

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

**ESTUDIO Y REESTRUCTURACIÓN DE LOS ENLACES QUE COMUNICAN
LOS ALMACENES DE LA EMPRESA MARATHON SPORT CON SUS
RESPECTIVAS OFICINAS CENTRALES UBICADAS EN LAS CIUDADES
DE QUITO, GUAYAQUIL Y MANTA.**

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

**ELIZABETH MARÍA CERDA IZURIETA
GALO XAVIER MEZA CEVALLOS**

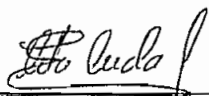
DIRECTOR: MSc. TANIA PÉREZ

Quito, Septiembre 2004

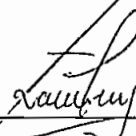
DECLARACIÓN

Nosotros, Elizabeth María Cerda Izurieta y Galo Xavier Meza Cevallos, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



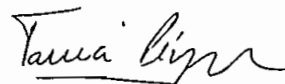
Elizabeth María Cerda Izurieta



Galo Xavier Meza Cevallos

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Elizabeth María Cerda Izurieta y Galo Xavier Meza Cevallos, bajo mi supervisión.



Msc. TANIA PÉREZ

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la MSc. Tania Pérez por la acertada dirección de este proyecto de titulación.

A nuestros padres GRACIAS por darnos un ejemplo de vida y un camino a seguir.

A Sandy por su gran colaboración y oportunos consejos.

A todos nuestros amigos Los Chumados y no chumados a los Chéveres y no chéveres, los Dkpíta2, las Kchuchas - Rre....k's, los azulitos, a los abuelitos, al vecino y aquellos que de una u otra manera han formado parte importante de nuestra vida estudiantil y...social.

Un agradecimiento muy especial para nuestro respectivo compañero de tesis por la paciencia y dedicación que nos han permitido alcanzar esta meta.

DEDICATORIA

Este proyecto que constituye la culminación de una etapa muy importante en mi vida profesional y personal está dedicado a Dios por ser mi guía y compañero leal, a mi padre por haber cultivado en mí el deseo de ser cada vez mejor, a mi madre porque gracias a su abnegada dedicación y apoyo he llegado hasta aquí y llegaré aún mas lejos, a ti Maribel por ser una hermana incondicional y, en especial, este proyecto se lo dedico a la personita que ha sido mi fuerza y mayor motivo para luchar y lograr todas mis metas, para ti mi hija preciosa y que Dios te Bendiga siempre.

Elita.

DEDICATORIA

A Dios por regalarme la vida y una hermosa familia de la cual me siento muy orgulloso.

A mis padres por su amor, sabiduría, paciencia y apoyo incondicional sin límites.

A mi hermana por estar siempre junto a mi.

Xavi

INDICE

CAPÍTULO 1

SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED DE MARATHON SPORTS

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA RED ACTUAL DE MARATHON SPORTS.....	1
1.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL.....	1
1.1.2 TOPOLOGÍA DE LA RED.....	2
1.1.3 TECNOLOGÍA DE TRANSMISIÓN.....	4
1.1.3.1 FRAME RELAY.....	4
1.1.3.1.1 PARÁMETROS DE UNA CONEXIÓN FRAME RELAY.....	5
1.1.4 EQUIPO EXISTENTE EN LA RED.....	8
1.1.5 APLICACIONES QUE CORREN SOBRE LA RED.....	10
1.2 TRÁFICO CURSANTE EN LA RED.....	12
1.2.1 ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL TRÁFICO.....	12
1.2.2 ANÁLISIS CUALITATIVO DEL TRÁFICO.....	16
1.2.2.1 APLICACIONES FTP.....	16
1.2.2.2 APLICACIONES SMTP.....	17
1.2.2.3 APLICACIONES POP3.....	17
1.2.2.4 APLICACIONES DNS.....	17
1.2.2.5 RIP.....	18
1.2.2.6 TARJETAS DE CRÉDITO.....	18
1.3 COSTOS ACUALES DE LOS ENLACES.....	19

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DE TRÁFICO

2.1 CONSIDERACIONES GENERALES.....	20
2.2 NUEVOS REQUERIMIENTOS DE LA RED DE MARATHON SPORTS.....	21
2.3 CÁLCULO DE LOS REQUERIMIENTOS DE ANCHO DE BANDA DE LA RED.....	21
2.3.1 DETERMINACIÓN DEL ANCHO DE BANDA REQUERIDO PARA LA VOZ.....	21
2.3.1.1 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE CANALES DE VOZ.....	26
2.3.1.2 CODIFICACIÓN Y COMPRESIÓN DE VOZ.....	26
2.3.1.2.1 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD REQUERIDA.....	26
2.3.1.2.2 FRECUENCIA DEL PAQUETE.....	27
2.3.1.2.3 MÉTODOS DE CODIFICACIÓN.....	29
2.3.2 DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE ANCHO DE BANDA PARA VIDEO VIGILANCIA SOBRE IP.....	33
2.3.2.1 ANTECEDENTES DE LOS SISTEMAS DE VIDEO VIGILANCIA.....	33
2.3.2.2 VIDEO DIGITAL SOBRE IP.....	34
2.3.2.3 FUNCIONALIDADES DEL SISTEMA CCTV BASADO EN IP.....	35

2.3.2.4 ESTIMACIÓN DEL ANCHO DE BANDA REQUERIDO PARA EL SISTEMA DE VIDEO VIGILANCIA IP DE MARATHON SPORTS.....	36
2.4 RESULTADOS GENERALES DEL ANÁLISIS DE TRÁFICO.....	41
2.5 TRÁFICO ESTIMADO A 5 AÑOS.....	42

CAPÍTULO 3

TECNOLOGÍAS PARA TRANSMISIÓN DE DATOS

3.1 INTRODUCCIÓN.....	47
3.2 MEDIOS DE TRANSMISIÓN.....	47
3.2.1 MEDIOS GUIADOS.....	48
3.2.1.1 MEDIOS MAGNÉTICOS.....	48
3.2.1.2 PAR TRENADO.....	48
3.2.1.3 CABLE COAXIAL.....	50
3.2.1.3.1 CABLE COAXIAL BANDA BASE.....	51
3.2.1.3.2 CABLE COAXIAL BANDA ANCHA.....	51
3.2.1.4 FIBRA ÓPTICA.....	51
3.2.1.4.1 FIBRA ÓPTICA MONOMODO.....	52
3.2.1.4.2 FIBRA ÓPTICA MULTIMODO.....	53
3.2.2 MEDIOS NO GUIADOS.....	55
3.2.2.1 TRANSMISIÓN CON INFRAROJO Y ONDAS DE LUZ.....	55
3.2.2.2 TRANSMISIÓN POR RADIO.....	56
3.2.2.3 TRANSMISIÓN POR MICROONDA TERRESTRE.....	57
3.2.2.4 MICROONDAS POR SATÉLITE.....	59
3.2.2.4.1 SATÉLITES GEOSINCRÓNICOS.....	60
3.2.2.4.2 SATÉLITES MEO (MEDIUM EARTH ORBIT).....	62
3.2.2.4.3 SATÉLITES LEO (LOW EARTH ORBIT).....	62
3.2.3 FRAME RELAY.....	63
3.2.3.1 FORMATO DE TRAMA.....	65
3.2.3.2 FUNCIONAMIENTO.....	67
3.2.3.3 PARÁMETROS DE LA CONEXIÓN FRAME RELAY.....	68
3.2.3.4 CONTROL DE CONGESTIÓN.....	70
3.2.3.5 IMPLEMENTACIÓN DE FRAME RELAY.....	70
3.2.4 SPREAD SPECTRUM (ESPECTRO DISPERSO).....	71
3.2.4.1 BANDAS DE FRECUENCIA ASIGNADAS.....	72
3.2.4.2 DSSS (DIRECT SEQUENCE SPREAD SPECTRUM).....	73
3.2.4.3 SISTEMA DE SALTO DE FRECUENCIA (FRECUENCI HOPPING SPREAD SPECTRUM).....	75
3.2.4.4 MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE CÓDIGO.....	76
3.2.4.5 MULTI-CODE DIRECT SEQUENCE SPREAD SPECTRUM.....	78
3.2.4.6 WIMAX-IEEE 802.16a.....	79
3.2.4.6.1 GENERALIDADES.....	79
3.2.4.6.2 IMPLEMENTACIÓN.....	81
3.2.4.6.3 INTEROPERABILIDAD.....	83

3.2.4.6.4 ALCANCE.....	83
3.2.4.6.5 ESCALABILIDAD.....	83
3.2.4.6.6 COBERTURA.....	85
3.2.4.6.7 CALIDAD DE SERVICIO.....	85
3.2.4.6.8 THOUGHTPUT.....	85
3.2.4.6.9 EL ESTÁNDAR IEEE 802.16 (WIMAX) VS IEEE 802.11 (WIFI).....	85
3.2.4.6.10 VENTAJAS Y DESVNTAJAS DEL ESTÁNDAR IEEE 802.16 (WIMAX)..	86
3.2.5 SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN A UTILIZARSE EN EL DISEÑO DE LOS NUEVOS ENLACES.....	87
3.2.5.1 FIBRA ÓPTICA.....	88
3.2.5.2 MICROONDAS POR SATÉLITE.....	88
3.2.5.3 FRAME RELAY.....	88
3.2.5.4 IEEE 802.16A.....	89
3.2.5.5 SPREAD SPECTUM.....	90

CAPÍTULO 4

DISEÑO DE LOS ENLACES

4.1 INTRODUCCIÓN.....	90
4.2 GRÁFICO DEL PERFIL TOPOGRÁFICO.....	90
4.3 PROPAGACIÓN.....	90
4.4 PERFIL TOPOGRÁFICO.....	91
4.4.1 RAYO DIRECTO SOBRE TIERRA EQUIVALENTE.....	91
4.4.2 RAYO EQUIVALENTE SOBRE TIERRA PLANA.....	93
4.5 ZONA DE RESNEL.....	94
4.6 PÉRDIDAS QUE SE PRESENTAN EN LOS RADIOENLACES.....	96
4.6.1 ATENUACIÓN POR ESPACIO LIBRE.....	96
4.6.2 ATENUACIÓN POR DIFRACCIÓN.....	97
4.6.2.1 ATENUACIÓN POR DIFRACCIÓN SOBRE EL SUELO ESFÉRICO.....	97
4.6.2.2 ATENUACIÓN POR MESETA.....	99
4.6.2.3 ATENUACIÓN POR CUMBRE.....	100
4.6.3 ATENUACIÓN POR ESFERICIDAD DE LA TIERRA.....	100
4.6.4 ATENUACIÓN POR REFLEXIÓN.....	100
4.6.5 ATENUACIÓN POR LLUVIA.....	106
4.6.6 CÁLCULO DE LA CONFIABILIDAD DE UN RADIOENLACE.....	107
4.6.7 OBJETIVO DE CALIDAD.....	109
4.7 DISEÑO DE LOS ENLACES.....	110
4.7.1 OPERACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE SISTEMAS DE ESPECTRO ENSANCHADO EN EL ECUADOR.....	111
4.7.1.1 POTENCIA MÁXIMA DE SALIDA.....	111
4.7.1.2 INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO.....	112
4.7.1.3 GANANCIA DE PROCESAMIENTO.....	112
4.7.2 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA INALÁMBRICO PROPUESTO PARA MARATHON SPORTS.....	113

4.7.2.1 ENLACES EN LA CIUDAD DE QUITO.....	115
4.7.2.2 ENLACES EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.....	118
4.7.2.3 ENLACE ENTRE LAS CIUDADES DE MANTA Y PORTOVIEJO.....	120
4.7.3 DISEÑO DEL SISTEMA INALÁMBRICO PROPUESTO PARA MARATHON SPORTS.....	122
4.7.3.1 GRÁFICO DEL PERFIL TOPOGRÁFICO.....	123
4.7.3.2 CÁLCULO DE LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL.....	123
4.7.3.3 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL EQUIPO.....	125
4.7.4 EQUIPO A CONSIDERARSE EN EL DISEÑO.....	129
4.7.4.1 WILAN-ULTIMA3.....	129
4.7.4.2 ACCESS 5830 5.8 GHz.....	134
4.7.4.3 CÁLCULO DE LA CONFIABILIDAD DEL SISTEMA.....	138
4.7.5 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL CANAL FRAME RELAY PARA EL ENLACE MANTA-PORTOVIEJO.....	140
4.7.6 ANÁLISIS DE COSTOS.....	141
4.7.6.1 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN PARA LAS CIUDADES DE QUITO Y GUAYAQUIL.....	142
4.7.6.2 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN PARA LAS CIUDADES DE MANTA Y PORTOVIEJO.....	143
4.7.6.3 SOLUCIÓN A USARSE PARA EL ENLACE MANTA-PORTOVIEJO.....	145
4.7.6.4 SOLUCIÓN A USARSE PARA LA RED DE QUITO Y GUAYAQUIL.....	146

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.....	149
5.2 RECOMENDACIONES.....	152

BIBLIOGRAFÍA.....	154
-------------------	-----

ANEXOS.....	156
-------------	-----

ANEXO A.- EQUIPO

- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS
 - Manual de Ruteadores Cisco de la serie 2600
 - Data Sheet Mixes Media NMs
 - Data Sheet Ruteador Cisco 831-K9
 - Data Sheet Ruteador Cisco 1751
 - Data Sheet Antena Sectorial Pacific Wireles 18 dBi
 - Data Sheet Antena Parabólica Radio Waves 37.9 , 25.7, 22.5 dBi.
 - Datos técnicos de la Cámara D-Link
 - Datos técnicos del equipo Access 5830
 - Datos técnicos del equipo Ultima 3

ANEXO B.- TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN

- TECNOLOGÍA WIMAX
 - White Paper WIMAX
 - IEEE Standard 802.16: Technical Overview
 - Introducing WIMax

ANEXO C.- ENLACES DE RADIO

- GRÁFICAS DE LA ZONA DE FRESNEL DE LOS ENLACES INALÁMBRICOS.
- NOMOGRAMAS

ANEXO D.- REGULACIÓN

- NORMA PARA LA IMPLEMENTACION Y OPERACION DE SISTEMAS DE ESPECTRO ENSANCHADO (CONATEL)
- FORMULARIO PARA INFORMACION LEGAL (SISTEMAS DE ESPECTRO ENSANCHADO) (SENATEL)
- REGLAMENTO PARA EL OTORGAMIENTO DE TÍTULOS HABILITANTES PARA LA OPERACIÓN DE REDES PRIVADAS (CONATEL)
- REQUISITOS PARA INSTALAR Y OPERAR SISTEMAS DE ESPECTRO ENSANCHADO(SENATEL)

INDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

FIGURA 1-1.- TOPOLOGÍA LÓGICA DE LA RED ACTUAL DE MARATHON SPORTS.....	2
FIGURA 1-2.- TOPOLOGÍA FÍSICA DE LA RED ACTUAL DE MARATHON SPORTS.....	4
FIGURA 1-3.- PARÁMETROS DE UNA CONEXIÓN FRAME RELAY.....	7
FIGURA 1-4.- ESQUEMA DE COMUNICACIÓN PUNTOS DE VENTA – SERVIDOR.....	10
FIGURA 1-5.- ESQUEMA DE COMUNICACIÓN ALMACÉN – OFICINA CENTRAL.....	11
FIGURA 1-6.- PATRONES DE TRÁFICO OBTENIDOS PARA UNA SEMANA CORRESPONDIENTES AL ENLACE C.C.I. SPORTS.....	13
FIGURA 1-7.- PATRONES DE TRÁFICO OBTENIDOS PARA UNA SEMANA CORRESPONDIENTES AL ENLACE SAN MARINO.....	13
FIGURA 1-8.- PATRONES DE TRÁFICO OBTENIDOS PARA UNA SEMANA CORRESPONDIENTES AL ENLACE CUMBAYÁ.....	14
FIGURA 1-9.- PATRONES DE TRÁFICO OBTENIDOS PARA UNA SEMANA CORRESPONDIENTES AL ENLACE PORTOVIEJO.....	14
FIGURA 1-10.- DISTRIBUCIÓN DE LAS APLICACIONES QUE CORREN SOBRE LA RED DE MARATHON SPORT.....	19

CAPÍTULO 2

FIGURA 2-1.- ANCHO DE BANDA REQUERIDO PARA SOPORTAR DISTINTAS APLICACIONES.....	20
FIGURA 2-2.- FORMATO DE UN DATAGRAMA DE VOIP.....	26
FIGURA 2-3.- CONFIGURACIÓN DEL PAQUETE DE MUESTRAS DE VOZ.....	27
FIGURA 2-4.- REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL NÚMERO DE TRAMAS REQUERIDAS PARA EL ENVÍO DE MUESTRAS DE VOZ CON DIFERENTES TAMAÑOS DE PAQUETE DE MUESTRAS.....	28
FIGURA 2-5.- PILA DE PROTOCOLOS TCP/IP EMPLEADOS EN VIDEOCÁMARAS IP.....	35
FIGURA 2-6.- FORMATO DE LA TRAMA FRAME RELAY PARA TRANSMISIÓN DE VIDEO.....	35
FIGURA 2-7.- FORMATO DE LA TRAMA ETHERNET PARA TRANSMISIÓN DE VIDEO.....	36
FIGURA 2-8.- PROYECCIÓN DEL TRÁFICO FTP (a) DIAGRAMA DE BARRAS (b) TENDENCIA DE CRECIMIENTO.....	43

CAPÍTULO 3

FIGURA 3.1.- ESTRUCTURA DEL CABLE COAXIAL.....	50
FIGURA 3.2.- CABLE DE FIBRA ÓPTICA.....	52
FIGURA 3.3.- TIPOS DE FIBRA.....	54
FIGURA 3-4.- VENTANAS DE TRANSMISIÓN DE LA F.O.....	54
FIGURA 3.5.- DISTRIBUCIÓN DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.....	56
FIGURA 3-6.- REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ENLACE DE DATOS.....	64
FIGURA. 3-7.- FORMATO DE LA TRAMA FRAME RELAY.....	65
FIGURA 3-8.- FORMATO DEL CAMPO DE DIRECCIONES DE LA TRAMA FRAME RELAY PARA 2, 3 Y 4 OCTETOS.....	66
FIGURA 3-9.- PARÁMETROS DE UNA CONEXIÓN FRAME RELAY.....	69
FIGURA 3-10.- ESQUEMA DE UNA RED FRAME RELAY.....	71
FIGURA 3-11.- (a) PRINCIPIO BÁSICO DE MODULACIÓN DSSS; (b) SEÑAL DE ESPECTRO EXPANDIDO.....	73
FIGURA 3-12.- SISTEMA FHSS, (a) DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL MODULADOR Y DEMULADOR FHSS; (b) REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA DISTRIBUCIÓN DEL ESPECTRO DE UNA SEÑAL FHSS.....	75
FIGURA 3-13.- DIAGRAMA DE UN SISTEMA CDMA.....	77
FIGURA 3-14.- INTERPRETACIÓN DE LA SEÑAL CDMA EN EL RECEPTOR DE UN USUARIO DETERMINADO.....	77
FIGURA 3-15.- SISTEMA 802.16a.....	82

CAPÍTULO 4

FIGURA 4-1.- CURVATURA QUE SUFRE LA TRAYECTORIA DE LA ONDA ELECTROMAGNÉTICA AL ATRAVESAR LA ATMÓSFERA TERRESTRE.....	91
FIGURA 4-2.- DISTANCIA RADIO HORIZONTE.....	92
FIGURA 4-3.- CORRECCIÓN DEL PERFIL TOPOGRÁFICO.....	92
FIGURA 4-4.- DISTANCIA RADIO HORIZONTE.....	93

FIGURA 4-5.- (a) GRÁFICA DE LA ELIPSOIDE DE FRESNEL Y DEL FRENTE DE ONDA (b) PARÁMETROS NECESARIOS PARA GRAFICAR LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL.....	95
FIGURA 4-6.- DISTANCIA RADIO HORIZONTE.....	98
FIGURA 4-7.- PROPAGACIÓN POR DIFRACCIÓN.....	99
FIGURA 4-8.- ATENUACIÓN POR MESETA.....	99
FIGURA 4-9.- OBSTRUCCIÓN DEBIDA A DOS CUMBRES.....	100
FIGURA 4-10.- PUNTO DE REFLEXIÓN DE LA ONDA SIN OBSTÁCULOS EN SU TRAYECTO.....	100
FIGURA 4-11.- REFLEXIÓN DE ONDA CON OBSTÁCULOS.....	103
FIGURA 4-12.- CRITERIO DE RAYLEIGH.....	105
FIGURA 4-13.- MÉTODO DEL PRESUPUESTO DE PÉRDIDAS.....	108
FIGURA 4-14.- REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA RELACIÓN ENTRE MD Y FM PARA UN ENLACE.....	110
FIGURA 4-15.- ESQUEMA DE LA RED INALÁMBRICA PROPUESTA PARA MARATHON SPORT.....	112
FIGURA 4-16.- GRÁFICA DE LOS ENLACES CORRESPONDIENTES A LA REPETIDORA DE CRUZ LOMA.....	114
FIGURA 4-17.- GRÁFICA DE LOS ENLACES CORRESPONDIENTES A LA REPETIDORA DE PUENGASÍ.....	115
FIGURA 4-18.- GRÁFICA DE LOS ENLACES CORRESPONDIENTES A LA REPETIDORA DE MONJAS.....	116
FIGURA 4-19.- GRÁFICAS DE LOS ENLACES INTER-REPETIDORAS (a) ENLACE CRUZ LOMA – MONJAS; (b) ENLACE MONJAS – PUENGASÍ.....	117
FIGURA 4-20.- DIAGRAMA DE LOS ENLACES DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.....	119
FIGURA 4-21.- DIAGRAMA DEL ENLACE ENTRE MANTA Y PORTOVIEJO.....	121
FIGURA 4-22.- ESTACIÓN REPETIDORA MONJAS.....	122
FIGURA 4-23.- GRAFICA DEL PERFIL TOPOGRÁFICO Y LA ZONA DE FRESNEL PARA EL ENLACE MONJAS- VALLE.....	125
FIGURA 4-24.- ESTRUCTURA DE UNA RED CON ULTIMA 3.....	130

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

TABLA 1-1.- CODIFICACIÓN DE LOS ENLACES A LOS ALMACENES DE MARATHON SPORTS.....	3
TABLA 1-2.- PARÁMETROS DE LOS ENLACES INTERURBANOS DE MARATHON SPORT.....	7
TABLA 1-3.- PARÁMETROS DE LOS ENLACES URBANOS DE MARATHON SPORT.....	8
TABLA 1-4.- INVENTARIO DE EQUIPO DE LOS ALMACENES DE MARATHON SPORTS.....	9
TABLA 1-5.- ANCHOS DE BANDA OCUPADOS ACTUALMENTE POR LOS ENLACES DE MARATHON SPORTS.....	15
TABLA 1-6.- CARACTERIZACIÓN DEL TRÁFICO PRESENTE EN LA HORA PICO PARA EL ENLACE CCI SPORTS.....	18
TABLA 1-7.- COSTOS ACTUALES DE LOS ENLACES DE MARATHON SPORTS.....	19

CAPÍTULO 2

TABLA 2-1.- DATOS OBTENIDOS PARA LA HORA PICO.....	22
TABLA 2-2.- TABLA ERLANG B.....	24
TABLA 2-3.- REQUERIMIENTO POR ENLACE DE CANALES DE VOZ.....	25
TABLA 2-4.- CARACTERÍSTICAS DE LOS MÉTODOS DE COMPRESIÓN COMÚNMENTE UTILIZADOS PARA APLICACIONES DE VOIP.....	29
TABLA 2-5.- ANCHO DE BANDA REQUERIDO POR UN PAQUETE VOIP PARA DISTINTOS PERÍODOS DE MUESTREO.....	30
TABLA 2-6.- REQUERIMIENTOS DE ANCHO DE BANDA POR CANAL DE VOZ INCLUYENDO CABECERAS.....	31
TABLA 2.7.- ANCHO DE BANDA REQUERIDO POR ENLACE PARA TRANSPORTE DE VOIP.....	32
TABLA 2-8.- NÚMERO DE CÁMARAS NECESARIAS. (a) LOCALES EN LA CIUDAD DE QUITO (b) LOCALES EN LAS CIUDADES DE GUAYAQUIL Y PORTOVIEJO.....	37
TABLA 2-9.- TAMAÑOS TÍPICOS DE IMAGEN PARA 3 NIVELES DE COMPRESIÓN.....	38
TABLA 2-10.- ESTIMACIÓN DE ANCHO DE BANDA REQUERIDO POR ENLACE PARA TRANSPORTE DE VIDEOVIGILANCIA SOBRE IP.....	41
TABLA 2-11.- RESULTADOS PARCIALES DEL ANÁLISIS DE TRÁFICO.....	42
TABLA 2-12.- RESULTADOS DEL TRÁFICO FTP-DATA PARA EL ENLACE Q1.....	45
TABLA 2-13.- RESULTADOS DEL AB PROYECTADO PARA EL ENLACE Q1.....	45
TABLA 2-14.- RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE TRÁFICO CON PROYECCIÓN A 5 AÑOS.....	46

CAPÍTULO 3

TABLA 3-1.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS CABLES UTP Y STP.....	49
TABLA 3-2.- NIVELES DE ATENUACIÓN PARA EL CABLE CATEGORÍA 5.....	50
TABLA 3-3.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CABLE COAXIAL.....	51
TABLA 3-4.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA.....	55
TABLA 3-5.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS ENLACES DE RADIO.....	57
TABLA 3-6.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS ENLACES DE MICROONDA TERRESTRE.....	58
TABLA 3-7.- PRINCIPALES BANDAS SATELITALES.....	59
TABLA 3-8.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS ENLACES SATELITALES.....	63
TABLA 3-9.- BANDAS ICM.....	72
TABLA 3-10.- CARACTERÍSTICAS DE FHSS Y DSSS.....	76
TABLA 3-11.- RESUMEN DE LAS ESPECIFICACIONES DE CAPA FÍSICA DEFINIDAS EN EL ESTÁNDAR IEEE802.16.....	81
TABLA 3-12.- COMPARACIÓN ENTRE LOS ESTÁNDARES 802.11 Y 802.16a.....	85

CAPÍTULO 4

TABLA 4-1.- VALORES DE ATENUACIÓN POR REFLEXIÓN PARA DISTINTOS ESCENARIOS Y FRECUENCIAS.....	106
TABLA 4-2 COEFICIENTES K Y A PARA DISTINTOS VALORES DE FRECUENCIA.....	107
TABLA 4-3.- VALORES DE LOS FACTORES A Y B.....	110

TABLA 4-4.- INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO MÁXIMA.....	112
TABLA 4-5.- GANANCIA DE PROCESAMIENTO MÍNIMA REQUERIDA.....	112
TABLA 4-6.- UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PUNTOS A ENLAZAR.....	117
TABLA 4-7.- DISTANCIAS DE LOS ENLACES Y ALTURAS DE LAS ANTENAS PARA LA CIUDAD DE QUITO.....	118
TABLA 4-8.- (a) UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y ALTURAS DE LOS ALMACENES DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL; (b) DISTANCIAS DE LOS ENLACES PARA LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.....	119
TABLA 4-9.- TABLA DE VALORES PARA EL CALCULO DE LA ZONA DE FRESNEL DEL ENLACE MONJAS – VALLE.....	124
TABLA 4-10.- REQUERIMIENTOS DEL EQUIPO.....	129
TABLA 4-11.- PARÁMETROS DEL EQUIPO AWE 120-58 (A) ACCESS POINT (B) CPE/ LCPE.....	130
TABLA 4-12.- CARACTERÍSTICAS DE LA ANTENA SAH5X.....	132
TABLA 4-13.- CARACTERÍSTICAS DE LA ANTENAS PARABÓLICA RADIO WAVES SP6-5.8 PARA SUBSCRIPTOR.....	132
TABLA 4-14.- CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO ACCESS5830 (a) ACCESS POINT (b) SUBSCRIBER UNIT.....	134
TABLA 4-15.- ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS, DESEMPEÑO TÍPICO PARA VARIAS ANTENAS RADIO WAVE.....	135
TABLA 4-16.- DESEMPEÑO DE LOS RADIOENLACES USANDO EL EQUIPO ULTIMA 3.....	138
TABLA 4-17.- DESEMPEÑO DE LOS RADIOENLACES USANDO EL EQUIPO ACCESS 5830.....	139
TABLA 4-18.- ANCHOS DE BANDA ANUALES REQUERIDOS POR EL ENLACE MANTA-PORTOVIEJO Y SU RESPECTIVO VALOR DE CIR.....	140
TABLA 4-19.- (a) COSTOS RED QUITO (b) COSTOS RED GUAYAQUIL (c) COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA PARA MARATHON SPORTS CON EL EQUIPO ULTIMA 3.....	142
TABLA 4-20.- (a) COSTOS RED QUITO (b) COSTOS RED GUAYAQUIL (c) COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA PARA MARATHON SPORTS CON EL EQUIPO ACCES5830.....	142
TABLA 4-21.- COSTOS DE LA RED MANTA-PORTOVIEJO CON EL EQUIPO ULTIMA 3.....	143
TABLA 4-22.- COSTOS DE LA RED MANTA-PORTOVIEJO CON EQUIPO ACCESS 5830.....	144
TABLA 4-23.- COSTO DEL ARRENDAMIENTO DE UN CANAL FRAME RELAY PARA MANTA-PORTOVIEJO.....	144
TABLA 4-24.- COSTOS DEL TOTALES DEL ENLACE INALÁMBRICO MANTA-PORTOVIEJO PARA UN PERIODO DE 3 AÑOS.....	145
TABLA 4-25.- CARACTERÍSTICAS DEL LA IMPLEMENTACIÓN DEL EQUIPO ACCESS 5830 Y DE LA RENTA DE UN CANAL FR.....	145
TABLA 4-26.- COSTOS DEL TOTALES DE LAS REDES INALÁMBRICAS DE QUITO Y GUAYAQUIL PARA UN PERIODO DE 3 AÑOS.....	146
TABLA 4-27.- COSTOS DEL TOTALES DE LAS RENTA DE LOS CANALES FR EN LAS CIUDADES DE QUITO Y GUAYAQUIL PARA UN PERIODO DE 3 AÑOS.....	147

RESUMEN

El presente proyecto se inicia con una descripción de la red actual de Marathon Sports a nivel de topologías: física y lógica, tecnología de transmisión, equipo existente y aplicaciones que corren sobre la red además de un estudio cualitativo y cuantitativo del tráfico actual de la red.

A continuación en el capítulo 2 se propone una reestructuración de los canales de transmisión en base al dimensionamiento detallado de las nuevas aplicaciones de voz y video sobre IP, con la descripción de los distintos métodos de codificación y compresión aplicables, con estos resultados y las antiguas aplicaciones de la red se presenta el Ancho de Banda resultante para los canales de Marathon Sports con una proyección a 5 años.

En el capítulo 3 se hace una introducción sobre los medios de transmisión para luego describir brevemente varias tecnologías de transmisión, con el análisis de éstas se determina finalmente el tipo de tecnología que se usará para los enlaces de la red, constituyéndose en una solución inalámbrica en base a la tecnología Spread Spectrum.

Una vez escogida la posible solución tecnológica para la red, en el cuarto capítulo se realiza el diseño de los enlaces inalámbricos en base a la tecnología Spread Spectrum para los almacenes ubicados en la ciudad de Quito y Guayaquil mientras que para el enlace Manta-Portoviejo se propone una solución basada en Frame Relay además de la inalámbrica, luego se presenta el equipo que cumple con los parámetros calculados para el sistema inalámbrico y en base a un estudio técnico económico se concluye la estructura del sistema final de los enlaces de la red de Marathon Sports, por último se presentan los trámites legales correspondientes a la operación en nuestro país de los enlaces inalámbricos propuestos en el presente proyecto de titulación.

PRESENTACIÓN

Marathon Sports es una empresa orientada a la venta de artículos deportivos a nivel nacional a través de puntos de venta estratégicamente localizados en las principales ciudades del país; a través de los años se ha constituido como la empresa con mayor número de puntos de venta de artículos deportivos en el Ecuador, integrados en una red de comunicaciones de enlaces a nivel local y regional con anchos de banda que hasta la actualidad han soportado los requerimientos de las aplicaciones que corren sobre la red; sin embargo, constituyen un limitante dada la necesidad de implementar aplicaciones extras como sistemas de video vigilancia y voz sobre IP, ésto sumado al alto costo que representa el arriendo de los enlaces, frente a la posibilidad de invertir en una infraestructura de red propia que a largo plazo represente un ahorro económico para la empresa tomando como una consideración muy importante de diseño la reutilización del equipo existente en la red para de esta manera brindar una solución sólida y efectiva a la red, estas razones constituyen los motivos por los cuales se necesita de un estudio para la reestructuración de dichos enlaces, estudio que se realizará en el presente proyecto de titulación.

CAPÍTULO 1

SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED DE MARATHON SPORTS

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA RED ACTUAL DE MARATHON SPORTS

1.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Marathon Sports tiene oficinas distribuidas en varias ciudades del Ecuador, el presente proyecto comprenderá el estudio y reestructuración de los enlaces de los almacenes ubicados en las ciudades de Quito, Guayaquil, Manta y Portoviejo.

La infraestructura de comunicaciones de la red WAN de Marathon Sports consta de enlaces arrendados a un carrier local; en cada ciudad se encuentra ubicada una oficina de mayor importancia denominada oficina central en la cual se concentran los almacenes correspondientes a cada localidad a través de enlaces urbanos.

En la ciudad de Quito está la oficina matriz a la cual se conectan las oficinas centrales de las ciudades de Guayaquil y Manta mediante enlaces interurbanos.

1.1.2 TOPOLOGÍA DE LA RED

La red está estructurada en una topología tipo estrella, distribuida de la siguiente manera: once puntos de conexión correspondientes a la ciudad de Quito, siete puntos de conexión en Guayaquil y uno en Manta, concentrados en su correspondiente oficina central mediante enlaces urbanos o locales de 32 y 64 kbps, además posee dos enlaces interurbanos de 128 y 32 kbps, los cuales unen las ciudades de Guayaquil y Manta con Quito, tal como se puede apreciar en la Figura 1-1.

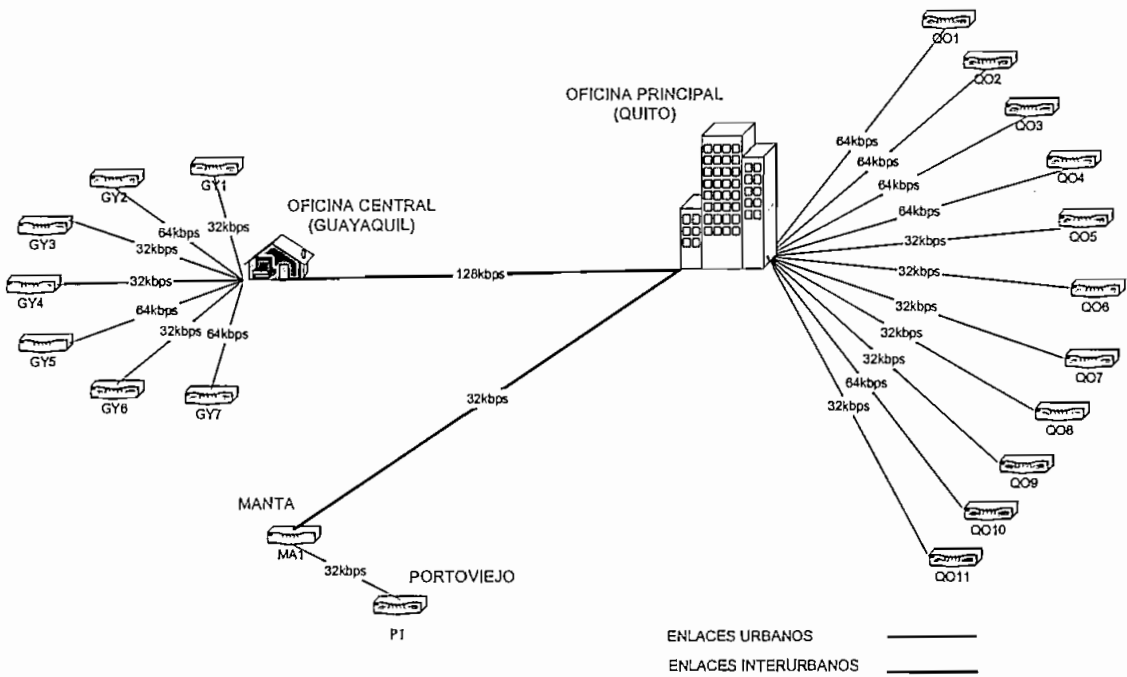


Figura. 1-1.- Topología lógica de la red actual de Marathon Sports

Para facilidad en el manejo de la nomenclatura, se etiquetó los enlaces que unen a los almacenes empleando una codificación que identifica la ciudad en la que se ubica dicho almacén tal como se muestra en la Tabla 1-1.

CIUDAD	ENLACE	CÓDIGO
Quito	Bosque Sports	Q1
	C.C.I. Sports	Q2
	Jardín Sports	Q3
	Quicentro Sports	Q4
	6 de Diciembre	Q5
	Via Ventura	Q6
	Centro	Q7
	San Agustín	Q8
	Cumbayá	Q9
	Recreo	Q10
	Valle	Q11
Guayaquil	9 de Octubre	Gy1
	San Marino	Gy2
	Ceibos	Gy3
	Colón	Gy4
	Policentro	Gy5
	Riocentro	Gy6
	Mall del Sol	Gy7
Portoviejo	Portoviejo	PI

Tabla 1-1.-Codificación de los enlaces de los almacenes de Marathon Sports

Como ya se mencionó anteriormente las conexiones físicas de la red son proporcionadas por un carrier el cual por medio de su infraestructura de comunicaciones enlaza las oficinas centrales y los almacenes tal como se muestra en la Figura 1-2.

En Frame Relay se asume medios de transmisión confiables por lo tanto, no realiza control de flujo ni de errores deja que dichos controles se realicen a nivel de capas superiores en los extremos de la red, únicamente emplea mecanismos simples para advertir a los nodos acerca de una posible congestión, producto de ésto, se logra tener mayores velocidades y menor retardo, las velocidades de esta tecnología pueden ir de algunos Kbps hasta unidades de Mbps.

Frame Relay permite que varias conexiones virtuales puedan compartir un mismo medio físico de transmisión, se tiene asignación de ancho de banda bajo demanda, esto quiere decir que la capacidad de transmisión disponible puede ser usada por cada conexión virtual hasta el límite físico, además el multiplexaje estadístico permite que el AB¹ que no es utilizado por una conexión virtual pueda ser usado por otras conexiones virtuales. Esta tecnología es ideal para tráfico tipo ráfaga como lo es el tráfico LAN. Existe la posibilidad de tener dos tipos de conexiones: PVC² y SVC³.

1.1.3.1.1 Parámetros de una Conexión Frame Relay

La UIT-T⁴ en su recomendación I.233 define cuatro parámetros para la administración de recursos de una conexión Frame Relay: CIR, Bc, Be y Tc.

CIR (Committed Information Rate):

Tasa de información confirmada, representa la velocidad de información comprometida para cada conexión virtual especificada en bits por segundo, este valor especifica el valor medio máximo de velocidad a la que la red trabajará bajo condiciones normales, si se excede esta velocidad algunas tramas serán marcadas como elegibles de ser descartadas en caso de congestión.

¹AB: Ancho de Banda

²PVC: Conexiones Virtuales Permanentes

³SVC: Conexiones Virtuales Conmutadas

⁴UIT-T: Sector de la UIT encargado de la estandarización de las Telecomunicaciones

El CIR no es la capacidad física a la que se transmite, la velocidad física que soporta el enlace se denomina velocidad de acceso y por lo general $\Sigma CIR <$ velocidad de acceso, en los casos en que $\Sigma CIR >$ velocidad de acceso se dice que existe *sobre suscripción*.

Generalmente es un parámetro del servicio que se asigna dependiendo de las necesidades del usuario y el costo.

Bc (Committed Burst Size o Rate):

Define la máxima cantidad de datos comprometidos (en bits) que la red permite transferir en condiciones normales durante un intervalo de tiempo T_c .

Be (Excess Burst Rate)

Expresa la máxima cantidad de datos no comprometidos (en bits) que pueden exceder B_c que una red Frame Relay puede atender durante un intervalo de tiempo T_c .

La suma $B_c + B_e$ es un limitante, si los datos transmitidos exceden este valor son descartados.

Tc (Committed Rate Measurement Interval)

Intervalo de medida de la velocidad comprometida. Es el intervalo de tiempo durante el cual el usuario puede transmitir $B_c + B_e$ bits.

$$T_c = B_c / CIR.$$

El significado de los parámetros antes mencionados puede ser comprendido de una mejor manera si se los expresa de una forma gráfica como se puede apreciar en la Figura 1-3.

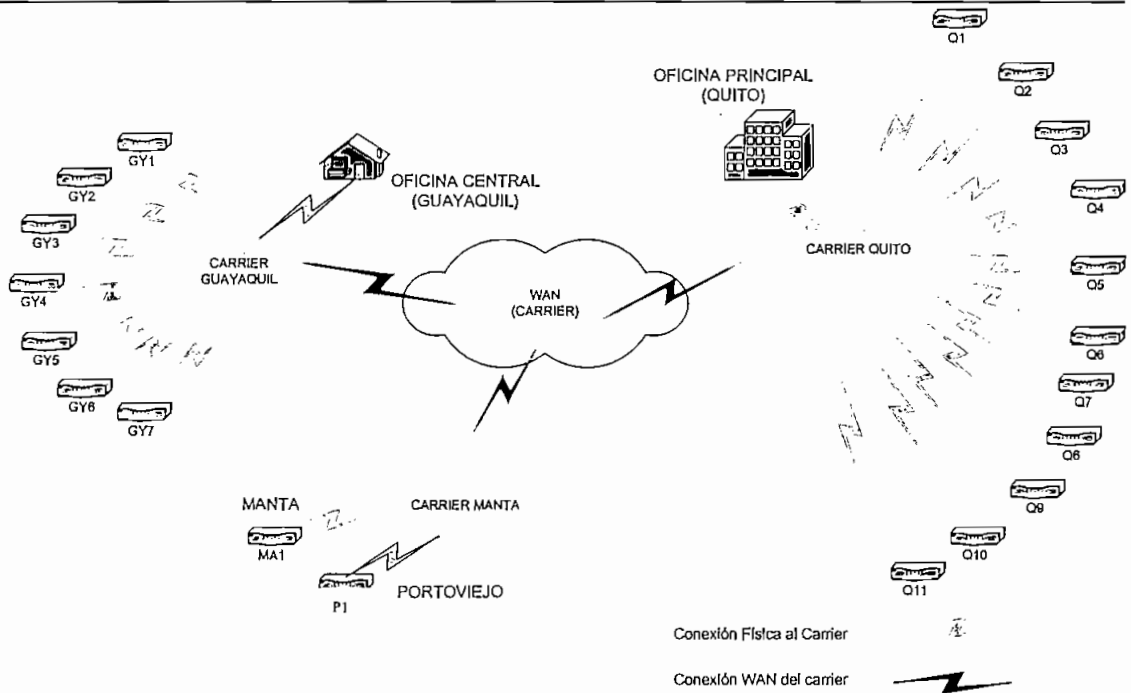


Figura 1-2.- Topología Física de la red actual de Marathon Sports

1.1.3 TECNOLOGÍA DE TRANSMISIÓN

Los enlaces proporcionados por el carrier a la empresa Marathon Sports utilizan tecnología Frame Relay para el envío de paquetes a través de la red WAN. A continuación se realizará una breve descripción de las principales características de dicha tecnología de modo que se facilite la comprensión de los parámetros que se mencionarán en el desarrollo de este capítulo.

1.1.3.1 Frame Relay

Frame Relay es una tecnología de WAN orientada a conexión basada en la conmutación de paquetes y multiplexaje estadístico, la unidad de información que maneja Frame Relay es la trama, por lo tanto, es una tecnología que trabaja a nivel de capa enlace del modelo de referencia OSI¹, esto permite que el procesamiento en los nodos sea mucho más liviano que el de otras tecnologías WAN como X.25 que trabajan con paquetes a nivel de capa Red.

¹OSI: Open System Interconnection

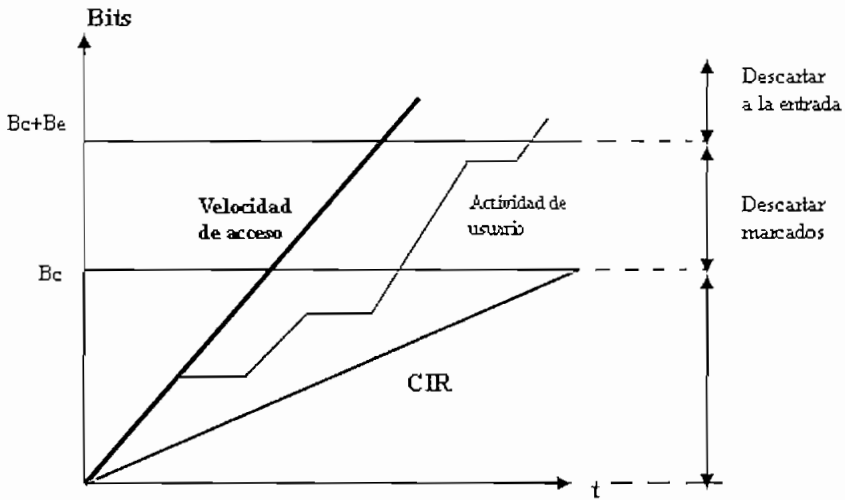


Figura 1-3.- Parámetros de una conexión Frame Relay

En la Figura 1-3 se presenta una gráfica que interpreta el significado del parámetro CIR así como el de B_c que representa la máxima cantidad de datos que el proveedor asegura entregar en un T_c . Cualquier trama de información cuya longitud sobrepase B_c es marcada como descartable. El parámetro B_e representa la máxima cantidad de datos que pueden exceder a B_c . Cualquier dato que exceda B_c+B_e será descartado al entrar en la red.

En las Tablas 1-2 y 1-3 se presentan los valores de CIR contratados para cada uno de los enlaces que posee actualmente Marathon Sports.

ENLACE	CIR (Kbps)
QUITO-GUAYAQUIL	128
QUITO-MANTA	32

Tabla 1-2.- Parámetros de los enlaces interurbanos de Marathon Sport

CIUDAD	ENLACE	CIR (Kbps)
Quito	Q1	64
	Q2	64
	Q3	64
	Q4	64
	Q5	32
	Q6	32
	Q7	32
	Q8	32
	Q9	32
	Q10	64
	Q11	32
Guayaquil	Gy1	32
	Gy2	64
	Gy3	32
	Gy4	32
	Gy5	64
	Gy6	32
	Gy7	64
Portoviejo	P1	32

Tabla 1-3.- Parámetros de los enlaces urbanos de Marathon Sport

1.1.4 EQUIPO EXISTENTE EN LA RED

Debido a que el punto de interés de este trabajo es la red WAN se realizó solamente un inventario del equipo de conectividad, servidores, y máquinas de usuario existentes en cada uno de los almacenes. Estos datos se presentan en la Tabla 1-4.

Cabe mencionar que los DTU¹ son proporcionados por el proveedor de los enlaces y no son propiedad de Marathon Sports.

Las oficinas centrales cuentan con ruteadores Cisco de las series:

Quito	Cisco 2621
Guayaquil	Cisco 2621
Manta	Cisco 1751

Todos los almacenes están provistos de ruteadores Cisco 1751.

Las características de estos ruteadores se pueden encontrar en el anexo A.

1.1.5 APLICACIONES QUE CORREN SOBRE LA RED

Internamente en el almacén se maneja una red con el Protocolo IPX/SPX² que es propio de Sistemas Novell Netware, como se puede observar en el esquema de la Figura 1-4. Este protocolo permite la conexión de puntos de venta (máquinas facturadoras) con Sistema Operativo DOS 6.22 hacia el servidor Novell Netware 4.11, de manera que se mantenga la información de facturación centralizada en este servidor de archivos.

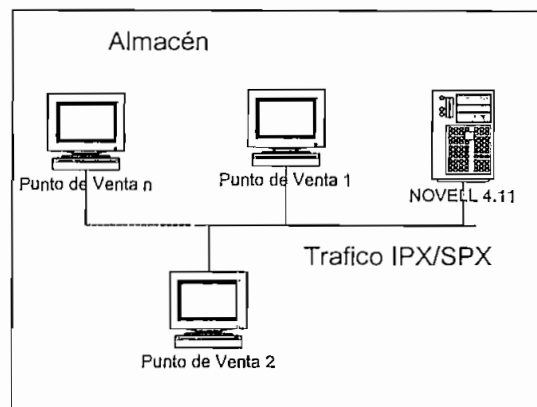


Figura 1-4.- Esquema de comunicación Puntos de Venta - Servidor

¹DTU: Data Terminal Unit

²IPX/SPX: Internetwork Packet Exchange/Sequenced Packet Exchange

CAPITULO I

Ciudad	Enlace	Almacén	Máquinas				Equipo de conectividad		
			Facturación	Bodega	Servidor NT	Servidor Novell	DTU	Ruteador	Hub
Quito	Q1	A 1	2	1	1	1	1	1	1
		A 2	5	1					1
		A 3	3	1					
	Q3	A 1	1	1	1	1	1	1	1
		A 2	2	1					1
		A 3	1						
		A 4	4	1					1
	Q10	A 1	6	1	1	1	1	1	1
		A 2	6	1					1
		A 3	3						1
	Q4	A 1	3	1	1	1	1	1	1
A 2		5	1					1	
A 3		3						1	
A 4		2						1	
Q11	A 1	2	1	1	1	1	1	1	
Q6	A 1	1	1	1	1	1	1	1	
Q5	A 1	3	1	1	1	1	1	1	
Q8	A1	3	1	1	1	1	1	1	
	A2	2	1	1	1		1	1	
Q7	A1	2	1			1			
Q2	A 1	2	1	1	1	1	1	1	
	A 2	5	1					1	
	A 3	2						1	
	A 4	4						1	
Q9	A 1	3	1	1	1	1	1	1	
Guayaquil	Gy7	A 1	7	1	1	1	1	1	1
		A 2	1	1					1
		A3	2						1
		A4	2	1					1
	Gy5	A 1	5	1	1	1	1	1	1
		A2	4	1					1
		A3	1						
	Gy3	A1	6	1	1	1	1	1	1
	Gy1	A1	6	1	1	1	1	1	1
	Gy4	A1	6	1	1	1	1	1	1
	Gy6	A1	2	1	1	1	1	1	1
Gy2	A1	2	1	1	1	1	1	1	
	A2	1	1					1	
	A3	1	1					1	
Portoviejo	P1	A2	3	1	1	1	1	1	

Tabla 1-4.- Inventario de equipo de los almacenes de Marathon Sports

La información diaria generada en los almacenes pasa desde el servidor de archivos hacia el Servidor Central en las oficinas de Marathon Sports por medio de un Servidor Windows NT que se encarga de tomar los datos y enviarlos utilizando el enlace WAN.

El protocolo que se utiliza para el transporte de datos a través de los enlaces WAN es TCP/IP¹, por medio de aplicaciones FTP² o aplicaciones que trabajan directamente con sockets³. Un esquema de comunicación entre un almacén y la Oficina Central se muestra en la Figura 1-5.

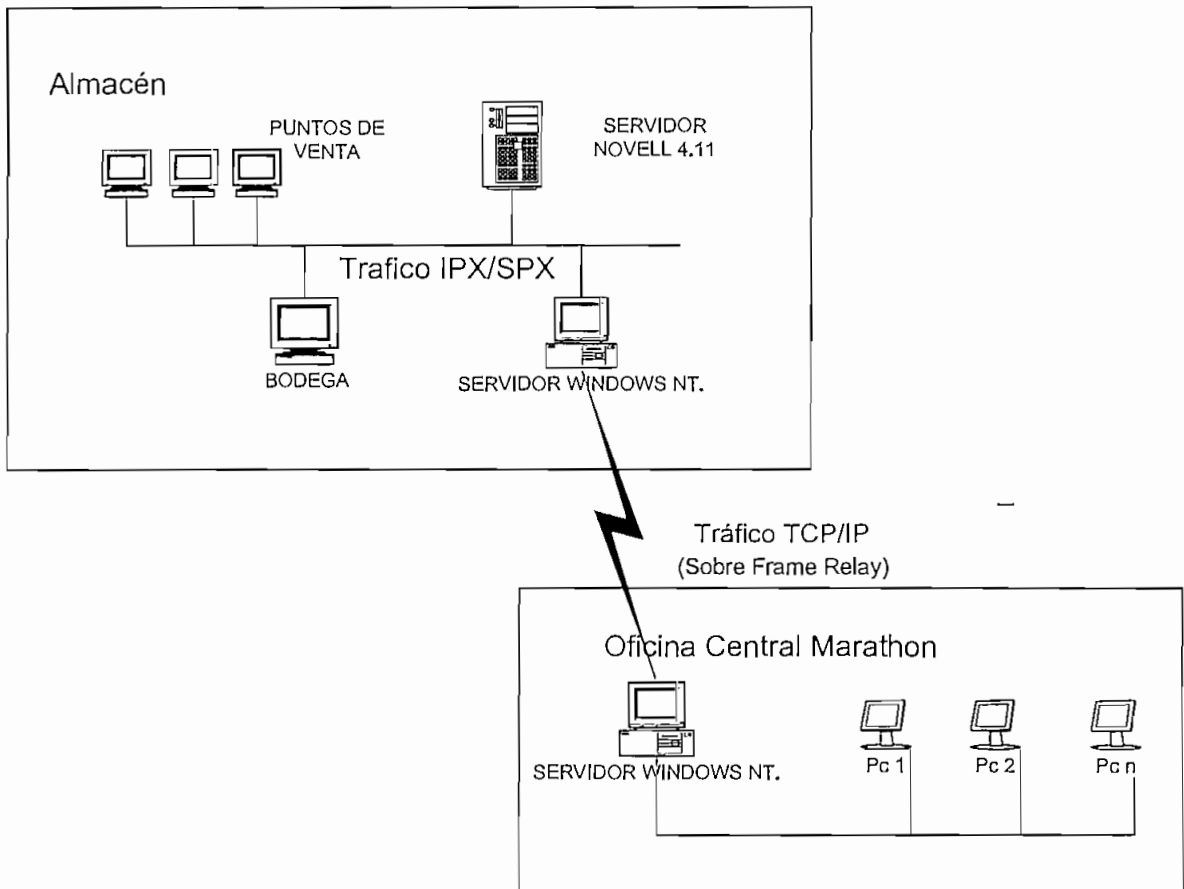


Figura 1-5.- Esquema de comunicación Almacén – Oficina Central

¹TCP/IP: Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet

²FTP: File Transfer Protocol

³Socket: Combinación de un número de Puerto TCP o UDP y una dirección IP

Una aplicación propia de la Empresa es la que maneja las autorizaciones de tarjetas de crédito en línea, para esto se transfieren tramas con la información de las tarjetas de crédito hacia la matriz y de ésta se dirige por medio de un clear channel hacia las Entidades Autorizadoras encargadas de realizar las aprobaciones correspondientes, esta aplicación trabaja por medio de sockets los cuales no son más que canales de comunicaciones entre dos programas.

Además cada almacén que posee un equipo de Bodega con Windows NT Workstation tiene acceso a servicios de correo (SMTP¹ y POP3²), Intranet y FTP.

1.2 TRÁFICO CURSANTE EN LA RED

En el estudio de tráfico que se presenta a continuación se realizarán dos tipos de análisis: cualitativo y cuantitativo.

1.2.1 ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL TRÁFICO

Para analizar el uso del ancho de banda se han recopilado los análisis de tráfico WAN tomando muestras de los enlaces de 64 Kbps correspondientes a los almacenes de CCI Sports y San Marino; y enlaces de 32 Kbps correspondientes a Cumbayá y Manta, durante 5 días; para de esta manera determinar el comportamiento de tráfico correspondiente a todos los enlaces, objetivo de este estudio.³

En la Figura 1-6 se presentan los resultados del análisis de tráfico del enlace CCI Sports, observándose que en el día Domingo se presenta la mayor carga de tráfico con un porcentaje de utilización del canal correspondiente a 82% de un AB de 64 Kbps con CIR de 64 Kbps.

¹SMTP: Simple Mail Transfer Protocol

²POP3: Post Office Protocol

³Los datos de tráfico fueron proporcionados por SURATEL

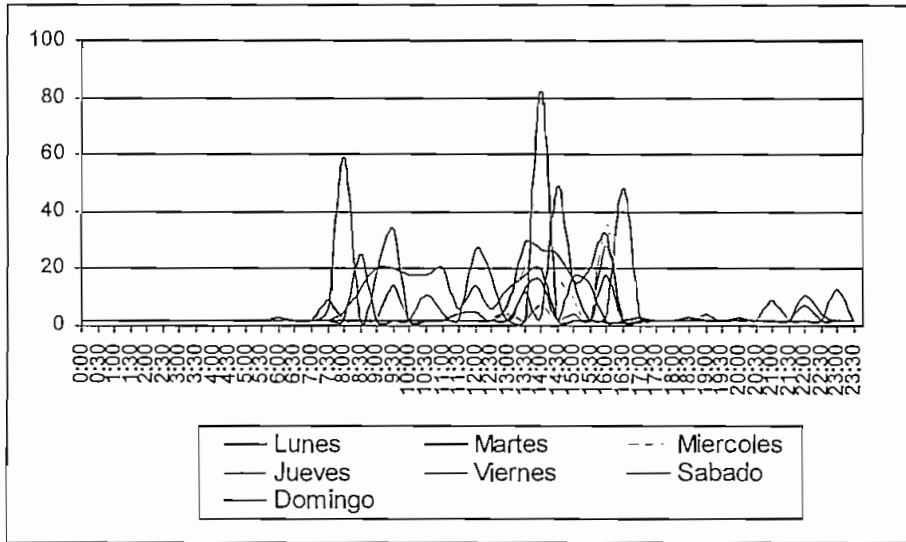


Figura 1-6.- Patrones de tráfico obtenidos para una semana correspondientes al enlace C.C.I. Sports

Los resultados del análisis de tráfico realizado al enlace San Marino-Matriz se presentan en la Figura 1-7, del cual se obtiene que el mayor porcentaje de utilización del canal, correspondiente al día domingo, se sitúa en un valor del 70% de un AB de 64 Kbps con CIR de 64 Kbps.

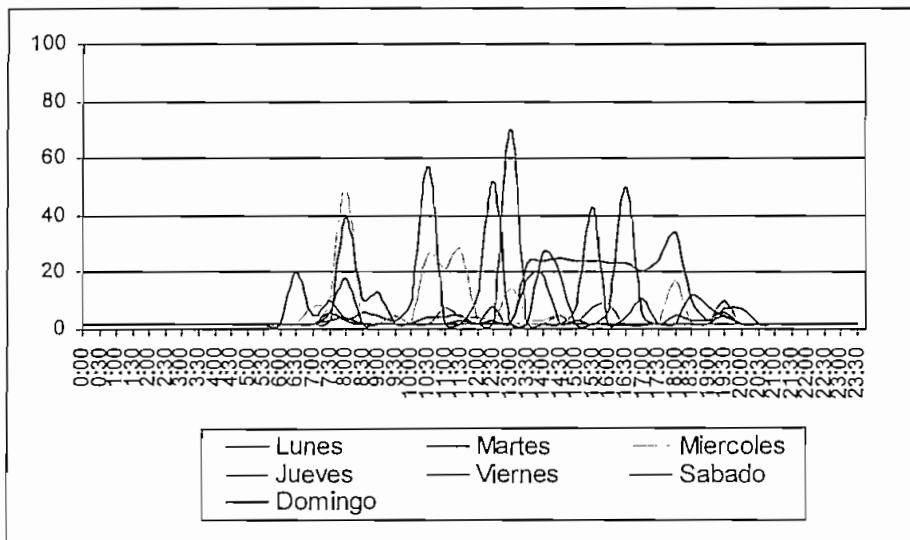


Figura 1-7.- Patrones de tráfico obtenidos para una semana correspondientes al enlace San Marino

En la Figura 1-8 se muestra el análisis de tráfico del enlace Cumbayá del cual se obtiene que el día de mayor carga de tráfico es el viernes con un porcentaje de utilización del canal correspondiente a 96% de un AB de 32 Kbps con CIR de 32 Kbps.

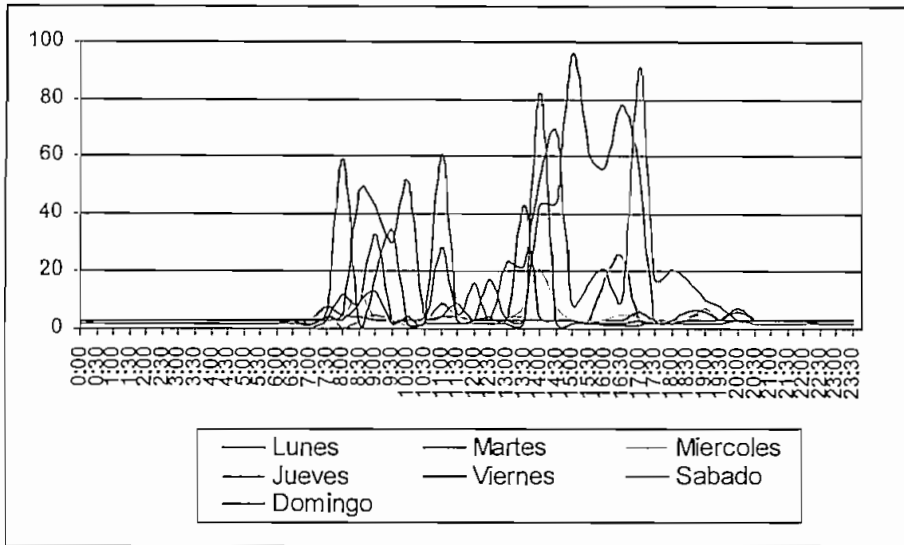


Figura 1-8 - Patrones de tráfico obtenidos para una semana correspondientes al enlace Cumbayá

En la Figura 1-9 se muestra el análisis de tráfico del enlace Portoviejo; el mismo que presenta un porcentaje de utilización del canal correspondiente al 83% de un AB de 32 Kbps con CIR de 32 Kbps en el día Domingo.

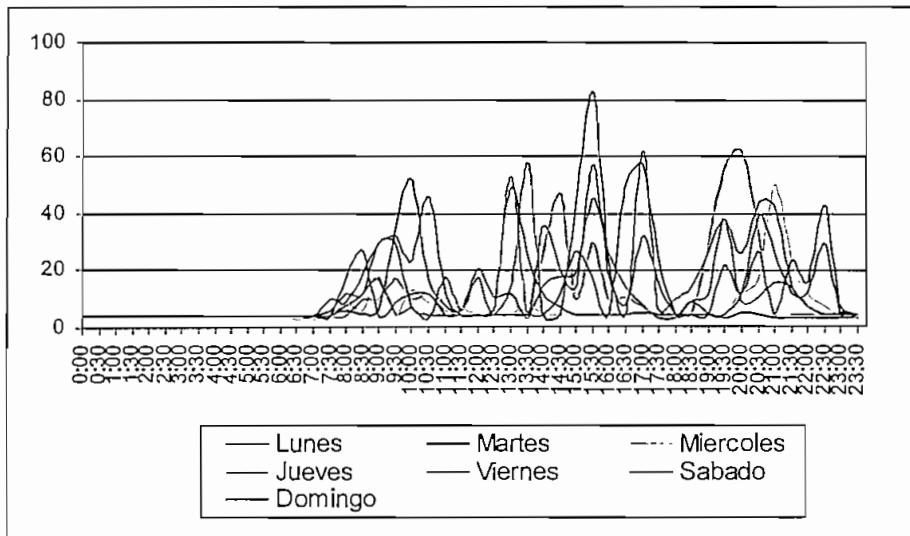


Figura 1-9.- Patrones de tráfico obtenidos para una semana correspondientes al enlace Portoviejo

CAPITULO I

De acuerdo al comportamiento observado en los dos enlaces de 64 Kbps presentados se tiene que los porcentajes de utilización de un enlace de 64 Kbps son 70% y 82%, equivalente a Ancho de Banda entre 44.8 Kbps y 52.48 Kbps; mientras que en los dos enlaces de 32 Kbps los porcentajes de utilización son de 83% y 96%, equivalentes a 26.56 Kbps y 30.7 Kbps de Ancho de Banda respectivamente, en base a esto se considerará que todos los enlaces de 64 Kbps cumplen con este patrón, tomándose el valor de 52.48 Kbps en los enlaces de 64 Kbps, y el valor de 30.7 Kbps en los enlaces de 32 Kbps, para los cálculos de Ancho de Banda a realizarse en el capítulo 2, como se indica en la Tabla 1-5.

CIUDAD	ENLACE	AB (Kbps)
Quito	Q1	52.48
	Q2	52.48
	Q3	52.48
	Q4	52.48
	Q5	30.7
	Q6	30.7
	Q7	30.7
	Q8	30.7
	Q9	30.7
	Q10	52.48
	Q11	30.7
Guayaquil	Gy1	30.7
	Gy2	52.48
	Gy3	30.7
	Gy4	30.7
	Gy5	52.48
	Gy6	30.7
	Gy7	52.48
Portoviejo	P1	30.7

Tabla 1-5.- Anchos de banda ocupados actualmente por los enlaces de Marathon Sports

1.2.2 ANÁLISIS CUALITATIVO DEL TRÁFICO

El análisis cualitativo permite definir el tipo de tráfico que se tiene en una red y determinar la influencia de cada aplicación en el tráfico total, lo cual facilita la realización de proyecciones de tráfico futuro.

Para realizar este análisis se utilizó el programa *Ether Detect Packet Sniffer Version 1.1* con el cual se capturó la información correspondiente al enlace C.C.I. Sports durante la hora pico, para cada aplicación se determinó el número total de paquetes transmitidos clasificándolos en tres grupos: paquetes de longitud máxima, paquetes de longitud mínima y paquetes de mediana longitud, para establecer el porcentaje en el que cada uno aporta al tráfico correspondiente a dicha aplicación y de este modo obtener un tamaño promedio de paquete. obteniéndose que el tráfico está compuesto como se detalla a continuación.

1.2.2.1 Aplicaciones FTP

Es un protocolo estándar de transferencia de archivos cuya misión es permitir a los usuarios recibir y enviar archivos de todas las máquinas que sean servidores FTP.

Para este caso se determinó que existen dos tipos de aplicaciones FTP: las de control y las de datos.

Las aplicaciones *FTP-Control*, están compuestas por paquetes de gran longitud en un porcentaje de 14%, paquetes de mediana longitud en un 72 % y paquetes de longitud pequeña en un 14%.

Las aplicaciones *FTP-data* son las correspondientes a la transmisión de los archivos de ventas, actualizaciones de precios e inventario de mercadería, los cuales se componen en un 29.72% por paquetes de gran longitud, 56.7% por paquetes de mediana longitud y 13.58% por paquetes de tamaño mínimo.

1.2.2.2 Aplicaciones SMTP

SMTP o protocolo sencillo de transferencia de correo, permite el almacenamiento y reenvío de correo entre los servidores de sistemas de correo de la red. En el Internet el correo electrónico se entrega al hacer que la máquina origen establezca una conexión TCP con el puerto 25 de la máquina destino. [11]

Las aplicaciones SMTP que corren sobre la red de Marathon Sports se componen de paquetes grandes en un porcentaje de 9.4%, paquetes de mediana longitud en un 25% y paquetes de longitud pequeña en un porcentaje de 65.6%.

1.2.2.3 Aplicaciones POP3

POP3 es un protocolo usado para importar correo electrónico de un buzón remoto, posee comandos para que un usuario establezca una sesión, la termine, obtenga mensajes y los borre, es decir que el objetivo de este protocolo es bajar correo electrónico del buzón remoto y almacenarlo en la máquina local del usuario para su lectura posterior. [11]

Para la red objeto de este estudio se determinó que para esta aplicación los paquetes de gran longitud están presentes en un 24 %, los de mediana longitud en un 26 % y en un 50 % los paquetes de longitud pequeña.

1.2.2.4 Aplicaciones DNS ¹

Sistema de Nombres de Dominio el cual sirve para asociar un nombre con una dirección IP.

Los paquetes en las aplicaciones DNS encontradas en la muestra de tráfico capturada se presentan en un 33 % los de gran y mediana longitud y 34 % para los paquetes de longitudes reducidas.

¹DNS: Domain Name System

1.2.2.5 RIP¹

El protocolo de información de encaminamiento (RIP) es el estándar abierto de mayor utilización entre los fabricantes de ruteadores. Los ruteadores utilizan RIP para intercambiar información de rutas con otros ruteadores, con el propósito de actualizar las tablas de ruteo; RIP genera un tráfico constante ya que se produce un intercambio de tablas de encaminamiento aproximadamente cada 30 segundos. Las aplicaciones RIP para la muestra tomada están compuestas por paquetes de longitud máxima en un 50 %, y paquetes de longitud mínima en un 50 %.

1.2.2.6 Tarjetas de Crédito

Es una aplicación propia de la Empresa la cual maneja las autorizaciones de tarjetas de crédito en línea, consta de paquetes de longitud máxima en un 5%, paquetes de longitud mediana en un 48% y paquetes de mínima longitud en un 47%.

En la Tabla 1-6 se especifican las diferentes aplicaciones presentes en la hora pico para el enlace CCI Sports y sus respectivas características; nótese que cada programa de aplicación puede ser completamente identificado por su número de puerto, el cual es usado para conectar una aplicación a TCP o UDP.

Descripción de Aplicación	Número de Puerto	Protocolo de Transporte	Número de Paquetes	Tamaño Mín (bytes)	Tamaño medio (bytes)	Tamaño Máx (bytes)	Tamaño Prom (bytes)
FTP: Control	21	TCP	165	60	97	117	95
FTP: Data	20	TCP	292	60	350	1514	656
SMTP	25	TCP	270	60	135	1514	215
POP3	110	TCP	305	60	279	1514	466
DNS	53	UDP	43	72	21	361	150
RIP	520	UDP	284	60	-	1514	466
Tarjetas de crédito	3980-3983	TCP	304	54	97	354	87

Tabla 1-6.- Caracterización del tráfico presente en la hora pico para el enlace CCI Sports

La influencia de cada una de las aplicaciones en el tráfico total durante la hora pico se puede observar claramente en el diagrama porcentual de la Figura 1-15

¹RIP: Routing Information Protocol

de donde se puede concluir que las aplicaciones con mayor influencia sobre el tráfico actual son las transferencias de archivos (ventas y actualizaciones), correo electrónico, y actualización de rutas (RIP); cabe mencionar que el tráfico RIP es constante y está presente en la red durante todo el tiempo.

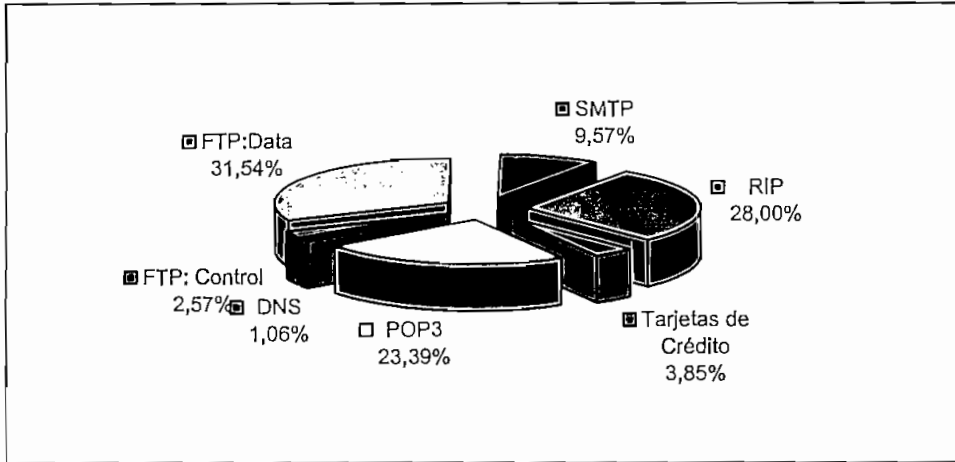


Figura 1-10 – Distribución de las aplicaciones que corren sobre la red de Marathon Sport

1.3 COSTOS ACTUALES DE LOS ENLACES

La Tabla 1-7 contiene una descripción detallada de los costos de arriendo de los enlaces Frame Relay con los que actualmente cuenta la red de Marathon Sports; la información presentada ha sido proporcionada por Marathon Sports.

ENLACES QUITO				
Tipo de Enlace	Capacidad	Cantidad	Valor mensual unitario (incluido alquiler de DTUs)	Valor Total
Locales	32 kbps	6	233,3	1399,8
Locales	64 kbps	5	262,8	1314
Interurbanos	128 kbps	1	1062	1062
Interurbanos	32 kbps	1	531	531
TOTAL mensual Quito (dólares):				4306,8
ENLACES GUAYAQUIL				
Tipo de Enlace	Capacidad	Cantidad	Valor mensual unitario (incluido alquiler de DTUs)	Valor Total
Locales	32 kbps	4	233,3	933,2
Locales	64 kbps	3	262,8	788,4
TOTAL mensual Guayaquil (dólares):				1721,6
ENLACE MANTA-PORTOVIEJO				
Tipo de Enlace	Capacidad	Cantidad	Valor mensual unitario (incluido alquiler de DTUs)	Valor Total
Locales	32 kbps	1	233,3	233,3
TOTAL mensual Manta-Portoviejo (dólares):				233,3

Tabla 1-7.- Costos actuales de los enlaces de Marathon Sports

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DE TRÁFICO

2.1 CONSIDERACIONES GENERALES

El objetivo de realizar un análisis de tráfico es plantear una solución que brinde soporte a los requerimientos actuales y futuros de la red de Marathon Sports; el cálculo del ancho de banda es uno de los procesos más críticos en el diseño de una red que integra voz y datos, para obtener el ancho de banda es recomendable analizar las aplicaciones de datos y video que requieran mayores recursos de ancho de banda y finalmente sumarlas al ancho de banda requerido para la voz, este resultado deberá ser equivalente aproximadamente al 75% de la capacidad máxima del enlace, reservando un 25% para aplicaciones de control y administración de los enlaces.[4] En la Figura 2-1 se puede observar una representación gráfica de lo expuesto anteriormente.

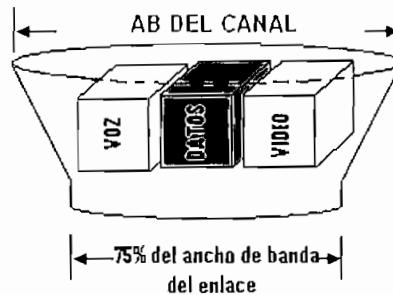


Figura 2-1.- Ancho de banda requerido para soportar distintas aplicaciones

En el presente caso por tratarse de una red que se encuentra actualmente en uso, se realizará un análisis por separado del tráfico que se cursa actualmente sobre los enlaces de Marathon Sport (información presentada en el capítulo 1) y de la carga adicional que proporcionarán las nuevas aplicaciones que se implementarán, integrando toda la información obtenida se podrá considerar una proyección de crecimiento a largo plazo.

2.2 NUEVOS REQUERIMIENTOS DE LA RED DE MARATHON SPORTS

Actualmente Marathon Sports no cuenta con una infraestructura de comunicación telefónica propia con cada uno de sus almacenes, de manera que para efectuar una comunicación telefónica entre un almacén y la oficina central o entre almacenes es necesario ingresar a la PSTN¹ lo cual implica pagar los costos de tarificación fijados por el proveedor de servicio telefónico local. Para evitar esto se propone aprovechar la infraestructura de la red de datos de Marathon Sport para transmitir voz sobre IP a través de la red WAN representando un ahorro económico para la empresa.

Marathon Sports, implementará a mediano plazo un sistema de video vigilancia, basado en cámaras IP de la marca *D-LINK serie DCS 1000*, que cubrirá el área de bodega de cada almacén, gracias a la versatilidad que proporciona este tipo de cámaras es posible realizar el monitoreo de las zonas cubiertas por la cámaras mediante el *INTERNET* desde cualquier computador conectado a la red, por este motivo se hace necesario realizar un dimensionamiento adecuado de los enlaces WAN para que sean capaces de brindar soporte al transporte de video.

2.3 CALCULO DE LOS REQUERIMIENTOS DE ANCHO DE BANDA DE LA RED

2.3.1 DETERMINACIÓN DEL ANCHO DE BANDA REQUERIDO PARA LA VOZ

Para realizar el análisis del flujo de tráfico de voz es necesario obtener un perfil del comportamiento del mismo para lo cual es importante tomar en cuenta que cada enlace sirve a un almacén o a 2 ó más almacenes en el caso de los centros comerciales, en cada almacén se requiere al menos de una salida de voz para el área de cajas y una salida para el área de bodega.

¹PSTN: Public Switched Telephone Network

Básicamente el enlace telefónico estará orientado a la realización de consultas de stock entre almacenes y consultas de soluciones técnicas esporádicas de corta duración, este análisis se basará en encuestas realizadas durante una semana (7 días) en los respectivos locales.

En la Tabla 2-1 se muestran los resultados obtenidos para la hora de mayor utilización del servicio telefónico en cada almacén¹.

CIUDAD	ENLACE	NÚMERO DE LLAMADAS	TIEMPO DE DURACIÓN (min)
Quito	Q1	5	2
	Q2	5	2
	Q3	5	2
	Q4	4	2
	Q5	3	2
	Q6	2	2
	Q7	2	2
	Q8	4	2
	Q9	2	2
	Q10	6	2
	Q11	2	2
Guayaquil	Gy1	2	2
	Gy2	4	2
	Gy3	2	2
	Gy4	2	2
	Gy5	3	2
	Gy6	2	2
	Gy7	4	2
Portoviejo	P1	1	2

Tabla 2-1.- Datos obtenidos para la hora pico²

¹ El tiempo de duración de cada llamada se ha establecido en 2 minutos debido a que actualmente se utiliza un sistema automático de dos minutos por llamada

² Hora Pico: hora del día en la que se registra el mayor volumen de llamadas

2.3.1.1 Determinación del número de canales de voz

A partir de los resultados obtenidos se determinarán el número de canales necesarios para cumplir con los requerimientos de voz de cada establecimiento utilizando un procedimiento sencillo que proporciona resultados bastante confiables de la siguiente manera:

Inicialmente se calculará la intensidad de tráfico ofrecido, en base a los datos de la Tabla 2-1 a partir de la siguiente ecuación [6]:

$$A = Ca * tm$$

Donde:

- A representa la Intensidad de tráfico ofrecido o velocidad de flujo de llamadas, este es un valor adimensional denominado Erlang que expresa la cantidad de tráfico que puede manejar un único enlace principal en una hora.
- tm es el tiempo medio de duración de cada llamada.
- Ca es el número de llamadas iniciadas durante la hora pico.

Una vez obtenida la intensidad de tráfico en Erlangs el siguiente paso es determinar el grado de servicio GoS que representa un estimado de la cantidad de llamadas que no podrán ser cursadas por un enlace, por ejemplo, un GoS de 0.03 indicará que de cada 100 intentos de llamada 3 serán descartadas, generalmente es recomendable considerar un GoS entre 0.01 y 0.05. [6]

Una vez realizado el cálculo podemos utilizar la Tabla 2-2 para seleccionar el número de enlaces o circuitos requeridos **N**, para determinada probabilidad de pérdida **P** (GoS), conociendo el tráfico en Erlang en la hora pico; para nuestro caso se considerará un GoS de 0.01.

N	P					
	0.003	0.005	0.01	0.02	0.03	0.05
1	0.003	0.005	0.011	0.021	0.031	0.053
2	0.081	0.106	0.153	0.224	0.282	0.382
3	0.289	0.349	0.456	0.603	0.716	0.9
4	0.602	0.702	0.87	1.093	1.259	1.525
5	0.995	1.132	1.361	1.658	1.876	2.219
6	1.447	1.622	1.909	2.276	2.543	2.961
7	1.947	2.158	2.501	2.936	3.25	3.738
8	2.484	2.73	3.128	3.627	3.987	4.543
9	3.053	3.333	3.783	4.345	4.748	5.371
10	3.648	3.961	4.462	5.084	5.53	6.216
11	4.267	4.611	5.16	5.842	6.328	7.077
12	4.904	5.279	5.876	6.615	7.141	7.95
13	5.559	5.964	6.608	7.402	7.967	8.835
14	6.229	6.664	7.352	8.201	8.804	9.73
15	6.913	7.376	8.108	9.01	9.65	10.63

Tabla 2-2.- Tabla Erlang B [4]

A continuación se presenta un ejemplo de cálculo para obtener el número de circuitos para el caso del enlace Q3.

De la tabla 2-1 se obtiene que:

$$Ca=4, \quad tm=2 \text{ minutos}$$

Con lo cual se calcula la intensidad de tráfico ofrecido como sigue:

$$A= Ca \times tm$$

$$A= 4 \times 2 \text{ min}/60$$

$$A= 0.13333 \text{ Erl}$$

Con este valor acudimos a la Tabla 2-2 y para una probabilidad de pérdida (GoS) de 0.01 se obtiene que son necesarios 2 canales de voz.

La Tabla 2-3 muestra los resultados obtenidos para todos los enlaces.

CIUDAD	ENLACE	A (Erl)	CANALES
Quito	Q1	0.166666667	3
	Q2	0.166666667	3
	Q3	0.166666667	3
	Q4	0.133333333	2
	Q5	0.1	2
	Q6	0.066666667	2
	Q7	0.066666667	2
	Q8	0.133333333	2
	Q9	0.066666667	2
	Q10	0.2	3
	Q11	0.066666667	2
Guayaquil	Gy1	0.066666667	2
	Gy2	0.133333333	2
	Gy3	0.066666667	2
	Gy4	0.066666667	2
	Gy5	0.1	2
	Gy6	0.066666667	2
	Gy7	0.133333333	2

Tabla 2-3.- Requerimiento por enlace de canales de voz

Para el caso del enlace de Portoviejo directamente se asignará un canal de voz debido a que existe un solo intento de llamada en la hora pico por lo tanto no se requieren más canales de voz.

El ancho de banda requerido para cada enlace dependerá directamente del número de canales requeridos y del tipo de CODEC¹ de voz que se va a utilizar así:

Ancho de Banda = Número de canales de voz x Ancho de banda del CODEC

¹CODEC: Codificador/ Decodificador

2.3.1.2 Codificación y compresión de voz

2.3.1.2.1 Determinación de la capacidad requerida

Una vez establecido el número de canales de voz, el siguiente paso es traducir ese valor al ancho de banda requerido por la red, los cálculos de ancho de banda deben tomar en cuenta el tipo de compresión, sobrecarga, y la utilización, cada uno de estos parámetros variará dependiendo de la tecnología de transporte que sea elegida para la red.

Las técnicas de eficiencia de ancho de banda como RTP Header Compression (cRTP aplicable solo en VoIP) y VAD¹ (Voice Activity Detection) pueden ser usadas con el objetivo de reducir los requerimientos de ancho de banda; VAD o supresión de silencios evita que paquetes sin información de voz sean enviados, una conversación tiene intercambio de voz en ambos sentidos pero regularmente sólo una persona está hablando a la vez, VAD se encarga de suprimir los paquetes que carecen de información audible es decir los paquetes correspondientes a los silencios durante una conversación.

El método básico para transportar muestras de voz a través de una red basada en IP requiere la adición de tres cabeceras: IP, UDP, y RTP. La cabecera de un paquete Ipv4 consta de 20 bytes, la cabecera UDP 8 bytes y la cabecera RTP 12 bytes; la longitud total de la información de cabecera es de 40 bytes lo que equivale a 320 bits, toda esta sobrecarga es enviada cada vez que un paquete que contiene muestras de voz se transmite. La estructura de un datagrama de VoIP se presenta en la Figura 2-2.

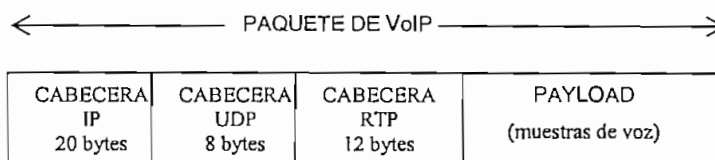


Figura 2-2.- Formato de un datagrama de VoIP

¹VAD: Técnica de compresión propietaria de CISCO SYSTEMS

2.3.1.2.2 Frecuencia del Paquete

El ancho de banda total ocupado por la información de cabecera está relacionado con el número de paquetes que contienen muestras de voz enviados cada segundo (frecuencia de paquete); dicha frecuencia es el inverso de la duración en segundos que representan las muestras de voz.

Por ejemplo, como se indica en la Figura 2-3, si las muestras de voz en un paquete representan una duración de 20 ms, entonces 50 de estos paquetes serán necesarios cada segundo, por lo tanto la frecuencia del paquete será 50 paquetes por segundo. Cada paquete podrá contener una o más muestras de voz dependiendo de su duración y del método de compresión que se utilice, para el caso de este ejemplo un paquete con 20 ms de duración podrá contener dos muestras de voz si se trabaja con el estándar de compresión G 729a que emplea muestras de 10 ms.

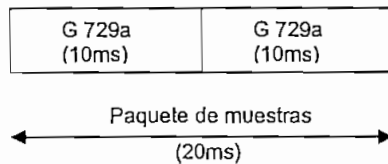


Figura 2-3.- Configuración del paquete de muestras de voz

El tiempo de duración de la carga (paquete de muestras de voz) influye tanto en el ancho de banda requerido por canal de voz como en la calidad de voz transmitida debido a que, como ya se dijo, a cada paquete se le adiciona una cabecera fija de 40 bytes, por lo tanto, paquetes de corta duración demandan mayor ancho de banda por canal ya que dentro de cada paquete se lleva menor número de muestras de voz y se hace necesario el envío de un número mayor de paquetes por segundo, sin embargo, si se incrementa la duración del paquete, aunque el ancho de banda requerido será menor porque se tiene menos sobrecarga de cabecera, el retardo total del sistema se incrementará y será más susceptible a la pérdida de paquetes sobre la red traduciéndose esto en una disminución de la calidad de voz transmitida; el período de muestreo con el que se va a trabajar depende directamente del método de codificación a utilizarse.

En la Figura 2-4 se tiene una representación gráfica del número de tramas que se requiere para enviar tres muestras de voz con compresión G729A(10ms/muestra) asumiendo duraciones del paquete de muestras de 10, 20, y 30 milisegundos.

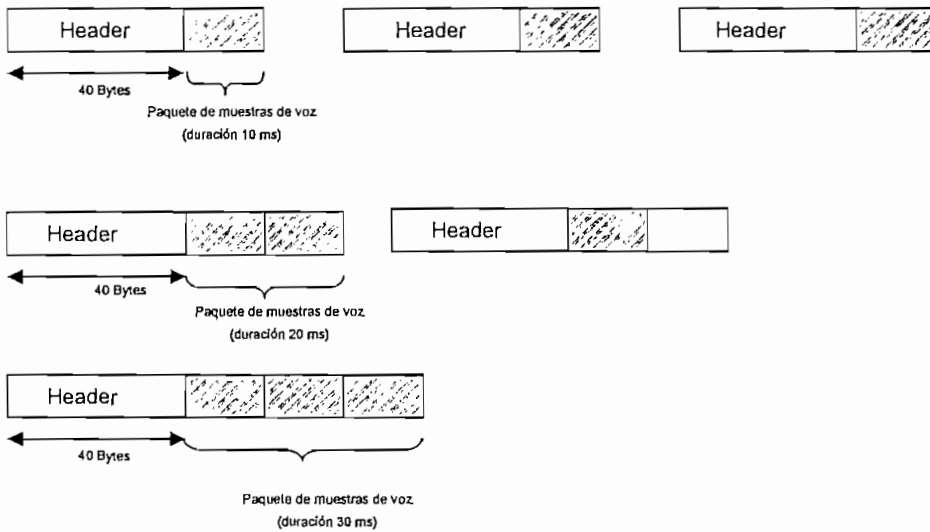


Figura 2-4.- Representación gráfica del número de tramas requeridas para el envío de muestras de voz con diferentes tamaños de paquete de muestras

Como se puede observar en la Figura 2-4, paquetes de muestras de voz con duraciones pequeñas introducen mayor overhead que paquetes de muestras con duraciones mayores debido a que cada trama obligadamente requiere de una cabecera fija de 40 Bytes; Si se habla de paquetes con duración de 10ms para el ejemplo será necesario enviar tres tramas lo cual supone un overhead de 120 Bytes en el caso de el paquete con duración de 30ms únicamente se requiere el envío de una trama por lo tanto el overhead es de solo 40 Bytes.

2.3.1.2.3 Métodos de Codificación

Un CODEC es un algoritmo codificador/decodificador que convierte la señal de voz de su formato natural (analógico) al formato digital soportado por la red de datos, las técnicas de codificación están estandarizadas por la UIT en su serie G, existen dos CODEC's que son comúnmente utilizados para aplicaciones de voz sobre IP, estas son: G.711 utilizado generalmente en redes LAN y G.729a que se utiliza básicamente en redes de área extendida WAN, en la Tabla 2-4 se presentan las características más importantes de estos métodos de compresión.

MÉTODO DE COMPRESIÓN	ESTÁNDAR UIT	PERÍODO DE MUESTREO	ANCHO DE BANDA DE LA CARGA
PCM	G.711	0.125 ms	64-kbps
CS-ACELP	G.729a	10ms	8-kbps
ACELP	G.723.1	30ms	5.3 kbps
MP MLQ	G.723.1	30ms	6.4 kbps

Tabla 2-4.- Características de los métodos de compresión comúnmente utilizados para aplicaciones de VoIP

En la Tabla 2-4 se ha considerado también el estándar de compresión G.723.1 a pesar que se trata de un CODEC muy poco utilizado para transmisión de voz sobre IP por su calidad bastante pobre pero para casos críticos en los que ahorrar ancho de banda es vital puede considerarse la utilización de dicho CODEC a costa de pérdida en la calidad de voz transmitida.

Para este estudio el CODEC que se ajusta a los requerimientos de la red de Marathon Sports es el G.729a que trabaja sobre redes WAN. Para elegir el tiempo de duración del paquete es importante tomar en cuenta que existe un compromiso entre ancho de banda y calidad, esto no quiere decir que estos parámetros sean proporcionales, sin embargo, se deberá elegir una frecuencia de paquete tal que se tenga el menor ancho de banda y una calidad de voz aceptable. Para poder apreciar significativamente la influencia de la frecuencia de muestreo sobre el ancho de banda es necesario, como ya se mencionó antes, tomar en cuenta la sobrecarga de los 40 bytes de cabecera que cada paquete va a tener, en la Tabla 2-5 se muestra los anchos de banda requeridos por cada datagrama de VoIP para periodos de muestreo de 10, 20 y 30 milisegundos.

Standard UIT G.729A	Duración del paquete de voz (ms)	Carga de voz [10ms*8kbps] (bits)	Carga de voz (Bytes)	Carga Total [voz + cabecera] (Bytes)	Ancho de banda Datagrama VoIP [Carga Total/Duración del paquete] (kbps)
	10	80	10	50	40
	20	160	20	60	24
	30	240	30	70	18.66

Tabla 2-5.- Ancho de banda requerido por un paquete VoIP para distintos períodos de muestreo

Como se puede constatar en la Tabla 2-5, paquetes con duraciones pequeñas requieren mayor ancho de banda, sin embargo, si la duración (período de muestreo) se incrementa, el retardo del sistema también se incrementará dando como resultado una disminución en la calidad de voz transmitida, además tomando en cuenta que al subir el período de muestreo de 20 a 30 ms no se obtiene una reducción significativa en el ancho de banda requerido, se considerará para el diseño una duración de 20 milisegundos, para la cual se tiene un ancho de banda promedio requerido de 24 Kbps, este valor no considera la adición del overhead proporcionado por la tecnología de capa enlace que se utilizará sobre la red (Ethernet, PPP, Frame Relay).

Para mejorar el ancho de banda se podría considerar la aplicación del método de compresión de cabecera RTP (cRTP), con el cual el tamaño de la cabecera RTP se reduce de 12 bytes a 2 bytes. La utilización de VAD (detección de actividad de voz) puede reducir los requerimientos de ancho de banda incluso hasta en un 50%.

Estos dos métodos suelen combinarse para obtener una reducción significativa en cuanto al ancho de banda total requerido.

En la Tabla 2-6 se presenta el ancho de banda requerido incluyendo la cabecera de varias tecnologías de transmisión y tomando en cuenta además los diferentes métodos de compresión.

Codec	Ethernet	PPP	Frame Relay
	14 bytes de cabecera	6 bytes de cabecera	4 bytes de cabecera
G.729A	29.6 kbps	26.4 kbps	25.6 kbps
G.729A con VAD	14.8 kbps	13.2 kbps	12.8 kbps
G.729A con cRTP	25.6 kbps	22.4 kbps	21.6 kbps
G.729A con VAD&cRTP	12.8 kbps	11.2 kbps	10.8 kbps

Tabla 2-6.- Requerimientos de ancho de banda por canal de voz incluyendo cabeceras

Como muestra la Tabla 2-6 al emplear conjuntamente compresión de cabecera RTP y el método de supresión de silencios VAD, se obtiene el menor ancho de banda en todos los casos, por lo tanto el CODEC que se utilizará en este diseño será el G.729A con VAD & cRTP.

El ancho de banda requerido para cada enlace se calculará de la siguiente manera:

$$\text{Ancho de Banda} = \text{Número de canales de voz} \times \text{Ancho de banda del CODEC}$$

La Tabla 2-7 muestra los valores de ancho de banda requeridos por cada enlace para las posibles tecnologías de transporte.

CIUDAD	ENLACE	CANALES	TECNOLOGÍA DE CAPA ENLACE		
			ETHERNET	PPP	FRAME RELAY
Quito	Q1	3	38.4 kbps	33.6 kbps	32.4 kbps
	Q2	3	38.4 kbps	33.6 kbps	32.4 kbps
	Q3	3	38.4 kbps	33.6 kbps	32.4 kbps
	Q4	2	25.6 kbps	22.4 kbps	21.6 kbps
	Q5	2	25.6 kbps	22.4 kbps	21.6 kbps
	Q6	2	25.6 kbps	22.4 kbps	21.6 kbps
	Q7	2	25.6 kbps	22.4 kbps	21.6 kbps
	Q8	2	25.6 kbps	22.4 kbps	21.6 kbps
	Q9	2	25.6 kbps	22.4 kbps	21.6 kbps
	Q10	3	38.4 kbps	33.6 kbps	32.4 kbps
	Q11	2	25.6 kbps	22.4 kbps	21.6 kbps
Guayaquil	Gy1	2	25.6 kbps	22.4 kbps	21.6 kbps
	Gy2	2	25.6 kbps	22.4 kbps	21.6 kbps
	Gy3	2	25.6 kbps	22.4 kbps	21.6 kbps
	Gy4	2	25.6 kbps	22.4 kbps	21.6 kbps
	Gy5	2	25.6 kbps	22.4 kbps	21.6 kbps
	Gy6	2	25.6 kbps	22.4 kbps	21.6 kbps
	Gy7	2	25.6 kbps	22.4 kbps	21.6 kbps
Portoviejo	Ma2	1	12.8 kbps	11.2 kbps	10.8 kbps

Tabla 2-7.- Ancho de banda requerido por enlace para transporte de VoIP

Para efectos del diseño y debido a que todavía no se define la tecnología de transporte a ser utilizada, se tomará los resultados obtenidos para el caso de Frame Relay ya que esta tecnología es la que actualmente se utiliza en Marathon Sports para el transporte de sus datos.

2.3.2 DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE ANCHO DE BANDA PARA VIDEO VIGILANCIA SOBRE IP

2.3.2.1 Antecedentes de los sistemas de video vigilancia

Los sistemas de video vigilancia CCTV (Closet Circuit TV) analógicos fueron los más comunes hasta hace algunos años, estos requerían el uso de cable coaxial de 75 ohmios para conectar las videocámaras a multiplexores que alimentaban varias grabadoras de video VCR en un cuarto de control central; este tipo de sistemas presentan una gran desventaja en cuanto al costo elevado que conlleva la instalación de una estación de monitoreo central, además, el método de grabación de las secuencias de video en formato analógico implica una calidad de video relativamente pobre y flexibilidad limitada.

En la actualidad la mayoría de estos inconvenientes han sido superados gracias a los avances de la tecnología digital, hoy en día, la industria de CCTV está en un proceso constante de renovación tecnológica de analógica a digital. Esta transición está expandiendo la versatilidad de las aplicaciones de CCTV, la vigilancia se ha convertido en un componente integral de los métodos de control de acceso y sistemas de rastreo de seguridad.

Gracias a la digitalización de los sistemas de videovigilancia es posible aprovechar la infraestructura de red existente en una empresa para poder transmitir video a través de la misma eliminándose la necesidad de utilizar una estructura separada exclusiva para transmisión de video, basada en cable coaxial. Por otra parte, las secuencias de imágenes capturadas son almacenadas en formato digital en servidores u otras computadoras en lugar de cintas de video, aliviando los problemas inherentes a los medios magnéticos, con las ventajas que esto implica, entre otras: capacidad de detección de movimiento, y la posibilidad de almacenar video de muy alta calidad en el disco duro de un computador de manera eficiente permitiendo obtener redundancia, monitoreo descentralizado, y mayor longevidad de las grabaciones; las transmisiones digitales pueden almacenarse sin la necesidad de intervención humana o cambio de cintas.

Los tiempos de grabación son mayores gracias a *algoritmos de compresión* dentro de los dispositivos y secuencias de video.

Los diferentes algoritmos de compresión han sido desarrollados para lograr transmisiones de alta calidad sobre mecanismos de menor ancho de banda.

Los algoritmos de compresión técnicamente se clasifican en algoritmos de compresión "interframe" y algoritmos de compresión "intraframe".

Los algoritmos intraframe comprimen cada imagen digital como una unidad independiente, produciendo video comprimido de alta calidad a expensas de tamaños de archivos grandes, mientras que los algoritmos de interframe comprimen cada imagen basada en las diferencias entre dicha imagen y otras imágenes, reduciendo significativamente los tamaños de archivo a costa de una menor calidad de video comprimido.

JPEG (Joint Photographic Experts Group): Es un algoritmo de intraframe para la compresión de imágenes fijas tanto en color como en escala de grises, su rango de compresión está entre 1:10 y 1:50, muchos de los sistemas de compresión de vídeo, tal como el M-JPEG (motion JPEG), se basan en él. Es un algoritmo de compresión con pérdida ya que al descomprimir la imagen no se recupera exactamente la original.

MJPEG (Motion-JPEG): Es una versión del algoritmo JPEG que comprime fotografías, éste trata al video como una secuencia de imágenes estáticas independientes a las cuales se les aplica el proceso de compresión de JPEG.

MPEG (Moving Picture Experts Group): Es un algoritmo de interframe que comprime audio, video y datos, ofrece algunas ventajas como compatibilidad mundial, gran compresión y poca pérdida de la imagen.

2.3.2.2 Video Digital sobre IP

TCP/IP se ha convertido en el estándar de facto para las redes. Su arquitectura abierta permite que varios sistemas puedan compartir el espacio de red, y aprovechar nuevas tecnologías para aumentar capacidad, confiabilidad, escalabilidad o accesibilidad de los recursos de red.

El desarrollo del video digital permitió su transporte sobre cables de par trenzado y fibra óptica, esta nueva generación de videovigilancia permite transmitir mediante protocolo IP las señales de video a los dispositivos direccionables IP que además pueden enviarse en combinación con secuencias de voz.

Estas transmisiones pueden almacenarse o simplemente mirarse en tiempo real. Las cámaras direccionables IP de estándar abierto son tan fáciles de integrar en una red de seguridad como una PC, pueden colocarse en cualquier lugar dentro de la infraestructura de red, con la ventaja de que los videos almacenados en formato digital, pueden ser vistos en cualquier lugar de la red y simultáneamente desde varios puntos de la red.

2.3.2.3 Funcionalidades del sistema CCTV basado en IP

El sistema de videovigilancia digital IP se basa en el conjunto de protocolos TCP/IP como se observa en la Figura 2-5.

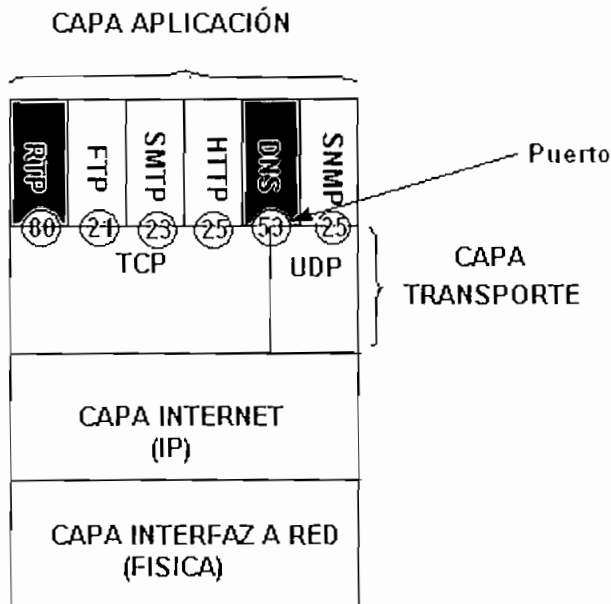


Figura 2-5.- Pila de protocolos TCP/IP empleados en videocámaras IP

De acuerdo a la tecnología que se emplea a nivel de capa enlace del modelo de referencia OSI se puede definir la longitud de la trama para transmisión de video.

En la Figura 2-6 se muestra el formato de la trama Frame Relay para la transmisión de video. [8]

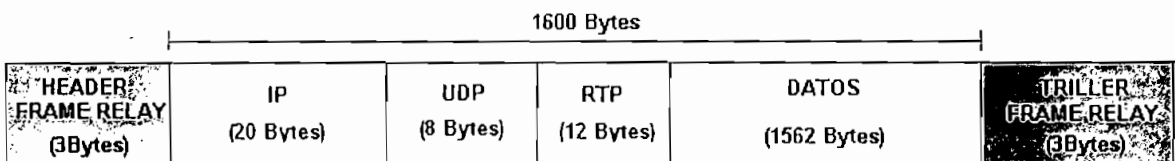


Figura 2-6.- Formato de la trama Frame Relay para transmisión de video

En la Figura 2-7 se muestra el formato de la trama Ethernet para la transmisión de video.

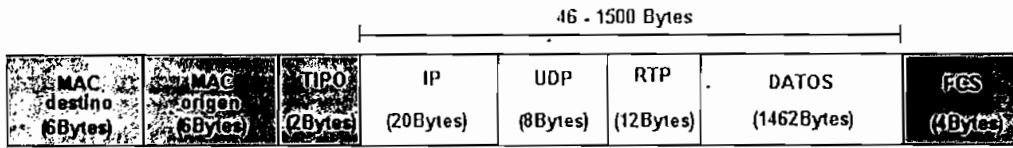


Figura 2-7.- Formato de la trama Ethernet para transmisión de video

Los equipos de transmisión de video IP incluyen toda la conectividad para distribuir imágenes de monitoreo a través de una red que opera sobre TCP/IP; se conectan a la red local por protocolo ETHERNET, Fast ETHERNET, o bien mediante un módem hacia un servidor de autenticación remoto; Los equipos incluyen servidores WEB y sistema operativo propio.

Las funciones de administración son incorporadas en la transmisión, como cualquier protocolo IP, esto incluye DSP¹, manejo de alarmas, grabación, capacidades de búsqueda y archivo, calendarización y automatización.

2.3.2.4 Estimación del ancho de banda requerido para el sistema de video vigilancia IP de Marathon Sports

Para la determinación de la capacidad requerida en el transporte de video sobre IP de la red de Marathon Sports, es necesario determinar en primera instancia el número de cámaras de vigilancia que se instalarán en cada local, para ello debe tomarse en cuenta el área que deberá ser cubierta por las cámaras.

Para el efecto, la empresa Marathon Sport, ha proporcionado los datos de la cantidad de cámaras IP que deberán ser tomadas en consideración para cada uno de los enlaces, éstos están presentados en las Tablas 2-8.

¹DSP: Digital Signal Processing

Ciudad	Enlace	Almacén	Número de Cámaras
Quito	Q1	A 1	2
		A 2	2
		A 3	2
	Q3	A 1	2
		A 2	2
		A 3	0
		A 4	2
	Q10	A 1	2
		A 2	2
		A 3	0
	Q4	A 1	2
		A 2	2
		A 3	0
		A 4	0
	Q11	A 1	2
	Q6	A 1	2
	Q5	A 1	2
	Q8	A1	2
		A2	2
	Q7	A1	2
Q2	A 1	2	
	A 2	2	
	A 3	0	
	A 4	0	
Q9	A 1	2	

(a)

Ciudad	Enlace	Almacén	Número de Cámaras
Guayaquil	Gy7	A 1	2
		A 2	2
		A3	0
		A4	2
	Gy5	A 1	2
		A2	2
		A3	0
	Gy3	A1	2
	Gy1	A1	2
	Gy4	A1	2
	Gy6	A1	2
	Gy2	A1	2
		A2	2
A3		2	
Portoviejo	P1	A1	0

(b)

Tabla 2-8.- Número de cámaras necesarias. (a) Locales en la ciudad de Quito (b) Locales en las ciudades de Guayaquil y Portoviejo

El siguiente paso será tomar en cuenta factores tales como el formato o tamaño de la imagen, número de imágenes por segundo que serán transmitidas, el número de bits por píxel de la imagen, técnica y nivel de compresión utilizados [6]. Cada uno de estos factores viene dado por el equipo que se utilizará en el diseño, en este caso, la empresa Marathon Sports ha adquirido cámaras *D-Link DCS-1000* para su sistema de videovigilancia.

En la Tabla 2-9 se muestran las resoluciones soportadas por las cámaras *D-Link DCS-1000* junto con valores típicos de tamaño de imagen para tres niveles de compresión empleando JPEG.

Resolución	Nivel de Compresión		
	Bajo	Medio	Alto
120 x 160	66 Kbits	54 Kbits	38 Kbits
320 x 240	72 Kbits	64 Kbits	44 Kbits
640 x 480	81 Kbits	76 Kbits	54 Kbits

Tabla 2-9.- Tamaños típicos de imagen para 3 niveles de compresión. [anexo A]

El número posible de imágenes transmitidas por segundo en la cámara *D-Link DCS-1000* puede escogerse entre los siguientes valores: 1, 5, 7, 15, 20 imágenes por segundo.

Los parámetros antes mencionados suelen ser configurables en la mayoría de equipos de videovigilancia IP.

A continuación se presenta el cálculo del ancho de banda en base a los parámetros de la cámara *D-Link DCS-1000* de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$AB = NIS * Ti$$

Donde:

- NIS = número de imágenes por segundo
- Ti = Tamaño de la imagen (depende del tipo de compresión: alta, normal o baja)

Utilizando un valor de 5 imágenes por segundo se puede obtener una visualización aceptable.

A continuación se presenta un ejemplo de cálculo para una resolución de 320 x 240 y nivel de compresión alto:

$$AB = 5 \text{ imágenes/seg} * 44 \text{ kbits / imagen} = 220 \text{ kbps}$$

El valor anterior representa el ancho de banda requerido para la información de video transmitida por una sola cámara y sin tomar en cuenta la adición de cabeceras.

Para calcular el número de Bytes de sobrecarga que se adicionan a la información se calculará el número de tramas necesarias para enviar una imagen, si se utiliza Frame Relay a nivel de capa enlace:

$$\#tramas = \frac{\#Bytes \text{ por imagen}}{\#Bytes \text{ por trama}}$$

$$\#tramas = \frac{(44kbps / 8) + 38}{1600Bytes} = \frac{5538Bytes}{1600Bytes} = 3,461$$

Del resultado anterior se puede concluir que se requerirá el envío de tres tramas de 1600 bytes y una trama de 738 bytes, en el campo de datos, por cada imagen, tomando en cuenta que Frame Relay adiciona 6 Bytes (cabecera+triller) por cada trama:

$$\#Bytes \text{ de sobrecarga} = \#tramas * \#Bytes \text{ de sobrecarga por trama}$$

$$\#Bytes \text{ de sobrecarga} = 4 * 6Bytes = 24Bytes$$

por lo tanto el número total de Bytes transmitidos por imagen será:

$$\#Bytes \text{ total} = 24 + 738 + (1600 * 3) = 5562Bytes = 444496 \text{ bits}$$

Con este valor es posible calcular el ancho de banda tomando en cuenta la adición de cabeceras.

$$AB = 5 \text{ imágenes/seg} * 44496 \text{ bits/ imagen} = 222,480 \text{ kbps}$$

Como se puede observar la adición de cabeceras no influye drásticamente en el ancho de banda requerido para la transmisión de imágenes ya que el tamaño de las imágenes es considerablemente mayor al de las cabeceras, por lo tanto, con motivos de diseño para facilitar el cálculo del ancho de banda requerido no se tomará en cuenta la adición de cabeceras.

El valor calculado corresponde al ancho de banda necesario para una sola cámara. El Ancho de banda total a ser utilizado dependerá del número de cámaras a ser implementadas en cada enlace así:

$$AB_T = AB * \text{número de cámaras}$$

En la Tabla 2-10 se muestran los resultados de la estimación del ancho de banda para los enlaces en base a los valores de 5 imágenes por segundo y nivel de compresión alto.

CIUDAD	ENLACE	Numero de Cámaras	AB estimado Kbps
Quito	Q1	6	1320
	Q2	4	880
	Q3	6	1320
	Q4	4	880
	Q5	2	440
	Q6	2	440
	Q7	2	440
	Q8	4	880
	Q9	2	440
	Q10	4	880
	Q11	2	440
Guayaquil	Gy1	2	440
	Gy2	2	440
	Gy3	2	440
	Gy4	2	440
	Gy5	4	880
	Gy6	2	440
	Gy7	6	1320
Portoviejo	PI	0	0

Tabla 2-10.- Estimación de ancho de banda requerido por enlace para transporte de videovigilancia sobre IP

2.4 RESULTADOS GENERALES DEL ANÁLISIS DE TRÁFICO

Una vez determinado el volumen de tráfico requerido por las aplicaciones de voz y video se puede estimar el tráfico total que cursará por cada uno de los enlaces, sumando a estos resultados los obtenidos en el análisis de tráfico actual cursante en la red presentado en el CAPÍTULO 1.

Los resultados de la suma se presentan a continuación en la Tabla 2-11.

Ciudad	Enlace	AB actual (Kbps)	AB para la voz (Kbps)	AB para video (Kbps)	AB (Kbps)
Quito	Q1	52,48	32,4	1320	1404,88
	Q2	52,48	32,4	880	964,88
	Q3	52,48	32,4	1320	1404,88
	Q4	52,48	21,6	880	954,08
	Q5	30,7	21,6	440	492,3
	Q6	30,7	21,6	440	492,3
	Q7	30,7	21,6	440	492,3
	Q8	30,7	21,6	880	932,3
	Q9	30,7	21,6	440	492,3
	Q10	52,48	32,4	880	964,88
Guayaquil	Gy1	30,7	21,6	440	492,3
	Gy2	52,48	21,6	440	514,08
	Gy3	30,7	21,6	440	492,3
	Gy4	30,7	21,6	440	492,3
	Gy5	52,48	21,6	880	954,08
	Gy6	30,7	21,6	440	492,3
	Gy7	52,48	21,6	1320	1394,08
Portoviejo	P1	30,7	10,8	0	41,5

Tabla 2-11.- Resultados parciales del análisis de tráfico

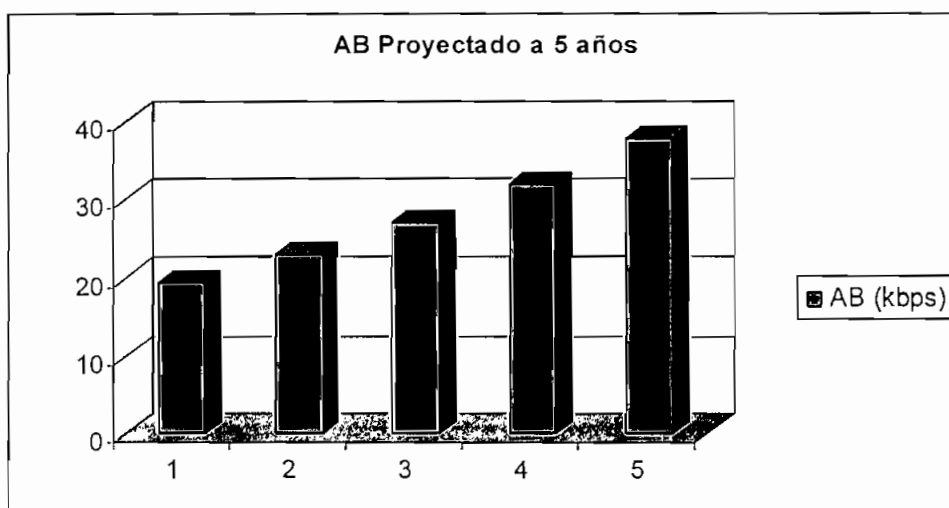
2.5 TRÁFICO ESTIMADO A 5 AÑOS

La proyección de tráfico es un punto muy importante de considerarse dentro del cálculo de los canales ya que estos aseguran un correcto funcionamiento de los mismos en un tiempo determinado, es así que se considerará una proyección de crecimiento a 5 años para lo cual se tomará como un referente, las expectativas de ventas de la empresa durante este período de tiempo.

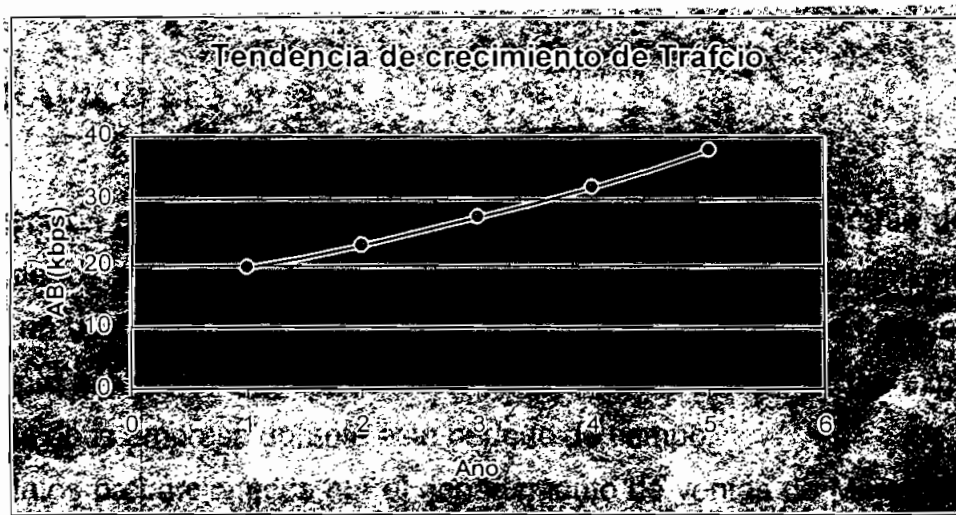
Según datos proporcionados por el departamento de ventas de Marathon Sports, las metas de incremento de ventas anuales se estiman en un 18%.

El incremento de ventas influye directamente en el crecimiento del tráfico FTP presente en los enlaces, que como se indicó en el capítulo 1 este tráfico corresponde al generado por la transferencia de los archivos de ventas y actualizaciones. Del capítulo 1 se conoce que el tráfico FTP de datos (FTP-Data) corresponde al 31.54% del tráfico cursado por la red en la hora pico.

La empresa no tiene contemplado la expansión de los locales ya establecidos, en cuanto al incremento en el número de máquinas facturadoras o puntos de venta dentro de los almacenes, por lo tanto se asume que el tráfico de las aplicaciones restantes no variará significativamente y se lo tratará como constante para los cálculos de proyección, en la Figura 2-8 se puede observar la tendencia de crecimiento del tráfico FTP-Data para los enlaces.



(a)



(b)

Figura 2-8.- Proyección del tráfico FTP-Data (a) diagrama de barras (b) tendencia de crecimiento

A continuación se presenta un ejemplo de cálculo para la obtención del AB al final del año 5 para el enlace Q1.

Primeramente se calcula 31,54 % del tráfico actual del enlace para encontrar la cantidad de tráfico FTP-Data.

$$\text{AB actual} = 52,48 \text{ Kbps}$$

$$\text{Tráfico FTP-Data (31.57\% del AB actual)} = 16,55 \text{ Kbps}$$

Como ya se mencionó, el único tráfico que sufrirá una variación a lo largo de los 5 años es el correspondiente a la aplicación FTP-Data con un incremento anual del 18 %, a continuación se presenta los resultados para los dos primeros años.

Para el primer año:

$$\text{Tráfico FTP-Data}_{\text{inicial}} = 16,55 \text{ Kbps}$$

$$18\% \text{ del tráfico FTP-Data}_{\text{inicial}} = 2,97 \text{ Kbps}$$

$$\text{Tráfico FTP-Data}_{\text{al final del Primer año}} = 19,53 \text{ Kbps}$$

Para el segundo año:

$$\text{Tráfico FTP-Data}_{\text{inicial al primer año}} = 19,53 \text{ Kbps}$$

$$18\% \text{ del tráfico FTP-Data}_{\text{inicial al primer año}} = 3,515 \text{ Kbps}$$

$$\text{Tráfico FTP-Data}_{\text{al final del Segundo año}} = 23,047 \text{ Kbps}$$

Para el resto de años se sigue el mismo procedimiento los resultados de los mismos se presentan en la tabla 2-12.

Tráfico FTP al final del año 1	Tráfico FTP al final del año 2	Tráfico FTP al final del año 3	Tráfico FTP al final del año 4	Tráfico FTP al final del año 5
19,53 Kbps	23,04 Kbps	27,19 Kbps	32,09 Kbps	37,86 Kbps

Tabla 2-12.- Resultados del tráfico FTP-Data para el enlace Q1

El resto de aplicaciones permanecen constantes, a continuación se calcula el ancho de banda correspondiente a las aplicaciones que permanecen constantes: FTP-control, DNS, POP3, tarjetas de crédito, RIP, SMTP, VoIP y Video IP.

AB correspondiente al tráfico de aplicaciones existentes:

$$AB\ 1 = AB\ actual - \text{Tráfico FTP-Data}$$

$$AB\ 1 = 35,93\ Kbps$$

AB correspondiente al tráfico de las nuevas aplicaciones de voz y video:

$$AB\ 2 = AB\ para\ voz + AB\ para\ video$$

$$AB\ 2 = 1352,4\ Kbps$$

AB correspondiente al tráfico constante

$$AB\ constante = AB\ 1 + AB\ 2$$

$$AB\ constante = 1388,33\ Kbps$$

Para hallar el valor correspondiente a la capacidad requerida al final de cada año se debe sumar el AB constante con el valor de tráfico FTP-Data correspondiente al final de cada año, los resultados de estos cálculos se muestran en la tabla 2-13.

Tiempo de Proyección	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Tráfico FTP – Data (Kbps)	19,53	23,04	27,19	32,09	37,86
Tráfico constante (Kbps)	1388,327	1388,327	1388,327	1388,327	1388,327
Proyección de AB (Kbps)	1407,9	1411,4	1415,5	1420,4	1426,2

Tabla 2-13.- Resultados del AB proyectado para el enlace Q1

AB año 5 = 1426,4 Kbps equivalente al 75 % del AB FINAL

Por lo tanto,

$$AB \text{ FINAL} = 1896,8 \text{ Kbps}$$

Los resultados finales correspondientes al valor de AB calculado para los enlaces de Marathon Sports para un período de 5 años se presentan en la Tabla 2-14.

Enlace	AB TOTAL (Kbps)	Proyección AB (año 1)	Proyección AB (año 2)	Proyección AB (año 3)	Proyección AB (año 4)	Proyección AB 75% AB del Canal (año 5)	AB FINAL 100 % del Canal (kbps)
Q1	1404,9	1407,9	1411,4	1415,5	1420,4	1426,2	1896,8
Q2	964,9	967,9	971,4	975,5	980,4	986,2	1311,6
Q3	1404,9	1407,9	1411,4	1415,5	1420,4	1426,2	1896,8
Q4	954,1	957,1	960,6	964,7	969,6	975,4	1297,3
Q5	492,3	494,0	496,1	498,5	501,4	504,8	671,3
Q6	492,3	494,0	496,1	498,5	501,4	504,8	671,3
Q7	492,3	494,0	496,1	498,5	501,4	504,8	671,3
Q8	932,3	934,0	936,1	938,5	941,4	944,8	1256,5
Q9	492,3	494,0	496,1	498,5	501,4	504,8	671,3
Q10	964,9	967,9	971,4	975,5	980,4	986,2	1311,6
Q11	492,3	494,0	496,1	498,5	501,4	504,8	671,3
Gy1	492,3	494,0	496,1	498,5	501,4	504,8	671,3
Gy2	514,1	517,1	520,6	524,7	529,6	535,4	712,1
Gy3	492,3	494,0	496,1	498,5	501,4	504,8	671,3
Gy4	492,3	494,0	496,1	498,5	501,4	504,8	671,3
Gy5	954,1	957,1	960,6	964,7	969,6	975,4	1297,3
Gy6	492,3	494,0	496,1	498,5	501,4	504,8	671,3
Gy7	1394,1	1397,1	1400,6	1404,7	1409,6	1415,4	1882,5
PI	41,5	43,2	45,3	47,7	50,6	54,0	71,8

Tabla 2-14.- Resultados del dimensionamiento de tráfico con proyección a 5 años

CAPÍTULO 3

TECNOLOGÍAS PARA TRANSMISIÓN DE DATOS

3.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen varias alternativas tecnológicas para transmisión de datos en redes de área extendida (WAN) con transmisiones tanto sobre medios guiados como no guiados. Para su estudio se realizará una breve descripción de los distintos medios de transmisión existentes con sus principales características, y a continuación se describirán algunas tecnologías sobre medios de transmisión guiados y no guiados.

3.2 MEDIOS DE TRANSMISIÓN

La información puede ser transmitida utilizando varios tipos de medios físicos, los cuales se encuentran clasificados en dos grupos:

Medios guiados:

- Medios magnéticos
- Par trenzado
- Cable Coaxial de banda base
- Cable Coaxial de banda ancha
- Fibra Óptica

Medios no guiados:

- Transmisión por radio
- Transmisión por microonda terrestre
- Transmisión con infrarrojo y ondas de luz
- Transmisión por satélite

3.2.1 MEDIOS GUIADOS

3.2.1.1 Medios magnéticos

La transmisión de datos utilizando diskettes o cintas magnéticas, es la forma más común para transportar información de un computador a otro, esta forma de transporte no es tecnológicamente muy avanzada respecto a otras existentes sin embargo, con mucha regularidad resulta eficiente en cuanto a costo, en los casos en que no se requiera acceder a la información en tiempo real, tomando en cuenta que el volumen de información que estos dispositivos son capaces de transportar es relativamente alto.[7]

Estos medios brindan características excelentes de ancho de banda, sin embargo el retardo inherente a estos dispositivos puede ir desde unos pocos minutos hasta varias horas dependiendo de la distancia entre los dispositivos.

3.2.1.2 Par Trenzado

Está formado por dos alambres de cobre, por lo general de 1 mm de grosor, aislados y entorchados entre sí de modo que se reduzca la interferencia electromagnética entre pares vecinos; este es el medio de transmisión más antiguo y comúnmente utilizado, la aplicación más común del mismo es el tendido de la red telefónica. Los pares trenzados pueden ser utilizados tanto para transmisiones analógicas como digitales, el ancho de banda que proporciona el mismo depende del grosor del cable y la distancia.

Una de las ventajas de este medio de transmisión es que se tiene un buen rendimiento a un costo relativamente bajo.

Se tiene algunas variaciones de este tipo de medio de transmisión entre los que se puede mencionar el par trenzado sin blindaje conocido como UTP¹ y el par trenzado con blindaje o STP². En la Tabla 3-1 se mencionan las ventajas y desventajas de cada uno de estos cables.

¹ UTP: Unshielded Twisted Pair

² STP: Shielded Twisted Pair

CABLE	VENTAJAS	DESVENTAJAS
UTP	Tecnología más difundida y amplio despliegue	Para un funcionamiento eficiente el cableado debe instalarse cumpliendo normas de cableado
	Costo relativamente bajo	Mayor sensibilidad a interferencia electromagnética comparado con otros medios como STP y cable coaxial
	Compatibilidad con la mayoría de tecnologías LAN	Cobertura limitada, típicamente la distancia máxima permitida en LAN es de 100 mt.
STP	Mayor rendimiento que UTP en ambientes de alta interferencia electromagnética y ruido	Más costoso que UTP
	Mayor ancho de banda que UTP	No todas las LAN pueden funcionar sobre este tipo de cable
		Mayor tamaño y peso que el cable UTP
		Requiere una correcta instalación a tierra

Tabla 3-1.-Ventajas y desventajas de los cables UTP y STP

En cuanto al cable UTP tenemos varias categorías dentro de esta clase, cada una con sus propias características así:

- Categoría 1 y 2: Usado para el tendido telefónico, alcanza velocidades de hasta 4 Mbps.
- Categoría 3: Utilizado para redes de computadoras, soporta transmisiones con velocidades de hasta 16 Mbps a 100 mt. con un ancho de banda de hasta 16 Mhz. Generalmente usada en redes IEEE 802.3 10BASE-T y 802.5
- Categoría 4: Se lo definió para redes de computadoras IEEE 802.5 Token Ring y Ethernet 10BASE-T con un ancho de banda de hasta 20 Mhz.
- Categoría 5: Es un estándar que esta dentro de lo referente a las comunicaciones en redes LAN, tiene un ancho de banda de hasta 100 Mhz

En la Tabla 3-2 se presentan los valores de atenuación tomados en 100 m.

Velocidad de Tx (Mbps)	Nivel de Atenuación (dB)
4	13
10	20
16	25
100	67

Tabla 3-2.- Niveles de Atenuación para el cable categoría 5

- Categoría 5e: Es una mejora de la categoría 5, reduce la atenuación y la interferencia con un ancho de banda de hasta 100 Mhz.
- Categoría 6: esta no se encuentra aun estandarizada pero ya está en uso, define un ancho de banda de hasta 250 Mhz.

3.2.1.3 Cable Coaxial

El cable coaxial está compuesto por un conductor de cobre rígido rodeado por una capa de aislamiento flexible, sobre este material aislante hay una malla de cobre tejida o una hoja metálica que actúa como segundo alambre del circuito, y como blindaje del conductor interno. Este blindaje ayuda a reducir la cantidad de interferencia externa y está recubierto por la envoltura del cable. La estructura de un cable coaxial se muestra en la Figura 3.1

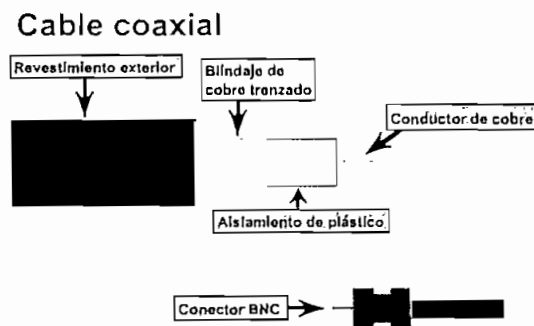


Figura 3.1.- Estructura del cable coaxial

Este tipo de cable posee mejor blindaje que el par trenzado, su diseño permite obtener mayor alcance, mayor ancho de banda e inmunidad al ruido. Existen dos tipos de cable coaxial: cable coaxial de banda base y cable coaxial de banda ancha. En la Tabla 3-3 se presentan algunas ventajas y desventajas de este tipo de cable.

3.2.1.3.1 Cable Coaxial banda base

La impedancia característica de este cable es 50 ohms, es usado generalmente para transmisión digital. Se pueden lograr velocidades de 1 a 2 Gbps para una distancia de 1Km.

3.2.1.3.2 Cable coaxial banda ancha

La impedancia característica de este cable es de 75 ohms, es utilizado regularmente para transmisión analógica, los sistemas de televisión por cable utilizan este medio para transmitir las señales de televisión.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Mayor alcance que los cables STP y UTP, hasta 500 m	Instalación más costosa que el cable de par trenzado
Más económico que la Fibra Óptica	Requiere una correcta conexión del blindaje en ambos extremos
Tiene menor susceptibilidad a la interferencia y radiación en comparación con el cable UTP	Una gran parte de los tipos de cable coaxial no funcionan sobre varios tipos de redes LAN
	Es indispensable una instalación a tierra
	Por su peso y tamaño su manejo es más complicado

Tabla 3-3.-Ventajas y desventajas del cable coaxial

3.2.1.4 Fibra Óptica

Es un medio que puede transmitir señales analógicas y digitales no como impulsos eléctricos, como lo hacen los medios de cobre, sino como ondas luminosas. Es inmune a la interferencia electromagnética y ofrece velocidades de datos más altas que los otros medios de transmisión, sin embargo, es más costoso que otros medios de transmisión.

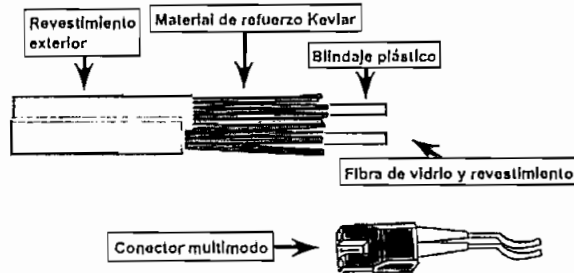


Figura 3.2.- Cable de fibra Óptica

El cable de FO usado en redes se compone de dos fibras envueltas en revestimientos separados, cada FO es rodeada por capas de un material amortiguador protector y un revestimiento externo; si los cables de FO deben estar bajo tierra, se suele incluir un alambre de acero inoxidable como refuerzo. Las partes que guían la luz en una FO se llaman núcleo y revestimiento, el núcleo es generalmente un vidrio de alta pureza con un alto índice de refracción, está recubierto por un revestimiento de vidrio o plástico con un índice de refracción bajo, entonces, la luz se captura en el núcleo de la FO a este resultado se lo denomina proceso de reflexión interna total.

Se tienen dos tipos de fibra óptica: monomodo y multimodo.

3.2.1.4.1 Fibra óptica monomodo

Esta fibra tiene un diámetro de 8 a 10 micras, por su característica de tener muy poca atenuación no se necesitan de muchos repetidores para cubrir largas distancias; son frecuentemente utilizadas en troncales de larga distancia para unir una o varias localidades, en si esta fibra proporciona mayor capacidad para el transporte de la información que las fibras multimodo, se tiene un ancho de banda de hasta 50 Ghz.

Sus principales aplicaciones son las siguientes:

- Enlaces submarinos
- Enlaces interurbanos

3.2.1.4.2 Fibra óptica multimodo

Hay dos tipos de fibras multimodo: de índice gradual y de índice escalonado.

Fibra Multimodo de Índice Gradual:

El interior del núcleo tiene un índice de refracción que decrece a medida que se desplaza del núcleo hacia la cubierta. El núcleo tiene un diámetro de 50 μm y la cubierta de 125 μm , son generalmente usadas para recorrer distancias cortas menores a un kilómetro, se logra tener anchos de banda de hasta 1 Ghz.

Algunas de sus aplicaciones son las siguientes:

- Televisión digital
- Redes multiservicio
- Enlaces telefónicos ínter-centrales

Fibra Multimodo de índice escalonado:

En estas fibras, el núcleo está constituido por un material uniforme con un índice de refracción mayor que el del revestimiento. Tiene un diámetro de 62.5 μm y la cubierta de 125 μm , se llega a tener un ancho de banda de hasta 100 Mhz. Se utiliza en:

- Redes LAN
- Transmisión de datos
- Aplicaciones médicas

Se utilizan dispositivos transmisores o emisores de luz que convierten la señal eléctrica en señal lumínica:

LEDs: Dispositivos de bajo costo, con utilización en un amplio rango de temperaturas y con larga vida media.

ILDs (laser): Dispositivo más costoso, pero más eficaz y permite una mayor velocidad de transmisión.

En recepción se tienen dispositivos fotodetectores (fototransistores y fotodiodos) tales como diodos PIN¹ y diodos APDs².

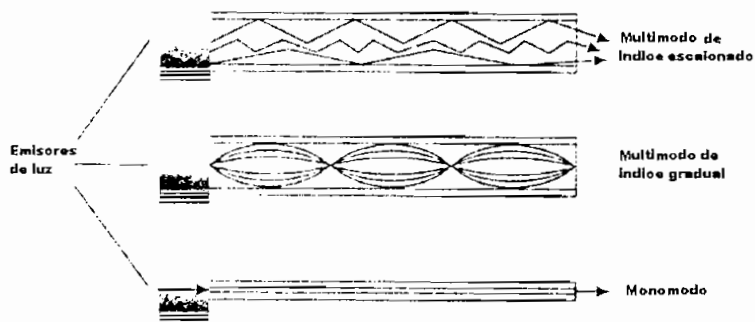


Figura 3.3.- Tipos de fibra

Para la transmisión de fibra óptica se utiliza la zona alta del infrarrojo entre los 0.3×10^{12} Hz hasta 3×10^{14} Hz. Específicamente son tres las ventanas utilizadas en las cuales la atenuación es menor y no presenta grandes variaciones como se puede apreciar en la Figura 3-4. La mayoría de las aplicaciones trabajan en la primera ventana (longitud de onda $\lambda=850$ nm, frecuencia 3×10^{14} Hz) aunque si se requiere trabajar a mayores velocidades se pueden utilizar la segunda (longitud de onda $\lambda=1300$ nm, frecuencia 2.3×10^{14} Hz) y tercera ventana (longitud de onda $\lambda=1550$ nm, frecuencia 1.9×10^{14} Hz).

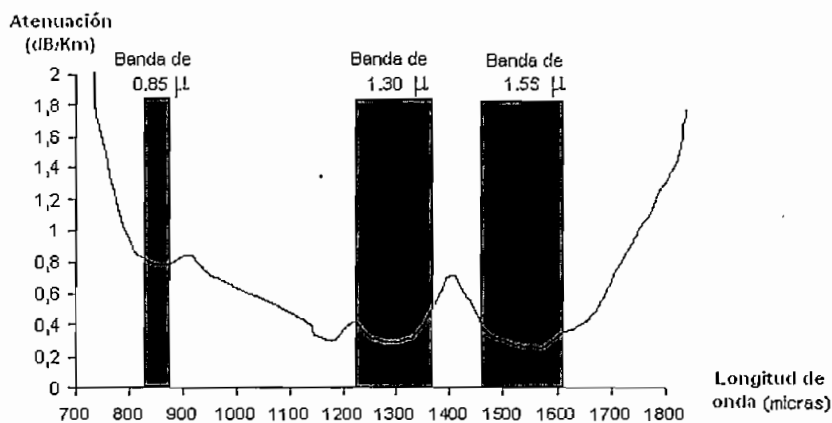


Figura 3-4.- Ventanas de transmisión de la F.O.

¹ PIN: Positive Intrinsic Negative

² APDs: Avalanche Photodiodes

En la Tabla 3-4 se muestran las principales ventajas y desventajas de la fibra óptica.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Es inmune a la interferencia electromagnética y al ruido	La puesta en marcha de una infraestructura con fibra óptica es costosa debido a la necesidad de equipos de conversión óptica eléctrica para transportar las señales a través de la fibra.
Presenta una menor atenuación y mayor ancho de banda que el cobre.	La instalación y manejo de fibra requiere equipo y personal especializado.
Por medio de la telemetría se puede localizar fallas o cortes de la fibra.	En caso de ruptura de la fibra, su reconstrucción resulta muy costosa debido a que se necesita equipo de gran precisión, y en ciertos casos resulta menos costoso recablear que reparar.
	La velocidad y alcances de la fibra óptica están limitados por los dispositivos de conversión eléctrico óptico.

Tabla 3-4.-Ventajas y desventajas de la Fibra óptica

3.2.2 MEDIOS NO GUIADOS

3.2.2.1 Transmisión con infrarrojo y ondas de Luz

Una de las aplicaciones más frecuentes es la interconexión de redes LAN entre edificios por medio de la utilización de láser, su característica es que es unidireccional razón por la cual cada uno de los edificios necesita un láser y un fotodetector, el beneficio de este sistema es en cuanto al ancho de banda alto obtenido a un costo relativamente bajo, la facilidad de su instalación y el no necesitar de una licencia para trabajar.

La desventaja de los rayos láser es la estrechez de su haz ya que esto implica la necesidad de una gran puntería para llegar exactamente al objetivo del otro edificio, para evitar esto se añaden lentes obteniendo un ligero desenfocamiento del rayo, otra desventaja es que el láser no atraviesa la lluvia ni la niebla; pero tiene un funcionamiento normal en días soleados.

3.2.2.2 Transmisión por radio

Las ondas de radio se caracterizan por la facilidad que poseen para viajar largas distancias, atravesar obstáculos como por ejemplo edificios y la simplicidad de su generación por ello son muy utilizadas en la comunicación, una de las principales ventajas de este tipo de ondas por propagarse a frecuencias bajas, es que son omnidireccionales es decir que viajan en todas las direcciones desde la fuente y por esta razón se elimina la necesidad de que el transmisor y receptor se encuentren cuidadosamente alineados.

En la Figura 3-5 se muestra la distribución del espectro electromagnético. La frecuencia influye directamente en las propiedades de las ondas de radio, a baja frecuencia las ondas son capaces de atravesar los obstáculos sin embargo la potencia se reduce con la distancia a la fuente en una proporción $1/r^3$. [11] A altas frecuencias las ondas de radio tienden a ser direccionales y a rebotar con los obstáculos además se presenta el fenómeno de absorción por lluvia.

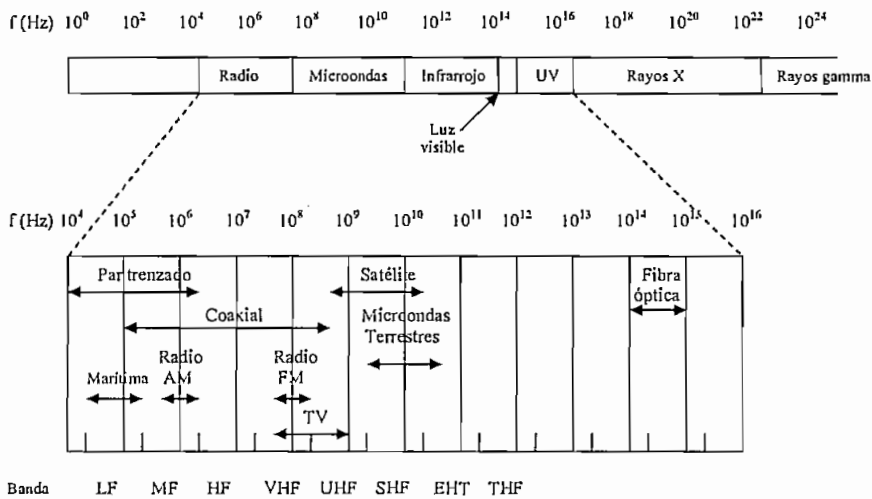


Figura 3.5.- Distribución del Espectro Electromagnético

En las bandas de VLF, LF y MF las ondas de radio siguen la superficie del terreno, la distancia a la que se detectan las ondas puede llegar a los 1000 Km en las bajas frecuencias y a un valor menor a este para las frecuencias mas altas. En las bandas de HF y VHF las ondas se propagan retractándose en la ionosfera.

Para el caso de nuestro país la distribución de frecuencias está regulada por la SENATEL, la cual determina que las frecuencias para la transmisión de datos están en el rango de los 925 a los 929 MHz y para recepción entre los 951 y los 955 MHz.¹

En la Tabla 3-5 se presentan las ventajas y desventajas del uso de los enlaces de radio.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Es más económica que los sistemas de cableado físico	Se requiere línea de vista para su implementación
Es una solución fácil de implementar en lugares en los cuales las irregularidades del terreno no permitan el acceso de sistemas cableados.	La linealidad de los equipos es muy importante para su correcto funcionamiento sobretodo en los enlaces de radio analógicos.
La puesta en marcha y mantenimiento del sistema resulta más económico que los sistemas cableados.	

Tabla 3-5.-Ventajas y desventajas de las enlaces de radio

3.2.2.3 Transmisión por microonda terrestre

Para frecuencias por encima de los 100 MHz las ondas tienden a ser direccionales por lo cual las antenas transmisora y receptora deben estar necesariamente alineadas entre si; producto de concentrar por medio de una antena parabólica la energía en un haz pequeño se logra tener una nivel de señal alto con respecto al ruido, las antenas parabólicas deben estar colocadas sobre grandes torres para evitar la obstrucción de la línea de vista y tener alcances mayores.

¹ Registro Oficial 896 emitido el 4 de Marzo del 96

Debido a que las microondas viajan en línea recta si las torres transmisora y receptora están muy distanciadas se presenta una obstrucción causada por la esfericidad de la tierra. Para solucionar este problema se requiere antenas repetidoras, cuanto más altas sean las torres más separadas pueden estar. La distancia entre las repetidoras se eleva en una forma muy aproximada con la raíz cuadrada de la altura de las torres. Con torres de 100,00 metros de altura, las repetidoras pueden estar espaciadas a 80 Km de distancia. [11]

A estas frecuencias se presenta el efecto de desvanecimiento de trayectoria múltiple el cual depende del clima y de la frecuencia, este efecto se produce debido a que algunas ondas pueden refractarse en las capas atmosféricas bajas y llegar en desfase con la señal original y cancelarla de este modo, para frecuencias superiores a los 8 GHz se tiene otro fenómeno: la absorción por lluvia, donde las ondas de poca longitud son absorbidas por la lluvia interrumpiendo las comunicaciones.

En la tabla 3-6 se presentan algunas ventajas y desventajas del uso de enlaces de microonda.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Una ventaja es el ancho de banda, que va de 2 a 24 GHz	Las frecuencias son susceptibles a un fenómeno llamado propagación Multitrayectoria que provoca gran disminución en la potencia de las señales recibidas
Antenas relativamente pequeñas son efectivas para el correcto funcionamiento del sistema	A estas frecuencias las pérdidas por el ambiente se transforman en un factor importante, la absorción por lluvia puede afectar dramáticamente el rendimiento del canal
A las frecuencias en la que se trabaja las ondas de radio se comportan como ondas de luz, por esto la señal puede ser enfocada utilizando antenas parabólicas y antenas tipo embudo, además pueden ser reflejadas con reflectores pasivos.	El factor limitante de la propagación de la señal en enlaces de microondas es la distancia que se debe cubrir entre el transmisor y el receptor, además esta distancia debe ser libre de obstáculos

Tabla 3-6.-Ventajas y desventajas de las enlaces de microonda terrestre

Un sistema de transmisión por microondas se utiliza para comunicación telefónica de larga distancia, telefonía celular, televisión; además existen bandas específicas que no requieren licencia para su utilización esta banda asignada mundialmente va de los 2.4 GHz a los 2.484 GHz y está orientada a las bandas industriales médicas y científicas.

Las diferencias entre las ondas de radio y las microondas son:

- Las ondas de radio son omnidireccionales, las microondas son direccionales.
- Las microondas son más sensibles a la atenuación por lluvia y otros fenómenos climáticos.

3.2.2.4 Microondas por satélite

En este sistema de transmisión las señales viajan desde transceptores ubicados en la tierra hacia satélites que se encuentran en el espacio. Las comunicaciones satelitales permiten transmitir múltiples servicios de voz, datos y video a velocidades en el orden de Megabits por segundo. Las terminales satelitales hacen posible las comunicaciones en lugares donde otros medios no pueden acceder por su alto costo.

Un satélite de comunicaciones puede ser considerado como un repetidor de microonda en el espacio, los satélites retransmiten la señal recibida luego de amplificarla, los haces retransmitidos pueden cubrir una gran superficie del globo terrestre, o sólo limitadas áreas de diámetros en el rango de los cientos de kilómetros.

Cada satélite utiliza una frecuencia para la transmisión y otra diferente para recepción. A través de acuerdos internacionales se ha definido una distribución de las bandas de frecuencias para los enlaces satelitales; en la Tabla 3-7 se presenta las principales bandas comerciales utilizadas en comunicaciones por satélite y sus principales características.

Banda	Frecuencias (GHz)	Enlace descendente (GHz)	Enlace ascendente (GHz)	Aplicaciones	Problemas
C	4 / 6	3,7-4,2	5,925-6,425	Datos, voz y video	Interferencia Terrestre
Ku	11 / 14	11,7-12,2	14,0-14,5	VSAT, video e Internet	Lluvia
Ka	20/ 30	17,7-21,7	27,5-30,5	Datos y TV a altas velocidades	Lluvia; costo del equipo

Tabla 3-7.- Principales bandas satelitales

Existen dos tipos generales de sistemas de satélites: los satélites que se encuentran en la órbita terrestre geostacionaria GEO¹ y los satélites no geostacionarios N GEO, de órbita terrestre media MEO² y baja LEO³.

Para dar cobertura total a la Tierra, la órbita baja terrestre LEO requiere alrededor de 40-70 satélites, la órbita media terrestre MEO necesita de 6 a 20, y la geostacionaria GEO de 3 a 6 satélites.

3.2.2.4.1 Satélites geosincrónicos

Un satélite Geosíncrono se caracteriza por estar ubicado aproximadamente a 36000 Km sobre el ecuador, tiene un período igual al de la Tierra y gira a la misma velocidad; un satélite geostacionario aparenta estar en la misma posición relativa a algún punto sobre la superficie de la Tierra, lo cual representa una ventaja para las comunicaciones a gran distancia.

Este tipo de satélites provee comunicaciones fijas para aplicaciones de voz, datos y video en las bandas C y Ku principalmente.

Los satélites GEO cubren grandes áreas y permiten antenas de tierra fijas pero requieren potencias de transmisión altas y antenas de gran apertura. No permiten cubrir regiones de latitudes elevadas. Introducen retardos relativamente largos. El sistema de puesta en órbita es bastante costoso.

¹ GEO: Geostationary Earth Orbit

² MEO: Medium Earth Orbit

³ LEO: Low Earth Orbit

El utilizar satélites de órbitas más bajas permite disminuir las pérdidas de propagación acercando los satélites a los terminales, se consigue un menor retardo de propagación, pero se requieren varios satélites en una constelación para obtener una cobertura equivalente a la de GEO.

Generalmente los satélites poseen de 12 a 20 transpondedores cada uno de ellos con un ancho de banda de 36 a 50 MHz, es decir, se pueden procesar hasta 800 canales digitales de voz de 64kbps en un solo transpondedor. La división de los canales en los primeros satélites era estática, se dividía el ancho de banda en bandas de frecuencia fijas FDM¹, en estos días se usa TDM².

Existen otro tipo de estaciones llamadas VSAT³ que son de bajo costo, tienen antenas de 1 a 2 metros de diámetro con salidas de 1 watt de potencia, estas estaciones se comunican entre si por medio de una estación terrena que posee una antena con gran ganancia y un amplificador de potencia, las velocidades que se alcanzan son alrededor de 19.2 Kbps para los enlaces ascendentes y 512 Kbps para los descendentes.

El tiempo de retardo para estos sistemas es de 540 mseg en la comunicación extremo a extremo, es decir que a pesar de que la información viaja a la velocidad de la luz, por la distancia a la cual se encuentran los satélites se tiene un alto retardo en relación a los sistemas de microondas terrestre que están alrededor de los 3 μ seg/Km y a los enlaces de cable coaxial o de fibra óptica que son aproximadamente de 5 μ seg/Km.

¹ FDM: Multiplexación por División de Frecuencia

² TDM: Multiplexación por División de Tiempo

³ VSAT: Very Small Aperture Terminal

3.2.2.4.2 Satélites MEO (*Medium Earth Orbit*)

También denominados ICO¹, los satélites de órbita terrestre media se encuentran a una altura de entre 10.075 y 20.150 kilómetros. El retardo de propagación entre la estación terrena y el satélite es de aproximadamente 40 milisegundos. A diferencia de los GEO, su posición relativa respecto a la superficie no es fija. Al estar a una altitud menor, se necesita un número mayor de satélites para obtener una cobertura mundial, pero la latencia se reduce substancialmente. En la actualidad no existen muchos satélites MEO, y se utilizan para posicionamiento pero hay poco interés comercial en desarrollar estos sistemas ya que no presentan ni la velocidad de transmisión de LEO ni la cobertura de GEO.

3.2.2.4.3 Satélites LEO (*Low Earth Orbit*)

Los satélites LEO están situados en órbitas bajas, de 1.500 Km. por termino medio, aunque puede estar entre 200 y 2000 Km. Los períodos orbitales se encuentran entre los 90 y los 120 minutos.

Se requiere un número elevado de este tipo de satélites para proveer cobertura del globo terráqueo de manera simultánea. El retardo de propagación de la señal entre la estación terrena y el satélite es de aproximadamente 15 milisegundos, dependiendo de la ubicación del satélite respectivo. Una desventaja de este tipo de satélites es que, al tener un período orbital tan corto, el satélite es accesible a una estación terrestre solamente durante un período de tiempo muy corto. Un satélite LEO resulta visible durante 18-20 minutos antes de que desaparezca en el horizonte.

Esto complica en gran medida el posicionamiento de la antena y el trabajo para mantener activo el enlace. Los retardos generados por los satélites LEO son menores que los GEO e incluyen: los retardos de los enlaces de subida y bajada entre el satélite y la estación terrena y los retardos de la comunicación intersatelital.

¹ ICO: Intermediate Constellation Orbit

La seguridad en un sistema de comunicación satelital y la confidencialidad no son un punto a favor ya que es un sistema de difusión donde la información llega a todos, para evitar esto la encriptación es indispensable.

En la Tabla 3-8 se muestran varias ventajas y desventajas del uso de enlaces satelitales.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Se dispone de un gran ancho de banda para las comunicaciones lo cual genera grandes velocidades de transmisión para datos voz o video sin necesidad de un costo elevado por la renta de canales telefónicos	Las malas condiciones metereológicas pueden afectar la señal durante su camino entre la estación terrena y el satélite, además que la absorción por lluvia es proporcional a la frecuencia de la onda
Para la comunicación entre dos estaciones terrenas no necesita un número elevado de repetidoras ya que solo es utilizado un satélite	El retardo que se produce en los enlaces satelitales es un gran inconveniente para los enlaces que requieren rapidez en la entrega de la información.
Los obstáculos no son un problema para la comunicación ya que un satélite puede cubrir sin ningún problema grandes áreas geográficas	El elevado costo que implica el montaje inicial de la infraestructura de estaciones terrenas junto con los costos de arrendamiento de canales satelitales.

Tabla 3-8.- Ventajas y desventajas de los enlaces satelitales

3.2.3 FRAME RELAY

Como ya se mencionó en el Capítulo I, Frame Relay es una tecnología de WAN orientada a conexión basada en la conmutación de paquetes y multiplexaje estadístico. Permite comunicaciones de datos por conmutación de paquetes a través del interfase entre dispositivos de usuario (por ejemplo routers, bridges y hosts) y equipos de red (por ejemplo los nodos de conmutación).

Los dispositivos de usuario generalmente se conocen como equipos terminales de datos (DTE), mientras los equipos de la red, que hacen de interfaces con los DTEs, se les conoce como equipos de terminación del circuito de datos (DCEs).

La unidad de información que maneja Frame Relay es la trama, por lo tanto, es una tecnología que trabaja a nivel de capa enlace del modelo de referencia OSI, esto permite que el procesamiento en los nodos sea mucho más liviano que el de otras tecnologías WAN como X.25 que trabajan con paquetes a nivel de capa Red.

La trama de datos de la capa 2 es conmutada en los nodos y procesada en los puntos extremos de cada enlace de red como se puede ver en la Figura 3-6.

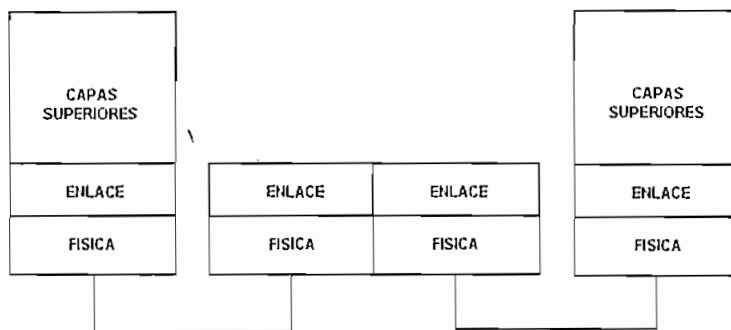


Figura 3-6.- Representación gráfica del enlace de datos

En Frame Relay se asume medios de transmisión confiables (como Fibra Óptica) por lo tanto, no realiza control de flujo ni de errores deja que dichos controles se realicen a nivel de capas superiores en los puntos extremos de la red, solo incluye un algoritmo de chequeo de redundancia cíclica (CRC) para detectar y descartar tramas con bits errados e información inválida de ruteo, no incluye ningún mecanismo para corregir datos erróneos (como retransmisión); además emplea mecanismos simples para advertir a los nodos acerca de una posible congestión, producto de esto, se logra tener mayores velocidades y retardo menor respecto a X.25 (que maneja velocidades por debajo de los 64 kbps), las velocidades de Frame Relay pueden ir desde algunos Kbps hasta velocidades que actualmente superan los 2 Mbps.

Frame Relay es una tecnología basada en la utilización de circuitos virtuales bidireccionales los cuales son caminos de datos, definidos por software, entre dos puertos actuando como líneas privadas dentro de la red, permite que varias conexiones virtuales puedan compartir un mismo medio físico de transmisión, se tiene asignación de ancho de banda bajo demanda, esto quiere decir que la

capacidad de transmisión disponible puede ser usada por cada conexión virtual hasta el límite físico, además el multiplexaje estadístico permite que el AB que no es utilizado por una conexión virtual pueda ser usado por otras conexiones virtuales. Esta tecnología es ideal para tráfico tipo ráfaga como lo es el tráfico LAN.

En la actualidad Frame Relay ofrece dos tipos de conexiones: Circuitos Virtuales Permanentes (PVC) y Circuitos Virtuales Conmutados (SVC).

PVC:

Un circuito virtual permanente es aquel que tiene asociado una ruta dedicada por medio de una asignación fija de números de canal lógico entre dos puntos finales, este tipo de circuitos no están disponibles bajo demanda o por petición de llamada.

SVC:

Los circuitos virtuales conmutados son asignados dinámicamente por la red escogiendo la ruta de menor retardo. Se basa en la asignación por demanda es decir, el usuario realiza una petición de llamada especificando la dirección destino, si la llamada es aceptada, entonces se establece un circuito lógico el cual permanecerá activo únicamente durante el tiempo que dure la llamada virtual (cualquiera de las partes puede liberar la conexión). Su funcionamiento es similar al de la red telefónica.

3.2.3.1 Formato de Trama

El formato de trama FR se muestra en la Figura 3-7

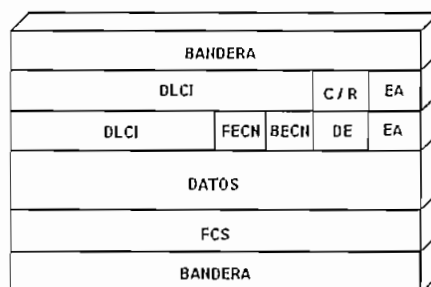


Figura 3-7.- Formato de la trama Frame Relay

El campo **bandera** (1 byte) delimita el comienzo y el final de la trama. Esta contiene el siguiente octeto 01111110.

Seguido del campo de bandera encontramos al campo de **dirección** el cual puede ser de 2, 3 o 4 octetos distribuidos como se indica en la Figura 3-8; la longitud más usada para el campo de direcciones es de 2 bytes.

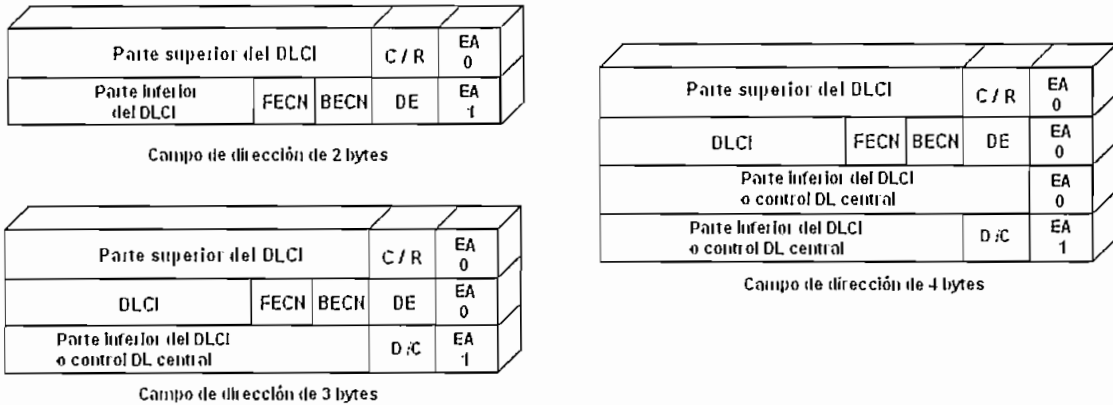


Figura 3-8.- Formato del campo de direcciones de la trama Frame Relay para 2, 3 y 4 octetos

El campo de dirección se encuentra formado de varios subcampos:

- **DLCI (Data Link Connection Identifier)** Se encuentra ubicado en los primeros 10 bits. Frame Relay permite multiplexar a nivel de capa dos, el DLCI identifica a cual canal lógico pertenece cada una de las tramas y de esta manera permite su ruteo.

El valor del DLCI cambia de conmutador en conmutador para un mismo PVC es decir que este solo tiene significado local para cada enlace. Se pueden tener hasta 1024 PVC con los 10 bits de este campo pero algunos de estos están reservados para propósitos especiales.

- **C/R (Command / Response)** : Bit no utilizado.
- **EA (Extensión Address)**: Este bit indica si existe un campo de direcciones extendida.

EA = 0

Existe otro octeto en el campo de direcciones.

EA = 1 No existen mas octetos en el campo de direcciones.

- **FECN** (Forward Explicit Congestion Notification): Bit de notificación de congestión en el sentido de transmisión.
- **BECN** (Backward Explicit Congestion Notification): Bit de notificación de congestión en el sentido contrario al de transmisión.
- **DE** (Discard Eligibility): Bit que indica si la trama es elegible para ser descartada cuando su valor es igual a 1.
- **Datos de Usuario** (Payload): El tamaño promedio que se utiliza es de 1600 bytes, este campo está alineado siempre a un número entero de bytes.
- **FCS** (Frame Check Sequence): Campo que contiene la suma de verificación CRC para la detección de control de errores de la trama.

3.2.3.2 FUNCIONAMIENTO

En la recomendación UIT-T Q.922 están descritas las principales funciones utilizadas para soportar el servicio portador Frame Relay:

- Delineación y alineamiento de tramas.
- Multiplexaje y demultiplexaje de tramas con el uso del campo de dirección.
- Inspección de las tramas para asegurar que se maneje un número entero de octetos.
- Inspección de las tramas para asegurar un tamaño promedio de las mismas.
- Detección de errores de transmisión.
- Funciones de control de congestión.

3.2.3.3 Parámetros de la conexión Frame Relay

La UIT-T en su recomendación I.233 define cuatro parámetros para la administración de recursos de una conexión Frame Relay: CIR, Bc, Be Y Tc

CIR (Committed Information Rate):

Tasa de información confirmada, representa la velocidad de información comprometida para cada conexión virtual especificada en bits por segundo, este valor especifica el valor medio máximo de velocidad a la que la red trabajará bajo condiciones normales, si se excede esta velocidad algunas tramas serán marcadas como elegibles de ser descartadas en caso de congestión.

El CIR no es la capacidad física a la que se transmite, la velocidad física que soporta el enlace se denomina velocidad de acceso y por lo general $\Sigma CIR < \text{velocidad de acceso}$, en los casos en que $\Sigma CIR > \text{velocidad de acceso}$ se dice que existe *sobre suscripción*.

Generalmente es un parámetro del servicio que se asigna dependiendo de las necesidades del usuario y el costo.

Bc (Committed Burst Size o Rate):

Define la máxima cantidad de datos comprometidos (en bits) que la red permite transferir, en condiciones normales, durante un intervalo de tiempo Tc.

Be (Excess Burst Rate)

Expresa la máxima cantidad de datos no comprometidos (en bits) que pueden exceder Bc que una red Frame Relay puede atender durante un intervalo de tiempo Tc.

La suma Bc+Be es un limitante, si los datos transmitidos exceden este valor son descartados.

Tc (Committed Rate Measurement Interval)

Intervalo de medida de la velocidad comprometida. Es el intervalo de tiempo durante el cual el usuario puede transmitir Bc+Be bits.

$$T_c = B_c / CIR.$$

El significado de los parámetros antes mencionados puede ser comprendido de una mejor manera si se los expresa de forma gráfica, como se puede apreciar en la Figura 3-9.

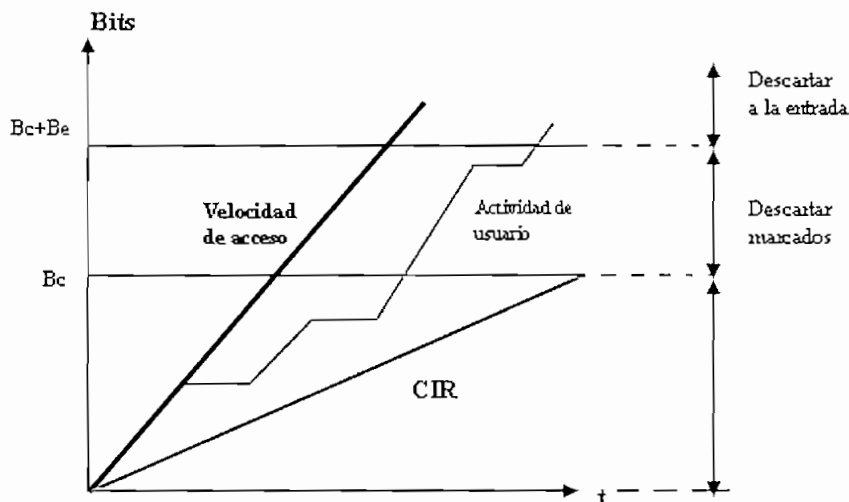


Figura 3-9.- Parámetros de una conexión Frame Relay

En la Figura 3-9 se representa una gráfica que interpreta el significado del parámetro CIR así como el de B_c que representa la máxima cantidad de datos que el proveedor asegura entregar en un T_c .

Cualquier dato por encima de B_c es marcado como descartable por medio del bit DE activado o seteado en el valor de 1. El parámetro B_e representa la máxima cantidad de datos que pueden exceder a B_c . Cualquier dato que exceda $B_c + B_e$ será descartado al entrar en la red.

Las funciones que tiene el nodo Frame Relay dentro de la red son los siguientes:

- Chequeo del DLCI.
- Chequeo de las tramas para ver si se encuentran dentro del CIR para su respectivo PVC caso contrario se activa el bit DE.
- Chequear si hay congestión; si la hay y la trama posee el bit DE activado se descartará la trama, en caso de no ser así la trama se colocará en el Buffer de salida para ser trasladada hacia el siguiente nodo.

3.2.3.4 Control de congestión

El proceso de envío de las tramas de información se realiza con el desconocimiento de la congestión de la red, cuando las tramas sobrepasan el valor comprometido BC de la red, éstas son susceptibles de ser descartadas en caso de congestión.

El aumento de la probabilidad de descarte de las tramas se informa por medio de los bits FECN y BECN. Con ello se requiere que los terminales reduzcan el flujo de información, de no hacerlo las tramas que han superado el valor BC estarán en peligro de ser retiradas en los nodos que presenten congestión.

Al poder existir dos caminos para el tráfico de la información, la congestión podrá presentarse indistintamente en cualquiera de ellos.

Cuando el nodo FR percibe la congestión en un PVC o SVC procede a la activación del bit FECN en el valor de 1 en las tramas que viajan en dicho sentido, o activando el bit BECN en caso de ser la congestión en el sentido contrario.

El destino es notificado de la congestión para que se de cuenta que es posible la pérdida de las tramas marcadas con el bit DE = 1.

En nuestro país el servicio de Frame Relay se lo brinda por medio de PVCs.

3.2.3.5 Implementación de Frame Relay

En los puntos extremos del PVC se pueden conectar un puerto de computadora con soporte para FR, un FRAD, o un puente/ ruteador LAN.

El FRAD¹ o ensamblador / desensamblador Frame Relay opera en pares, uno en cada extremo de la red, estos permiten que las estaciones finales que no poseen soporte nativo para FR, como ruteadores, PCs, terminales de voz y vídeo, puedan trabajar entre sí con acceso a los servicios de la red Frame Relay, como se puede apreciar en la Figura 3-10.[3]

¹ FRAD: Frame Relay Access Device

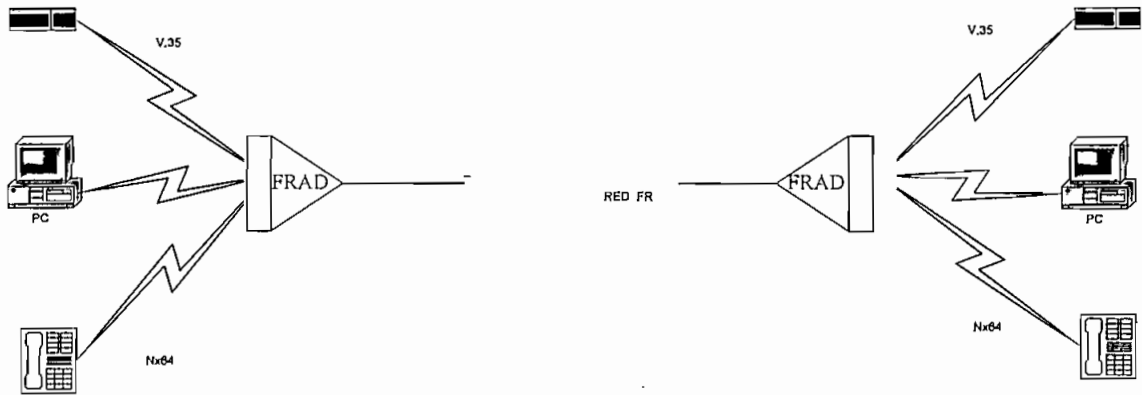


Figura 3-10.- Esquema de una Red Frame Relay

3.2.4 SPREAD SPECTRUM (ESPECTRO DISPERSO)

Es una técnica de modulación en la cual un código pseudo-ruidoso o pseudo-aleatorio, independiente de la información, se emplea como una forma de onda de modulación para dispersar la energía de la señal de información sobre un ancho de banda mucho mayor que el ancho de banda original, el espectro de una señal Spread Spectrum es similar al del ruido blanco.

Esta señal puede coexistir con señales de banda estrecha por la posibilidad de transmitir a una potencia inferior en la banda de paso de los receptores de banda estrecha, en este caso el receptor Spread Spectrum no ve las señales de banda estrecha ya que el mismo se encuentra escuchando en un ancho de banda mayor con una secuencia de código ordenada, este código, conocido también como código de dispersión (spreading code) es único para cada usuario, esto significa que la información únicamente podrá ser interpretada y recuperada por un receptor que conozca dicho código, por esta razón los sistemas con Spread Spectrum pueden ser operados sin necesidad de licenciamiento por lo cual esta tecnología es utilizada comúnmente para la operación "no licenciada" de WLANs y BWA¹.

¹ BWA: Broadband Wireless Access

Al transmitir un mensaje sobre un ancho de banda más amplio del mínimo requerido, la modulación de espectro disperso presenta dos grandes ventajas: baja densidad de potencia y redundancia.

La energía transmitida es dispersada a lo ancho del canal por lo tanto la cantidad de energía específica para cada frecuencia es muy baja, en consecuencia, una señal con baja densidad de potencia no interfiere con otros sistemas que funcionen en la misma área y difícilmente podrá ser detectada por intrusos, lo cual brinda cierto nivel de seguridad.

La redundancia se da debido a que los mensajes son dispersados en un amplio rango de frecuencias por lo tanto, aún si se pierden algunas componentes la información puede ser recuperada en el receptor, gracias a esta particularidad los sistemas de espectro disperso son altamente resistentes al ruido, las interferencias, y al desvanecimiento por trayectorias múltiples.

La medida de la interferencia rechazada por la señal Spread Spectrum se conoce como Ganancia de Procesamiento del sistema G_p y está dada por la relación:

$$G_p = \frac{AB_{tx}}{AB_{inf}}$$

Donde, AB_{tx} es el ancho de banda de la señal de RF transmitida y AB_{inf} es el ancho de banda de la información, típicamente la G_p en los sistemas de Spread Spectrum se halla entre 20 y 60 db.

3.2.4.1 Bandas de frecuencia asignadas

Las bandas ICM (Industrial Científico Médicas) se han asignado para la operación sin licencia de los sistemas de Espectro Disperso su distribución se muestra en la Tabla 3-9.

Bandas ICM	Ancho de Banda
902-928 Mhz	26 Mhz
2.4-2.4835 Ghz	83.5 Mhz
5.725-5.850 Ghz	125 Mhz

Tabla 3-9.-Bandas ICM

3.2.4.2 DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

Esta técnica es bastante difundida debido a que su implementación es relativamente simple; se emplea un código seudo aleatorio de alta velocidad denominado PN¹, en conjunto con una modulación PSK de orden M (BPSK, QPSK). El código está conformado por una secuencia específica de bits denominados "chips", la velocidad a la que es generado dicho código es denominado "chip rate".

La señal de información es multiplicada con el código PN, cada bit de información es reemplazado por la secuencia de chips generada logrando un ensanchamiento del espectro de la señal original, si uno o más bits del patrón sufren interferencias durante la transmisión, el receptor es capaz de reconstruir el dato enviado, gracias a la redundancia del chipping code.

La señal de espectro ensanchado es modulada en PSK de orden M con una señal de RF que permanece fija en una banda específica de frecuencia, a través de este procedimiento se tiene como resultado el reemplazo de la señal RF por una señal con un gran ancho de banda como la que se muestra en la Figura 3-11(b).

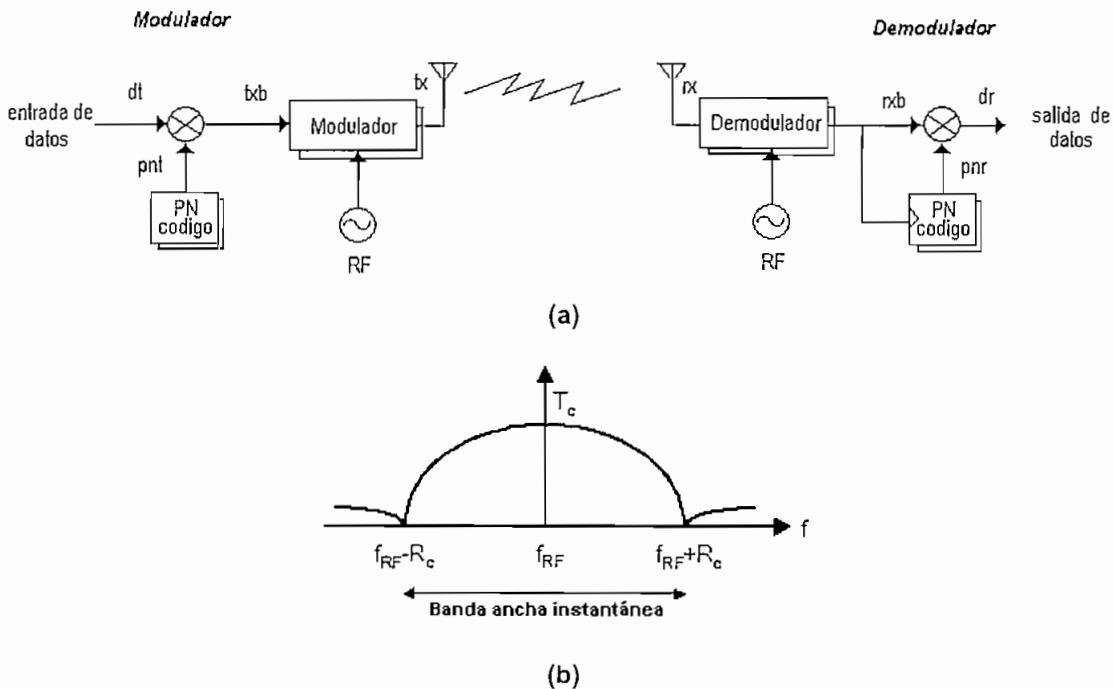


Figura 3-11.- (a) Principio básico de modulación DSSS; (b) Señal de espectro expandido

¹ PN: Pseudo-Noise

En la Figura 3-11(a) se muestra un diagrama de bloques de un sistema DSSS en el cual se considera una modulación BPSK sobre un canal ideal y sin filtrado, para simplificar la descripción de los procesos de modulación y demodulación, donde la entrada de datos binaria d_t , con velocidad de señal V_s , es multiplicada con la secuencia pseudo aleatoria p_{nt} con chip rate R_c , la cual es independiente de la secuencia binaria de datos, para producir la señal en banda base a transmitir tx_b .

$$tx_b = d_t * p_{nt}$$

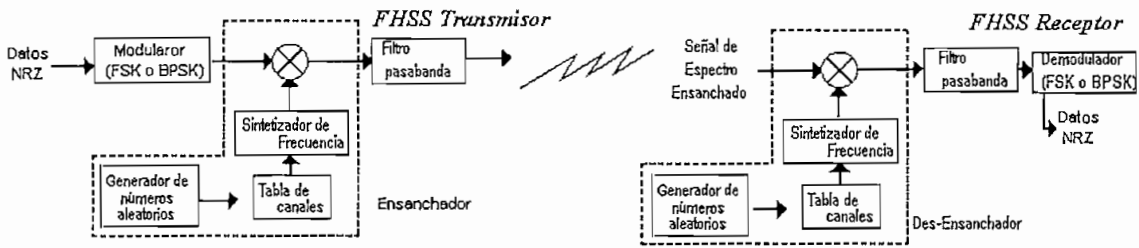
El resultado de multiplicar d_t con la secuencia PN es la expansión del espectro de la señal d_t al ancho de banda de la señal p_{nt} .

El receptor realiza el proceso contrario al equipo transmisor, primero demodula la señal para posteriormente recuperar el ancho de banda de la señal de datos original.

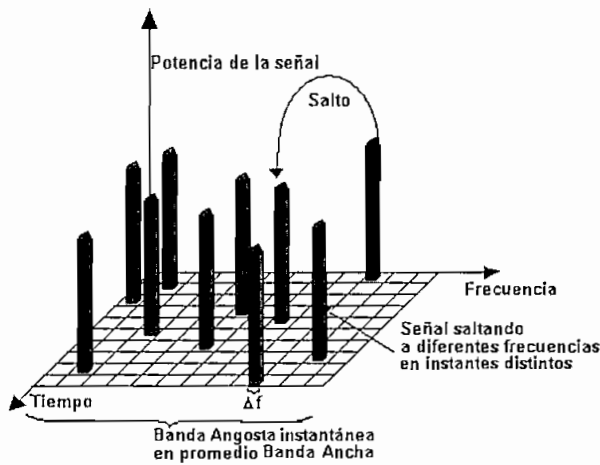
3.2.4.3 Sistemas de Salto de Frecuencia (Frequency Hopping Spread Spectrum)

Este tipo de técnica toma la señal portadora y la modula con una señal que salta de frecuencia en frecuencia dentro de un ancho de banda asignado en función del tiempo de acuerdo a una lista de canales pseudo aleatoria o patrón de salto denominado hopping code, la periodicidad del cambio de frecuencia de la portadora hace que se reduzca la interferencia producida por sistemas de banda estrecha, las cuales afectarán solo si están coincidentes en la transmisión en el mismo tiempo y en la misma frecuencia.

En la Figura 3-12 (a) se presenta el esquema básico del modulador y demodulador FHSS y la Figura 13-12b es una representación gráfica de la distribución del espectro de la señal FHSS.



(a)



(b)

Figura 3-12.- Sistema FHSS, (a) Diagrama esquemático del modulador y demodulador FHSS; (b) Representación gráfica de la distribución del espectro de una señal FHSS

El equipo receptor deberá tener el mismo patrón de salto (Hopping Code) que el equipo emisor y escuchar la señal en la frecuencia e instante exacto para poder recibir la información originalmente transmitida. Dos patrones de saltos que nunca emplean la misma frecuencia se dice que son ortogonales, los fabricantes usan al menos 75 frecuencias distintas para la transmisión de un canal con un tiempo máximo de 400 ms de uso por frecuencia, para tener varios canales que no se interfieran.

En la Tabla 3-10 se presentan las características principales de los sistemas FHSS y DSSS así como sus ventajas y desventajas.

FHSS	DSSS
Características <ul style="list-style-type: none"> • Los datos se transmiten en portadoras que están saltando de frecuencia en función del tiempo 	Características <ul style="list-style-type: none"> • Banda angosta que se dispersa sobre un espectro ensanchado • La señal tiene una amplitud baja
Ventajas <ul style="list-style-type: none"> • Muy tolerante a interferencias • Alta seguridad frente a la interceptación de la señal • Menor costo que DSSS 	Ventajas <ul style="list-style-type: none"> • Mayor velocidad de transmisión que FSSS • Mayor resistencia frente a interferencias de sistemas de banda angosta • Mayor cobertura que FSSS
Desventajas <ul style="list-style-type: none"> • Baja/Media velocidad respecto a DSSS • Presenta dificultades para sincronizar en larga distancia • Es bastante difícil obtener una ganancia de procesamiento alta en comparación a la que se logra con DSSS. 	Desventajas <ul style="list-style-type: none"> • Alguna afección por ruido y a. • Mayor costo que FHSS

Tabla 3-10.- Características de FHSS y DSSS

3.2.4.4 Multiplexación por División de Código

Existe un sin número de propiedades que surgen como resultado de aplicar el código pseudo aleatorio y de el proceso de expansión del ancho de banda de una señal. Una de estas propiedades es la multiplexación por división de código CDMA.

CDMA es un método para multiplexar múltiples usuarios con distintos códigos. Todos los usuarios pueden transmitir simultáneamente, y a cada uno se le asigna todo el espectro de frecuencias disponible par la transmisión. CDMA también es conocido como SSMA (Spread Spectrum Múltiple Access).

CDMA no requiere ni la asignación de ancho de banda de FDMA ni la sincronización en el tiempo de los usuarios requerido en TDMA. Un usuario CDMA tiene todo el tiempo y el ancho de banda disponible pero la calidad de la comunicación decrece a medida que incrementa el número de usuarios (El BER aumenta).

En CDMA cada usuario tiene su propio código de dispersión PN, utiliza el mismo ancho de banda de RF, y transmite simultáneamente. En la figura 3-13 se presenta un diagrama de bloques de los equipos transmisores y el receptor en un sistema que usa CDMA.

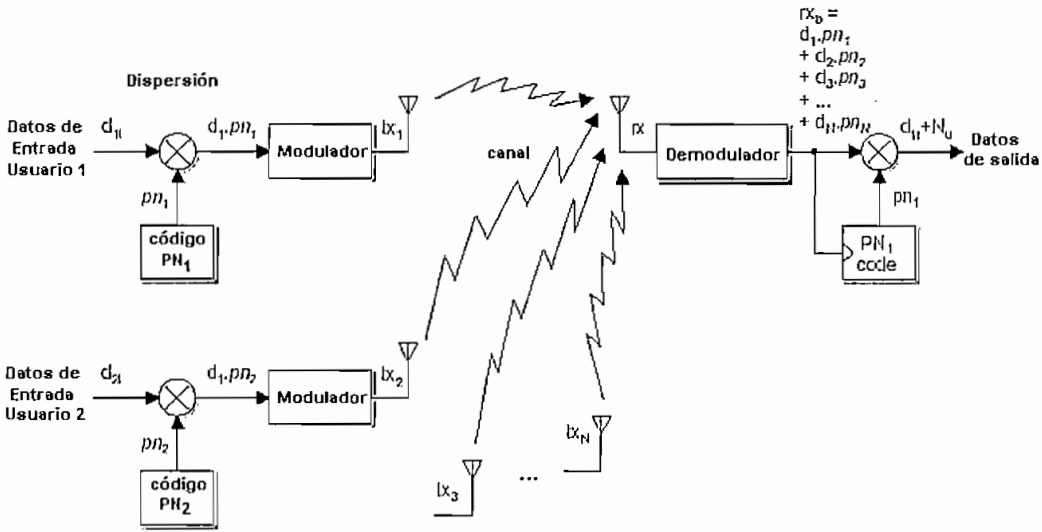


Figura 3-13.- Diagrama de un sistema CDMA

La correlación de la señal Spread Spectrum recibida rx_b con la secuencia PN del usuario 1 solo decodifica la señal del usuario 1. Los otros usuarios producen ruido para el usuario 1, como está indicado en la figura 3-14.

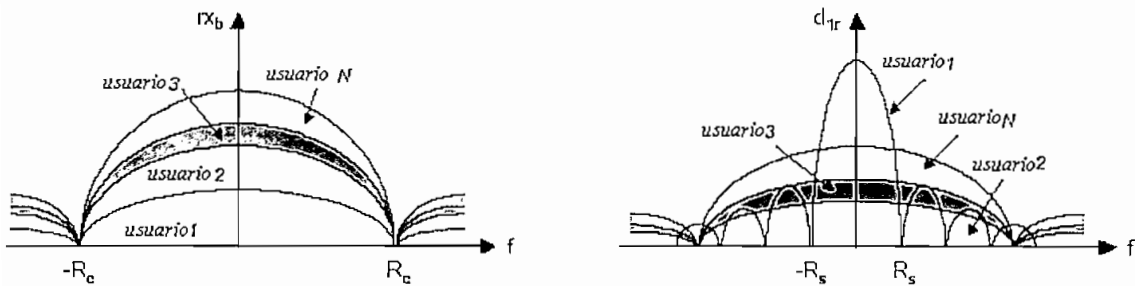


Figura 3-14.- Interpretación de la señal CDMA en el receptor de un usuario determinado

Solo la porción de ruido producida por otros usuarios que cae en el rango del ancho de banda de la información $[-R_s, R_s]$ del receptor, causará interferencia con la señal deseada.

El set de códigos PN debe tener las siguientes propiedades:

- Autocorrelación para una buena sincronización.
- Baja correlación cruzada (códigos ortogonales) para tener una baja interferencia de acceso múltiple MAI.

La interferencia de acceso múltiple MAI se da entre usuarios de secuencia directa puesto que al receptor llega la suma de las señales de todos los usuarios superpuestas en tiempo y frecuencia.

3.2.4.5 Multi-Code Direct Sequence Spread Spectrum

MC-DSSS es una tecnología propietaria de Wi-LAN, es una técnica de modulación spread spectrum espectralmente eficiente que asigna hasta N códigos DSSS a un solo usuario donde N es el número de chips por código DSSS. Estos códigos N DSSS son todos ortogonales. En otras palabras, MC-DSSS permite que múltiples códigos CDMA sean asignados a un solo usuario en una red CDMA, incrementando así el throughput¹.

Los sistemas convencionales con un solo usuario usando tres códigos, triplican el throughput pero requieren tener tres transceivers, uno por código, triplicando el costo del equipo. En un sistema MC-DSSS, la información de todos los códigos puede ser decodificada en una simple transformación.

Ventajas:

No requiere una estricta sincronización como la requieren los sistemas convencionales DSSS, un sistema DSSS convencional requiere sincronización dentro de una fracción de chip, mientras que MC-DSSS requiere sincronización cada dos chips.

Un sistema DSSS convencional, requiere que la portadora en el receptor esté en fase con la señal recibida mientras que MC-DSSS no requiere poner en fase las portadoras.

¹ Throughput: Velocidad efectiva de datos

3.2.4.6 WIMAX - IEEE 802.16a

3.2.4.6.1 Generalidades

La tecnología WIMAX basada en la familia de estándares 802.16 se encuentra aún en su fase de estudio sin embargo, promete revolucionar los sistemas de acceso de banda ancha brindando una solución inalámbrica con un nivel similar e incluso superior al del ADSL, Cable módems, líneas dedicadas E1/T1, fibra, etc.

El estándar IEEE 802.16 define la especificación del interfaz aire Wireless MAN para redes de Área Metropolitana, dicha especificación fue diseñada para evolucionar como un conjunto de interfaces aire basados en un protocolo MAC común pero con especificaciones de capa física dependientes del espectro utilizado y las regulaciones asociadas.

El estándar aprobado en el 2001 por la IEEE, especifica frecuencias de utilización entre 10 y 66 Ghz, propagación con línea de vista (LOS) y modulación con portadora única; el interfaz aire es denominado: WirelessMAN-SC.

El estándar IEEE802.16a, publicado en Abril del 2003, como adendum al estándar IEEE802.16 especifica el interfaz aire así como el control de acceso al medio físico MAC para sistemas fijos de acceso inalámbrico de banda ancha con topología punto-multipunto y malla (opcional), definiendo un protocolo de red de área metropolitana que extiende el interfaz aire de 802.16, para utilizar las bandas de frecuencia entre 2 y 11 GHz soportando el acceso a datos y aplicaciones de baja latencia como voz y video, con una calidad de servicio especificada, brinda conectividad de banda ancha sin necesidad de tener línea de vista directa entre la estación base y los terminales suscriptores, es decir, la señal puede aun recibirse después de ser reflejada en edificios u otros obstáculos y ser interpretada correctamente a pesar de que la señal de frecuencia llegue distorsionada a causa de las reflexiones, llegando a soportar cientos e inclusive miles de suscriptores en una sola estación base.

La capa de control de acceso al medio (MAC) está estructurada para soportar múltiples especificaciones de capa física, cada una definida para un ambiente de operación en particular. La MAC es común para sistemas que operan en las bandas de frecuencia entre 2 y 66 GHz. [8]

Las bandas de 2-11 GHz proporcionan un ambiente físico que permite eliminar la necesidad de tener línea de vista entre el transmisor y el receptor gracias a las longitudes de onda grandes, sin embargo, esta característica requiere que la capa física tenga funcionalidades tales como técnicas avanzadas de administración de potencia, reducción de la interferencia, coexistencia y antenas múltiples; también se introducen características a la MAC tales como ARQ para mejorar el comportamiento frente a los errores producidos en la capa física, debido a la conducta de pérdidas propia del medio inalámbrico, y permitir el soporte de la topología en malla. Para el caso de las bandas sin licencia ICM¹, principalmente la banda de 5.6 GHz, se introducen problemas adicionales de interferencia y coexistencia, considerando que las restricciones regulatorias limitan la potencia radiada permitida, en estos sistemas las capas física PHY y MAC introducen mecanismos para reducir la interferencia tales como DFS². Se usa el formato de señalización OFDM³, el cual fue seleccionado entre varios formatos tales como CDMA debido a su habilidad de soportar transmisiones sin línea de vista (NLOS) a la vez que mantiene un alto nivel de eficiencia espectral maximizando el uso del espectro disponible.

La capa física IEEE802.16a soporta anchos de banda por canal de RF flexibles y la reutilización de estos canales (rehúso de frecuencias), permitiendo de este modo incrementar la capacidad de la celda a medida que la red crece. El estándar también especifica soporte para control de potencia de transmisión y mediciones de calidad de la transmisión como herramientas adicionales de la capa física para garantizar un uso eficiente del espectro. Los operadores pueden reasignar el espectro mediante la sectorización y el fraccionamiento celular a medida que el número de usuarios crece, el estándar especifica tamaños de canal variables en un rango que va desde 1.75 Mhz hasta 20 Mhz por canal.

¹ ICM: bandas asignadas para uso Industrial, Científico, Médico

² DFS: Dynamic Frequency Selection

³ OFDM: Tecnología de modulación digital en donde se multiplexan varias ondas ortogonales para modular la señal

El estándar 802.16 incluye características de privacidad y encriptación para soportar transmisiones seguras y proveer autenticación y encriptación de datos.[9]

El estándar IEEE802.16 define varias capas físicas, las especificaciones y funcionalidades de las mismas están resumidas en la Tabla 3-11.

ESTANDAR	CAPA FÍSICA	APLICABILIDAD	OPCIONES	ALTERNATIVA DE DUPLEXACIÓN
802.16	WirelessMAN-SC	10-66 Ghz		TDD ¹ FDD ²
802.16a	WirelessMAN-SCa	2-11 Ghz Bandas licenciadas	AAS ³ ARQ ⁴ STC ⁵	TDD FDD
	WirelessMAN-OFDM	2-11 Ghz Bandas licenciadas	AAS ARQ Malla STC	TDD FDD
	WirelessMAN-OFDMA	2-11 Ghz Bandas licenciadas	AAS ARQ STC	TDD FDD
	WirelessHUMAN ⁶ (LA MAC emplea DFS)	2-11 Ghz Bandas sin licencia	AAS ARQ STC Malla	TDD

Tabla 3-11.- Resumen de las especificaciones de capa física definidas en el estándar IEEE802.16

3.2.4.6.2 Implementación

En 802.16a la configuración punto-multipunto es la más utilizada, aunque el estándar amplía su aplicación a redes tipo malla, una red punto-multipunto típica está conformada por una estación base montada en una torre o un edificio que se comunica con estaciones suscriptoras localizadas en negocios y hogares como se puede observar en la Figura 3-15; 802.16a tiene un alcance de hasta 30 Km sin línea de vista, utilizando un radio celular típico de 6-10 Km, con el cual la operación sin línea de vista y throughputs son óptimos, y un alcance de 50 Km.

¹TDD: Time Division Duplexing

²FDD: Frequency Division Duplexing

³AAS: Adaptive antenna system

⁴ARQ: Automatic repeat request

⁵STC: Space time coding

⁶HUMAN: High-Speed Unlicensed Metropolitan Area Network

Con tasas de datos de hasta 70 Mbps provee suficiente ancho de banda para poder soportar simultáneamente más de 60 puntos con conectividad de nivel T1 y cientos de usuarios con conectividad de nivel DSL, utilizando un ancho de banda del canal de 20 Mhz. [10]

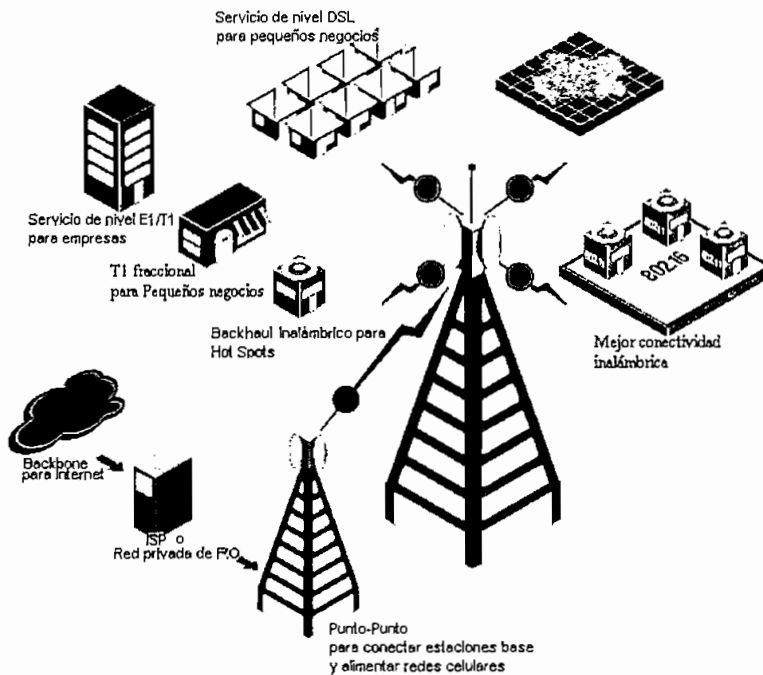


Figura 3-15.- Sistema 802.16a

3.2.4.6.3 Interoperabilidad

Es necesario que exista compatibilidad entre los productos disponibles en el mercado, sin embargo la IEEE no define ninguna regla de interoperabilidad dejando esta responsabilidad a la industria privada, para el caso de WirelessLAN dichas reglas han sido realizadas por WiFi alliance; para el caso de BWA¹ y su estándar 802.16, estas reglas son desarrolladas por el foro Worldwide Microwave Interoperability o también conocido como WIMAX.

Las especificaciones técnicas que diferencian a un equipo certificado WiMAX de WiFi u otras tecnologías radican básicamente en el diseño de las dos capas definidas en el estándar, física (PHY) o transmisiones RF y la capa de control de acceso al medio MAC.

¹ BWA: Broadband Wireless Access

3.2.4.6.4 Alcance

EL acceso inalámbrico de última milla puede ayudar a acelerar el despliegue de hotspots 802.11 y WI-LANs en pequeñas oficinas y hogares, especialmente en aquellas áreas no servidas por cable o DSL. Tener internet de banda ancha se ha convertido en una necesidad para muchos negocios, actualmente un proveedor de servicio puede requerir tres meses o más para aprovisionar de una línea T1/E1 a un negocio. La tecnología inalámbrica 802.16a le permite a un proveedor de servicio ofrecer servicios con velocidades comparables a las de la solución cableada en cuestión de días y con costos significativamente bajos. Además le permite al proveedor de servicio ofrecer conectividad de alta velocidad configurable bajo demanda para eventos temporales como exposiciones de negocios que pueden generar cientos de usuarios de hotspots 802.11. La tecnología inalámbrica permite al proveedor de servicio subir o bajar niveles de servicio, en apenas segundos desde la solicitud del usuario.

Las limitaciones prácticas del cable y DSL impiden llegar hacia muchos usuarios potenciales. EL alcance típico del cable DSL es de alrededor de 5 km desde el switch de la oficina central, esta limitación implica que muchas localidades urbanas y suburbanas queden fuera del alcance del DSL. Otra ventaja del estándar IEEE 802.16 respecto a la tecnología ADSL¹ es que se tiene una comunicación simétrica, con idéntica velocidad de subida y bajada.

3.2.4.6.5 Escalabilidad

802.16 soporta anchos de banda de canal flexibles, para satisfacer una fácil planificación celular tanto en el espectro bajo licencia como sin licencia. Por ejemplo, si a un operador se le asigna 20Mhz del espectro, ese operador puede dividirlo en dos sectores de 10 Mhz cada uno, o 4 de 5Mhz. Enfocando la potencia sobre sectores angostos en aumento, el operador puede incrementar el número de usuarios mientras se mantiene un buen alcance y throughput.

¹ ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line

Para escalar la cobertura incluso más allá, el operador puede reutilizar el mismo espectro en dos sectores o más, creando un aislamiento apropiado entre las antenas de la estación base.

3.2.4.6.6 Cobertura

El estándar para BWA está diseñado para una actuación óptima en cualquier ambiente de propagación incluyendo ambientes con y sin línea de vista, manteniendo una actuación robusta aún en casos extremos. La forma de onda robusta que proporciona OFDM permite tener una alta eficiencia espectral (bps/Hz) sobre rangos que van desde 2 a 40 km con hasta 70 Mbps de velocidad efectiva en un solo canal de RF. [9]

Cabe tomar en cuenta que el sistema OFDM diseñado para BWA tiene la habilidad de soportar transmisiones de gran alcance, multitrayectorias y reflexiones de la señal.

3.2.4.6.7 Calidad de Servicio

La MAC 802.16 confía en el protocolo de atención por demanda para acceder al medio, lo cual permite a los operadores proveer simultáneamente varios niveles de servicio garantizados como servicios dedicados de nivel E1/T1 para negocios y del mejor esfuerzo para uso residencial.

La capacidad de voz es extremadamente importante, por eso el estándar IEEE802.16a incluye características de calidad de servicio que habilitan servicios incluyendo voz y video que requieren una red con baja latencia.

EL protocolo de atención por demanda, emplea un acceso con TDM en el enlace de bajada (downlink) y TDMA en el enlace de subida (Uplink).

802.16a mejora el throughput total del sistema y la eficiencia de ancho de banda, asumiendo un acceso libre de colisiones de los datos al canal; La MAC 802.16a asegura un retardo limitado de los datos.

Las técnicas de acceso TDM/TDMA también aseguran un soporte sencillo para servicios multicast y broadcast.

3.2.4.6.8 Throughput

IEEE 802.16 empleando un esquema de modulación robusto proporciona niveles altos de throughput en alcances largos, con alto nivel de eficiencia espectral. La modulación adaptativa dinámica permite a la estación base intercambiar throughput por alcance. Por ejemplo, si la estación base no puede establecer un enlace robusto con una estación suscriptora lejana utilizando el esquema de modulación de más alto nivel, 64 QAM (Quadrature Amplitude Modulation); el orden de modulación es reducido a 16 QAM o QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) según sea necesario, reduciendo de este modo el throughput e incrementando el alcance efectivo de la señal.

3.2.4.6.9 El estándar IEEE 802.16 (WiMax) Vs IEEE 802.11 (WiFi)

Antes de que el estándar IEEE802.16 fuera desarrollado, se había venido utilizando el estándar 802.11 o WiFi para tecnologías propietarias de acceso inalámbrico de banda ancha BWA pero con una capacidad limitada en cuanto al ancho de banda y cantidad de suscriptores. A continuación en el Tabla 3-12 se presenta una breve comparación entre los estándares 802.11a y 802.16a.

	802.11a	802.16a
Velocidad máxima	54 Mbps	100 Mbps (70 Mbps efectivos)
Tecnología	OFDM	OFDM
Subportadoras (FFT)	64	256
MAC	CSMA/CA	TDM/TDMA
QoS	No	Si
Cobertura	Decenas, y hasta centenas de metros	Varios Km
Usuarios	cientos	miles
Ancho de banda por canal	20 Mhz	Variable en un rango desde 1.75 Mhz hasta 20Mhz
Bandas de operación	ICM (2.4Ghz, y 5 Ghz)	Bandas bajo licencia y bandas ICM principalmente la de 5.6 Ghz
Retardo	No garantiza ningún retardo	Asegura un retardo limitado de los datos

Tabla 3-12.- Comparación entre los estándares 802.11 y 802.16a

3.2.4.6.10 *Ventajas y desventajas del estándar IEEE802.16 (WiMax)*

Ventajas:

- Proporciona las ventajas propias de los sistemas inalámbricos, principalmente la capacidad de cubrir extensas áreas geográficas reduciendo el costo y tiempo de instalación que requieren las redes cableadas.
- Brinda conectividad de banda ancha, tanto en las bandas bajo licencia como en las bandas no licenciadas, sin necesidad de tener línea de vista directa entre la estación base y los terminales suscriptores proporcionando anchos de banda por canal de hasta 70 Mbps.
- Esta tecnología permitirá a los proveedores ofrecer opciones de conectividad de banda ancha tanto a entornos corporativos como domésticos, a un bajo costo.
- Es la tecnología más idónea para interconectar puntos de acceso distantes, permite la comercialización de servicios de acceso a Internet, transmisión de voz, datos y vídeo sin necesidad de cables, extendiéndose hasta distancias de 50 kilómetros
- Presenta una ventaja respecto al ADSL, pues provee una comunicación simétrica, con igual velocidad de subida y de bajada.

Desventajas:

- El despliegue de tecnologías a bajo costo y gran escala requiere de la estandarización de sus equipos para que puedan fabricarse masivamente y permitir la interoperabilidad entre distintos fabricantes, para el caso de WIMAX, su estandarización está aún en discusión y posiblemente el foro WIMAX no certificará ningún equipo de proveedores de servicio hasta el año 2005, después de que el sistema haya sido completamente definido y probado.
- En la actualidad están siendo implementados sistemas piloto basados en 802.16 en Europa, principalmente en España, sin embargo, son sistemas con tecnología propietaria y por ende su despliegue resultará bastante costoso.

3.2.5 SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN A UTILIZARSE EN EL DISEÑO DE LOS NUEVOS ENLACES

La tecnología que se utilizará para los enlaces de Marathon Sports será seleccionada tomando en cuenta las expectativas que tiene la empresa con el mejoramiento de sus enlaces.

Los factores a tomar en cuenta serán los siguientes:

- La tecnología escogida deberá permitir aplicaciones en tiempo real debido a que la red será utilizada para transmisión de voz y video.
- Las expectativas de apertura de nuevos almacenes es de alrededor del 10 % anual, por lo tanto la tecnología debe presentar una flexibilidad a la expansión de la red.
- Debe ser una tecnología de fácil instalación, mantenimiento y el equipo debe tener interoperabilidad entre fabricantes.
- Además de cubrir los requerimientos técnicos, se deberá escoger una tecnología que le permita a la empresa tener una infraestructura propia que a mediano plazo represente un ahorro económico para la empresa respecto a los gastos que deben enfrentar actualmente con enlaces arrendados.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores se analizan a continuación las diferentes tecnologías propuestas:

3.2.5.1 Fibra Óptica

Esta tecnología es bastante adecuada para transmisiones en tiempo real ya que soporta velocidades de transmisión mayores a las que se obtienen con las tecnologías basadas en cobre, sin embargo los costos de instalación y mantenimiento son demasiado altos como para montar una infraestructura propia y abaratar los costos operativos de Marathon Sports, por lo tanto esta tecnología no es adecuada para la red, objeto de este estudio.

3.2.5.2 Microondas por satélite

La tecnología satelital hace posible implementar una infraestructura de red propia mediante el uso de terminales VSAT, requiriendo una fuerte inversión para la adquisición de estos terminales, dicha inversión no se ve justificada para enlaces a nivel urbano puesto que la microonda satelital está orientada mayormente a cubrir grandes distancias o lugares de difícil acceso.

Los retardos que presentan las transmisiones por satélite hacen que esta tecnología no sea la más adecuada para aplicaciones en tiempo real.

Por lo dicho anteriormente la microonda satelital no se tomará en cuenta para el diseño de la red de Marathon Sports.

3.2.5.3 Frame Relay

En este caso por tratarse de la tecnología con la que actualmente cuenta la red de Marathon Sports se considerará conservar esta tecnología en los enlaces correspondientes especialmente a los locales con menor volumen de tráfico en los cuales no se justifique la implementación de una nueva tecnología.

3.2.5.4 IEEE 802.16a (WIMAX)

Esta nueva tecnología pretende revolucionar el mercado de las comunicaciones inalámbricas de banda ancha, lamentablemente en la actualidad no existe aún equipo estandarizado para esta tecnología por lo tanto no será tomada en cuenta para el diseño de los enlaces de Marathon Sports; sin embargo, esta tecnología ha sido planteada en este estudio como una alternativa inalámbrica para las redes de acceso de banda ancha, que posiblemente en algunos años llegará a ser considerada una de las más importantes y menos costosas.

3.2.5.5 Spread Spectrum

Tomando en cuenta los requerimientos de la empresa Marathon Sports para sus enlaces de acceso, se considera que el uso de enlaces inalámbricos basados en la tecnología de Espectro Ensanchado está acorde con los objetivos planteados inicialmente en la realización del presente proyecto ya que hace posible instalar una infraestructura de red de acceso propia, con soporte para aplicaciones en tiempo real y con costos de inversión recuperables a mediano plazo.

CAPITULO 4

DISEÑO DE LOS ENLACES

4.1 INTRODUCCIÓN

En los capítulos anteriores se definió el ancho de banda requerido por los canales de cada uno de los enlaces así como la tecnología que será empleada en el diseño de los mismos. De acuerdo a la información de tráfico obtenida se diseñará una solución inalámbrica basada en la tecnología Spread Spectrum para el caso de las ciudades de Quito y Guayaquil, mientras que para el caso del enlace Manta-Portoviejo por tratarse de un único enlace que unirá el almacén central ubicado en la ciudad de Manta, con el almacén de Portoviejo y considerando que la capacidad del canal requerida está apenas en el orden de las decenas de kbps, se han formulado dos propuestas: una solución inalámbrica Spread Spectrum y la contratación de un enlace Frame Relay de mayor capacidad que el actual; la selección de la mejor solución para este caso se lo hará luego de comprobar cual de estas dos presenta una mejor relación costo beneficio.

4.2 GRÁFICO DEL PERFIL TOPOGRÁFICO

4.3 PROPAGACIÓN

Al propagarse una onda electromagnética a través de la atmósfera el principal fenómeno que se presenta es la refracción, este puede provocar una desviación en la trayectoria de la onda.

La refracción se presenta cuando las ondas electromagnéticas pasan de un medio que posee un índice de refracción a otro con un valor diferente, el índice de refracción se define de la siguiente manera:

$$\text{Índice de refractividad} = \frac{\text{velocidad de propagación en el vacío}}{\text{velocidad de propagación en el medio atravesado}}$$

Para sistemas de comunicaciones en los cuales la onda electromagnética se propaga desde el transmisor hacia un receptor a través de la atmósfera terrestre su trayectoria se ve afectada por el efecto de la refracción que decrece de manera gradual a medida que la aumenta la altura provocando una curvatura en señal, como se puede apreciar en la figura 4-1.

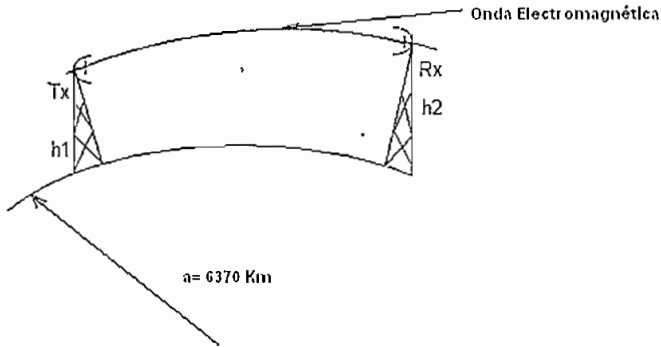


Figura 4-1.- Curvatura que sufre la trayectoria de la onda electromagnética al atravesar la atmósfera terrestre

4.4 PERFIL TOPOGRÁFICO

Para efectos de diseño de radioenlaces existen dos tipos de alternativas en cuanto a como se prefiera trabajar para realizar el gráfico del perfil topográfico, estas son: rayo directo sobre tierra equivalente y rayo equivalente sobre tierra plana.

4.4.1 RAYO DIRECTO SOBRE TIERRA EQUIVALENTE

Este método consiste en lograr que el rayo de propagación de la onda cuya característica es propagarse en una trayectoria curva, viaje en una trayectoria recta entre el transmisor y el receptor, lo cual se logra por medio de una "corrección" que se hace al radio de la tierra ($a = 6370 \text{ Km}$), multiplicándolo por un factor K , obtenido un radio ficticio de la tierra R_K , como se puede observar en la Figura 4-2; el factor $K = 4/3$, de acuerdo a experimentos es un valor medio de K para una atmósfera estándar.

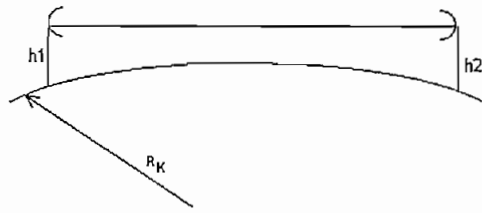


Figura 4-2.- Distancia radio horizonte

Para emular una trayectoria recta de propagación de la onda electromagnética se debe corregir todos los puntos del perfil topográfico para ello se debe definir cuatro parámetros que son:

d = distancia total del trayecto

d_1 = punto del trayecto donde se desea realizar la corrección

d_2 = diferencia entre la distancia total del trayecto y d_1 ($d - d_1$)

h_i = altura que se desea corregir

En la figura 4-3 se presenta los parámetros antes mencionados.

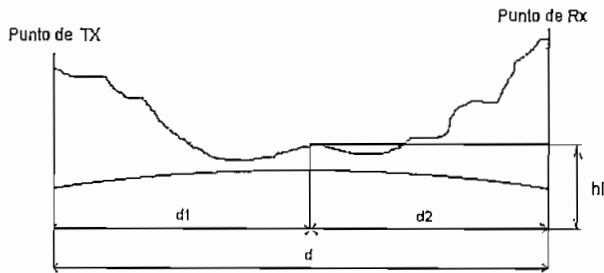


Figura 4-3.- Corrección del perfil topográfico

El factor de corrección que se añadirá a cada altura para obtener la altura corregida, se calcula en base a las siguientes ecuaciones:

$$h_c = \frac{d_1 * d_2}{2 * K * a} \quad [m]$$

Donde:

d = Distancia total del trayecto [m]

d_1 = punto del trayecto donde se desea realizar la corrección [m]

$d_2 = d - d_1$

K = Factor de corrección. (Generalmente 4/3)

a (radio de la Tierra) = 6370000 [m]

h_i = altura que se desea corregir

$$d_2 = d - d_1 \text{ [m]}$$

$$H = h_i + h_c \text{ [m]}$$

Donde:

H = Altura corregida

4.4.2 RAYO EQUIVALENTE SOBRE TIERRA PLANA

En este caso se considera a la superficie de la tierra como un terreno plano sobre el cual se propaga la señal describiendo una trayectoria circular de radio r_k , que se obtiene de la multiplicación del radio de curvatura de la onda electromagnética (r) por un factor de corrección K , como se puede apreciar en la Figura 4-4.



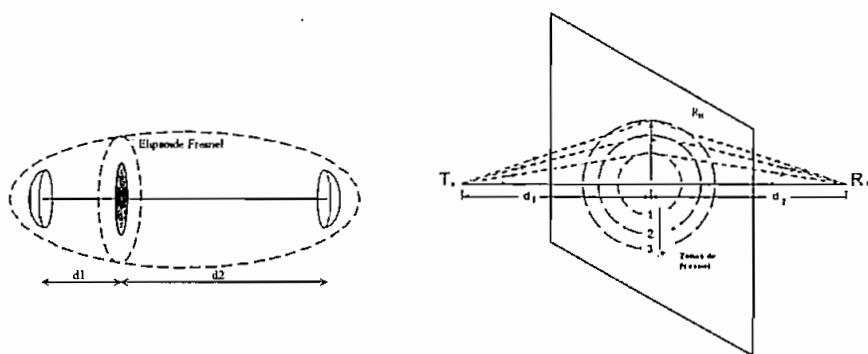
Figura 4-4.- Distancia radio horizonte

Para realizar el trazado del perfil topográfico de los enlaces a diseñarse en este capítulo se tomarán las medidas pertinentes en cuanto a las alturas y distancias del terreno sobre el cual se transmitirá la señal; estos datos serán ubicados usando el método antes descrito de rayo directo sobre tierra equivalente.

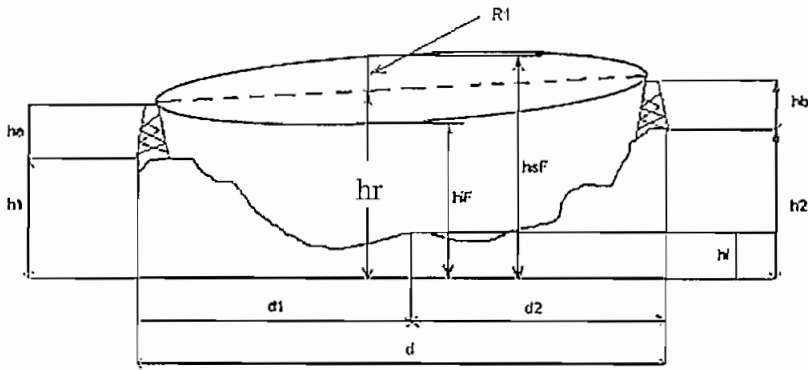
4.5 ZONA DE FRESNEL

Una onda electromagnética al propagarse desde un transmisor hacia un receptor forma una elipsoide de revolución cuyo frente de onda está constituido por anillos circulares concéntricos, como se indica en la Figura 4-5 (a), los cuales son generados por los rayos difractados en fase y en contrafase de manera alternada, en las zonas pares el rayo difractado llega desfasado con el rayo directo, atenuando la señal al sumarse en contrafase, mientras que en las zonas impares, el efecto es aditivo; cada uno de estos anillos concéntricos se conocen como Zona de Fresnel.

En la denominada primera Zona de Fresnel se encuentra concentrada la mayor cantidad de potencia destinada hacia el receptor; el aporte de potencia a partir de la segunda zona de Fresnel disminuye a medida que el orden de la zona se incrementa, de modo que el aporte total de todas las zonas a partir de la segunda, resulta ser la mitad del aporte de la primera zona de Fresnel.



(a)



(b)

Figura 4-5.- (a) Gráfica de la elipsoide de Fresnel y del frente de onda (b) Parámetros necesarios para graficar la primera zona de Fresnel

El radio de la primera Zona de Fresnel se calcula con la siguiente ecuación:

$$R_1 = 547.7 * \sqrt{\frac{d_1 * d_2}{f * d}} \quad [\text{Km}]$$

Donde:

\$R_1\$ = Radio de la Primera Zona de Fresnel [Km]

\$d\$ = distancia total del trayecto [Km]

\$d_2\$ = \$d - d_1\$ [Km]

\$d_1\$ = distancia en un punto del trayecto donde se desea evaluar la zona de Fresnel [Km]

\$f\$ = Frecuencia de operación [Mhz]

Para las zonas subsiguientes se tiene la siguiente relación:

$$R_N = \sqrt{N} * R_1$$

Donde:

\$N\$ = Número de la Zona de Fresnel (2, 3, 4,....)

Para graficar la primera zona de Fresnel se necesita otro parámetro denominado h_r , el mismo que se calcula en base a varios parámetros que se presentan en la figura 4-5 (b) por medio de las siguientes ecuaciones:

$$h_r = [(h_2 + h_b) - (h_a + h_1)] * \frac{d_1}{d} + (h_1 + h_a) \text{ [m]}$$

Donde:

h_r = Altura del rayo [m].

h_1 = Altura del punto de transmisión [m]

h_2 = Altura del punto de recepción [m]

h_a = Altura de la antena de transmisión [m]

h_b = Altura de la antena de recepción [m]

Una vez calculado h_r se procede a encontrar la altura superior e inferior de la Zona de Fresnel por medio de las siguientes ecuaciones:

$$h_{sF} = h_r + R1 \text{ [m]}$$

$$h_{iF} = h_r - R1 \text{ [m]}$$

Donde,

h_{sF} = Altura superior de la Zona de Fresnel [m]

h_{iF} = Altura inferior de la Zona de Fresnel [m]

$R1$ = Radio de la Primera zona de Fresnel [m]

4.6 PÉRDIDAS QUE SE PRESENTAN EN LOS RADIOENLACES

4.6.1 ATENUACIÓN POR ESPACIO LIBRE

Al viajar una onda electromagnética desde un transmisor hacia un receptor, se considera una propagación en el espacio libre cuando en el receptor se capta solo la onda directa, es decir que la onda reflejada en el suelo ha sido interrumpida por algún obstáculo. [5]

Para un radioenlace con propagación por línea de vista se considera a la atmósfera como espacio libre cuando la primera zona de Fresnel no está obstruida, bajo estas condiciones, la onda electromagnética sufre pérdidas debido a la distancia y a la frecuencia de propagación denominadas atenuación en el espacio libre, la cual está definida por la siguiente ecuación.

$$\alpha E_0 = 92.4 + 20 \log (f) + 20 \log (d) \quad [\text{dB}]$$

Donde:

d = distancia entre el transmisor y el receptor [Km]

f = frecuencia a la cual se propaga la onda electromagnética [GHz]

En la ecuación anterior se puede observar que la atenuación básica de propagación αE_0 es proporcional al cuadrado de la frecuencia de operación y al cuadrado de la distancia entre transmisor y receptor.

4.6.2 ATENUACIÓN POR DIFRACCIÓN

La atenuación por difracción se da cuando la propagación de la onda electromagnética entre el transmisor y el receptor se encuentra parcialmente obstruida, dependiendo del tipo de obstrucción se habla de tres tipos de atenuaciones: sobre suelo esférico, por meseta y por cumbre.

Los valores de atenuación para cada uno de estos casos pueden obtenerse fácilmente mediante el uso de nomogramas.

4.6.2.1 Atenuación por difracción sobre el suelo esférico

Este cálculo se realiza en el caso de que no exista una visibilidad directa entre el transmisor y el receptor debido a la esfericidad que presenta la Tierra; para poder comprender mejor este fenómeno es importante definir la distancia radio horizonte.

Se conoce como distancia radio horizonte al alcance máximo de una onda electromagnética que se propaga a través de la atmósfera desde una antena con altura h_t antes de perderse debido a la curvatura de la tierra. [14]

A partir de la Figura 4-6 se obtendrá la ecuación de la distancia radio horizonte.

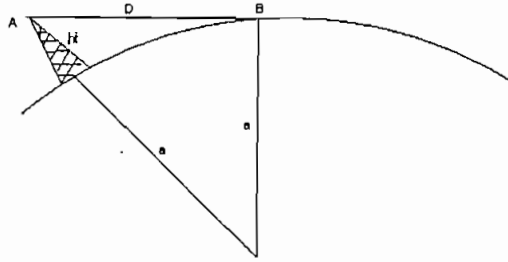


Figura 4-6.- Distancia radio horizonte

Donde:

a = radio de la tierra [6370 Km]

h_t = altura de la antena [m]

D = distancia radio horizonte [Km]

De la Figura 4-6 se obtiene la ecuación:

$$D^2 + a^2 = (h_t + a)^2$$

Despejando la distancia del radio horizonte,

$$D = \sqrt{h_t (2a + h_t)}$$

Considerando que $a \gg h_t$,

$$D = \sqrt{h_t (2a)}$$

Reemplazando $a=6370$ Km y considerando que h_t debe estar en metros:

$$D = 3.57 \sqrt{h_t} \text{ [Km]}$$

En esta expresión no se ha tomado en cuenta la difracción que causa la atmósfera terrestre sobre la onda electromagnética propagada, razón por la cual es necesario multiplicar esta fórmula por un factor de corrección de 1.15 en el caso de estar usando un valor de $K= 4/3$ obteniendo como resultado la siguiente expresión:

$$d_r = 1.15 * D$$

Una vez definida la distancia radio horizonte podemos pasar a determinar la atenuación por difracción sobre suelo esférico, en la figura 4-7 se presenta una representación del mismo.

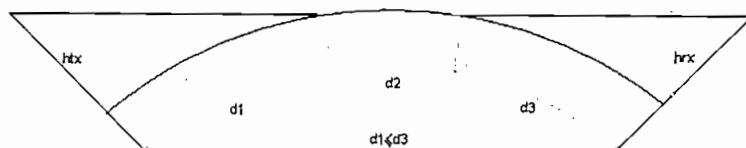


Figura 4-7.- Propagación por difracción

De la Figura 4-7 se puede deducir que la atenuación total (α_d) estará dada por la suma de tres atenuaciones parciales correspondientes a los trayectos d_1 , d_2 y d_3 , las mismas que se obtienen a partir del nomograma 1 del anexo C, es decir:

$$\alpha_d = \alpha_{d1} + \alpha_{d2} + \alpha_{d3} \quad [\text{dB}]$$

En la práctica se considera que no existe atenuación por difracción para el caso en que la primera zona de Fresnel no se encuentra obstruida por ningún obstáculo.

4.6.2.2 Atenuación por meseta

Esta se da cuando existe una meseta obstruyendo la línea de vista en un porcentaje mayor a 50 % del trayecto, como se indica en la Figura 4-8; la atenuación producida por una obstrucción de este tipo se la puede calcular mediante el nomograma 2 del anexo C.

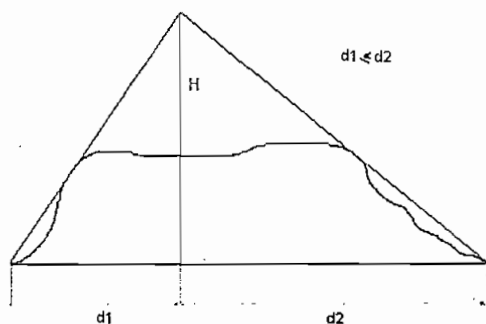


Figura 4-8.- Atenuación por meseta

4.6.2.3 Atenuación por cumbre

Se presenta cuando el trayecto de la onda electromagnética entre el transmisor y el receptor está obstruido por una cumbre. Esta atenuación se la calcula mediante el uso del nomograma 3 del anexo C; para el uso de este nomograma se considera $H+$ si la cumbre obstruye la línea de vista y $H-$ si se obstruye la primera zona de Fresnel.

Se puede tener el caso en el cual el trayecto de la onda es obstruida por mas de una cumbre, aquí se deberá sumar las atenuaciones parciales producidas por cada una de las cumbres para obtener la atenuación total por cumbre.

En la Figura 4-9 se presenta los parámetros necesarios para utilizar el nomograma 3 del anexo C y poder calcular las atenuaciones de las cumbres.

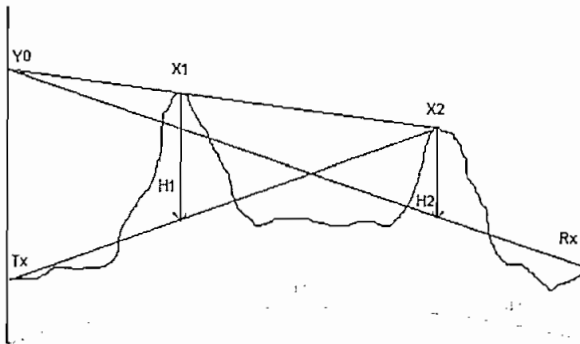


Figura 4-9.- Obstrucción debida a dos cumbres

Para obtener la atenuación α_1 producida por la cumbre 1, se considera que la antena receptora se encuentra en la ubicación X2 y se toma la altura H1 como positiva para ser usada en el nomograma 3 del anexo C, mientras que para calcular la atenuación α_2 producida por la cumbre 2 se considera que la antena de transmisión se encuentra ubicada en el punto Y0 (este punto se encuentra uniendo los puntos X1 y X2 y proyectándolo hasta llegar al punto de transmisión) y se toma la altura H2 para el calculo de la atenuación usando el nomograma 3 del anexo C.

En el caso de que la primera zona de fresnel la que se encuentra obstruida por una o varias cumbres esta atenuación también se la debe calcular pero con la consideración de que la altura H será tomada como negativa.

4.6.3 ATENUACIÓN POR ESFERICIDAD DE LA TIERRA

Las antenas de transmisión y recepción deben cumplir con una altura mínima, la cual viene dada por la siguiente ecuación:

$$h_c = 30 * \lambda^{2/3} \text{ [m]}$$

Donde:

λ = longitud de onda [m]

En caso de que las antenas no cumplan con este requerimiento de altura mínima, a pesar de que exista línea de vista entre ellas se presenta la atenuación debida a la esfericidad de la Tierra que puede ser calculada por medio del uso del nomograma 4 del anexo C.

4.6.4 ATENUACIÓN POR REFLEXIÓN

Para calcular la atenuación por reflexión es necesario ubicar el parámetro denominado punto de reflexión, este valor se calculará con ayuda de la Figura 4-10 que muestra varios valores que se incluyen en las fórmulas.

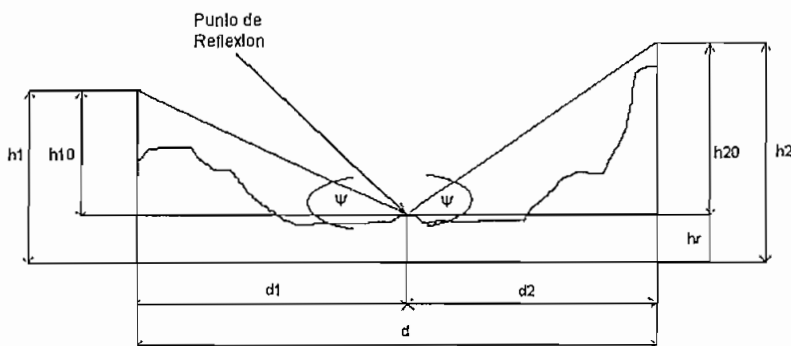


Figura 4-10.- Punto de reflexión de la onda sin obstáculos en su trayecto

Primeramente se escoge un punto de reflexión tentativo (h_r) procurando que el mismo se encuentre dentro de una zona plana del perfil topográfico; como siguiente paso se procede a calcular los valores h_{10} y h_{20} por medio de las siguientes ecuaciones:

$$h_{10} = h_1 - h_r \text{ [m]}$$

$$h_{20} = h_2 - h_r \text{ [m]}$$

Donde:

h_{10} = Altura de la antena de transmisión (valor tomado desde el punto de reflexión) [m]

h_{20} = altura de la antena de recepción (valor tomado desde el punto de reflexión) [m]

h_1 = Altura de la antena de transmisión [m]

h_2 = Altura de la antena de recepción [m]

Una vez obtenidos estos valores se calcula los coeficientes c y m con las siguientes fórmulas:

$$c = \frac{|h_{10} - h_{20}|}{|h_{10} + h_{20}|}$$

$$m = \frac{1}{2} * \frac{1}{2ka} * \frac{d^2}{h_{10} + h_{20}}$$

Donde:

k = Factor del radio efectivo de la tierra

a = radio de la Tierra, [6370 Km]

d = distancia del enlace [Km]

Con el valor de m y c se obtiene el valor del parámetro b a partir del nomograma 5 del anexo C; luego se calcula el punto de reflexión con la siguiente ecuación:

$$d_{r1} = \frac{d}{2} * (1 + b) \text{ [Km]}$$

Donde:

d_{r1} = distancia desde la antena de transmisión a la que se encuentra ubicado el punto de reflexión

d = distancia total del trayecto [Km]

b = parámetro calculado en base a los coeficientes c y m

Una vez hallado este valor se halla la altura correspondiente a esta distancia por medio del perfil topográfico y se lo compara con el valor h_r asumido; en caso de no coincidir con el mismo se repite los cálculos hasta lograr llegar a obtener este valor.

Otro caso ocurre cuando el rayo reflejado se encuentra obstruido por un obstáculo, en la Figura 4-11 se pueden apreciar los parámetros que se usarán para el cálculo del punto de reflexión bajo esta condición.

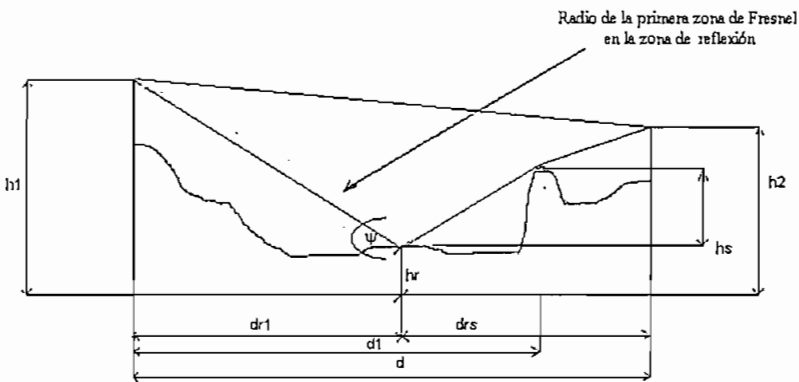


Figura 4-11.- Reflexión de onda con obstáculos

Primero se escoge un punto de reflexión con su respectiva altura h_r , luego se calcula h_{10} con la ecuación ya descrita anteriormente, y h_{s0} por medio de la siguiente expresión:

$$h_{s0} = h_s - h_r \quad [m]$$

Donde:

h_s = Altura de la cumbre desde el punto de reflexión [m]

h_r = Altura del punto de reflexión [m]

Se calculan los coeficientes c y m con las siguientes ecuaciones:

$$c = \frac{h_{10} - h_{s0}}{h_{10} + h_{s0}}$$

$$m = \frac{1}{2} * \frac{1}{2ka} * \frac{d_1^2}{h_{10} + h_{s0}}$$

Donde:

d_1 = distancia entre la antena de transmisión y la cumbre que obstaculiza el rayo reflejado [Km]

Con el nomograma 5 del anexo C se encuentra el valor de la constante b y se repite el procedimiento antes descrito para encontrar $dr1$ con su correspondiente altura y compararlo con el valor escogido de h_r .

Una vez obtenido el punto de reflexión se debe calcular el valor del ángulo ψ denominado ángulo rasante de la onda reflejada con la siguiente ecuación:

$$\psi = \arctan\left(\frac{h_{10}}{dr1 * 1000}\right) \text{ [grados]}$$

Donde:

h_{10} = Altura de la antena de transmisión (valor tomado desde el punto de reflexión) [m]

$dr1$ = Distancia desde la antena de transmisión hasta el punto de reflexión [m]

es importante no solo encontrar el punto de reflexión, ya que ésta es en si una área de reflexión en la cual hay que determinar el valor del radio de Fresnel (Tl) en dicha zona por medio de la siguiente ecuación:

$$Tl = \frac{r_f}{\text{Sen}(\psi)} \text{ [m]}$$

Donde:

r_f = Radio de la primera zona de Fresnel en el punto de reflexión [m]

Luego se determina si el suelo es liso o rugoso por medio del criterio de *Raleyigh*, el cual define que una superficie es considerada como rugosa cuando las irregularidades del terreno producen una variación mayor a $\lambda/8$ en los trayectos 1 y 2 que se presentan en la Figura 4-12.

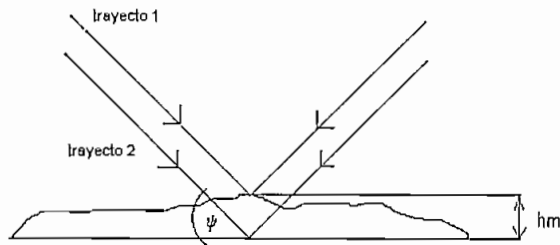


Figura 4-12.- Criterio de Rayleigh

Por medio del uso de las siguientes ecuaciones matemáticas se determina el tipo de suelo:

$$h_m = \frac{\lambda}{16 * \text{Sen}\varphi}$$

$$H_m = \frac{(h_{\max} - h_{\min})}{2}$$

Donde:

λ = Longitud de onda [m]

ψ = Angulo rasante de la onda reflejada [grados]

h_m = Altura media del terreno en el punto de reflexión [m]

h_{\max} = Altura máxima del terreno en la zona de TI [m]

h_{\min} = Altura minina del terreno en la zona de TI [m]

H_m = Altura media del terreno en la zona de TI [m]

Con estos resultados se determina si:

$$H_m < \frac{\lambda}{16 * \text{Sen}\varphi} \rightarrow \text{Superficie plana}$$

$$H_m > \frac{\lambda}{16 * \text{Sen}\varphi} \rightarrow \text{Superior rugosa}$$

Si la superficie es lisa, se tiene ondas reflejadas que pueden causar interferencia en el receptor y la atenuación causada por las mismas se pueden obtener por medio de la Tabla 4-1.

Frecuencia (Mhz)	Agua (dB)	Arrozal (dB)	Campo seco (dB)	Ciudad pequeña y bosque (dB)	Ciudad grande (dB)
60	0	1	2	5	10
250	0	1	3	7	12
400	0	1	4	8	14
800	0	1	4	9	15
2000	0	2	4	10	-----
4000	0	2	6	14	-----
6000	0	2	6	14	-----
8000	0	2	8	16	-----

Tabla 4-1.- Valores de atenuación por reflexión para distintos escenarios y frecuencias

Si la tierra es rugosa las diferentes reflexiones que se produzcan sobre la superficie se atenuarán.

4.6.5 ATENUACIÓN POR LLUVIA

Esta atenuación se da por la absorción y dispersión que causa la lluvia.

Cuando se trabaja en rangos de frecuencia menores a los 5 GHz el efecto producido es despreciable, a medida que sobrepasamos este nivel de frecuencia el efecto de atenuación aumenta considerablemente.

Este valor se lo puede calcular de la siguiente manera:

Primero se obtiene el índice de precipitación $R_{0,01}$ superado durante el 0.01 % del tiempo (en un intervalo de tiempo de integración de 1 min.), valor que para la zona de Ecuador según la Recomendación UIT-R P.837 es igual a 95 mn/h. [14]

La atenuación específica para la polarización, y frecuencia en la que se trabaje se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$\gamma R = k * r^\alpha$$

Los valores de los coeficientes k y α se presentan en la Tabla 4-2 para valores distintos de frecuencia y polarización para trayectos horizontales.

Frecuencia	kh	kv	ah	av
4	0.00065	0.000591	1.121	1.075
6	0.00175	0.00155	1.308	1.265
7	0.00301	0.00265	1.332	1.312
8	0.00454	0.00395	1.327	1.31

Tabla 4-2 Coeficientes k y α para distintos valores de frecuencia [16]

Una estimación de la atenuación viene dada por la siguiente fórmula:

$$A_{0,01} = \gamma R * d * r$$

Donde:

d = Distancia del trayecto

r es calculado utilizando la siguiente ecuación:

$$r = \frac{1}{1 + \frac{d}{d_0}}$$

Donde:

$$d_0 = 35 * e^{-0.015 R_{0,01}}$$

Una estimación de la atenuación viene dada por la siguiente fórmula:

$$A_{0,01} = \gamma R * d * r$$

4.6.6 CÁLCULO DE LA CONFIABILIDAD DE UN RADIONELACE

La confiabilidad de un radioenlace es el porcentaje de tiempo durante el cual la señal en el receptor se encuentra dentro de los límites mínimos para obtener una señal perceptible, es decir, indica el porcentaje de tiempo en el cual un enlace funciona correctamente.

Un método muy usado es el de perfil de presupuesto de pérdidas, el mismo que se ilustra en la Figura 4-13.

Primero se necesita obtener la potencia de la señal que entra al receptor a través de la siguiente fórmula:

$$P_{in} = P_{Tx} + G_{Tx} - \alpha_{Tx} - \alpha_{Total} + G_{Rx} - \alpha_{Rx} \quad (\text{dBm})$$

Donde:

P_{Tx} = Potencia de salida del Transmisor [dBm]

G_{Tx} = Ganancia de la antena de Transmisión [dBi]

α_{Tx} = Pérdidas en las líneas de alimentación del transmisor [dB]

α_{Total} = Perdidas totales en el trayecto de propagación [dB]

G_{Rx} = Ganancia de la antena de Recepción [dBi]

α_{Rx} = Pérdidas en las líneas de alimentación de recepción [dB]

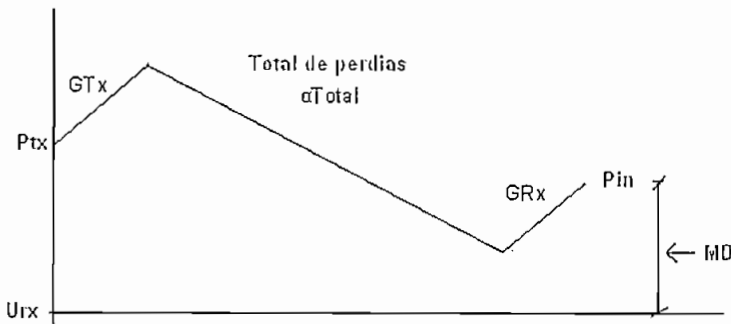


Figura 4-13.- Método del presupuesto de pérdidas

Luego de obtener el valor de P_{in} se debe calcular el valor del umbral de recepción (U_{Rx}) así como el margen de desvanecimiento (MD).

El umbral de recepción está definido en la siguiente ecuación:

$$U_{Rx} = (-171+3) + F + U_{FM} + 30 + 10 \log BW \text{ [dBm]}$$

Donde:

F = Factor de ruido [dB]

U_{FM} = Umbral de mejoramiento (valor que es aproximadamente iguala 10 dB)

BW = Ancho de Banda dentro del cual trabaja el receptor [Hz]

Cabe aclarar que el valor de la sensibilidad del receptor que viene definida por los fabricantes de los equipos tiene una relación directa con el nivel de umbral de recepción.

El margen de desvanecimiento del sistema se define de la siguiente manera:

$$MD = P_{in} - U_{Rx} \text{ [dB]}$$

A partir del margen de desvanecimiento MD calculado se puede obtener la probabilidad de falla del sistema

$$P_f = 2.3 \cdot 10^{-6} \cdot f \cdot d^3 \cdot 10^{-MD/10}$$

Donde:

f= frecuencia en [Ghz]

d= distancia del enlace [Km]

$$\% \text{ disponibilidad} = (1 - P_f) \cdot 100$$

4.6.7 OBJETIVO DE CALIDAD

Otro método para asegurar un buen funcionamiento de un sistema inalámbrico es definir el Margen de desvanecimiento para una disponibilidad del sistema específica.

Al igual que otros sistemas de comunicación, un sistema inalámbrico debe cumplir con un objetivo de calidad para una tasa de bits errados BER esperada. El objetivo de calidad usualmente se especifica en términos del tiempo máximo de falla permitido en un sistema, expresado en porcentaje del tiempo total de servicio del sistema en un período determinado.

Mediante la fórmula de Barnett-Vignand, se puede calcular el Margen de Desvanecimiento para disponibilidades sobre una base anual:

$$FM = 30 \log d + 10 \log (6 \cdot A \cdot B \cdot f) - 10 \log (1 - R) - 70 \text{ [dB]}$$

Donde:

1-R= Objetivo de calidad para una ruta de 400 Km;

Por lo tanto el factor 1-R para una distancia distinta de 400 Km es:

$$\frac{(1 - R) \cdot d}{400}$$

Donde:

d es la distancia del trayecto en [km]

A = Factor de Rugosidad

B = Factor de conversión de la probabilidad del peor mes en una probabilidad anual

En la Tabla 4-3 se muestran los valores de los factores A y B

Factor	Valor	Aplicación
A	4	Terreno muy liso inclusive sobre agua
	1	Terreno promedio con alguna rugosidad
	1/4	Terreno montañoso muy rugoso
B	1/2	Grandes lagos, áreas húmedas o áreas calientes similares
	1/4	Áreas continentales promedio
	1/8	Áreas montañosas o muy secas

Tabla 4-3.- Valores de los factores A y B . [17]

Para que el sistema diseñado cumpla el objetivo de calidad, se requiere que la diferencia entre el valor del Margen de Desvanecimiento del sistema y FM para un objetivo de calidad especificado sea positivo, como se aprecia en la Figura 4-14.

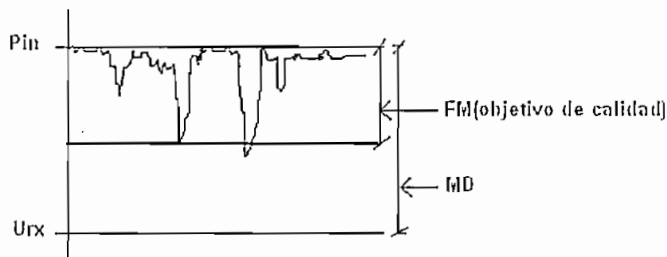


Figura 4-14.- Representación gráfica de la relación entre MD y FM para un enlace

4.7 DISEÑO DE LOS ENLACES

Como ya se describió en la capítulo 3 se ha escogido la tecnología Spread Spectrum para el diseño de los enlaces inalámbricos; antes de comenzar el diseño del sistema en estudio, es necesario tomar en cuenta que su operación se encuentra regulada en el Ecuador por el CONATEL¹ en su Resolución No. 538-20 del año 2000. [anexo D]

4.7.1 OPERACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE SISTEMAS DE ESPECTRO ENSANCHADO EN EL ECUADOR.

Las bandas de frecuencia asignadas para la operación de los sistemas de Espectro Ensanchado son las denominadas ICM que no requieren licencia para operar y son:

902 – 928 Mhz

2400 – 2483,5 Mhz

5725 – 5850 Mhz

Los sistemas en modo de espectro ensanchado de secuencia directa, salto de frecuencia o híbridos podrán operar bajo las siguientes configuraciones:

Sistemas fijos punto a punto

Sistemas fijos punto – multipunto

Sistemas móviles

4.7.1.1 Potencia Máxima de Salida.

Para los sistemas con salto de frecuencia o secuencia directa que operen en las bandas de 2400 – 2483,5 MHz la potencia máxima de salida del transmisor autorizada será de 1 vatio, si se usan antenas con ganancia de hasta 6 dBi, para ganancias superiores, la potencia máxima permitida se reducirá en 1dB por cada 3 dB de ganancia de la antena que exceda de los 6 dBi.

¹ CONATEL: Consejo Nacional de Telecomunicaciones

Los sistemas que operan en la banda 5725 – 5850 MHz, podrán utilizar antenas con una ganancia superior a 6 dBi, sin reducir la potencia máxima del transmisor de 1 vatio.

4.7.1.2 Intensidad de Campo Eléctrico.

La intensidad de campo máxima permitida para las emisiones de los equipos de espectro ensanchado, se muestra en la Tabla 4-4, los límites de intensidad de campo indicados deberán ser medidos a 3 metros de distancia de la antena y corresponden al valor medio.

Frecuencia Asignada en las bandas (MHz)	902 – 928	2400 – 2483,5	5725 – 5850
Intensidad de campo de la frecuencia fundamental (mV/m)	50	50	50
Intensidad de campo de las armónicas (mV/m)	500	500	500

Tabla 4-4.- Intensidad de campo eléctrico máxima

4.7.1.3 Ganancia de Procesamiento.

En la Tabla 4-5 se presentan los valores mínimos de ganancia de procesamiento permitidas para los diferentes tipos de sistemas.

Tipo de Sistema	GP mínima
Secuencia Directa	10 dB
Salto de Frecuencia	75 dB
Híbridos	17 dB

Tabla 4-5.- Ganancia de Procesamiento mínima requerida

4.7.2 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA INALÁMBRICO PROPUESTO PARA MARATHON SPORTS

Actualmente la mayoría de sistemas de espectro ensanchado operan en la banda de los 2.4 Ghz, por lo que estas frecuencias están llegando a congestionarse, por esta razón se está empezando a utilizar la tercera banda sin licencia correspondiente a los 5.8 Ghz, en esta frecuencia, se presenta una zona de fresnel más angosta, esto puede ser ventajoso cuando la señal debe propagarse a través de pequeños espacios entre edificios y árboles; se puede tener transmisiones mayores a los 11 Mbps, aunque se requieren antenas con mayor ganancia a esta frecuencia para cubrir la misma distancia que en los 2.4 Ghz.

Tomando en cuenta las observaciones anteriores, se ha definido que la operación del sistema de Marathon Sports será en la banda de los 5.8 Ghz.

La configuración del sistema propuesto se muestra en la Figura 4-15.

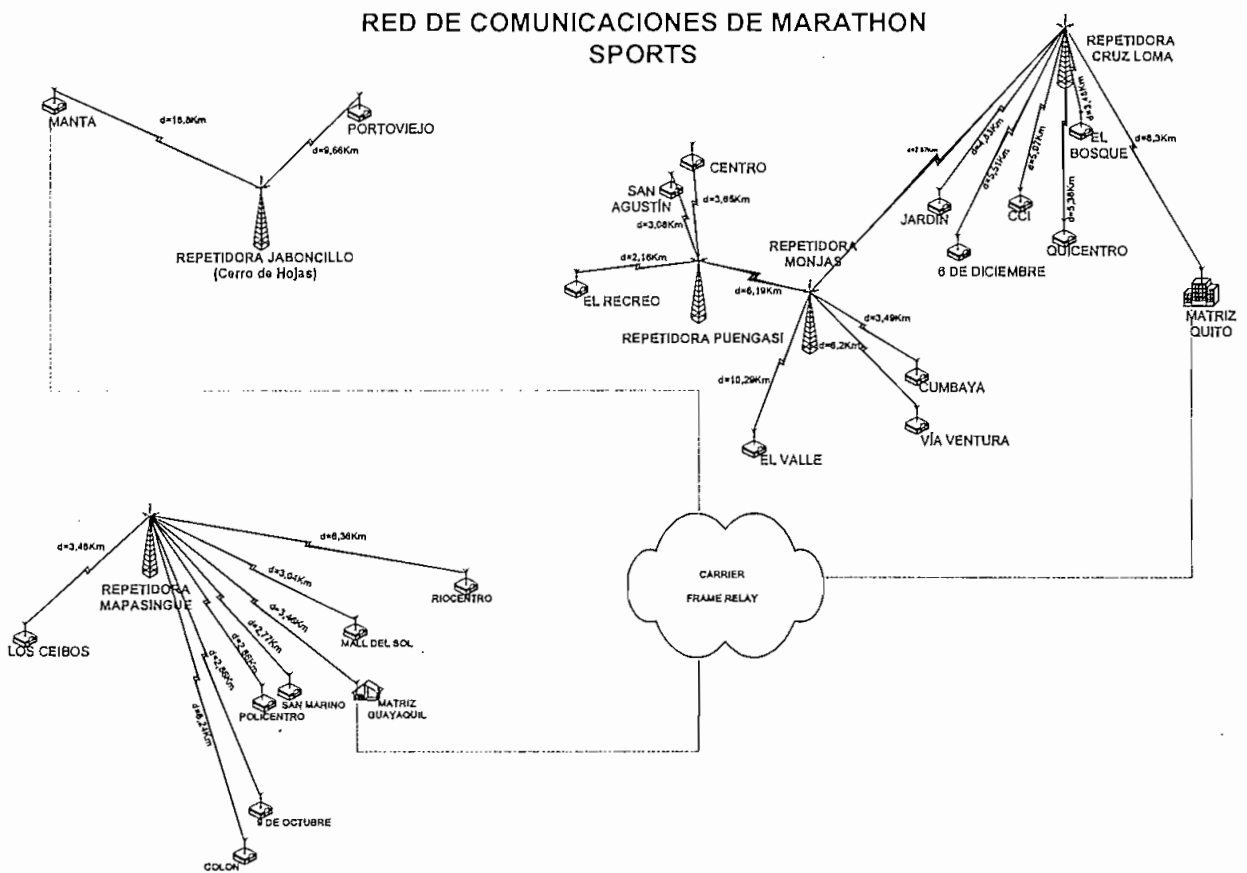


Figura 4-15.- Esquema de la red inalámbrica propuesta para Marathon Sport

4.7.2.1 Enlaces en la ciudad de Quito

Para enlazar los almacenes de la ciudad de Quito se utilizará tres repetidoras ubicadas en: Cruz Loma, Puengasi y Monjas.

Repetidora Cruz loma:

Esta repetidora cubrirá la zona norte de la ciudad (comprendida por los almacenes: Bosque Sports, C.C.I. Sports, Jardín Sports, Quicentro Sports, 6 de Diciembre y Matriz Quito), tal como se observa en la Figura 4-16.

Latitud : 00°10'3"
 Longitud : 78°31'30"
 Altura : 3861 m.s.n.m¹

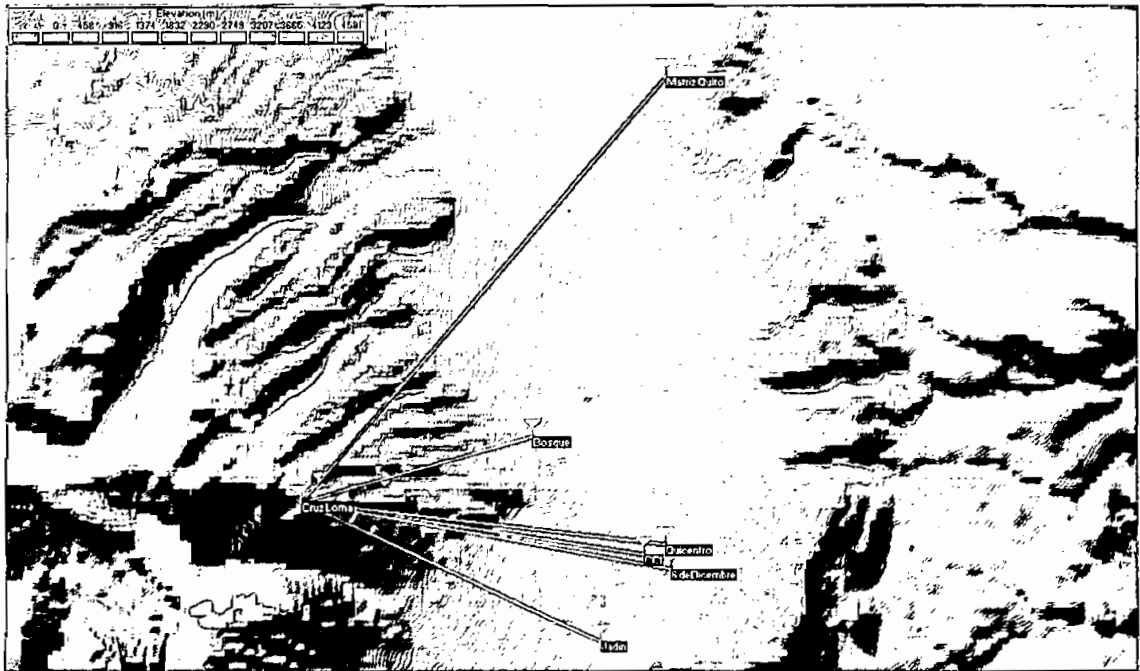


Figura 4-16.- Gráfica de los enlaces correspondientes a la repetidora de Cruz Loma

¹ m.s.n.m: metros sobre el nivel del mar

Repetidora Puengasí:

Esta repetidora cubrirá la zona sur de la ciudad (comprendida por los almacenes: Centro, San Agustín y Recreo), la distribución de los enlaces se encuentra en la Figura 4-17.

Latitud : 00°14'54"
 Longitud : 78°30'02"
 Altura : 3079 m.s.n.m

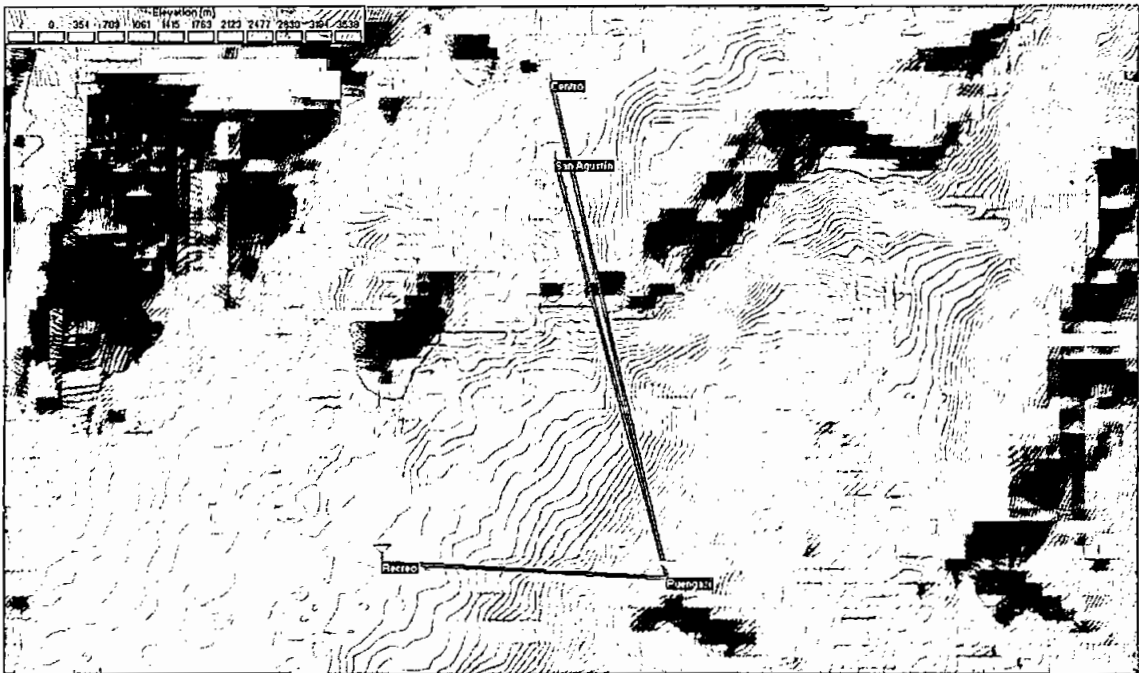


Figura 4-17.- Gráfica de los enlaces correspondientes a la repetidora de Puengasí

Repetidora Monjas:

Esta repetidora cubrirá la zona de los valles aledaños a la ciudad (comprendida por los almacenes: Cumbayá, Vía Ventura, Valle), los enlaces se muestran en la Figura 4-18.

Latitud : 00°12'15"
 Longitud : 78°27'59"
 Altura : 2901 m.s.n.m

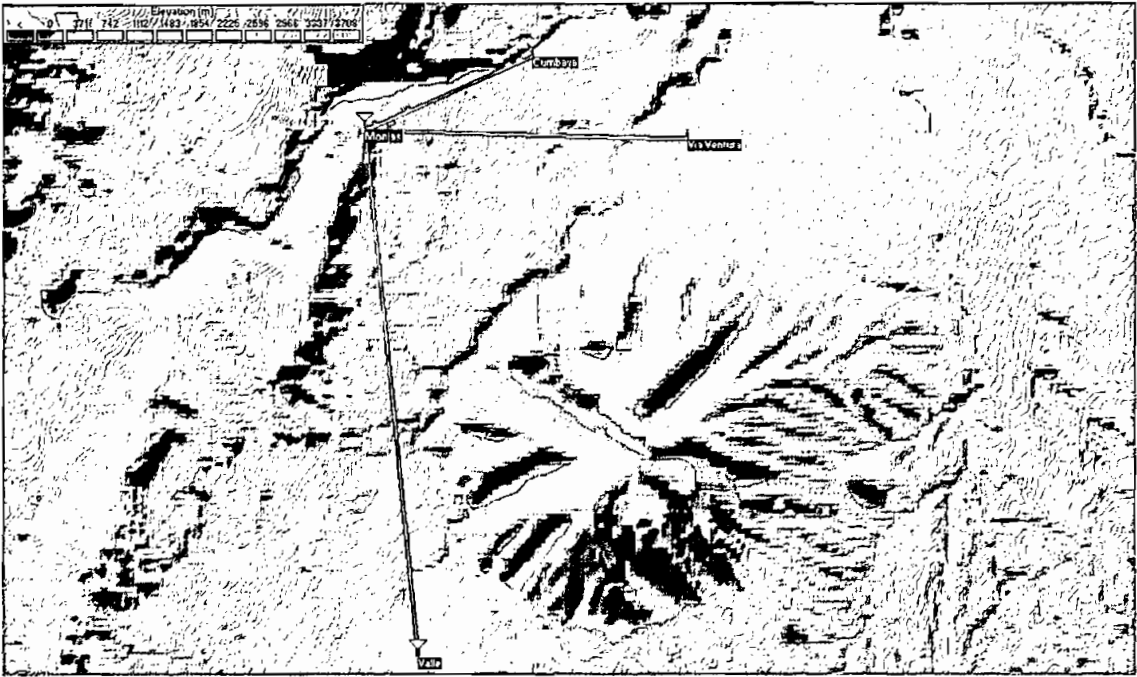
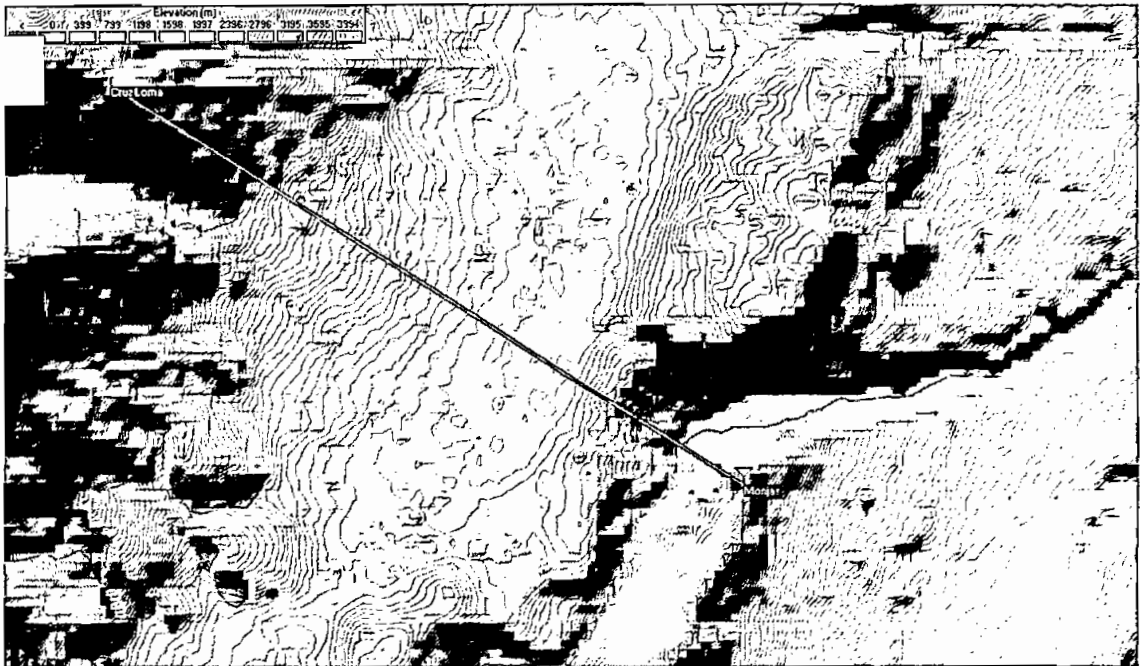
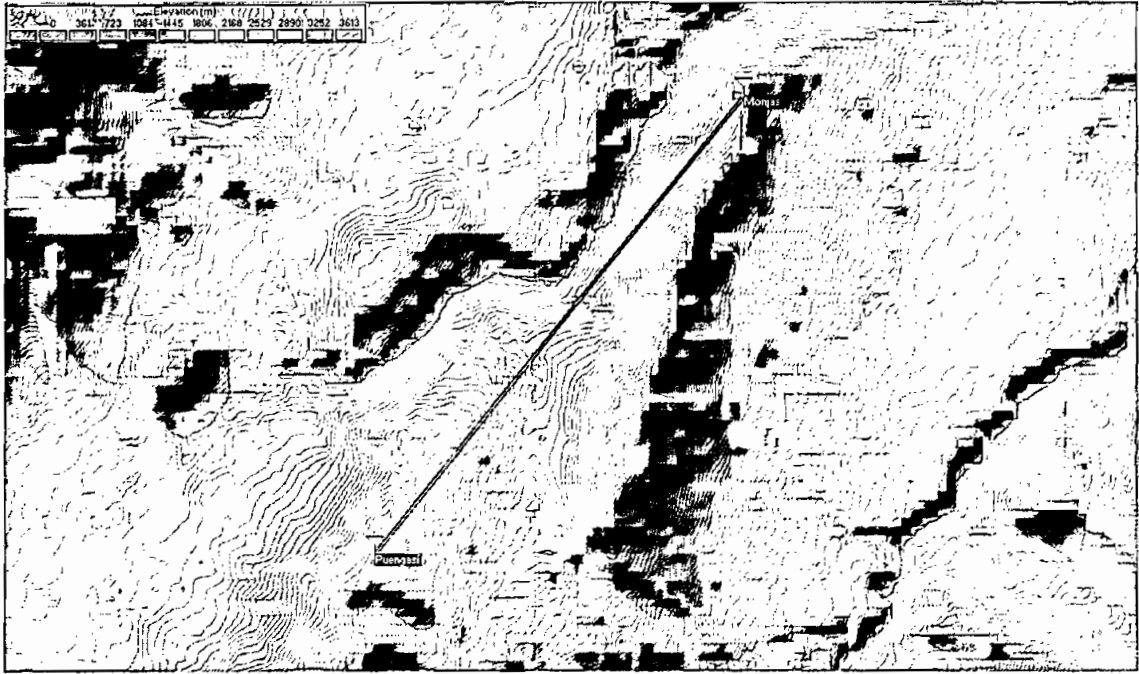


Figura 4-18.- Gráfica de los enlaces correspondientes a la repetidora de Monjas

Además se tendrán dos enlaces inter repetidoras: uno entre Cruz Loma y Monjas y otro entre Monjas y Puengasí como se puede apreciar en la Figura 4-19.



(a)



(b)

Figura 4-19.- Gráficas de los enlaces Inter-repetidoras (a) Enlace Cruz Loma – Monjas;
(b) Enlace Monjas - Puengasí

Las ubicaciones de cada uno de los almacenes de Quito se presentan en la Tabla 4-6.

Almacén	Latitud (Sur)	Longitud (Oeste)	Altura [m.s.n.m]
Bosque Sports	00°09'31"	78°29'41"	3849
C.C.I. Sports	00°10'28"	78°28'47"	2779
Jardín Sports	00°11'10"	78°29'08"	2782
Quicentro Sports	00°10'23"	78°28'37"	2787
6 de Diciembre	00°10'35"	78°28'34"	2790
Centro	00°12'59"	78°30'32"	2837
San Agustín	00°13'18"	78°30'30"	2794
Recreo	00°14'55"	78°31'11"	2822
Cumbayá	00°11'31"	78°26'14"	2365
Vía Ventura	00°12'23"	78°24'38"	2326
Valle	00°17'47"	78°27'25"	2453
Matriz Quito	00°06'37"	78°28'37"	2875

Tabla 4-6.- Ubicación geográfica de los puntos a enlazar

En la Tabla 4-7 constan las distancias de los enlaces correspondientes a la ciudad de Quito así como la altura a la que se colocarán las antenas.

Estación A (Repetidora)	h antena [m]	Estación B (Terminal)	h antena [m]	Distancia enlace [Km]
Cruz Loma	20	Matriz Quito	15	8,30
Cruz Loma	20	Bosque Sports	15	3,48
Cruz Loma	20	C.C.I. Sports	15	5,07
Cruz Loma	20	Jardín Sports	20	4,83
Cruz Loma	20	Quicentro Sports	15	5,38
Cruz Loma	20	6 de Diciembre	15	5,51
Cruz Loma	20	Monjas	20	7,67
Puengasí	15	Centro	15	3,65
Puengasí	15	San Agustín	15	3,08
Puengasí	15	Recreo	20	2,16
Monjas	20	Cumbayá	10	3,49
Monjas	20	Vía Ventura	15	6,20
Monjas	20	Valle	6	10,29
Monjas	20	Puengasí	15	6,19

Tabla 4-7.- Distancias de los enlaces y alturas de las antenas para la ciudad de Quito

4.7.2.2 Enlaces en la ciudad de Guayaquil

Para la ciudad de Guayaquil se requerirá ubicar una repetidora en el cerro Mapasingue por medio de la cual se podrá obtener una cobertura completa de los almacenes ubicados en esta ciudad (Riocentro, Policentro, Ceibos, 9 de octubre, Colón, San marino, Mall del Sol y Matriz Guayaquil) tal como se indica en la Figura 4-20.

Repetidora Mapasingue:

Latitud : 02°08'56"
 Longitud : 79°55'33"
 Altura : 105 m.s.n.m

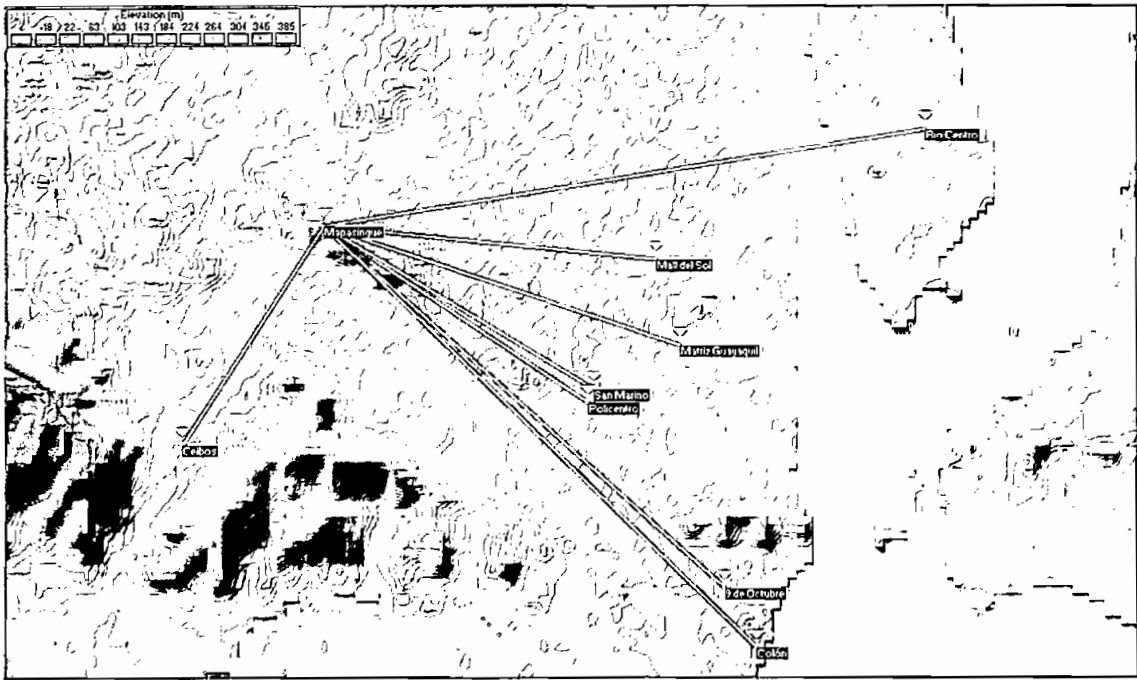


Figura 4-20.- Diagrama de los enlaces de la ciudad de Guayaquil

La ubicación geográfica de los almacenes correspondientes a la ciudad de Guayaquil y las distancias de los enlaces correspondientes se encuentran detallados en la Tabla 4-8.

Almacén	Latitud	Longitud	Altura [m.s.n.m]
9 de Octubre	02°11'15"	79°52'60"	12
San Marino	02°09'59"	79°53'50"	10
Ceibos	02°10'20"	79°56'27"	19
Colón	02°11'38"	79°52'48"	14
Policentro	02°10'04"	79°53'52"	9
Riocentro	02°08'19"	79°51'44"	6
Mall del Sol	02°09'09"	79°53'26"	8
Matriz Guayaquil	02°09'42"	79°53'17"	8

(a)

Estación A	Altura de la Antena [m]	Estación B	Altura de la Antena [m]	Distancia del enlace [Km]
Mapasingue	20	Matriz Guayaquil	20	3,46
Mapasingue	20	Policentro	15	2,86
Mapasingue	20	San Marino	15	2,77
Mapasingue	20	Riocentro	15	6,36
Mapasingue	20	9 de Octubre	20	5,47
Mapasingue	20	Colón	30	6,24
Mapasingue	20	Mall del Sol	15	3,04
Mapasingue	20	Ceibos	15	3,48

(b)

Tabla 4-8.- (a) Ubicación geográfica y alturas de los almacenes de la ciudad de Guayaquil.

(b)Distancias de los enlaces para la ciudad de Guayaquil

4.7.2.3 Enlace entre las ciudades de Manta y Portoviejo

Para enlazar las ciudades de Manta y Portoviejo se requiere de una estación repetidora la cual se ubicará en el Cerro Jaboncillo, conocido también con el nombre de Cerro de Hojas, la ubicación geográfica de los almacenes así como la de la estación repetidora se detallan a continuación:

Almacén Manta:

Latitud	:	00°57'13"
Longitud	:	80°41'12"
Altura	:	13 m.s.n.m

Almacén Portoviejo:

Latitud	:	01°03'18"
Longitud	:	80°27'28"
Altura	:	40 m.s.n.m

Repetidora Jaboncillo:

Latitud	:	01°02'41"
Longitud	:	80°32'39"
Altura	:	638 m.s.n.m

En la Figura 4-21 se puede observar la distribución física de los enlaces.

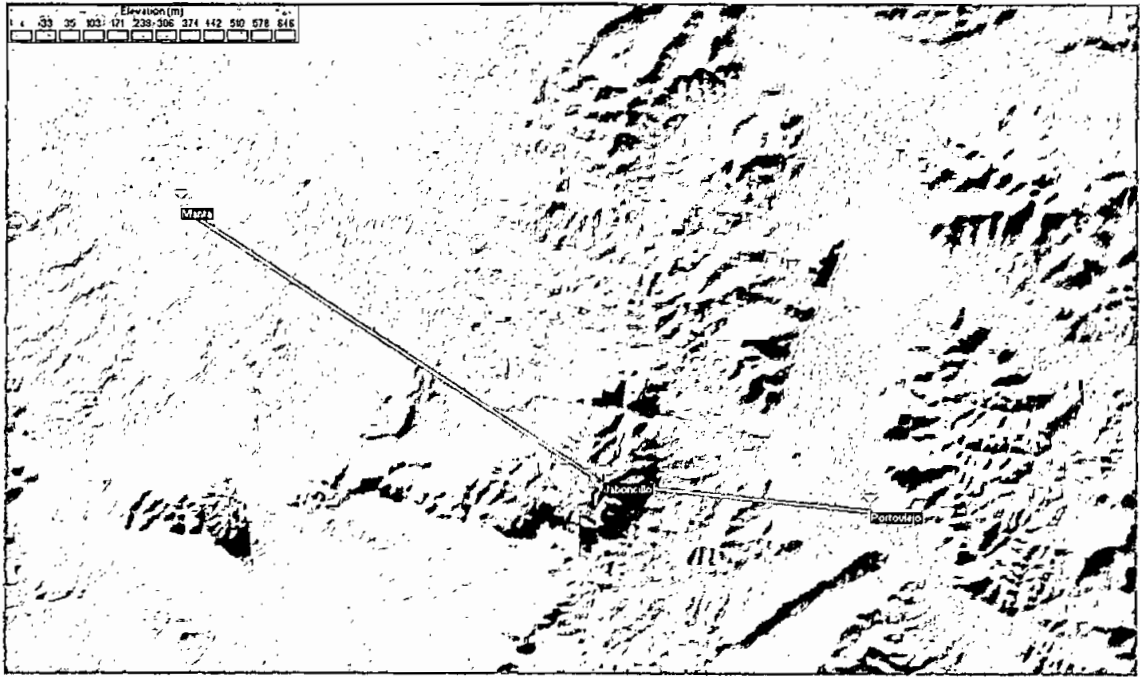


Figura 4-21.- Diagrama del enlace entre Manta y Portoviejo

Características del enlace Manta – Jaboncillo:

Altura Antena A: 15 [m]

Altura Antena B: 20 [m]

Distancia del enlace: 8,8 [km]

Características del enlace Jaboncillo - Portoviejo:

Altura Antena A: 20 [m]

Altura Antena B: 15 [m]

Distancia del enlace: 9,66 [km]

Nota: Los datos de coordenadas para cada uno de los almacenes en Quito, Guayaquil, Manta y Portoviejo, se obtuvieron utilizando un GPS proporcionado por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional.

4.7.3 DISEÑO DEL SISTEMA INALÁMBRICO PROPUESTO PARA MARATHON SPORTS

Una vez definidos los la ubicación de los puntos de enlace así como las alturas de sus respectivas antenas el siguiente paso a seguir es el gráfico del perfil topográfico y el de la primera Zona de Fresnel para asegurar línea de vista entre el transmisor y el receptor, y verificar que la primera zona de Fresnel no se encuentre obstruida.

La UIT-T se debe cumplir los siguientes criterios para frecuencias mayores a 1 Ghz:

- Primera zona de Fresnel 100% libre para un factor de corrección $K=4/3$
- Primera zona de Fresnel 60% libre para un factor de corrección $K=2/3$

A manera de ejemplo se realizará paso a paso el cálculo de los parámetros correspondientes al enlace Monjas-Valle el cual constituye el enlace más largo que se tendrá en la ciudad de Quito.

En la figura 4-22 se presenta la torre en la que se ubicará la estación repetidora Monjas.

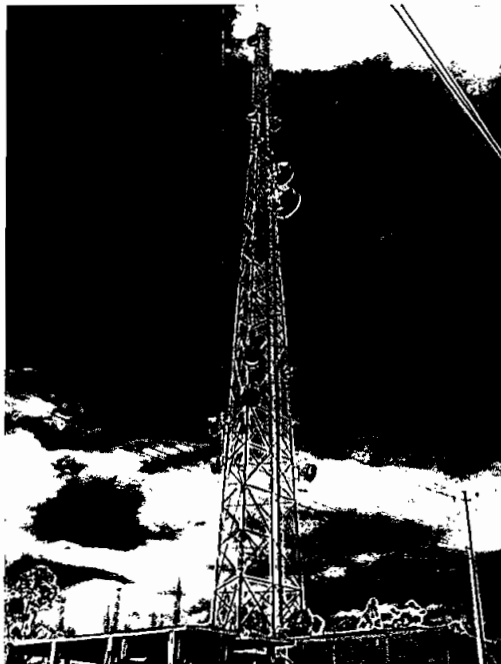


Figura 4-22.- Estación repetidora Monjas

4.7.3.1 Gráfico del perfil topográfico

Se utilizará el método de rayo directo sobre tierra equivalente por lo cual se debe modificar cada una de las alturas por medio de las ecuaciones definidas en el apartado 4.1.1, de la siguiente manera:

A manera de ejemplo se ha tomado un punto aleatorio del perfil topográfico.

Datos:

$$d_1 = 490 \text{ m}$$

$$d = 10290 \text{ m}$$

$$d_2 = d - d_1 = 9800 \text{ [m]}$$

$$k = 4/3$$

$$f = 5800 \text{ MHz}$$

$$a = 6370000 \text{ m}$$

A partir de estos valores se procede a encontrar el factor de corrección de alturas:

$$hc = \frac{d_1 * d_2}{2 * K * a} \text{ [m]}$$

$$hc = 0.3 \text{ [m]}$$

, este valor debe sumarse a la altura correspondiente $h_i = 2837 \text{ [m]}$:

$$H = h_i + hc \text{ [m]}$$

$$H = 2837.3 \text{ [m]}$$

4.7.3.2 Cálculo de la primera zona de Fresnel:

El primer paso es calcular la altura del rayo y el radio de la primera zona de Fresnel, para lo cual se tienen los siguientes datos:

$$d_1 = 0.49 \text{ [Km]}$$

$$d_2 = 9.8 \text{ [Km]}$$

$$d = 10.29 \text{ [Km]}$$

$$\text{Altura del punto de } T_x = h_1 = 2902 \text{ [m]}$$

$$\text{Altura del punto de } R_x = h_2 = 2453 \text{ [m]}$$

$$\text{Altura de la antena de } T_x = h_a = 20 \text{ [m]}$$

$$\text{Altura de la antena de } R_x = h_b = 6 \text{ [m]}$$

$$h_r = [(h_2 + h_b) - (h_a + h_1)] * \frac{d_1}{d} + (h_1 + h_a) \text{ [m]}$$

Reemplazando estos valores en la ecuación anterior se obtiene la altura del rayo:

$$h_r = 2900 \text{ [m]}$$

El radio de la primera zona de Fresnel se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$R1 = 547.7 * \sqrt{\frac{d_1 * d_2}{f * d}} \text{ [Km]}$$

$$R1 = 0.0049 \text{ [Km]}$$

$$R1 = 4.9 \text{ [m]}$$

Como paso final se calcula los límites superior e inferior de la Zona de Fresnel:

$$h_{sF} = h_r + R1 = 2905 \text{ [m]}$$

$$h_{iF} = h_r - R1 = 2895 \text{ [m]}$$

Para los puntos restantes pertenecientes al perfil topográfico del radioenlace Monjas - Valle los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 4-9 y su gráfica correspondiente en la Figura 4-23.

d1 [m]	h _r [m]	d ₂ [m]	h _c [m]	H [m]	h _r [m]	R1 [m]	h _{FP} [m]	h _{IF} [m]
0	2902	10.290	0,0	2.902,0	2.922	0,0	2.922	2.922
100	2.886	10.190	0,1	2.886,1	2.918	2,3	2.920	2.915
490	2.837	9.800	0,3	2.837,3	2.900	4,9	2.905	2.895
520	2.816	9.770	0,3	2.816,3	2.899	5,1	2.904	2.894
690	2.830	9.600	0,4	2.830,4	2.891	5,8	2.897	2.885
920	2.792	9.370	0,5	2.792,5	2.881	6,6	2.887	2.874
1.180	2.742	9.110	0,6	2.742,6	2.869	7,4	2.876	2.862
1.500	2.697	8.790	0,8	2.697,8	2.855	8,1	2.863	2.846
1.960	2.677	8.330	1,0	2.678,0	2.834	9,1	2.843	2.825
2.450	2.643	7.840	1,1	2.644,1	2.812	9,8	2.822	2.802
2.680	2.625	7.610	1,2	2.626,2	2.801	10,1	2.812	2.791
3.070	2.570	7.220	1,3	2.571,3	2.784	10,6	2.794	2.773
3.470	2.600	6.820	1,4	2.601,4	2.766	10,9	2.777	2.755
4280	2494	6.010	1,5	2.495,5	2.729	11,4	2.741	2718,044
4.610	2.507	5.680	1,5	2.508,5	2.715	11,5	2.726	2703,094
5.490	2.472	4.800	1,6	2.473,6	2.675	11,5	2.686	2663,462
6050	2429	4.240	1,5	2.430,5	2.650	11,4	2.661	2638,418
6740	2471	3.550	1,4	2.472,4	2.619	11,0	2.630	2607,76
7750	2474	2.540	1,2	2.475,2	2.573	10,0	2.583	2563,335
8830	2421	1.460	0,8	2.421,8	2.525	8,1	2.533	2516,639
10290	2453	0	0,0	2.453,0	2.459	0,0	2.459	2459

Tabla 4-9.- Tabla de valores para el calculo de la zona de Fresnel del enlace Monjas – Valle

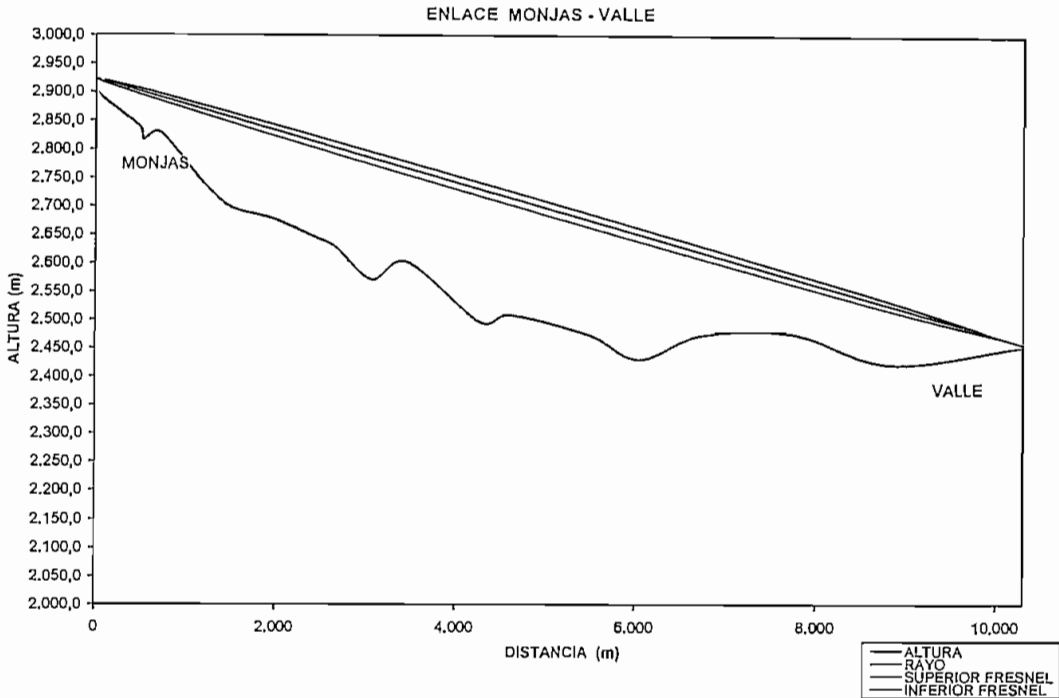


Figura 4-23.- Gráfica del perfil topográfico y la zona de Fresnel para el enlace Monjas- Valle

Para el resto de enlaces se ha utilizado el programa Radio Mobile versión 5.3.5 para graficar el perfil topográfico y determinar el despeje de la zona de fresnel, las gráficas obtenidas se encuentran incluidos en el anexo C.

4.7.3.3 Determinación de los parámetros del equipo

Una vez asegurados tanto la línea de vista como el despeje de la primera zona de Fresnel se determinará los requerimientos que deberá cumplir el equipo que será utilizado para la implementación de los enlaces.

Estos parámetros se basan esencialmente en el nivel de señal de entrada que se tendrá en la recepción el cual se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$P_{in} = P_{Tx} + G_{Tx} - \alpha_{Tx} - \alpha_{Total} + G_{Rx} - \alpha_{Rx} \quad (\text{dBm})$$

Donde:

α_{Tx} y α_{Rx} se presentan en el cable coaxial. Como el sistema esta diseñado para trabajar en la banda de 5.8 Ghz se tiene una atenuación de 16.0 dB/100m (para el cable coaxial LMR-900), si consideramos que se utilizarán 10 m de cable para las conexiones tanto en el transmisor como en el receptor con su respectiva antena, tendremos lo siguiente:

$$\alpha_{Tx} + \alpha_{Rx} = 16.0 \frac{\text{dB}}{100} * 10\text{m}$$

$$\alpha_{Tx} + \alpha_{Rx} = 1.6 \text{ dB}$$

En la práctica los valores comerciales de ganancia G_{Tx} y G_{Rx} , para antenas que trabajan a la frecuencia de 5.8 Ghz va entre los valores de 14 a 27 dBi. [15]

Para efectos del diseño se tomará valores de 16 dBi y 23 dBi.

$$G_{Tx} = 16 \text{ dBi}$$

$$G_{Rx} = 23 \text{ dBi}$$

Las pérdidas totales en el trayecto de propagación para nuestro caso de estudio corresponden a la atenuación por espacio libre y a la atenuación por lluvia que se calculan a continuación:

$$\alpha E_0 = 92.4 + 20 \log (f) + 20 \log (d) \quad [\text{dB}]$$

La distancia del enlace Monjas – Valle es 10.42 Km y,

$f = 5.800 \text{ Ghz}$

$$\alpha E_0 = 92.4 + 20 \log (5.8) + 20 \log (10.42)$$

Obtenemos de esta manera la siguiente atenuación por espacio libre:

$$\alpha E_0 = 128.025 \text{ [dB]}$$

Atenuación por lluvia:

$$\gamma R = k * r^\alpha$$

Para una frecuencia de 5.6 GHz, según la Tabla 4-2 del apartado 4.3.5:

$$k = 0.00155$$

$$\alpha = 1.265$$

$$\gamma R = 0.00155 * r^{1.265}$$

$$\gamma R = 0.00155 * 95^{1.265}$$

$$\gamma R = 0.4922$$

$$d_0 = 35 * e^{-0.015 R_{0.01}}$$

$R_{0.01} = 95$ mm/h (Para la zona de Ecuador según la recomendación UIT-R P.837)

$$d_0 = 35 * e^{-0.015 * 95}$$

$$d_0 = 35 * e^{-1.425}$$

$$d_0 = 8.417$$

$$d = 10.42 \text{ Km}$$

$$r = \frac{1}{1 + \frac{d}{d_0}}$$

$$r = \frac{1}{1 + \frac{10.42}{8.417}}$$

$$r = 0.4468$$

$$A_{0.01} = \gamma R * d * r$$

$$A_{0.01} = 0.4922 * 10.42 * 0.48946$$

La atenuación por lluvia tiene un valor igual a:

$$A_{0.01} = 2.51 \text{ [dB]}$$

En la práctica existe una consideración para tener un enlace cuyo desempeño sea el mejor posible el cual plantea que el nivel de recepción sea mayor que el Margen de desvanecimiento mas el nivel de Umbral así:

$$P_{in} > MD + U_{Rx}$$

Donde:

El valor de MD que será tomado para los cálculos de los requerimientos del sistema es de 10 dB; valor que es considerado como el mínimo requerido para un enlace en condiciones normales. [14]

El valor umbral de recepción U_{rx} que presentan los fabricantes en sus equipos varía entre -82 y -94 [dBm]; para los cálculos se tomará el valor de -82 dBm.

$$P_{in} > 10 \text{ dBm} - 82 \text{ dBm}$$

$$P_{in} > -72 \text{ dBm}$$

Reemplazando todos los valores anteriormente calculados, tenemos:

$$P_{in} = P_{Tx} + G_{Tx} - \alpha_{Tx} - \alpha_{Total} + G_{Rx} - \alpha_{Rx} \quad \text{[dBm]}$$

Por condición:

$$P_{in} > MD + U_{Rx}$$

$$P_{in} > -72 \text{ [dBm]}$$

$$P_{Tx} + 18 + 23 - 128.025 - 1.6 - 2.51 > -72 \text{ dbm}$$

$$P_{Tx} > 19.1 \text{ [dbm]}$$

Por lo tanto, se considera que bajo estos parámetros el sistema trabajará óptimamente, en consecuencia el equipo seleccionado para el diseño deberá cumplir con los requerimientos mínimos calculados anteriormente.

En la Tabla 4-10 se presenta un resumen de los parámetros calculados.

PARAMETRO	VALOR
Frecuencia de operación:	5.8 Ghz
Potencia mínima de Tx:	19.1 dBm
Sensibilidad del receptor:	-82 dbm
Ganancia de la antena Tx:	18 dbi
Ganancia de la antena Rx:	23 dBi

Tabla 4-10.- Requerimientos del equipo

4.7.4 EQUIPO A CONSIDERARSE EN EL DISEÑO

En base a los parámetros presentados en la Tabla 4-10 se han escogido dos alternativas de equipo las cuales se describen a continuación, cabe mencionar que el equipo que se escoja será el que mejor se ajuste a los requerimientos técnicos y al estudio económico que se presentará al final de este capítulo.

4.7.4.1 WILAN - ULTIMA3

La familia WILAN posee equipo inalámbrico de última tecnología basado en el concepto de arquitectura de red LAN de Área Ampliada (WAN) mediante el puenteo de redes LAN, son totalmente compatibles con la norma IEEE 802.3, procesan tráfico Ethernet llevando estas tramas de una LAN a otra.

La familia de puentes AWE (Ethernet Inalámbricos Avanzados) emplean la tecnología patentada MC-DSSS (Multicódigo de Secuencia Directa de Espectro Disperso), la cual mejora la eficiencia espectral respecto a la tecnología DSSS, permitiendo tener acceso a throughputs mayores.

Operan en la banda no licenciada de 5.8 Ghz, ofreciendo coberturas en el orden de las decenas de kilómetros tanto en configuración Punto – Multipunto (16 Km) como para configuraciones punto – punto (75 km).

Ofrece asignación eficiente de ancho de banda lo cual permite que la red sea ampliamente escalable, hasta 6 sectores.

El equipo WILAN-Última 3 combinado con la gama de antenas disponibles en el mercado, facilitan el crecimiento flexible de la red, brinda incomparables opciones de seguridad gracias a la tecnología patentada MC-DSSS que incluye: mezcla de datos en capa física, formateo propietario de datos y contraseñas de acceso especiales, junto con agrupamiento de RF. Este equipo incluye características de capa tres como direccionamiento IP y manejo de VLANs, eliminando la necesidad de utilizar ruteadores en cada una de las estaciones.

El equipo presenta un diseño robusto a prueba de intemperies, elimina el uso de cable coaxial, permitiendo que el equipo pueda ser instalado tanto en interiores como en exteriores.

La Seguridad Multi-capa garantiza la segura transmisión de datos sobre el aire. Ultima 3 Multi-Point (MP) incluye tres tipos de productos: Access Point (AP), CPE (Customer Premises Equipment) y LCPE (Long-range Customer Premises Equipment), como se puede apreciar en la Figura 4-24.

Desde un simple AP, la familia ofrece cobertura de banda ancha hasta 16 km a un máximo de 1024 CPEs o LCPEs.

Utiliza Antenas Sectoriales en la Estación Base para conectarse con las localidades remotas.

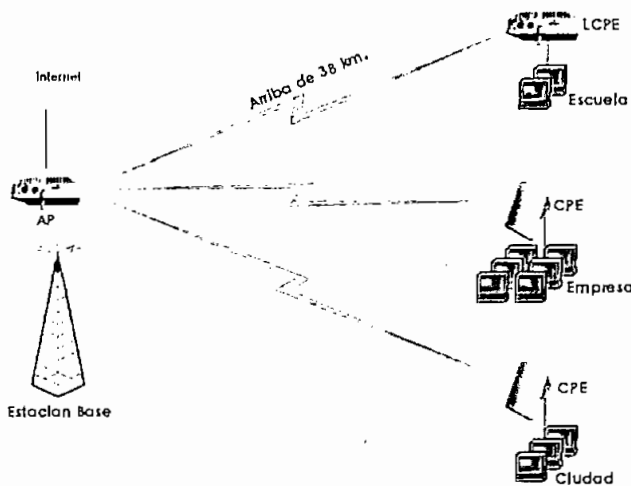
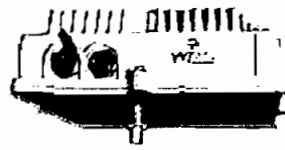


Figura 4-24.- Estructura de una red con Ultima 3

El diseño de Ultima tres facilita que las unidades puedan ser configuradas ya sea como Base, Remota o Repetidora, característica única de los Sistemas AWE que facilitan el despliegue en todos los puntos de la red.

En la tabla 4-11 se presentan los principales parámetros del equipo Ultima 3 AWE 120-58.

PARAMETRO (AP)	VALOR
Rango de Frecuencia :	5.725 a 5.850 Ghz
Potencia de Salida:	-10 dBm a +21 dBm
Sensibilidad del receptor:	-82 dbm @ BER = 10 E-6
Antena	Seleccionable
Modulación	MC-DSSS
Velocidad de Datos throughput (bruto/efectivo)	12 Mbps/10 Mbps
Interfáz	Ethernet 10/100 BaseT
Alcance	Hasta 16 Km
No. De CPE por AP	Hasta 1024



AWE 120-58

(a)

PARAMETRO (EQUIPO TERMINAL)	VALOR
Rango de Frecuencia :	5.725 a 5.850 Ghz
Potencia de Salida:	-10 dBm a +21 dBm
Sensibilidad del receptor:	-82dbm @ BER = 10 E-6
Modulación	MC-DSSS
Velocidad de Datos throughput (bruto/efectivo)	12 Mbps/10 Mbps
Interfáz	Ethernet 10/100 BaseT
CPE:	
Antena:	23 dBi, 9°
Alcance	Hasta 16 Km
LCPE:	
Antena:	Seleccionable
Alcance	Hasta 38 Km



LCPE



CPE

(b)

Tabla 4-11.- Parámetros del equipo AWE 120-58 (a) Access Point (b) CPE/ LCPE

Para la aplicación Punto-Multipunto se coloca en los AP antenas sectoriales, a continuación en la Tabla 4-12 se presentan las características de la Antena SAH5X.

PARAMETRO (Antena)	VALOR
Rango de Frecuencia :	5.725 a 5.850 Ghz
Impedancia	50 Ω nominales
Ancho del Lóbulo Plano-H:	90°
Ancho del Lóbulo Plano-V:	5°
Ganancia	18 dBi



Tabla 4-12.- Características de la antena SAH5X

Las características de antenas para suscriptor a ser utilizadas en los LCPEs se presentan en la Tabla 4-13.

PARAMETRO (Antena)	VALOR
Rango de Frecuencia :	5.725 a 5.850 Ghz
Impedancia	50 Ω nominales
Polarización:	Sencilla
Ancho del Lóbulo	2°
Ganancia	37.9 dBi

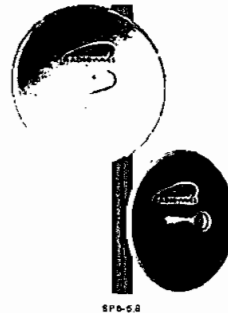


Tabla 4-13.- Características de las antenas Parabólica Radio Waves SP6-5.8 para suscriptor

La implementación de una red inalámbrica en base al Equipo Ultima 3 implica la siguiente distribución:

Ciudad de Quito

Estaciones repetidoras:

Cruz Loma: un Access Point AWE 120-58 Ultima 3 - AP que estará provisto de dos antenas sectoriales de 90° SAH5X de 18 dBi.

Monjas: un AP AWE 120-58 Ultima 3 - AP con dos antenas sectoriales AWE 90° SAH5X de 18 dBi y un equipo LCPE AWE 120-58 Ultima 3 con una antena Semi-Parabólica para suscriptor GRID 58026 de 26 dBi.

Loma de Puengasí: un AP AWE 120-58 Ultima 3 - AP con una antena sectorial 90° SAH5X 18 dBi y un equipo CPE AWE 120-58 Ultima 3.

Terminales:

Matriz Quito y Valle: Un LCPE AWE 120-58 Ultima 3 provisto de una antena Semi-Parabólica para subscritor GRID 58026 de 26 dBi.

Quicentro, CCI, Jardín, 6 de Diciembre, Bosque, Recreo, San Agustín, Centro Cumbayá y Vía Ventura: cada uno de estos terminales tendrá un CPE AWE 120-58 Ultima 3.

Ciudad de Guayaquil

Estación repetidora:

Mapasingue: un Access Point AWE 120-58 Ultima 3 - AP que estará provisto de tres antenas sectoriales de 90° SAH5X de 18 dBi.

Terminales:

Policentro, Río Centro, San Marino, 9 de Octubre, Colón, Mall del Sol, Ceibos y Matriz Guayaquil: cada uno de estos terminales tendrá un CPE AWE 120-58 Ultima 3.

Ciudad de Portoviejo

Estaciones repetidoras:

Cerro Jaboncillo: un Access Point AWE 120-58 Ultima 3 - AP que estará provisto de dos antenas sectoriales de 90° SAH5X de 18 dBi.

Manta: un LCPE AWE 120-58 Ultima 3 con una antena Parabólica Radio Waves SP6-5.8 37.9 dBi.

Portoviejo: un LCPE AWE 120-58 Ultima 3 con una Semi-Parabólica para subscritor GRID 58026 de 26 dBi.

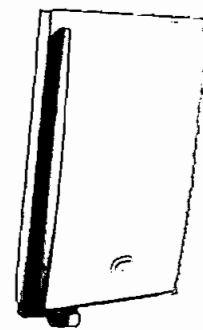
4.7.4.2 Access5830 5.8 GHz

Es un sistema de puentes Ethernet inalámbricos de largo alcance que trabajan en la banda libre de licencia de los 5.8 GHz y facilita la inter conectividad inalámbrica entre redes 10/100 Base T, el sistema se conecta a interfaces estándar Ethernet, puede ser configurado para operar tanto en modo Punto-Punto como punto-Multipunto con alcances de hasta 28 kilómetros, emplea lo último en tecnología DSSS presentando gran inmunidad a la interferencia.

Este equipo es totalmente compatible con sistemas de videovigilancia CCTV ya que permite transmitir simultáneamente varios canales de video en tiempo real, datos y audio directamente desde y hacia cámaras direccionables IP y redes Ethernet.

Los sistemas basados en el Access 5830 consisten de un Access Point (AP) y una o más Unidades Suscriptoras (SUs), el AP es un Hub inalámbrico que se conecta a cualquier backbone Ethernet 10/100 Base T mediante un conector RJ-45, este se comunica con las SUs asociadas asegurando la privacidad e integridad de los datos, cada AP y SUs consiste en un transceiver DSSS inalámbrico de 10 Mbps, antena, sistema autónomo de alimentación PoE (Power over Ethernet), el hardware y software correspondiente. Posee un diseño a prueba de agua lo cual que permite su instalación tanto en interiores como en exteriores. En la Tabla 4-14 se presenta las especificaciones técnicas del equipo.

PARAMETRO (Dual-Band Access Point)	VALOR
Rango de Frecuencia :	5.725 a 5.850 Ghz
Potencia de Salida:	22 dBm
Sensibilidad del receptor:	-87 dbm @ BER = 10 E-6
Antena	14
Modulación	DSSS
Velocidad de Datos	10 Mbps
Interfáz	Ethernet 10/100 BaseT
Alcance	Hasta 28 Km dependiendo de la antena de la SU
No. De UP por AP	Hasta 500



Access5830™
5.8 / 5.3 GHz
Dual-Band Access Point

(a)

PARAMETRO (Dual-Band SubscriberUnit)	VALOR
Rango de Frecuencia :	5725 a 5850 Ghz
Potencia de Salida:	22 dBm
Sensibilidad del receptor:	-87 dbm @ BER = 10 E-6
Modulación	DSSS
Velocidad de Datos throughput	10 Mbps
Interfáz	Ethernet 10/100 BaseT
Serie	M5830S-SU
Antena integrada	18 dBi
Alcance	Hasta 10 Km
Serie:	FOX 5800-D
Antena integrada	25 dBi
Alcance	Hasta 16 Km
Serie	M5830S-SU-EXT
Antena (no integrada)	
Alcance	Hasta 28 Km

(b)

Tabla 4-14.- Características del equipo Access5830 (a) Access Point (b) Subscriber Unit

En la Tabla 4-15 se presentan las características de algunas de las antenas que pueden ser usadas junto con el M5830S-SU-EXT.

Modelo	Frecuencia (GHz)	Polarización	Ganancia (dBi)	Apertura
SP1-5.8	5.725-5.850	Sencilla	22.5	11.7°
SP1.5-5.8	5.725-5.850	Sencilla	25.7	8°
SP2-5.8	5.725-5.850	Sencilla	28.5	6.2°

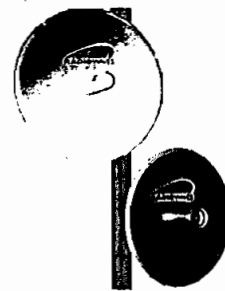


Tabla 4-15.- Especificaciones eléctricas, desempeño típico para varias antenas Radio Wave

La implementación del Equipo **Access 5830** en la red inalámbrica presenta la siguiente distribución:

Ciudad de Quito

Estaciones repetidoras:

Cruz Loma: dos Access Point 5830 con antena incluida de 18 dBi, un ruteador Cisco 831 con cuatro puertos ethernet para unir los dos Access Point.

Monjas: dos Access Point 5830 con antena incluida de 18 dBi, un equipo Subscriber Unit Fox 5800-D con antena incluida de 25 dBi, un ruteador Cisco 831 con cuatro puertos ethernet para unir los dos Access Point.

Loma de Puengasí: dos Access Point 5830 con antena incluida de 18 dBi y un equipo Subscriber Unit M5830S-SU con antena incluida de 18 dBi, un ruteador Cisco 831 con cuatro puertos ethernet para unir los dos Access Point.

Terminales:

Matriz Quito: un equipo Subscriber Unit Fox 5800-D con antena incluida de 25 dBi.

Valle: un equipo Subscriber Unit 5830 M5830S-SU-EXT con antena Parabólica Radio Waves US SP2-5.8 de 28,5 dBi.

Quicentro, CCI, Jardín, 6 de Diciembre, Bosque, Recreo, San Agustín, Centro, Cumbayá y Vía ventura: cada uno de estos terminales tendrá un equipo Subscriber Unit M5830S-SU con antena incluida de 18 dBi.

Ciudad de Guayaquil

Estación repetidora:

Mapasingue: tres Access Point 5830 con antena incluida de 18 dBi, un ruteador Cisco 831 con cuatro puertos ethernet para unir los tres Access Point.

Terminales:

Policentro, Río Centro, San Marino, 9 de Octubre, Colón, Mall del Sol, Ceibos y Matriz Guayaquil: cada uno de estos terminales tendrá un equipo Subscriber Unit M5830S-SU con antena incluida de 18 dBi.

Enlace Manta-Portoviejo

Estación repetidora:

Cerro Jaboncillo: dos Access Point 5830 con antena incluida de 18 dBi, un ruteador Cisco 831 con cuatro puertos ethernet para unir los dos Access Point.

Terminales:

Manta: un equipo Subscriber Unit 5830 M5830S-SU-EXT con una antena Parabólica Radio Waves para US SP6-5.8 37.9 dBi.

Portoviejo: un equipo Subscriber Unit 5830 M5830S-SU-EXT con una antena Parabólica Radio Waves para US SP1.5-5.8 de 25,7 dBi.

Adicionalmente, la red requiere el manejo de direccionamiento IP en cada uno de los puntos de conexión, para lo cual el equipo Access 5830 deberá conectarse a un dispositivo de capa tres que realice esta tarea, en este caso, se aprovechará la infraestructura de ruteadores existente en la red de Marathon Sports para lo cual se considera necesario que los ruteadores estén dotados de al menos dos puertos ethernet, uno para la conexión con la red local y el segundo para la conexión del hub inalámbrico Access 5830. En cada almacén existe un ruteador Cisco 1751 con un puerto ethernet y en las oficinas centrales existen ruteadores Cisco 2621 con dos puertos ethernet; tomando en cuenta la consideración anterior, se requiere colocar una tarjeta de expansión en los ruteadores 1751 que se encuentran en cada uno de los almacenes; por lo tanto, se utilizará una tarjeta Cisco WIC-1ENET, la cual proporciona un puerto ethernet adicional.

4.7.4.3 Cálculo de la confiabilidad del sistema

Una vez escogido el equipo es necesario calcular la confiabilidad del sistema para cada una de las propuestas así como la respuesta del sistema frente a un objetivo de calidad planteado.

En la Tabla 4-16 se presentan los valores de margen de desvanecimiento y porcentaje de disponibilidad calculados para cada uno de los enlaces a partir de las especificaciones del equipo Ultima 3, además se muestra el margen de desvanecimiento FM requerido para cumplir con un objetivo de calidad de 0.01%.

Enlace	MD [dB]	% Disponibilidad	FM (0.01%) [dB]	MD-FM [dB]
CruzLoma-Matriz	21,950	99,995	17,777	4,173
Cruz Loma -Quicentro	22,716	99,999	14,011	8,705
Cruz loma -CCI	23,231	99,999	13,495	9,736
Cruz Loma-Jardín	23,652	99,999	13,074	10,578
Cruz Loma-6 de Diciembre	22,508	99,999	14,218	8,290
CruzLoma -Bosque	26,500	100,000	10,227	16,273
Cruz Loma- Monjas	19,636	99,993	17,091	2,544
Puengasi- Recreo	30,642	100,000	6,084	24,558
Puengasi-San Agustín	27,560	100,000	9,166	18,394
Puengasi-Centro	26,086	100,000	10,641	15,445
Monjas- Valle	20,083	99,986	19,644	0,440
Monjas-Cumbaya	26,475	100,000	10,252	16,223
Monjas-Vía ventura	21,484	99,998	15,243	6,241
Monjas-Puengasi	21,498	99,998	15,229	6,269
Mapasingue-Policentro	28,204	100,000	8,523	19,682
Mapasingue-Río Centro	21,262	99,997	15,464	5,798
Mapasingue-San Marino	28,482	100,000	8,245	20,237
Mapasingue-9 ded Octubre	22,572	99,999	14,155	8,417
Mapasingue-Colón	21,428	99,998	15,299	6,129
Mapasingue-Mall del sol	27,674	100,000	9,053	18,621
Mapasingue-Ceibos	26,500	100,000	10,227	16,273
Mapasingue-Matriz Gy	26,550	100,000	10,177	16,373
Jaboncillo-Manta	26,748	99,981	24,878	1,870
Jaboncillo-Portoviejo	20,632	99,990	19,095	1,537

Tabla 4-16.- Desempeño de los radioenlaces usando el equipo Ultima 3

En la Tabla 4-17 se muestra los resultados para el equipo Access 5830.

Enlace	MD [dB]	% Disponibilidad	FM (0.01%) [dB]	MD-FM [dB]
CruzLoma-Matriz	20,350	99,993	17,777	2,573
Cruz Loma -Quicentro	18,716	99,997	14,011	4,705
Cruz loma -CCI	19,231	99,998	13,495	5,736
Cruz Loma-Jardin	19,652	99,998	13,074	6,578
Cruz Loma-6 de Diciembre	18,508	99,997	14,218	4,290
CruzLoma -Bosque	22,500	100,000	10,227	12,273
Cruz Loma- Monjas	21,036	99,995	17,091	3,944
Puengasi- Recreo	26,642	100,000	6,084	20,558
Puengasi-San Agustin	23,560	100,000	9,166	14,394
Puengasi-Centro	22,086	100,000	10,641	11,445
Monjas- Valle	21,983	99,991	19,644	2,340
Monjas-Cumbaya	22,475	100,000	10,252	12,223
Monjas-Vía ventura	17,484	99,994	15,243	2,241
Monjas-Puengasi	17,498	99,994	15,229	2,269
Mapasingue-Policentro	24,204	100,000	8,523	15,682
Mapasingue-Río Centro	17,262	99,994	15,464	1,798
Mapasingue-San Marino	24,482	100,000	8,245	16,237
Mapasingue-9 ded Octubre	18,572	99,997	14,155	4,417
Mapasingue-Colón	17,428	99,994	15,299	2,129
Mapasingue-Mall del sol	23,674	100,000	9,053	14,621
Mapasingue-Ceibos	22,500	100,000	10,227	12,273
Mapasingue-Matriz Gy	22,550	100,000	10,177	12,373
Jaboncillo-Manta	26,148	99,978	24,878	1,270
Jaboncillo-Portoviejo	19,732	99,987	19,095	0,637

Tabla 4-17.- Desempeño de los radioenlaces usando el equipo Access 5830

Como se puede apreciar en las tablas 4-16 y 4-17, los resultados técnicos que se obtienen con la aplicación del equipo Ultima 3 y Access 5830 en la implementación de la red inalámbrica de Marathon Sports son igualmente satisfactorios, es decir que con los dos se cumple correctamente las expectativas de confiabilidad planteadas.

La elección del equipo para la red de Marathon correspondiente a la ciudad de Quito y Guayaquil se la realizará en base al factor económico, mientras que para la red de Portoviejo además de comparar los costos de implementación con cada uno de los equipos se analizará paralelamente con la posibilidad de arrendar un enlace Frame Relay y de esta manera escoger la solución más idónea para la red.

4.7.5 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL CANAL FRAME RELAY PARA EL ENLACE MANTA-PORTOVIEJO

El estudio de tráfico realizado en el capítulo 2 consideró una proyección a 5 años, sin embargo para el caso de diseño de un enlace Frame Relay no es recomendable tomar un período de tiempo tan largo ya que los contratos con los proveedores se renuevan anualmente de acuerdo a las necesidades de la red, por ello en la tabla 4-18 se presentan los valores requeridos anualmente por el enlace Manta-Portoviejo, así como los valores estandarizados de CIR aplicable a cada uno de estos.

AB (Kbps)	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
AB calculado (75 %)	43,2 Kbps	45,3 Kbps	47,7 Kbps	50,6 Kbps	54,0 Kbps
AB (100 %)	57,456 Kbps	60,249 Kbps	63,441 Kbps	67,298 Kbps	71,82 Kbps
CIR	64 Kbps	64 Kbps	64 Kbps	128 Kbps	128 Kbps

Tabla 4-18.- Anchos de Banda anuales requeridos por el enlace Manta-Portoviejo y su respectivo valor de CIR

Como se puede observar en la Tabla 4-18 con el arrendamiento de canales Frame Relay de 64 Kbps se satisface las necesidades de Ancho de Banda del canal hasta el tercer año, a partir de este será necesario arrendar canales de 128 Kbps.

4.7.6 ANÁLISIS DE COSTOS

El análisis de costos es una de las etapas más críticas en el diseño de un sistema de comunicaciones ya que además de satisfacer los requerimientos técnicos del sistema se debe establecer una relación costo-beneficio de modo que se llegue a una solución técnicamente eficiente al menor costo posible.

4.7.6.1 Costos de implementación para las ciudades de Quito y Guayaquil

En la sección 4.5.4.3 se presentaron dos propuestas que técnicamente satisfacen los requerimientos de los enlaces de la red de Marathon Sports. Cabe mencionar que para ambas propuestas los equipos tienen 1 año de garantía contra defectos de fabricación.

En la Tabla 4-19 se presenta un detalle de costos para la implementación del sistema en base al equipo Ultima3.

Red Quito					
Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	Valor Unitario (incluido el 12% IVA)	Valor Total (incluido el 12% IVA)
AWE 120-58 Ultima 3 - AP	3	5997	17991	6716,64	20149,92
AWE 120-58 Ultima 3 - CPE	11	1247	13717	1396,64	15363,04
AWE 120-58 Ultima 3 - LCPE	3	1247	3741	1396,64	4189,92
Antena sectorial 90° SAH5x 18 dBi	5	729,95	3649,75	817,544	4087,72
Antena Semi-Parabólica para subscritor GRID 58026 de 26 dBi	3	79,99	239,97	89,5888	268,7664
Spliters de 2 vías 5.8 GHz	2	109	218	122,08	244,16
SUB TOTAL Quito (dólares)					44303,5

(a)

Red Guayaquil					
Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	Valor Unitario (incluido el 12% IVA)	Valor Total (incluido el 12% IVA)
AWE 120-58 Ultima 3 - AP	1	5997	5997	6716,64	6716,64
AWE 120-58 Ultima 3 - CPE	8	1247	9976	1396,64	11173,12
Antena sectorial 90° SAH5x 18 dBi	3	729,95	2189,85	817,544	2452,632
Spliters de 4 vías 5.8 GHz	1	129	129	144,48	144,48
SUBTOTAL Guayaquil (dólares)					20486,8

(b)

Costo de la implementación de la red inalámbrica para Marathon Sports con el Equipo Última 3	
TOTAL Quito y Guayaquil (dólares)	64790,3

(c)

Tabla 4-19.- (a) Costos Red Quito (b) Costos Red Guayaquil (c) Costo de la implementación de la red inalámbrica para Marathon Sports con el Equipo Última 3

En la Tabla 4-20 se presenta un detalle de costos para la implementación del sistema en base al equipo Access 5830.

Red Quito					
Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	Valor Unitario (incluido el 12% IVA)	Valor Total (incluido el 12% IVA)
Access Point 5830 con antena integrada de 18 dBi	6	2833	16998	3172,96	19037,76
Subscriber Unit M5830S-SU con antena incluida de 18 dBi	11	1055	11605	1181,6	12997,6
Subscriber Unit FOX5800-D 5.8GHz con antena integrada de 25 dBi	3	1280	3840	1433,6	4300,8
Subscriber Unit 5830 M5830S-SU-EXT con conector externo para antena	1	1055	1055	1181,6	1181,6
Antena Parabólica Radio Waves para US SP2-5.8 de 28,5 dBi	1	109	109	122,08	122,08
Single-Port Ethernet WAN Interface Card	11	300	3300	336	3696
Router para las repetidoras Cisco 831	3	440	1320	492,8	1478,4
SUBTOTAL Quito (dólares)					42814,2

(a)

Red Guayaquil					
Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	Valor Unitario (incluido el 12% IVA)	Valor Total (incluido el 12% IVA)
Access Point 5830 con antena integrada de 18 dBi	3	2833	8499	3172,96	9518,88
Subscriber Unit M5830S-SU con antena incluida de 18 dBi	8	1055	8440	1181,6	9452,8
Single-Port Ethernet WAN Interface Card	7	300	2100	336	2352
Router para las repetidoras Cisco 831	1	440	440	492,8	492,8
SUBTOTAL Guayaquil (dólares)					21816,4

(b)

Costo de la implementación de la red inalámbrica para Marathon Sports con el Equipo Access 5830	
TOTAL Quito y Guayaquil (dólares)	64630,6

(c)

Tabla 4-20.- (a) Costos Red Quito (b) Costos Red Guayaquil (d) Costo de la implementación de la red inalámbrica para Marathon Sports con el equipo Acces5830

De las tablas 4-19 y 4-20 se puede concluir que los costos de implementación de los dos equipos es similar, sin embargo, el equipo Access 5830, al ser un Hub inalámbrico requiere un dispositivo de capa tres que maneje direcciones IP, como un ruteador, lo cual permite aprovechar la infraestructura de ruteadores existentes en cada uno de los almacenes y en las estaciones centrales de Marathon Sports, mientras que con el equipo Ultima 3, por tratarse de un dispositivo con características de capa tres, todos los ruteadores de la empresa quedarían inutilizados provocando de esta manera una pérdida de la inversión realizada por la empresa en estos equipos. De esta manera queda definido que el sistema inalámbrico de comunicaciones con la mejor relación costo-beneficio para la empresa Marathon Sports en las ciudad de Quito y Guayaquil es el equipo Access 5830.

4.7.6.2 Costos de implementación para las ciudades de Manta y Portoviejo

En esta sección se presentarán los costos que involucra la renta de un enlace Frame Relay y la aplicación de los enlaces inalámbricos con los equipos propuestos, para de esta manera definir la solución de diseño para esta red.

La Tabla 4-21 presenta un detalle de los costos de implementación del sistema inalámbrico para el enlace Manta-Portoviejo en base al equipo Ultima 3.

Enlace Manta-Portoviejo					
Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	Valor Total (incluido el 12% IVA)	Valor Total (incluido el 12% IVA)
AWE 120-58 Ultima 3 - AP	1	5997	5997	6716,64	6716,64
AWE 120-58 Ultima 3 - LCPE	2	1247	2494	1396,64	2793,28
Antena sectorial 90° SAH5x 18 dBi	2	729,95	1459,9	817,544	1635,088
Antena Parabólica Radio Waves Para US SP6-5.8 37.9 dBi	2	1288	2576	1442,56	2885,12
Spliters de 2 vias 5.8 GHz	1	109	109	122,08	122,08
TOTAL Manta-Portoviejo (dólares)					14152,2

Tabla 4-21.- Costos de la Red Manta-Portoviejo con el equipo Ultima 3

En la Tabla 4-22 se presenta un detalle de costos para la implementación del sistema inalámbrico para el enlace Manta-Portoviejo en base al equipo Access 5830.

Enlace Manta-Portoviejo					
Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	Valor Total (incluido el 12% IVA)	Valor Total (incluido el 12% IVA)
Access Point 5830 con antena integrada 18 dBi	2	2833	5666	3172,96	6345,92
Subscriber Unit 5830 M5830S-SU-EXT con conector externo para antena	2	1055	2110	1181,6	2363,2
Antena Parabólica Radio Waves para US SP1,5-5.8 de 25,7 dBi	1	468	468	524,16	524,16
Antena Parabólica Radio Waves para US SP6-5.8 37.9 dBi	1	1288	1288	1442,56	1442,56
Single-Port Ethernet WAN Interface Card	2	300	600	336	672
Router para las repetidora Cisco 831	1	440	440	492,8	492,8
TOTAL Manta-Portoviejo (dólares)					11840,64

Tabla 4-22.- Costos de la Red Manta-Portoviejo con equipo Access 5830

Como punto intermedio de elección, de las tablas 4-21 y 4-22 podemos concluir que el equipo inalámbrico que presenta una mejor relación costo-beneficio es el correspondiente al de la serie Access 5830.

Antes de escoger entre dar una solución cableada basada en Frame Relay y la solución inalámbrica para el enlace Manta-Portoviejo, se debe tomar en cuenta como criterio de selección que, para la mayoría de las redes, la inversión en un cambio de tecnología se considera rentable si es recuperable en un plazo máximo de tres años.[6]

En la tabla 4-23 se presenta un detalle de los costos anuales de arrendamiento para el enlace Manta-Portoviejo durante tres años.

AB (Kbps)	Año 1	Año 2	Año3
Capacidad	64 (Kbps)	64 (Kbps)	64 (Kbps)
Valor mensual	262,8	262,8	262,8
Valor anual	3153,6	3153,6	3153,6
Valor total en los tres años (dólares)			9460,8

Tabla 4-23.- Costo del arrendamiento de un canal Frame Relay para Manta-Portoviejo

En el caso de los enlaces inalámbricos además del costo de los equipos se debe sumar los costos que conllevan los pagos anuales a la SENATEL correspondientes al número de estaciones implicadas en los enlaces spread spectrum de la red, el costo del arriendo de las torres para la colocación de las antenas repetidoras y el valor del mantenimiento del sistema que se considerará como el 10% del valor total de los equipos.

En la tabla 4-24 se presenta el valor total de inversión que se tendría que pagar por la implementación de los enlaces inalámbricos para un periodo de tres años.

Costos Totales de implementación del enlaces inalámbrico Manta-Portoviejo para un periodo de tres años			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor Total (3 años)
Alojamiento de las estaciones Repetidoras (pago mensual)	1	200	7200
Total equipo Manta-Portoviejo	1	11840,64	11840,64
Pago a la SENATEL (pago anual por el número de estaciones)	4	76,8	921,6
Solicitud de operación de la Red Privada Spread Spectrum (Por concepto de derechos por los títulos habilitantes)	1	500	500
Mantenimiento (10% del valor total)	1	1184,06	1184,06
TOTAL tres años (dólares)			21646,3

Tabla 4-24.- Costos del totales del enlace inalámbrico Manta-Portoviejo para un periodo de 3 años

Al comparar los resultados de las Tablas 4-23 y 4-24 se encuentra que la solución de menor costo de implementación es la del arriendo de un canal Frame Relay.

4.7.6.3 Solución a usarse para el enlace Manta-Portoviejo

La elección de la solución a implementarse se basará en la comparación de dos algunos factores importantes presentados en la tabla 4-25.

	Access 5830	Canal Frame Relay
Capacidad	Hasta 10 Mbps	64 Kbps
Aplicaciones	Se puede correr sobre la red la nueva aplicación de voz diseñada para la nueva red	El canal soporta con eficiencia la aplicación de voz diseñada para la nueva red
Costo de Implementación en un período de tres años (dólares)	21646,3	9460,8

Tabla 4-25.- Características del la implementación del equipo Access 5830 y de la renta de un canal FR

El Almacén que se ubica en la ciudad de Portoviejo no es susceptible de un mayor crecimiento según los datos proporcionados por la misma empresa razón por la cual no se ha dimensionado video sobre la red, solamente la aplicación de voz.

Según el dimensionamiento de tráfico del canal de comunicaciones realizado en el capítulo 2 el valor que se necesita al final del tercer año es de 63,44 Kbps, en base a la tabla 4-25 se observa que con el equipo Access 5830 se estaría subutilizado el canal, mientras que con el arriendo de un canal FR se estaría cumpliendo con los requerimientos de tráfico proyectados para tres años, además su alto costo de implementación frente a la otra solución planteada, lleva a la conclusión de que para el enlace entre las ciudades de Manta y Portoviejo se escoge como solución definitiva el arriendo de un canal Frame Relay con la capacidad especificada al presentar ésta la mejor relación costo-beneficio para la red.

4.7.6.4 Solución a usarse para la red de Quito y Guayaquil

Con el objetivo de confirmar que la solución propuesta sea técnica y económicamente la más recomendable, se realizará un análisis comparativo de los costos de inversión que supone la implementación de la tecnología inalámbrica para las redes de Quito y Guayaquil versus los costos que debería asumir la empresa si durante los primeros tres años se conservan los enlaces que actualmente arrienda, sin considerar las aplicaciones extras que se tendrán en la red.

En la tabla 4-26 se presenta el valor total de inversión para los enlaces inalámbricos de Quito y Guayaquil para un período de tres años.

Costos Totales de implementación del enlaces inalámbrico en las ciudades de Quito y Guayaquil para un periodo de tres años			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor Total
Alojamiento de las estaciones Repetidoras (pago mensual)	4	200	28800
Total equipo ciudades de Quito y Guayaquil	1	64630,6	64630,6
Pago a la SENATEL (pago anual por en número de estaciones)	31	76,8	7142,4
Solicitud de operación de la Red Privada Spread Spectrum (Por concepto de derechos por los títulos habilitantes)	1	500	500
Mantenimiento (10% del valor total)	1	6463,06	6463,06
TOTAL tres años (dólares)			107536,06

Tabla 4-26.- Costos del totales de las redes inalámbricas de Quito y Guayaquil para un período de 3 años

En la tabla 4-27 se muestra el valor que se cancelaría manteniendo los enlaces Frame Relay actuales durante un período de tres años.

ENLACES QUITO					
Tipo de Enlace	Capacidad	Cantidad	Costo mensual(incluido alquiler de DTUs)	No. De años	Total
Locales	32 kbps	6	233,3	3	50392,8
Locales	64 kbps	5	262,8	3	47304
TOTAL Quito (dólares):					97696,8
ENLACES GUAYAQUIL					
Tipo de Enlace	Capacidad	Cantidad	Costo mensual(incluido alquiler de DTUs)	No. De años	Total
Locales	32 kbps	4	233,3	3	33595,2
Locales	64 kbps	3	262,8	3	28382,4
TOTAL Guayaquil (dólares):					61977,6
Valor Total del arrendamiento de los canales FR para Quito y Guayaquil (dólares)					159674,4

Tabla 4-27.- Costos del totales de las renta de los canales FR en las ciudades de Quito y Guayaquil para un periodo de 3 años

Comparando los costos de inversión presentados en las tablas 4-26 y 4-27 se ve claramente la ventaja económica que conlleva la aplicación de la tecnología inalámbrica con el equipo Access 5830 frente a mantener los canales Frame Relay, la ventaja en cuanto a la capacidad que brinda este equipo de hasta 10 Mbps con los cuales se puede tener sobre los enlaces las nuevas aplicaciones de voz y video sumado a que con la utilización de este equipo se aprovecha al máximo los recursos existentes en la red como son los ruteadores ubicados en todos los almacenes cumpliendo de esta manera con los objetivos planteados en el presente proyecto, que sostenía que se debe cumplir con los requerimientos de la nueva red diseñada tratando de aprovechar la infraestructura existente, confirmando así que esta es la solución con mejor relación costo - beneficio para la red de Marathon Sports en Quito y Guayaquil.

Una vez propuesta la solución para la red de Marathon Sports el siguiente paso es indicar cuales son los requerimientos legales a proseguir para la aprobación de los enlaces inalámbricos con la tecnología Spread Spectrum en la banda no licenciada de los 5.8 GHz, las solicitudes y formularios pertinentes se encuentran adjuntas en el anexo D.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- En el diseño de una red de comunicaciones de área extendida es importante optimizar ancho de banda, maximizar la efectividad del sistema y minimizar costos, para lo cual es necesario realizar un análisis de la situación inicial de la red, equipo existente, expectativas técnicas y de costos de la empresa, y un estudio del tráfico actual y futuro de la red, al realizar el diseño se debe tomar en cuenta que al incrementar la disponibilidad del sistema, los costos también se incrementan, haciéndose necesario un análisis cauteloso de la importancia de la disponibilidad del sistema frente a costos.
- Una planificación exitosa de una red de área extendida requiere de una correcta caracterización de tráfico lo cual implica un análisis cualitativo y cuantitativo, tomando en cuenta las aplicaciones de datos y video que requieran mayores recursos de ancho de banda sumados al ancho de banda requerido para la voz. En el caso de la red de Marathon Sports se consideró además una proyección de tráfico a 5 años y una holgura de un 25% en ancho de banda con lo cual se asegura un soporte efectivo a las aplicaciones de voz, datos y video así como las de administración de red durante este período de tiempo, luego del cual es recomendable realizar un nuevo estudio.

- Para dimensionar el ancho de banda necesario para el transporte de voz sobre IP es necesario conocer el número de canales de voz y el tipo de compresión que se va a utilizar, una vez determinado el algoritmo de compresión de voz que se utilizará es importante definir el número de muestras de voz que serán enviadas en cada paquete, enviar un número pequeño de muestras por paquete permite obtener una buena calidad de voz a costa de un incremento en la sobrecarga y por ende una reducción en la eficiencia de transmisión; el enviar varias muestras de voz en un paquete permite optimizar el uso del ancho de banda debido a que es necesario el envío de un menor número de paquetes, sin embargo esta reducción se traduce en una disminución en la calidad de voz, por este motivo es necesario equiparar calidad de voz y ancho de banda, durante el estudio realizado, se escogió una duración de paquete de 20ms con lo cual se obtiene una calidad de voz aceptable, tomando en cuenta que la reducción en ancho de banda obtenida al incrementar de 20 a 30ms no es significativo frente a la pérdida de calidad en la voz.
- Las cámaras IP disponibles en el mercado proveen varias resoluciones de video y niveles de compresión entre las cuales el usuario podrá escoger de acuerdo a la calidad de video que sea requerida, la cámara D-Link utilizada en el diseño permite escoger entre tres niveles de compresión para resoluciones de 120x160, 320x240 y 640x480 píxeles con transmisión de 1, 5, 7, 15 y hasta 20 imágenes por segundo, considerando que las aplicaciones de video vigilancia no requieren mayor detalle en cuanto a imagen se utilizó una resolución de 320x240 píxeles, nivel de compresión alto y una transmisión de 5 imágenes por segundo, con lo cual es posible obtener un nivel de visualización aceptable.

- Las ondas electromagnéticas al propagarse en la atmósfera terrestre describen una trayectoria curva debido al fenómeno de la refracción, de ahí que el termino "Línea de Vista ", usado en los radioenlaces se refiere a que la señal se capta dentro del horizonte visual y no a que la onda describe una trayectoria recta entre el transmisor y el receptor. Asegurar la Línea de Vista no es suficiente para un buen radioenlace, en la primera zona de Fresnel se encuentra una cantidad importante de potencia de la señal, por esto se debe asegurar que no se encuentre obstruida por obstáculos para lograr un buen enlace inalámbrico, ya que caso contrario la atenuación por difracción causará una disminución de la potencia de la señal percibida por el receptor, e incluso la anulación total de la misma.
- Actualmente la banda de los 2.4 GHz es muy utilizada para las transmisiones inalámbricas, sin embargo, debido a que el espectro radioeléctrico es un recurso no reutilizable esto provocará a corto plazo la saturación de la misma, como ya se ha dado en otros países, tomando en cuenta este antecedente se propuso en este proyecto de titulación, el diseño del sistema inalámbrico en la banda de los 5.8 GHz, frecuencia en la cual zona de Fresnel se vuelve más angosta, situación que resulta ventajosa para casos en los que se necesita que la señal se propague a través de pequeños espacios entre edificios o árboles.
- El diseño de la red de datos de Marathon Sport quedó definida de la siguiente manera: un canal arrendado Frame Relay para enlazar las ciudades de Manta y Portoviejo y una red inalámbrica para enlazar al resto de almacenes ubicados en las ciudades de Quito y Guayaquil; a esta propuesta híbrida se llegó luego de un detallado análisis de soluciones tecnológicas respaldadas por el respectivo análisis de costos y con la importante consideración de la reutilización de la mayor cantidad de equipo ya existente en la red, se llegó a la conclusión que la solución propuesta es tecnológica y económicamente la más eficiente.

5.2 RECOMENDACIONES

- Durante el estudio de tráfico realizado en este proyecto se pudo observar que los canales se encontraban permanentemente ocupados por aplicaciones RIP, que son utilizadas por los ruteadores para establecer tablas dinámicas de ruteo. Es recomendable la utilización de RIP para el caso de redes grandes en las que establecer tablas estáticas de rutas resulta bastante tedioso, mientras que para el presente caso se recomienda la aplicación de tablas de ruteo estáticas ya que el número de rutas es manejable, para de esta manera liberar al canal del tráfico que es generado por las aplicaciones RIP y aumentar la eficiencia del sistema.
- La ecuación de Varnet - Vignants, utilizada para determinar el margen de desvanecimiento para un objetivo de calidad hace uso de algunas constantes las cuales han sido definidas mediante pruebas realizadas en lugares con condiciones climáticas y de terreno promedio, obteniéndose un perfil de comportamiento aproximado, lo recomendable y lo óptimo sería utilizar constantes que hayan sido obtenidas específicamente para la zona de trabajo del radioenlace.
- Todo sistema inalámbrico es susceptible de sufrir interrupciones temporales o permanentes, en uno o varios de sus enlaces causadas por factores climáticos en su mayoría, y, en menor grado, por fallas en los equipos, por este motivo es recomendable que a todo diseño inalámbrico se le proporcione un camino redundante que provea una alternativa de conexión en el caso de que el enlace principal fallase, de este modo se asegura tener disponible una conexión todo el tiempo; tener redundancia en un sistema inalámbrico implica una inversión adicional en cuanto a la colocación de una o varias estaciones repetidoras extras para proveer el enlace redundante, es por este motivo

que muchas veces se debe tomar en cuenta la relación costo beneficio de implementar un enlace redundante.

- Los sistemas inalámbricos por su naturaleza de transmisión pueden ser captados por cualquier receptor que así lo desee, los sistemas Spread Spectrum brindan cierto nivel de seguridad para los datos transmitidos, sin embargo, esto no es suficiente por lo cual es recomendable elegir un equipo que brinde las mejores características de encriptación y codificación a la información y adicionalmente la implementación de seguridades por parte del administrador de la red.
- El presente proyecto da una breve reseña sobre la tecnología en desarrollo conocida como WIMAX basada en el estándar 802.16a, la cual revolucionará los sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha brindando una solución con nivel similar e incluso superior al del ADSL, cable módems, líneas dedicadas E1/T1, fibra, etc.

Debido a que en un futuro se prevé que WIMAX será una de las tecnologías de acceso más atractiva para brindar soluciones de banda ancha a bajo costo con las ventajas propias de los sistemas inalámbricos, se recomienda que posteriores proyectos profundicen este estudio para obtener una visión más clara e inclusive proponer la implementación de esta tecnología en nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

Libros y folletos

- [1] FEHER, Kamilo. Digital Communications. Prentice Hall. 1981. Cap. 5.
- [2] FRANKEL, T. ABC of the Telephone.
- [3] HIDALGO, Pablo. Folleto de Telemática.2003.
- [4] HUIDOBRO, José M y ROLDÁN, David. Integración de Voz y Datos.Mc. Graw Hill. s/e. Cap.6.
- [5] JAPAN INTERNACIONAL COOPERATION AGENCY (JICA), NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION (NTT), Radiocomunicaciones en las Bandas de VHF y UHF, pag 4.
- [6] SACKET, George C. Manual Routers Cisco. Mc. Graw Hill. Cap. 8.
- [7] TANENBAUM, Andrew S. Redes de Computadoras. Prentice Hall Hispanoamericana. Tercera edición, 1997.

Revistas y documentos

- [8] Estándar IEEE 802.16a.
- [9] White paper "IEEE802.16a standard and WIMAX, igniting broadband wireless access" .
- [10] White paper "IEEE 802.16* and WiMAX Broadband Wireless Access for Everyone".

Tesis

- [11] BAZANTE, Juan Carlos. Diseño de un sistema de audio y video de una sala de reuniones para una Institución Financiera. 2001.
- [12] BOLAÑOS, Jhonatan y RIVAS, José. Diseño de un sistema de comunicaciones entre las oficinas centrales de Repsol YPF en Quito y las estaciones y centros de acopio ubicados en Quito, Manabí y Esmeraldas. Junio 2004.

-
- [13] OLALLA, Aleix. Estudio y diseño para la migración de una red de telefonía tradicional a una red de telefonía IP para una entidad comercial. Enero 2002.
- [14] SERRANO, Carla. Diseño y elaboración de un paquete computacional que permita determinar la confiabilidad de enlace para el Servicio de Radiodifusión y TV a nivel nacional.
- [15] SOTO, Daniel. El mundo multimedia del WEB en Offline, 2001.

Direcciones Electrónicas

- [16] 213.155.72.40/es/products/Catalogue/wireless.pdf
- [17] <http://inga.udea.edu.co/cursos/ieo994/cl6%20Nivel%20fisico2.ppt>
- [18] <http://www-ana.nal.ics.es.osaka-u.ac.jp/~murata/papers/Ata00ieice-TrafficAnalysis.pdf>.
- [19] <http://www.cisco.com>
- [20] <http://www.conatel.gov.ec>
- [21] <http://www.csiesr.fr/ssr/systeme/sansfil/coexistence-bluetooth.pdf>
- [22] <http://francispisani.net/article.php?sid=120>
- [23] <http://www.geocities.com/wireless4data/>
- [24] <http://www.idg.es/pcworld/>
- [25] http://www.ieee802.org/16/liaison/docs/L80216-02_05.pdf
- [26] <http://www.pymes.com>
- [27] <http://www.radiowaves.com>.
- [28] http://serviger.8m.com/RED_WAN.htm
- [29] <http://inga.udea.edu.co/cursos/ieo994/cl6%20Nivel%20fisico2.ppt>
- [30] <http://sss-mag.com/pdf.html>
- [31] <http://standards.ieee.org/getieee802.16.html>
- [32] <http://www.safari.oreilly.com/JYXSL.asp>
- [33] <http://www.selui.com/wireless>.
- [34] http://serviger.8m.com/RED_WAN.htm
- [35] <http://www.terra-wave.com/catalog-form.html>
- [36] <http://www.tiltek.com>
- [37] <http://wimaxforum.org>

ANEXO A

EQUIPO

Cisco 2600 Series Modular Multiservice Router



Cisco Systems delivers enterprise/provider-class versatility, integration, and power to branch offices with the Cisco 2600 Series Modular Multiservice Router Family.

The widely deployed Cisco 2600 Series provides a cost-effective solution to meet today's and tomorrow's branch office needs for:

- Multiservice voice/data integration
- Virtual Private Network (VPN) access with Firewall options
- Analog and digital dial access services
- Routing with Bandwidth Management
- Inter-VLAN routing
- Delivery of high-speed business class DSL access
- Cost effective T1/E1 ATM access

The modular architecture of the Cisco 2600 Series allows interfaces to be upgraded to accommodate network expansion or changes in technology as new services and applications are deployed. By sharing modular interfaces with the Cisco 1600, 1700, and 3600 Series, the Cisco 2600 provides unrivaled investment protection. The Cisco 2600 Series reduces the complexity of managing the remote network solution by integrating the functions of multiple separate devices into a single, compact unit.

Driven by a powerful RISC processor along with high-performance DSPs and auxiliary processors on various interfaces, the Cisco 2600 Series supports the advanced quality of service (QoS), security, and network integration features required in today's evolving branch offices.

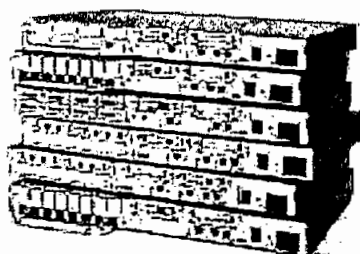
The Cisco 2600 Series is available in three performance levels and six base configurations:

- Cisco 2650 and Cisco 2651— up to 37K packets per second (pps), one and two autosensing 10/100 Mbps Ethernet ports
- Cisco 2620 and Cisco 2621—up to 25K pps, one and two autosensing 10/100 Mbps Ethernet ports
- Cisco 2610 through Cisco 2613—up to 15K pps
 - Cisco 2613—One Token Ring port
 - Cisco 2612—One Ethernet port, one Token Ring port
 - Cisco 2611—Two Ethernet ports
 - Cisco 2610—One Ethernet port

Each model also has two WAN Interface Card slots, one Network Module slot, and an Advanced Integration Module (AIM) slot. These slots share more than 50 different modules across four Cisco product lines.



Figure 1 Cisco 2600 Series Modular Access Routers



The WAN Interface Cards available for the Cisco 1600, 1700, 2600, and 3600 routers support a variety of serial, Integrated Services Digital Network Basic Rate Interface (ISDN BRI), and integrated channel service unit/data service unit (CSU/DSU) options for primary and backup WAN connectivity. Network modules available for the Cisco 2600 and 3600 Series support a broad range of applications, including multiservice voice/data integration, analog and ISDN dial access, and serial device concentration.

The field-installable AIMS supported on all Cisco 2600 Series models and the Cisco 3660, enhance the performance of the router by off-loading compute-intensive function(s) onto a dedicated coprocessor while preserving external interface slots for other applications. Various AIMS support high-performance hardware-assisted data compression or data encryption (ideal for VPNs). The new AIM-ATM enables cost-effective ATM over one to four T1/E1 connections, or when used with the high density packet voice network modules, Voice over ATM (VoATM) can be provisioned.

Key Benefits

As part of the Cisco comprehensive end-to-end networking solution, the Cisco 2600 Series allows businesses to extend a cost-effective, seamless network infrastructure to the branch office with the following benefits:

- *Investment protection*—Because the Cisco 2600 Series supports field-upgradable modular components, customers can easily change network interfaces without a “forklift upgrade” of the entire branch office network solution. The AIM slot of the Cisco 2600 platform further protects investments by offering the expandability to support advanced services such as hardware-assisted data compression, data encryption, or ATM data/voice access.
- *Lower cost of ownership*—By integrating the functions of CSU/DSUs, ISDN Network Termination (NT1) devices, firewall, modems, compression or encryption devices, and other equipment found in branch office wiring closets in a single, compact unit, the Cisco 2600 Series provides a space-saving solution that can be managed remotely using network management applications such as CiscoWorks and CiscoView.
- *Multiservice voice/data integration*—Cisco offers the industry’s broadest, scalable multiservice voice/data integration solution set. The Cisco 2600 Series allows network managers to reduce long-distance interoffice calling costs and enables next-generation applications such as integrated messaging and Web-based call centers. Using the Voice/Fax modules, the Cisco 2600 may be deployed in both Voice over IP (VoIP) and Voice over Frame Relay (VoFR) networks. The packet voice trunk network module supports up to 60 simultaneous voice calls in a Cisco 2600 as well as supporting routing and other services. When used with the ATM-AIM, VoATM using AAL2 or AAL5 can be deployed.
- *Enterprise/Provider class solution*—Meets the requirements of multiservice enterprises and their managed service CPE providers with high reliability features, multiple WAN connections, and the ability to migrate from data-only to TDM voice and data to packetized voice and data infrastructure.



Key Features and Benefits

The Cisco 2600 Series brings a cost-effective combination of versatility, integration, and power to remote branch offices with the key features listed in Table 1.

Table 1 Key Features and Benefits of the Cisco 2600 Series

Features	Benefits
Versatility and Investment Protection	
Modular Architecture	<ul style="list-style-type: none"> • Network interfaces are field-upgradable to accommodate future technologies while providing a solution to meet today's needs • Additional interfaces can be added on a "pay as you grow" basis to accommodate network growth • LAN and WAN interface configuration is easily customized for individual needs
WAN Interface Cards and Network Modules Shared with Cisco 1600, 1700, and 3600 Series Routers	<ul style="list-style-type: none"> • Reduced cost of maintaining inventory of Cisco 1600, 1700, 2600, and 3600 Series modular components • Lower training costs for support personnel
Multiflex Voice/WAN Interface Card Support	<ul style="list-style-type: none"> • Can be used for WAN (data-only) connectivity then re-deployed to support channelized voice and data, or packet voice applications
Advanced Integration Module Slot	<ul style="list-style-type: none"> • Expandability for integration of advanced high performance services such as hardware-assisted data compression, encryption, and ATM access • Maximizes performance by off-loading processor intensive applications to a coprocessor
DC Power Supply Option	<ul style="list-style-type: none"> • Allows deployment in DC power environments such as telecommunications carrier central offices
Enterprise/Managed Service CPE-Class Performance	
High-Performance RISC Architecture	<ul style="list-style-type: none"> • Support for advanced QoS features such as the Resource Reservation Protocol (RSVP), Weighted Fair Queuing (WFQ), and IP Precedence to reduce recurring WAN costs • Enables security features such as data encryption, tunneling, and user authentication and authorization for VPN access • ICSA-certified Cisco IOS® Firewall feature sets provide support for advanced security features such as Context-Based Access Control (CBAC), Java blocking, denial of service protection, intrusion detection, and audit trails • Support for cost-effective, software-based data compression and data encryption • Integration of legacy networks via data link switching plus (DLSW+) and Advanced Peer-to-Peer Networking (APPN) • High-speed routing performance of up to 37,000 packets per second for maximum scalability to support more concurrent functions (Cisco 2650 and Cisco 2651)
Full Cisco IOS Software Support	<ul style="list-style-type: none"> • Supports the same IOS software Feature Sets as the Cisco 2500 and 3600 Series
Simplified Management	
Integrated CSU/DSU, Analog Modem, DSL CPE/Modem, and NT1 Options	<ul style="list-style-type: none"> • Enables remote management of all Customer Premise Equipment (CPE) elements for higher network availability and lower operational costs
Support for CiscoWorks and CiscoView	<ul style="list-style-type: none"> • Allows simplified management of all integrated and stackable components
Support for Cisco Voice Manager (CVM)	<ul style="list-style-type: none"> • Reduces the cost of deploying and managing integrated voice/data solutions

Cisco 2600/3600/3700 10/100 Ethernet/Token Ring Mixed Media NMs

Allows new and current customers of the 2600, 3600 and 3700 to benefit from the increased performance and density capabilities delivered by this new range of NMs. Features also include new auto-sensing 10/100 Fast Ethernet ports and new TDM capabilities.

Introduction

Four new NMs are now available to add additional performance and LAN/WAN density to the entire 2600/3600/3700 series of multi-service routers:

These NMs enhance the range of NMs and WICs to over 80 modular components now available for the 2600/3600/3700 multiservice platforms.

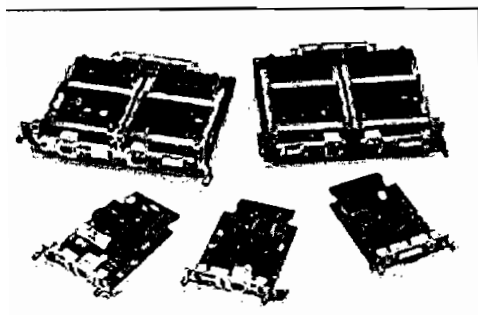
Part Number	Description
NM-1FE2W/NM-1FE2W-V2	1 10/100 Ethernet 2 WAN Card Slot Network Module
NM-2FE2W/NM-2FE2W-V2	2 10/100 Ethernet 2 WAN Card Slot Network Module
NM-1FE1R2W	1 10/100 Ethernet 1 4/16 Token Ring 2 WAN Card Slot NM
NM-2W	2 WAN Card Slot Network Module (no LAN)

These 4 new NMs expand the flexibility of the modular 2600/3600/3700 routers by providing additional features, combined with an increase in network module interface density and performance.

Features

- Supported on complete range of Cisco 2600, 3600 and 3700 series Multiservice platforms
- Supports all available WICs and VWICs (see below for a complete list)
- Greater Network Module Slot efficiency than currently available (see Table 2)
- Increase WIC density in Cisco 2600 and 3700 series
- Support for up to 8Mb throughput on a WIC interface
- 10/100 autosensing full/half duplex FE LAN versions for 3600 series (full and half duplex)
- Full and half duplex Token Ring Support (3600 only)
- TDM enabled

10/100 Mixed Media NMs





The New NMs support the following WICs AND VWICs:

- WIC-1B-S/T
- WIC-1B-U
- WIC-1B-V2
- WIC-1DSU-56K4
- WIC-1DSU-T1
- WIC-1T
- WIC-2T
- WIC-2A/S
- WIC-1AM
- WIC-2AM
- WIC-1ADSL
- WIC-1GSHDSL
- VWIC-1MFT-T1¹
- VWIC-1MFT-E1¹
- VWIC-1MFT-T1-DI¹
- VWIC-1MFT-E1-DI¹
- VWIC-2MFT-E1¹
- VWIC-2MFT-T1¹
- VWIC-2MFT-T1-DI¹
- VWIC-2MFT-E1-DI¹

1. VWICs in data mode only

The following table summarized the major enhancements over the current legacy mixed media NMs:

Feature	Legacy Mixed Media NMs	New 10/100 Mixed Media NMs
Max T1/E1 WIC Connections	2	4
VWIC Support	Limited	Full
WIC Support	Limited	Full
WIC Throughput	2Mb	8Mb
TDM Support	No	Yes
Ethernet Support	10Mb	10/100Mb
G.703 WIC Support ¹	No	Yes
Full Duplex Token Ring	No	Yes

1. FCS 2HW/00

The Maximum Number of NMs that can be utilized in each of the 2600/3600 families is as follows:

	2600	2691	3620	3631	3640	3660	3725	3745
NM-1FE2W/NM-1FE2W-V2	N/A	1	2	N/A	4	6	2	4
NM-2FE2W/NM-2FE2W-V2	N/A	1	2	N/A	4	6	2	4
NM-1FE1R2W	N/A	1	2	N/A	4	6	2	4
NM-2W	1	1	1	N/A	3	6	2	4



The following tables details some typical configurations and benefits of these new Combo NMs:

Configuration	Without New Combo NMs	With New Combo NMs
2620 with 2 BRI and Serial Backup	2620+2BRI WIC+4T NM	2620+2BRI WIC+NM-2W+1T WIC
Comments:	No Expansion, only 1 port of 4T NM being utilized	Free WIC Slot
3620 with FE LAN and 2 Serial Connections	3620+1FE NM+ 1E2W NM+ 1T WIC+1T WIC	3620+1FE2W+2T WIC
Comments:	No expansion. 10Mb Ethernet port not utilized	One free NM and WIC slot
3640 with 2 FE LAN and 8 BRI with 2 Serial Backup	3640+FE NM+FE NM+8BRI NM+1E2W+ 1T WIC+1T WIC	3640+2FE2W+8BRI NM+2T WIC
Comments:	No expansion. 10Mb Ethernet port not utilized	Two free NM and one free WIC slot
3660 with 4 FE LAN with 8Mb Serial Backup	3660+2 FE NMs+4T NM	3660+2FE2W+2TWIC
Comments:	3 Slots remaining	5 Slots remaining

Orderability, Availability, Compatibility, Minimum Software, and Memory Requirements

10/100 Mixed media Network Modules Product Numbers and Description.

Product Number	Description
NM-1FE2W/NM-1FE2W-V2	1 10/100 Ethernet 2 WAN Card Slot Network Module
NM-2FE2W/NM-2FE2W-V2	2 10/100 Ethernet 2 WAN Card Slot Network Module
NM-1FE1R2W	1 10/100 Ethernet 1 4/16 Token Ring 2 WAN Card Slot NM
NM-2W	2 WAN Card Slot Network Module (no LAN)

For the NM-1FE2W, NM-2FE2W, NM-1FE1R2W, and NM-2W the minimum level of IOS is 12.0(7)XK or 12.1(1)T.

For the NM-1FE2W-V2 and NM-2FE2W-V2 the minimum level IOS is 12.2(12)M and 12.2(13)T.

10/100 Mixed media Network Modules (NM-1FE2W, NM-2FE2W, NM-1FE1R2W, and NM-2W) platforms supported, minimum Cisco IOS® Release, minimum Memory and Maximum Number Supported:

Product	Cisco IOS Software Version Required	IOS Feature Sets Required	Minimum DRAM Memory ¹	Maximum Supported
Cisco 2600 Series	12.0(7)XK	Any Cisco IOS Feature Sets	32 MB	1
Cisco 2600XM Series	12.2(8)T	Any Cisco IOS Feature Sets	32 MB	1
Cisco 2691	12.2(8)T	Any Cisco IOS Feature Sets	64 MB	1
Cisco 3620	12.0(7)XK	Any Cisco IOS Feature Set	32 MB	2 ²
Cisco 3640	12.0(7)XK	Any Cisco IOS Feature Sets	32 MB	4 ²
Cisco 3660	12.0(7)XK	Any Cisco IOS Feature Sets	32 MB	6
Cisco 3725	12.2(8)T	Any Cisco IOS Feature Sets	128 MB	2
Cisco 3745	12.2(8)T	Any Cisco IOS Feature Sets	128 MB	4

1. The NM-1FE2W-V2 and NM-2FE2W-V2 have the same memory requirements as the non-V2 network modules.

2. Only 1 of the NM-2W is supported in the 3620, and only 3 NM-2W are supported in the 3640

Physical Specifications

Standards and Compliance Support

Product Specifications	
Dimensions	1.55 x 7.10 x 7.2 In (H x W x D)
Weight	2.5lbs. Maximum
Environmental Conditions	Operating temp. 32 -04 F (0 -40 C) Nonoperating temp. -13 to -58 F (-25 to -70 C)
Power Requirements	15 watts Maximum
Relative Humidity	5 to 95%
MTBF	NM-2W - 1,720,096 hours NM-1FE2W - 846,192 hours NM-2FE2W - 569,302 hours NM-1FE1R2W - 507,634 hours
Protocols Supported	Full Cisco IOS Software as of 12.0(7)XK
WIC Performance	Up to 8Mb/s per WIC (with Just 1 WIC Installed)
EMI	FCC Part 15 Class B—CISPR 22 Class B
Cabling	WAN cables dependant on WICs. LAN interfaces have 10/100BaseT cables for Ethernet and STP/UTP cables for Token Ring
LEDs	Token ring 4/16 speed indication. Ethernet 10/100 Speed Indication. Link and full Duplex LEDS
Network Interfaces	Compatible with all existing network modules and WICS supported by Cisco 2600/3600 family

Supported Management Information Base (MIBs)

These new NMs support the standard Management Information Base (MIBs):

For descriptions of supported MIBs and how to use MIBs, see the Cisco MIB web site at:
<http://www.cisco.com/public/sw-center/netmgmt/cmtk/mibs.shtml>

Regulatory Approvals

UL 1950



Corporate Headquarters
Cisco Systems, Inc.
170 West Tasman Drive
San Jose, CA 95134-1706
USA
www.cisco.com
Tel: 408 526-4000
800 553-NETS (6387)
Fax: 408 526-4100

European Headquarters
Cisco Systems International BV
Haarlerbergpark
Haarlerbergweg 13-19
1101 CH Amsterdam
The Netherlands
www-europe.cisco.com
Tel: 31 0 20 357 1000
Fax: 31 0 20 357 1100

Americas Headquarters
Cisco Systems, Inc.
170 West Tasman Drive
San Jose, CA 95134-1706
USA
www.cisco.com
Tel: 408 526-7660
Fax: 408 527-0883

Asia Pacific Headquarters
Cisco Systems, Inc.
Capital Tower
168 Robinson Road
#22-01 to #29-01
Singapore 068912
www.cisco.com
Tel: +65 6317 7777
Fax: +65 6317 7799

Cisco Systems has more than 200 offices in the following countries and regions. Addresses, phone numbers, and fax numbers are listed on the Cisco Web site at www.cisco.com/go/offices

Argentina • Australia • Austria • Belgium • Brazil • Bulgaria • Canada • Chile • China PRC • Colombia • Costa Rica • Croatia
Czech Republic • Denmark • Dubai, UAE • Finland • France • Germany • Greece • Hong Kong SAR • Hungary • India • Indonesia • Ireland
Israel • Italy • Japan • Korea • Luxembourg • Malaysia • Mexico • The Netherlands • New Zealand • Norway • Peru • Philippines • Poland
Portugal • Puerto Rico • Romania • Russia • Saudi Arabia • Scotland • Singapore • Slovakia • Slovenia • South Africa • Spain • Sweden
Switzerland • Taiwan • Thailand • Turkey • Ukraine • United Kingdom • United States • Venezuela • Vietnam • Zimbabwe

Contents are Copyright © 1992-2003 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. CCIP, CCSP, the Cisco Arrow logo, the Cisco Powered Network mark, Cisco Unity, Follow Me Browsing, FormShare, and StackWise are trademarks of Cisco Systems, Inc.; Changing the Way We Work, Live, Play, and Learn, and IQuick Study are service marks of Cisco Systems, Inc.; and Aironet, ASIST, BPX, Catalyst, CCDA, CCDP, CCIE, CCNA, CCNP, Cisco, the Cisco Certified Internetwork Expert logo, Cisco IOS, the Cisco IOS logo, Cisco Press, Cisco Systems, Cisco Systems Capital, the Cisco Systems logo, Empowering the Internet Generation, Enterprise Solver, EtherChannel, EtherSwitch, Fast Step, GigaStack, Internet Quotient, IOS, IPTV, IQ Expertise, the IQ logo, IQ Net Readiness Scorecard, LightStream, MGX, MICA, the Networkers logo, Networking Academy, Network Registrar, Packet, PIX, Post-Routing, Pre-Routing, RateMUX, Registrar, ScriptShare, SlideCast, SMARTnet, StrataView Plus, Stratum, SwitchProbe, TeleRouter, The Fastest Way to Increase Your Internet Quotient, VLSR, and VCO are registered trademarks of Cisco Systems, Inc. and/or its affiliates in the U.S. and certain other countries.

Other trademarks mentioned in this document or Web site are the property of their respective owners. The use of the word partner does not imply a partnership relationship between Cisco and any other company.
J4R ETMG 203090—CC 08/03



The Cisco 831 is a switch-capable router that provide a 4-port Ethernet switch-for the LAN. The router is capable of bridging and multiprotocol routing between LAN and WAN ports. The Cisco 831 router has an Ethernet WAN port for use with an external digital subscriber line (DSL) or cable modem.

Cisco 831 router supports high-speed encryption, 10/100-Mbps switching, and dial backup functionality via the auxiliary console port. The autosensing function in the routers eliminates the need for a crossover cable and allows the routers to detect the medium dependent interface in normal mode (MDI) or medium dependent interface in crossover mode (MDIX) in any other PC/hub with a straight-through cable or crossover cable.

The dial backup function allows the user to connect an analog modem to the console port as a backup link to the WAN in case the ADSL service goes down. These features give the Cisco 831 router a high level of performance and security.

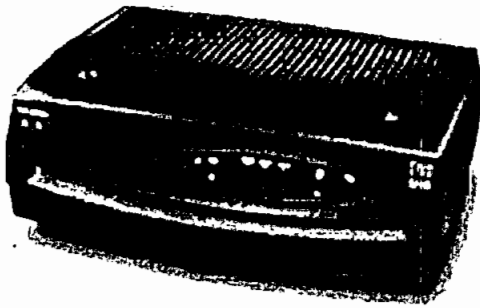
The Cisco 831 router is designed with hardware-based encryption. The Cisco 831 router supports the ability to add Flash memory or SDRAM, either as a factory

Data Sheet

Cisco 1751 Modular Access Router

Figure 1

The Cisco 1751 Router delivers a versatile e-Business WAN access solution.



Cisco 1751 Modular Access Router is ideally suited to help you evolve your organization into an e-Business. It supports e-Business features such as VPNs; secure Internet, intranet, and extranet access with optional firewall technology; broadband DSL and cable connectivity; and multiservice voice/video/data/fax integration. The Cisco 1751 Modular Access Router offers:

- Flexibility to adapt to changing requirements
- Modularity that allows you to individually configure the system to meet specific business needs
- Investment protection with features and performance to support new WAN services such as broadband DSL and cable access, multiservice voice/data integration, and VPNs
- Integration of multiple network functions, including an optional firewall VPN, and data service unit/channel service unit (DSU/CSU) to simplify deployment and management

The Cisco 1751 Router delivers these capabilities with the power of Cisco IOS Software in a modular integrated access solution. The Cisco 1751 Router provides a cost-effective solution to support e-Business applications through a comprehensive feature set including support for:

- Multiservice voice/fax/data integration
- Secure Internet, intranet, and extranet access with VPN and firewall
- Integrated broadband DSL connectivity
- VLAN support (IEEE 802.1Q)



Pacific Wireless

693 E. Draper Heights Way Suite 210
Draper, UT 84020
TEL (801) 572-3024
FAX (801) 572-3025
www.pacwireless.com

SAH5x DATA SHEET

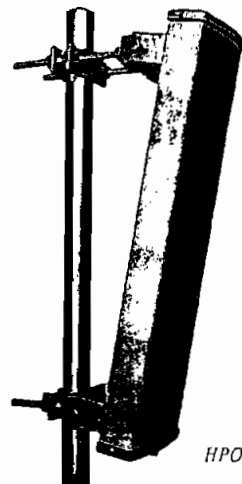
Horizontally Polarized Sector Antennas 5400 to 5850 MHz Operation

Features

- Horizontally Polarized
- 90 deg 18dBi and 120 deg 17dBi models
- Type N Female Integrated Connector
- Extremely Rugged for long service life in extreme environments
- Completely Weatherproof

Applications

- 5.8GHz U-NII Band Applications
- Point to Multi-point Systems
- Base Station Antennas
- 802.11a Applications



HPOL Sector

Description

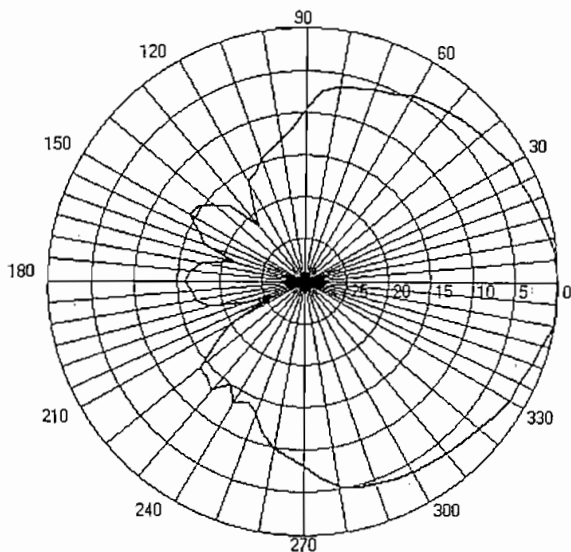
The Horizontally Polarized Sector antenna systems offered by Pacific Wireless are constructed of UV stable ABS plastic radomes and heavy galvanized brackets for long service life in the most demanding conditions. The Horizontal Polarization allows for reduced interference potential in systems which are installed in areas with high levels of vertically polarized RF noise or where the system manager wants to avoid potential future problems with interference. The super heavy duty bracket system is easy to install and adjust for up to 30 deg of downtilt.

Specifications

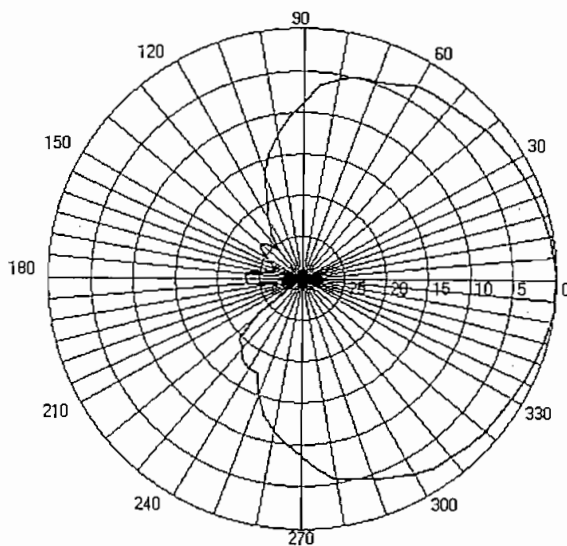
Parameter	Model	Min	Typ	Max	Units
Frequency Range	SAH58	5725		5850	MHz
Input Return Loss (S ₁₁)			-14		dB
VSWR			1.5:1		
Impedance			50		OHM
Input Power				100	W
Pole Diameter (OD)		1" (25)		2.5" (64)	Inch (mm)
Operating Temperature		-40		+70	Deg C

	Model	SAH5x-90-xx	SAH5x-120-xx
Gain	SAH58	18 dBi	17dBi
Horizontal Beam Width		90 deg	120 deg
Vertical Beam Width		8 deg	
Polarization		Horizontal	
Front to Back		>25 dB	
Mechanical Downtilt		30 deg	
Weight		10 Lb (4.5kg)	
Dimensions (LxWxH)		28" x 6.5" x 2.5" (711 x 165 x 51mm)	

Antenna Patterns at 5.750GHz

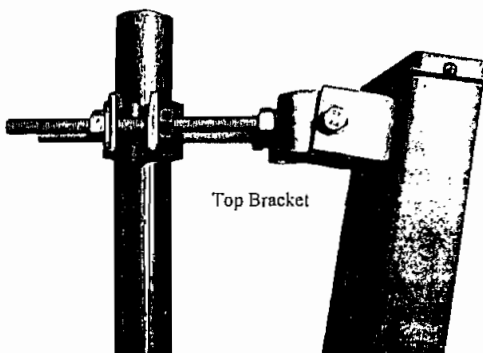


SAH5x-90-xx
E-Plane



SAH5x-120-xx
E-Plane

Wind Loading			
Model	Sq. In	100MPH	125MPH
SAH5x	182	45.5 lb	71.1 lb



Top Bracket

Notes:

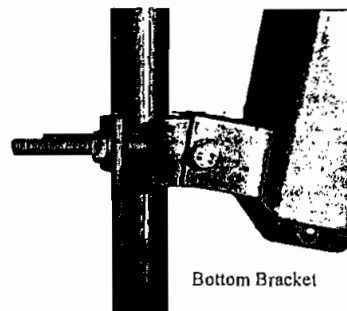
- All shipments F.O.B. Pacific Wireless Bluffdale, UT 84065
- All antennas carry a 2 Year Warranty

System Ordering: SAH5 - -

Frequency
7 = 5400-5750MHz
8 = 5725-5850MHz

Horizontal Beamwidth
90 = 90deg
120 = 120deg

Antenna Gain
16 = 16dBi
17 = 17dBi
18 = 18dBi



Bottom Bracket

For further information contact:



Pacific Wireless

693 E. Draper Heights Way Suite 210
Draper, UT 84020
TEL (801) 572-3024
FAX (801) 572-3025
www.pacwireless.com

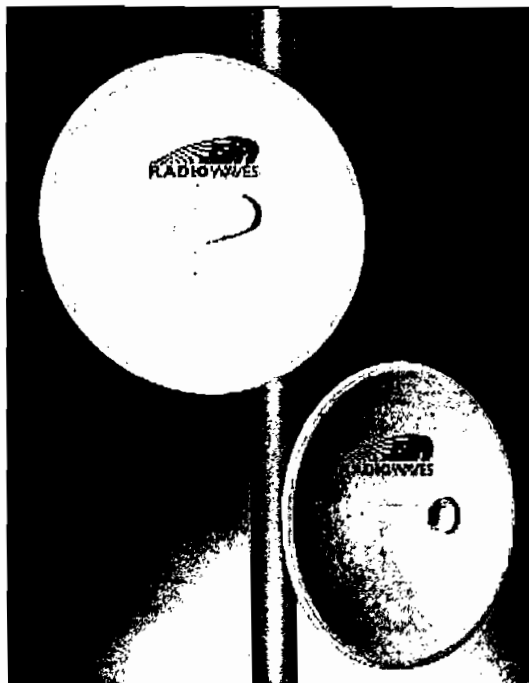


5.725 - 5.850 GHz

ANTENAS PARABOLICAS DE SUBSCRIPTOR

CARACTERÍSTICAS

- Diámetro de la antena
 - 6' (180 cm)
- Peso de la antena
 - 6' 90 lbs. (40.5 kg)
- Diseño liviano y resistente
- Fácilmente instalable
- Clase de conexión: conector tipo "N" hembra
- El color Standard es blanco: otros colores están disponibles
- El radomo viene incluido en los modelos de 1' y 1.5'. Es opcional en los demás modelos
- Modelos de doble polaridad también son disponibles



ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS (desempeño típico)*

Modelo	Frecuencia, GHz	Polarización	Ganancia dBi (nominales)	Apertura ° -3dB	X-Pol. Rechazo, dB	F/B Ratio dB	VSWR, Max (R.L., dB)
SP6-5.8	5.725 - 5.850	Sencilla	37.9	2.0	30	44	1.5:1 (14.0)

* Todas las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso.

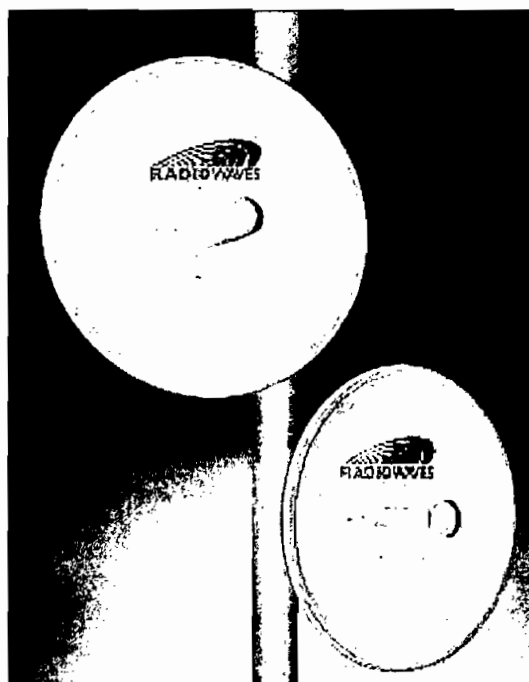
Radio Waves, Inc.
<http://www.radiowavesinc.com>



5.725 - 5.850 GHz ANTENAS PARABOLICAS DE SUBSCRIPTOR

CARACTERÍSTICAS

- Diámetro de la antena
 - 1.5' (45 cm)
- Peso de la antena
 - 1.5' 18 lbs. (8.3 kg)
- Diseño liviano y resistente
- Fácilmente instalable
- Clase de conexión: conector tipo "N" hembra
- El color Standard es blanco: otros colores están disponibles
- El radomo viene incluido en los modelos de 1' y 1.5'. Es opcional en los demás modelos
- Modelos de doble polaridad también son disponibles



ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS (desempeño típico)*

Modelo	Frecuencia, GHz	Polarización	Ganancia dBi (nominales)	Apertura ° -3dB	X-Pol. Rechazo, dB	F/B Ratio dB	VSWR, Max (R.L., dB)
SP1.5-5.8	5.725 - 5.850	Sencilla	25.7	8.0	20	31	1.5:1 (14.0)

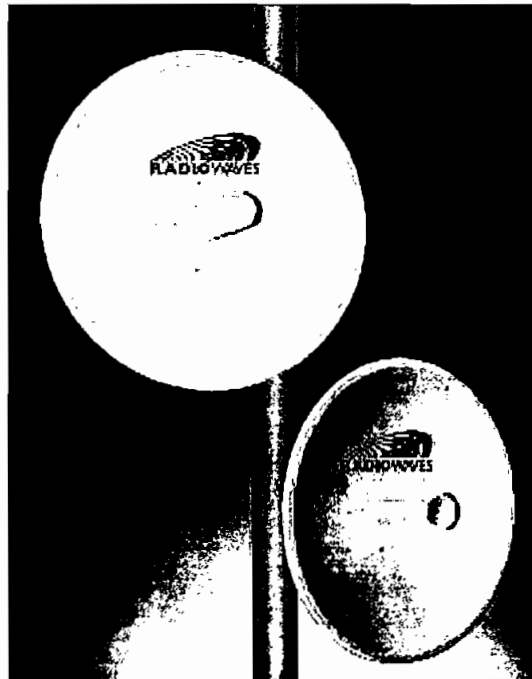
* Todas las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso.



5.725 - 5.850 GHz ANTENAS PARABOLICAS DE SUBSCRIPTOR

CARACTERÍSTICAS

- Diámetro de la antena
 - 1' (30 cm)
- Peso de la antena
 - 1' 15 lbs. (6.8 kg)
- Diseño liviano y resistente
- Fácilmente instalable
- Clase de conexión: conector tipo "N" hembra
- El color Standard es blanco: otros colores están disponibles
- El radomo viene incluido en los modelos de 1' y 1.5'. Es opcional en los demás modelos
- Modelos de doble polaridad también son disponibles



ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS (desempeño típico)*

Modelo	Frecuencia, GHz	Polarización	Ganancia dBi (nominales)	Apertura ° -3dB	X-Pol. Rechazo, dB	F/B Ratio dB	VSWR, Max (R.L., dB)
SP1-5.8	5.725 - 5.850	Sencilla	22.5	11.7	17	30	1.5:1 (14.0)

* Todas las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso.

D-Link[®]
Building Networks for People

DCS-1000



*Security Surveillance Access from
Anywhere in the World*

- Web Based Remote Access Using Any Java Enabled Web Browser
- Integrated Web Server
- 10/100Mbps Fast Ethernet Connection
- Bundled Software for Multi-Camera Monitoring and Management
- Archive Streaming Video to your Hard Drive

D-Link[®] *Express* EtherNetwork[™] Internet Camera

The D-Link DCS-1000 is a versatile 10/100Mbps Fast Ethernet Internet camera with VGA quality resolution.

An ideal solution for remote security monitoring or broadcasting of live events over the Internet, the D-Link DCS-1000 combines the functionality of a video surveillance camera with the reliability and scalability of Fast Ethernet.

The DCS-1000's built-in web server provides easy to use remote access from anywhere in

the world via the Internet using a standard Java-enabled web browser, such as Microsoft Internet Explorer or Netscape Navigator.

The bundled Windows based software further enhances the DCS-1000's security features, allowing you to archive streaming video straight to your hard drive, monitor as many as 16 cameras on a single screen, and set up motion detection to trigger automatic recording.

BUILT-IN
WEB
SERVER

STREAMING
VIDEO

10/100
Mbps
SPEED

FREE
24/7
TECH
SUPPORT

DCS-1000 Express EtherNetwork Internet Camera

SPECIFICATIONS

al
n Web Server
Mbps Fast Ethernet Network Access

Access Requirements

Enabled or ActiveX compatible Web
, i.e. current versions of Microsoft
Explorer or Netscape Navigator.

Management Software Requirements

Windows XP, 2000, Me, 98SE or 98

MOS Digital VGA Sensor
RGB color

Resolution: 640x480, 320x240 or 160x120
User Selectable JPEG Compression

Frame Rate: 1, 5, 7, 15, 20 or Auto (actual
performance depends on resolution, compres-
sion level and network performance)
Frame size and network bandwidth depend on
image content, lightness/darkness of
image, frame rate, compression level,
etc. Higher compression and low frame
rate result in lower bandwidth requirements,
while low compression and high frame rates
require higher network bandwidth and
lower image quality.

Features

Control: Automatic or Manual
Gain Balance: Automatic or Manual
Brightness Control: Slide bar or display 1-128
Zoom Control: Automatic or Manual
Focus Control: Slide bar
Exposure Control: Slide bar
Shutter Speed: 1/60 ~ 1/15000 sec
Infrared Illumination: 2.5lux@f1.4, 3000K

Warning: Never aim the camera directly at the
sun or other extreme light sources. Doing so may
cause irreparable damage to the CMOS

Warranty

1-Year Warranty

Lens

- Replaceable standard C/CS mount
- Focus: 20cm ~ infinity
- Manual Focus
- Aperture: F 1.8
- Focal Length: 6.0 mm

System Settings

Main

- Camera Name & Location
- IP Address: Static or Dynamic
- Default Gateway Address
- DNS Address
- Manager ID (username)
- Manager Password
- Recover Default Values
- Open Second Port

Date/Time

- Synchronize with time server
- Set Manually

Trigger

- On/Off
- Send e-mail with image attachment
- SMTP server address
- Sender e-mail address
- Receiver e-mail address
- Sending Interval (time between each send)
- Sending Time (number of times an e-mail will
be sent)

Protocol Support

HTTP, TCP/IP, UDP, RARP, PING, ARP, DHCP,
BOOTP, PPPoE

Network Interface

802.3/802.3u NWay Autosensing 10/
100Mbps (RJ-45 Jack)

Firmware Updates

Via Web Interface or IPView Management
Software

IPView Management Software

- Remotely manage and control an unlimited
number of DCS-1000 Internet Cameras
- Microsoft Windows XP, 2000, Me, 98SE and
98 compatible

- View 16, 9, 4 or 1 Camera on one screen
- Supports all management functions provided
in web interface
- Record streaming video to hard drive in AVI
format
- Motion detection to trigger automatic
recording

Hardware

- Power Supply: DC 5V/2.4A
- Power Requirements: 4.5Watt (900mA x 5V)
- Indoor Use Only. Outdoor Use Requires
Protective Housing.
- Operating Temperature: 5° ~ 50°C
- Storage Temperature: -25° ~ 50°C
- Humidity: 5% ~ 95% non-condensing
- Size: 6.5" (L) x 3.5" (W) x 2.25" (H)

I/O Connector

- Used to connect external triggers (i.e. motion
detection)
- Four I/O Ports, 2 x Input, 2 x Output
- I/O Status: Normally On
- 8-Pins Total
- Maximum Current: 100mA
- Output Voltage: DC 5V

LED Indicator

- Power & Link
- Selectable LED Control: Normal, Off, Dummy

EMI & Safety

- FCC Class A, CE, VCCI
- For Industrial Use Only

Accessories Included

- CAT5 Fast Ethernet Cable
- AC Power Adapter
- Stand with multi-angle connectors
- CD with Remote Management and ActiveX
Software



D-Link Systems, Inc. 53 Discovery Drive Irvine CA 92618 www.dlink.com

© D-Link Systems, Inc. 2002. All rights reserved. D-Link® is a registered trademark of D-Link Systems, Inc.
All other marks or registered trademarks are the property of their respective manufacturers or owners. Price and
specifications are subject to changes without notice. See inside package for warranty details.

* 24/7 Tech Support is available only in USA.

D-Link®

Building Networks for People

DCS-1000 Express EtherNetwork Internet Camera

POSSIBLE APPLICATIONS

Enhanced Security: Add surveillance capabilities to your office or home and allows 24/7 access to all cameras.

Day-Care Center: Allows parents to view day-care activities and check-in on their child/children.

Store: Managers or owners can view store traffic during store hours and/or secure the store during off hours.

Event Promotion: Promote events or attractions with a live streaming feed of activities, letting customers or fans see what's going on.

Event Attractions: Allow potential tourists and/or customers to view key tourist attractions or locations.

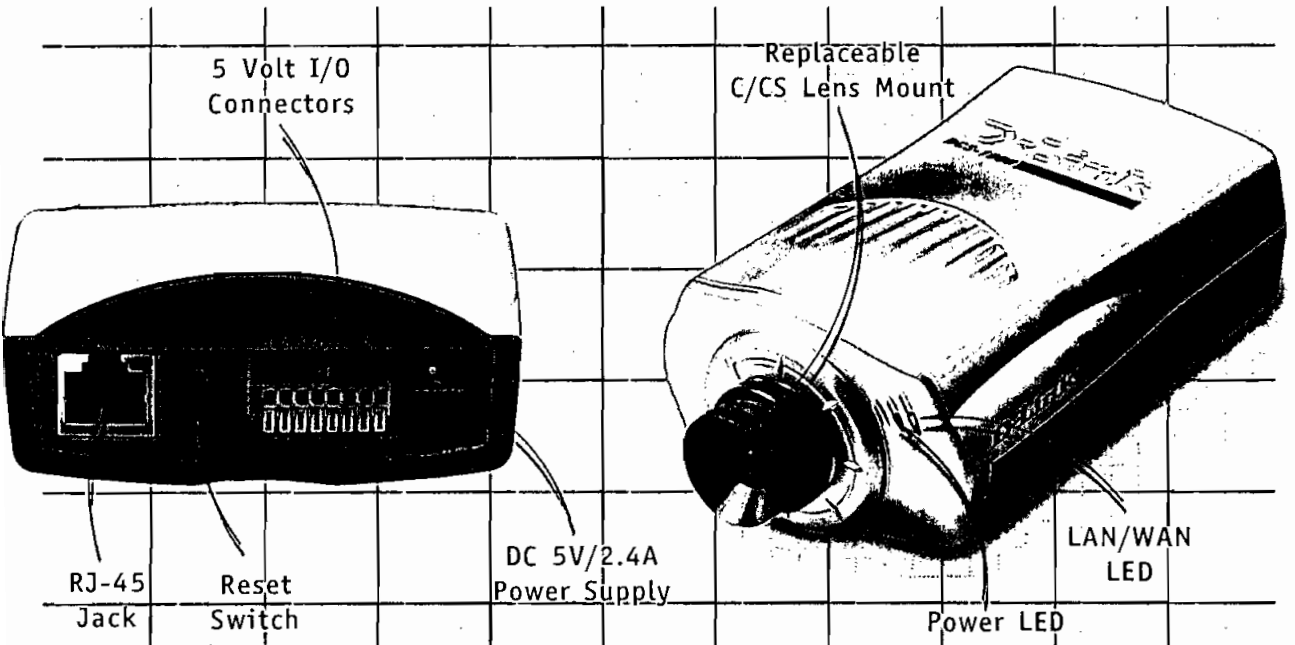
Hospital/Medical: 24/7 remote monitoring of patients in hospital or home care environments.

Construction Site: Customers have 24/7 access to their construction site to monitor progress.

Personal or Corporate Web Site: Spruce up any web page with live streaming video. View the D-Link live streaming demo at <http://www.dlink.com/LiveDemo/>

FEATURES

- Web-Based Remote Access
- Integrated Web Server
- View Live Streaming Video From Anywhere In The World
- 10/100Mbps Fast Ethernet Interface
- Event Triggered E-Mail Notification
- VGA Quality Resolution
- 5-Level JPEG Compression
- Complete Accessories Kit Included
- IPView Software Enhances Multi-Camera Monitoring and Management
- Record Streaming Video To Hard Drive
- Motion Detection To Trigger Recording
- Username/Password Management
- Secure Password Enabled Interface
- Dummy LED Option
- Works Great In Low Light Conditions
- Replaceable C/CS Lens



D-Link Systems, Inc. 53 Discovery Drive Irvine CA 92618 www.dlink.com

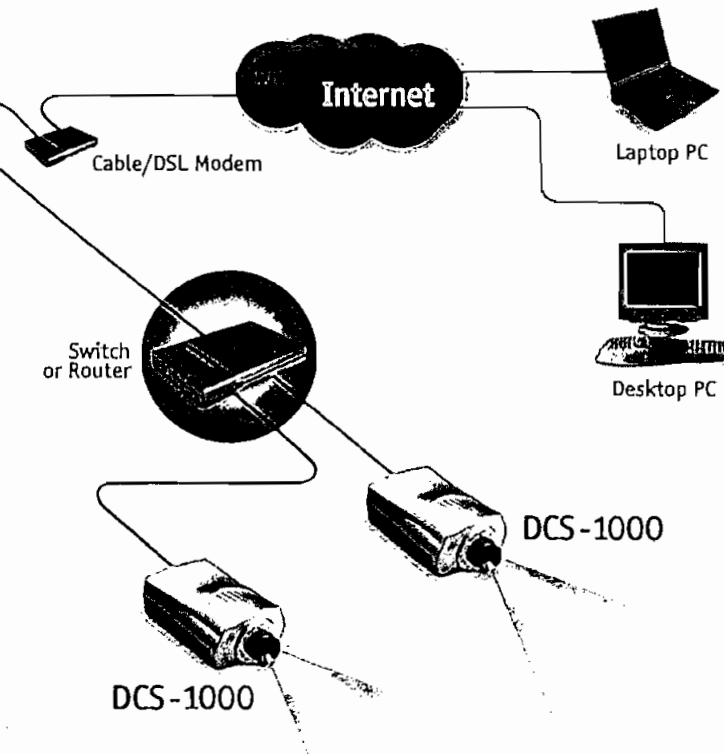
D-Link Systems, Inc. 2002. All rights reserved. D-Link® is a registered trademark of D-Link Systems, Inc. All other marks or registered trademarks are the property of their respective manufacturers or owners. Price and specifications are subject to changes without notice. See inside package for warranty details.

* 24/7 Tech Support is available only in USA.

D-Link®
Building Networks for People

D-Link® Express EtherNetwork™ Internet Camera

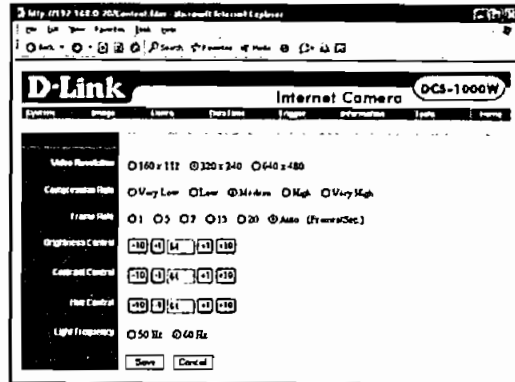
Typical DCS-1000 Installation



Typical File Sizes

Resolution	Compression Level*		
	Low	Medium	High
120x160	66 kb	54 kb	38 kb
320x240	72 kb	64 kb	44 kb
640x480	81 kb	76 kb	54 kb

* Numbers shown represent typical file sizes only. Actual file sizes may vary



Access the Web Interface using
any Java-Enabled Web Browser

Product Information

Model: DCS-1000
 Option: Express EtherNetwork™
 Internet Camera
 790069-241420
 D-Link Systems, Inc.
 (877) 45D-LINK
 www.dlink.com

Package Contents

- DCS-1000
 - Software & Documentation on CD-ROM†
 - Stand & Mounting Brackets
 - AC Power Adapter
 - Installation Guide
 - Manual
 - CAT5 Cable
- †: Latest Software and Documentation are Available at <http://support.dlink.com>



D-Link Systems, Inc. 53 Discovery Drive Irvine CA 92618 www.dlink.com
 © D-Link Systems, Inc. 2002. All rights reserved. D-Link® is a registered trademark of D-Link Systems, Inc.
 All other trademarks or registered trademarks are the property of their respective manufacturers or owners. Price and
 specifications are subject to changes without notice. See inside package for warranty details.
 * 24/7 Tech Support is available only in USA.

D-Link®

Building Networks for People



Access5830™

5.8 / 5.3 GHz

Dual-Band Access Point



The Access5830™ Access Point (AP) is an enterprise class, 10 Mbps, direct sequence, spread spectrum wireless transceiver offering channels of operation in both the 5.8 and 5.3 GHz unlicensed bands. The Access5830 AP supports up to 500 subscriber units and includes an integrated antenna as well as a comprehensive set of management and deployment tools.

Product Highlights

• FLEXIBILITY

The Access5830 Access Point offers multiple channels of operation in both the license-exempt 5.8 GHz ISM and the 5.3 GHz U-NII bands. 20 MHz channels, coupled with dual polarity antennas, allow total co-location potential of up to 22 access points for a fully loaded cell site. Polarity and channel selection are software switchable.

• SMARTPOLLING™ FEATURE

The Access5830 Access Point is equipped with SMARTPolling, a powerful prioritization scheme designed to ensure the highest quality of service to active bandwidth subscribers. SMARTPolling allows the AP to dynamically and adaptively poll each SU favoring subscribers that are engaged in passing traffic, guaranteeing the lowest latency for those users.

• MANAGEABILITY TOOLS

The Access5830 AP offers a host of management tools including site survey, automatic power leveling, receiver threshold, RF link test, and many other features designed to allow network operators to quickly and efficiently deploy and manage their Access5830 network.

• CONVENIENCE

The Access5830 Access Point provides multiple management interfaces including telnet, HTTP web browser, SNMP and FTP. Network operators can easily configure, manage, and monitor the AP from remote locations.

• DURABILITY, EASE OF INSTALLATION

The Access5830 Access Point is housed in a ruggedized, weatherproof enclosure and is powered via Power-over-Ethernet (PoE) to ensure easy installation and quick deployment.

• AFFORDABILITY

The Access5830 Access Point allows network operators to expand their networks through collocation of multiple access points without the need for additional hardware or software. Additional subscribers can be added to each AP for maximum density without sacrificing quality of service.

Access5830™ Specifications

ACCESS POINT

SUBSCRIBER UNIT COMPATIBILITY/RANGE CHART

Part Number	Model	Antenna	Range / Fade Margin
M5800S-FSU	FOX5800 5.8 GHz	Integrated 15 dBi	4 miles / 10dB
M5800S-FSU-D	FOX5800-D 5.8 GHz	AD5800-25 dish 25 dBi	10 miles / 10 dB
M5300S-FSU	FOX5300 5.3 GHz	Integrated 15 dBi	2 miles / 10 dB
M5830S-SU	Access5830 Dual Band	Integrated 18 DBI	6 miles / 10 dB
M5830S-SU-EXT	Access5830 Dual Band External	AD5830-23-D 23 dBi panel	10 miles / 10dB
M5830S-SU-EXT	Access5830 Dual Band External	SPD3-5.2T 30 dBi dish*	18 miles / 12 dB

* Available from Radiowaves (www.radiowavesinc.com) and Radiowaves distributors

RADIO PARAMETERS

Frequency of Operation	High Band (ISM Band): 5725 MHz to 5850 MHz Low Band (U-NII Band): 5250 MHz to 5350 MHz
Channels	High Band (ISM Band): 6 non-overlapping channels Low Band (U-NII Band): 5 non-overlapping channels
AP Antenna Gain	14 dBi
AP Beamwidth	60° azimuth, 10° elevation
Modulation Format	Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) with RAKE
Certification/Compliance	FCC Part 15.247, 15.407
Receiver Sensitivity (1E10-6 BER)	-87 dBm

DATA AND OPERATIONAL PARAMETERS

Access Method	TDD with SmartPolling™
User Data Throughput	10 Mbps
Format	10/100 Base T
Network Protocols	All IEEE 802.3/802.3u compliant protocols
Configuration and Management	Telnet, SNMP, TFTP, HTTP
Upstream/Downstream Throughput	Dynamic, automatically adjusts to suit demand
Bandwidth Control	Committed Info Rate (CIR) and Maximum Info Rate (MIR) setting per subscriber unit

PHYSICAL INTERFACES

Ethernet (via shielded RJ45)	10/100 BaseT, auto-sense, auto-negotiate
Serial (via RJ11)	9600 baud
Ethernet Packet	Up to 1600 byte long packets (supports VLAN/VPN pass through)

POWER PARAMETERS

Power Method	Power-over-Ethernet (PoE) via DC voltage injected at PoE J-box
Voltage Input Limits Into Radio	10.5 VDC – 24 VDC
Standard Power Supply	120 VAC to 24 VDC adapter
PoE Cat-5 Max Cable Length	300 feet on 24 AWG STP Cat-5 cable
Power	13.4 W

PHYSICAL AND ENVIRONMENTAL

Radio Enclosure	All-weather, powder coated, cast aluminum with polycarbonate radome
Temperature Range	-40° to 60° C (-40° to 140° F)
NEMA Rating	NEMA 4
Radio Dimensions	12.5" x 8" x 2.75"
Radio Weight	4 lbs.
User Interfaces	RJ45 (shielded) and RJ11

Specifications are typical and subject to change without notice.

trangobroadband
WIRELESS

www.trangobroadband.com

15070 Avenue of Science, Suite 200

San Diego, CA 92128

Phone: 858-653-3900

Fax: 858-621-2725

E-mail: sales@trangobroadband.com

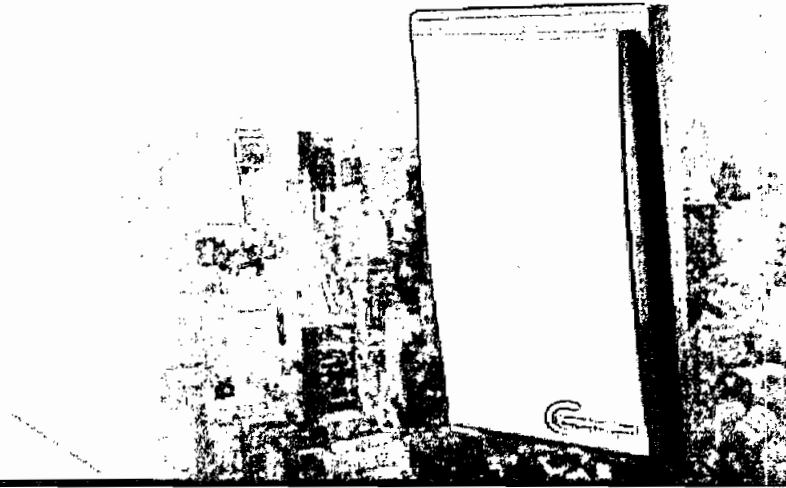
Rev D



Access5830™

5.8 / 5.3 GHz

Dual-Band Subscriber Unit



A full-featured, enterprise class customer premise radio, the Access5830™ Subscriber Unit offers dual-band flexibility, long range and three certified antenna options. The Access5830 Subscriber Unit works in conjunction with the Access5830 Access Point for point-to-multipoint deployments.

Product Highlights

• FLEXIBILITY

The Access5830 Subscriber Unit offers operators the flexibility of operating in either the license-exempt 5.8 GHz ISM or the 5.3 GHz U-NII bands. In addition, this robust subscriber unit (SU) provides a host of configuration options which are vital for interference mitigation including full control over channels, antenna polarizations, and receiver threshold.

• MANAGEABILITY TOOLS

The Access5830 Subscriber Unit is fully manageable via the Ethernet or serial port, as well as over-the-air via the access point. The unit features an easy-to-use browser interface and a full command line interface. Useful tools such as site survey and RSSI aid in the deployment process.

• SPEED

The Access5830 Subscriber Unit efficiently delivers up to 10 Mbps throughput to the subscriber.

• LONG RANGE ANTENNA OPTIONS

The Access5830 Subscriber Unit is available in two versions. The M5830-SU includes an integrated, dual polarized antenna which offers a six-mile range. The MS5830-SU-EXT includes two SMA antenna connectors, allowing the attachment of a variety of longer range antennas.

• DURABILITY, EASE OF INSTALLATION

The Access5830 Access Point has a ruggedized, weatherproof design and is powered via Power-over-Ethernet (PoE) to ensure easy installation and quick deployment.




• AFFORDABILITY

The Access 5830 Subscriber Unit offers robust features and unmatched flexibility at a competitive price.

Access5830™ Specifications

SUBSCRIBER UNIT

ANTENNA / RANGE CHART

Antenna Style Elevation	SU Model	Max Range from AP	Antenna Gain	Beamwidth Azimuth	
 Internal Patch	M5830S-SU	6 miles (high band) (10 dB fade margin) 2 miles (low band)	18 dBi	18°	10°
 15" External Square Patch AD5830-23-D	M5830S-SU-EXT	10 miles (10 dB fade margin)	24 dBi	9°	9°
 Radiowaves 3' Parabolic Antenna SPD3-5.2T*	M5830S-SU-EXT	18 miles (12 dB fade-margin)	30 dBi	4°	4°

* Available from Radiowaves (www.radiowavesinc.com) and Radiowaves distributors

RADIO PARAMETERS

Frequency of Operation	High Band (ISM Band): 5725 MHz to 5850 MHz Low Band (U-NII Band): 5250 MHz to 5350 MHz
Channels	High Band (ISM Band): 6 non-overlapping channels Low Band (U-NII Band): 5 non-overlapping channels
Modulation Format	Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) with RAKE
Certification/Compliance	FCC Part 15.247, 15.407
Receiver Sensitivity (1E10-6 BER)	-87 dBm

DATA AND OPERATIONAL PARAMETERS

Access Method	TDD with SmartPolling™
User Data Throughput	10 Mbps
Format	10/100 Base T
Network Protocols	All IEEE 802.3/802.3u compliant protocols
Configuration and Management	Telnet, SNMP, TFTP, HTTP
Upstream/Downstream Throughput	Dynamic, automatically adjusts to suit demand
Bandwidth Control	Committed Info Rate (CIR) and Maximum Info Rate (MIR) setting per subscriber unit

PHYSICAL INTERFACES

Ethernet (via shielded RJ45)	10/100 BaseT, auto-sense, auto-negotiate
Serial (via RJ11)	9600 baud
Ethernet Packet	Up to 1600 byte long packets (supports VLAN/VPN pass through)

POWER PARAMETERS

Power Method	Power-over-Ethernet (PoE) via DC voltage injected at PoE J-box
Voltage Input Limits into Radio	10.5 VDC – 24 VDC
Standard Power Supply	120 VAC to 24 VDC adapter
PoE Cat-5 Max Cable Length	300 feet on 24 AWG STP Cat-5 cable
Power	13.4 W

PHYSICAL AND ENVIRONMENTAL

Radio Enclosure	All-weather, powder coated, cast aluminum with polycarbonate radome
Temperature Range	-40° to 60° C (-40° to 140° F)
NEMA Rating	NEMA 4
Radio Dimensions	12.5" x 8" x 2.75"
Radio Weight	4 lbs.
User Interfaces	RJ45 (shielded) and RJ11

Specifications are typical and subject to change without notice.



15070 Avenue of Science, Suite 200
San Diego, CA 92128
Phone: 858-653-3900
Fax: 858-621-2725
E-mail: sales@trangobroadband.com

www.trangobroadband.com

Rev D



TrangoFOX™

Subscriber Unit



The TrangoFOX™ subscriber unit harnesses the full power of the Access5830™ wireless broadband platform delivering 10 Mbps up to 10 miles. Designed for large scale deployments, the TrangoFOX provides long range as well as a host of powerful provisioning and management tools in a compact, easy-to-install package.

Product Highlights

- SPEED**
The TrangoFOX works in conjunction with the Access5830 Access Point delivering up to 10 Mbps throughput to the subscriber.
- LONG RANGE**
The TrangoFOX features Trango's innovative dual-polarized, multi-element antenna technology for superior performance and longer range. The 5.8 GHz FOX5800 can be deployed up to 4 miles from the access point with 10 dB fade margin to spare. The FOX5800-D (with dish) provides a range of 10 miles. Reference range chart for more details.
- FLEXIBILITY**
The TrangoFOX provides a host of configuration options which are vital for interference mitigation including full control over channels, antenna polarizations, receiver threshold, and power levels.
- MANAGEABILITY**
The TrangoFOX is fully manageable locally (via the Ethernet port), or over-the-air via the access point. The FOX supports SNMP and features an easy-to-use browser interface as well as a full command line interface. The FOX's remote manageability reduces the need for costly truck rolls.
- DURABILITY/EASE OF INSTALLATION**
The TrangoFOX is a fully weatherized, outdoor unit designed for quick installation. The compact form factor features a universal mounting bracket, a built-in LED alignment tool, and Power-over-Ethernet to minimize deployment costs.
- AFFORDABILITY**
The TrangoFOX is priced aggressively to help service providers achieve a quick ROI.

TrangoFox™ Specifications

SUBSCRIBER UNITS MODEL/RANGE CHART

SU Model	Part Number	Max Range from AP (10 dB fade margin)	Antenna Gain	Beamwidth	
				Azimuth	Elevation
FOX5800	M5800S-FSU	4 miles	15 dBi	32°	18°
FOX5800-D	M5800S-FSU-D	10 miles (requires AD5800-25 dish)	25 dBi (with dish)	9°	9°
FOX5300	M5300S-FSU	2 miles	15 dBi	32°	18°

Note: Ranges listed assume line-of-sight. 10dB fade margin included to account for rain and other conditions. Actual maximum ranges may be greater depending on site conditions. Includes: FOX radio (AD5800-25 dish for FOX5800-D sold separately), Power-over-Ethernet (PoE) Junction box, 20 VDC power adapter and mounting brackets.

RADIO PARAMETERS

Frequency of Operation	FOX5800/FOX5800-D: 5725 MHz to 5850 MHz, FOX5300: 5250 MHz to 5350 MHz
Channels	FOX5800/FOX5800-D: 6 non-overlapping channels, FOX5300: 5 non-overlapping channels
Antenna Polarizations	Horizontal/vertical (software switchable)
Modulation Format	Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) with RAKE
Certification/Compliance	FCC Part 15.247, 15.407
Receiver Sensitivity (1E10-6 BER)	-87 dBm
EIRP Max	FOX5800: 36 dBm, FOX5800-D: 46 dBm (with reflector), FOX5300: 30 dBm

DATA AND OPERATIONAL PARAMETERS

Access Point Compatibility	All FOX models: Access5830 AP, FOX5800 and FOX5800-D: Access5800 AP
User Data Throughout	10 Mbps
Format	10/100 Base T
Network Protocols	All IEEE 802.3/802.3u compliant protocols
Configuration and Management	Telnet, SNMP, TFTP, HTTP
Upstream/Downstream Throughput	Dynamic, automatically adjusts to suit demand
Bandwidth Control	Committed Info Rate (CIR) and Maximum Info Rate (MIR) setting per subscriber unit

PHYSICAL INTERFACES

Ethernet (via shielded RJ45)	10/100 BaseT, auto-sense, auto-negotiate
Reset Switch	Resets radio to factory default: IP address, subnet mask, gateway and password
LED Indicators	7 LEDs including 4 RSSI

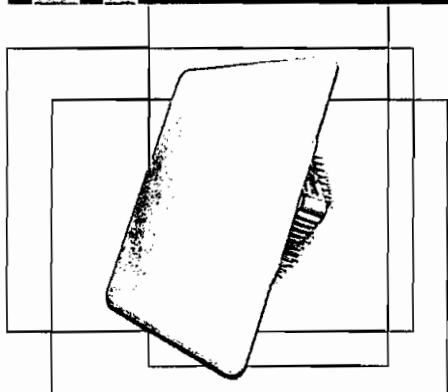
POWER PARAMETERS

Power Method	Power-over-Ethernet (PoE) via DC voltage injected at PoE J-box
Voltage Input Limits into Radio	10.5 VDC – 24 VDC
Standard Power Supply	120 VAC to 20 VDC adapter
PoE Cat-5 Max Cable Length	300 feet on 24 AWG STP Cat-5 cable
Current Draw/Power	400 mA max (8 W), using 20V standard adapter
Optional Power Supply	90 VAC–264 VAC to output voltage of 24 VDC Model #DTS240083UDC-P5P-SZ available from CUI, www.cui.com

PHYSICAL AND ENVIRONMENTAL

Radio Enclosure	All-weather, polycarbonate
Mounting Provision	Mounts to wall or pole (1" diameter or greater)
Temperature Range	-40° to 60° C (-40° to 140° F)
Radio Dimensions	9.2" x 4.25" x 3.1"
Radio Weight	1 lb.
User Interface	RJ45 (shielded)

Specifications are typical and subject to change without notice.

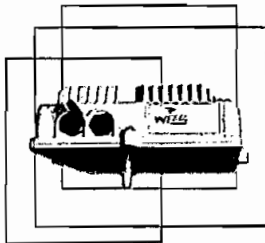
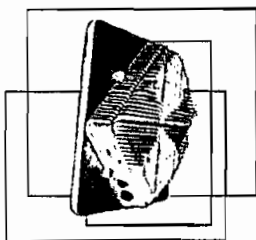
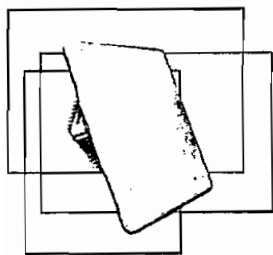


Basado en 8 años de pruebas de campo, la tecnología patentada MC-DSSS (Multicódigo de Secuencia Directa de Espectro Disperso), Ultima 3 de Wi-LAN es la única solución completa que usted necesita para hacer uso de una red inalámbrica de alta velocidad.

Con su amplia gama, la familia de productos Ultima 3 permite aplicaciones rurales y suburbanas que otras soluciones inalámbricas solo pueden soñar. Adicionalmente, la optimización de aplicaciones de VoIP y aplicaciones de backbone de hotspots, amplían la gama de soluciones que pueden ser implementadas usando Ultima 3. El Ultima 3 es una solución rentable con amplias prestaciones de red que le permiten cumplir con sus objetivos de negocios.

Características

- Área de cobertura excepcional (38 Km en punto-multipunto o 75 Km en punto-punto) con los mas bajos costos de infraestructura.
- La patentada MC-DSSS (Multicódigo de Secuencia Directa de Espectro Disperso) mejora la eficiencia espectral respecto a la tecnología tradicional DSSS.
- Diseño de hasta 6 sectores ofrece una solución real de banda ancha de hasta 72 Mbps.
- La alta calidad y excelente soporte garantizan la tranquilidad del usuario final en su inversión.
- La optimización de VoIP ofrece redes del mañana para aplicaciones de ahora.
- La operación en la banda de 5.8 GHz ISM no requiere de pagos de licencias.
- La Seguridad Multi-capa garantiza la segura transmisión de datos sobre el aire.
- El diseño completamente Integrado en un armazón con extrema protección contra intemperie permite el fácil uso en cuestión de horas.
- Amplias facilidades de red incorporadas ofrecen una solución rentable.
- La eficiente asignación de ancho de banda hace la red ampliamente escalable.

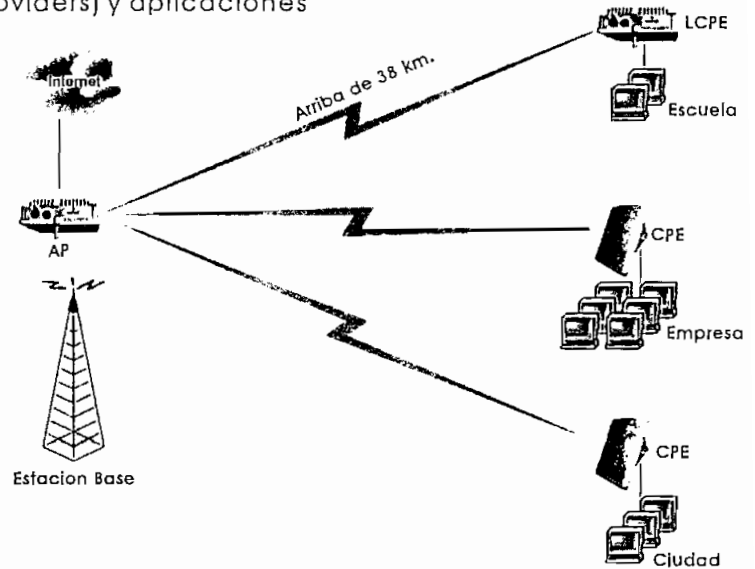


Acceso Inalámbrico de Banda Ancha

Familia Ultima 3 Multi-Point

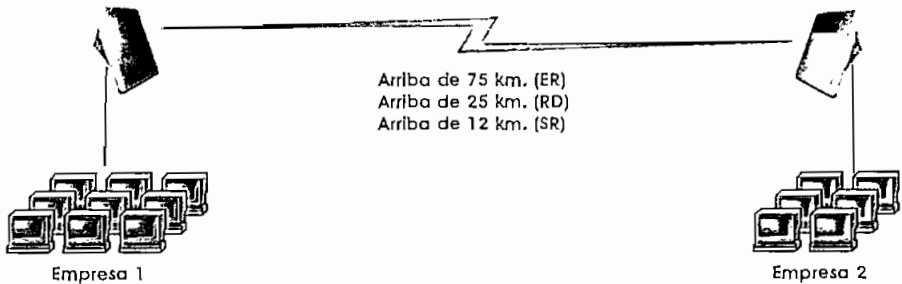
La familia Ultima 3 Multipoint Product (MP) incluye tres tipos de productos, Access Point (AP) CPE (Customer Premises Equipment) y LCPE (Long-range Customer Premises Equipment).

Desde un simple AP, la familia ofrece cobertura de banda ancha hasta 38 Km (24 millas) a un máximo de 1000 CPEs o LCPEs. Con un máximo agregado de 72 Mbps de velocidad, las amplias prestaciones que ofrece tales como QoS, MBR/CIR y VLAN, hace a la familia MP Ideal para WISP (Wireless Internet Service Providers) y aplicaciones empresariales.



Familia Ultima 3 Punto a Punto

La familia Ultima 3 Punto a Punto (PP) incluye también 3 tipos de productos, Rapid Deployment (RD), Extended Range (ER) y Short Range (SR). Ofreciendo una velocidad de hasta 12 Mbps a una distancia de hasta 75 Km, la familia PP ofrece una alternativa muy competitiva para aplicaciones backbone.



Acceso Inalámbrico de Banda Ancha

PROBADO

La línea de productos Ultima 3 ha sido construida basada en 8 años de experiencia en Fixed Wireless Access (FWA) y en la retroalimentación obtenida de miles de redes utilizadas alrededor del mundo.

Los productos Ultima 3 han sido utilizados por muchos grandes carriers alrededor del mundo gracias a su incomparable madurez y funcionamiento superior.

ESCALABLE

Ultima 3 combinada con la amplia gama de antenas TIL-TEK le permite crecer su red de una manera flexible. Empezamos con una sencilla omni-antena en la estación base, se divide en una celda sectorizada y finalmente se expande en múltiples celdas, satisfaciendo así, los requerimientos de crecimiento de su red.

ROBUSTA

Como sus antecesores, Ultima 3 de Wi-LAN es reconocida por la industria como un producto de "misión crítica". La magnífica calidad del Ultima 3, junto con el soporte de primera clase de Wi-LAN y el programa de dos años de garantía, es la seguridad de inversión de nuestros clientes.

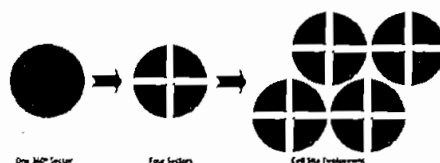
SEGURA

Wi-LAN Ultima 3 es intrínsecamente seguro debido a su origen militar. La tecnología patentada MC-DSSS incluye mezcla de datos en capa física, formateo propietario de datos y contraseñas de acceso especiales. Junto con agrupamiento de RF, filtrado de IP y VLAN, este acercamiento a seguridad multi-capa hacen del Wi-LAN Ultima 3 la elección correcta para aplicaciones de alta seguridad.

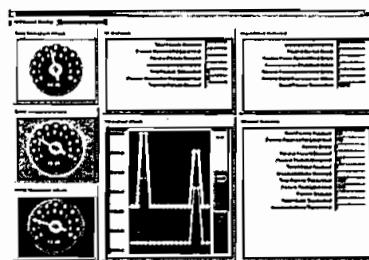
FACIL DE USAR

Un diseño robusto y a prueba de intemperies elimina el abultado cable coaxial y accesorios, mientras permite al Ultima 3 ser instalado o montado tanto en exteriores, como en interiores. Una herramienta estándar de alineación off-the-shelf hace una fácil y rápida instalación y configuración del enlace.

Web GUI, SNMP y las capacidades de clonación del Ultima 3, permite la operación y mantenimiento de la red desde cualquier parte de la red.



Crecimiento de la RED



WEB Based GUI

Acceso Inalámbrico de Banda Ancha

Punto - Punto

Punto - MultiPunto

Especificaciones del Radio

Potencia de Salida (puerto de la antena)	-10dBm a +21dBm (RD/ER) -10dBm a +15dBm (SR)	-10dBm a +21dBm
Rango de Frecuencia	5.725 a 5.850 GHz	5.725 a 5.850 GHz
Tecnología	MC-DSSS	MC-DSSS
Cobertura	Línea de Vista	Línea de Vista
Rango	Hasta 7.5 Km (4.5 Millas)	Hasta 3.8 Km (2.4 Millas)
Configuración de Células	N/A	Hasta 6 Sectores
Velocidad de Salida (Throughput) (Bajo/Electivo)	127.10 Mbps	127.10 Mbps
Sensibilidad de Recepción (a 10E-6 BER)	-82 dBm@BER = 10E-6	-82 dBm@BER = 10E-6
Tamaño del Canal / Separación	33 MHz	33 MHz
Antena Integrada	SR/RD: 23 dBi	CPE: 23 dBi
Conexión RF	ER: Tipo N	AP/LCPE: Tipo N
Formato de Duplexeo	TDD	TDD
Certificación	FCC/IC/SRRC	FCC/IC/SRRC

Soporte de Red

Conexión a Red	10/100 Base T	10/100 Base T
Cumplimiento con VLAN (802.1q)	Si	Si
CIR/MBR	Si	Si
Funcionalidad Bridge	Si	Si
Filtrado de Red	Filtrado de direcciones IP / MAC	Filtrado de direcciones IP / MAC
QoS	802.1q	802.1q

Red Inalámbrica

Topologías de Red	Punto-Punto	Punto-MultiPunto
Protocolo RF	Polling with Dynamic Time Allocation (DTA)	Dynamic Polling with Dynamic Time Allocation (DTA)
No. de CPEs por AP	=	1000

Seguridad

Mezcla de Datos	Configurable, hasta 4×10^9	Configurable, hasta 4×10^9
Contraseña de Seguridad de Datos	Contraseña de Seguridad de 20 Byte (> 1048 Combinaciones)	Contraseña de Seguridad de 20 Byte (> 1048 Combinaciones)
Seguridad de Configuración	Protegido por Contraseña	Protegido por Contraseña

Administración

Administración Remota	SNMP, TELNET, Web GUI	SNMP, TELNET, Web GUI
Acceso a Administración Remota	Alámbrica / Inalámbrica	Alámbrica / Inalámbrica
Puerto de Administración Local	Puerto Serial RS 232	Puerto Serial RS 232
Actualización de Software	Sobre el Aire / Local	Sobre el Aire / Local

Físico, Eléctrico y Ambiente

Consumo de Potencia	Máx. 14 W 19-24 V	Máx. 14 W 19-24 V
Voltaje de Entrada	ER: 19.1 x 7.6 x 22.9 cm (7.5 x 3.0 x 9.0") RD/SR: 30.5 x 8.9 x 30.5 cm (12.0 x 3.5 x 12.0")	AP: 19.1 x 7.6 x 22.9 cm (7.5 x 3.0 x 9.0") CPE: 30.5 x 8.9 x 30.5 cm (12.0 x 3.5 x 12.0") LCPE: 19.1 x 7.6 x 22.9 cm (7.5 x 3.0 x 9.0")
Peso	ER: 3.0 Kg (6.6 lb) RD/SR: 3.6 Kg (7.9 lb)	AP/LCPE: 3.0 Kg (6.6 lb) CPE: 3.6 Kg (7.9 lb)
Temperatura de Operación	-40°C a 60°C 0-95% (no condensado)	-40°C a 60°C 0-95% (no condensado)
Humedad Relativa Armazón	Totalmente Contra Intemperie	Totalmente Contra Intemperie



JALERCOM S.A. de C.V.
Clavería 180 1er piso Col.
Clavería C.P. 02080
México D.F.
Tel. + 52 (55) 53.41.97.17
Fax +52 (55) 53.42.27.07
mail: sales@jalerc.com.com
http://www.jalerc.com.com



ANEXO B

TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN



IEEE 802.16a Standard and WiMAX Igniting Broadband Wireless Access White Paper

)) Introduction

The 802.16 standard, amended this January by the IEEE to cover frequency bands in the range between 2 GHz and 11 GHz, specifies a metropolitan area networking protocol that will enable a wireless alternative for cable, DSL and T1 level services for last mile broadband access, as well as providing backhaul for 801.11 hotspots. The new 802.16a standard specifies a protocol that among other things supports low latency applications such as voice and video, provides broadband connectivity without requiring a direct line of sight between subscriber terminals and the base station (BTS) and will support hundreds if not thousands of subscribers from a single BTS. The standard will help accelerate the introduction of wireless broadband equipment into the marketplace, speeding up last-mile broadband deployment worldwide by enabling service providers to increase system performance and reliability while reducing their equipment costs and investment risks.

However it has been shown repeatedly that adoption of a standard does not always lead to adoption by the intended market. For a market to be truly enabled, products must be certified that they do adhere to the standard first, and once certified it must also be shown that they interoperate. Interoperability means the end user can buy the brand they like, with the features they want, and know it will work with all other like certified products. The IEEE does not fulfill this role, leaving it to private industry to take a given technological standard and drive it that last crucial mile for mass adoption. In the case of WLANs this role was and is fulfilled by the WiFi Alliance.⁷ For the Broadband Wireless Access (BWA) market and its 802.16 standard, this role is played by the Worldwide Microwave Interoperability Forum or WiMAX.*. WiMAX is a non-profit industry trade organization that has been chartered to remove an important barrier to adoption of the standard by assuring demonstrable interoperability between system components developed by OEMs. WiMAX will develop conformance and interoperability test plans, select certification labs and will host interoperability events for IEEE 802.16 equipment vendors. By defining and conducting interoperability testing, and by awarding vendor systems a "WiMAX Certified™" label, WiMAX will model the approach pioneered by the WiFi Alliance that ignited the wireless LAN industry, bringing the same benefits to the BWA market segment.

)) Overview of the IEEE 802.16a Standard

Satisfying the growing demand for BWA in underserved markets has been a continuing challenge for service providers, due to the absence of a truly global standard. A standard that would enable companies to build systems that will effectively reach underserved business and residential markets in a manner that supports infrastructure build outs comparable to cable, DSL, and fiber. For years, the wildly successful 802.11x or WiFi wireless LAN technology has been used in BWA applications along with a host of proprietary based solutions. When the WLAN technology was examined closely, it was evident that the overall design and feature set available was not well suited for outdoor BWA applications. It could be done, it is being done, but with limited capacity in terms of bandwidth and subscribers, range and a host of other issues made it clear this approach while a great fit for indoor WLAN was a poor fit for outdoor BWA.

* Other brands and trademark property of their respective owners

This analysis and review was conducted by the IEEE and it was decided that a new, more complex and fully developed standard would be required to address both the physical layer environment (outdoor versus indoor RF transmissions) and the Quality of Service (QoS) needs demanded by the BWA and last mile access market.

The IEEE conducted a multi-year effort to develop this new standard, culminating in final approval of the 802.16a Air-Interface Specification in January 2003. This standard has since received broad industry support from leading equipment makers. Many WiMAX company members are active in both the IEEE 802.16 standards development and the IEEE 802.11 efforts for Wireless LAN, and envision the combination of 802.16a and 802.11 creating a complete wireless solution for

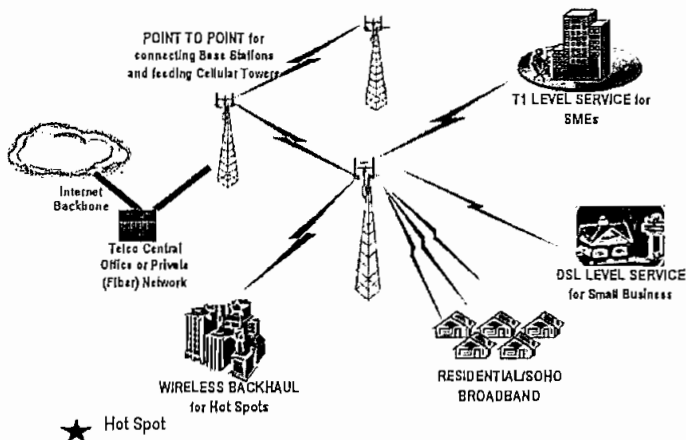


Figure 1. BWA (IEEE 802.16) Everywhere

delivering high speed Internet access to businesses, homes, and WiFi hot spots. The 802.16a standard delivers carrier-class performance in terms of robustness and QoS and has been designed from the ground up to deliver a suite of services over a scalable, long range, high capacity "last mile" wireless communications for carriers and service providers around the world.

In BWA, applications include residential broadband access-- DSL-level service for SOHO and small businesses, T1/E1 level service for enterprise, all supporting not just data but voice and video as well, wireless backhaul for hotspots and cellular tower backhaul service to name a few.

In reviewing the standard, the technical details and features that differentiate WiMAX certified equipment from WiFi or other technologies can best be illustrated by focusing on the two layers addressed in the standard, the physical (PHY) or RF transmissions and the media access control (MAC) layer design.

WiMAX and the IEEE 802.16a PHY Layer

The first version of the 802.16 standard released addressed Line-of-Sight (LOS) environments at high frequency bands operating in the 10-66 GHz range, whereas the recently adopted amendment, the 802.16a standard, is designed for systems operating in bands between 2 GHz and 11 GHz. The significant difference between these two frequency bands lies in the ability to support Non-Line-of-Sight (NLOS) operation in the lower frequencies, something that is not possible in higher bands. Consequently, the 802.16a amendment to the standard opened up the opportunity for major changes to the PHY layer specifications specifically to address the needs of the 2-11 GHz bands. This is achieved through the introduction of three new PHY-layer specifications (a new Single Carrier PHY, a 256 point FFT OFDM PHY, and a 2048 point FFT OFDMA PHY); major changes to the PHY layer specification as compared to the upper frequency, as well as significant MAC-layer enhancements. Although multiple PHYs are specified as in the 802.11 suite of standards (few recall that infrared and frequency hopping were and are part of the base 802.11 standard), the WiMAX Forum has determined that



The first interoperable test plans and eventual certification will support the 256 point FFT OFDM PHY (which is common between 802.16a and ETSI HiperMAN), with the others to be developed as the market requires.

The OFDM signaling format was selected in preference to competing formats such as CDMA due to its ability to support NLOS performance while maintaining a high level of spectral efficiency maximizing the use of available spectrum. In the case of CDMA (prevalent in 2G and 3G standards), the RF bandwidth must be much larger than the data throughput, in order to maintain processing gain adequate to overcome interference. This is clearly impractical for broadband wireless below 11 GHz, since for example, data rates up to 70 Mbps would require RF bandwidths exceeding 200 MHz to deliver comparable processing gains and NLOS performance.

Some of the other PHY layer features of 802.16a that are instrumental in giving this technology the power to deliver robust performance in a broad range of channel environments are; flexible channel widths, adaptive burst profiles, forward error correction with concatenated Reed-Solomon and convolutional encoding, optional AAS (advanced antenna systems) to improve range/capacity, DFS (dynamic frequency selection)-which helps in minimizing interference, and STC (space-time coding) to enhance performance in fading environments through spatial diversity. Table 1 gives a high level overview of some of the PHY layer features of the IEEE 802.16a standard.

Table 1 802.16a PHY Features

Feature	Benefit
256 point FFT OFDM waveform	<ul style="list-style-type: none"> Built in support for addressing multipath in outdoor LOS and NLOS environments
Adaptive Modulation and variable error correction encoding per RF burst	<ul style="list-style-type: none"> Ensures a robust RF link while maximizing the number of bits/second for each subscriber unit.
TDD and FDD duplexing support	<ul style="list-style-type: none"> Address varying worldwide regulations where one or both may be allowed.
Flexible Channel sizes (e.g. 3.5MHz, 5MHz, 10MHz, etc)	<ul style="list-style-type: none"> Provides the flexibility necessary to operate in many different frequency bands with varying channel requirements around the world.
Designed to support smart antenna systems	<ul style="list-style-type: none"> Smart antennas are fast becoming more affordable, and as these costs come down their ability to suppress interference and increase system gain will become important to BWA deployments.

While all the features listed above are necessary requirements for basic outdoor BWA operation, flexible channel sizes is required if a standard is to truly address worldwide deployment. This is because the regulations governing what frequency equipment can operate in, and as a result the size of the channels used, can vary country by country. In the case of licensed spectrum where an operator had to pay for every MHz granted, it is imperative that the system deployed use all the allocated spectrum and provide flexibility in either cellular or "big stick" deployments. Thus if an operator has been granted and paid for 14MHz, they do not want a system that has 6MHz channels, wasting 2MHz of spectrum. They want a system that can be deployed with 7MHz, 3.5MHz or even 1.75MHz channels for maximum adaptability.

IEEE 802.16a MAC Layer

Every wireless network operates fundamentally in a shared medium and as such that requires a mechanism for controlling access by subscriber units to the medium. The 802.16a standard uses a slotted TDMA protocol scheduled by the BTS to allocate capacity to subscribers in a point-to-multipoint network topology. While this on the surface sounds like a one line, technical throwaway statement, it has a huge impact on how the system operates and what services it can deploy. By starting with a TDMA approach with intelligent scheduling, WiMAX systems will be able to deliver not only high speed data with SLAs, but latency sensitive services such as voice and video or database access are also supported.

The standard delivers QoS beyond mere prioritization, a technique that is very limited in effectiveness as traffic load and the number of subscribers increases. The MAC layer in WiMAX certified systems has also been designed to address the harsh physical layer environment where interference, fast fading and other phenomena are prevalent in outdoor operation.

Table 1. 802.16a MAC Features

Feature	Benefit
TDM/TDMA Scheduled Uplink/Downlink frames.	<ul style="list-style-type: none"> • Efficient bandwidth usage
Scalable from 1 to hundreds of subscribers	<ul style="list-style-type: none"> • Allows cost effective deployments by supporting enough subs to deliver a robust business case
Connection-oriented	<ul style="list-style-type: none"> • Per-Connection QoS • Faster packet routing and forwarding
QoS support Continuous Grant Real Time Variable Bit Rate Non Real Time Variable Bit Rate Best Effort	<ul style="list-style-type: none"> • Low latency for delay sensitive services (TDM Voice, VoIP) • Optimal transport for VBR traffic (e.g., video): Data prioritization
Automatic Retransmission request (ARQ)	<ul style="list-style-type: none"> • Improves end-to-end performance by hiding RF layer induced errors from upper layer protocols
Support for adaptive modulation	<ul style="list-style-type: none"> • Enables highest data rates allowed by channel conditions, improving system capacity
Security and encryption (Triple DES)	<ul style="list-style-type: none"> • Protects user privacy
Automatic Power control	<ul style="list-style-type: none"> • Enables cellular deployments by minimizing self interference

Differentiating the IEEE 802.16a and 802.11 Standards - WiFi versus WiMAX Scalability

At the PHY layer the standard supports flexible RF channel bandwidths and reuse of these channels (frequency reuse) as a way to increase cell capacity as the network grows. The standard also specifies support for automatic transmit power control and channel quality measurements as additional PHY layer tools to support cell planning/deployment and efficient spectrum use. Operators can re-allocate spectrum through sectorization and cell splitting as the number of subscribers grows. Also, support for multiple channel bandwidths enables equipment makers to provide a means to address the unique government spectrum use and allocation regulations faced by operators in diverse international markets. The IEEE 802.16a standard specifies channel sizes ranging from 1.75MHz up to 20MHz with many options in between.

WiFi based products on the other hand require at least 20MHz for each channel (22MHz in the 2.4GHz band for 802.11b), and have specified only the license exempt bands 2.4GHz ISM, 5GHz ISM and 5GHz UNII for operation.

In the MAC layer, the CSMA/CA foundation of 802.11, basically a wireless Ethernet protocol, scales about as well as does Ethernet. That is to say - poorly. Just as in an Ethernet LAN, more users results in a geometric reduction of throughput, so does the CSMA/CA MAC for WLANs. In contrast the MAC layer in the 802.16 standard has been designed to scale from one up to 100's of users within one RF channel, a feat the 802.11 MAC was never designed for and is incapable of supporting.

Coverage

The BWA standard is designed for optimal performance in all types of propagation environments, including LOS, near LOS and NLOS environments, and delivers reliable robust performance even in cases where extreme link pathologies have been introduced. The robust OFDM waveform supports high spectral efficiency (bits per second per Hertz) over ranges from 2 to 40 kilometers with up to 70 Mbps in a single RF channel. Advanced topologies (mesh networks) and antenna techniques (beam-forming, STC, antenna diversity) can be employed to improve coverage even further. These advanced techniques can also be used to increase spectral efficiency, capacity, reuse, and average and peak throughput per RF channel. In addition, not all OFDM is the same. The OFDM designed for BWA has in it the ability to support longer range transmissions and the multi-path or reflections encountered.

In contrast, WLANs and 802.11 systems have at their core either a basic CDMA approach or use OFDM with a much different design, and have as a requirement low power consumption limiting the range. OFDM in the WLAN was created with the vision of the systems covering tens and maybe a few hundreds of meters versus 802.16 which is designed for higher power and an OFDM approach that supports deployments in the tens of kilometers.

QoS

The 802.16a MAC relies on a Grant/Request protocol for access to the medium and it supports differentiated service levels (e.g., dedicated T1/E1 for business and best effort for residential). The protocol employs TDM data streams on the DL (downlink) and TDMA on the UL (uplink), with the hooks for a centralized scheduler to support delay-sensitive services like voice and video. By assuring collision-free data access to the channel, the 16a MAC improves total system throughput and bandwidth efficiency, in comparison with contention-based access techniques like the CSMA-CA protocol used in WLANs. The 16a MAC also assures bounded delay on the data (CSMA-CA by contrast, offers no guarantees on delay). The TDM/TDMA access technique also ensures easier support for multicast and broadcast services.

With a CSMA/CA approach at its core, WLANs in their current implementation will never be able to deliver the QoS of a BWA, 802.16 system.



The WiMAX Forum-Interoperability for 802.16 Compliant Systems

Establishment of a standard is critical to mass adoption of a given technology; however by itself a standard is not enough. The 802.11b WLAN standard was ratified in 1999, however it did not reach mass adoption until the introduction of the WiFi Alliance and certified, interoperable equipment was available in 2001. In order to bring interoperability to the Broadband Wireless Access space, the WiMAX Forum is focused on establishing a unique subset of baseline features grouped in what is referred to as "System Profiles" that all compliant equipment must satisfy. These profiles and a suite of test protocols will establish a baseline interoperable protocol, allowing multiple vendors' equipment to interoperate; with the net result being System Integrators and Service Providers will have option to purchase equipment from more than one supplier.

Profiles can address, for example, the regulatory spectrum constraints faced by operators in different geographies. For example, a service provider in Europe² operating in the 3.5 GHz band, who has been allocated 14 MHz of spectrum, is likely to want equipment that supports 3.5 and/or 7 MHz channel bandwidths and, depending on regulatory requirements, TDD (time-division duplex) or FDD (frequency-division duplex) operation. Similarly, a WISP (Wireless Internet Service Provider) in the U.S. using license-exempt spectrum in the 5.8GHz UNII band might desire equipment that supports TDD and a 10 MHz bandwidth.

WiMAX is establishing a structured compliance procedure based upon the proven test methodology specified by ISO/IEC 1646.³ The process starts with standardized Test Purposes written in English, which are then translated into Standardized Abstract Test Suites in a language called TTCN.⁴ In parallel with the Test Purposes, the Test Purposes are also used as input to generate test tables referred to as the PICS (Protocol Implementation Conformance Statement) Proforma is generated. The end result is a complete set of test tools that WiMAX will make available to equipment developers so they can design-in conformance and interoperability during the earliest possible phase of product development. Typically, this activity will commence when the first integrated prototype becomes available.

Ultimately, the WiMAX Forum* suite of conformance tests, in conjunction with interoperability testing, will enable service providers to choose from multiple vendors offering broadband wireless access equipment conforming to the IEEE 802.16a standard, that is optimized for their unique operating environment.

European radio standards are developed through ETSI (European Telecommunications Standards Institute).

IEC is the International Electrotechnical Commission, a leading global organization that publishes International standards for all electrical, electronic, and related technologies.

TTCN: Tree and Tabular Combined Notation.

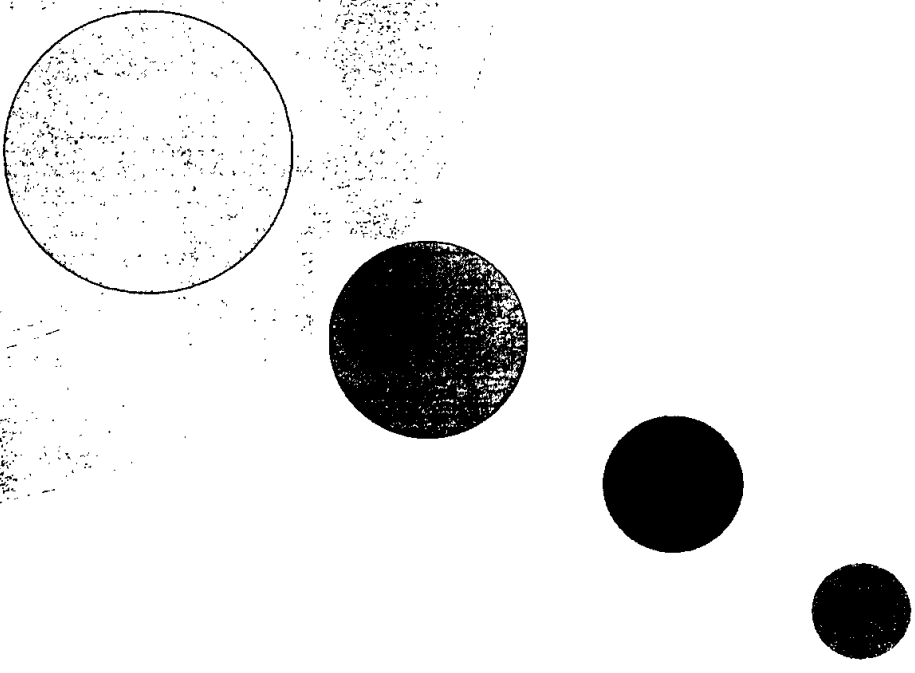
Other brands and trademark property of their respective owners

Glossary

BS	Base Station
DSL	Digital Subscriber Line
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FD	Frequency Division Duplex
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
LOS	Line-of-Sight
MAC	Medium Access Control
MAN	Metropolitan Area Network
NLOS	Non-Line-of-Sight
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
PHY	Physical Layer
QoS	Quality of Service
SOHO	Small Office Home Office
SS	Subscriber Station
STC	Space-Time Codes
TDD	Time Division Duplex
TDM	Time-Division Multiplexed
TDMA	Time-Division Multiple Access
WISP	Wireless Internet Service Provider

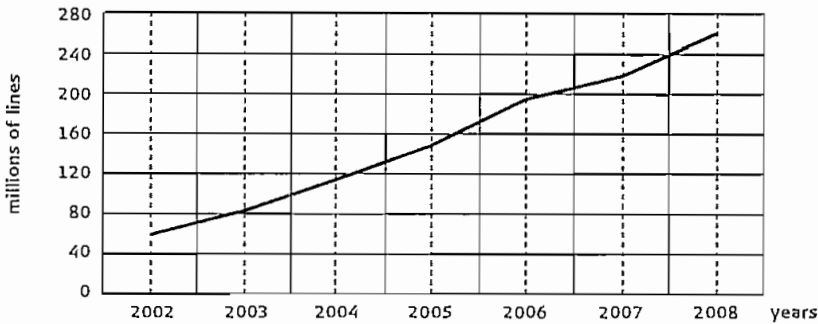
Introducing WiMAX

The next broadband wireless revolution



The vision: Broadband everywhere

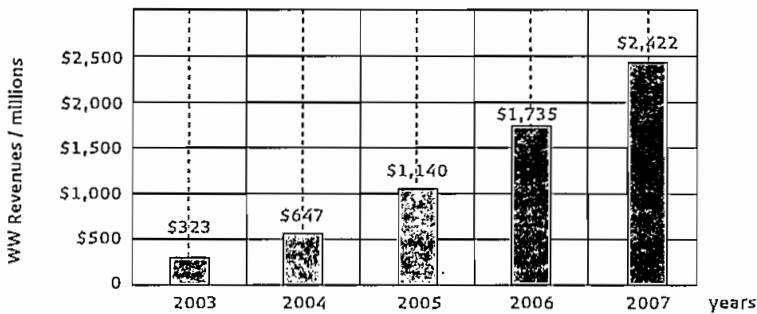
In recent years, Broadband technology has rapidly become an established, global commodity required by a high percentage of the population. In the past two years alone, the demand has risen rapidly, with a worldwide installed base of 57 million lines in 2002 rising to an estimated 80 million lines by the end of 2003. This healthy growth curve is expected to continue steadily over the next few years and reach the 200 million mark by 2006 (see Figure 1 below). DSL operators, who initially focused their deployments in densely-populated urban and metropolitan areas, are now challenged to provide broadband services in suburban and rural areas where new markets are quickly taking root. Governments are prioritizing broadband as a key political objective for all citizens to overcome the "broadband gap" also known as the "digital divide".



Source: Allied Business Intelligence Inc 2003

Figure1: Worldwide Broadband Market Growth

Wireless DSL (WDSL) offers an effective, complementary solution to wireline DSL, allowing DSL operators to provide broadband service to additional areas and populations that would otherwise find themselves outside the broadband loop. Government regulatory bodies are realizing the inherent worth in wireless technologies as a means for solving digital-divide challenges in the last mile and have accordingly initiated a deregulation process in recent years for both licensed and unlicensed bands to support this application. Recent technological advancements and the formation of a global standard and interoperability forum - WiMAX, set the stage for WDSL to take a significant role in the broadband market. Revenues from services delivered via Broadband Wireless Access have already reached \$323 million and are expected to jump to \$1.75 billion by 2006 (see revenue projections in Figure 2 below).



Source: Skylight Research September 2003

Figure 2: Worldwide - Sub-11 GHz PMP Broadband Wireless Access - 5 Year Forecast

The challenge: Meeting the demand

The desire for bandwidth-intensive Internet access and other voice and data services has never been greater across all geographies and market segments despite the economic downturn of recent years and the air of uncertainty in the global telecommunications industry.

The DSL market, based on a variety of wireline infrastructures, has succeeded in reaching millions of business and private subscribers and continues on a rapid growth curve. But supplying the quick rollout of infrastructure to the last mile has become a difficult and expensive challenge for carriers who cannot possibly keep pace with the demand. This has brought about a situation wherein subscribers living in developed areas with broadband-ready infrastructure can enjoy all the benefits of DSL services while those who do not, require another technology solution to fill the void. Broadband wireless technology - and specifically the introduction of the new WiMAX standard - fits this agenda perfectly.

Typical point to multipoint Broadband Wireless Access (BWA) systems are composed of two key elements: base station and subscriber equipment. The base station connects to the network backbone and uses an outdoor antenna to send and receive high-speed data and voice to subscriber equipment, thereby eliminating the need for extensive and expensive wireline infrastructure and providing highly flexible and cost-effective last-mile solutions.

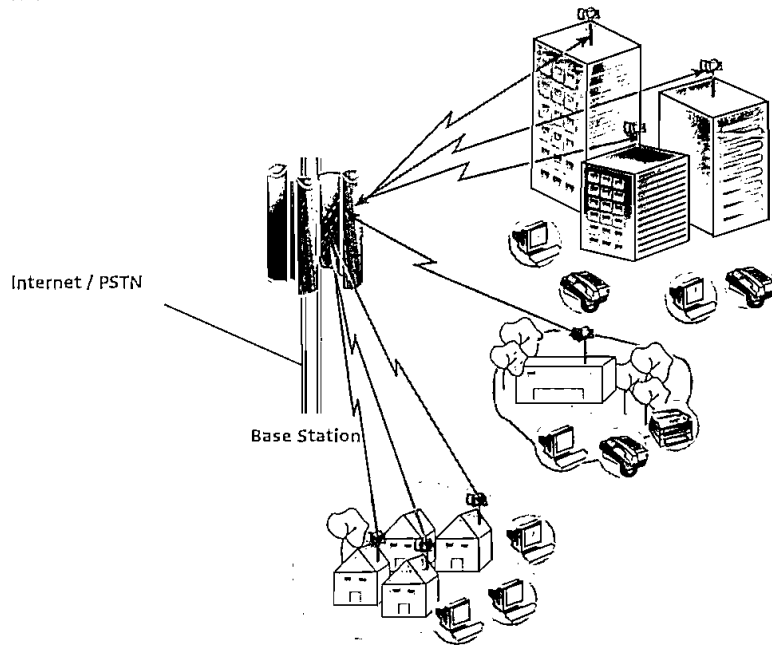


Figure 3: 802.16/HiperMAN - Broadband Wireless Access in the Last Mile

WiMAX is revolutionizing the broadband wireless world, enabling the formation of a global mass-market wireless industry. Putting the WiMAX revolution in the bigger context of the broadband industry, this paper portrays the recent acceleration stage of the Broadband Wireless Access market, determined by the need for broadband connectivity and by the following drivers:

- The worldwide deregulation process
- The standardization progression; and
- Revolutionary wireless technology.

Deregulation:

Creating new opportunities on the horizon

A major driver impacting the broadband wireless explosion is the advent of global telecom deregulation, opening up the telecommunications/Internet access industries to a host of new players. As more and more countries enable carriers and service providers to operate in a variety of frequencies, new and lucrative broadband access markets are springing up everywhere. Wireless technology requires the use of frequencies contained within a given spectrum to transfer voice and data. Governments allocate a specific range of that spectrum to incumbent and competitive carriers, as well as cellular operators, ISPs, and other service providers, enabling them to launch a variety of broadband initiatives based exclusively on wireless networking solutions.

There are two main types of spectrum allocation: licensed and unlicensed.

- Licensed frequencies are typically awarded through an auction or "beauty contest" to those who present the soundest business plans to the regulatory authorities overseeing the process.
- Unlicensed frequencies allow multiple service providers to utilize the same section of the spectrum and compete with each other for customers.

Recent examples of the global spread of bandwidth allocations/licenses that are available to wireless operators as a result of deregulation include: Italy - 26GHz and 28GHz bands; UK - 2.4GHz, 3.5GHz, 10.5 GHz and 28GHz bands; France - 2.4GHz, 3.5GHz, and 26GHz bands; Sweden - 3.5GHz band; EC - 5.4GHz, to be made available for carriers throughout continental Europe; China - 2.4GHz, 3.5GHz, 5.8 GHz and 26GHz bands; and Brazil - 3.5GHz and 10.5 GHz bands.

The result: millions of new subscribers worldwide are benefiting from broadband access services delivered over wireless networks.

Standardization:

WiMAX - Worldwide Interoperability for Microwave Access

The WiMAX Forum is a non-profit trade organization, founded in April 2002 by leading vendors of wireless access equipment and telecommunications components. The Forum's mission is to lay the groundwork for an industry-wide acceptance and implementation of the IEEE 802.16 and ETSI HiperMAN standard, covering the 2-11 GHz bands for Wireless Metropolitan Area Networks (Wireless MAN). The Forum hopes to jump-start this crucial industry by establishing rigorous definitions for testing and certifying products for interoperability compliance. The issuing of a "WiMAX-Certified" label will serve as a seal of approval that a particular vendor's system or component fully corresponds to the technological specifications set forth by the new Wireless MAN protocol.

In order to ensure the success of wireless technology as a stable, viable and cost effective alternative for delivering broadband access services in the last mile, the introduction of industry standards is essential.

The companies that have already joined the WiMAX Forum represent over 75% of revenues in the global BWA market. Moreover, membership of the WiMAX Forum is not limited to industry leading BWA providers, numerous multinational enterprises like Intel and Fujitsu have also joined the WiMAX Forum. The Forum represents a cross-industry group of valued partners, including chip set manufacturers, component makers and service providers. All of these organizations recognize the long-term benefits of working with standardized, interoperable equipment and are committed to the design, development and implementation of WiMAX-compliant solutions. Furthermore, the fact that Intel, the world's leading developer of microprocessor chips, and Alvarion, the foremost global provider of BWA systems, are both putting their full weight behind the Forum and its agenda, just further attests to the expected demand and success of WiMAX.

The following is a partial list of key members of the WiMAX Forum:

Alvarion	Fujitsu Microelectronics America	RF Integration Inc.
Andrew Corporation	Hughes Network Systems	RF Magic
AT&T Wireless	Intel	The Telnecity Group
Atheros Communications, Inc.	NEWS IQ	Winova Wireless
China Motion Telecom	Nextel	Yahoo!
Compliance Certification Services	FDM Forum	
Filtronics	Raytheon RF Components	

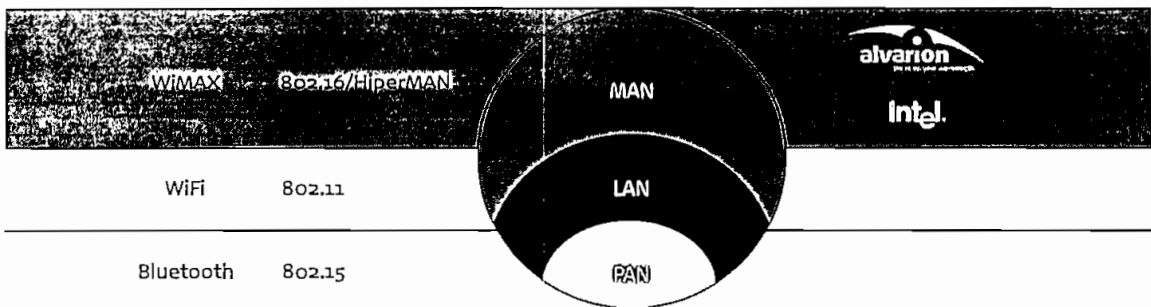


Figure 4. Wireless standards and their networking environments

Ensuring continuity:

WiMAX is to 802.16/HiperMAN as WiFi is to 802.11

WiMAX seeks to build on the success of established business models that have reaped benefits in the field. Just as the WiFi and DSL forums ensured the success of WLAN (802.11) and DSL, WiMAX represents a significant leap forward in ensuring the standardization of the Wireless MAN protocols.

Over the coming year, the WiMAX Forum intends to develop equipment conformance tests to be performed in reputable certification labs.

Application	Association / Forum	Technology
BWA / WDSL →	WiMAX →	802.16/HiperMAN
WLAN →	WiFi →	802.11
Broadband Wireline →	DSL Forum →	DSL

Table 1: Standardization for success

The WiMAX standard is beneficial to every link in the broadband wireless chain:

Operators:

- Wireless systems significantly reduce operator investment risk
- Common Platform drives down costs, fosters healthy competition and encourages innovation
- Enables a relatively low initial CAPEX investment and incremental expenditures that reflect growth
- No more commitments to a single vendor, a typical by-product of the proprietary technology model

Consumers:

- Receive services in areas that were previously out of the broadband loop
- More players in the market translate into more choices for receiving broadband access services
- Quick "trickle down" effect of cost savings to consumers, translating into lower monthly rates

Component Makers:

- Standardization creates a volume opportunity for chip set vendors/silicon suppliers

Equipment Vendors:

- Concentrate on specialization (i.e. Base Stations or CPEs) - no longer need to create an entire end-to-end solution as in proprietary model
- Standards-based, common platform fosters rapid innovation and the addition of new components and services.

Revolutionary Technology:

802.16/HiperMAN - Tailor-made for Wireless MAN applications

Technological improvements in the broadband wireless arena have been rapid and significant in recent years, offering operators greater performance and flexibility in their deployments while reducing their investment risks and ongoing operating expenses.

The 802.16/HiperMAN for 2-11 GHz is a wireless metropolitan area network (MAN) technology that provides broadband wireless connectivity to Fixed, Portable and Nomadic users. This powerful OFDM and NLOS technology can be used to backhaul 802.11 hotspots and WLANs to the Internet, provide campus connectivity, and enable a wireless alternative to cable and DSL for last mile broadband access. It provides up to 50-kilometers of service area range, allows users to get broadband connectivity without needing direct line of sight with the base station, and provides total data rates of hundreds of Mbps per base station - a sufficient amount of bandwidth to simultaneously support hundreds of businesses with T1/E1-type connectivity and thousands of homes with DSL-type connectivity with a single base station.

802.16/HiperMAN Technology Specs

- Based on IEEE 802.16 and ETSI HiperMAN - WiMAX selected the common mode of operation of these two standards - 256FFT OFDM.
- Concentrated in 2-11GHz Wireless MAN (Metropolitan Access Networks), with the following set of features:
 - Service area range 50km
 - Non Line of Sight
 - QoS designed in for voice/video, differentiated services
 - Very high spectrum utilization: 3.8 bit/Hz
 - Up to 280Mbps per base station
 - True broadband for portable users - based on IEEE 802.16e enables the creation of a 'CPE-less' broadband market, providing broadband connectivity for laptops and PDAs with integrated WiMAX technology

The following table illustrates the improvement and advancement of Broadband Wireless technologies between 2000 - 2005 as well as the evolution from proprietary to Standard-based solutions

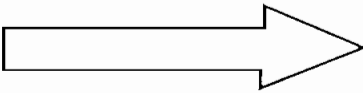
2000	2001	2002	2003	2004	2005
Proprietary Solutions					
Data rate: 2-11 Mbps peak		Data rate: 6-54 Mbps peak		Data rates: Up to 72 Mbps peak	
Chip sets: 802.11/b RF and PHY or proprietary		Chip sets: Vendors develop their own; some use 802.11a RF & PHY		Chip sets: Volume silicon supplier	
Air interface: Frequency hopping and Direct Sequence		Air interface: OFDM and SCDDMA approaches		Air interface: 256 FFT OFDM and OFDMA	

Table 2 Broadband Wireless Progress Chart

Alvarion: An integral proponent of WiMAX

Alvarion, the world's premier provider of BWA solutions, has over ten years of experience with over 1,500,000 deployments in a wide variety of point-to-multipoint networking environments worldwide where wireless infrastructure is making a genuine and considerable impact on network efficiency and on improving bottom line expenditures. The breadth of our modular product offering and excellent onsite consulting and deployment services, make Alvarion the ideal partner for empowering operators with field-proven solutions that are fully WiMAX-compliant.

Alvarion embraced the arrival of the WiMAX Forum from the beginning and is proud to hold the two vice-presidency chairs of this prestigious organization. Our involvement with standards compliance is nothing new; the company also Chairs the ETSI BRAN HiperMAN alliance and sits on the Board of the Wireless Communication Association (WCA) where it serves in several key capacities. The company has also been a pioneer and major contributor in the creation and development of wireless technology for over a decade, including significant contributions to the 802.11, 802.11a and 802.16/HiperMAN standards.

Alvarion and Intel: Partnering for perfection

Alvarion's industry leading expertise and vast experience as a pure-play wireless vendor makes it the logical choice to be the first to work in conjunction with Intel on producing a product line that integrates WiMAX technology. By merging our industry leading strengths, we hope to live up to the promise of a stable, interoperable standard as set forth in the WiMAX Forum mission.

The Alvarion-Intel system cooperation is a strategic relationship launched by the two vendors to produce superior wireless chips (Intel) and systems (Alvarion) that will serve as a benchmark for all other wireless vendors as they move towards a comprehensive adoption of the WiMAX standard. Intel is designing the chip, guided by our system definition and design, which will be incorporated in our product line over the coming year.

Summary

The growing demand for broadband services on a global scale is clear and uncontested. Businesses, public institutions and private users regard it as an enabling technology and it has become a given requirement for delivering communications services in the Information Age. In last mile markets where traditional cable or copper infrastructures are either saturated, outdated or simply out of reach, Broadband Wireless Access (BWA) technology fills the void admirably, providing highly efficient and cost effective access services for millions of subscribers who would otherwise be left out of the loop.

The introduction of the Wireless MAN standards (802.16 and HiperMAN) and the guidelines set forth by the WiMAX Forum to ensure its success, will do much to encourage the growth of broadband wireless markets everywhere, benefiting everyone in the delivery chain from equipment vendors to carriers to end users. As the wireless industry's most experienced solutions provider, Alvarion has a long and impressive record of commitment to developing and introducing standardized protocols. The Company's current collaboration with Intel on a WiMAX system is an indication of the serious growth potential of wireless networking solutions in broadband markets that are underserved by wireline infrastructures.



International Corporate Headquarters
Alvarion Ltd.
Tel: +972 3 645 6262
Fax: +972 3 645 6222
Email: corporate-sales@alvarion.com

North America Headquarters
Alvarion Inc.
Tel: +1 760 517 3100
Fax: +1 760 517 3200
Email: n.america-sales@alvarion.com

Latin America & Caribbean
Tel: +1 954 746 7420
Fax: +1 954 746 9332
Email: lasales@alvarion.com

Brazil
Tel: +55 11 3815 6225
Fax: +55 11 3813 0467
Email: brazil-sales@alvarion.com

China
Tel: +86 10 8857 6770
Fax: +86 10 8857 6772
Email: china-sales@alvarion.com

Czech Republic
Tel: +420 222 191 233
Fax: +420 222 191 200
Email: czech-sales@alvarion.com

France
Tel: +33 1 34 38 54 30
Fax: +33 1 34 38 54 39
Email: france-sales@alvarion.com

Germany
Tel: +49 89 90405 923
Fax: +49 89 90405 922
Email: germany-sales@alvarion.com

Japan
Tel: + 81 3 3556 7206
Fax: + 81 3 3556 7208
Email: alvarion-japan@alvarion.com

Mexico
Tel: +52 555 340 1421
Fax: +52 555 340 1403
Email: mexico-sales@alvarion.com

Romania
Tel: +40 21 335 7631
Fax: +40 21 335 7634
Email: romania-sales@alvarion.com

Russia
Tel: +7 (095) 783 82 31
Fax: +7 (095) 783 82 31
Email: info@alvarion.ru

U.K. & Ireland
Tel: +44 845 450 1414
Fax: +44 845 450 1455
Email: uk-sales@alvarion.com

Uruguay
Tel: +598 2 606 2651
Fax: +598 2 606 2652
Email: lasales@alvarion.com

213681 rev.c

© Copyright 2004 Alvarion Ltd. All rights reserved.
Alvarion, BreezeCOM, WALKnet, WALKnet, BreezeNET, BreezeMANAGE, BreezeACCESS, BreezeLINK,
BreezePHONE, INCOM, eNGW and/or other products and/or services referenced here in are either
registered trademarks, tradenames or service marks of Alvarion Ltd.
All other names are or may be the trademarks of their respective owners.
The content herein is subject to change without further notice.

www.alvarion.com

IEEE Standard 802.16: A Technical Overview of the WirelessMAN™ Air Interface for Broadband Wireless Access

Carl Eklund, Nokia Research Center

Roger B. Marks, National Institute of Standards and Technology

Kenneth L. Stanwood and Stanley Wang, Ensemble Communications Inc.

ABSTRACT

The broadband wireless access industry, which provides high-rate network connections to stationary sites, has matured to the point at which it now has a standard for second-generation wireless metropolitan area networks. IEEE Standard 802.16, with its WirelessMAN™ air interface, sets the stage for widespread and effective deployments worldwide. This article overviews the technical medium access control and physical layer features of this new standard.

INTRODUCTION AND MARKET OPPORTUNITIES

IEEE Standard 802.16-2001 [1], completed in October 2001 and published on 8 April 2002, defines the WirelessMAN™ air interface specification for wireless metropolitan area networks (MANs). The completion of this standard heralds the entry of broadband wireless access as a major new tool in the effort to link homes and businesses to core telecommunications networks worldwide.

As currently defined through IEEE Standard 802.16, a wireless MAN provides network access to buildings through exterior antennas communicating with central radio base stations (BSs). The wireless MAN offers an alternative to cabled access networks, such as fiber optic links, coaxial systems using cable modems, and digital subscriber line (DSL) links. Because wireless systems have the capacity to address broad geographic areas without the costly infrastructure development required in deploying cable links to individual sites, the technology may prove less expensive to deploy and may

lead to more ubiquitous broadband access. Such systems have been in use for several years, but the development of the new standard marks the maturation of the industry and forms the basis of new industry success using second-generation equipment.

In this scenario, with WirelessMAN technology bringing the network to a building, users inside the building will connect to it with conventional in-building networks such as, for data, Ethernet (IEEE Standard 802.3) or wireless LANs (IEEE Standard 802.11). However, the fundamental design of the standard may eventually allow for the efficient extension of the WirelessMAN networking protocols directly to the individual user. For instance, a central BS may someday exchange medium access control (MAC) protocol data with an individual laptop computer in a home. The links from the BS to the home receiver and from the home receiver to the laptop would likely use quite different physical layers, but design of the WirelessMAN MAC could accommodate such a connection with full quality of service (QoS). With the technology expanding in this direction, it is likely that the standard will evolve to support nomadic and increasingly mobile users. For example, it could be suitable for a stationary or slow-moving vehicle.

IEEE Standard 802.16 was designed to evolve as a set of air interfaces based on a common MAC protocol but with physical layer specifications dependent on the spectrum of use and the associated regulations. The standard, as approved in 2001, addresses frequencies from 10 to 66 GHz, where extensive spectrum is currently available worldwide but at which the short wavelengths introduce significant deployment challenges. A new project, currently in the balloting stage, expects to complete an amend-

ment denoted IEEE 802.16a [2] before the end of 2002. This document will extend the air interface support to lower frequencies in the 2–11 GHz band, including both licensed and license-exempt spectra. Compared to the higher frequencies, such spectra offer the opportunity to reach many more customers less expensively, although at generally lower data rates. This suggests that such services will be oriented toward individual homes or small to medium-sized enterprises.

THE 802.16 WORKING GROUP

Development of IEEE Standard 802.16 and the included WirelessMAN™ air interface, along with associated standards and amendments, is the responsibility of IEEE Working Group 802.16 on Broadband Wireless Access (BWA) Standards (<http://WirelessMAN.org>). The Working Group's initial interest was the 10–66 GHz range. The 2–11 GHz amendment project that led to IEEE 802.16a was approved in March 2000. The 802.16a project primarily involves the development of new physical layer specifications, with supporting enhancements to the basic MAC. In addition, the Working Group has completed IEEE Standard 802.16.2 [3] ("Recommended Practice for Coexistence of Fixed Broadband Wireless Access Systems") to address 10–66 GHz coexistence and, through the amendment project 802.16.2a, is expanding its recommendations to include licensed bands from 2 to 11 GHz.

Historically, the 802.16 activities were initiated at an August 1998 meeting called by the National Wireless Electronics Systems Testbed (N-WEST) of the U.S. National Institute of Standards and Technology. The effort was welcomed in IEEE 802, which opened a Study Group. The 802.16 Working Group has held weeklong meetings at least bimonthly since July 1999. Over 700 individuals have attended a session. Membership, which is granted to individuals based on their attendance and participation, currently stands at 130. The work has been closely followed; for example, the IEEE 802.16 Web site received over 2.8 million file requests in 2000.

TECHNOLOGY DESIGN ISSUES

MEDIUM ACCESS CONTROL

The IEEE 802.16 MAC protocol was designed for point-to-multipoint broadband wireless access applications. It addresses the need for very high bit rates, both uplink (to the BS) and downlink (from the BS). Access and bandwidth allocation algorithms must accommodate hundreds of terminals per channel, with terminals that may be shared by multiple end users. The services required by these end users are varied in their nature and include legacy time-division multiplex (TDM) voice and data, Internet Protocol (IP) connectivity, and packetized voice over IP (VoIP). To support this variety of services, the 802.16 MAC must accommodate both continuous and bursty traffic. Additionally, these services expect to be assigned QoS in keeping with the traffic types. The 802.16 MAC provides a wide range of service types analogous to the classic asyn-

chronous transfer mode (ATM) service categories as well as newer categories such as guaranteed frame rate (GFR).

The 802.16 MAC protocol must also support a variety of backhaul requirements, including both asynchronous transfer mode (ATM) and packet-based protocols. Convergence sublayers are used to map the transport-layer-specific traffic to a MAC that is flexible enough to efficiently carry any traffic type. Through such features as payload header suppression, packing, and fragmentation, the convergence sublayers and MAC work together to carry traffic in a form that is often more efficient than the original transport mechanism.

Issues of transport efficiency are also addressed at the interface between the MAC and the physical layer (PHY). For example, the modulation and coding schemes are specified in a burst profile that may be adjusted adaptively for each burst to each subscriber station. The MAC can make use of bandwidth-efficient burst profiles under favorable link conditions but shift to more reliable, although less efficient, alternatives as required to support the planned 99.999 percent link availability.

The request-grant mechanism is designed to be scalable, efficient, and self-correcting. The 802.16 access system does not lose efficiency when presented with multiple connections per terminal, multiple QoS levels per terminal, and a large number of statistically multiplexed users. It takes advantage of a wide variety of request mechanisms, balancing the stability of contentionless access with the efficiency of contention-oriented access.

While extensive bandwidth allocation and QoS mechanisms are provided, the details of scheduling and reservation management are left unstandardized and provide an important mechanism for vendors to differentiate their equipment.

Along with the fundamental task of allocating bandwidth and transporting data, the MAC includes a privacy sublayer that provides authentication of network access and connection establishment to avoid theft of service, and it provides key exchange and encryption for data privacy.

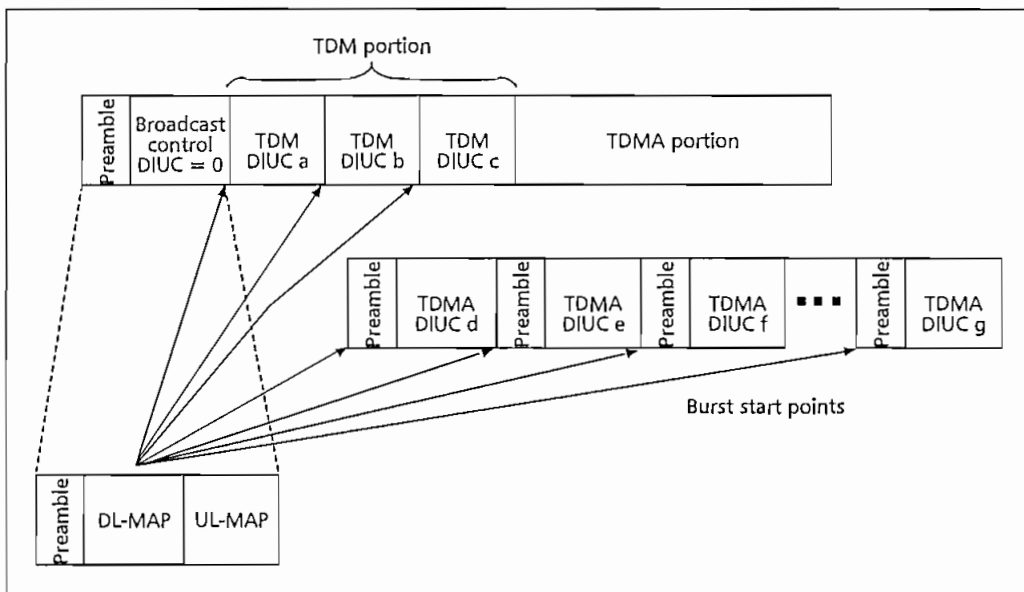
To accommodate the more demanding physical environment and different service requirements of the frequencies between 2 and 11 GHz, the 802.16a project is upgrading the MAC to provide automatic repeat request (ARQ) and support for mesh, rather than only point-to-multipoint, network architectures.

THE PHYSICAL LAYER

10–66 GHz — In the design of the PHY specification for 10–66 GHz, line-of-sight propagation was deemed a practical necessity. With this condition assumed, single-carrier modulation was easily selected; the air interface is designated "WirelessMAN-SC." Many fundamental design challenges remained, however. Because of the point-to-multipoint architecture, the BS basically transmits a TDM signal, with individual subscriber stations allocated time slots serially. Access in the uplink direction is by time-division multiple access (TDMA). Following extensive discussions regarding duplexing, a

While extensive bandwidth allocation and QoS mechanisms are provided, the details of scheduling and reservation management are left unstandardized and provide an important mechanism for vendors to differentiate their equipment.

The PHY specification defined for 10–66 GHz uses burst single-carrier modulation with adaptive burst profiling in which transmission parameters, including the modulation and coding schemes, may be adjusted individually to each subscriber station on a frame-by-frame basis. Both TDD and burst FDD variants are defined.



■ Figure 1. The downlink subframe structure.

burst design was selected that allows both time-division duplexing (TDD), in which the uplink and downlink share a channel but do not transmit simultaneously, and frequency-division duplexing (FDD), in which the uplink and downlink operate on separate channels, sometimes simultaneously. This burst design allows both TDD and FDD to be handled in a similar fashion. Support for half-duplex FDD subscriber stations, which may be less expensive since they do not simultaneously transmit and receive, was added at the expense of some slight complexity. Both TDD and FDD alternatives support adaptive burst profiles in which modulation and coding options may be dynamically assigned on a burst-by-burst basis.

2–11 GHz — The 2–11 GHz bands, both licensed and license-exempt, are addressed in IEEE Project 802.16a. The standard is in ballot but is not yet complete. The draft currently specifies that compliant systems implement one of three air interface specifications, each of which provides for interoperability. Design of the 2–11 GHz physical layer is driven by the need for non-line-of-sight (NLOS) operation. Because residential applications are expected, rooftops may be too low for a clear sight line to a BS antenna, possibly due to obstruction by trees. Therefore, significant multipath propagation must be expected. Furthermore, outdoor-mounted antennas are expensive due to both hardware and installation costs.

The three 2–11 GHz air interface specifications in 802.16a Draft 3 are:

- **WirelessMAN-SC2:** This uses a single-carrier modulation format.
- **WirelessMAN-OFDM:** This uses orthogonal frequency-division multiplexing with a 256-point transform. Access is by TDMA. This air interface is mandatory for license-exempt bands.

- **WirelessMAN-OFDMA:** This uses orthogonal frequency-division multiple access with a 2048-point transform. In this system, multiple access is provided by addressing a subset of the multiple carriers to individual receivers.

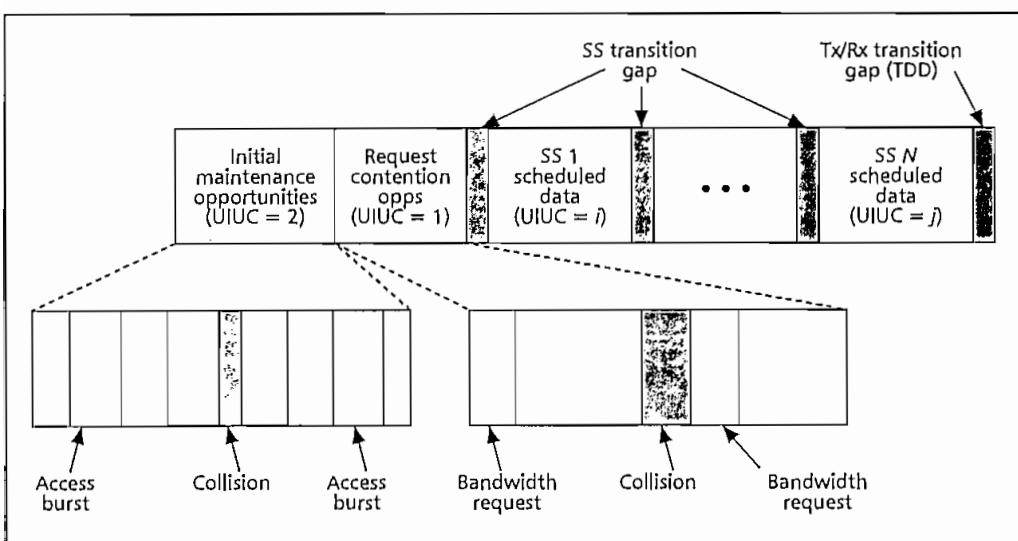
Because of the propagation requirements, the use of advanced antenna systems is supported.

It is premature to speculate on further specifics of the 802.16a amendment prior to its completion. While the draft seems to have reached a level of maturity, the contents could change significantly in balloting. Modes could even be deleted or added.

PHYSICAL LAYER DETAILS

The PHY specification defined for 10–66 GHz uses burst single-carrier modulation with adaptive burst profiling in which transmission parameters, including the modulation and coding schemes, may be adjusted individually to each subscriber station (SS) on a frame-by-frame basis. Both TDD and burst FDD variants are defined. Channel bandwidths of 20 or 25 MHz (typical U.S. allocation) or 28 MHz (typical European allocation) are specified, along with Nyquist square-root raised-cosine pulse shaping with a rolloff factor of 0.25. Randomization is performed for spectral shaping and to ensure bit transitions for clock recovery.

The forward error correction (FEC) used is Reed-Solomon GF(256), with variable block size and error correction capabilities. This is paired with an inner block convolutional code to robustly transmit critical data, such as frame control and initial accesses. The FEC options are paired with quadrature phase shift keying (QPSK), 16-state quadrature amplitude modulation (16-QAM), and 64-state QAM (64-QAM) to form burst profiles of varying robustness and efficiency. If the last FEC block is not filled, that block may be shortened. Shortening in both the uplink



■ Figure 2. The uplink subframe structure.

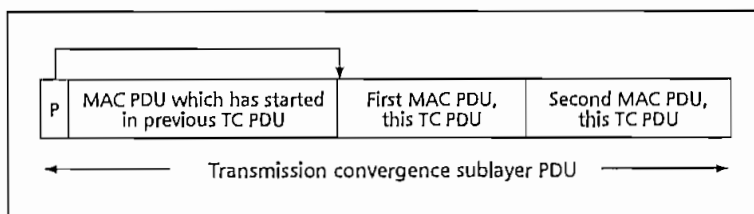
and downlink is controlled by the BS and is implicitly communicated in the uplink map (UL-MAP) and downlink map (DL-MAP).

The system uses a frame of 0.5, 1, or 2 ms. This frame is divided into physical slots for the purpose of bandwidth allocation and identification of PHY transitions. A physical slot is defined to be 4 QAM symbols. In the TDD variant of the PHY, the uplink subframe follows the downlink subframe on the same carrier frequency. In the FDD variant, the uplink and downlink subframes are coincident in time but are carried on separate frequencies. The downlink subframe is shown in Fig. 1.

The downlink subframe starts with a frame control section that contains the DL-MAP for the current downlink frame as well as the UL-MAP for a specified time in the future. The downlink map specifies when physical layer transitions (modulation and FEC changes) occur within the downlink subframe. The downlink subframe typically contains a TDM portion immediately following the frame control section. Downlink data are transmitted to each SS using a negotiated burst profile. The data are transmitted in order of decreasing robustness to allow SSs to receive their data before being presented with a burst profile that could cause them to lose synchronization with the downlink.

In FDD systems, the TDM portion may be followed by a TDMA segment that includes an extra preamble at the start of each new burst profile. This feature allows better support of half-duplex SSs. In an efficiently scheduled FDD system with many half-duplex SSs, some may need to transmit earlier in the frame than they receive. Due to their half-duplex nature, these SSs lose synchronization with the downlink. The TDMA preamble allows them to regain synchronization.

Due to the dynamics of bandwidth demand for the variety of services that may be active, the mixture and duration of burst profiles and the presence or absence of a TDMA portion vary dynamically from frame to frame. Since the recipient SS is implicitly indicated in the MAC



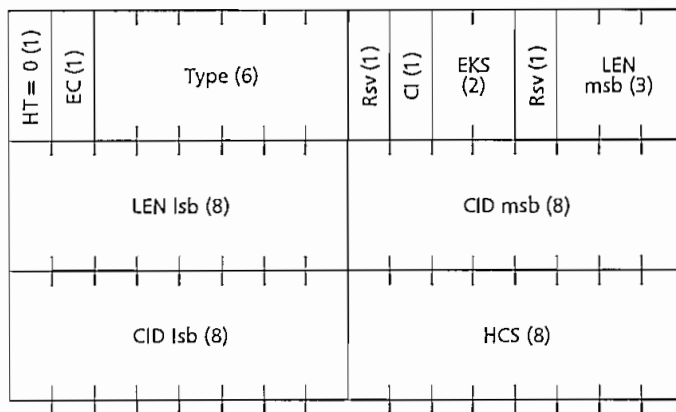
■ Figure 3. TC PDU format.

headers rather than in the DL-MAP, SSs listen to all portions of the downlink subframe they are capable of receiving. For full-duplex SSs, this means receiving all burst profiles of equal or greater robustness than they have negotiated with the BS.

A typical uplink subframe for the 10–66 GHz PHY is shown in Fig. 2. Unlike the downlink, the UL-MAP grants bandwidth to specific SSs. The SSs transmit in their assigned allocation using the burst profile specified by the Uplink Interval Usage Code (UIUC) in the UL-MAP entry granting them bandwidth. The uplink subframe may also contain contention-based allocations for initial system access and broadcast or multicast bandwidth requests. The access opportunities for initial system access are sized to allow extra guard time for SSs that have not resolved the transmit time advance necessary to offset the round-trip delay to the BS.

Between the PHY and MAC is a transmission convergence (TC) sublayer. This layer performs the transformation of variable length MAC protocol data units (PDUs) into the fixed length FEC blocks (plus possibly a shortened block at the end) of each burst. The TC layer has a PDU sized to fit in the FEC block currently being filled. It starts with a pointer indicating where the next MAC PDU header starts within the FEC block. This is shown in Fig. 3.

The TC PDU format allows resynchronization to the next MAC PDU in the event that the previous FEC block had irrecoverable errors.



■ Figure 4. Format of generic header for MAC PDU.

Without the TC layer, a receiving SS or BS would potentially lose the entire remainder of a burst when an irrecoverable bit error occurred.

MEDIUM ACCESS CONTROL DETAILS

The MAC includes service-specific convergence sublayers that interface to higher layers, above the core MAC common part sublayer that carries out the key MAC functions. Below the common part sublayer is the privacy sublayer.

SERVICE-SPECIFIC CONVERGENCE SUBLAYERS

IEEE Standard 802.16 defines two general service-specific convergence sublayers for mapping services to and from 802.16 MAC connections. The ATM convergence sublayer is defined for ATM services, and the packet convergence sublayer is defined for mapping packet services such as IPv4, IPv6, Ethernet, and virtual local area network (VLAN). The primary task of the sublayer is to classify service data units (SDUs) to the proper MAC connection, preserve or enable QoS, and enable bandwidth allocation. The mapping takes various forms depending on the type of service. In addition to these basic functions, the convergence sublayers can also perform more sophisticated functions such as payload header suppression and reconstruction to enhance airlink efficiency.

COMMON PART SUBLAYER

Introduction and General Architecture — In general, the 802.16 MAC is designed to support a point-to-multipoint architecture with a central BS handling multiple independent sectors simultaneously. On the downlink, data to SSs are multiplexed in TDM fashion. The uplink is shared between SSs in TDMA fashion.

The 802.16 MAC is connection-oriented. All services, including inherently connectionless services, are mapped to a connection. This provides a mechanism for requesting bandwidth, associating QoS and traffic parameters, transporting and routing data to the appropriate convergence sublayer, and all other actions associated with the contractual terms of the service. Connections are

referenced with 16-bit connection identifiers (CIDs) and may require continuously granted bandwidth or bandwidth on demand. As will be described, both are accommodated.

Each SS has a standard 48-bit MAC address, but this serves mainly as an equipment identifier, since the primary addresses used during operation are the CIDs. Upon entering the network, the SS is assigned three management connections in each direction. These three connections reflect the three different QoS requirements used by different management levels. The first of these is the basic connection, which is used for the transfer of short, time-critical MAC and radio link control (RLC) messages. The primary management connection is used to transfer longer, more delay-tolerant messages such as those used for authentication and connection setup. The secondary management connection is used for the transfer of standards-based management messages such as Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP), Trivial File Transfer Protocol (TFTP), and Simple Network Management Protocol (SNMP). In addition to these management connections, SSs are allocated transport connections for the contracted services. Transport connections are unidirectional to facilitate different uplink and downlink QoS and traffic parameters; they are typically assigned to services in pairs.

The MAC reserves additional connections for other purposes. One connection is reserved for contention-based initial access. Another is reserved for broadcast transmissions in the downlink as well as for signaling broadcast contention-based polling of SS bandwidth needs. Additional connections are reserved for multicast, rather than broadcast, contention-based polling. SSs may be instructed to join multicast polling groups associated with these multicast polling connections.

MAC PDU Formats — The MAC PDU is the data unit exchanged between the MAC layers of the BS and its SSs. A MAC PDU consists of a fixed-length MAC header, a variable-length payload, and an optional cyclic redundancy check (CRC). Two header formats, distinguished by the HT field, are defined: the generic header (Fig. 4) and the bandwidth request header.

Except for bandwidth request MAC PDUs, which contain no payload, MAC PDUs contain either MAC management messages or convergence sublayer data.

Three types of MAC subheader may be present. The grant management subheader is used by an SS to convey bandwidth management needs to its BS. The fragmentation subheader contains information that indicates the presence and orientation in the payload of any fragments of SDUs. The packing subheader is used to indicate the packing of multiple SDUs into a single PDU. The grant management and fragmentation subheaders may be inserted in MAC PDUs immediately following the generic header if so indicated by the Type field. The packing subheader may be inserted before each MAC SDU if so indicated by the Type field. More details are provided below.

Transmission of MAC PDUs — The IEEE 802.16 MAC supports various higher-layer protocols such as ATM or IP. Incoming MAC SDUs from corresponding convergence sublayers are formatted according to the MAC PDU format, possibly with fragmentation and/or packing, before being conveyed over one or more connections in accordance with the MAC protocol. After traversing the airlink, MAC PDUs are reconstructed back into the original MAC SDUs so that the format modifications performed by the MAC layer protocol are transparent to the receiving entity.

IEEE 802.16 takes advantage of incorporating the packing and fragmentation processes with the bandwidth allocation process to maximize the flexibility, efficiency, and effectiveness of both. Fragmentation is the process in which a MAC SDU is divided into one or more MAC SDU fragments. Packing is the process in which multiple MAC SDUs are packed into a single MAC PDU payload. Both processes may be initiated by either a BS for a downlink connection or an SS for an uplink connection.

IEEE 802.16 allows simultaneous fragmentation and packing for efficient use of the bandwidth.

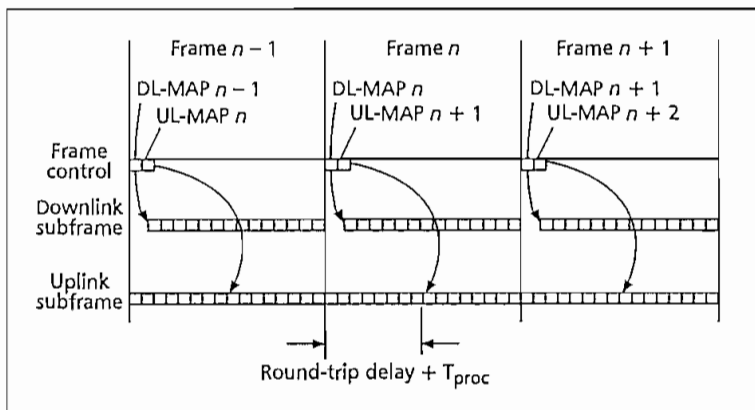
PHY Support and Frame Structure — The IEEE 802.16 MAC supports both TDD and FDD. In FDD, both continuous and burst downlinks are supported. Continuous downlinks allow for certain robustness enhancement techniques, such as interleaving. Burst downlinks (either FDD or TDD) allow the use of more advanced robustness and capacity enhancement techniques, such as subscriber-level adaptive burst profiling and advanced antenna systems.

The MAC builds the downlink subframe starting with a frame control section containing the DL-MAP and UL-MAP messages. These indicate PHY transitions on the downlink as well as bandwidth allocations and burst profiles on the uplink.

The DL-MAP is always applicable to the current frame and is always at least two FEC blocks long. The first PHY transition is expressed in the first FEC block, to allow adequate processing time. In both TDD and FDD systems, the UL-MAP provides allocations starting no later than the next downlink frame. The UL-MAP can, however, allocate starting in the current frame as long as processing times and round-trip delays are observed. The minimum time between receipt and applicability of the UL-MAP for an FDD system is shown in Fig. 5.

Radio Link Control — The advanced technology of the 802.16 PHY requires equally advanced radio link control (RLC), particularly the capability of the PHY to transition from one burst profile to another. The RLC must control this capability as well as the traditional RLC functions of power control and ranging.

RLC begins with periodic BS broadcast of the burst profiles that have been chosen for the uplink and downlink. The particular burst profiles used on a channel are chosen based on a number of factors, such as rain region and equipment capabilities. Burst profiles for the downlink are each tagged with a Downlink Interval Usage



■ Figure 5. Minimum FDD map relevance.

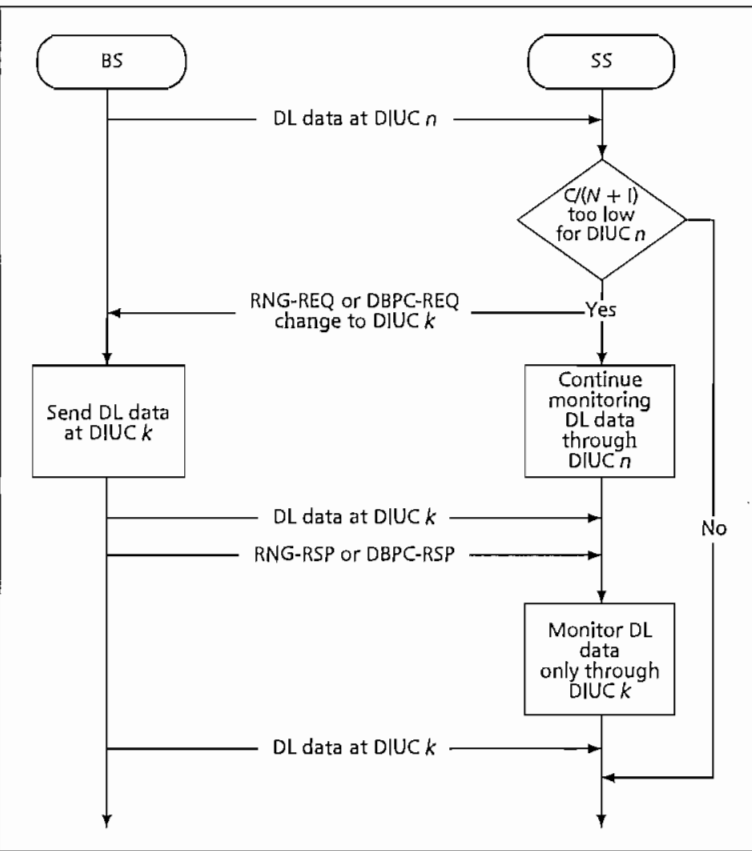
Code (DIUC). Those for the uplink are each tagged with an Uplink Interval Usage Code (UIUC).

During initial access, the SS performs initial power leveling and ranging using ranging request (RNG-REQ) messages transmitted in initial maintenance windows. The adjustments to the SS's transmit time advance, as well as power adjustments, are returned to the SS in ranging response (RNG-RSP) messages. For ongoing ranging and power adjustments, the BS may transmit unsolicited RNG-RSP messages commanding the SS to adjust its power or timing.

During initial ranging, the SS also requests to be served in the downlink via a particular burst profile by transmitting its choice of DIUC to the BS. The choice is based on received downlink signal quality measurements performed by the SS before and during initial ranging. The BS may confirm or reject the choice in the ranging response. Similarly, the BS monitors the quality of the uplink signal it receives from the SS. The BS commands the SS to use a particular uplink burst profile simply by including the appropriate burst profile UIUC with the SS's grants in UL-MAP messages.

After initial determination of uplink and downlink burst profiles between the BS and a particular SS, RLC continues to monitor and control the burst profiles. Harsher environmental conditions, such as rain fades, can force the SS to request a more robust burst profile. Alternatively, exceptionally good weather may allow an SS to temporarily operate with a more efficient burst profile. The RLC continues to adapt the SS's current UL and DL burst profiles, ever striving to achieve a balance between robustness and efficiency. Because the BS is in control and directly monitors the uplink signal quality, the protocol for changing the uplink burst profile for an SS is simple: the BS merely specifies the profile's associated UIUC whenever granting the SS bandwidth in a frame. This eliminates the need for an acknowledgment, since the SS will always receive either both the UIUC and the grant or neither. Hence, no chance of uplink burst profile mismatch between the BS and SS exists.

In the downlink, the SS is the entity that monitors the quality of the receive signal and therefore knows when its downlink burst profile



■ Figure 6. Transition to a more robust burst profile.

should change. The BS, however, is the entity in control of the change. There are two methods available to the SS to request a change in downlink burst profile, depending on whether the SS operates in the grant per connection (GPC) or grant per SS (GPSS) mode (see "Bandwidth Requests and Grants"). The first method would typically apply (based on the discretion of the BS scheduling algorithm) only to GPC SSs. In this case, the BS may periodically allocate a station maintenance interval to the SS. The SS can use the RNG-REQ message to request a change in downlink burst profile. The preferred method is for the SS to transmit a downlink burst profile change request (DBPC-REQ). In this case, which is always an option for GPSS SSs and can be an option for GPC SSs, the BS responds with a downlink burst profile change response (DBPC-RSP) message confirming or denying the change.

Because messages may be lost due to irrecoverable bit errors, the protocols for changing an SS's downlink burst profile must be carefully structured. The order of the burst profile change actions is different when transitioning to a more robust burst profile than when transitioning to a less robust one. The standard takes advantage of the fact that an SS is always required to listen to more robust portions of the downlink as well as the profile that was negotiated. Figure 6 shows a transition to a more robust burst profile. Figure 7 shows a transition to a less robust burst profile.

Uplink Scheduling Services — Each connection in the uplink direction is mapped to a *scheduling service*. Each scheduling service is associated with a set of rules imposed on the BS scheduler responsible for allocating the uplink capacity and the request-grant protocol between the SS and the BS. The detailed specification of the rules and the scheduling service used for a particular uplink connection is negotiated at connection setup time.

The scheduling services in IEEE 802.16 are based on those defined for cable modems in the DOCSIS standard [4].

Unsolicited grant service (UGS) is tailored for carrying services that generate fixed units of data periodically. Here the BS schedules regularly, in a preemptive manner, grants of the size negotiated at connection setup, without an explicit request from the SS. This eliminates the overhead and latency of bandwidth requests in order to meet the delay and delay jitter requirements of the underlying service. A practical limit on the delay jitter is set by the frame duration. If more stringent jitter requirements are to be met, output buffering is needed. Services that typically would be carried on a connection with UGS service include ATM constant bit rate (CBR) and E1/T1 over ATM.

When used with UGS, the grant management subheader includes the poll-me bit (see "Bandwidth Requests and Grants") as well as the slip indicator flag, which allows the SS to report that the transmission queue is backlogged due to factors such as lost grants or clock skew between the IEEE 802.16 system and the outside network. The BS, upon detecting the slip indicator flag, can allocate some additional capacity to the SS, allowing it to recover the normal queue state. Connections configured with UGS are not allowed to utilize random access opportunities for requests.

The real-time polling service is designed to meet the needs of services that are dynamic in nature, but offers periodic dedicated request opportunities to meet real-time requirements. Because the SS issues explicit requests, the protocol overhead and latency is increased, but this capacity is granted only according to the real need of the connection. The real-time polling service is well suited for connections carrying services such as VoIP or streaming video or audio.

The non-real-time polling service is almost identical to the real-time polling service except that connections may utilize random access transmit opportunities for sending bandwidth requests. Typically, services carried on these connections tolerate longer delays and are rather insensitive to delay jitter. The non-real-time polling service is suitable for Internet access with a minimum guaranteed rate and for ATM GFR connections.

A best effort service has also been defined. Neither throughput nor delay guarantees are provided. The SS sends requests for bandwidth in either random access slots or dedicated transmission opportunities. The occurrence of dedicated opportunities is subject to network load, and the SS cannot rely on their presence.

Bandwidth Requests and Grants — The IEEE 802.16 MAC accommodates two classes of SS, differentiated by their ability to accept bandwidth grants simply for a connection or for the SS as a whole. Both classes of SS request bandwidth per connection to allow the BS uplink scheduling algorithm to properly consider QoS when allocating bandwidth. With the grant per connection (GPC) class of SS, bandwidth is granted explicitly to a connection, and the SS uses the grant only for that connection. RLC and other management protocols use bandwidth explicitly allocated to the management connections.

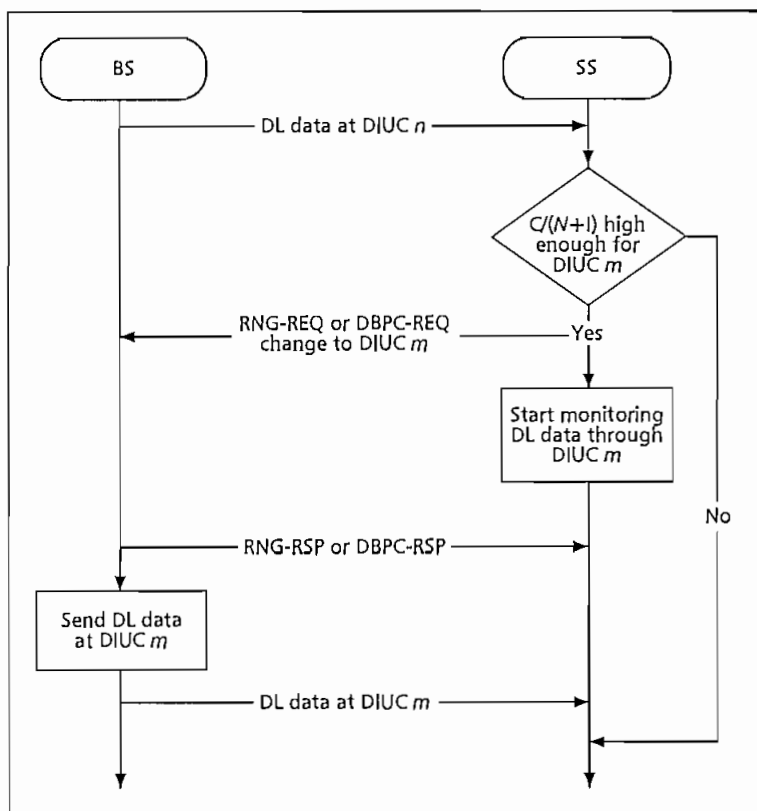
With the grant per SS (GPSS) class, SSs are granted bandwidth aggregated into a single grant to the SS itself. The GPSS SS needs to be more intelligent in its handling of QoS. It will typically use the bandwidth for the connection that requested it, but need not. For instance, if the QoS situation at the SS has changed since the last request, the SS has the option of sending the higher QoS data along with a request to replace this bandwidth stolen from a lower QoS connection. The SS could also use some of the bandwidth to react more quickly to changing environmental conditions by sending, for instance, a DBPC-REQ message.

The two classes of SS allow a trade-off between simplicity and efficiency. The need to explicitly grant extra bandwidth for RLC and requests, coupled with the likelihood of more than one entry per SS, makes GPC less efficient and scalable than GPSS. Additionally, the ability of the GPSS SS to react more quickly to the needs of the PHY and those of connections enhances system performance. GPSS is the only class of SS allowed with the 10–66 GHz PHY.

With both classes of grants, the IEEE 802.16 MAC uses a self-correcting protocol rather than an acknowledged protocol. This method uses less bandwidth. Furthermore, acknowledged protocols can take additional time, potentially adding delay. There are a number of reasons the bandwidth requested by an SS for a connection may not be available:

- The BS did not see the request due to irrecoverable PHY errors or collision of a contention-based reservation.
- The SS did not see the grant due to irrecoverable PHY errors.
- The BS did not have sufficient bandwidth available.
- The GPSS SS used the bandwidth for another purpose.

In the self-correcting protocol, all of these anomalies are treated the same. After a timeout appropriate for the QoS of the connection (or immediately, if the bandwidth was stolen by the SS for another purpose), the SS simply requests again. For efficiency, most bandwidth requests are incremental; that is, the SS asks for more bandwidth for a connection. However, for the self-correcting bandwidth request/grant mechanism to work correctly, the bandwidth requests must occasionally be aggregate; that is, the SS informs the BS of its total current bandwidth needs for a connection. This allows the BS to reset its perception of the SS's needs without a complicated protocol acknowledging the use of granted bandwidth.



■ Figure 7. Transition to a less robust burst profile.

The SS has a plethora of ways to request bandwidth, combining the determinism of unicast polling with the responsiveness of contention-based requests and the efficiency of unsolicited bandwidth. For continuous bandwidth demand, such as with CBR T1/E1 data, the SS need not request bandwidth; the BS grants it unsolicited.

To short-circuit the normal polling cycle, any SS with a connection running UGS can use the poll-me bit in the grant management subheader to let the BS know it needs to be polled for bandwidth needs on another connection. The BS may choose to save bandwidth by polling SSs that have unsolicited grant services only when they have set the poll-me bit.

A more conventional way to request bandwidth is to send a bandwidth request MAC PDU that consists of simply the bandwidth request header and no payload. GPSS SSs can send this in any bandwidth allocation they receive. GPC terminals can send it in either a request interval or a data grant interval allocated to their basic connection. A closely related method of requesting data is to use a grant management subheader to piggyback a request for additional bandwidth for the same connection within a MAC PDU.

In addition to polling individual SSs, the BS may issue a broadcast poll by allocating a request interval to the broadcast CID. Similarly, the standard provides a protocol for forming multicast groups to give finer control to contention-based polling. Due to the nondeterministic delay that can be caused by collisions and retries, con-

In general, service flows in IEEE 802.16 are preprovisioned, and setup of the service flows is initiated by the BS during SS initialization. However, service flows can also be dynamically established by either the BS or the SS.

tion-based requests are allowed only for certain lower QoS classes of service.

Channel Acquisition — The MAC protocol includes an initialization procedure designed to eliminate the need for manual configuration. Upon installation, an SS begins scanning its frequency list to find an operating channel. It may be programmed to register with a specified BS, referring to a programmable BS ID broadcast by each. This feature is useful in dense deployments where the SS might hear a secondary BS due to selective fading or when the SS picks up a side-lobe of a nearby BS antenna.

After deciding on which channel or channel pair to attempt communication, the SS tries to synchronize to the downlink transmission by detecting the periodic frame preambles. Once the physical layer is synchronized, the SS will look for the periodically broadcast DCD and UCD messages that enable the SS to learn the modulation and FEC schemes used on the carrier.

Initial Ranging and Negotiation of SS Capabilities — Upon learning what parameters to use for its initial ranging transmissions, the SS will look for initial ranging opportunities by scanning the UL-MAP messages present in every frame. The SS uses a truncated exponential backoff algorithm to determine which initial ranging slot it will use to send a ranging request message. The SS will send the burst using the minimum power setting and will try again with increasingly higher transmission power if it does not receive a ranging response.

Based on the arrival time of the initial ranging request and the measured power of the signal, the BS commands a timing advance and a power adjustment to the SS in the ranging response. The response also provides the SS with the basic and primary management CIDs. Once the timing advance of the SS transmissions has been correctly determined, the ranging procedure for fine-tuning the power can be performed using invited transmissions.

All transmissions up to this point are made using the most robust, and thus least efficient, burst profile. To avoid wasting capacity, the SS next reports its PHY capabilities, including the modulation and coding schemes it supports and whether, in an FDD system, it is half-duplex or full-duplex. The BS, in its response, can deny the use of any capability reported by the SS.

SS Authentication and Registration — Each SS contains both a manufacturer-issued factory-installed X.509 digital certificate and the certificate of the manufacturer. These certificates, which establish a link between the 48-bit MAC address of the SS and its public RSA key, are sent to the BS by the SS in the Authorization Request and Authentication Information messages. The network is able to verify the identity of the SS by checking the certificates and can subsequently check the level of authorization of the SS. If the SS is authorized to join the network, the BS will respond to its request with an Authorization Reply containing an Authorization Key (AK) encrypted with the

SS's public key and used to secure further transactions.

Upon successful authorization, the SS will register with the network. This will establish the secondary management connection of the SS and determine capabilities related to connection setup and MAC operation. The version of IP used on the secondary management connection is also determined during registration.

IP Connectivity — After registration, the SS attains an IP address via DHCP and establishes the time of day via the Internet Time Protocol. The DHCP server also provides the address of the TFTP server from which the SS can request a configuration file. This file provides a standard interface for providing vendor-specific configuration information.

Connection Setup — IEEE 802.16 uses the concept of service flows to define unidirectional transport of packets on either downlink or uplink. Service flows are characterized by a set of QoS parameters such as latency and jitter. To most efficiently utilize network resources such as bandwidth and memory, 802.16 adopts a two-phase activation model in which resources assigned to a particular admitted service flow may not be actually committed until the service flow is activated. Each admitted or active service flow is mapped to a MAC connection with a unique CID.

In general, service flows in IEEE 802.16 are preprovisioned, and setup of the service flows is initiated by the BS during SS initialization. However, service flows can also be dynamically established by either the BS or the SS. The SS typically initiates service flows only if there is a dynamically signaled connection, such as a switched virtual connection (SVC) from an ATM network. The establishment of service flows is performed via a three-way handshaking protocol in which the request for service flow establishment is responded to and the response acknowledged.

In addition to dynamic service establishment, IEEE 802.16 also supports dynamic service changes in which service flow parameters are renegotiated. Like dynamic service flow establishment, service flow changes also follow a similar three-way handshaking protocol.

Privacy Sublayer — IEEE 802.16's privacy protocol is based on the Privacy Key Management (PKM) protocol of the DOCSIS BPI+ specification [5] but has been enhanced to fit seamlessly into the IEEE 802.16 MAC protocol and to better accommodate stronger cryptographic methods, such as the recently approved Advanced Encryption Standard.

Security Associations — PKM is built around the concept of security associations (SAs). The SA is a set of cryptographic methods and the associated keying material; that is, it contains the information about which algorithms to apply, which key to use, and so on. Every SS establishes at least one SA during initialization. Each connection, with the exception of the basic and primary management connections, is mapped to an SA either at connection setup time or dynamically during operation.

Cryptographic Methods — Currently, the PKM protocol uses X.509 digital certificates with RSA public key encryption for SS authentication and authorization key exchange. For traffic encryption, the Data Encryption Standard (DES) running in the cipher block chaining (CBC) mode with 56-bit keys is currently mandated. The CBC initialization vector is dependent on the frame counter and differs from frame to frame. To reduce the number of computationally intensive public key operations during normal operation, the transmission encryption keys are exchanged using 3DES with a key exchange key derived from the authorization key.

The PKM protocol messages themselves are authenticated using the Hashed Message Authentication Code (HMAC) protocol [6] with SHA-1 [7]. In addition, message authentication in vital MAC functions, such as the connection setup, is provided by the PKM protocol.

SUMMARY AND CONCLUSION

The WirelessMAN™ air interface specified in IEEE Standard 802.16 provides a platform for the development and deployment of standards-based metropolitan area networks providing broadband wireless access in many regulatory environments. The standard is intended to allow for multiple vendors to produce interoperable equipment. However, it also allows for extensive vendor differentiation. For instance, the standard provides the base station with a set of tools to implement efficient scheduling. However, the scheduling algorithms that determine the overall efficiency will differ from vendor to vendor and may be optimized for specific traffic patterns. Likewise, the adaptive burst profile feature allows great control to optimize the efficiency of the PHY transport. Innovative vendors will introduce clever schemes to maximize this opportunity while maintaining interoperability with compliant subscriber stations.

The publication of IEEE Standard 802.16 is a defining moment in which broadband wireless access moves to its second generation and begins its establishment as a mainstream alternative for broadband access. Through the dedicated service of many volunteers, the IEEE 802.16 Working Group succeeded in quickly designing and forging a standard based on forward-looking technology. IEEE Standard 802.16 is the foundation of the wireless metropolitan area networks of the next few decades.

ACKNOWLEDGMENTS

As lead PHY editors of IEEE Standard 802.16-2001, Jay Klein and Lars Lindh played key roles in the completion of the 10–66 GHz physical layer discussed here. Mr. Klein also chaired the PHY Task Group that led its development. Mr. Lindh and Ken Peirce each provided a helpful technical review of this manuscript.

REFERENCES

- [1] IEEE 802.16-2001, "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks — Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems," Apr. 8, 2002.
- [2] IEEE P802.16a/D3-2001: "Draft Amendment to IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks — Part 16: Air Interface for Fixed Wireless Access Systems — Medium Access Control Modifications and Additional Physical Layers Specifications for 2–11 GHz," Mar. 25, 2002.
- [3] IEEE 802.16.2-2001, "IEEE Recommended Practice for Local and Metropolitan Area Networks — Coexistence of Fixed Broadband Wireless Access Systems," Sept. 10, 2001.
- [4] SCTE DSS 00-05, Data-Over-Cable Service Interface Specification (DOCSIS) SP-RF1v1.1-105-000714, "Radio Frequency Interface 1.1 Specification," July 2000.
- [5] SCTE DSS 00-09, DOCSIS SP-BPI-106-001215, "Baseline Privacy Plus Interface Specification," Dec. 2000.
- [6] H. Krawczyk, M. Bellare, and R. Canetti, "HMAC: Keyed-Hashing for Message Authentication," IETF RFC 2104, Feb. 1997.
- [7] Federal Information Processing Standards Publication 180-1, "Secure Hash Standard," Apr. 1995.

BIOGRAPHIES

CARL EKLUND (carl.eklund@nokia.com) is a senior research engineer with Nokia Research Center, Helsinki, Finland. He chaired the MAC Task Group that developed the IEEE 802.16 medium access control protocol and served as a lead MAC editor of IEEE Standard 802.16-2001. He received his M.Sc. in engineering physics from Helsinki University of Technology in 1996. He is currently a guest researcher at the National Institute of Standards and Technology (NIST), Boulder, Colorado.

ROGER B. MARKS [F] (marks@nist.gov) is with NIST, Boulder, Colorado. In 1998 he initiated the effort that led to the IEEE 802.16 Working Group on Broadband Wireless Access, chairing it since inception. He served as technical editor of IEEE Standards 802.16-2001 and 802.16.2-2001. He received his A.B. in physics in 1980 from Princeton University and his Ph.D. in applied physics in 1988 from Yale University. Author of over 80 publications, his awards include the 1995 IEEE Morris E. Leeds Award (an IEEE Technical Field Award) and the Broadband Wireless Hall of Fame. He developed the IEEE Radio and Wireless Conference and chaired it from 1996 through 1999.

KENNETH L. STANWOOD (ken@ensemble.com) is currently principal member of technical staff and manager of systems engineering at Ensemble Communications, San Diego, California, where he was the primary designer of the MAC and transmission convergence layers of Ensemble's proprietary Adaptix™ broadband wireless access system. He graduated with a B.S. degree in mathematical sciences from Oregon State University in 1983 and an M.S. in computer science from Stanford University in 1986. He has been heavily involved in the IEEE 802.16 10–66 GHz project (serving as a lead MAC editor) as well as its European counterpart, ETSI BRAN HIPERACCESS. He is technical working group chair for the Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) Forum, which is dedicated to producing test specifications and system option profiles to ensure interoperability of systems built to IEEE Standard 802.16. He chairs 802.16's Task Group c, which is creating profiles for 10–66 GHz 802.16 systems.

STANLEY WANG (stanley@redotwireless.com) is currently a director of RedDot Wireless Inc., San Jose, California, where he is leading the development and implementation of MAC protocols. Before joining RedDot Wireless, he was with Ensemble Communications Inc., where he worked on IEEE 802.16 standards, serving as a lead MAC editor of IEEE Standard 802.16-2001. He received his Ph.D. in computer engineering in 1994 from the University of Southern California. He was with the faculty of the Computer Science Department at California State University-San Marcos from 1994 through 2000, where he received the Harry E. Brakebill Outstanding Professor Awards in 1996 and his tenure in 1999.

*Through the
dedicated service
of many
volunteers, the
IEEE 802.16
Working Group
succeeded in
quickly designing
and forging a
standard based
on forward-look-
ing technology.
IEEE Standard
802.16 is the
foundation of
the wireless
metropolitan
area networks of
the next few
decades.*

ANEXO C

ENLACES DE RADIO

Gráficas del Perfil Topográfico y Zona de Fresnel

Ciudad de Quito

Enlace Monjas-Valle:

Distancia= 10.29 km

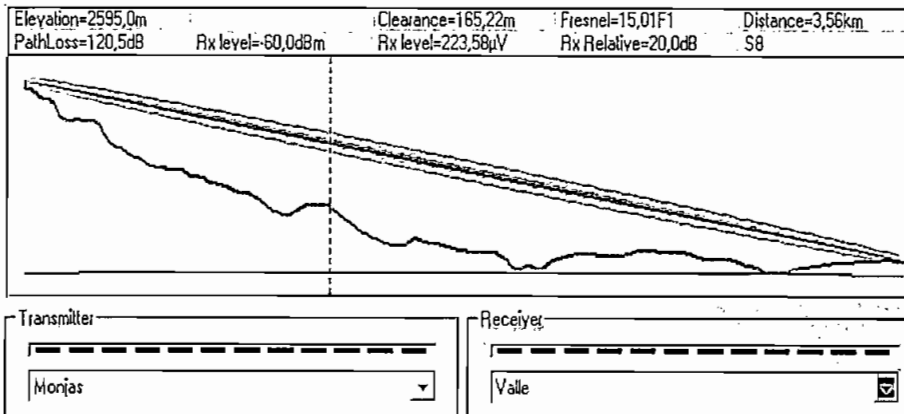
Repetidora: Monjas

Latitud : 00°12'15"
Longitud : 78°27'59"
Altura : 2901 m.s.n.m
Altura Antena: 20 m

Terminal: Valle

Latitud : 00°17'47"
Longitud : 78°27'25"
Altura : 2453 m.s.n.m
Altura Antena: 6 m

Primera zona de Fresnel:



Enlace Monjas – Cumbayá:

Distancia= 3.49 km

Repetidora: Monjas

Terminal: Cumbayá

Latitud : 00°12'15"

Latitud : 00°11'31"

Longitud : 78°27'59"

Longitud : 78°26'14"

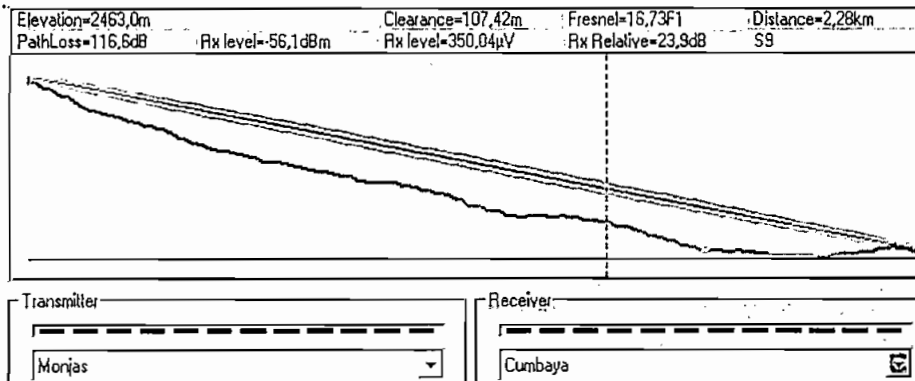
Altura : 2901 m.s.n.m

Altura : 2365 m.s.n.m

Altura Antena: 20 m

Altura Antena: 10 m

Primera zona de Fresnel:



Enlace Monjas – Via Ventura:

Distancia= 6.2 km

Repetidora: Monjas

Terminal: Via Ventura

Latitud : 00°12'15"

Latitud : 00°12'23"

Longitud : 78°27'59"

Longitud : 78°24'38"

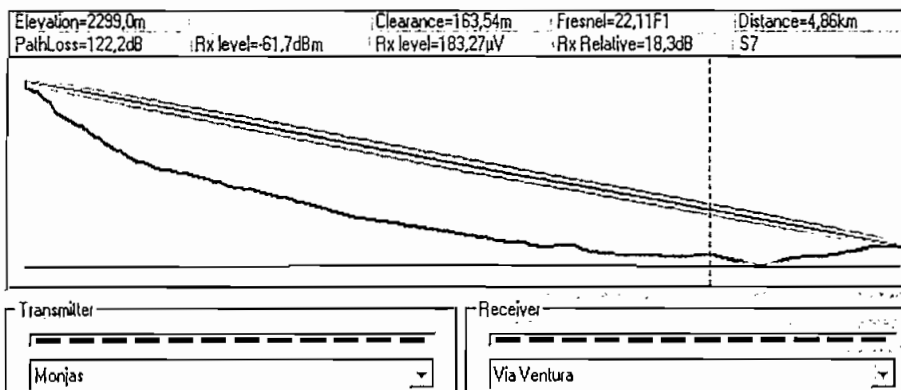
Altura : 2901 m.s.n.m

Altura : 2326 m.s.n.m

Altura Antena: 20 m

Altura Antena: 15 m

Primera zona de Fresnel:



Enlace Puengasí – San Agustín:

Distancia= 3.08 km

Repetidora: Puengasí

Terminal: San Agustín

Latitud : 00°14'54"

Latitud : 00°13'18"

Longitud : 78°30'02"

Longitud : 78°30'30"

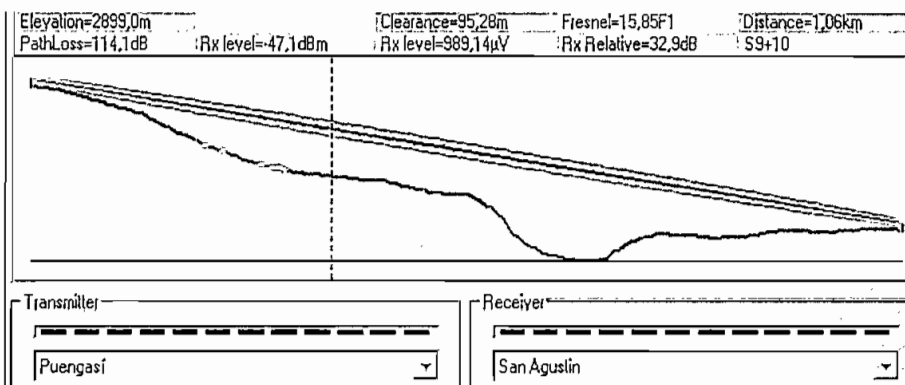
Altura : 3079 m.s.n.m

Altura : 2794 m.s.n.m

Altura Antena: 15 m

Altura Antena: 15 m

Primera zona de Fresnel:



Enlace Puengasí – Centro

Distancia= 3.65 km

Repetidora: Puengasí

Terminal: Centro

Latitud : 00°14'54"

Latitud : 00°12'59"

Longitud : 78°30'02"

Longitud : 78°30'32"

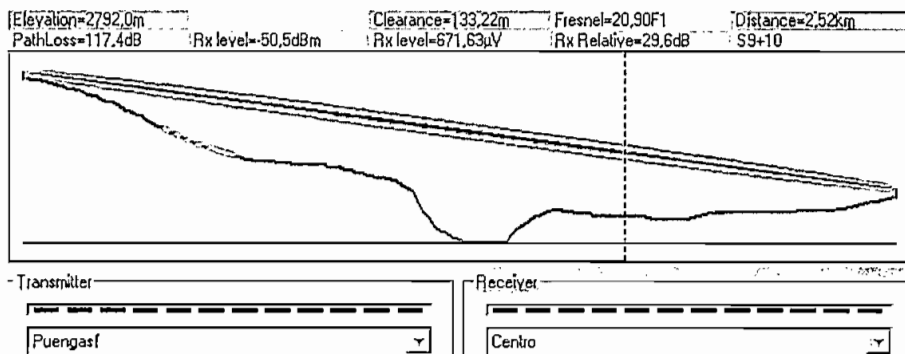
Altura : 3079 m.s.n.m

Altura : 2837 m.s.n.m

Altura Antena: 20 m

Altura Antena: 20 m

Primera zona de Fresnel:



Enlace Puengasí – El Recreo

Distancia: 2.16 Km

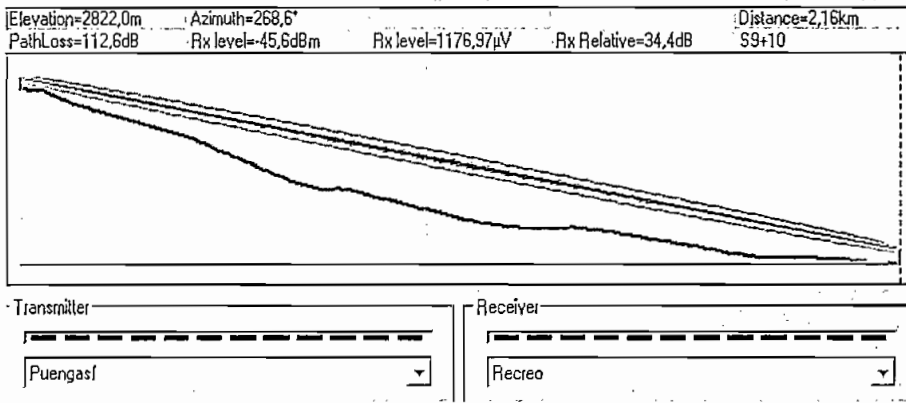
Repetidora: Puengasí:

Latitud : 00°14'54"
Longitud : 78°30'02"
Altura : 3079 m.s.n.m
Altura Antena: 15 m

Terminal: El Recreo

Latitud : 00°14'55"
Longitud : 78°31'11"
Altura : 2822 m.s.n.m
Altura Antena: 20 m

Primera zona de Fresnel:



Enlace Cruz Loma – Matriz Quito

Distancia: 8.3 Km

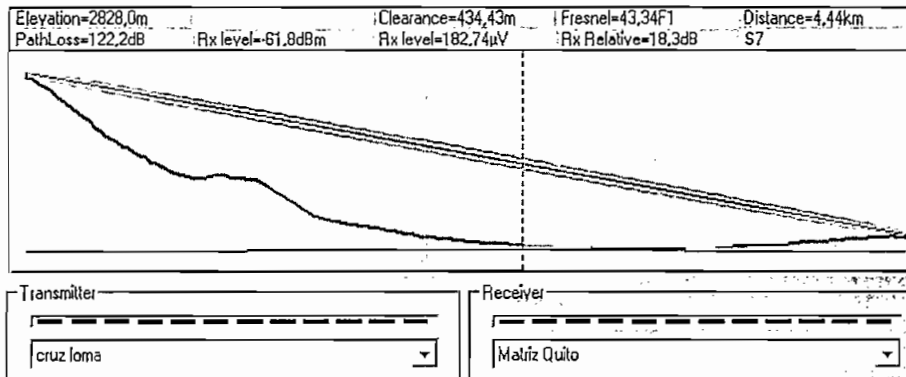
Repetidora: Cruz loma

Latitud : 00°10'3"
Longitud : 78°31'30"
Altura : 3861 m.s.n.m
Altura Antena: 20 m

Terminal: Matriz Quito

Latitud : 00°06'37"
Longitud : 78°28'37"
Altura : 2875 m.s.n.m
Altura Antena: 15 m

Primera zona de Fresnel:



Enlace Cruz Loma – El Bosque

Distancia: 3.48 Km

Repetidora: Cruz loma

Terminal: EL Bosque

Latitud : 00°10'3"

Latitud : 00°09'31"

Longitud : 78°31'30"

Longitud : 78°29'41"

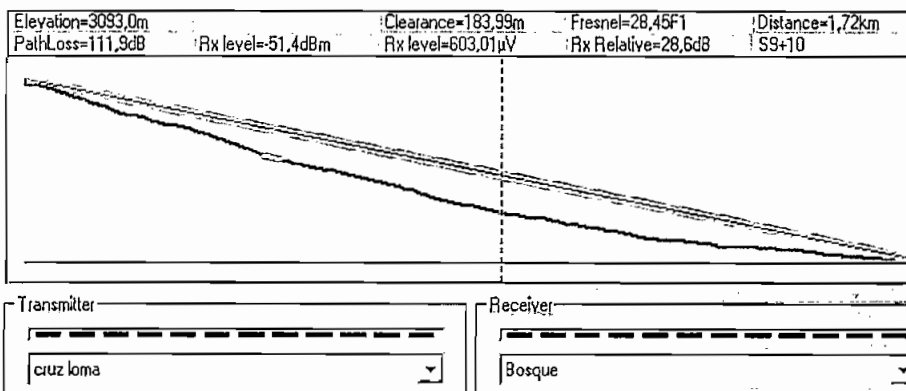
Altura : 3861 m.s.n.m

Altura : 3849 m.s.n.m

Altura Antena: 20 m

Altura Antena: 15 m

Primera zona de Fresnel:



Enlace Cruz Loma – CCI

Distancia: 5.07 Km

Repetidora: Cruz loma

Terminal: CCI

Latitud : 00°10'3"

Latitud : 00°10'28"

Longitud : 78°31'30"

Longitud : 78°28'47"

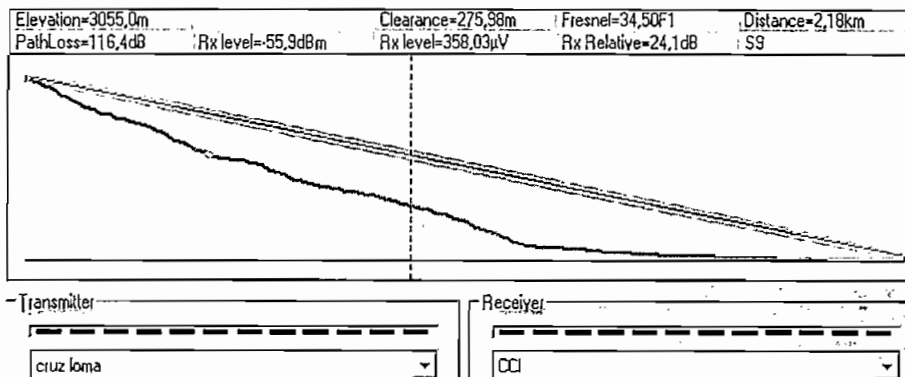
Altura : 3861 m.s.n.m

Altura : 2779 m.s.n.m

Altura Antena: 20 m

Altura Antena: 15 m

Primera zona de Fresnel:



Enlace Cruz Loma – Jardín

Distancia: 4.83 Km

Repetidora: Cruz loma

Terminal: Jardín

Latitud : 00°10'3"

Latitud : 00°11'10"

Longitud : 78°31'30"

Longitud : 78°29'08"

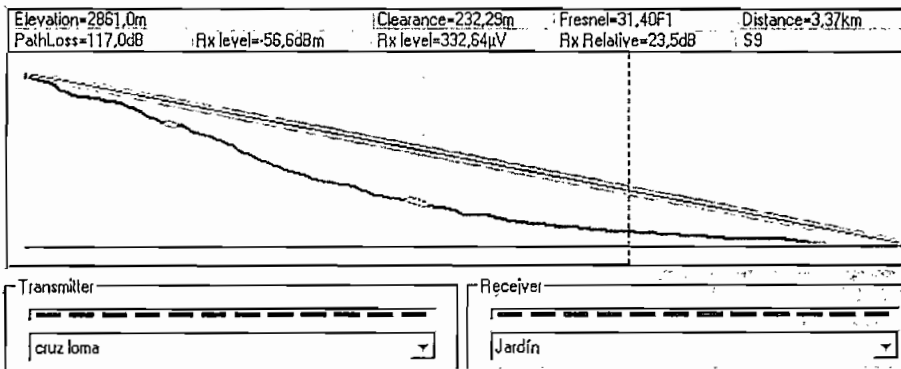
Altura : 3861 m.s.n.m

Altura : 2782 m.s.n.m

Altura Antena: 20 m

Altura Antena: 20 m

Primera zona de Fresnel:



Enlace Cruz Loma – Quicentro

Distancia: 5.38 Km

Repetidora: Cruz loma

Terminal: Quicentro

Latitud : 00°10'3"

Latitud : 00°10'23"

Longitud : 78°31'30"

Longitud : 78°28'37"

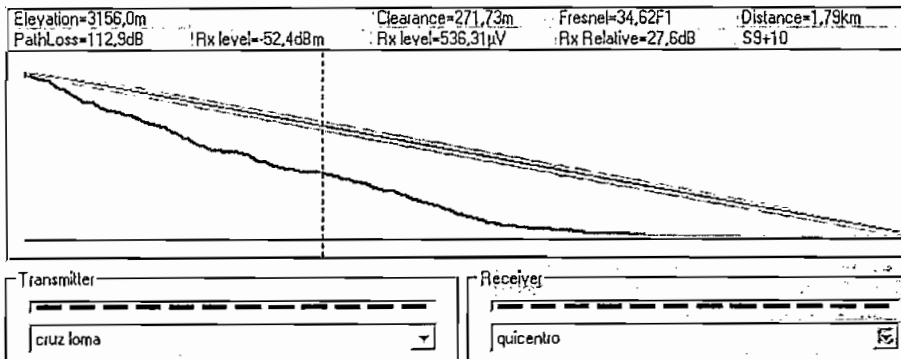
Altura : 3861 m.s.n.m

Altura : 2787 m.s.n.m

Altura Antena: 20 m

Altura Antena: 15 m

Primera zona de Fresnel:



Enlace Cruz Loma – 6 de diciembre

Distancia: 5.51 Km

Repetidora: Cruz loma

Terminal: 6 de diciembre

Latitud : 00°10'3"

Latitud : 00°10'35"

Longitud : 78°31'30"

Longitud : 78°28'34"

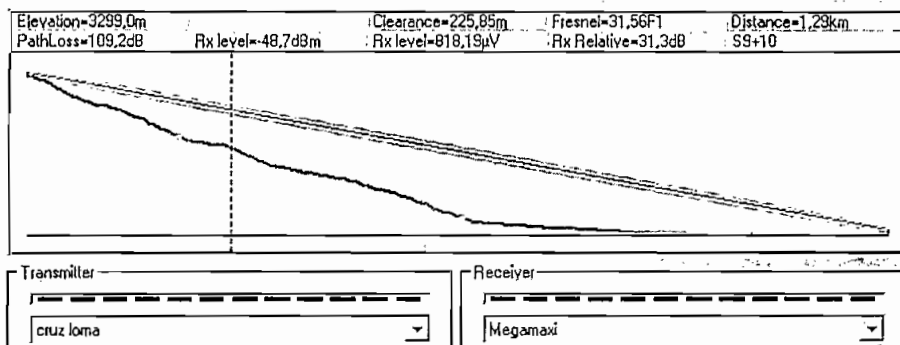
Altura : 3861 m.s.n.m

Altura : 2790 m.s.n.m

Altura Antena: 20 m

Altura Antena: 15 m

Primera zona de Fresnel:



Enlaces entre repetidoras:

Enlace Cruz Loma – Monjas

Distancia: 7.67 Km

Repetidora: Cruz loma

Terminal: Monjas

Latitud : 00°10'3"

Latitud : 00°12'15"

Longitud : 78°31'30"

Longitud : 78°27'59"

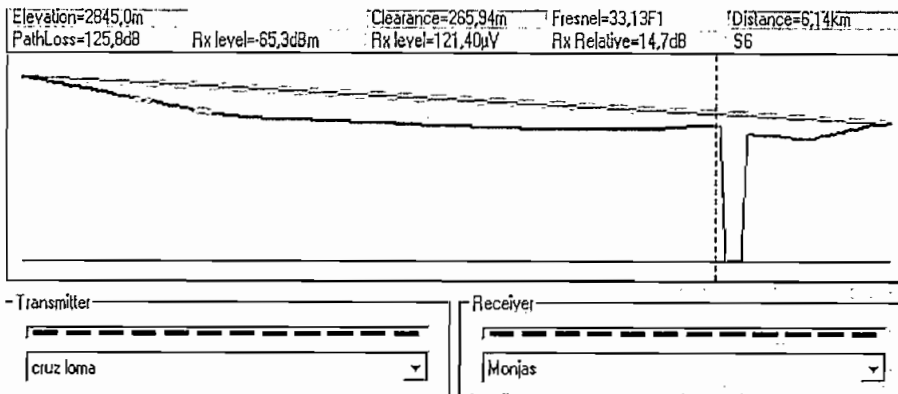
Altura : 3861 m.s.n.m

Altura : 2901 m.s.n.m

Altura Antena: 20 m

Altura Antena: 20 m

Primera zona de Fresnel:



Enlace Monjas – Puengasí

Distancia: 6.19 Km

Repetidora: Monjas

Terminal: Puengasí

Latitud : 00°12'15"

Latitud : 00°14'54"

Longitud : 78°27'59"

Longitud : 78°30'02"

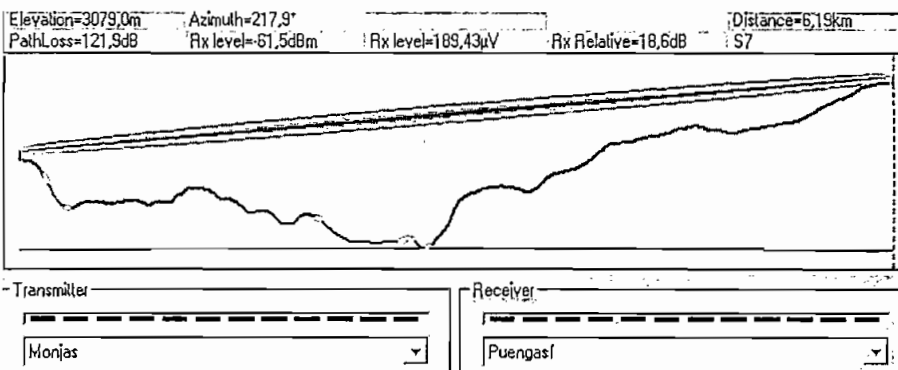
Altura : 2901 m.s.n.m

Altura : 3079 m.s.n.m

Altura Antena: 20 m

Altura Antena: 15 m

Primera zona de Fresnel:



Ciudad de Guayaquil

Enlace Mapasingue – Matriz Guayaquil

Distancia: 3.46 Km

Repetidora: Mapasingue

Terminal: Matriz Guayaquil

Latitud : 02°08'56"

Latitud : 02°09'42"

Longitud : 79°55'33"

Longitud : 79°53'17"

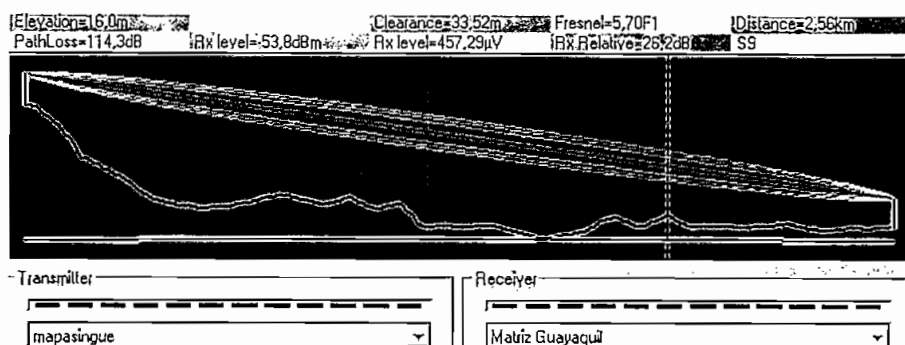
Altura : 105 m.s.n.m

Altura : 8 m.s.n.m

Altura Antena: 20 m

Altura Antena: 20 m

Primera zona de Fresnel:



Enlace Mapasingue – Policentro

Distancia: 2.86 Km

Repetidora: Mapasingue

Terminal: Policentro

Latitud : 02°08'56"

Latitud : 02°10'04"

Longitud : 79°55'33"

Longitud : 79°53'52"

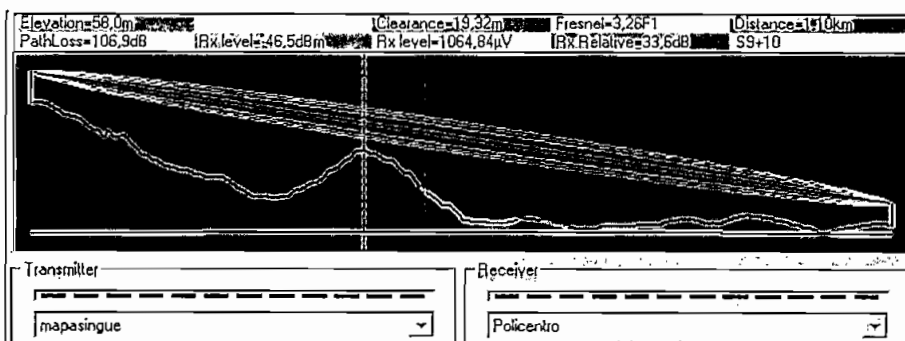
Altura : 105 m.s.n.m

Altura : 9 m.s.n.m

Altura Antena: 20 m

Altura Antena: 15 m

Primera zona de Fresnel:



Enlace Mapasingue – San Marino

Distancia: 2.77 Km

Repetidora: Mapasingue

Terminal: San Marino

Latitud : 02°08'56"

Latitud : 02°09'59"

Longitud : 79°55'33"

Longitud : 79°53'50"

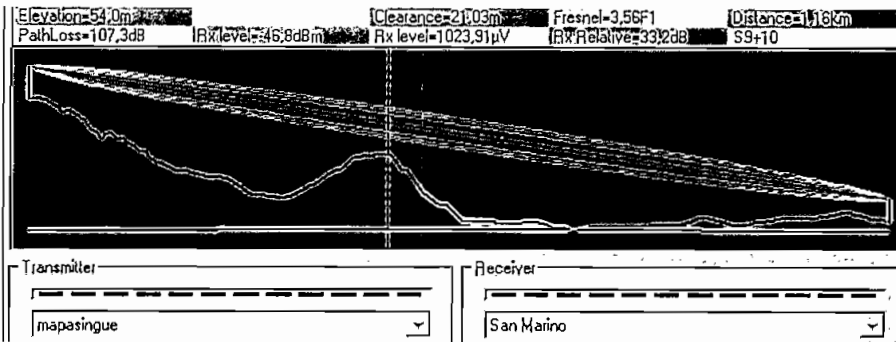
Altura : 105 m.s.n.m

Altura : 10 m.s.n.m

Altura Antena: 20 m

Altura Antena: 15 m

Primera zona de Fresnel:



Enlace Mapasingue – RioCentro

Distancia: 6.36 Km

Repetidora: Mapasingue

Terminal: RioCentro

Latitud : 02°08'56"

Latitud : 02°08'19"

Longitud : 79°55'33"

Longitud : 79°51'44"

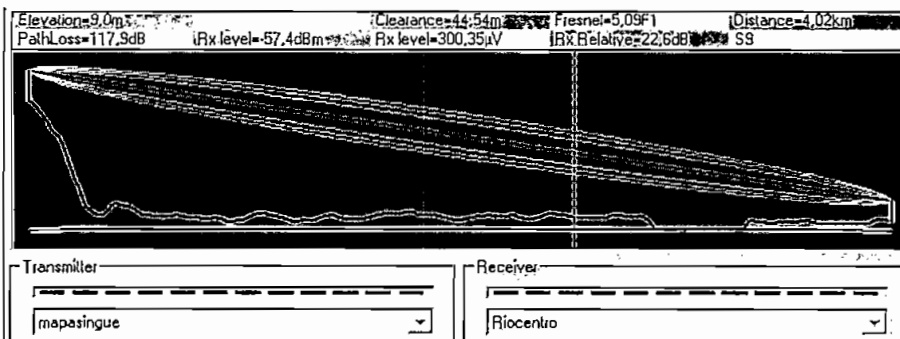
Altura : 105 m.s.n.m

Altura : 6 m.s.n.m

Altura Antena: 20 m

Altura Antena: 15 m

Primera zona de Fresnel:



Enlace Mapasingue – 9 de Octubre

Distancia: 5.47 Km

Repetidora: Mapasingue

Terminal: 9 de octubre

Latitud : 02°08'56"

Latitud : 02°11'15"

Longitud : 79°55'33"

Longitud : 79°52'60"

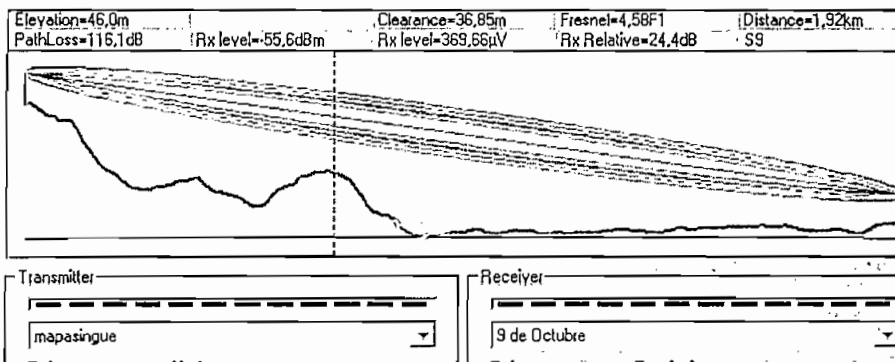
Altura : 105 m.s.n.m

Altura : 12 m.s.n.m

Altura Antena: 20 m

Altura Antena: 20 m

Primera zona de Fresnel:



Enlace Mapasingue – Colón

Distancia: 6.24 Km

Repetidora: Mapasingue

Terminal: Colón

Latitud : 02°08'56"

Latitud : 02°11'38"

Longitud : 79°55'33"

Longitud : 79°52'48"

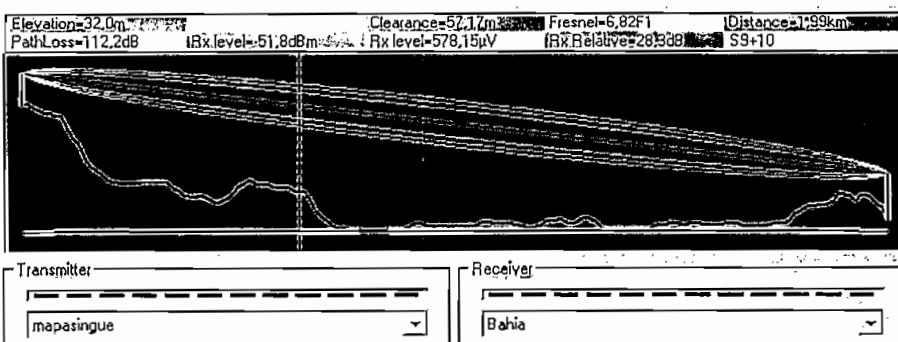
Altura : 105 m.s.n.m

Altura : 14 m.s.n.m

Altura Antena: 20 m

Altura Antena: 30 m

Primera zona de Fresnel:



Enlace Mapasingue – Mall del Sol

Distancia: 3.04 Km

Repetidora: Mapasingue

Terminal: Mall del Sol

Latitud : 02°08'56"

Latitud : 02°09'09"

Longitud : 79°55'33"

Longitud : 79°53'26"

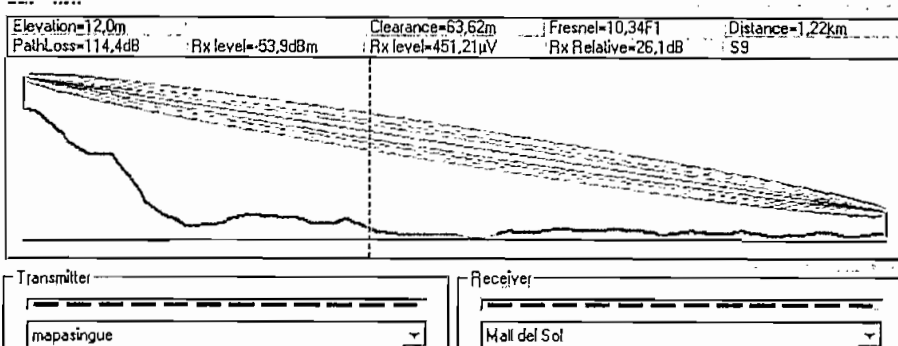
Altura : 105 m.s.n.m

Altura : 8 m.s.n.m

Altura Antena: 20 m

Altura Antena: 15 m

Primera zona de Fresnel:



Enlace Mapasingue – Ceibos

Distancia: 3.48 Km

Repetidora: Mapasingue

Terminal: Ceibos

Latitud : 02°08'56"

Latitud : 02°10'20"

Longitud : 79°55'33"

Longitud : 79°56'27"

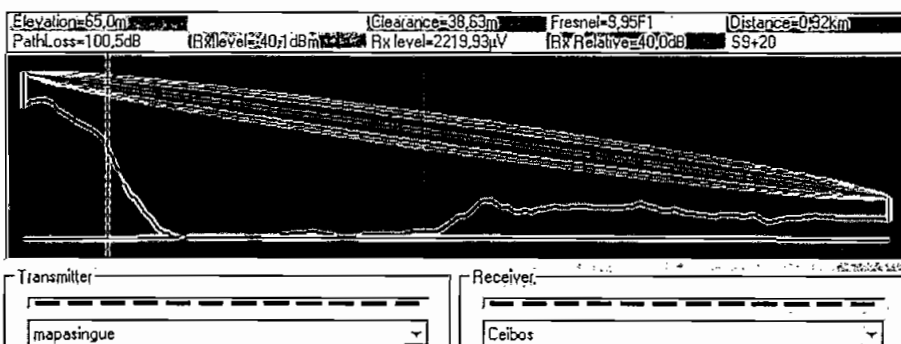
Altura : 105 m.s.n.m

Altura : 19 m.s.n.m

Altura Antena: 20 m

Altura Antena: 15 m

Primera zona de Fresnel:



Enlace Manta-Portoviejo

Enlace Jaboncillo – Manta

Distancia: 18.8 Km

Repetidora: Jaboncillo

Terminal: Manta

Latitud : 01°02'41"

Latitud : 00°57'13"

Longitud : 80°32'39"

Longitud : 80°41'12"

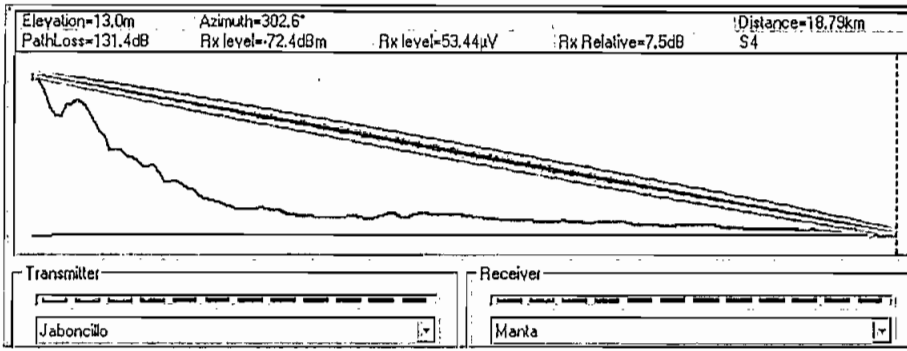
Altura : 638 m.s.n.m

Altura : 13 m.s.n.m

Altura Antena: 20 m

Altura Antena: 15 m

Primera zona de Fresnel:



Enlace Jaboncillo - Portoviejo

Distancia: 9.66 Km

Repetidora: Jaboncillo

Terminal: Portoviejo

Latitud : 01°02'41"

Latitud : 01°03'18"

Longitud : 80°32'39"

Longitud : 80°27'28"

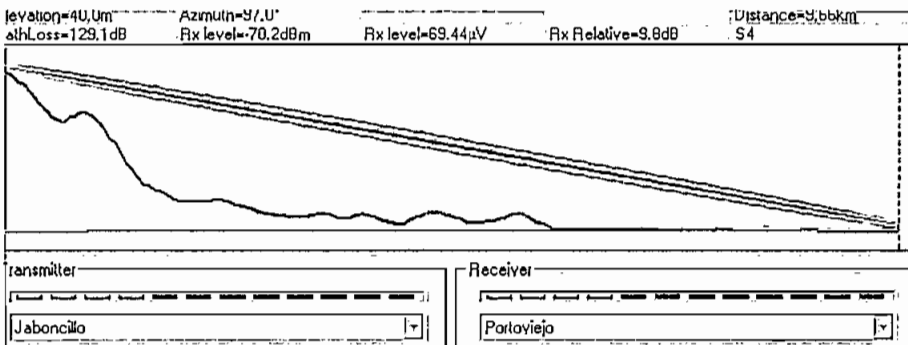
Altura : 638 m.s.n.m

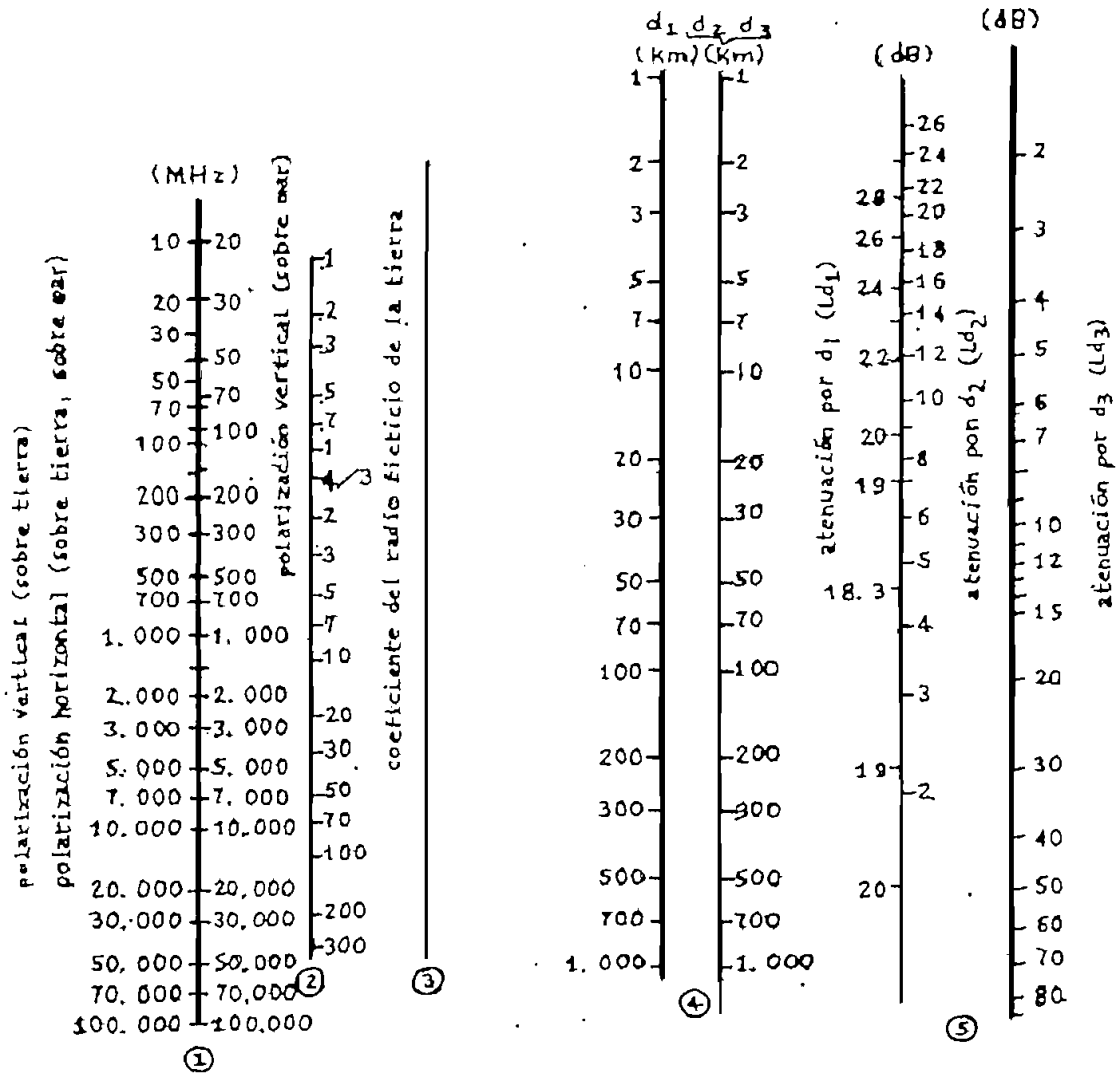
Altura : 40 m.s.n.m

Altura Antena: 20 m

Altura Antena: 15 m

Primera zona de Fresnel:

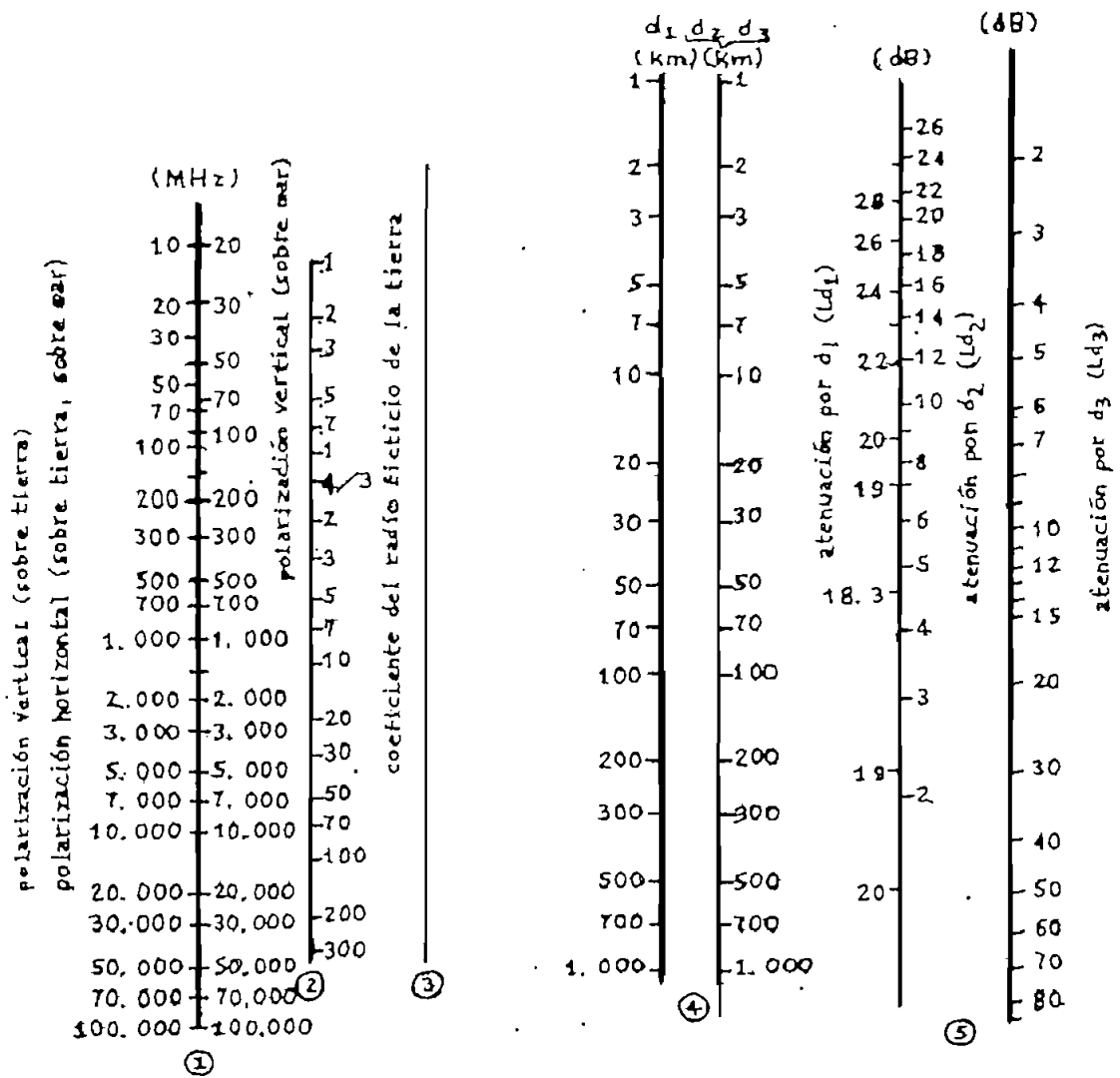




orden de utilización : (1) (2) → (3) (3) (4) → (5)

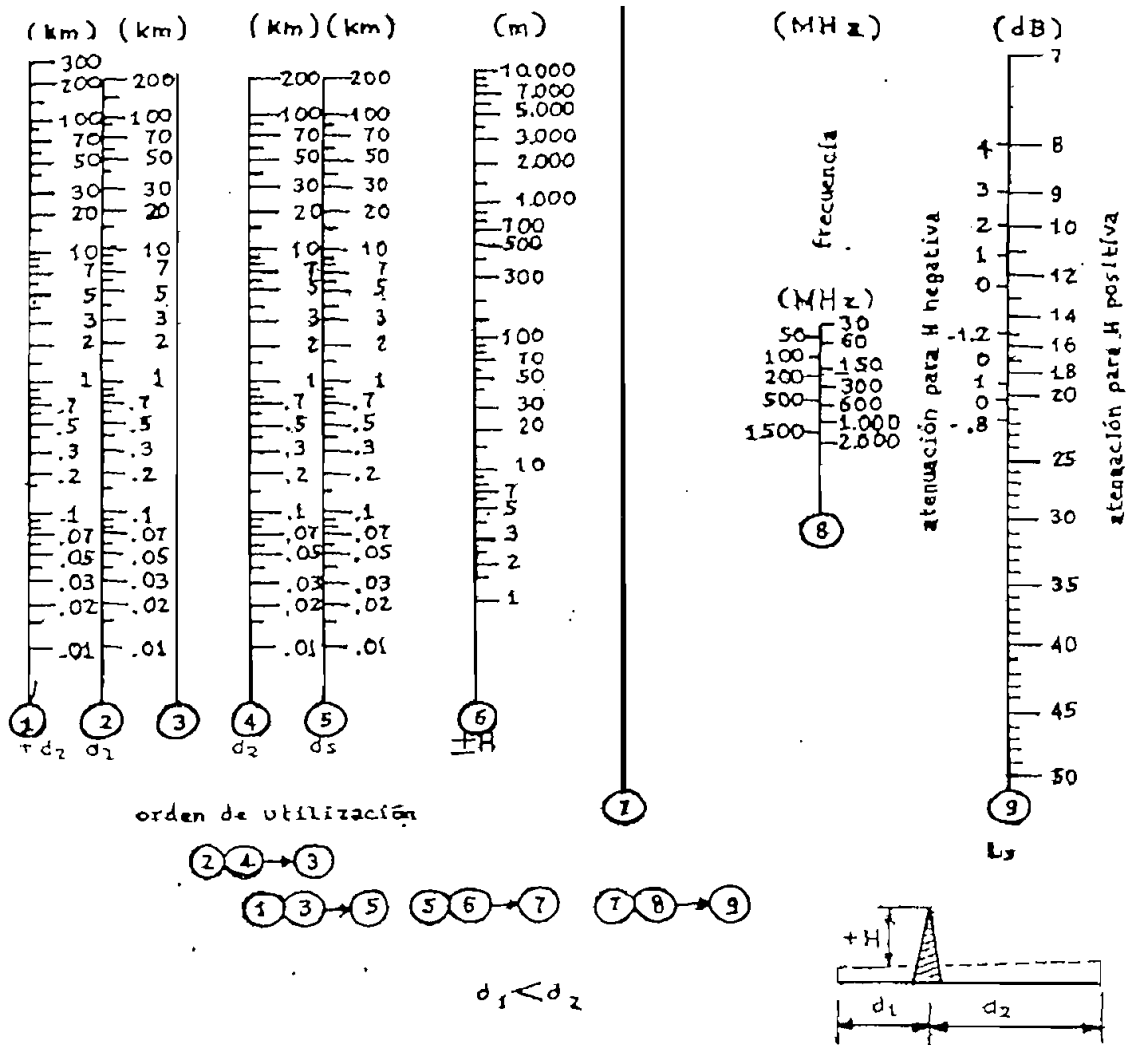
Nomograma 1

Atenuación por difracción sobre suelo esférico

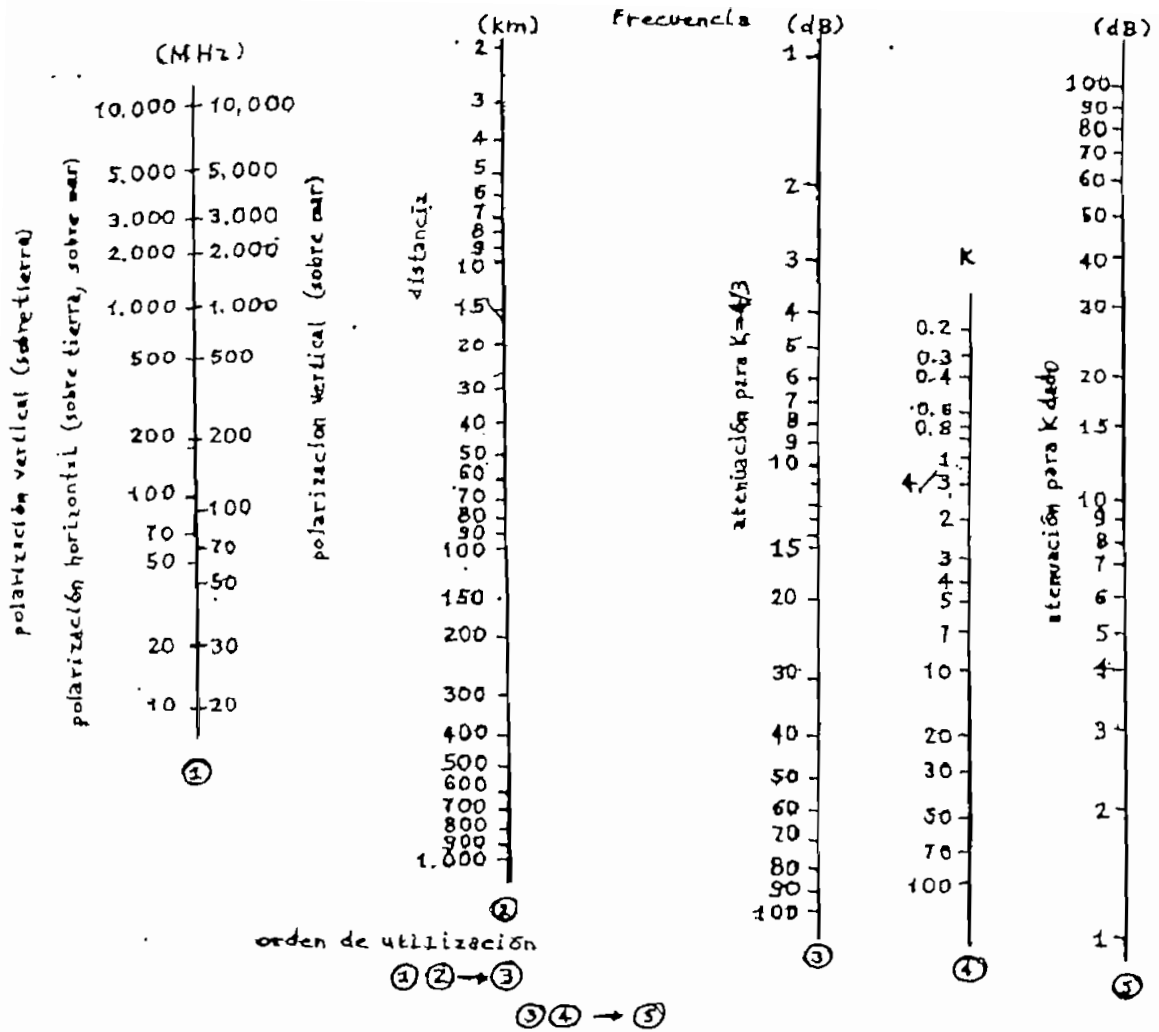


orden de utilización : ① ② → ③ ③ ④ → ⑤

Nomograma 2
Atenuación por meseta

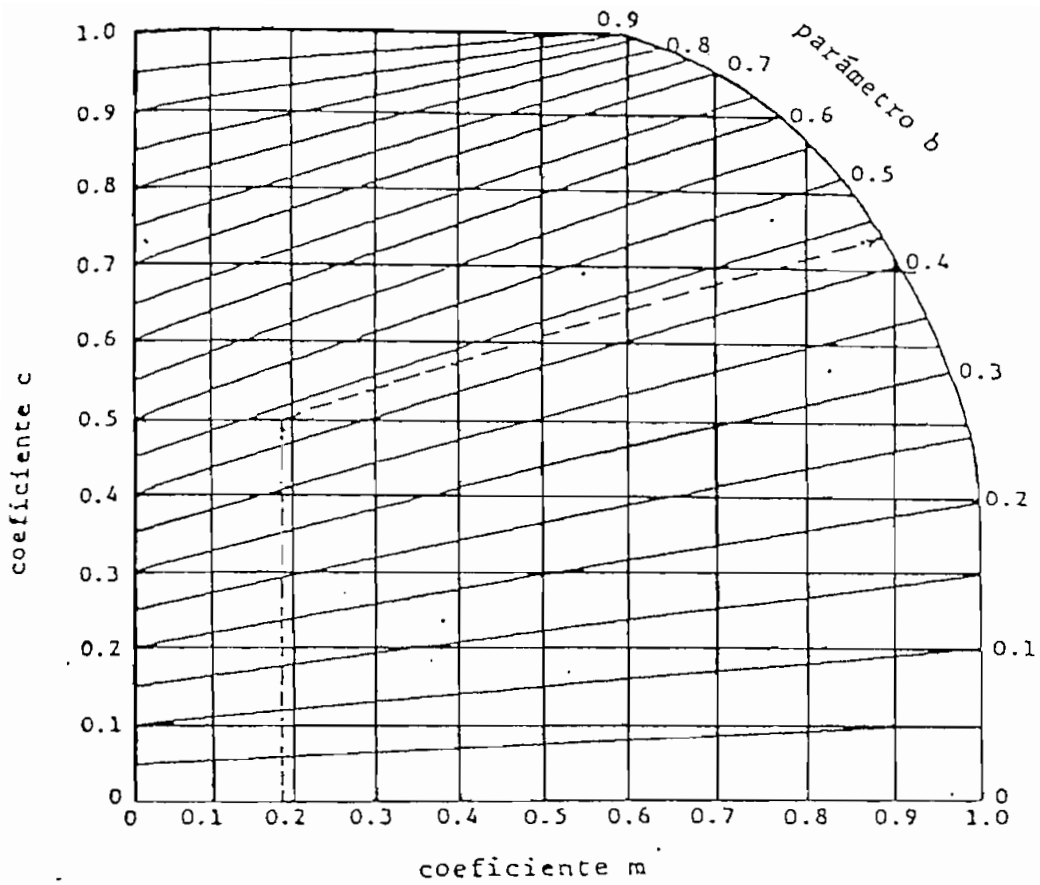


Nomograma3
Atenuación por cumbre



Nomograma 4

Atenuación debida a la esfericidad de la Tierra



Nomograma 5
Cálculo del parámetro b

ANEXO D
REGULACIÓN

NORMA PARA LA IMPLEMENTACION Y OPERACION DE SISTEMAS DE ESPECTRO ENSANCHADO

RESOLUCION 538-20-CONATEL-2000

CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

CONATEL

CONSIDERANDO:

Que mediante Ley N° 94 del 4 de agosto de 1995, promulgada en el Registro Oficial N° 770 del 30 de agosto del mismo año, fue dictada la Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones, mediante la cual crea el Consejo Nacional de Telecomunicaciones CONATEL;

Que el espectro radioeléctrico es un recurso natural limitado y que al no ser utilizado en forma eficiente se desperdicia, en perjuicio del Estado;

Que los sistemas que hacen uso del espectro radioeléctrico en forma eficiente permiten la mejor administración del mismo;

Que los sistemas que utilizan la tecnología de espectro ensanchado (Spread Spectrum), utilizan una baja densidad de potencia, que minimiza la posibilidad de interferencia;

Que los sistemas que utilizan esta tecnología pueden coexistir con sistemas de banda angosta, lo que hace posible aumentar la eficiencia de utilización del espectro radioeléctrico;

Que estos sistemas poseen una notable inmunidad a las interferencias que provienen de emisiones similares o de sistemas convencionales haciendo posible la compartición en la misma banda de frecuencia;

Que se hace necesaria la regulación para la operación de sistemas que utilizan esta tecnología; y,

En uso de las atribuciones legales que le confiere el Artículo 10 Título I, Artículo inumerado tercero de la Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones, y en concordancia con el Artículo 41 del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, promulgado según Registro Oficial N° 832 del 29 de noviembre de 1995,

RESUELVE:

Expedir la siguiente:

NORMA PARA LA IMPLEMENTACION Y OPERACION DE SISTEMAS DE ESPECTRO ENSANCHADO

CAPITULO I

DISPOSICIONES GENERALES

- Artículo 1: Objetivo
- Artículo 2: Régimen Legal
- Artículo 3: Definición de Sistema de Espectro Ensanchado
- Artículo 4: Términos y Definiciones
- Artículo 5: Solicitud de Aprobación

Artículo 6: Registro

Artículo 7: Delegación del Secretario

CAPITULO II

NORMA TECNICA

Artículo 8: Características de los Sistemas de Espectro Ensanchado

Artículo 9: Clases de Sistemas de Espectro Ensanchado

Artículo 10: Operación y Configuración de Sistemas de Espectro Ensanchado en las Bandas ICM

Artículo 11: Bandas de Frecuencias.

Artículo 12: Sistemas de Reducido Alcance

Artículo 13: Características de Operación

Artículo 14: Homologación

CAPITULO III

DISPOSICIONES FINALES

Artículo 15: Derechos para la Operación de Sistemas de Espectro Ensanchado

Artículo 16: Ejecución

Artículo 17: Control

DISPOSICIÓN TRANSITORIA

ANEXO 1

GLOSARIO DE TERMINOS Y DEFINICIONES

ANEXO 2

FORMULARIO PARA SOLICITAR LA APROBACION DE SISTEMAS DE ESPECTRO ENSANCHADO

NORMA PARA LA IMPLEMENTACION Y OPERACION DE SISTEMAS DE ESPECTRO ENSANCHADO

CAPITULO I

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1: Objetivo. La presente Norma tiene por objeto, regular la instalación y operación de sistemas de radiocomunicaciones que utilizan la técnica de espectro ensanchado (Spread Spectrum) en las bandas que determine el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, CONATEL.

Artículo 2: Régimen Legal. La implementación y operación de sistemas de espectro ensanchado, se regirá por la Ley Especial de Telecomunicaciones, Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones, Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, Reglamento General de Radiocomunicaciones y la presente Norma.

Artículo 3: Definición de Sistema de Espectro Ensanchado. Sistema que utiliza la técnica de codificación, en la cual la señal transmitida es expandida y enviada sobre un rango de frecuencias mayor que el mínimo requerido por la señal de información.

Artículo 4: Términos y Definiciones. Para esta Norma, se utilizarán los términos que tienen las siguientes definiciones.

CONATEL: Consejo Nacional de Telecomunicaciones

Ley Especial: Ley Especial de Telecomunicaciones

Ley Reformatoria: Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones

SNT: Secretaría Nacional de Telecomunicaciones

Secretario: Secretario Nacional de Telecomunicaciones

SUPTEL: Superintendencia de Telecomunicaciones

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones

Los términos y definiciones para la aplicación de la presente Norma, son los que constan en el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, Reglamento General de Radiocomunicaciones y en el Glosario de Términos de esta Norma. Lo que no esté definido en dichos reglamentos se sujetará al Glosario de Términos y Definiciones de la UIT.

Artículo 5: Solicitud de Aprobación. Los interesados en instalar y operar sistemas de espectro ensanchado, en cualquier parte del territorio nacional, deberán presentar la solicitud para la aprobación correspondiente, dirigida a la SNT, describiendo la configuración del sistema a operar, el número del certificado de homologación del equipo a utilizar, las características del sistema radiante, las coordenadas geográficas donde se instalarán las estaciones fijas o de base del sistema móvil, localidades a cubrir, y los demás datos consignados en el formulario que para el efecto pondrá a disposición la SNT.

La aprobación de la operación será por un período de 5 años y podrá ser renovado previa solicitud del interesado, dentro de los treinta (30) días anteriores a su vencimiento.

Artículo 6: Registro. El Registro se lo realizará en la SNT previo el pago de los valores establecidos en el artículo 15 de esta Norma.

Artículo 7: Delegación del Secretario. El CONATEL autoriza al Secretario, aprobar la operación de Sistemas de Espectro Ensanchado Privados.

CAPITULO II

NORMA TECNICA

Artículo 8: Características de los Sistemas de Espectro Ensanchado. Los sistemas de espectro ensanchado son aquellos que se caracterizan por:

Distribución de la energía media de la señal transmitida, dentro de un ancho de banda mucho mayor que el ancho de banda de la información;

La energía de la señal emplea un código pseudoaleatorio independiente al de los datos;

Mayor ancho de banda de transmisión, con una densidad espectral de potencia más baja y un mayor rechazo de las señales interferentes de sistemas que operan en la misma banda de frecuencias;

Posibilidad de compartir el espectro de frecuencias con sistemas de banda angosta convencionales, debido a que es posible transmitir una potencia baja en la banda de paso de los receptores de banda angosta;

Permiten rechazar altos niveles de interferencias;

La señal transmitida resultante, con secuencia directa, es una señal de baja densidad de potencia y de banda ancha que se asemeja al ruido. La señal transmitida resultante con salto de frecuencia permanece un corto período de tiempo en cada frecuencia de salto de la banda y no se repite el uso del canal hasta después de un largo período de tiempo;

Permite alta privacidad de la información transmitida;

La codificación de la señal proporciona una capacidad de direccionamiento selectiva, lo cual permite que usuarios que utilizan códigos diferentes puedan transmitir simultáneamente en la misma banda de frecuencias con una interferencia admisible;

Utilización eficaz del espectro, debido a la mayor confiabilidad en la transmisión, en presencia de desvanecimientos selectivos, que los sistemas de banda angosta; y,

Tiene ganancia de procesamiento.

Artículo 9: Clases de Sistemas de Espectro Ensanchado.

a) Espectro Ensanchado por Secuencia Directa (Direct Sequence). Técnica de modulación que mezcla la información de datos digital con una secuencia pseudoaleatoria digital de alta velocidad que expande el espectro. Esta señal es mezclada en un modulador con una frecuencia portadora entregando una señal modulada BPSK o QPSK, para obtener una emisión con baja densidad espectral, semejante al ruido.

b) Espectro Ensanchado por Salto de Frecuencia (Frequency Hopping). Técnica de ensanchamiento en el cual la frecuencia portadora convencional es desplazada dentro de la banda varias veces por segundo de acuerdo a una lista de canales pseudoaleatoria. El tiempo de permanencia en un canal es generalmente menor a 10 milisegundos.

c) Espectro Ensanchado Híbrido. Combinación de las técnicas de estructuración de la señal de espectro ensanchado por secuencia directa y por

Artículo 10: Operación y Configuración de Sistemas de Espectro Ensanchado en las Bandas ICM.

a) Se aprobará la operación de sistemas de radiocomunicaciones que utilicen la técnica de espectro ensanchado, en las bandas de frecuencias ICM indicadas a continuación:

902 – 928

MHz

2.400 – 2.483,5

MHz

5.725 – 5.850

MHz

b) La operación de los sistemas en modo de espectro ensanchado de secuencia directa, salto de frecuencia o híbridos, se aprobará con las siguientes configuraciones:

Sistemas fijos punto a punto;

Sistemas fijos punto – multipunto;

Sistemas móviles;

Sistemas de explotación: cuando la aplicación que se dé a un Sistema de Espectro Ensanchado corresponda a la prestación de un servicio de Telecomunicaciones, se deberá tramitar paralelamente el Título Habilitante requerido de conformidad con la Ley Especial de Telecomunicaciones y su Reglamento General; y,

Las demás configuraciones que el CONATEL defina.

Artículo 11: Bandas de Frecuencias. El CONATEL aprobará la operación en bandas distintas a las indicadas en el Artículo 10 cuando la producción de equipos sea estándar por parte de los fabricantes, y que a su tiempo se describirán en el formulario de solicitud, al que se hace referencia en el Artículo 5. Asimismo, el CONATEL aprobará también las características técnicas de los equipos en bandas distintas a las indicadas.

Artículo 12: Sistemas de Reducido Alcance. Los sistemas que utilicen espectro ensanchado para aplicaciones de transmisión de datos en redes de área local (LAN), telemetría, lectura remota, PBX y teléfonos inalámbricos cuya potencia de salida del transmisor sea menor o igual a 100 milivatios (mW) no requerirán de aprobación expresa. En todo caso, la antena deberá ser omnidireccional con una ganancia máxima de 1 dBi y encontrarse adherida al equipo.

Dentro de los estándares que cumplen con estas especificaciones se encuentran: 802.11 y 802.11b del IEEE, Bluetooth, entre otros.

Los equipos que se comercialicen libremente en el país deberán contar con el certificado de homologación otorgado por la SNT, de conformidad con el Artículo 14 de la presente Norma.

Artículo 13: Características de Operación.

a) Categoría de Atribución.

La operación de los sistemas de espectro ensanchado y de los sistemas fijos y móviles convencionales es a título secundario respecto a los sistemas ICM.

Los sistemas punto a punto convencionales aprobados tendrán la misma categoría de atribución que los sistemas de espectro ensanchado aprobados.

b) Potencia Máxima de Salida.

Para los sistemas con salto de frecuencia o secuencia directa que operen en las bandas de 2.400 – 2.483,5 MHz ó 5.725 – 5.850 MHz, la potencia máxima de salida del transmisor autorizado será de 1 vatio.

Para los sistemas con salto de frecuencia que operen en la banda de 902 – 928 MHz la potencia máxima de salida del transmisor será la siguiente:

Sistemas que empleen a lo menos 50 saltos de frecuencias: 1 vatio

Sistemas que empleen entre 25 y 50 saltos de frecuencias: 0,25 vatios

Si la ganancia de la antena direccional empleada en los sistemas fijos punto a punto y punto – multipunto que operan en la banda 2.400 – 2.483,5 MHz es superior a 6 dBi, deberá reducirse la potencia máxima de salida del transmisor, de 1 vatio, en 1dB por cada 3 dB de ganancia de la antena que exceda de los 6 dBi. Los sistemas fijos punto a punto y punto – multipunto que operen en la banda 5.725 – 5.850 MHz podrán utilizar antenas con una ganancia superior a 6 dBi, sin reducir la potencia máxima del transmisor.

Los sistemas que no sean punto a punto y punto – multipunto, y que empleen antenas direccionales con ganancias superiores a 6 dBi, deberán reducir la potencia máxima del transmisor, mencionada en los párrafos anteriores, en el mismo número de dB que sobrepase los 6 dBi de ganancia de la antena.

c) Intensidad de Campo Eléctrico.

La intensidad de campo máxima permitida para las emisiones de los equipos de espectro ensanchado, a que hace referencia esta Norma, deberán cumplir con los siguientes valores para las bandas mencionadas:

Frecuencia Asignada en las bandas (MHz)

Intensidad de campo de la frecuencia fundamental (mV/m)

Intensidad de campo de las armónicas (mV/m)

50

500

2.400 – 2.483,5

50

500

5.725 – 5.850

50

500

Cuadro N°1

Los límites de intensidad de campo indicados en el Cuadro N°1 serán medidos a 3 metros de distancia de la antena y corresponden al valor medio.

La emisión de radiaciones fuera de la banda, con la excepción de las armónicas, deberá estar atenuada a lo menos 50 dB bajo el nivel de la frecuencia asignada.

d) Anchos de banda de emisión y condiciones de uso de los canales.

Sistemas de Salto de Frecuencia

Los sistemas que empleen salto de frecuencia tendrán sus canales separados como mínimo a 25 kHz, o el ancho de banda a 20 dB del canal de salto, el que sea mayor. Todos los canales serán usados en condiciones de igualdad en base a una lista de frecuencias administrada por una secuencia pseudoaleatoria.

Para los sistemas de salto de frecuencia que operan en la banda 902 – 928 MHz, si el ancho de banda a 20 dB del canal de salto de frecuencia es menor a 250 kHz, el sistema usará a lo menos 50 saltos de frecuencias y el promedio de tiempo de ocupación en cualquier frecuencia no podrá ser superior a 0,4 segundos dentro de un período de 20 segundos. Si el ancho de banda a 20 dB del canal de salto de frecuencia es mayor o igual a 250 kHz, el sistema deberá utilizar a lo menos 25 saltos de frecuencias y el promedio de tiempo de ocupación en cualquier frecuencia no deberá ser mayor que 0,4 segundos en un período de 10 segundos. El máximo ancho de banda a 20 dB permitido en un canal de salto es de 500 kHz.

Los sistemas que operen con salto de frecuencia en las bandas de 2.400 – 2.483,5 MHz y 5.725 – 5.850 MHz deberán utilizar a lo menos 75 saltos de frecuencias. El ancho de banda máximo a 20 dB del canal de salto será de 1 MHz. El promedio de tiempo de ocupación de cualquier frecuencia no deberá ser mayor a 0,4 segundos en un período de 30 segundos.

Sistemas de Secuencia Directa.

Los sistemas de espectro ensanchado que operen con secuencia directa, tendrán un ancho de banda a 6 dB de al menos 500 kHz.

La densidad espectral pico de potencia de salida a la antena no deberá ser superior a 8 dBm en un ancho de 3 kHz durante cualquier intervalo de tiempo de transmisión continua.

e) Ganancia de Procesamiento.

Los sistemas que empleen secuencia directa deberán tener al menos 10 dB de ganancia de procesamiento y los de salto de frecuencia al menos 75 dB.

Los sistemas híbridos que empleen una combinación de salto de frecuencia y secuencia directa deberán tener una ganancia de procesamiento combinada de al menos 17 dB.

Artículo 14: Homologación. Todos los equipos de espectro ensanchado que se utilicen en el país deberán ser homologados por la SNT.

Los equipos, para los fines de homologación, se clasificarán en:

Equipos de reducido alcance

Equipos de gran alcance

a) Equipos de Reducido Alcance.

La homologación de los equipos de reducido alcance se efectuará en base a las características estipuladas en el catálogo técnico del equipo. Estos equipos deberán cumplir con el Artículo 12 de esta Norma. Se considerarán dentro de los estándares que cumplen con los requisitos de los equipos de reducido alcance los siguientes:

- 802.11 y 802.11b del IEEE.
- Parte 15.247 del FCC, con una potencia menor o igual a 100 mW.
- Bluetooth versión V.1.
- BRETS 300.328 (Especificaciones técnicas de la Comunidad Europea para equipos de transmisión de datos que operen en la banda de 2,4 GHz y usen la técnica de espectro ensanchado).
- ISC RSS210 del Canadá.
- TELECOM Radio Regulation de Japón; y, otros que el CONATEL considere pertinentes.

Todos los equipos de reducido alcance deberán tener adherida la antena a la caja de éste y, además, tener una antena con una ganancia máxima de 1 dBi.

b) Equipos de Gran Alcance.

La homologación de los equipos de gran alcance se realizará para todos los equipos que tengan una potencia de salida de 100 mW o superior y que no tengan su antena adherida al equipo, ó que la ganancia de la antena sea superior a 1 dBi. La homologación se realizará en base a una copia del certificado de homologación que recibió el fabricante del equipo de parte de la FCC de los Estados Unidos, o de alguna Administración de los países de la Comunidad Europea, de Canadá, Japón y otras que considere en el futuro el CONATEL. En todo caso, el equipo deberá cumplir con las características de los sistemas estipuladas en el Artículo 13 de esta Norma.

CAPITULO III

DISPOSICIONES FINALES

Artículo 15: Derechos para la Operación de Sistemas de Espectro Ensanchado. Quienes obtengan de la SNT la aprobación para la operación de sistemas de espectro ensanchado, excepto para aquellos sistemas que no requieren de aprobación expresa, según lo mencionado en el Artículo 12, deberán cancelar anualmente por anticipado, por concepto de uso del espectro radioeléctrico, durante el período de cinco (5) años, el valor en dólares de los Estados Unidos de América, que resulte de la aplicación de la fórmula que se indica a continuación:

IA (Imposición Anual) = 4 x K x B x NTE (dólares)

B = 12

Para los sistemas punto a punto y punto – multipunto.

$$B = 0,7 \times NA$$

Para los sistemas móviles. (Se considerará para el cálculo de IA un NTE mínimo de cincuenta (50) estaciones, entre bases y móviles).

$$B = 39$$

Para los sistemas de radiolocalización de vehículos (NTE es el número de estaciones de recepción de triangulación, que tendrá un valor mínimo de tres (3) estaciones).

Donde: K= Índice de inflación Anual
 NA= Número de áreas de operación

NTE= Es el número de estaciones fijas, bases y móviles y estaciones receptoras de triangulación, de acuerdo al sistema.

Artículo 16: Ejecución.- De la ejecución de la presente Norma encárguese a la SNT.

Artículo 17: Control.- La Superintendencia de Telecomunicaciones realizará el control de los sistemas que utilicen esta tecnología y vigilará porque ellos cumplan con lo dispuesto en la presente Norma y las disposiciones Reglamentarias pertinentes.

Disposición Transitoria

Todos los sistemas que utilizan la tecnología de espectro ensanchado y que se encuentran en operación, deberán proceder a registrarse en la SNT y cumplir con lo dispuesto en esta Norma, en el plazo de 90 días a partir de la fecha de su publicación en el Registro Oficial. Quedan exceptuados del registro sólo los equipos de reducido alcance mencionados en el Artículo 12 de la presente Norma.

Dado en Quito el 31 de octubre del 2000.

Ing. José Pileggi Véliz

PRESIDENTE DEL CONATEL

Dr. Julio Martínez

ANEXO 1

GLOSARIO DE TERMINOS Y DEFINICIONES

Aplicaciones Industriales, Científicas y Médicas (ICM). Utilización de equipos destinados a producir y utilizar, en un espacio reducido, energía radioeléctrica con fines industriales, científicos y médicos, domésticos o similares, con exclusión de todas las aplicaciones de telecomunicaciones.

Los servicios de radiocomunicación de espectro ensanchado que funcionan en las bandas ICM deben aceptar la interferencia perjudicial resultante de estas aplicaciones.

FCC. Federal Communications Commission.

Frecuencia Asignada. Centro de la banda de frecuencias asignadas a una estación.

Ganancia de Procesamiento. La ganancia de procesamiento (G_p) corresponde a la relación ancho de banda de RF (WRF) (ensanchado) por el ancho de banda de la información (R_b).

Donde: $G_p(\text{dB}) = 10 \log_{10} (WRF / R_b)$

IEEE. Institute of Electrical and Electronics Engineers

Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (p.i.r.e.). Producto de la potencia suministrada a la antena, por su ganancia con relación a una antena isotrópica, en una dirección determinada.

Potencia Máxima de Salida. Corresponde a la potencia máxima en vatios que entrega el transmisor en el conector de antena, en cualquier condición de modulación.

Sistema Punto a Punto. Sistema de radiocomunicación que permite enlazar dos estaciones fijas distantes, empleando antenas direccionales en ambos extremos, en forma unidireccional ó bidireccional.

Sistema Punto – Multipunto. Sistema de radiocomunicación que permite enlazar una estación fija central con varias estaciones fijas distantes. Las estaciones fijas distantes emplean antenas direccionales para comunicarse en forma unidireccional o bidireccional con la estación fija central.

ANEXO 2

FORMULARIO PARA SOLICITAR LA APROBACION DE OPERACION DE SISTEMAS DE ESPECTRO ENSANCHADO

N°.:

FECHA:

1. DATOS GENERALES:

SOLICITANTE:

REPRESENTANTE LEGAL:

DOMICILIO:

(Ciudad - Localidad)

(Cantón)

(Provincia)

(Dirección)

(Teléfono – Fax)

e-mail

2. características del sistema:

2.1. CLASE DE SISTEMA A OPERAR:

SECUENCIA DIRECTA:

SALTO DE FRECUENCIA:

HIBRIDO:

2.2. SISTEMA:

PRIVADO:

EXPLOTACION:

PUNTO A PUNTO:

PUNTO A MULTI PUNTO:

MOVIL:

RADIOLOCALIZACION:

2.3. BANDA DE FRECUENCIAS A UTILIZAR EN MHz:

902 – 928

2.400 –2.483,5

5.725 – 5.850

OTRAS

2.4. NUMEROS DE LOS CERTIFICADOS DE HOMOLOGACION DE LOS EQUIPOS:

3. CARACTERISTICAS TECNICAS DEL SISTEMA.

3.1. DIAGRAMA DE CONFIGURACION:

(Detallar la simbología utilizada)

3.2. DESCRIPCION DE LAS ESTACIONES DEL SISTEMA:

a) CONFIGURACION PUNTO A PUNTO:

SITIO A:

(CIUDAD – Dirección y Número/ Localidad)

COORDENADAS GEOGRÁFICAS: (LONGITUD)(LATITUD)

MAR: ALTURA DEL SUELO SOBRE EL NIVEL DEL (metros)

ALTURA DE LA ANTENA SOBRE EL SUELO: (metros)

POTENCIA ISOTROPICA RADIADA EQUIVALENTE: (p.i.r.e): (vatios)

POTENCIA MÁXIMA DE SALIDA:(vatios)

GANANCIA DE LA ANTENA:(dBi)

SITIO B:

(CIUDAD – Dirección y Número/ Localidad)

COORDENADAS GEOGRÁFICAS: (LONGITUD)(LATITUD)

MAR: ALTURA DEL SUELO SOBRE EL NIVEL DEL (metros)

ALTURA DE LA ANTENA SOBRE EL SUELO: (metros)

POTENCIA ISOTROPICA RADIADA EQUIVALENTE: (p.i.r.e): (vatios)

POTENCIA MÁXIMA DE SALIDA:(vatios)

GANANCIA DE LA ANTENA:(dBi)

Distancia SITIO A – SITIO B :(Km)

b) CONFIGURACION PUNTO A MULTI PUNTO:

ESTACIÓN CENTRAL 1:

(CIUDAD – Dirección y Número/ Localidad)

COORDENADAS GEOGRAFICAS:(LONGITUD) (LATITUD)

ALTURA DEL SUELO SOBRE EL NIVEL DEL MAR:(metros)

ALTURA DE LA ANTENA SOBRE EL SUELO:(metros)

POTENCIA ISOTROPICA RADIADA EQUIVALENTE: (p.i.r.e):(vatios)

POTENCIA MAXIMA DE SALIDA:(vatios)

GANANCIA DE LA ANTENA: (dBi)

SUPERFICIE DEL AREA A SERVIR(Km2)

LOCALIDADES A CUBRIR

ADJUNTAR MAPA CON EL AREA DE SERVICIO DE LA ESTACION CENTRAL

ESTACIÓN CENTRAL 2:

(CIUDAD – Dirección y Número/ Localidad)

COORDENADAS GEOGRAFICAS:(LONGITUD) (LATITUD)

ALTURA DEL SUELO SOBRE EL NIVEL DEL MAR:(metros)

ALTURA DE LA ANTENA SOBRE EL SUELO:(metros)

POTENCIA ISOTROPICA RADIADA EQUIVALENTE: (p.i.r.e):(vatios)

POTENCIA MAXIMA DE SALIDA:(vatios)

GANANCIA DE LA ANTENA: (dBi)

SUPERFICIE DEL AREA A SERVIR(Km2)

ESTACIÓN CENTRAL 3:

(CIUDAD – Dirección y Número/ Localidad)

COORDENADAS GEOGRAFICAS:(LONGITUD) (LATITUD)

ALTURA DEL SUELO SOBRE EL NIVEL DEL MAR:(metros)

ALTURA DE LA ANTENA SOBRE EL SUELO:(metros)

POTENCIA ISOTROPICA RADIADA EQUIVALENTE: (p.i.r.e):(vatios)

POTENCIA MAXIMA DE SALIDA:(vatios)

GANANCIA DE LA ANTENA: (dBi)

SUPERFICIE DEL AREA A SERVIR(Km2)

ESTACIÓN CENTRAL 4:

(CIUDAD – Dirección y Número/ Localidad)

COORDENADAS GEOGRAFICAS:(LONGITUD) (LATITUD)

ALTURA DEL SUELO SOBRE EL NIVEL DEL MAR:(metros)

ALTURA DE LA ANTENA SOBRE EL SUELO:(metros)

POTENCIA ISOTROPICA RADIADA EQUIVALENTE: (p.i.r.e):(vatios)

POTENCIA MAXIMA DE SALIDA:(vatios)

GANANCIA DE LA ANTENA: (dBi)

SUPERFICIE DEL AREA A SERVIR(Km2)

(PARA MAS SITIOS EN LA CONFIGURACION DEL SISTEMA, ADJUNTAR FOJAS ADICIONALES, CON LA INFORMACION DESCRIPTIVA)

DISTANCIA:

ESTACION CENTRAL 1 – ESTACION 2 (Km):

ESTACION CENTRAL 1 – ESTACION 3 (Km)

ESTACION CENTRAL 1 – ESTACION 4 (Km):

c) CONFIGURACION MOVIL:

ESTACIÓN BASE A; (CIUDAD – Dirección y Número / Localidad)

COORDENADAS GEOGRAFICAS:(LONGITUD) (LATITUD)

ALTURA DEL SUELO SOBRE EL NIVEL DEL MAR:(metros)

ALTURA DE LA ANTENA SOBRE EL SUELO:(metros)

POTENCIA ISOTROPICA RADIADA EQUIVALENTE: (p.i.r.e):(vatios)

POTENCIA MAXIMA DE SALIDA:(vatios)

GANANCIA DE LA ANTENA:(dBi)

SUPERFICIE DEL AREA A SERVIR (Km2)

LOCALIDADES A CUBRIR

ADJUNTAR MAPA CON EL AREA SERVIDA DE LA ESTACION BASE A

CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES MOVILES:

POTENCIA MAXIMA DE SALIDA:(vatios)

GANANCIA DE LA ANTENA: (dBi)

d) CONFIGURACION DE RADIOLOCALIZACION DE VEHICULOS

ESTACION RECEPTORA DE TRIANGULACIÓN 1:

(CIUDAD – Dirección y Número / Localidad)

COORDENADAS GEOGRAFICAS:(LONGITUD)(LATITUD)

ALTURA DEL SUELO SOBRE EL NIVEL DEL MAR:(metros)

ALTURA DE LA ANTENA SOBRE EL SUELO:(metros)

SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR: (dBm)

GANANCIA DE ANTENA: (dBi)

ESTACION RECEPTORA DE TRIANGULACIÓN 2:

(CIUDAD – Dirección y Número / Localidad)

COORDENADAS GEOGRAFICAS:(LONGITUD)(LATITUD)

ALTURA DEL SUELO SOBRE EL NIVEL DEL MAR:(metros)

ALTURA DE LA ANTENA SOBRE EL SUELO:(metros)

SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR: (dBm)

GANANCIA DE ANTENA: (dBi)

ESTACION RECEPTORA DE TRIANGULACIÓN 3:

(CIUDAD – Dirección y Número / Localidad)

COORDENADAS GEOGRAFICAS:(LONGITUD)(LATITUD)

ALTURA DEL SUELO SOBRE EL NIVEL DEL MAR:(metros)

ALTURA DE LA ANTENA SOBRE EL SUELO:(metros)

SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR: (dBm)

GANANCIA DE ANTENA: (dBi)

(PARA MAS ESTACIONES RECEPTORAS DE TRIANGULACION ADJUNTAR FOJAS ADICIONALES, CON LA INFORMACION DESCRIPTIVA).

CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES MOVILES:

POTENCIA MAXIMA DE SALIDA:(vatios)

GANANCIA DE ANTENA:(dBi)

ESPACIAMIENTO DE CANALES:(kHz)

FRECUENCIA DE SALTO: _____ (Saltos/segundo)

RANGO DE FRECUENCIAS SOLICITADO: _____ (kHz)

FRECUENCIA DE RECEPCION: _____ (MHz)

(ADJUNTAR AUTORIZACION O FE DE PRESENTACION DE LA FRECUENCIA DEL ENLACE ESTACION BASE - MOVIL)

SUPERFICIE DEL AREA A SERVIR: _____ (Km2)

LOCALIDAD(ES) CUBIERTA(S): _____

ADJUNTAR MAPA CON EL AREA SERVIDA POR EL SISTEMA DE RADIOLOCALIZACION.

Declaro que: En caso de interferencias a sistemas debidamente autorizados, asumo el compromiso de solucionar, a mi costo dichas interferencias; a la vez que acepto las interferencias que causaren al sistema que describo en la presente Norma Técnica.

Adjunto características técnicas de equipos y antenas a utilizar.

FIRMA DEL SOLICITANTE

NOMBRE:

C.C.:

FIRMA DEL RESPONSIBLE TECNICO

NOMBRE:

C.C.:

NUMERO DE LICENCIA PROFESIONAL:

UD:

DE LA JD: () REGISTRO RENOVIACION MODIFICACION

USO: () USO-PRIV SIS-EXP USO-EXP USO-RES USO-SOC

DEL SOLICITANTE Y PROFESIONAL TECNICO:

PERSONA NATURAL O REPRESENTANTE LEGAL

D PATERNO: APELLIDO MATERNO: NOMBRES: CI:

:

PERSONA JURIDICA

RAZON SOCIAL DE LA EMPRESA:

DIRECCION DE LA EMPRESA: RUC:

UBICACION

CIA: CIUDAD: DIRECCION:

CASILLA: TELEFONO / FAX:

DECLARACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TECNICO)

Declaro que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva

D PATERNO: APELLIDO MATERNO: NOMBRES: LIC. PROF.:

CASILLA: TELEFONO / FAX:

FECHA: FIRMA

DECLARACION Y DECLARACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA

Declaro que el presente proyecto técnico fue elaborado acorde con mis necesidades de comunicación

Declaro que:
En caso de que el presente sistema cause interferencia a sistemas debidamente autorizados, asumo el compromiso de solucionar a mi costo, dichas Interferencia o en su defecto retirarme de la banda.
Acepto las interferencias que otros sistemas debidamente autorizados acusen al presente sistema.

FECHA: FIRMA

REMARKS:

REGLAMENTO PARA EL OTORGAMIENTO DE TÍTULOS HABILITANTES PARA LA OPERACIÓN DE REDES PRIVADAS

(Resolución No. 017-02-CONATEL-2002)

CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CONATEL

Considerando:

Que, el literal d) del artículo innumerado tercero del artículo 10 de la Ley Reformatoria a la Especial de Telecomunicaciones faculta al Consejo Nacional de Telecomunicaciones a expedir normas para regular la prestación de los servicios de telecomunicaciones;

Que, es necesario que la instalación de redes privadas cumpla con los requisitos que constan en la legislación vigente; y,

En uso de sus facultades legales y reglamentarias,

Resuelve:

EXPEDIR EL SIGUIENTE REGLAMENTO PARA EL OTORGAMIENTO DE TÍTULOS HABILITANTES PARA LA OPERACIÓN DE REDES PRIVADAS

Capítulo I

GENERALIDADES

Art. 1.- Objeto.- El presente reglamento tiene por objeto regular los procedimientos para la instalación y el otorgamiento de títulos habilitantes, para la operación de redes privadas de acuerdo a lo establecido en el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones.

Art. 2.- Definición.- Redes privadas son aquellas utilizadas por personas naturales o jurídicas exclusivamente, con el propósito de conectar distintas instalaciones de su propiedad que se hallen bajo su control. Su operación requiere de un permiso.

Una red privada puede estar compuesta de uno o más circuitos arrendados, líneas privadas virtuales, infraestructura propia o una combinación de éstos. Dichas redes pueden abarcar puntos en el territorio nacional y en el extranjero. Una red privada puede ser utilizada para la transmisión de voz, datos, sonidos, imágenes o cualquier combinación de éstos.

Art. 3.- Las definiciones de los términos técnicos usados en el presente reglamento serán las establecidas en la Ley Especial de Telecomunicaciones y su reglamento general.

Art. 4.- Las redes privadas serán utilizadas únicamente para beneficio de un solo usuario y no podrán sustentar bajo ninguna circunstancia la prestación de servicios a terceros. Las redes privadas no podrán interconectarse entre sí, ni tampoco con una red pública. Se considerará como un solo usuario a:

a) Cualquier grupo de personas naturales dentro del cuarto grado de consanguinidad o segundo de afinidad; o,

b) Dos o más personas jurídicas, si:

1) El cincuenta y uno por ciento (51%) o más del capital social de una de ellas pertenece directamente o a través de terceros a la titular del permiso; o,

2) El cincuenta y uno por ciento (51%) del capital social de cada una de ellas se encuentra bajo propiedad o control de una matriz común.

Art. 5.- Una red privada no podrá ser utilizada, directa o indirectamente, para prestar servicios de telecomunicaciones en el territorio nacional o en el extranjero. Por lo tanto, no podrá realizar transmisiones a terceros hacia o desde una red pública dentro del país. Un representante debidamente autorizado por cada título habilitante para operar una red privada entregará anualmente a la Superintendencia un certificado confirmando que dicha red está siendo operada de conformidad con este reglamento.

Art. 6.- Título habilitante.- La operación de redes privadas, requiere de un título habilitante, que será un permiso otorgado por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, previa autorización, del Consejo Nacional de Telecomunicaciones.

Capítulo II

DE LOS PERMISOS

Art. 7.- Cualquier persona natural o jurídica, domiciliada en el país, podrá solicitar a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones un permiso para la operación de redes privadas. El plazo de duración de los permisos será de cinco (5) años, prorrogables por igual período, a solicitud escrita del interesado, presentada con tres meses de anticipación al vencimiento del plazo original, siempre y cuando haya cumplido con los términos y condiciones del título habilitante. Cumplido el plazo el permiso caducará ex lege.

Art. 8.- Requisitos.- Las solicitudes para el otorgamiento de títulos habilitantes para la operación de redes privadas deberán acompañarse con los documentos y previo el cumplimiento de los requisitos determinados en el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones:

a) Identificación y generales de ley del solicitante;

b) Proyecto técnico de la red a operar; y,

c) Requerimientos de conexión.

Art. 9.- Proyecto técnico.- El proyecto técnico, elaborado por un ingeniero en electrónica y telecomunicaciones, contendrá:

a) Descripción de los equipos, sistemas, recursos principales, y los requisitos de conexión interna y externa;

b) Descripción técnica detallada de la red propuesta, incluyendo los puntos geográficos de conexión; con redes existentes en caso de existir circuitos alquilados como parte de la red privada; y,

c) Identificación de los recursos del espectro radioeléctrico necesarios para operar la red y la respectiva solicitud de concesión.

En caso de utilizar los servicios de cualquier servicio portador, el solicitante deberá adjuntar copia simple del contrato respectivo.

Para efectos de la conexión se sujetará a lo dispuesto en el respectivo reglamento.

Toda la información anterior será considerada confidencial con excepción de la identificación del solicitante.

Art. 10.- El título habilitante especificará por lo menos:

a) El objeto;

b) La descripción de la red privada autorizada y ubicación geográfica; y,

c) Las causales de revocatoria y caducidad del permiso.

No se otorgarán títulos habilitantes de índole genérica, abierta o ilimitada.

Capítulo III

DEL TRÁMITE DE LOS TÍTULOS HABILITANTES Y AMPLIACIONES

Art. 11.- En el caso de títulos habilitantes que no requieran de concesión para el uso de frecuencias, la Secretaría entregará su informe al Consejo Nacional de Telecomunicaciones en el término de veinte (20) días contados a partir de la fecha de presentación de la solicitud. Si el informe de la Secretaría es favorable y no hay oposición, la solicitud se considerará aprobada a menos que el Consejo Nacional de Telecomunicaciones emita una decisión negativa, en el término determinado en el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones. Para efectos de oposición de terceros, la Secretaría publicará, en su página electrónica las solicitudes presentadas mientras transcurre el término para presentación de su informe. Cuando estén involucradas concesiones para el uso de espectro radioeléctrico los efectos del silencio administrativo se sujetarán a las normas del reglamento respectivo.

Art. 12.- Oposición. En caso de oposición de un legítimo interesado, las partes podrán ejercer su derecho de legítima defensa presentando pruebas y exposiciones de conformidad con lo establecido en el reglamento pertinente.

Art. 13.- Los títulos habilitantes para operación de una red privada otorgados por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, que requieren uso del espectro radioeléctrico deben obtener, además, el correspondiente título habilitante para la asignación del espectro radioeléctrico, debiendo realizarse los dos trámites simultáneamente. Una vez aprobados los documentos y calificado el estudio técnico por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones se procederá a la entrega y registro del título habilitante para la operación de la red, previa autorización del Consejo Nacional de Telecomunicaciones.

Art. 14.- Modificaciones de la Configuración de la Red.- Toda modificación o adición a la infraestructura sobre la que se soporta la red debe ser reportado a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones así como a la Superintendencia de Telecomunicaciones.

La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones registrará los cambios de configuración en el Registro Nacional de Telecomunicaciones.

Art. 15.- Derechos.- Por concepto de derechos por los títulos habilitantes, los permisionarios pagarán el valor de 500 dólares de los Estados Unidos de América. Todo anexo o modificación al permiso original será gratuito siempre y cuando no implique el uso de espectro radioeléctrico o servicios que se encuentren sujetos a tasas, gravámenes, pago de derechos u otros, en cuyo caso deberá pagarse los correspondientes valores.

Art. 16.- Los costos de administración de contratos, registro, control y gestión serán retribuidos mediante derechos fijados por los organismos competentes, en función de los gastos que demanden dichas tareas para los organismos de administración y control.

Art. 17.- Renovaciones.- Si la configuración de la red hubiese cambiado, el titular deberá presentar las actualizaciones de la misma. Si no hubiese cambiado la configuración de la red se procederá a la renovación con la actualización del certificado de existencia legal, la presentación del Registro Único de Contribuyentes y la cancelación del valor correspondiente por concepto de renovación. La renovación procederá solamente, si el permisionario ha cumplido con las obligaciones que le imponen la ley, los reglamentos y el título habilitante respectivo.

Art. 18.- Revocatorias.- El incumplimiento de las condiciones y términos del título habilitante conllevará la caducidad del mismo, previa declaratoria de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones sin perjuicio de la aplicación de las causales aplicables que consten en el Estatuto Jurídico de la Función Ejecutiva. El permiso podrá ser revocado en cualquier momento por razones de oportunidad o legitimidad por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.

Capítulo III

DE LA REGULACIÓN Y CONTROL

Nota:

La numeración del presente capítulo es la que consta en el Registro Oficial.

Art. 19.- La operación de las redes privadas, esta sujeta a las normas de regulación, control y supervisión, emitidas por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, la Secretaría Nacional de

Telecomunicaciones y la Superintendencia de Telecomunicaciones, de conformidad con las potestades que corresponden a dichos organismos.

Art. 20.- Control. La Superintendencia de Telecomunicaciones podrá realizar los controles que sean necesarios a la operación de las redes privadas con el objeto de garantizar el cumplimiento de la normativa vigente y de los términos y condiciones bajo los cuales se hayan otorgado los títulos habilitantes, y podrá supervisar e inspeccionar, en cualquier momento, las instalaciones de dichas redes, a fin de garantizar que no estén violando lo previsto en el presente reglamento. Los titulares deberán facilitar las labores de inspección de la Superintendencia y proporcionar la información indispensable para fines de control.

Art. 21.- El titular deberá permitir y facilitar los controles que la Superintendencia de Telecomunicaciones requiera así como proporcionar la información técnica necesaria para la administración del contrato y supervisión de la red.

Art. 22.- Delegación Administrativa.- El Secretario Nacional de Telecomunicaciones podrá delegar a las direcciones regionales la capacidad de tramitar, para su posterior aprobación, por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, dentro del ámbito de su competencia, los correspondientes títulos habilitantes de operación de redes privadas, así como el cobro de los correspondientes derechos. Sin embargo toda la documentación deberá reposar, en originales, en el Registro Nacional de Telecomunicaciones.

DISPOSICIÓN TRANSITORIA

Las redes privadas que se encuentren actualmente operando tendrán un plazo de 60 días contados a partir de la expedición del presente reglamento para cumplir con las obligaciones aquí establecidas.

El presente reglamento entrará en vigencia a partir de la fecha de su publicación en el Registro Oficial.

Dado en Quito, 29 de enero del 2002.

FUENTES DE LA PRESENTE EDICIÓN DEL REGLAMENTO PARA EL OTORGAMIENTO DE TÍTULOS HABILITANTES PARA LA OPERACIÓN DE REDES PRIVADAS

1.- Resolución 017-02-CONATEL-2002 (Registro Oficial 528, 6-III-2002).

13.- SISTEMAS DE ESPECTRO ENSANCHADO

Los interesados en instalar y operar sistemas de espectro ensanchado de gran alcance, en cualquier parte del territorio nacional, deberán presentar la solicitud para el registro correspondiente, dirigida a la SNT, adjuntando:

1. El estudio de ingeniería, elaborado por un ingeniero en electrónica y/o telecomunicaciones, describiendo la configuración del sistema a operar, el número del certificado de homologación del equipo a utilizar, las características del sistema radiante, las coordenadas geográficas donde se instalarán las estaciones fijas o de base del sistema móvil, localidades a cubrir, y los demás datos consignados en el formulario que para el efecto pondrá a disposición la SNT. El registro será por un período de 5 años y podrá ser renovado previa solicitud del interesado, dentro de los treinta (30) días anteriores a su vencimiento.
2. El Registro se lo realizará en la SNT previo el pago de los valores establecidos en el artículo 15 de esta Norma.
3. El CONATEL autoriza al Secretario, realizar el registro de todos los Sistemas de Espectro Ensanchado Privados. La SNT podrá negar motivadamente el registro para los sistemas de gran alcance.

Nota: No está prevista en esta norma el procedimiento de renovación.