.
- EN 60215 Requerimientos de seguridad en equipos de radiotransmisión.

ANEXO 11

GLOSARIO DE TERMINOS Y ABREVIATURAS

Glosario de Términos y Abreviaturas

ADPCM:	Modulación Adaptativa Diferencial de Pulso de Código (PCM Adaptativa Diferencial)
AMPS:	Sistema Telefónico Móvil Avanzado
ANSI:	Instituto Nacional de Estandarización Americano.
ARIB:	Asociación de Radio Industrias y Negocios.
ATM:	Modo de Transferencia Asíncrono.
BER:	Tasa de Errores en los Bits.
CAI:	Interfaz Común de Aire
CAI:	Interfaz Común de Aire.
CAMEL:	Aplicaciones Personalizadas para Movilidad Lógica Mejorada.
CCIR:	Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones.
CCITT:	Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico
CDCS:	Selección Continua Dinámica de Canales (A veces se abrevia como DCS simplemente)
CDMA:	Acceso Múltiple por División de Código.
CEPT:	Conferencia Europea de Organismos de Correos y Telecomunicaciones.
CITEL:	Comisión Interamericana de Telecomunicaciones.
CRC:	Chequeo de Redundancia Cíclica.
CT:	Telefonía Inalámbrica.
CTDMA:	Acceso Múltiple por División en el Tiempo y de Códigos.
CTM:	Movilidad Telefónica sin hilos.
CTR:	Regulación Técnica Común.
DAMA:	Acceso Múltiple Asignado a Petición.
D-AMPS:	AMPS Digital
DCA:	Asignación Dinámica de Canales (Sinónimo de CDCS y DCS)
DCS1800:	Sistema Celular Digital para la banda de 1800 MHz.
DECT:	Estándar Digital de Telecomunicaciones Inalámbricas Avanzadas.
DFE:	Ecuador con Retroalimentación Directa.
DOMSAT:	Sistema Satelital Doméstico.
DQPSK:	Transmisión por Desplazamiento Diferencial de Fase Cuaternaria.
DTMF:	Marcación Multifrecuencia Tonos Dobles de Frecuencias Múltiples.
EIA:	Asociación de Industrias Electrónicas (U.S.)
E-mail:	Correo Electrónico.
ERMES:	Sistema Europeo de Radiomensajería.
ERP:	Potencia Radiada Efectiva.
ETSI:	Instituto Europeo para la Normalización de las Telecomunicaciones.
FCC:	Comisión Federal de Comunicaciones.
FDD:	División Doble de Frecuencia.
FDM:	Multiplexación por División de Frecuencia.
FDMA:	Acceso Múltiple por División de Frecuencia.
FEC:	Corrección de Errores en Recepción.
FH/CDMA:	CDMA por Saltos de Frecuencia.
FM:	Modulación de Frecuencia.
FPLMTS:	Futuro Sistema de Telecomunicación Móvil Público Terrestre.
FRA:	Acceso de Radio Fijo.
FSK:	Transmisión por Desplazamiento de Frecuencia.
GAP:	Perfil de Acceso Genérico.
GFSK:	Transmisión por Desplazamiento de Frecuencia Gaussiana.
GIP:	Perfil de Acceso para Interconexión con GSM.
GMSK:	Transmisión por Desplazamiento Mínimo Gaussiano.
GOS:	Grado de Servicio.
GPRS:	Servicio General de Radio por Paquetes.
GPS:	Sistema de Posición Global.
GSM:	Sistema Global para Comunicaciones Móviles.
HCS:	Estructura Jerárquica de Celdas.
HDSL:	Línea de Abonado Digital de Alta Velocidad.
HIPERLAN:	Red de Area Local por Radio de Alto Desempeño.
HSCSD:	Datos de Alta Velocidad por Circuito Conmutado.
IBC:	Comunicaciones Integradas de Banda Ancha.
IEEE:	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
IMT2000:	Telecomunicaciones Móviles Internacionales para el año 2000.
IN:	Red Inteligente.
INMARSAT:	Organización Internacional de Satélites para el Servicio Marítimo.
IS-54:	Interim Standard 54 (Estándar Celular TIA/EIA TDMA)
IS-95:	Interim Standard 95 (Estándar Celular TIA/EIA CDMA)
ISDN(RDSD):	Red Digital de Servicios Integrados.
ISDN-BA:	Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha.
ISM:	Banda para Aplicaciones Industriales, Científicas y Médicas.
ISO:	Organización Internacional de Normalización
ITU-R:	Unión Internacional de Telecomunicaciones- Sector de Radiocomunicaciones.
ITU-T:	Unión Internacional de Telecomunicaciones- Sector de Telecomunicaciones.
JD-CDMA:	Esquema híbrido de FDMA, TDMA y CDMA.
LAN:	Red de Area Local.
LE:	Central Telefónica Local.

LEO:	Satélite de Órbita Terrestre Baja.
LPT:	Predicador de Término Largo.
LT:	Terminal de Línea.
MBS:	Sistema Móvil de Banda Ancha
MC	Múlti Portadora.
MEO:	Satélite de Órbita Terrestre Mediana.
MPT:	Ministerio de Correos y Telecomunicaciones de Japón.
MSC:	Centro de Conmutación Móvil.
MSS:	Sistemas Móviles por Satélite.
NMT:	Sistema Nórdico de Telefonía Móvil.
NTT:	Corporación Japonesa de Telefonía y Telegrafía.
O&M:	Operación y Mantenimiento.
OAM:	Operación, Administración y Mantenimiento.
OMC:	Centro de Operación y Mantenimiento.
OMS:	Sistema de Operación y Mantenimiento
OSI:	Interconexión de Sistemas Abiertos.
PACS:	Sistema de Acceso a Comunicaciones Personales.
PAP:	Perfil de Acceso Público.
PBX:	Centralita Privada.
PCM:	Modulación por Codificación de Pulsos.
PCN:	Redes de Comunicación Personales.
PCS:	Servicio de Comunicación Personales.
PDA:	Asistente Digital Personal.
PDC:	Radio Digital Celular Japonés.
PDH:	Jerarquía Digital Plesiócrona.
PDMA:	Acceso Múltiple por División de Polarización.
PHS:	Sistema Personal de Telefonía Inalámbrica Japonés.
P-MP:	Punto a Multipunto.
PMR:	Radio Móvil Privado.
POGSAC:	Estándar de Radiomensajería definido por la UIT.
POTS:	Servicio Telefónico Tradicional.
P-P:	Punto a Punto.
PSTN:	Red Pública Conmutada de Telefonía.
PWT:	Estándar Telecomunicaciones Inalámbricas Personales (llamado también WCPE).
QAM:	Modulación de Amplitud en Cuadratura.
QCELP:	Código de Predicción por Excitación Lineal de Qualcomm.
QSAFA:	Asignación de Frecuencia Automático Cuasi-Estático.
RACE:	Programa de Investigación y Desarrollo en Comunicaciones Avanzadas.
RAP:	Perfil del Acceso mediante Radio en el Bucle Local.
RCW:	Panel de Control de las WBSs.
RELP:	Predicador Lineal por Excitación Residual.
RLL:	Radio en el Bucle de Abonado
RSC :	Estación de Radio Central .
RSCW :	Estación Radio Central Inalámbrica.
RSTW :	Estación Terminal Radio Inalámbrica .
RTC:	Red Telefónica Conmutada.
RTPC:	Red Telefónica Pública Conmutada.
SDH:	Jerarquía Digital Síncrona.
SDMA:	Acceso Múltiple por División de Espacio.
SIM:	Módulo de Identificación de Abonado
SMR:	Radio Móvil Especializado.
SS:	Espectro Disperso.
SS7:	Sistema de Señalización N°7.
STM:	Modo de Transferencia Síncrono.
TACS:	Sistema de Comunicación de Acceso Total.
TDD:	División Doble de Tiempo
TDM:	Multiplexación por División en el Tiempo.
TDMA:	Acceso Múltiple por División en el Tiempo.
TETRA:	Sistema de Radio Trunking Trans - Europeo.
TIA:	Asociación de Industrias de Telecomunicaciones (U.S.)
TMN:	Gestión de Red de Telecomunicaciones.
UMTS:	Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles.
UPS:	Fuente de Alimentación Ininterrumpida.
UPT:	Telecomunicaciones Personales Universales.
VSAT:	Terminal de Muy Pequeña Apertura.
VSELP:	Predicción Lineal por Excitación de Vector Suma.
WACS:	Sistema de Comunicación por Acceso Inalámbrico.
WAN:	Red de Area Extensa.
WBS :	Estación Base Inalámbrica.
WLAN:	Red de Area Local Inalámbrica.
WLL:	Bucle Local Inalámbrico .
WNT :	Terminación de Red Inalámbrica .
WPBX:	Centralita Privada Inalámbrica
WWAN:	WAN inalámbrica.
XBS :	Estación Banda Base de Central.