

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERIA

ANÁLISIS DE ALTERNATIVA DE OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES PETROPRODUCCIÓN ENLACE DISTRITO QUITO – DISTRITO AMAZÓNICO.

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO EN
ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**

VICTOR VINICIO ROSERO ALMEIDA

**DIRECTOR:
JOSE ANTONIO PAZMIÑO**

QUITO, ENERO 2007

CONTENIDO

CONTENIDO	I
INDICE DE FIGURAS.....	VI
INDICE DE TABLAS.....	VIII
RESUMEN.....	X

CAPITULO I

1. CONCEPTOS BASICOS DE SISTEMAS MICROONDAS DIGITALES, FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA PROPAGACION, TECNICAS DE TRANSMISION	1
1.1. INTRODUCCION	1
1.2. SISTEMA MICROONDA.....	2
1.2.1. Estructura General de un Radioenlace por Microondas.....	2
1.2.1.1. Antenas y torres de microondas.....	3
1.2.2. PROPAGACIÓN DE SEÑALES ELECTROMAGNÉTICAS.....	5
1.2.2.1. Atenuación en el espacio libre.....	5
1.2.2.2. Otras consideraciones en la propagación en microondas.....	8
1.2.2.2.1. Refracción.....	10
1.2.2.2.2. Difracción por zonas de Fresnel (atenuación por obstáculo).....	11
1.2.2.2.3. Atenuación por vegetación.....	13
1.2.2.2.4. Atenuación por gases y vapores atmosféricos.....	13
1.2.2.2.5. Atenuación por lluvia.....	13
1.2.2.2.6. Desvanecimiento por múltiple trayectoria (Formación de ductos).....	14
1.2.3. TÉCNICAS DE TRANSMISIÓN.....	14

1.2.3.1. Multiplexación <i>digital</i> , Jerarquía Digital Plesiócroma (PDH).....	14
1.2.3.2. MODULACIÓN EN MICROONDAS.....	16
1.2.3.2.1. Transmisión por Desplazamiento de Frecuencia (FSK).....	16
1.2.3.2.2. Transmisión por Desplazamiento de Fase (PSK).....	19
1.2.3.2.3. Transmisión por desplazamiento de fase binaria (BPSK).....	19
1.2.3.2.4. Modulación de Amplitud en Cuadratura (QAM).....	22
1.2.3.2.5. Resumen de FSK, PSK y QAM.....	24
1.2.4. Confiabilidad de sistemas de radiotransmisión por Microondas.....	25

CAPITULO II

2. SISTEMA DE COMUNICACIONES QUITO – ORIENTE DE PETROPRODUCCIÓN, TECNOLOGÍA, EQUIPAMIENTO

DEL SISTEMA.....	27
2.1. Servicios.....	27
2.2. Información de Puntos de Enlace	32
2.2.1. Datos de antenas utilizadas.....	32
2.2.2. Edificio Villafuerte	32
2.2.3. Cerro Pichincha.....	33
2.2.4. Cerro Cotacachi	35
2.2.5. Cerro Cayambe	37
2.2.6. Lumbaqui	38
2.2.7. Aguarico.....	40
2.2.8. Datos de enlace de la ruta	42
2.3. Sistema de radio TRUEPOINT 5200	42
2.3.1. Descripción General	42
2.3.2. Descripción física.....	43
2.3.2.1. La SPU (Unidad Interior)	44

2.3.2.2. La Unidad de Radiofrecuencia (RFU)	48
2.3.3. Teoría de funcionamiento de sistema de radio	49
2.3.3.1. Transmisión.....	49
2.3.3.2. Recepción.....	51
2.3.4. Principales Configuraciones del Equipo	53
2.3.5. Características claves del equipo de radio TRuepoint 5200 de Harris	54

CAPITULO III

3. ALTERNATIVAS DE OPTIMIZACIÓN Y FACTIBILIDAD DEL DISEÑO ..56	
3.1. Ventaja y desventaja de una Nueva Ruta.....	56
3.2. Nuevo punto de enlace en el Sistema de Comunicaciones.....	57
3.3. Factibilidad técnica de la ruta alterna.....	60
3.3.1. Uso del Software Pathloss 4.0.....	61
3.4. Factibilidad Legal.....	69
3.4.1. Datos generales.....	70
3.4.2. Pagos a efectuar.....	70
3.4.3. Características del Sistema	72

CAPITULO IV

4. DISEÑO DE LA RUTA ALTERNA.....	74
4.1. Ingeniería de Tráfico.....	74
4.1.1. Conceptos fundamentales.....	74
4.1.2. Análisis de Tráfico Telefónico.....	78
4.1.3. Análisis de tráfico de datos.....	82
4.2. Diseño de la Ruta alterna	83
4.2.1. Cálculos de los enlaces: Edificio Villafuerte-Condorcocha Condorcocha-Cayambe.....	84
4.2.1.1. Datos de los enlaces.....	84
4.2.1.2. Cálculo de la distancia de los enlaces	85
4.2.2. Pérdidas en espacio libre.....	87

4.2.3. Potencia de Transmisión.....	88
4.2.4. Ganancia de la antena.....	88
4.2.5. Pérdida en Cable y Conectores.....	89
4.2.6. Pérdidas en el Branching.....	89
4.2.7. Nivel de señal recibida.....	90
4.2.8. Sensibilidad del receptor y margen de Desvanecimiento.....	91
4.3. Vistas de los enlaces diseñados.....	92

CAPITULO V

5. ANÁLISIS REGULATORIO Y DE COSTOS.....	93
5.1. Análisis de Costos.....	93
5.1.1. Precios de equipo de radio	93
5.1.2. Precios de Accesorios Truepoint	94
5.1.3. Precios de Cables.....	95
5.1.4. Precios del Sistema de Antena.....	95
5.1.5. Precios del sistema de energía.....	96
5.1.6. Precio de estación de trabajo.....	96
5.1.7. Precio de derechos concesión y usos de frecuencias	97
5.1.8. Inversión Total.....	98

CAPITULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	100
6.1 CONCLUSIONES.....	100
6.2 RECOMENDACIONES.....	102

7. BIBLIOGRAFIA

8. GLOSARIO

9. ANEXOS

ANEXO A. TRAFICO TELEFONICO EDIFICIO MATRIZ

Sección A1. ADQUISICIÓN DE DATOS _ NUMERO DE

LLAMADAS POR HORA

Sección A2. ADQUISICIÓN DE DATOS _ MINUTOS UTILIZADOS

POR HORA

Sección A3. GRAFICO VOLUMEN DE TRÁFICO

Sección A4. DIMENSIONAMIENTO DE TRONCALES

Sección A5. DISTRIBUCION DE CANALES MUX N°4 DE DATOS

Sección A6. DISTRIBUCION DE CANALES DE LOS MUX DE
DATOS

ANEXO B. CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS

Sección B1. POTENCIA DEL EQUIPO DE TRANSMISION

Sección B2. TIPOS DE ANTENA

Sección B3. CARACTERISTICAS DE LAS ANTENAS

Sección B4. TIPOS DE GUIA DE ONDA

Sección B5. UMBRAL DE RECEPCION

ANEXO C. GRAFICOS DE ENLACES, FOTOS DE LOS EQUIPOS

Sección C1. ENLACE QUITO - CONDORCOCHA

Sección C2. ENLACE CONDORCOCHA - CAYAMBE

Sección C3. FOTOS DEL EQUIPO HARRIS MICROONDA

INDICE DE FIGURAS

Capítulo I

Fig.1.1	Reflector pasivo.....	4
Fig.1.2.	Zona de difracción.....	11
Fig.1.3	Zona de Fresnel.....	13
Fig. 1.4	Jerarquía Digital Plesiócrona.....	15
Fig. 1.5	Transmisor de FSK binario.....	17
Fig. 1.6	Circuito de fase cerrada (PLL).....	18
Fig. 1.7	Modulador de BPSK.....	19
Fig. 1.8	Tabla, diagrama fasorial, diagrama de constelación BPSK.....	20
Fig. 1.9	Fase de salida contra la relación de tiempo, forma de onda BPSK.	20
Fig. 1.10	Diagrama a bloques de un receptor de BPSK.....	21
Fig. 1.11	Diagrama a bloques de un transmisor de 8-QAM.....	22
Fig. 1.12	Diagrama a bloques para un transmisor de 16-QAM.....	24

Capítulo II

Fig. 2.1	Sistema de Comunicaciones de PETROPRODUCCION.....	28
Fig. 2.2	Tráfico en el enlace Cerro Pichincha – Edificio Villafuerte.....	30
Fig. 2.3	Detalles de los E1 en el enlace Edificio Villafuerte - C. Pichincha...	31
Fig. 2.4	Antena Edificio Villafuerte.....	32
Fig. 2.5	Torre Pichincha.....	34
Fig.2.6	Torre Cotacahi.....	35
Fig. 2.7	Torre Cayambe.....	37
Fig. 2.8	Torre Lumbaqui.....	38
Fig. 2.9	Torre Aguarico.....	40
Fig. 2.10	Sistema de radio.....	43
Fig. 2.11	S.P.U.....	44

Fig. 2.12	Módulos de la SPU.....	44
Fig. 2.13	Módulo módem del SPU.....	46
Fig. 2.14	Módulo mux del SPU.....	47
Fig. 2.15	Módulo controlador del SPU.....	48
Fig. 2.16	Unidad de acoplamiento de antena.....	49
Fig. 2.17	Configuración 1+0.....	53
Fig. 2.18	Configuración 1+1.....	54

Capítulo III

Fig. 3.1	RUTA ALTERNA.....	59
Fig. 3.2	Ventana de inicialización Pathloss.....	61
Fig. 3.3	Ingreso de puntos a enlazar.....	61
Fig. 3.4	Ingreso de códigos de equipos utilizados en Pathloss.....	62
Fig. 3.5	Perfil topográfico enlace Edificio Villafuerte – Condorcocha.....	64
Fig. 3.6	Ingreso de datos iniciales de terreno, en Pathloss 4.0.....	66
Fig. 3.7	Ingreso de datos finales de terreno, en Pathloss 4.0.....	67
Fig. 3.8	Resultado de datos de enlace Condorcocha- Cayambe.....	67
Fig. 3.9	Perfil topográfico enlace Edificio Villafuerte – Condorcocha.....	68

Capítulo IV

Fig.4.1	Ventana de inicialización Programa PC-SISTEL.....	79
Fig.4.2	Ventana de visualización de criterios de consulta.....	79
Fig.4.3	Listado de llamadas del 19 de octubre del 2006.....	80
Fig.4.4	Nivel de señal Recibida.....	83

INDICE DE TABLAS

Capítulo I

Tabla 1.1	Estándar europeo y americano para PDH.....	15
Tabla 1.2	Resumen de la modulación digital.....	25

Capítulo II

Tabla 2.1	Antenas utilizadas.....	32
Tabla 2.2	Datos de Enlace.....	42
Tabla 2.3	Significado de los leds indicadores del módulo módem.....	46
Tabla 2.4	Significado de los leds indicadores del módulo módem.....	47
Tabla 2.5	Significado de los leds indicadores del módulo módem.....	47
Tabla 2.6	Secuencia de Transmisión (Parte1de2).....	50
Tabla 2.6	Secuencia de Transmisión (Parte 2 de 2).....	51
Tabla 2.7	Secuencia de Recepción (Parte 1 de 2).....	52
Tabla 2.7	Secuencia de Recepción (Parte 2 de 2).....	53

Capítulo III

Tabla 3.1	Infraestructura del Sistema actual.....	57
Tabla 3.2	Datos de terreno enlace Edificio Villafuerte – Condorcocha.....	63
Tabla 3.3	Alturas de terreno para enlace Condorcocha Cayambe.....	66
Tabla 3.4	Ancho de Banda según capacidad y modulación.....	69
Tabla 3.5	Factor de Concesión de Frecuencias para los diferentes Servicios.....	71
Tabla 3.6	Coefficiente de valoración del espectro, enlaces punto-punto.....	72

Tabla 3.7	Características de los enlaces por ser aprobados.....	73
-----------	---	----

Capitulo IV

Tabla 4.1	Volumen de tráfico de Petroproducción.....	81
Tabla 4.2	Distancias y pérdidas calculadas y simuladas de los enlaces.....	88
Tabla 4.3	Ganancia de Antenas utilizadas.....	89
Tabla 4.4	Atenuación por guía de onda.....	89
Tabla 4.5	Nivel de señal recibida de cada enlace.....	90

Capitulo V

Tabla 5.1	Precio comercial del equipo de radio microondas "TRUEPOINT"...	94
Tabla 5.2	Precio comercial de accesorios Truepoint.....	95
Tabla 5.3	Precios de Sistema de antena de 7Ghz.....	95
Tabla 5.4	Precios del Sistema de energía.....	96
Tabla 5.5	Precios de la estación de trabajo y software.....	97
Tabla 5.6	Tarifa mensual por derechos de concesión de frecuencias.....	97
Tabla 5.7	Derechos Totales de Concesión.....	97
Tabla 5.8	Resumen Final de cotización de precios de equipos y permisos.....	98

RESUMEN

Este proyecto de titulación presenta como Capítulo I una introducción a los enlaces microonda, enfocándose principalmente en las pérdidas que sufre una señal microonda digital, se revisa brevemente las técnicas de transmisión más utilizadas.

El Capítulo II indica los servicios que realiza el Sistema de comunicaciones de Petroproducción, además se detalla el tipo de tecnología y equipos utilizados por la empresa.

El Capítulo III presenta una alternativa para optimizar recursos mediante una ruta alterna redundante al sistema de comunicaciones actual, encontrando su factibilidad técnica y legal para su diseño, también se analiza la opción de que este nuevo enlace trabaje en conjunto con este Sistema de Comunicaciones existente.

El Capítulo IV analiza el tipo y volumen de tráfico telefónico y de datos a transportar, realiza el diseño de la ruta alterna considerando conceptos generales que intervienen en un sistema microonda digital.

El Capítulo V determina valores referenciales totales de inversión, tomando como referencia el costo de operación y requerimientos de regulación legal para la realización de la ruta Alterna.

Finalmente el Capítulo VI presenta las conclusiones y recomendaciones para el diseño de la ruta redundante.

CAPITULO 1

CONCEPTOS BÁSICOS DE SISTEMAS MICROONDAS DIGITALES, FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA PROPAGACIÓN, TÉCNICAS DE TRANSMISIÓN.

Este capítulo presenta una introducción a la teoría básica de los enlaces microondas, tomando en cuenta las diferentes pérdidas que conlleva estos tipos de enlaces, así como también se indica sus técnicas de transmisión.

1.1 INTRODUCCIÓN

Los sistemas de microondas terrestres han brindado solución a los problemas de transmisión de datos, sin importar cuales sean, aunque sus aplicaciones no estén restringidas a este campo solamente.

El término " microondas " viene dado ya que la longitud de onda de esta banda es muy pequeña (milimétricas o micrométricas), resultado de dividir la velocidad de la luz entre la frecuencia en Hertz.

Éste es un medio de transmisión que ya tiene muchas décadas de uso, en el pasado las compañías telefónicas se aprovechaban de su alta capacidad para la transmisión de tráfico de voz, gradualmente los operadores reemplazaron el corazón de la red a fibra óptica, dejando como medio de respaldo la red de microondas.

A pesar de todo, las microondas terrestres siguen conformando un medio de comunicación muy efectivo para redes metropolitanas que interconectan bancos, mercados, tiendas departamentales y radio bases celulares.

Las estaciones de microondas terrestres consisten en un par de antenas con línea de vista conectadas a un radio transmisor que irradian radiofrecuencia (RF) en el orden de 1 GHz a 50 GHz.

Las principales frecuencias utilizadas en microondas se encuentran alrededor de los 5-10 GHz, 18, 23 y 26 GHz, las cuales son capaces de conectar dos localidades de hasta 24 Km. de distancia una de la otra.

Los equipos de microondas que operan a frecuencias más bajas, entre 2 – 8 GHz, puede transmitir a distancias de entre 30 y 45 Km. , la única limitante de estos enlaces es la curvatura de la Tierra, aunque con el uso de repetidores se puede extender su cobertura a miles de kilómetros.

Debido a que todas las bandas de frecuencias de microondas terrestres son concedidas por cada Estado, para utilizar este servicio son necesarias frecuencias para enlaces punto-punto y punto-multipunto permitidas por las autoridades de telecomunicaciones.

1.2 SISTEMA MICROONDA

1.2.1. ESTRUCTURA GENERAL DE UN RADIOENLACE POR MICROONDAS

Básicamente un enlace vía microondas consiste en tres componentes fundamentales: el TRANSMISOR, el RECEPTOR y el CANAL AÉREO.

El Transmisor es el responsable de modular una señal digital a la frecuencia utilizada para transmitir, el Canal Aéreo representa un camino abierto entre el transmisor y el receptor, y como es de esperarse el receptor es el encargado de capturar la señal transmitida y llevarla de nuevo a señal digital.

El factor limitante de la propagación de la señal en enlaces microondas es la distancia que se debe cubrir entre el transmisor y el receptor, además esta distancia debe estar libre de obstáculos. Otro aspecto que se debe señalar es que

en estos enlaces, la línea de vista entre el receptor y el transmisor debe tener una altura mínima sobre los obstáculos en la vía, para compensar este efecto se utilizan torres para ajustar dichas alturas.

1.2.1.1 Antenas y torres de microondas

La distancia cubierta por enlaces microondas puede ser incrementada por el uso de repetidores, la función de los repetidores es salvar la falta de visibilidad impuesta por la curvatura terrestre u obstáculos y conseguir así enlaces superiores al horizonte óptico; la distancia entre repetidores se los conoce como vano.

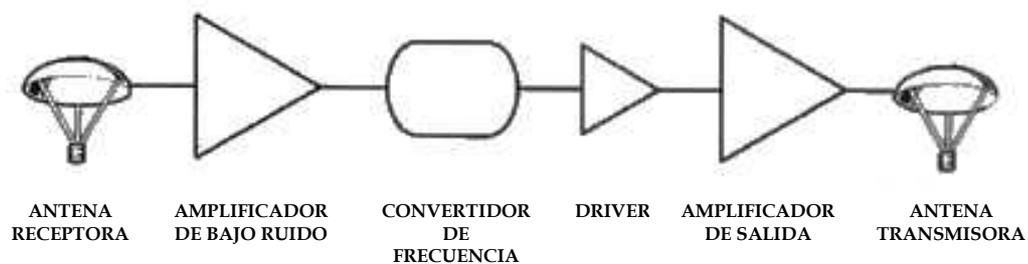
Los repetidores pueden ser de dos tipos, Activos y Pasivos;

En los repetidores pasivos o reflectores se realiza únicamente el cambio de la dirección del haz radioeléctrico sin mejorar o amplificar la ganancia en la señal, mientras que en un repetidor activo se cumplen los siguientes parámetros: Mantiene la señal de recepción separada de la de transmisión suprimiendo toda señal indeseable (ruido, interferencia), controla el nivel de la señal para luego amplificarla y transmitirla.

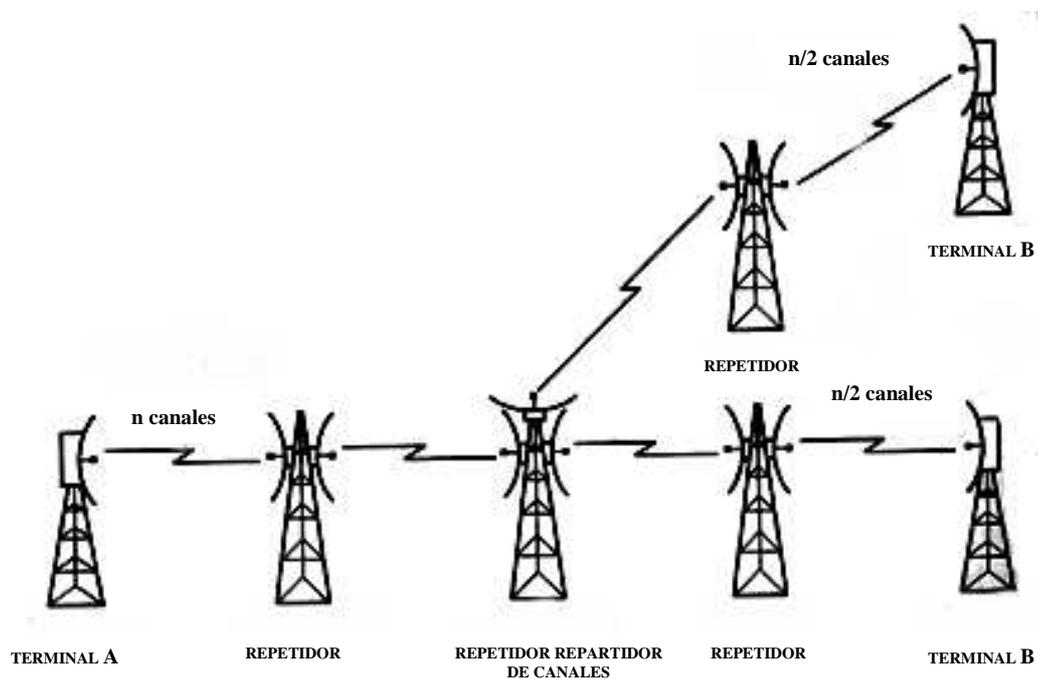
En un reflector activo, el proceso de transmisión no toma en cuenta tareas como el analizar y tratar la señal por alguna unidad de procesamiento de datos.

El reflector activo tiene la tarea de mejorar la señal ya que la señal de microonda transmitida es distorsionada y atenuada mientras viaja desde el transmisor hasta el receptor, estas atenuaciones y distorsiones son causadas por una pérdida de poder de la señal recibida, dependiente de la distancia, reflexión y refracción debido a obstáculos y superficies reflectoras, pérdidas atmosféricas, perdidas en los equipos, etc.

La figura 1.1 en la parte a) se muestra como trabaja un repetidor, y en la parte b) como se ven los reflectores activos dentro de un enlace general.



a) bloques de un repetidor activo de microondas



b) vista de la conexión de enlaces utilizando repetidores activos

Fig. 1.1 Reflector activo.

1.2.2 PROPAGACIÓN DE SEÑALES ELECTROMAGNÉTICAS.

Este estudio de la propagación va a centrarse en las frecuencias de interés para la aplicación desarrollada, o sea, frecuencias dentro del rango de la microonda, donde no se tienen en cuenta fenómenos como las reflexiones ionosféricas, ondas de superficie y especialmente atenuaciones por vegetación, por gases y vapores atmosféricos y por lluvia.

1.2.2.1 Atenuación en el espacio libre.

El espacio libre se define como un medio dieléctrico homogéneo, isótropo y alejado de cualquier obstáculo, como se puede comprobar en nuestro entorno, esta circunstancia se da pocas veces. La superficie de la tierra no es uniforme y además la tierra presenta una curvatura, de cualquier manera si las antenas están dispuestas de forma conveniente, sin ningún obstáculo intermedio, se puede considerar que la única atenuación producida es la del espacio libre.

Para calcular las pérdidas, se debe suponer un equipo transmisor con una potencia denominada P_T , además se debe considerar que la antena de dicho equipo radia igual en todas las direcciones del espacio; si el medio no posee pérdidas, no se produce absorción de energía.

Por lo tanto cualquier superficie esférica centrada en la antena será constante, con lo que la densidad de potencia S en cualquiera de las esferas centradas en la antena será proporcional al inverso del cuadrado de la distancia R a la antena; de lo anterior se deduce que:

$$P_T = 4\pi SR^2 \quad \text{Ec. (1.1)}$$

Debido a que las antenas no son omnidireccionales, sino que concentran la energía en determinadas direcciones (y se supone que lógicamente la dirección

de máxima radiación es la que “se apunta” hacia el equipo receptor), se denominará G_T (ganancia) al incremento de radiación en la dirección preferente, con lo que en dicha dirección se tendrá que:

$$P_T \cdot G_T = 4\pi S R^2 \Rightarrow S = \frac{P_T \cdot G_T}{4\pi R^2} \quad \text{Ec. (1.2)}$$

El equipo receptor poseerá una antena que captará parte de esa densidad de potencia y la entregará al receptor, para calcular cuánto es dicha energía, se define el área efectiva o apertura A_E de la antena receptora, como la relación de potencia captada por la antena receptora y la densidad de potencia incidente sobre ella; por lo tanto la potencia recibida (P_R) será:

$$P_R = S \cdot A_E = \frac{P_T}{4\pi R^2} \cdot G_T \cdot A_E \quad \text{Ec. (1.3)}$$

Si se tiene en cuenta otros factores como la polarización (C_p) y las posibles pérdidas en el medio (C_M), se obtiene la siguiente ecuación:

$$P_R = S \cdot A_E = \frac{P_T}{4\pi R^2} \cdot G_T \cdot A_E \cdot C_M \cdot C_p \quad \text{Ec. (1.4)}$$

Además existe una expresión que relaciona la apertura efectiva con la directividad (D) de la antena receptora. Dicha expresión es:

$$A_E = \frac{\lambda^2}{4\pi} \cdot D \quad \text{Ec. (1.5)}$$

Recordando la ecuación 1.3, y la expresión de la ecuación 1.5, se tiene en cuenta la eficiencia de las antenas, sustituyendo la directividad por la ganancia (La directividad y la ganancia difieren sólo en el término de eficiencia de antena), se puede calcular la atenuación como el cociente entre la potencia recibida y transmitida. Siendo igual a:

$$A_E = \frac{P_T}{P_R} = \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \cdot \frac{1}{G_R \cdot G_T} \quad \text{Ec. (1.6)}$$

Se denomina además atenuación en el espacio libre, a la atenuación, sin tener en cuenta la ganancia de las antenas receptora (G_R) y transmisora (G_T), por lo que la ecuación de la atenuación en espacio libre se expresa:

$$A_{EL} = \frac{P_T}{P_R} = \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \quad \text{Ec. (1.7)}$$

En dB será $10 \times \log(A_{EL})$, y se puede expresar la relación anterior, en unidades más prácticas, quedando:

$$A_{EL}(dB) = 32.45 + 20 \log f(Mhz) + 20 \log d(Km) \quad \text{Ec. (1.8)}$$

Como se observa la atenuación del espacio libre depende únicamente de la frecuencia y la distancia de separación de los equipos, conforme aumenta la frecuencia aumenta la atenuación.

Si se considera la ganancia de las antenas receptora (GR) y transmisora (GT) en dB, se encuentra con la siguiente fórmula de transmisión.

$$A_{EL}(dB) = 32.45 + 20 \log f(Mhz) + 20 \log d(Km) - G_T - G_R \quad \text{Ec. (1.9)}$$

Al conocer el valor de la atenuación en el espacio libre, y al suponer que no existe otro fenómeno, dado que se tiene un medio ideal, se puede fácilmente calcular la potencia recibida:

$$10 \cdot \log P_R = 10 \cdot \log P_T - A(dB) \quad \text{Ec. (1.10)}$$

La atenuación del espacio libre es únicamente debida a la expansión de las ondas electromagnéticas en el espacio y al tamaño físico limitado de las antenas y no a ningún otro fenómeno.

1.2.2.2 Otras consideraciones en la propagación en microondas

Adema de analizar la atenuación en el espacio libre, cabe analizar otras consideraciones en la propagación de las ondas electromagnéticas, esto dentro de la zona baja de la atmósfera (la troposfera), por ser el espacio donde tiene lugar la mayor parte de la propagación radioeléctrica.

La troposfera es un medio no homogéneo que presenta variaciones del índice de refracción con la altura y las condiciones meteorológicas, esto se traduce en una curvatura de los rayos conforme viajan por la troposfera y la existencia de gases que producen un efecto de absorción de la energía de las ondas electromagnéticas, al entrar en resonancia con ciertas moléculas a determinadas frecuencias.

De lo mencionado anteriormente se hace conveniente analizar el gradiente del índice de refracción o factor K que corresponde al radio eficaz de la tierra, el cual se lo define como el grado y la dirección de la curvatura que describe el haz de microondas durante su propagación y se obtiene según la ecuación 1.5

$$K = R' / R_t \quad \text{Ec. (1.11)}$$

Donde R_t es el radio real terrestre y R' es el radio de la curvatura ficticia de la tierra.

Cualquier variación del índice de refracción provocada por la alteración de las condiciones atmosféricas, se expresa como un cambio del factor K. En condiciones atmosféricas normales, el valor de K varía desde 1.2 para regiones elevadas y secas (o $4/3$ en onzas mediterráneas), hasta 2 o 3 para zonas costeras húmedas.

Cuando K se hace infinito, la tierra aparece ante el haz como perfectamente plana, ya que su curvatura tiene exactamente el mismo valor que la terrestre.

Si el valor de K disminuye a menos de 1, el haz se curva en forma opuesta a la

curvatura terrestre. Este efecto puede obstruir parcialmente al trayecto de transmisión, produciéndose así una difracción.

El valor de la curvatura terrestre para los distintos valores de K se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$h = \frac{d_1 d_2}{2K} \times 1000 [\text{mts}] \quad \text{Ec. (1.12)}$$

Donde:

h = Cambio de la distancia vertical desde una línea horizontal de referencia, en metros.

d1 = Distancia desde un punto hasta uno de los extremos del trayecto, en Kilometros

d2 = Distancia desde el mismo punto anterior hasta el otro extremo del trayecto, en Kilómetros.

K = Factor del radio eficaz de la tierra.

Con excepción del desvanecimiento por efecto de trayectos múltiples, los desvanecimientos son fácilmente superables mediante:

- Diversidad de espacio.
- Diversidad de frecuencia.
- Diversidad de polarización.

La alteración del valor de K desde 1 hasta infinito (rango normal de K), tiene escasa influencia en el nivel de intensidad con que se reciben las señales, cuando el trayecto se ha proyectado en forma adecuada.

Las anomalías de propagación ocurren cuando K es inferior a 1, el trayecto podría quedar obstruido y por lo tanto sería vulnerable a los fuertes desvanecimientos provocados por el efecto de trayectos múltiples.

Cuando K forma un valor negativo, el trayecto podría resultar atrapado entre capas atmosféricas y en consecuencia sería susceptible a sufrir desvanecimiento total.

1.2.2.2.1 Refracción

La refracción es el aumento de la altura aparente de un objeto que hace que éste sea visible cuando en realidad se encuentra por debajo del horizonte, y está relacionado con la constante dieléctrica que a su vez depende de la presión, de la temperatura y de la humedad, como indica la siguiente expresión.

$$N = (n-1)10^6 = 77.6 \frac{p + 4810 \frac{e}{T}}{T} \quad \text{Ec. (1.13)}$$

Donde:

N es el índice de refracción modificado o refractividad.

n es el índice de refracción de la atmósfera.

e es la presión del vapor de agua (milibarios).

T es la temperatura absoluta (en grados Kelvin).

El índice de refracción varía con la altura ya que las características físicas de la atmósfera varían con la altura.

En una primera aproximación puede sustituirse la variación de la refractividad con la altura por una variación lineal:

$$N = N_s(1 - 0,136h) \quad \text{Ec. (1.14)}$$

En la expresión anterior h está en Km. y varía entre 0 y 1. N_s es el valor de la refractividad en la superficie.

1.2.2.2 Difracción por zonas de Fresnel (atenuación por obstáculo)

La difracción es el fenómeno que ocurre cuando una onda electromagnética incide sobre un obstáculo, la tierra y sus irregularidades pueden impedir la visibilidad entre las antenas transmisora y receptora en ciertas ocasiones. La zona oculta a la antena transmisora se denomina zona de difracción como se observa en la figura 1.2, en esta zona los campos no son nulos debido a la difracción causada por el obstáculo, y por tanto es posible la recepción, si bien con atenuaciones superiores a las del espacio libre.

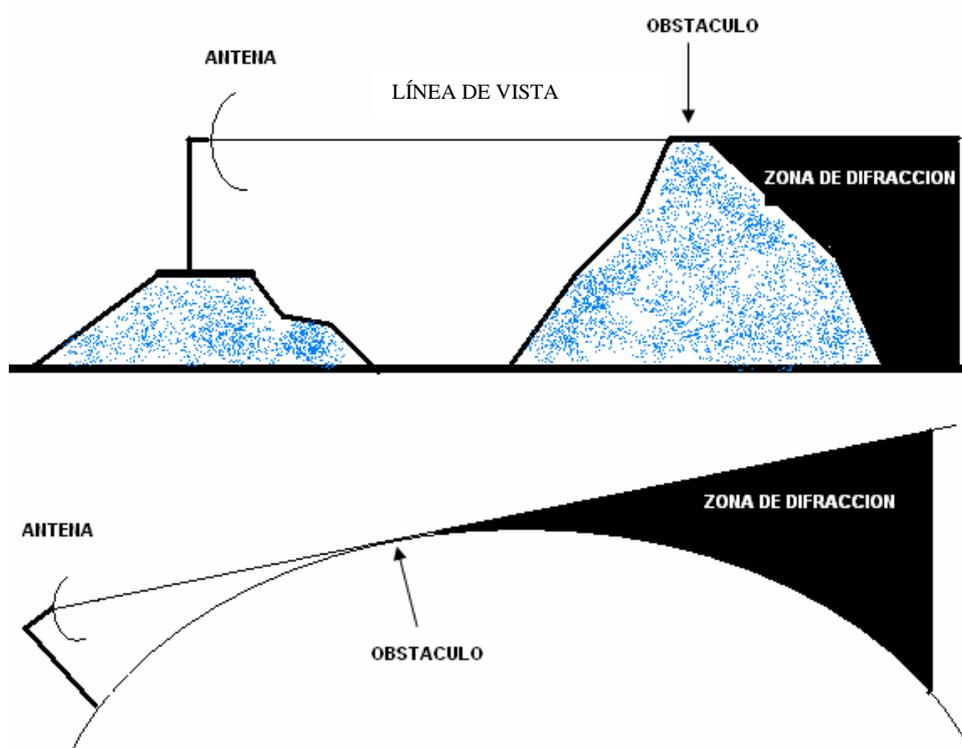


Fig. 1.2. Zona de difracción

La sección transversal de la primera zona de Fresnel es circular, las zonas subsecuentes de Fresnel son anulares en la sección transversal, y concéntricas con las primeras; el concepto de las zonas de Fresnel se puede también utilizar para analizar interferencia por obstáculos cerca de la trayectoria de una antena de radio. Esta zona se debe determinar primero, para mantenerla libre de obstrucciones.

La obstrucción máxima permisible para considerar que no hay obstrucción es el 40% de la primera zona de Fresnel, pero la obstrucción máxima recomendada es el 20%.

Para el caso de radiocomunicaciones la obstrucción máxima depende del valor de K (curvatura de la tierra) considerando que para un $K=4/3$ la primera zona de Fresnel debe estar despejada al 100% mientras que para un estudio con $K=2/3$ se debe tener despejado el 60% de la primera zona de Fresnel.

Para establecer las zonas de Fresnel, primero debemos determinar la línea de vista, que en términos simples es una línea recta entre la antena transmisora y la receptora; el radio de la sección transversal de la primera zona de Fresnel tiene su máximo en el centro del enlace, en este punto, el radio r se puede calcular como sigue:

$$r = 547.723 \sqrt{\frac{d}{4f}} \quad \text{Ec. (1.15)}$$

r = radio en metros (m).

d = distancia en kilómetros (km).

f = frecuencia transmitida en megahercios (MHz).

La fórmula genérica de cálculo de las zonas de Fresnel para cuando hay un objeto en la trayectoria como se muestra en la figura 1.3 es:

$$r_n = 547.723 \sqrt{\frac{n d_1 d_2}{f d}} \quad \text{Ec. (1.16)}$$

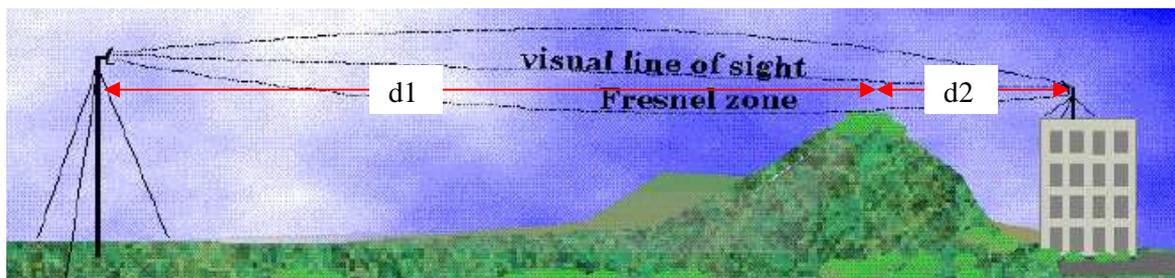


Fig. 1.3 Zona de Fresnel

Donde:

r_n = radio de la n -ésima zona de Fresnel.

d_1 = distancia desde el transmisor al objeto en km.

d_2 = distancia desde el objeto al receptor en km.

d = distancia total del enlace en km.

f = frecuencia en MHz.

1.2.2.2.3 Atenuación por vegetación

Cuando el receptor de un sistema de radiocomunicación se encuentra en el interior de un terreno boscoso, hay una pérdida adicional por penetración de las ondas a través de él, lo que produce atenuación de la señal emitida por el transmisor.

1.2.2.2.4 Atenuación por gases y vapores atmosféricos

Para trayectos troposféricos, las moléculas de O_2 y H_2O absorben energía electromagnética, produciendo una atenuación que puede ser muy elevada en ciertas frecuencias. Esta atenuación adicional sólo tiene importancia en frecuencias superiores a 10 GHz.

1.2.2.2.5 Atenuación por lluvia

En los radioenlaces troposféricos y por satélite, existe también una componente de atenuación debida a la absorción y dispersión por hidrometeoros (lluvia, nieve,

granizo), en general, para los cálculos de disponibilidad de radioenlaces, sólo es necesario evaluar la atenuación por lluvia excedida durante porcentajes de tiempo pequeños, y para frecuencias superiores a unos 6 GHz.

1.2.2.2.6 Desvanecimiento por múltiple trayectoria (formación de ductos)

El desvanecimiento se debe normalmente a los cambios atmosféricos y a las reflexiones del trayecto de propagación al encontrar superficies terrestres o acuáticas.

La intensidad del desvanecimiento aumenta en general con la frecuencia y la longitud de trayecto.

1.2.3 TÉCNICAS DE TRANSMISIÓN

1.2.3.1 *Multiplexación digital, Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH¹)*

PDH es una secuencia ordenada de velocidades de información expresada en bits por segundo (bps.) que constituyen cada una un nivel jerárquico dado.

Los equipos jerárquicos de multiplexaje combinan un número definido de señales digitales con velocidades de nivel n-1 en una señal digital con velocidad de nivel n.

La multiplexación por división en el tiempo permite multiplexar varias portadoras T1 ó E1 en portadoras de orden más alto.

En la tabla 1 se presenta la jerarquía digital plesiócrona desarrollada tanto para el sistema americano como para el europeo.

¹ PDH: Plesiochronous Digital Hierachy

Sistema Americano			Sistema Europeo		
Identificador de señal digital	Número de canales	Razón de datos [Mbps]	Numeración de nivel	Número de canales	Razón de datos [Mbps]
DS-1	24	1.544	E1	30	2.048
DS-1C	48	3.152	E2	120	8.448
DS-2	96	6.312	E3	480	34.368
DS-3	672	44.736	E4	1920	139.264
DS-4	4032	274.176	E5 ²	7680	565.148

Tabla 1.1 Estándar europeo y americano para PDH

Para la jerarquía digital europea como se muestra en la figura 1.4, el multiplexor E1 representa el primer nivel de la jerarquía de multiplexación digital, al multiplexarse cuatro canales E1 forman un canal E2, generando un canal con velocidad de 8.448 Mbps, cuatro canales E2 generan un canal E3 con velocidad de 34.368 Mbps, de esta forma se puede seguir multiplexando en niveles superiores como E4, E5, etc.

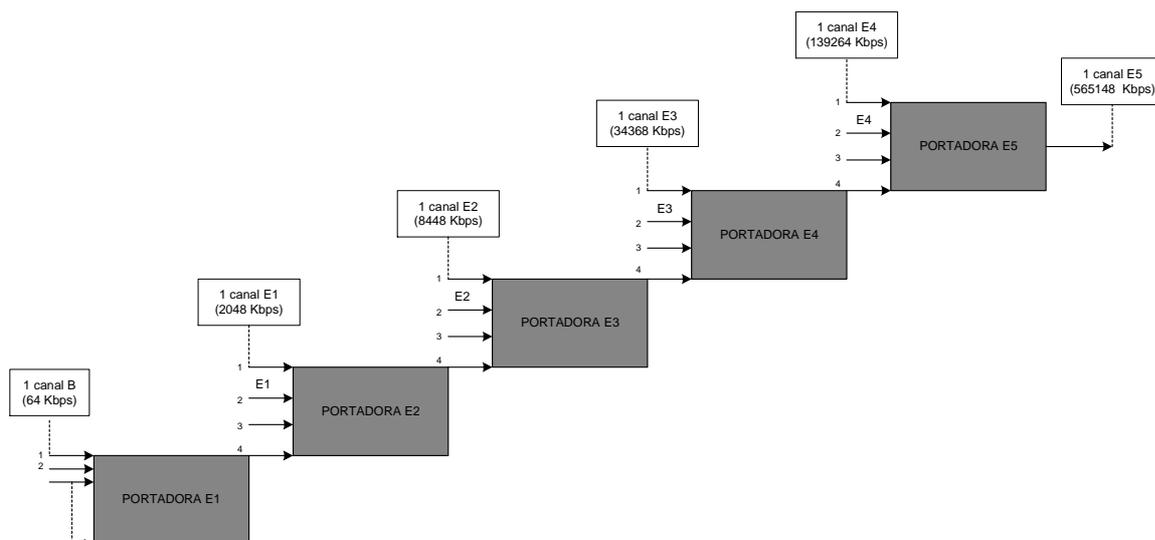


Fig. 1.4 Jerarquía Digital Plesiócrona

² E5: no se utiliza comercialmente

El término comunicaciones digitales abarca un área extensa de técnicas de comunicaciones, incluyendo transmisión digital y radio digital.

El radio digital es la transmisión de portadoras analógicas moduladas, en forma digital, entre dos o más puntos de un sistema de comunicación

En un sistema de transmisión digital, la información de la fuente original puede ser en forma digital o analógica. Si está en forma analógica, tiene que convertirse a pulsos digitales, antes de la transmisión y convertirse de nuevo a la forma analógica, en el extremo de recepción.

En un sistema de radio digital, la señal de entrada modulada y la señal de salida demodulada, son pulsos digitales en lugar de formas de ondas analógicas, estos son elementos que distinguen un sistema de radio digital de un sistema de radio AM, FM, o PM,

En esencia, hay tres técnicas de modulación digital que se suelen utilizar en sistemas de radio digital: transmisión (modulación) por desplazamiento de frecuencia (FSK), transmisión por desplazamiento de fase (PSK), y modulación de amplitud en cuadratura (QAM), las cuales se las describe brevemente en el ítem siguiente.

1.2.3.2 MODULACIÓN EN MICROONDAS

1.2.3.2.1 Transmisión por Desplazamiento de Frecuencia (FSK)

El FSK binario es una Forma de modulación angular de amplitud constante, similar a la modulación en frecuencia convencional, excepto que la señal modulante es un flujo de pulsos binarios que varía, entre dos niveles de voltaje discreto, en lugar de una forma de onda analógica que cambia de manera continua. La expresión general para una señal FSK binaria es:

$$V(t) = V_c \cos [(\omega_c + v_m(t) \Delta \omega / 2) t] \quad (1) \quad \text{Ec. (1.17)}$$

donde $v(t)$ = forma de onda FSK binaria

V_c = amplitud pico de la portadora no modulada

ω_c = frecuencia de la portadora en radianes

$v_m(t)$ = señal modulante digital binaria

$\Delta \omega$ = cambio en frecuencia de salida en radianes

- **Transmisor de FSK**

La salida de un modulador de FSK binario, es una función escalón en el dominio del tiempo. Conforme cambia la señal de entrada binaria de 0 lógico a 1 lógico, y viceversa, la salida del FSK se desplaza entre dos frecuencias: una frecuencia de marca o de 1 lógico y una frecuencia de espacio o de 0 lógico. Con el FSK binario, hay un cambio en la frecuencia de salida, cada vez que la condición lógica de la señal de entrada binaria cambia. Un transmisor de FSK binario sencillo se muestra en la figura 1.5.

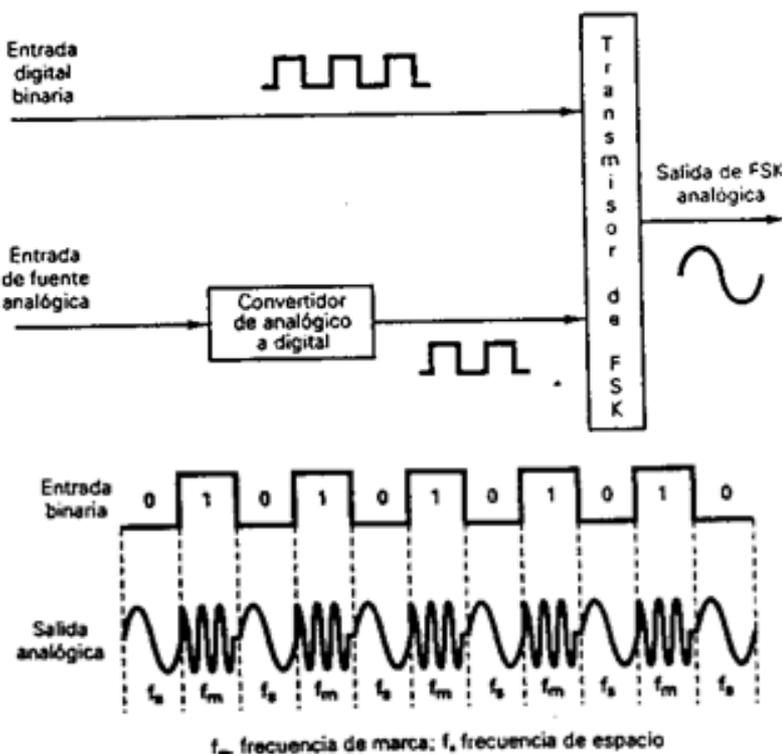


Fig. 1.5 Transmisor de FSK binario

El circuito que más se utiliza para demodular las señales de FSK binarias es el circuito de fase cerrada (PLL), que se muestra en forma de diagrama a bloques en la figura 1.6. Conforme cambia la entrada de PLL entre las frecuencias de marca y espacio, el voltaje de error de cc a la salida del comparador de fase sigue el desplazamiento de frecuencia. Debido a que sólo hay dos frecuencias de entrada, también hay sólo dos voltajes de error de salida. Uno representa un 1 lógico y el otro un 0 lógico; en consecuencia, la salida es una representación de dos niveles (binaria) de la entrada de FSK. Por lo regular, la frecuencia natural del PLL se hace igual a la frecuencia central del modulador de FSK. Como resultado, los cambios en el voltaje de error cc, siguen a los cambios en la frecuencia de entrada analógica y son simétricos alrededor de 0 V.

- Receptor de FSK

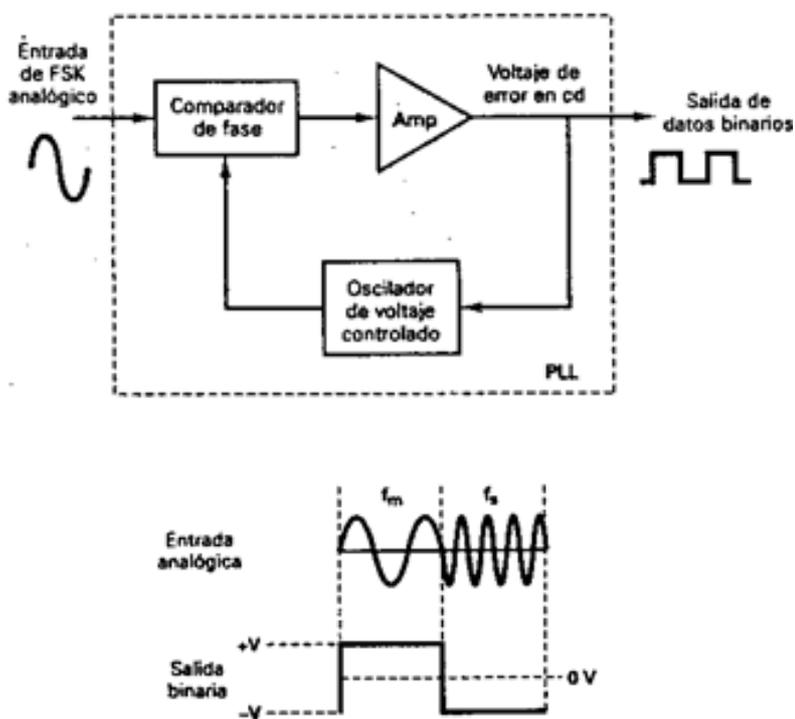


Fig. 1.6 Circuito de fase cerrada (PLL)

1.2.3.2 Transmisión por Desplazamiento de Fase (PSK)

Transmitir por desplazamiento en fase (PSK) es otra forma de modulación angular, modulación digital de amplitud constante; el PSK es similar a la modulación en fase convencional, excepto que con PSK la señal de entrada es una señal digital binaria y son posibles un número limitado de fases de salida.

1.2.3.3 Transmisión por Desplazamiento de Fase Binaria (BPSK)

Con la transmisión por desplazamiento de fase binaria (BPSK), son posibles dos fases de salida para una sola frecuencia de portadora.; una fase de salida representa un 1 lógico y la otra un 0 lógico. Conforme la señal digital de entrada cambia de estado, la fase de la portadora de salida se desplaza entre dos ángulos que están 180° fuera de fase. El BPSK es una forma de modulación de onda cuadrada de portadora suprimida de una señal de onda continua.

La figura 1.7 muestra un diagrama a bloques simplificado de un modulador de BPSK, el modulador balanceado actúa como un conmutador para invertir la fase., dependiendo de la condición lógica de la entrada digital, la portadora se transfiere a la salida, ya sea en fase o 180° fuera de fase, con el oscilador de la portadora de referencia.



Fig.1.7 Modulador de BPSK

La figura 1.8 muestra la tabla de verdad, diagrama fasorial, y diagrama de constelación para un modulador de BPSK., un diagrama de constelación que, a veces, se denomina diagrama de espacio de estado de señal, es similar a un diagrama fasorial, excepto que el fasor completo no está dibujado. En un

diagrama de constelación, sólo se muestran las posiciones relativas de los picos de los fasores.

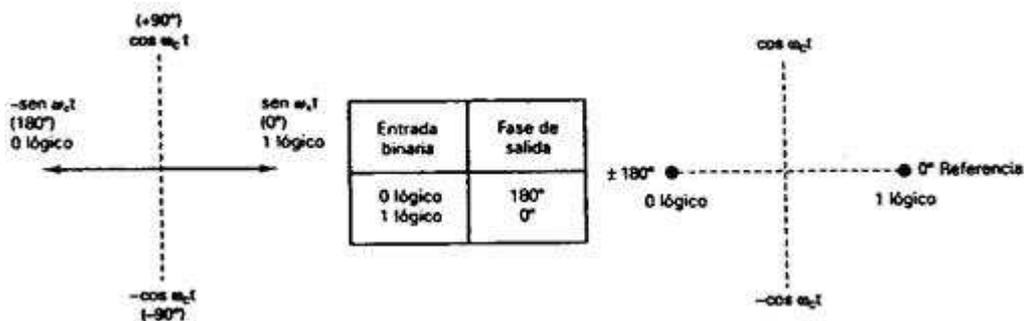


Fig.1.8 Tabla de verdad, diagrama fasorial, y diagrama de constelación BPSK

La figura 1.9 muestra la fase de salida contra la relación de tiempo para una forma de onda BPSK. El espectro de salida de un modulador de BPSK es, sólo una señal de doble banda lateral con portadora suprimida, donde las frecuencias laterales superiores e inferiores están separadas de la frecuencia de la portadora por un valor igual a la mitad de la razón de bit; en consecuencia, el mínimo ancho de banda ($f N$) requerido, para permitir el peor caso de la señal de salida del BPSK es igual a la razón de bit de entrada.

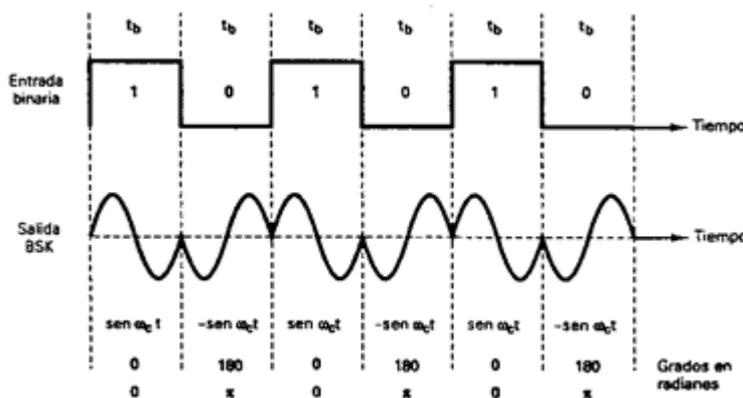


Fig.1.9 Fase de salida contra la relación de tiempo, forma de onda BPSK

La figura 1.10 muestra el diagrama a bloques de un receptor de BPSK., la señal de entrada puede ser $+\text{sen } \omega_c t$ ó $\text{sen } \omega_c t$. ; el circuito de recuperación de portadora coherente detecta y regenera una señal de portadora que es coherente, tanto en frecuencia como en fase, con la portadora del transmisor original. El

modulador balanceado es un detector de producto, la salida es el producto de las dos entradas (la señal de BPSK y la portadora recuperada); el filtro pasa-bajas (LPF) separa los datos binarios recuperados de la señal demodulada compleja.

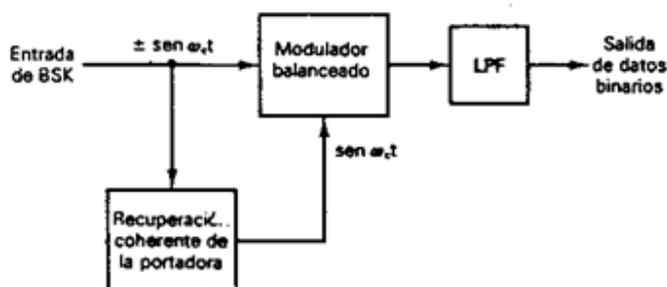


Fig.1.10 Diagrama a bloques de un receptor de BPSK

- **Codificación en M-ario**

M-ario es un término derivado de la palabra “binario”, la M es sólo un dígito que representa el número de condiciones posibles, las dos técnicas para modulación digital que se han analizado hasta ahora (FSK binario y BPSK), son sistemas binarios, es decir sólo hay dos condiciones posibles de salida, una representa un 1 lógico y la otra un 0 lógico, por tanto, son sistemas M-ario donde $M = 2$. Con la modulación digital, con frecuencia es ventajoso codificar a un nivel más alto que el binario, por ejemplo, un sistema de PSK, con cuatro posibles fases de salida, es un sistema M-ario en donde $M = 4$; si hubiera ocho posibles fases de salida, $M = 8$, etcétera. Matemáticamente se tendría lo siguiente:

$$N = \log_2 M \quad \text{Ec. (1.18)}$$

Donde;

N = número de bits

M = número de condiciones de salida posibles con N bits

1.2.3.2.4 Modulación de Amplitud en Cuadratura (QAM)

La modulación de amplitud en cuadratura (QAM), es una forma de modulación digital en donde la información digital está contenida, tanto en la amplitud como en la fase de la portadora transmitida.

- **QAM de ocho (8-QAM)**

El QAM de ocho (8-QAM), es una técnica de codificación M-ario, en donde $M = 8$. A diferencia del 8-PSK, la señal de salida de un modulador de 8-QAM no es una señal de amplitud constante.

- **Transmisor de QAM de ocho**

La figura 1.11 muestra el diagrama a bloques de un transmisor de 8-QAM., como pueda verse, la única diferencia, entre el transmisor de 8-QAM y el transmisor de 8-PSK es la omisión del inversor entre el canal C y el modulador da producto Q.

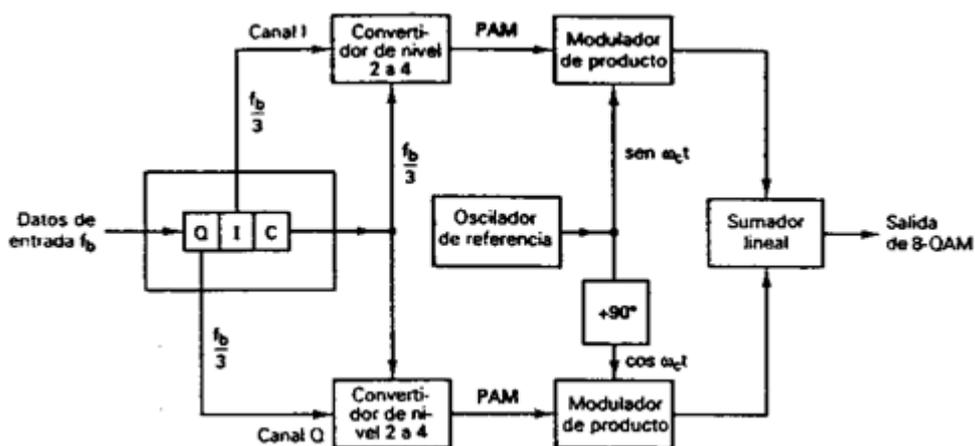


Fig.1.11 Diagrama a bloques de un transmisor de 8-QAM

- **Consideraciones del ancho de banda para el QAM de ocho**

En el 8-QAM, la tasa de bits, en los canales I y Q, es un tercio de la tasa binaria de entrada, al igual que con el 8-PSK., como resultado, la frecuencia de

modulación fundamental más alta y la razón de cambio de salida más rápida en 8-QAM, son iguales que para el 8-PSK; por tanto, el mínimo ancho de banda requerido para 8-QAM es $f_b/3$, al igual que en el 8-PSK.

- **Receptor de QAM de ocho**

Un receptor de 8-QAM es casi idéntico al receptor de 8-PSK., las diferencias son los niveles PAM, en la salida de los detectores de producto, y las señales binarias a la salida de los convertidores análogo a digital. Debido a que hay dos amplitudes de transmisión posibles con 8-QAM, que son diferentes de aquellas factibles con el 8-PSK, los cuatro niveles PAM demodulados son diferentes de aquellos en 8-PSK, en consecuencia, el factor de conversión para los convertidores analógico a digital, también tienen que ser diferentes; además, con el 8-QAM las señales de salida binarias del convertidor analógico a digital, del canal I, son los bits I y C, y las señales de salida binarias del convertidor analógico a digital, del canal Q, son los bits Q y C.

- **QAM de dieciséis (16-QAM)**

Así como en 16-PSK, el 16-QAM es un sistema M-ario, en donde $M= 16$., y actúa sobre los datos de entrada en grupos de cuatro ($2 \times 4 = 16$).; como con el 8-QAM, tanto la fase y la amplitud de la portadora transmisora son variados.

- **Transmisor QAM de dieciséis**

El diagrama a bloques para un transmisor de 16-QAM se muestra en la figura 1.12 los datos de entrada binaria se dividen en cuatro canales: El I, I', Q y Q'. La tasa de bits de cada canal es igual a un cuarto de la tasa de bits de entrada ($f_b/4$).

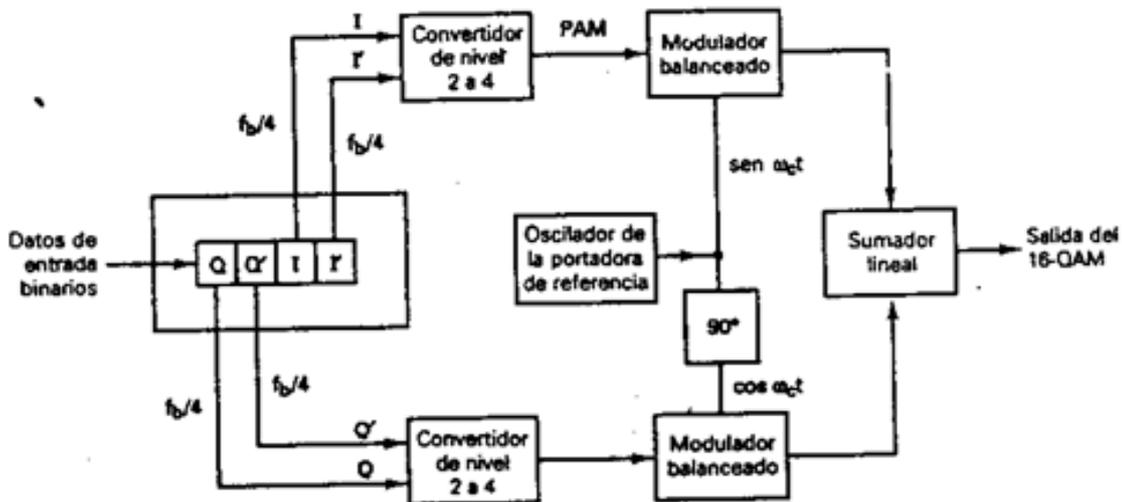


Fig.1.12 Diagrama a bloques para un transmisor de 16-QAM

- **Consideraciones del ancho de banda para el QAM de dieciséis**

Con el 16-QAM, ya que los datos de entrada se dividen en cuatro canales, la tasa de bits en el canal I, I', Q o Q' es igual a un cuarto de la tasa de datos de entrada binarios ($f_b/4$). (El derivador de bits estira los bits I, I', Q y Q', a cuatro veces su longitud de bits de entrada); además, debido a que estos bits tienen salidas de manera simultánea y en paralelo, los convertidores de nivel 2 a 4 ven un cambio en sus entradas y salidas a una fase igual a un cuarto de la tasa de datos de entrada.

1.2.3.2.5 Resumen de FSK, PSK Y QAM

Las distintas formas de FSK, PSK y QAM se resumen en la tabla 1.2 la cual presenta para cada tipo de modulación el número de bits utilizados, el ancho de banda necesario y la eficiencia que presenta el trabajar con una u otro sistema M-ario.

Modulación	Codificación	Ancho de Banda BW (Hz)	Baudio	Eficiencia BW (bps por BW)
FSK	Bit	$f b$	$f b$	1
BPSK	Bit	$f b$	$f b$	1
QPSK	Dibit	$f b / 2$	$f b / 2$	2
8-QPSK	Tribit	$f b / 3$	$f b / 3$	3
8-QAM	Tribit	$f b / 3$	$f b / 3$	3
16-QPSK	Quadbit	$f b / 4$	$f b / 4$	4
16-QAM	Quadbit	$f b / 4$	$f b / 4$	4

Tabla 1.2 Resumen de la modulación digital

1.2.4 Confiabilidad de sistemas de radio transmisión por microondas.

Las normas de seguridad de funcionamiento de los sistemas de microondas han alcanzado gran rigidez, por ejemplo, se utiliza un 99.98% de confiabilidad general en un sistema patrón de 6000 Km. de longitud, lo que equivale a permitir solo un máximo de 25 segundos de interrupción del año por cada enlace.

Por enlace o radioenlace se entiende el tramo de transmisión directa entre dos estaciones adyacentes, ya sean terminales o repetidoras, de un sistema de microondas; el enlace comprende los equipos correspondientes de las dos estaciones, como así mismo las antenas y el trayecto de propagación entre ambas. De acuerdo con las recomendaciones del CCIR, los enlaces, deben tener una longitud media de 50 Km.

Las empresas industriales que emplean sistemas de telecomunicaciones también hablan de una confiabilidad media del orden de 99.9999%, o sea un máximo de 30 segundos de interrupciones por año, en los sistemas de microondas de largo alcance.

Los cálculos estimados y cómputos de interrupciones del servicio por fallas de propagación, emplean procedimientos parcial o totalmente empíricos. Los

resultados de dichos cálculos generalmente se dan como tiempo fuera de servicio (TFS) anual por enlace o porcentaje de confiabilidad por enlace.

CAPITULO II

SISTEMA DE COMUNICACIONES QUITO – ORIENTE DE PETROPRODUCCIÓN, TECNOLOGÍA, EQUIPAMIENTO DEL SISTEMA.

Este capítulo presenta los servicios que realiza actualmente el Sistema de comunicaciones de Petroproducción a Petroecuador entre Quito y el Oriente ecuatoriano, e indicar la tecnología y equipamiento respectivo del sistema.

2.1. Servicios

PETROPRODUCCIÓN tiene implantado un backbone³ de microondas que conecta el distrito Quito con el distrito Amazónico como se observa en la fig. 2.1, el cual provee comunicación de voz y transmisión de datos entre los diferentes departamentos de la institución ubicados tanto en la ciudad de Quito como en la región Amazónica, utilizando un sistema de comunicaciones con tecnología nueva.

Este sistema ofrece el transporte de un volumen de información equivalente a 16 E1s (cada E1 30 canales de información), de los cuales hasta el momento son asignados 4 E1s para la utilización de voz y datos, el restante de canales (12E1s) están a la espera aplicaciones futuras como videoconferencias, el incremento de líneas telefónicas ó servicio a otras filiales de Petroecuador.

De los 4 E1s asignados para voz y datos, dos están utilizados hasta el momento para la comunicación telefónica y uno se lo utiliza para llevar datos entre los distritos Quito y Amazónico, el sobrante E1 está trabaja dando servicios alternados de voz y datos dependiendo de las necesidades de la parte administrativa de la empresa, o a su vez es el reemplazo de algún E1 mencionado anteriormente en el momento de algún mal funcionamiento.

³ BACKBONE: Enlace de gran caudal o una serie de nodos de conexión que forman un eje de conexión principal. Es la columna vertebral de una red.

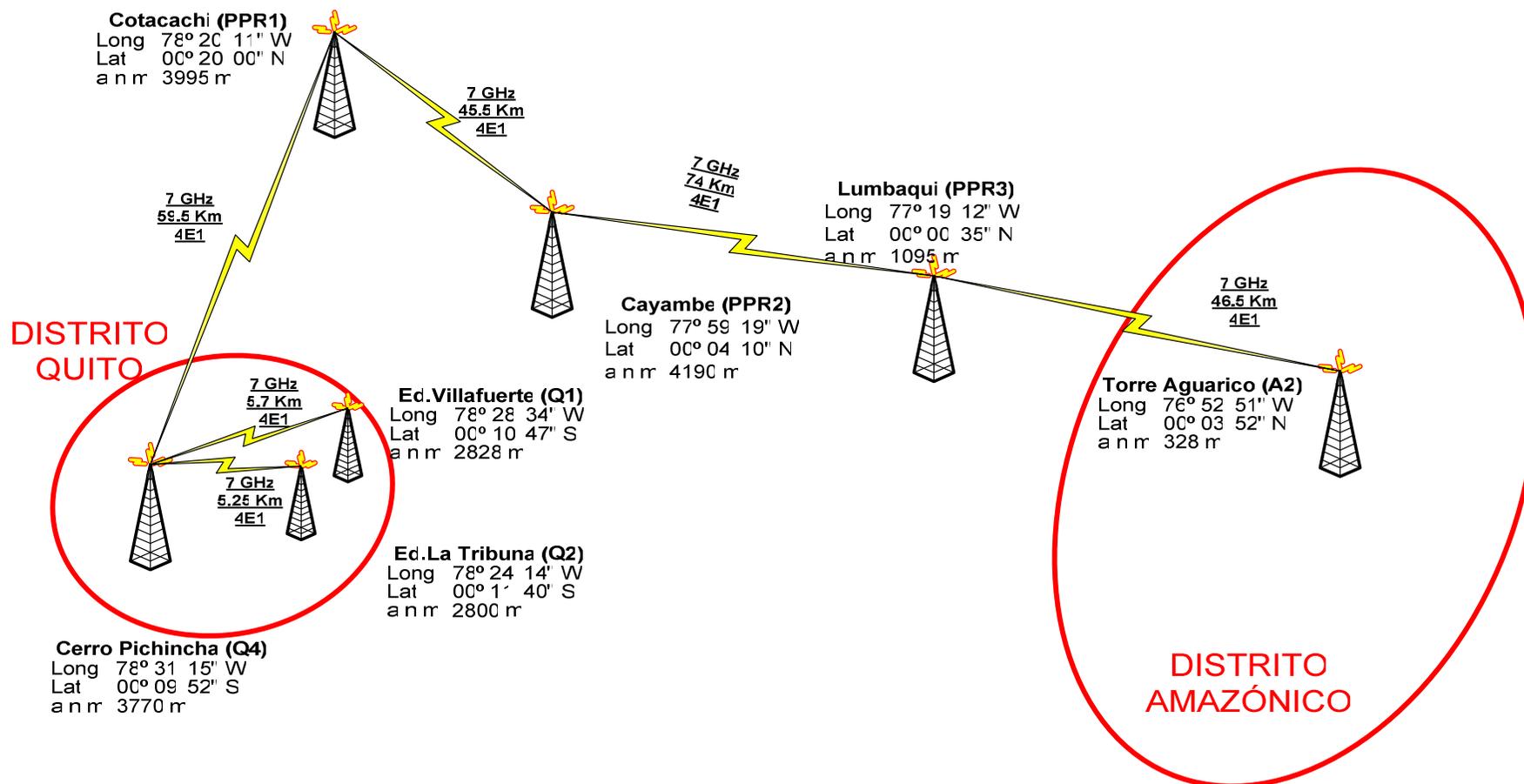


Fig. 2.1. Sistema de Comunicaciones de PETROPRODUCCION

El sistema de microondas de Petroproducción también proporciona servicios a Petroecuador, utilizando uno de sus enlaces (cerro Pichincha y el edificio Matriz) se transportan datos provenientes del Distrito Guayaquil, Laboratorio de Geología (en San Rafael) y Gerencia de Oleoducto, que por medio de enlaces independientes llegan hacia el cerro Pichincha y cuyo destino es el edificio Matriz; sumado a estos enlaces está el edificio La Tribuna (lugar donde funciona la Gerencia Administrativa de Petroproducción) que en conjunto producen un mayor tráfico a este enlace (11 E1s), véase la figura 2.2.

El Sistema de Microondas de Petroproducción tiene como objetivo principal transportar información proveniente de los edificios Matriz (3 E1) y La Tribuna (1E1) de Quito hacia la estación Aguarico en la región Amazónica y viceversa, para ello los equipos microonda TRUEPOINT distribuyen los datos ingresados en forma de E1s los cuales son asignados como se observa en la fig. 2.3, también se tiene previsto en un futuro transportar de otros distritos información que tenga destino la amazonia.

En la figura 2.3 también se puede apreciar la distribución de los 11 E1s en los equipos que trabajan dentro del enlace cerro Pichincha y el edificio Matriz, teniendo como libres 5 E1s para futuras aplicaciones de voz y datos respectivamente.

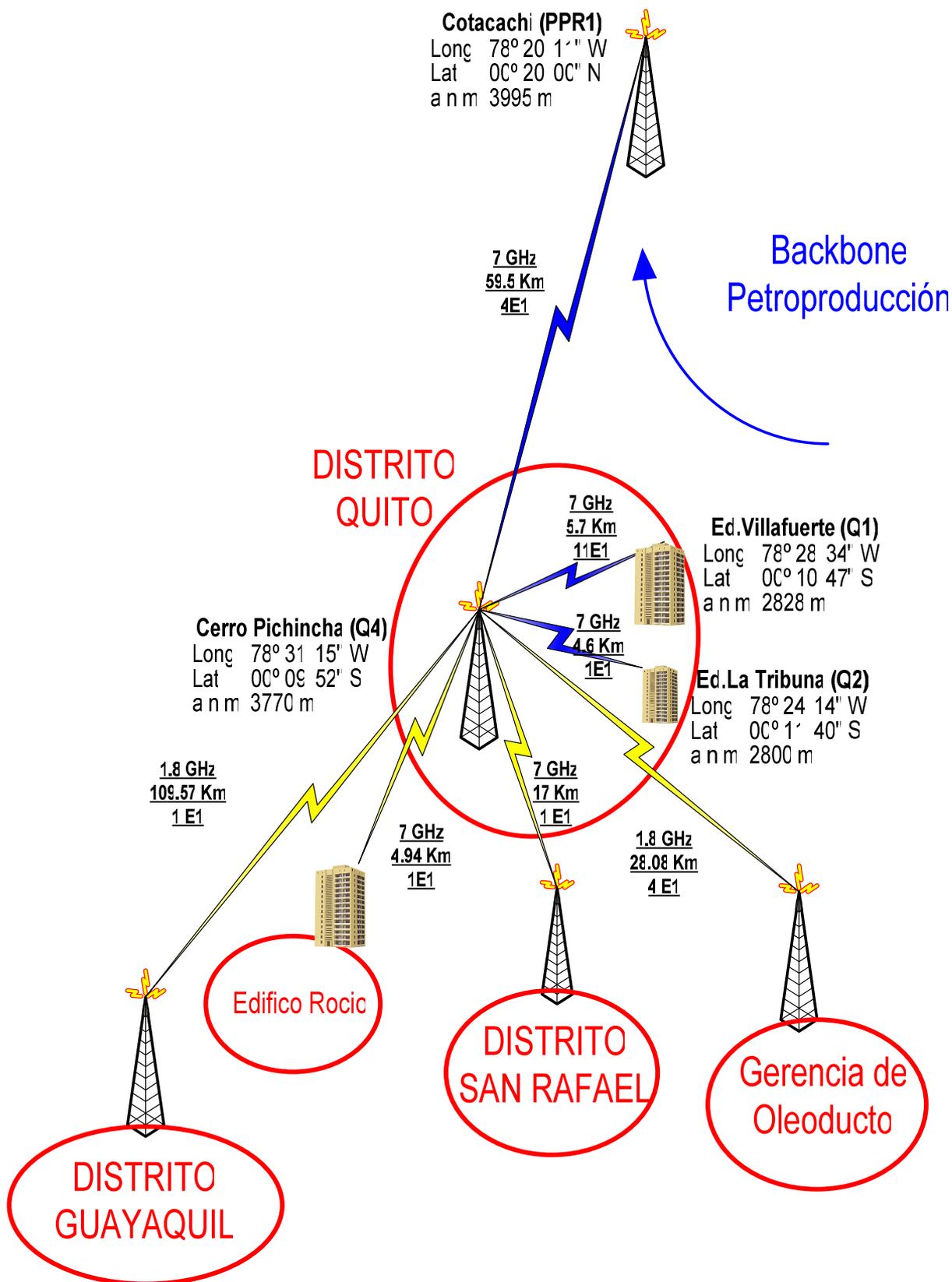


Fig. 2.2. Tráfico en el enlace Cerro Pichincha – Edificio Villafuerte

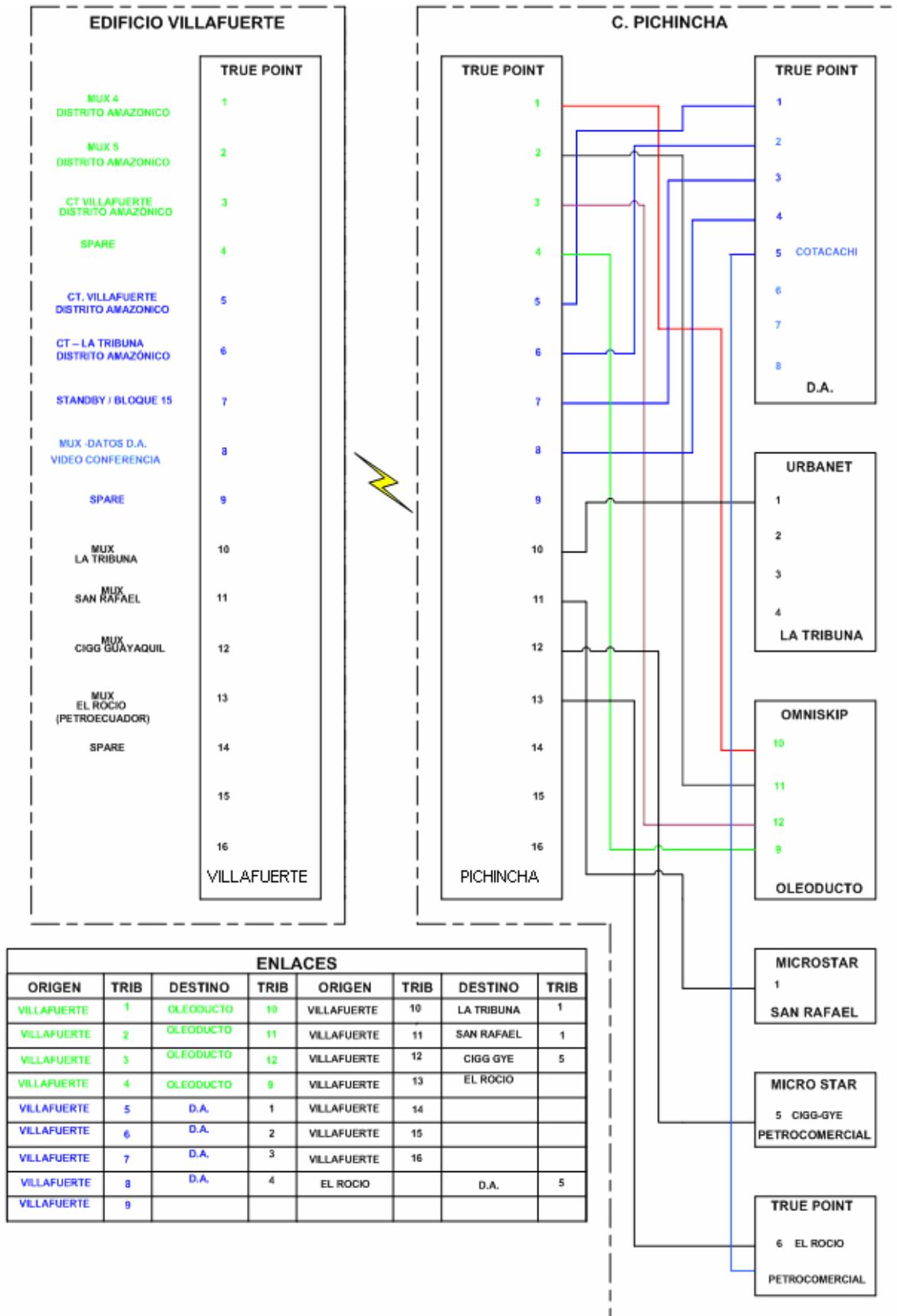


Fig. 2.3. Detalles de los E1 en el enlace Edificio Villafuerte - C. Pichincha

2.2. Información de Puntos de Enlace

Antes de mencionar los puntos de enlace del sistema de microondas de petroproducción es necesario indicar los tipos y modelos de antenas utilizadas en el sistema, dichos modelos serán los que se indique en cada punto de enlace en estudio.

2.2.1. Datos de antenas utilizadas

El sistema de comunicaciones de Petroproducción utiliza antenas de marca Andrew con las siguientes características.

MODELO	MARCA	TIPO	DÍAMETRO (m)	GANANCIA (dB)
HP8 – 77	ANDREW	Parabólica	2.4	50.7
PL8 – 77	ANDREW	Parabólica	2.4	42.5
PL6 – 77	ANDREW	Parabólica	1.8	40
PL4 – 77	ANDREW	Parabólica	1.2	37

Tabla 2.1. Antenas utilizadas

2.2.2. Edificio Villafuerte

El Edificio VILLAFUERTE en Quito también conocido como Edificio Matriz es una de las dependencias administrativas más importantes; aquí se encuentra la Unidad de Telecomunicaciones encargada de supervisar todos los procesos relacionados con el Sistema de Comunicaciones y es donde se concentra toda la información proveniente de todos los puntos de explotación y exploración Petrolera, en la figura 2.4 se observa la antena instalada en la terraza edificio.



Fig. 2.4. Antena Edificio Villafuerte

Información General

ID Sitio:	Edificio MATRIZ
Ubicación:	Quito (Av. 6 de Diciembre y Gaspar Cañero)
Región climática:	Sierra

Información Geográfica del Sitio

Coordenadas y	Longitud:	78° 28` 43"	W
	Latitud:	00° 10` 59"	S
Elevación:	Elevación (msnm):	2825 m	

Antena

Tipo de antena	PL4-77
Longitud del Mountig Pole	1.2 m
Altura	2 m sobre la terraza del edificio
Azimut de la antena (hacia el Pichincha)	287°
Tipo de cable	RG8
Longitud de cable desde ODU hasta la SPU	12 m

2.2.3. Cerro Pichincha

En éste sitio está instalado sobre la torre varias antenas utilizadas en conjunto para equipos de repetición de VHF y microondas de propiedad de filiales de Petroecuador como Petrocomercial, y Petroproducción; por ser un punto geográfico estratégico para enlaces presenta mucha cantidad de antenas y equipos instalados, en la figura 2.5 se aprecia la torre autosoportada junto a la caseta de control donde se encuentran los equipos de radio.



Fig. 2.5 Torre Pichincha

Información General

ID Sitio:	Pichincha
Ubicación:	Cerro Pichincha
Región climática:	Sierra

Información Geográfica del Sitio

Coordenadas y Elevación:	Longitud:	78° 31` 29" W
	Latitud:	00° 10` 07" S
	Elevación (msnm):	3858 m

Información de antena y torre

Torre	Altura:	54 m
	Estructura:	Autosoportada triangular

Antena 1

Tipo de antena	PL4-77
Longitud del Mountig Pole	1.2 m
Altura	2 m sobre la terraza de la caseta
Azimut de la antena (hacia la Matriz)	107°
Tipo de cable	RG8
Longitud de cable desde ODU hasta la SPU	18 m

Antena 2

Tipo de antena	HP8-77
Longitud del Mountig Pole	1.8 m
Altura	45 m sobre el suelo
Azimut de la antena (hacia Cotacachi)	48.06°
Tipo de cable	RG8
Longitud de cable desde ODU hasta la SPU	55 m

2.2.4. Cerro Cotacachi

Sitio donde se encuentran algunas repetidoras de microondas como se observa en la figura 2.6 entre ellas la repetidora de microonda digital de Petroproducción que enlaza cerro pichincha y cerro Cayambe, está equipada con equipos marca Harris True Point



Fig.2.6 Torre Cotacachi

Información General

ID Sitio:	Cerro Cotacachi
Ubicación:	Cotacachi
Región climática:	Sierra

Información geográfica del Sitio

Coordenadas y Elevación:	Longitud:	78° 20` 19" W
	Latitud:	00° 19` 48" N
	Elevación (msnm):	3994 m

Información de antena y torre

Torre	Altura:	45 m
	Estructura:	Autosoportada triangular

Antena 1

Tipo de antena	HP8-77
Longitud del Mountig Pole	1.8 m
Altura	26 m sobre el suelo
Azimut de la antena (hacia el Pichincha)	228.07°
Tipo de cable	RG8
Longitud de cable desde ODU hasta la SPU	35 m

Antena 2

Tipo de antena	PL6-77
Longitud del Mountig Pole	1.5 m
Altura	14 m sobre el suelo
Azimut de la antena (hacia el Cayambe)	124,37°
Tipo de cable	RG8
Longitud de cable desde ODU hasta la SPU	23 m

2.2.5 Cerro Cayambe

Sitio con condiciones climáticas severas que sirve de enlace entre las regiones Sierra y Oriente, aquí se encuentra una repetidora de microonda digital que enlaza las repetidoras del Cerro Cotacachi y Lumbaqui, también equipada con equipos marca Harris True Point, en la figura 2.7 las antenas de transmisión y recepción sobre la torre de 60 metros.



Fig. 2.7 Torre Cayambe

Información General

ID Sitio:	Cerro Cayambe
Ubicación:	Cerro Cayambe (a 17 Km de la población de Olmedo)
Región climática:	Sierra

Información geográfica del sitio

Coordenadas y Elevación:	Longitud:	77° 59' 25" W
	Latitud:	00° 3' 59" N
	Elevación (msnm):	1592 m

Información de antena y torre

Torre	Altura:	60 m
	Estructura:	Autosoportada triangular

Antena 1

Tipo de antena	PL6-77
Longitud del Mountig Pole	1.5 m
Altura	30 m sobre el suelo
Azimut de la antena (hacia el Pichincha)	304.37°
Tipo de cable	RG8
Longitud de cable desde ODU hasta la SPU	38 m

Antena 2

Tipo de antena	PL8-77
Longitud del Mountig Pole	1.8 m
Altura	50 m sobre el suelo
Azimut de la antena (hacia el Cayambe)	97.11°
Tipo de cable	RG8
Longitud de cable desde ODU hasta la SPU	58 m

2.2.6. Lumbaqui

Sitio ubicado en la región oriental del Ecuador (figura 2.8) que enlaza la repetidora de Cayambe con el equipo microonda del Aguarico el cual es el encargado de enlazar varios puntos del distrito Oriental



Fig. 2.8. Torre Lumbaqui

Información General

ID Sitio:	Lumbaqui
Ubicación:	Cerro Lumbaqui Alto (a 9 Km de la población de Lumbaqui)
Región climática:	Sierra

Información geográfica del Sitio

Coordenadas	Longitud:	77° 19` 20" W
	Latitud:	00° 00` 24" N
y Elevación:	Elevación (msnm):	1079m

Información de antena y torre

Torre	Altura:	48 m
	Estructura:	Autosoportada triangular

Antena 1

Tipo de antena^o	PL8-77
Longitud del Mountig Pole	1.8 m
Altura	27 m sobre el suelo
Azimut de la antena (hacia el Pichincha)	277.12°
Tipo de cable	RG8
Longitud de cable desde ODU hasta la SPU	37 m

Antena 2

Tipo de antena	PL6-77
Longitud del Mountig Pole	1.5 m
Altura	45 m sobre el suelo
Azimut de la antena (hacia el Cayambe)	82.84°
Tipo de cable	RGB8
Longitud de cable desde ODU hasta la SPU	58 m

2.2.7 Aguarico

Punto de acceso al distrito Amazónico encargado de enlazar la repetidora Lumbaqui con distintos equipos de radio del distrito amazónico entre ellos el de Lago Agrio sitio de mayor concentración de información del distrito; en la figura 2.9 las antenas de transmisión y recepción de los enlaces.



Fig. 2.9 Torre Aguarico

Información General

ID Sitio:	Aguarico
Ubicación:	Orilla del Rio Aguarico (a 4 Km de la ciudad de Lago Agrio)
Región climática:	Oriente Amazónico

Información geográfica del Sitio

Coordenadas y Elevación:	Longitud:	76° 52` 57" W
	Latitud:	00° 03` 51" N
	Elevación (msnm):	319 m

Información de antena y torre

Torre	Altura:	60 m
	Estructura:	Autosoportada triangular

Antena 1

Tipo de antena	PL6-77
Longitud del Mountig Pole	1.5m
Altura	45m sobre el suelo
Azimut de la antena (hacia el Pichincha)	262.84 °
Tipo de cable	RG8
Longitud de cable desde ODU hasta la SPU	60m

Antena 2

Tipo de antena	PL8-77
Longitud del Mountig Pole	1.8m
Altura	57 m sobre el suelo
Azimut de la antena (hacia Gaurumo)	89.23°
Tipo de cable	RG8
Longitud de cable desde ODU hasta la SPU	67 m

Antena 3

Tipo de antena	PL4-77
Longitud del Mountig Pole	1.2 m
Altura	35 m sobre el suelo
Azimut de la antena (hacia Lago Agrio)	21.80°
Tipo de cable	RG8
Longitud de cable desde ODU hasta la SPU	47 m

Antena 4

Tipo de antena	PL8-77
Longitud del Mountig Pole	1.8 m
Altura	32 m sobre el suelo
Azimut de la antena (hacia Lago Agrio)	179.16°
Tipo de cable	RG8
Longitud de cable desde ODU hasta la SPU	47 m

2.2.8. Datos de enlace de la ruta

A continuación en la tabla 2.2 se muestran datos técnicos generales de la ruta como la distancia entre los distintos enlaces microonda del sistema, además su frecuencia de trabajo así como su nivel de atenuación.

ENLACES	Ed. MATRIZ	PICHINCHA	COTACACHI	CAYAMBE	LUMBAQUI
	- PICHINCHA	- COTACACHI	- CAYAMBE	- LUMBAQUI	- AGUARICO
Distancia (Km)	5.36	59.17	48.48	74.45	49.63
Frecuencia de transmisión (Ghz)	8.08	7.121	7.345	7.177	7.121
Frecuencia de recepción (Ghz)	7.77	7.317	7.149	7.373	7.317
Pérdidas (dB)	130.06	146.0	144.0	148.0	143.7

Tabla 2.2 Datos de Enlace

2.3. Sistema de radio TRUEPOINT 5200

2.3.1. Descripción General

Esta plataforma de radio común ha sido diseñada para proveer un enlace muy fiable que permite transportar datos con velocidades binarias desde Nx E1/ DS1 y superior, hasta 155 Mbit/s STM-1 / STS-3 / OC-3, así como 4 DS3.

Actualmente, la gama de radiofrecuencias es de 6 a 39 GHz, esta plataforma ofrece varias interfaces de datos diferentes a fin de poder procesar PDH, SONET/SDH, IP, o una combinación de ellas.

El radio es completamente programable en términos de capacidad, nivel de modulación, canal de radiofrecuencia y nivel de potencia de salida de transmisión, para cualquiera de las opciones escogidas.

Sistemas de supervisión de las características de funcionamiento y de diagnósticos incorporados durante el servicio, son provistos para supervisar la calidad de la señal e identificar fallos en el *hardware* y en el trayecto de comunicaciones. Diodos Emisores de Luz (LED) y contactos de relé informan sobre el estado de las alarmas.

2.3.2. Descripción física

El sistema de radio comprende: una Unidad de Tratamiento de Señal (**SPU**) (interior), y una Unidad de Radiofrecuencia (**RFU**) (exterior), tal como se observa en la Fig. 2.10

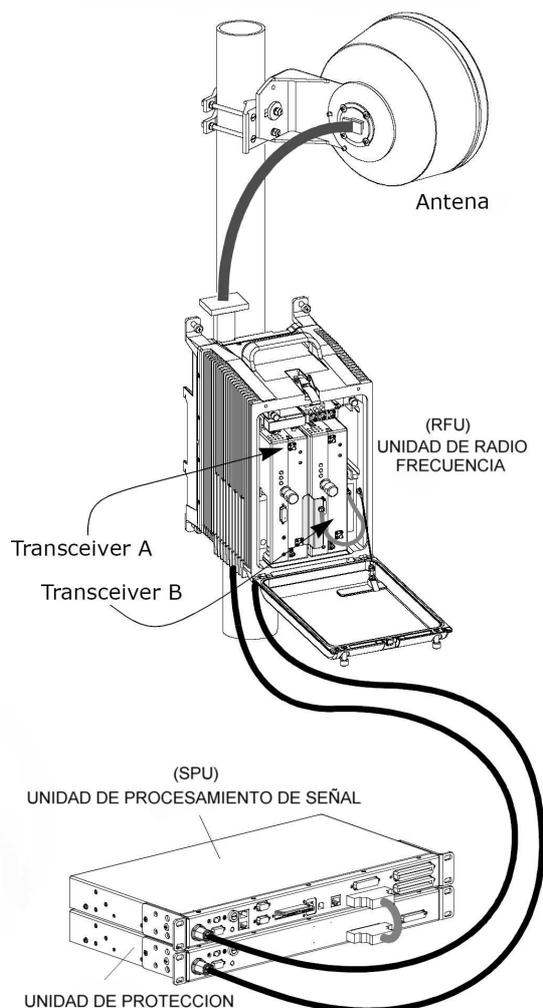


Fig. 2.10 Sistema de radio

2.3.2.1. La SPU (Unidad Interior)

La arquitectura modular de la SPU permite alojar en la caja de protección los siguientes módulos enchufables, (Fig. 2.11):

- a) El módem.
- b) El multiplexor.
- c) El controlador y los submódulos (opcionales).

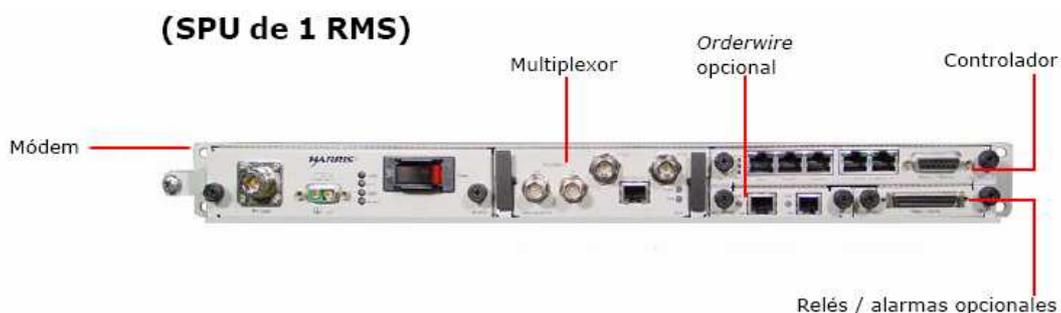


Fig. 2.11 S.P.U.

Los módulos del controlador y del módem son comunes para todas las capacidades y aplicaciones. El módulo multiplexor ofrece numerosas capacidades e interfaces diferentes a fin de adaptarse a las aplicaciones PDH, SDH/SONET e IP, (Fig. 2.12); también se ofrece una combinación de interfaces IP y PDH.

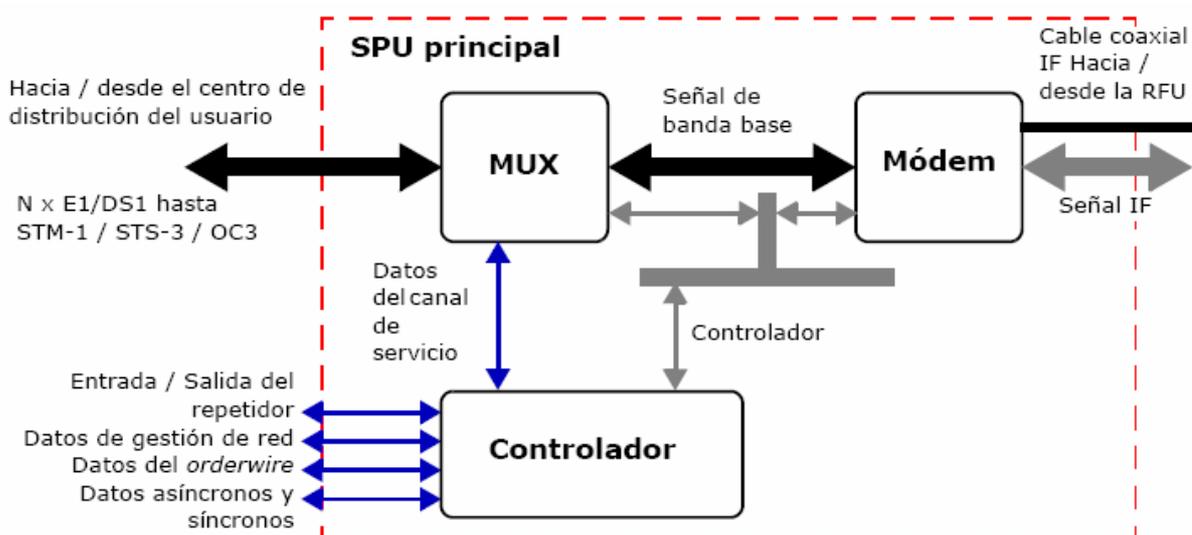


Fig. 2.12 Módulos de la SPU

La Unidad de Tratamiento de Señal (SPU) contiene los puertos y conectores del cliente para las señales de los tributarios, la gestión de red, las baterías, etc.

a) El módulo módem

El módulo módem contiene los **circuitos** para:

- El transceptor de línea IF.
- La modulación.
- La demodulación.
- La fuente de alimentación para la SPU.
- El codificador y el decodificador de la Corrección Anticipada de Errores (FEC).
- La Ecuación Diferencial de Retardo Absoluto (DADE), para habilitar la conmutación de recepción sin errores.

b) El módulo múltiplex

El módulo multiplexor provee varias interfaces diferentes a fin de adaptarse a las aplicaciones PDH, SDH, SONET, y el IP.; también se ofrecen combinaciones de aplicaciones de interfaz, tal como PDH e IP. La protección del multiplexor (MUX) en un estante de montaje 1+1 es opcional.

c) El módulo controlador

El controlador consiste en un módulo principal que proporciona funciones estándar con dos compartimientos modulares o espacios de ampliación para módulos ofreciendo funciones opcionales, tales como canal de servicio *Orderwire*, datos de 64 kbit/s, contactos de relés adicionales, y otras funciones que podrían requerirse en un futuro.

Principales Indicadores visuales de la SPU

En las siguientes tablas se indica el significado de los indicadores de colores (leds) que sobresalen en la unidad interna SPU, los cuales permiten conocer de alguna anomalía dentro de los módulos de la unidad.

En la tabla 2.3 se detalla el significado de los led indicadores para el módulo del modem dentro del SPU, y en la figura 2.13 se observa donde y como están distribuidos estos leds.

Módulo	Identificación	Color	Significado
Módem	TRAFFIC	Verde	El módulo está en línea (<i>on-line</i>).
		Apagado	Ningún tráfico está pasando.
	RFU	Verde	La RFU está funcionando bien.
		Rojo	Existe una avería en la RFU.
	CABLE	Verde	El cable que conecta la IDU con la RFU está en buenas condiciones.
		Rojo	El cable que conecta la IDU con la RFU está defectuoso.
MODEM	Verde	El módem está funcionando bien.	
	Rojo	El módem está defectuoso.	

Tabla 2.3 Significado de los leds indicadores del módulo módem

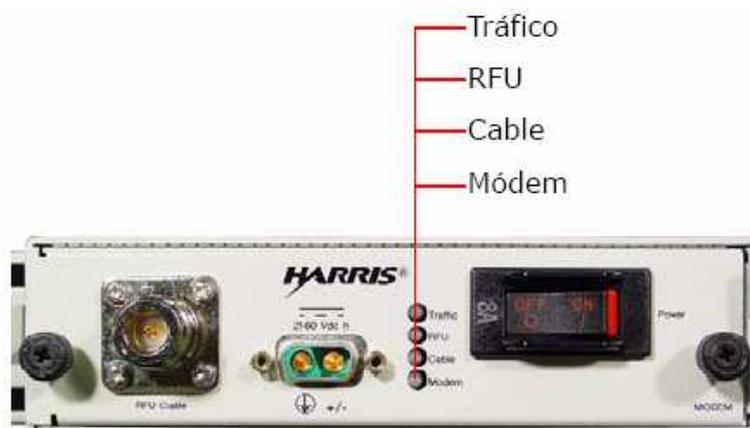


Fig. 2.13 Módulo módem del SPU

En la tabla 2.4 se detalla el significado de los led indicadores para el módulo multiplexor dentro del SPU, y en la figura 2.14 se observa donde y como están distribuidos estos leds.

Módulo	Identificación	Color	Significado
MUX	TRAFFIC	Verde	El módulo está en línea (<i>on-line</i>).
		Apagado	Ningún tráfico está pasando.
	MUX	Verde	El multiplexor está funcionando bien.
		Rojo	El multiplexor está defectuoso.

Tabla 2.4 Significado de los leds indicadores del módulo mux

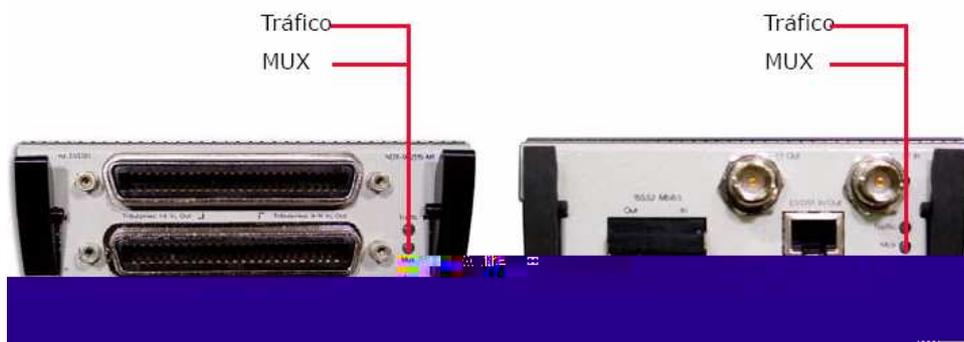


Fig. 2.14 Módulo mux del SPU

En la tabla 2.5 se detalla el significado de los led indicadores para el módulo controlador dentro del SPU, y en la figura 2.15 se observa donde y como están distribuidos estos leds.

Módulo	Identificación	Color	Significado
Controlador	RMT	Apagado ^a	El equipo en el emplazamiento distante está funcionando bien.
		Amarillo	Problemas con el equipo del emplazamiento distante
	MIN	Apagado	El sistema está funcionando bien.
		Amarillo	El tráfico ha sido forzado manualmente hacia uno de los dos canales, o una alarma menor está activa.
	MAJ	Verde	El sistema está funcionando bien.
		Rojo	Alarma mayor. Existe un problema que ha provocado la interrupción del tráfico.

a. Todos los LEDs apagados indican que un controlador no está funcionando bien.

Tabla 2.5 Significado de los leds indicadores del módulo módem



Fig. 2.15 Módulo controlador del SPU

2.3.2.2. La Unidad de Radiofrecuencia (RFU)

La Unidad de Radiofrecuencia (RFU) consta de:

- a) Un módulo transceptor, y
- b) Una Unidad de Acoplamiento de Antena (ACU).

a) El transceptor

El módulo transceptor proporciona diferentes funciones a la RFU, éstas funciones comprenden:

- Fuente de alimentación.
- Procesador del radio.
- Interfaz del cable.
- Transmisión IF.
- Convertidor ascendente.
- Amplificador de Potencia (PA).
- Amplificador de Bajo Ruido (LNA)
- Convertidor descendente
- Amplificador del Control Automático de Ganancia (AGC) de la Frecuencia Intermedia (IF) de recepción.

b) La Unidad de Acoplamiento de Antena (ACU)

La Unidad de Acoplamiento de Antena (ACU) figura 2.16 incorpora un filtro RF de transmisión y un filtro RF de recepción. En un sistema con Respaldo Activo Supervisado (MHSB) 1+1, la ACU contiene también el conmutador RF y el divisor.

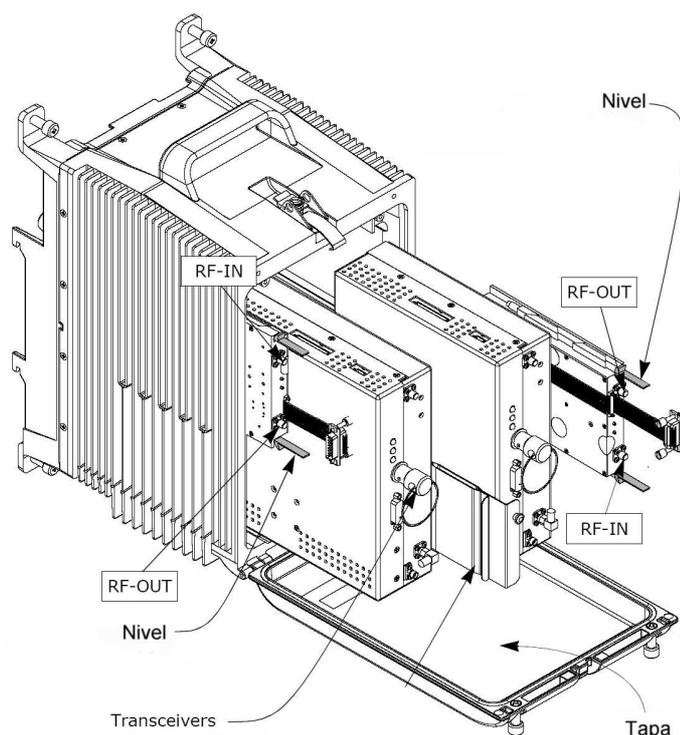


Fig. 2.16 Unidad de acoplamiento de antena

2.3.3. Teoría de funcionamiento de sistema de radio

2.3.3.1 Transmisión

En la dirección de transmisión (Figura 3.1), una señal de tráfico proveniente del centro de distribución del usuario, entra hasta la Unidad Interior (IDU) por medio del módulo multiplexor o el Módulo de Distribución de las Señales (SDM) (Cuando

el multiplexor tiene protección 1+1). A partir de aquí, la señal es procesada de acuerdo con la secuencia descrita en la Tabla 2.6.

Secuencia	Módulo	Componente	Descripción del tratamiento de la señal
1	MUX (SPU)	Circuito del Transceptor de Línea	<ul style="list-style-type: none"> • Convierte la señal entrante (bipolar), en datos Sin Retorno a Cero (NRZ) • Recupera el 'reloj' de la señal entrante. • Utiliza el 'reloj' para regenerar la señal binaria. • Con la normas ANSI, permite seleccionar un código de línea individual (para DS1, AMI o B8ZS)
2	MUX (SPU)	Multiplexor (PDH)	<ul style="list-style-type: none"> • Añade <i>bits</i> de relleno para sincronizar los tributarios entrantes. • Multiplexa los tributarios junto con los datos del canal de servicio provenientes del controlador a una velocidad binaria total. • Suministra el reloj del canal de servicio al controlador
3	Módem (SPU)	Circuito FEC	<ul style="list-style-type: none"> • Aleatoriza los datos con el algoritmo que proporciona la máxima secuencia de tramas. • Los datos aleatorizados son luego codificados por la Corrección Anticipada de Errores (FEC). • El tipo de codificador FEC es programable para que sea <i>Reed Solomon</i> con o sin intercalador, o bien, Modulación con Código Reticular (TCM) "Trellis" 2D ó 4D concatenado con <i>Reed Solomon</i>. • La velocidad de código FEC es programable y añadida a la sobrecarga o encabezado para formar la velocidad binaria total. • Genera el reloj para el multiplexor en el caso de la Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH).
4	Módem (SPU)	Modulador	<ul style="list-style-type: none"> • Configura la señal codificada FEC correspondiente a la modulación especificada, la cual puede programarse como QPSK, 16/32/64/128/256 QAM. • Realiza la conformación del espectro por medio de un filtro FIR con criterio de <i>Nyquist</i> en coseno alzado en las bandas base de transmisión y recepción. • Genera la señal IF modulada según el tipo de modulación especificada.

Tabla 2.6 Secuencia de Transmisión (parte1de2)

Secuencia de Operación (Continuación)

Secuencia	Módulo	Componente	Descripción del tratamiento de la señal
5	Módem (SPU)	Interfaz de cable (SPU)	<ul style="list-style-type: none"> • Combina las señales IF transmitida y de telemetría, las cuales son transmitidas usando la 'manipulación por interrupción' (OOK: <i>on-off keying</i>), entre la SPU y la RFU. • Inserta la señal modulada recibida, en el cable coaxial que conecta la SPU con el transceptor correspondiente de la RFU. • Suministra la alimentación de Corriente Continua (DC) a la RFU por medio del cable coaxial. • Inserta la señal 'todos uno' durante la ausencia del controlador para impedir el silenciamiento del radio que de lo contrario se produciría (telemetría / controlador defectuoso).
6	Controlador (SPU)	Controlador	<ul style="list-style-type: none"> • Genera una señal de telemetría para controlar y configurar la unidad de radio. • Alimenta al multiplexor con los datos por paquetes del canal de servicio. Estos datos por paquetes son multiplexados junto con las señales del tributario principal y otros datos, tales como los del canal secundario en el módulo multiplexor. • Supervisa todos los módulos y señala las alarmas, cuando éstas ocurren, por medio de Diodos Emisores de Luz (LED) y contactos de relé programables asociados. • Toma decisiones de conmutación en sistemas con protección 1+1.
7	Transceptor (RFU)	Interfaz de cable (RFU)	<ul style="list-style-type: none"> • Extrae las señales IF modulada y de telemetría, y obtiene la alimentación DC a partir de la señal compuesta en el cable coaxial.
8	Transceptor (RFU)	Bloque convertidor ascendente	<ul style="list-style-type: none"> • Convierte la señal modulada en una señal de alta frecuencia por medio de un mezclador de dos etapas; regulando al mismo tiempo la amplitud.
9	Transceptor (RFU)	Módulo transmisor	<ul style="list-style-type: none"> • Convierte la señal de modo ascendente en una señal con la frecuencia de transmisión, y la amplifica.
10	ACU (RFU)	Diplexor / filtros RF	<ul style="list-style-type: none"> • Finalmente, este componente dirige la señal hacia la antena en donde es transmitida.

Tabla 2.6 Secuencia de Transmisión⁴ (Parte 2 de 2)

2.3.3.2. Recepción

Cuando la señal de transmisión llega al receptor en el radio de coordinación, lo hace a través de la antena. A partir de aquí, la señal es procesada de acuerdo con la secuencia descrita en la Tabla 2.7.

⁴ Manual de descripción del Sistema
IMN-903000-E01 para TRuepoint™ 5000 Series

Secuencia de Operación

Secuencia	Módulo	Componente	Descripción del tratamiento de la señal
1	ACU (RFU)	Diplexor / filtros RF	<ul style="list-style-type: none"> Mantiene la señal de recepción separada de la señal de transmisión de salida, suprimiendo al mismo tiempo toda frecuencia indeseable.
2	Transceptor (RFU)	Módulo receptor	<ul style="list-style-type: none"> Amplifica la señal y la convierte en otra de frecuencia más baja. La convierte de modo descendente en una señal de Frecuencia Intermedia (IF) de 70 MHz. Controla el nivel de la señal con los circuitos del Control Automático de Ganancia (AGC).
3	Transceptor (RFU)	Interfaz de cable (RFU)	<ul style="list-style-type: none"> Inserta la señal IF en el cable coaxial junto con los datos de telemetría modulados, para luego dirigirlos hacia la Unidad de Tratamiento de Señal (SPU) correspondiente.
4	Módem (SPU)	Interfaz de cable (SPU)	<ul style="list-style-type: none"> Extrae las señales IF de recepción y de telemetría a partir de la señal compuesta en el cable coaxial.
5	Módem (SPU)	Demodulador	<ul style="list-style-type: none"> Usando su circuito AGC de IF, compensa las pérdidas en el cable que conecta la SPU con la RFU. Usando un filtro de IF, elimina las señales de interferencia adyacentes. Usa un filtro de Respuesta al Impulso Finita (FIR) para eliminar señales fuera de banda e interferentes, y completar la conformación óptima del espectro juntamente con el filtro FIR de transmisión. Valiéndose de un ecualizador de pendiente, compensa la pendiente al lo largo del cable de interconexión SPU / RFU. Cuenta con un Ecualizador Adaptable de Dominio Temporal (ATDE) para mitigar la distorsión de la señal por trayectos múltiples y ciertas imperfecciones del equipo. Recupera las portadoras a partir de la señal IF y regenera el reloj y los trenes de datos. Envía la señal al circuito de la Corrección Anticipada de Errores (FEC).
6	Módem (SPU)	Circuito FEC	<ul style="list-style-type: none"> Utiliza los <i>bits</i> del código de corrección incorporados en la señal para corregirla si fuese necesario.
7	Módem (SPU)	Circuitos DADE	<ul style="list-style-type: none"> Recibe la señal descodificada de la FEC y alinea la fase del tráfico en cada canal con la fase del tráfico del otro canal. Es en este punto que el controlador puede conmutar el tráfico entre canales, según se requiera, con el objeto de mantenerlo sin interrupciones.

Tabla 2.7 Secuencia de Recepción (parte 1 de 2)

Secuencia de Operación (Continuación)

Secuencia	Módulo	Componente	Descripción del tratamiento de la señal
8	MUX (SPU)	Demultiplexor	<ul style="list-style-type: none"> • Recibe la señal descodificada de la FEC, la recupera y separa las señales de control de la red, los datos periféricos, la frecuencia de voz digitalizada y el tráfico. • Reduce la fluctuación de fase de los datos del tráfico y los convierte en una señal bipolar de conformidad con las recomendaciones de la ITU-T, luego los envía al conector de la señal de los tributarios o al Módulo de Distribución de las Señales (SDM) en una Unidad de Protección (PU). • Regenera los datos por paquetes del canal de servicio y los envía al controlador.
9	Controlador (SPU)	Controlador	<ul style="list-style-type: none"> • Recibe del demultiplexor los datos por paquetes del canal de servicio y el reloj. • Recupera los datos correspondientes y los envía a los circuitos o puertos de datos respectivos para su posterior procesamiento.

Tabla 2.7 Secuencia de Recepción⁵ (Parte 2 de 2)

2.3.4. Principales Configuraciones del Equipo

- Un radio **no protegido** TRuepoint (configuración 1+0) consta de una RFU sin protección y una única SPU principal. La interconexión entre la SPU y la RFU se realiza con un solo cable coaxial estándar.

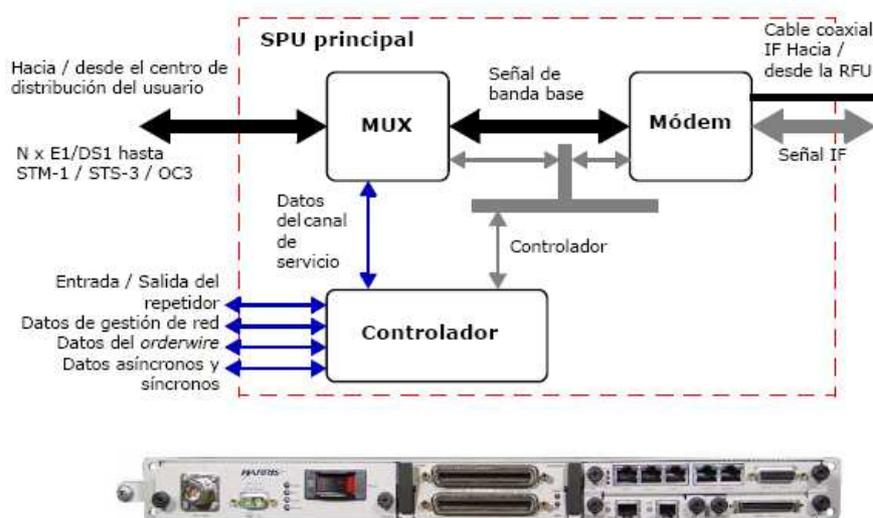


Fig. 2.17 Configuración 1+0

⁵ Manual de descripción del Sistema
IMN-903000-E01 para TRuepoint™ 5000 Series

- Un radio **protegido** TRuepoint™ (configuración 1+1) consta de una **SPU**, una **Unidad de Protección**, y una **RFU** protegida que incluye dos transceptores; cada uno de los cuales se conecta, mediante un solo cable coaxial, a la SPU principal y a la Unidad de Protección respectivamente.

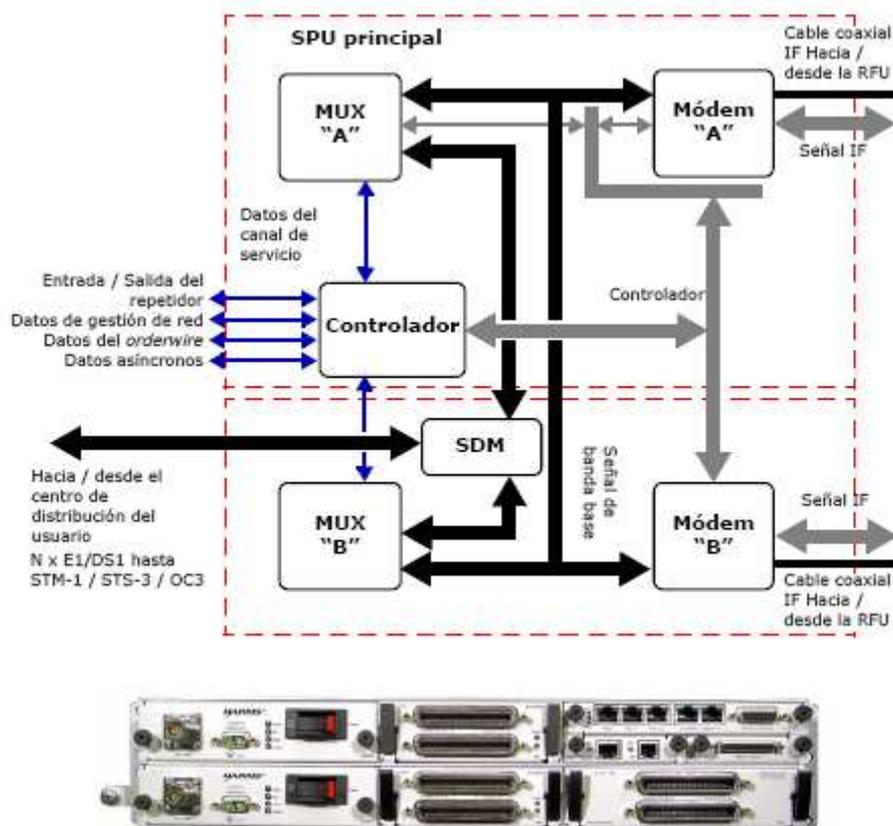


Fig. 2.18 Configuración 1+1

2.3.5. Características claves del equipo de radio TRuepoint 5200 de Harris

El equipo de radio utilizado por Petroproducción presenta múltiples características de diseño que permiten optimizar el servicio de una red microonda, entre estas características importantes están:

- La Unidad de Tratamiento de Señal (SPU) es independiente de la Frecuencia Radioeléctrica (RF).
- La Unidad de Radiofrecuencia (RFU) es independiente de la capacidad.
- Módem completamente programable, de 4 QAM a 256 QAM

- Supervisión de la calidad del servicio con parámetros de acuerdo con las recomendaciones G.826/828 de la ITU-T.
- Autodiagnósticos incorporados para diferenciar las alarmas de trayecto de las alarmas en los equipos.
- Conmutación de recepción sin errores.
- Canal de servicio *orderwire* digital opcional [hasta 2 en una Unidad Interior (IDU)].
- Interfaz de datos opcional de 64 kbit/s (hasta 2 en una IDU, opción futura).
- Agente incorporado para apoyar el Protocolo Simple de Gestión de Red (SNMP).
- Contactos de relé programables para la indicación de alarmas o funciones de control en el emplazamiento.
- Supervisión de alarmas en el emplazamiento.
- Datos asíncronos incorporados (19.2 kbit/s); se ofrece el estándar.
- Interfaz Web-CIT para el mantenimiento del radio.
- Interfaces IP
- Mejoramiento en capacidad por medio de una 'llave de soporte físico' (*hardware key*) (para módulos 16 x DS1/E1); cambio de módulos MUX para otras capacidades.
- Selección de la ancho de banda por *software*.

CAPITULO III

ALTERNATIVAS DE OPTIMIZACIÓN Y FACTIBILIDAD DEL DISEÑO

En este capítulo se determinará las posibles alternativas para optimización de recursos, factibilidad técnica y legal del diseño de una ruta alterna que logre canalizar el tráfico de información en momentos de eventuales pérdidas de enlace en el Sistema de Comunicaciones de Petroproducción, además de analizar la ventaja y desventaja de que este nuevo enlace trabaje en conjunto con este Sistema de Comunicaciones de Petroproducción y finalmente definir los puntos de enlace mas adecuados para la ruta alterna.

3.1. Ventaja y desventaja de una Nueva Ruta

Este proyecto tiene como finalidad el aumentar un punto de enlace a la red, que proporcione redundancia al sistema actual de comunicaciones y con esto llegar a optimizar la confiabilidad en la transmisión de datos enviados desde Quito a la región Amazónica; dicho punto de enlace contribuirá a generar un camino no aislado al sistema de comunicaciones original, capaz de transportar datos en una eventual pérdida de enlace ocasionado en puntos del sistema propensos a fallos.

Para ello, se requiere utilizar infraestructura y equipos de la empresa que involucren una menor inversión posible, para lo cual se analizará la ruta alterna de manera que cumpla con estas condiciones.

En el capítulo anterior se detalló el tipo de equipo utilizado en el Sistema de Comunicaciones de Petroproducción, así como el tipo de torre y el número de antenas de cada punto de enlace, a continuación en la tabla 3.1., se enumera la infraestructura utilizada en el Sistema de Comunicaciones, al cual se deberá incorporar un punto de enlace con su respectivo equipo de transmisión y recepción.

PUNTO	Edificio Villafuerte	Edificio Tribuna	Pichincha	Cotacachi	Cayambe	Lumbaqui	Aguarico	TOTAL
Torres	1	0	1	1	1	1	1	6
Antenas	1	1	6	2	2	2	2	16
Equipos	1	1	7	2	2	2	2	17
Sist. Eléctrico banco de baterías	1	1	1	1	1	1	1	7
Equipo multiplexor	1	1	0	0	0	0	0	2
Equipo de radio enlace	1	1	1	1	1	1	1	7
Caseta	1	1	1	1	1	1	1	7

Tabla 3.1 Infraestructura del Sistema actual

El llevar a cabo un enlace que utilice un menor número de repetidoras en comparación al Sistema actual de Comunicaciones de Petroproducción, y que éste entre a trabajar en su reemplazo daría lugar a la optimización de recursos, ya que esto implicaría la utilización de un menor número de equipos de radio, antenas, sistema eléctrico, visitas técnicas y demás.

3.2. Nuevo punto de enlace en el Sistema de Comunicaciones

La necesidad de puntos de enlace que ayuden a mantener una continua comunicación aún cuando el sistema original no presente problemas en uno de sus puntos de enlace es debido a que todo sistema de telecomunicaciones debería tener un sistema de respaldo emergente en caso de fallar en un momento dado.

Dentro del sistema de comunicaciones de Petroproducción existen varios sitios con repetidoras descritos en el capítulo anterior, los cuales permiten la comunicación entre el distrito Quito y distrito Amazónico, siendo los más expuestos a fuertes vientos, lluvias o fallas de tipo eléctrico o funcional los equipos ubicados en cerro Pichincha, cerro Cotacachi, cerro Cayambe, éste último con menos probabilidad ya que cuenta con personal del ejército que

monitorea constantemente la zona y personal de la empresa que llega al lugar para un continuo mantenimiento y soporte del sistema.

El punto de enlace Cerro Pichincha ha presentado dentro del año importantes fallas de tipo eléctrico, debido a fuertes descargas eléctricas propiciadas por abundantes lluvias sobre la ciudad de Quito, lo que a ocasionado en un sin numero de ocasiones daños en los equipos y en los sistemas de respaldo eléctrico, aún cuando estos cuentan con sus debidas protecciones. El cerro Pichincha además presenta una alta saturación de equipos microonda ya que por su ubicación es utilizado por varias empresas nacionales para brindar diferentes tipos de servicios como radio, televisión, Internet, celulares, etc. Sumado a que este punto presente

El punto de enlace Cerro Cotacachi al igual que cerro Pichincha presenta problemas eléctricos, sumados a los inconvenientes dados por los fuertes vientos producidos y el difícil acceso a la zona donde esta ubicada la torre del equipo repetidor; hacen de este sitio de repetición un constante problema al sistema de comunicación entre Quito y el Oriente.

De lo descrito anteriormente, al analizar un enlace alternativo que no tome en cuenta la repetidora de Pichincha y Cotacachi habrá de considerar un enlace entre el Edificio Villafuerte y Cerro Cayambe, y al no ser factible enlazar estos dos sitios directamente, se buscaría un punto central para ubicar un equipo repetidor, el punto más idóneo es Condorcocha, lugar donde se tiene una línea de vista directa a estos dos puntos a enlazar.

Tomando en cuenta este análisis, el enlace alternativo partiría del Edificio Villafuerte, se dirija a la localidad de Condorcocha y luego se lo direccionaría hacia el Cerro Cayambe cerrando un anillo de seguridad como se muestra en la figura 3.1.

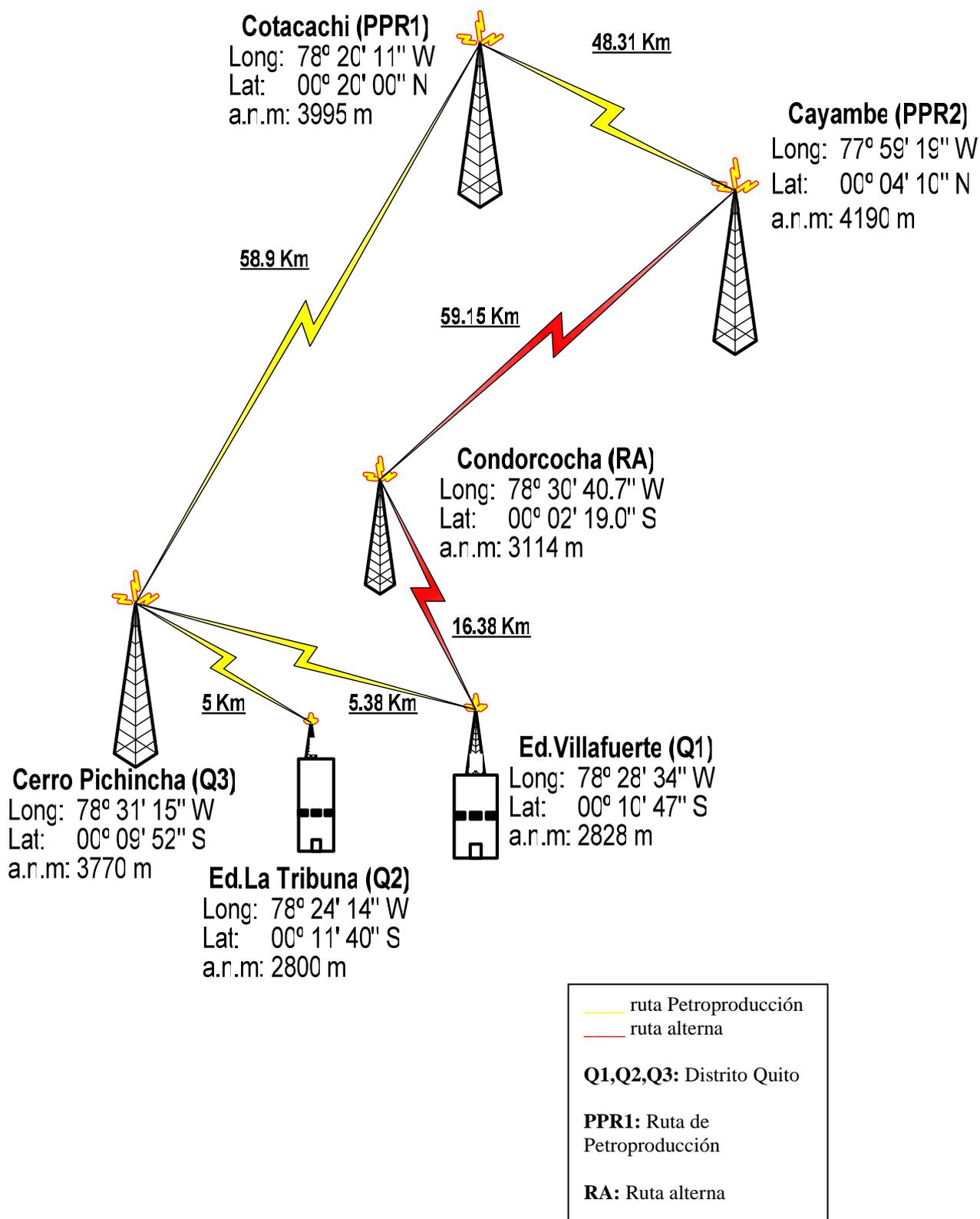


Fig. 3.1. RUTA ALTERNA

3.3. Factibilidad técnica de la ruta alterna

Condorcocha es el punto geográfico propicio para colocar una repetidora de microonda, debido a que en este sitio se encuentra ya instalada una torre de comunicaciones perteneciente a la D.A.C. (Dirección de Aviación Civil), y cuya entidad permitiría a Petroproducción instalar un equipo repetidor de microondas, ocupando un lugar físico disponible en su torre y su caseta de control; cabe aclarar que esta facilidad se la obtiene debido a que Petroproducción facilita a la D.A.C. puntos estratégicos de enlace para sus comunicaciones aéreas.

La torre ubicada en la localidad de Condorcocha y que tiene como ubicación geográfica las coordenadas: longitud: 78° 30' 40.7" W y latitud: 00° 02' 19.0" S. proporcionaría un enlace directo con el Edificio Villafuerte de Petroproducción, de longitud: 78° 28' 43" W y latitud: 00° 10' 59" S , dicho enlace es analizado a continuación con la ayuda de un software de simulación el cual permite observar los datos técnicos de transmisión y recepción, así como su respectivo perfil topográfico.

Mediante la ayuda del programa de simulación de enlaces "PathLoss" versión 4.0, con licencia propiedad del área de Telecomunicaciones de Petroproducción se ingresa datos que reflejen las condiciones de enlace entre las coordenadas mencionadas anteriormente.

Los resultados que presenta el programa de simulación luego de ingresar datos como ubicación geográfica de los sitios a comunicar, permitirá observar que existe un enlace directo entre dos puntos geográficos, así como también conocer su distancia, ángulo azimut para cada punto; además con la descripción del equipo utilizado se puede visualizar datos de las pérdidas de espacio libre, frecuencia a utilizarse, modulación, etc., procedimiento detallado en las figuras de las siguientes páginas.

3.3.1. Uso del Software Pathloss 4.0

- **Simulación del enlace Edificio Villafuerte “Matriz” – Condorcocha**

Inicialmente el programa despliega una ventana lista para ingresar datos de los sitios a enlazar, como se muestra en la figura 3.2.

Nombres de los Sitios	Sitio 1	Sitio 2	Código de Operador	Petroproducción
Sigla			Modelo de Radio	
Código de Estación			Código	
Estado / Provincia			Designador de Emisor	
Código de Propietario			Distintivo	
Latitud			Potencia de Transmisión (dBm)	
Longitud			Frecuencia (MHz)	7275.00
Azimuth Verdadero (°)			Polarización	Vertical
Distancia Calculada (km)			Pérdidas de Espacio Libre (dB)	
Distancia del Perfil (km)			PIRE (dBm)	
Datum	WGS 1984		Señal Recibida (dBm)	
Elevación (m)			Radio configuration	
Altura de Torre (m)				
Altura de Antena de TR (m)	0.00	0.00		
Código				
Pérdidas TX (dB)	0.00	0.00		
Pérdidas RX (dB)	0.00	0.00		



Fig. 3.2. Ventana de inicialización Pathloss⁶

Como primer paso al programa se ingresan los nombres de los sitios a enlazarse, así como sus coordenadas geográficas (latitud y longitud), desplegándose inmediatamente la distancia entre estos dos puntos y su ángulo azimuth respectivo; además como ya se tiene estandarizada la frecuencia de trabajo podemos observar las pérdidas de espacio libre en dB, como se muestra en la figura 3.3.

Nombres de los Sitios	Edificio Villafuerte	Condorcocha	Código de Operador	Petroproducción
Sigla			Modelo de Radio	
Código de Estación			Código	
Estado / Provincia	Pichincha	Pichincha	Designador de Emisor	
Código de Propietario			Distintivo	
Latitud	00 10 59.00 S	00 02 19.00 S	Potencia de Transmisión (dBm)	
Longitud	078 28 43.00 W	078 30 40.70 W	Frecuencia (MHz)	7275.00
Azimuth Verdadero (°)	347.16	167.16	Polarización	Vertical
Distancia Calculada (km)	16.38		Pérdidas de Espacio Libre (dB)	133.99
Distancia del Perfil (km)			PIRE (dBm)	
Datum	WGS 1984		Señal Recibida (dBm)	
Elevación (m)			Radio configuration	
Altura de Torre (m)				
Altura de Antena de TR (m)	0.00	0.00		
Código				
Pérdidas TX (dB)	0.00	0.00		
Pérdidas RX (dB)	0.00	0.00		



Fig. 3.3. Ingreso de puntos a enlazar en Pathloss¹

⁶ Tabla adquirida de Software Pathloss 4.0

Seguidamente se ingresa datos de elevación en metros de los sitios de interés, alturas de torres, alturas de las antenas de Transmisión, y se incluye el código correspondiente al tipo de antena a utilizarse. En ese punto el código a ingresar corresponde al modelo de antena dentro del rango de frecuencia y ganancia necesaria para el enlace; además se ingresa también el código del equipo a trabajar en este caso TRPT7G16E1⁷ indicado en la fig. 3.4, perteneciente al radio microonda disponible y de uso de la empresa

Nombres de los Sitios	EDIFICIO MATRIZ	CONDORCOCHA	Código de Operador	ETROPRODUCCIO	
Sigla			Modelo de Radio	Point 5207 16E1 1	Point 5207 16E1 1
Código de Estación			Código	TRPT7G16E1	TRPT7G16E1
Estado / Provincia			Designador de Emisor		
Código de Propietario			Distintivo	16E1-16QAM	16E1-16QAM
Latitud	00 10 59.00 S	00 02 19.00 S	Potencia de Transmisión (dBm)	27.00	27.00
Longitud	078 28 43.00 W	078 30 40.70 W	Frecuencia (MHz)	7275.00	
Azimuth Verdadero (°)	347.16	167.16	Polarización	Vertical	
Distancia Calculada (km)	16.38		Pérdidas de Espacio Libre (dB)	133.99	
Distancia del Perfil (km)	16.38		PIRE (dBm)	63.53	63.53
Datum	WGS 1984		Señal Recibida (dBm)	-33.69	-33.69
Elevación (m)	2825.00	3114.00	Radio configuration		
Altura de Torre (m)	0.00	40.00	TX Ch. - 1	TX Ch. - 2	
Altura de Antena de TR (m)	5.00	30.00	7373.0000-V	7177.0000-V	
Código	1339a	1339a			
Pérdidas TX (dB)	0.67	0.67			
Pérdidas RX (dB)	0.27	0.27			

Fig. 3.4 Ingreso de códigos de equipos utilizados en Pathloss

Finalmente para obtener un perfil Topográfico del enlace se debe ingresar los datos del terreno, es este punto se ingresa las alturas del trayecto, valores tomados de diferentes cartas topográficas.

Al no existir elevaciones de terreno considerables en el trayecto de la línea de vista entre los puntos de enlace, únicamente se ingresa las elevaciones del transmisor y receptor tal como en la tabla 3.2, siguiente.

⁷ Equipo de radio microonda TRUE POINT, con frecuencia de trabajo de 7275Hz, capacidad 16E1

Datos del Terreno	
Distancia (Km) desde Edif. Matriz	Elevación (m) sobre nivel del mar
0	2825
12.3	20
16.38	3114

Tabla 3.2 Datos de terreno enlace Edificio Villafuerte – Condorcocha

En la figura 3.5 se observa el perfil topográfico, distancias y alturas de terreno del enlace Edificio Villafuerte – Condorcocha obtenido en la simulación.

Se observa un enlace de corta distancia y libre de obstrucciones que permite una línea de vista continua entre las antenas de los equipos transmisor y receptor.

Este enlace es muy importante porque suprime el enlace que se utiliza desde el edificio Villafuerte hacia el Cerro Pichincha dentro del sistema de comunicaciones de Petroproducción, además presenta óptimas condiciones para realizar un enlace ya que posee una línea de vista directa con el equipo receptor y además existe una distancia muy corta entre puntos de enlace lo que facilita el tener menor pérdidas en la señal.

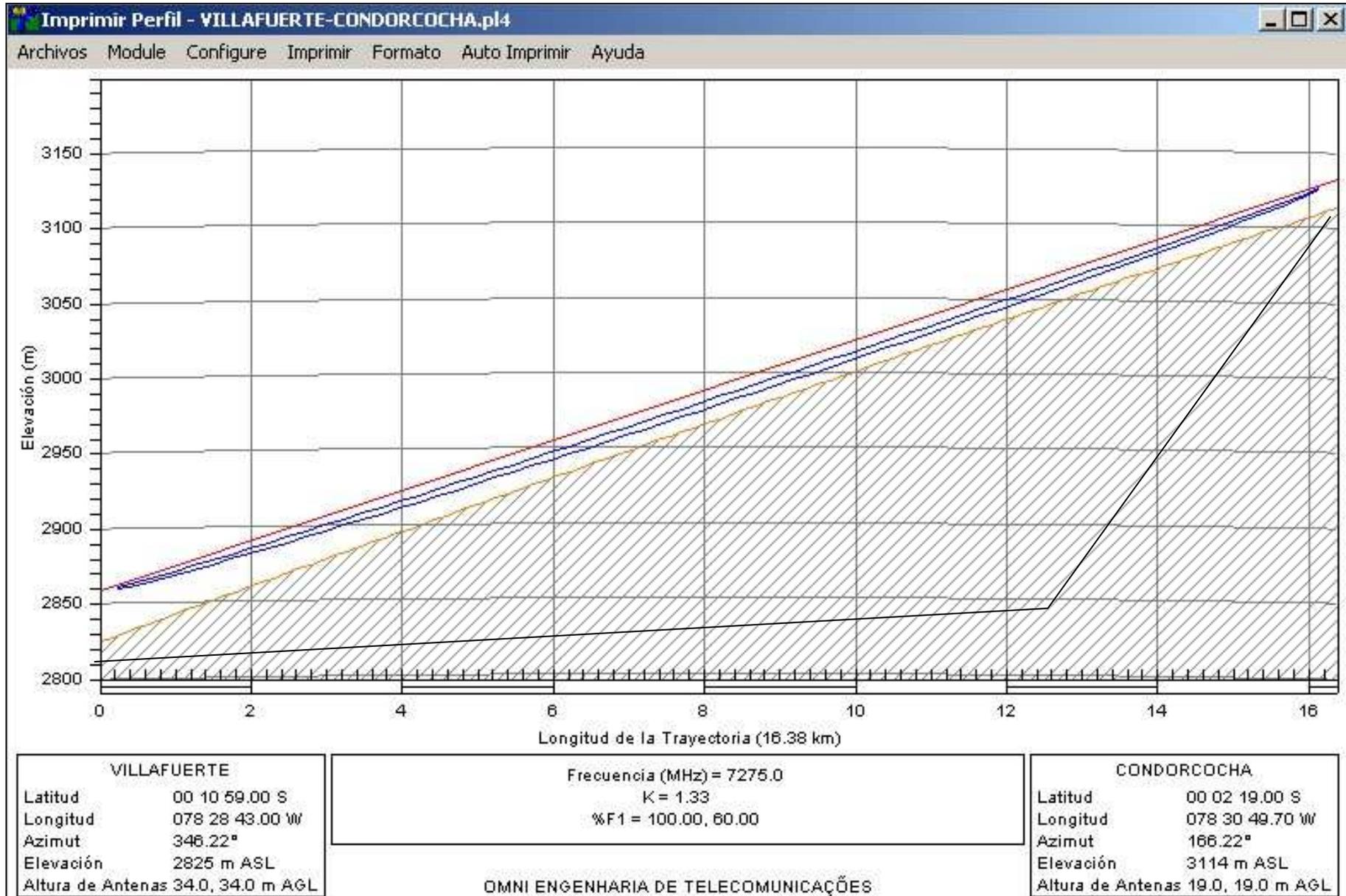


Fig. 3.5. Perfil topográfico enlace Edificio Villafuerte – Condorcocha.

- **Simulación del enlace Condorcocha – Cerro Cayambe**

Continuando con la ruta alterna lo siguiente es analizar la factibilidad de enlazar los puntos geográficos correspondientes a Condorcocha de coordenadas: longitud: 78° 30' 40.7" W, latitud: 0 0° 02' 19.0" S y Cayambe de coordenadas: longitud: 77° 59' 25" W, latitud: 00° 03' 59" N, dicho enlace cerraría el anillo que propondrá redundancia al sistema.

De la misma manera que se procedió a analizar el enlace anterior, se ingresa datos correspondientes a los sitios de Condorcocha y Cerro Cayambe, alturas de terreno descritas en la tabla 3.3. Valores tomados de diferentes cartas topográficas, elevaciones de terreno vistas desde el sitio Condorcocha hacia el cerro Cayambe.

Distancia (Km)	Elevación	Distancia (Km)	Elevación	Distancia (Km)	Elevación
0	3134	7.25	2450	14.000	2140
0.35	3085	7.50	2475	14.50	2170
0.55	3050	7.75	2500	15.00	2200
0.75	3030	8.00	2510	15.25	2150
1.25	3030	8.25	2550	15.50	2120
1.50	3010	9.00	2400	16.00	2100
1.75	3030	9.25	2320	16.25	2150
2.50	3040	9.50	2250	16.75	2200
2.75	3050	9.75	2200	17.00	2250
3.25	3005	10.00	2140	17.25	2260
3.50	3001	10.26	2100	17.50	2320
3.75	2970	10.50	2000	17.75	2370
4.25	2770	11.00	1990	18.00	2390
4.50	2700	11.25	1950	18.50	2400
4.75	2625	11.75	1900	18.70	2430
5.25	2500	12.00	1850	19.00	2450
5.50	2450	12.50	1910	19.50	2500
6.25	2420	13.00	2000	20.00	2540
6.60	2410	13.25	2050	20.50	2520
6.75	2420	13.75	2100	21.00	2530
21.50	2540	26.00	2250	38.00	2750
22.00	2545	26.50	2260	40.00	2800
22.50	2545	27.00	2380	42.00	2850
22.50	2550	27.25	2400	44.00	2900
23.00	2500	27.50	2420	46.00	3100
23.50	2450	27.75	2450	48.00	3200
24.00	2500	28.00	2500	50.00	3400

Distancia (Km)	Elevación	Distancia (Km)	Elevación	Distancia (Km)	Elevación
24.25	2550	28.50	2550	52.00	3600
24.50	2500	30.00	2450	54.00	3700
25.00	2440	32.00	2500	56.00	3900
25.25	2400	34.00	2600	58.00	4000
25.75	2380	36.00	2700	59.2	4192

Tabla 3.3 Alturas de terreno para enlace Condorcocha Cayambe

Las figuras 3.6 y 3.7 son una visualización del programa Pathloss 4.0. al momento de ingresar las alturas de terreno.

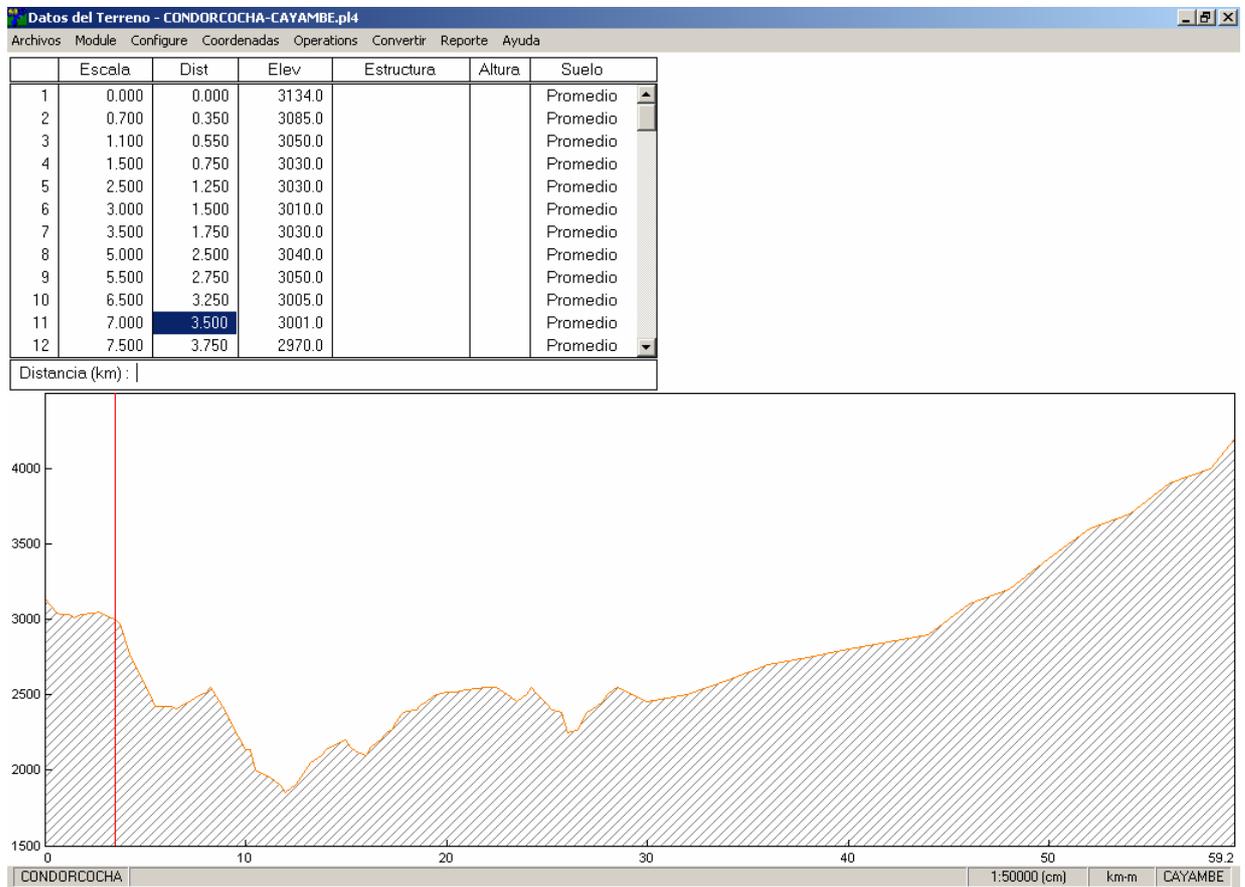


Fig.3.6 Ingreso de datos iniciales de terreno, en Pathloss 4.0

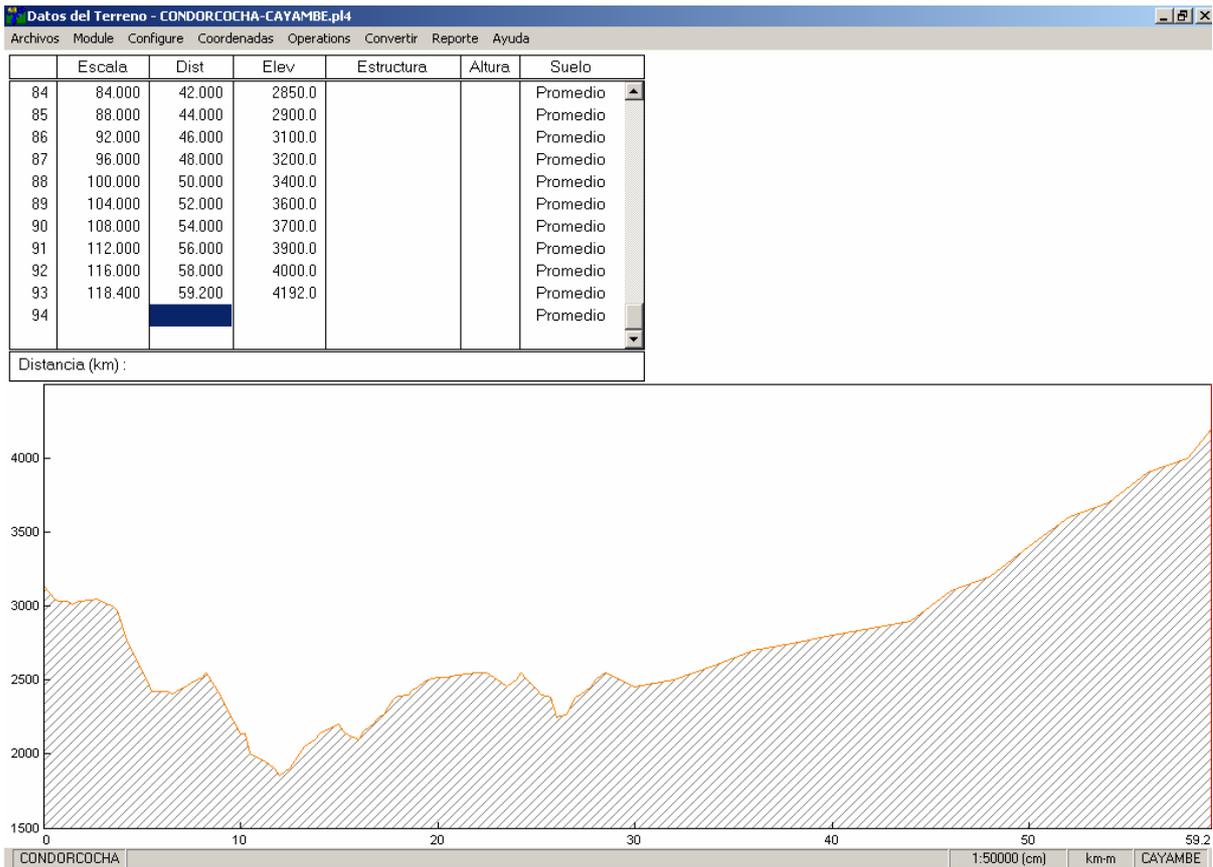


Fig.3.7 Ingreso de datos finales de terreno, en Pathloss 4.0

Los resultados mostrados en la figura 3.8, muestran datos correspondientes al análisis del enlace Condorcocha – Cayambe, luego de ingresar sus puntos geográficos y alturas, se puede apreciar su distancia, perdidas de enlace, y equipo a utilizar.

Nombres de los Sitios	CONDORCOCHA	CAYAMBE	Código de Operador	ETROPRODUCCIO	
Sigla			Modelo de Radio	Point 5207 16E1 1	Point 5207 16E1 1
Código de Estación			Código	TRPT7G16E1	TRPT7G16E1
Estado / Provincia			Designador de Emisor		
Código de Propietario			Distintivo	16E1-16QAM	16E1-16QAM
Latitud	00 02 19.00 S	00 03 59.00 N	Potencia de Transmisión (dBm)	27.00	27.00
Longitud	078 30 40.70 W	077 59 25.00 W	Frecuencia (MHz)		7275.00
Azimuth Verdadero (°)	78.68	258.68	Polarización		Vertical
Distancia Calculada (km)		59.15	Pérdidas de Espacio Libre (dB)		145.14
Distancia del Perfil (km)			PIRE (dBm)	63.00	63.00
Datum	WGS 1984		Señal Recibida (dBm)	-46.62	-46.62
Elevación (m)	3114.00	4192.00	Radio configuration		
Altura de Torre (m)	40.00	60.00			
Altura de Antena de TR (m)	30.00	55.00			
Código	1326a	1326a			
Pérdidas TX (dB)	0.40	0.40			
Pérdidas RX (dB)	0.30	0.30			

Fig.3.8 Resultado de datos de enlace Condorcocha- Cayambe

El perfil topográfico del enlace en la figura 3.9

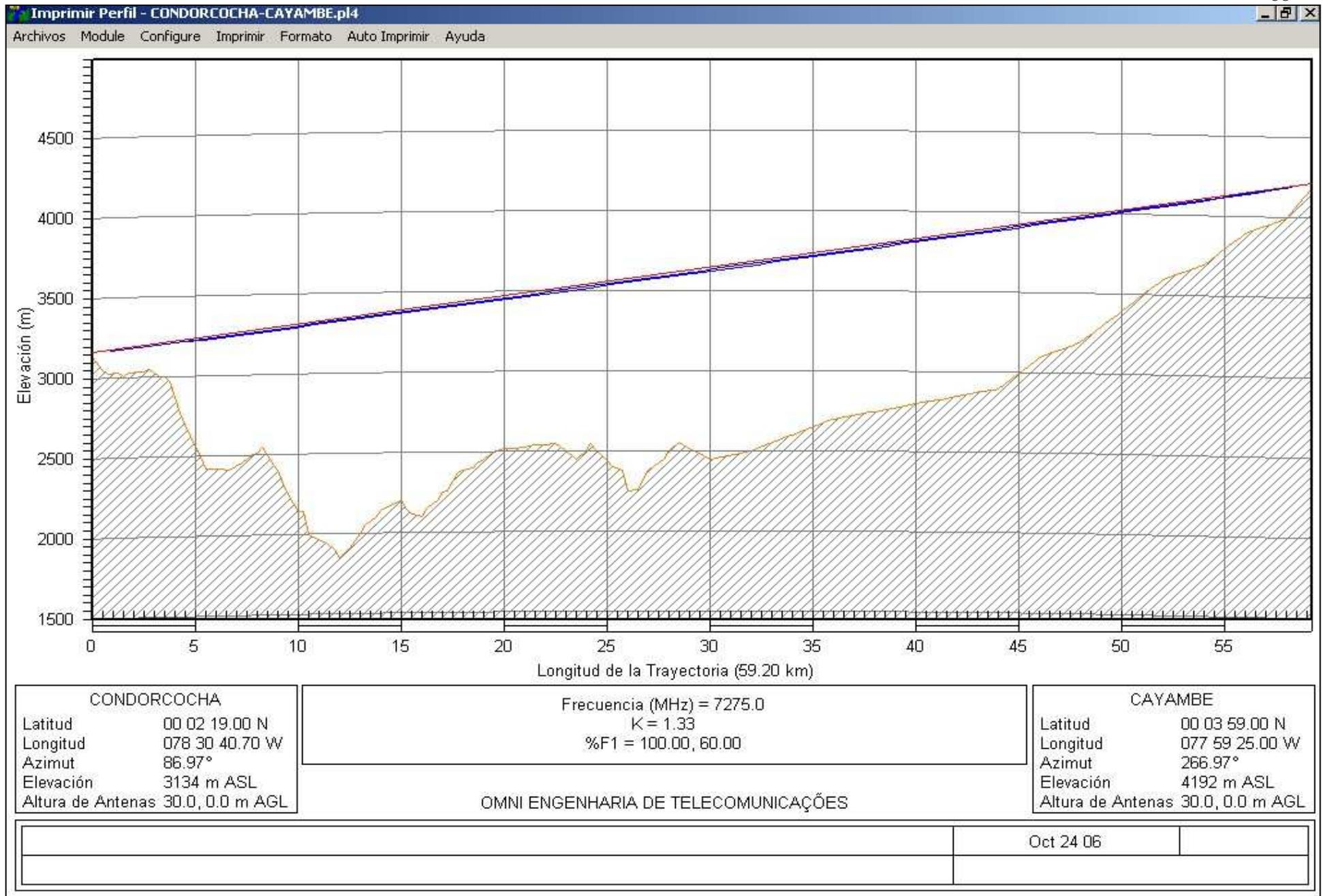


Fig. 3.9 Perfil topográfico enlace Condorcocha - Cayambe

3.4. Factibilidad Legal

Siendo técnicamente posible el diseñar una ruta alterna de microondas, se analizaría la factibilidad legal, para que ésta entre en operación trabajando en conjunto con la ruta de Petroproducción. Para ello se solicitaría la concesión de uso de frecuencias en la banda de los 7 Ghz, con capacidad de ancho de banda de acuerdo a las necesidades del sistema.

Una de las cualidades del equipo de radio de microondas "TruePoint" es la capacidad de modificar el ancho de banda, esto, independiente de la separación Transmisión/Recepción (T/R), esta variación es en proporción directa a la capacidad y modulación que se esté utilizando, si el equipo se configura con modulación del equipo QPSK ó QAM, se tienen los siguientes anchos de banda, en PDH, dependiendo de la capacidad de E1's, como se indica en la tabla 3.4.

Capacidad	Ancho de Banda (Mhz)	
	QPSK	QAM
16 E1	28	14
8 E1	14	7
4 E1	7	3.5
2 E1	3.5	-

Tabla 3.4 Ancho de Banda según capacidad y modulación

Mediante contrato 61-6159 del 26 de junio del 2006, la SENATEL autoriza la concesión de uso de frecuencias en la banda de 7 Ghz, con un ancho de banda de 28 Mhz, para operar 11 enlaces del sistema de microondas digital punto a punto, marca Harris/Truepoint 5200, para interconectar las oficinas centrales de Petroproducción en Quito con los campos petroleros del Distrito Amazónico.

Cualquier modificación técnica que vaya a realizar Petroproducción, deberá previamente ser autorizada por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, mediante oficio o la suscripción de un convenio ampliatorio, modificatorio el cual deba incluir datos técnicos para la suscripción del contrato de concesión de

asignación de frecuencias para el servicio fijo terrestre enlace punto a punto, como se indica a continuación.

3.4.1 Datos generales

En esta sección se deberá incluir el nombre del concesionario, su dirección y el nombre de la persona quién lo representa legalmente que para el proyecto se tendría:

Concesionario: PETROPRODUCCION

Representante Legal: Jefe de Accesoría Legal

Domiciliado en: Av. De los Shyris N34-382 y Av. Portugal

3.4.2 Pagos a efectuar

Se debe cumplir con la resolución 769-31–CONATEL–2003 sobre Derechos de Concesión y tarifas por uso de frecuencias del Espectro Radioeléctrico mediante la siguiente ecuación.

$$Dc = T (\text{US\$}) * Tc * Fcf \quad \text{Ec. 3.1}$$

Donde:

T (US\$) = Tarifa mensual por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico en dólares.

Tc = Tiempo de concesión. Valor en meses de la concesión a otorgarse al respectivo servicio y sistema.

Fcf = factor de concesión de frecuencias (De acuerdo a la tabla 3.5)

Dc = Derecho de concesión

De la misma manera el cálculo de la tarifa mensual responderá a:

$$T (\text{US\$}) = Ka * \alpha_3 * \beta_3 * A(D)^2 \quad \text{Ec. 3.2}$$

Donde:

K_a = Factor de ajuste por inflación

α_3 = coeficiente de valoración del espectro del Servicio Fijo para enlaces punto – punto (De acuerdo a la tabla 3.6)

β_3 = Coeficiente de corrección para el sistema fijo, enlace punto – punto

A = Ancho de banda de la frecuencia asignada, en Mhz.

D = distancia en Kilómetros entre las estaciones fijas.

Servicio	Factor de Concesión de Frecuencias
Fijo y Móvil – (Bajo 30 MHz)	0.021024
Fijo y Móvil – (Sobre 30 MHz VHF 30-300 MHz)	0.022120
Fijo y Móvil – (Sobre 30 MHz UHF 300-512 MHz)	0.028500
Fijo y Móvil – (Sistema Buscapersonas Unidireccional VHF 137 – 300 MHz)	0.0070616
Fijo y Móvil – (Sistema Buscapersonas Unidireccional UHF 300 – 512 MHz)	0.00711968
Fijo y Móvil – (Sistema Buscapersonas Unidireccional UHF 614 – 960 MHz)	0.00710696
Fijo y Móvil – (Sistema Buscapersonas Bidireccional UHF 614 – 960 MHz)	0.00710696
Fijo (Enlaces punto-punto $0 < f \leq 1$ GHz)	0.054194
Fijo (Enlaces punto-punto $1 < f \leq 5$ GHz)	0.0330652
Fijo (Enlaces punto-punto $5 < f \leq 10$ GHz)	0.0312929
Fijo (Enlaces punto-punto $10 < f \leq 15$ GHz)	0.0295017
Fijo (Enlaces punto-punto $15 < f \leq 20$ GHz)	0.0294794
Fijo (Enlaces punto-punto $20 < f \leq 25$ GHz)	0.0290454
Fijo (Enlaces punto-punto $f > 25$ GHz)	0.0290191
Fijo y Móvil por Satélite	0.0555096
Fijo (Enlaces punto-multipunto) (Multiacceso)	0.0477714

Tabla 3.5: Factor de Concesión de Frecuencias para los diferentes Servicios en las diferentes Bandas⁸

⁸ Tabla adquirida de la pagina web de CONATEL-Enlaces Radioeléctricos

Rango de frecuencias; f (frecuencia de operación)	Coeficiente de valoración del espectro α_3
0 GHz <math>f \leq 1 \text{ GHz}</math>	0.0815313
1 GHz <math>f \leq 5 \text{ GHz}</math>	0.0323876
5 GHz <math>f \leq 10 \text{ GHz}</math>	0.0237509
10 GHz <math>f \leq 15 \text{ GHz}</math>	0.0215917
15 GHz <math>f \leq 20 \text{ GHz}</math>	0.0194325
20 GHz <math>f \leq 25 \text{ GHz}</math>	0.0183529
$f > 25 \text{ GHz}$	0.0172734

Tabla 3.6. Coeficiente de valoración del espectro aplicable para fines de cálculo de las tarifas del Servicio Fijo, enlaces punto- punto.⁹

3.4.3 Características del Sistema

Luego del debido análisis técnico, las frecuencias asignadas por SENATEL en la banda de los 7 Ghz y demás características del sistema, para los enlaces E1 (E. Villafuerte - Condorcocha) y E2 (Condorcocha - Cayambe), para transmisión y recepción respectivamente deberían tener como referencia los siguientes características.

- **Frecuencias Asignadas**

Frecuencia (s) central (es):

E1: 7177 Mhz / 7373 Mhz

E2: 7345 Mhz / 7317 Mhz

Tipo de servicio E1-E2: FIJO
 Modo de operación: FULLDUPLEX
 Tipo de emisión E1-E2: 28Mhz, 7Ghz
 Horario de trabajo: 24 Horas

⁹ Tabla adquirida de la pagina web de CONATEL-Enlaces Radioeléctricos

- **Características de los enlaces**

En la tabla siguiente se resume las características de los nuevos enlaces.

	POTENCIA (dBm)	UBICACIÓN GEOGRAFICA	ANT/GAN	AZIMUT	Distancia (Km)	AB (Mhz)	POL
ENLACE 1:							
FIJA1: Quito Petroproducción, Edif. Villafuerte	30.5	longitud: 78° 28' 43" W latitud: 00° 10' 59" S	TAMBOR/ 42.35 dBi	347.16°	16.38	28	V E R T I C A L
Fija 2: Pichincha, Condorcocha	30.5	longitud: 78° 30' 40.7" W latitud: 00° 02' 19.0"	TAMBOR/ 42.35 dBi	167.16°			
ENLACE 2:							
FIJA 1: Pichincha, Condorcocha	30.5	longitud: 78° 30' 40.7" W latitud: 00° 02' 19.0"	TAMBOR/ 42.35 dBi	78.68°	59.15	28	V E R T I C A I
FIJA 2: Cayambe, cerro Cayambe	30.5	longitud: 77° 59' 25" W, latitud: 00° 03' 59" N	TAMBOR/ 42.35 dBi	258.68°			

Tabla 3.7 Características de los enlaces por ser aprobados

- **Equipo autorizado.**

Estaciones E1-E2: HARRIS/TRUEPOINT 5200

Como conclusión de esta sección el estudio de ingeniería, requisito para la concesión de frecuencias y descrito anteriormente, propone una factibilidad técnica y legal debido a que se asemeja a las características de enlaces, ya aprobados por la SENATEL a Petroproducción, además cabe considerar que el equipo TruePoint 5200, en la banda de 7Ghz, tiene varias opciones en el rango de configuración de separación de frecuencias (Tx/Rx), desde luego el equipo se lo pide configurado desde fábrica.

Por lo mencionado anteriormente se hace factible el poder diseñar una ruta que trabaje en conjunto al sistema de comunicaciones de Petroproducción de tal manera que brinde soporte a dos puntos críticos del Backbone en una eventual pérdida de enlace.

CAPITULO IV

DISEÑO DE LA RUTA ALTERNA

En este capítulo se determinará el tipo y volumen de tráfico a transportar, el diseño de la ruta alterna tomando en consideración parámetros generales que intervienen en un sistema microonda digital.

4.1 Ingeniería de Tráfico

4.1 .1 Conceptos fundamentales

Para dimensionar los circuitos de tráfico telefónico es necesario conocer la intensidad de tráfico representativa dentro de un tiempo de observación ya que el tráfico es aleatorio por naturaleza. Para esto es necesario encontrar una hora dentro de un día de trabajo normal, donde se pueda apreciar su máxima ocupación telefónica, pero primero se revisará algunos conceptos importantes antes de este análisis.

Tráfico de telecomunicación.- Proceso constituido por sucesos relacionados con la demanda de utilización de los recursos de una red de telecomunicaciones.

Tráfico ofrecido.- Cantidad de tráfico para un conmutador.

Circuito.- Medio de transmisión que permite la comunicación entre dos puntos.

Encaminamiento de la llamada.- Selección de circuitos individuales para un determinado intento de llamada.

Circuito (entre centrales); enlace.- Circuito que termina en dos centros de conmutación.

Haz de circuitos.- Conjunto de circuitos concebidos como una unidad de encaminamiento de tráfico.

Acarreo de tráfico.- Es el volumen de tráfico que pasa por un conmutador,

Pico de hora ocupada.- Es la hora de mayor tráfico en cada día, esta no es usualmente igual en todos los días de la semana.

Tiempo de ocupación (t).- Es el lapso durante el cual una línea de salida está ocupada sin interrupción.

Tiempo medio de ocupación (\bar{t}).- Es el tiempo promedio durante el cual se emplean las líneas de salida para una ocupación.

$$\bar{t} = \frac{n}{t} \quad \text{Ec (4.1)}$$

Erlang.- Unidad de intensidad de tráfico. Un Erlang representa una sola línea ocupada permanentemente durante el tiempo de observación.

Volumen de tráfico.- Es el tiempo total durante el cual uno a más órganos (canales) de la red se mantienen ocupados. Se expresa en unidades de tiempo.

$$V = \sum n_i \times t_i = n \times \bar{t} \quad \text{Ec (4.2)}$$

Donde:

V = Volumen de tráfico

n = Número de llamadas

t_i = Tiempo de duración de cada llamada

\bar{t} = Tiempo promedio de duración de todas las llamadas

Intensidad de tráfico.- La intensidad de tráfico instantánea es la cantidad de ocupaciones que en promedio existe simultáneamente durante un tiempo de observación. Su unidad es el Erlang.

$$A = \frac{V}{T} \quad \text{Ec. (4.3)}$$

Donde:

A = Intensidad de tráfico [Erlangs]

V = Volumen de tráfico

T = Período de observación

Hora Cargada.- Periodo continuo de una hora de duración consecutivo, en que el volumen de tráfico o el número de intentos de llamada son máximos.

Tráfico Hora ocupada.- Es el período en el cual se efectúa la medición de tráfico y se refiere a las llamadas completadas y a los intentos de llamadas en el intervalo que es cuantizando.

Tráfico cursado (Y).- Es la parte eficiente del tráfico, constituyen las llamadas atendidas y completadas por un grupo de órganos.

Tráfico perdido (R).- Es la fracción de tráfico ofrecido que no se puede cursar por estar el sistema en congestión. Representa el tráfico ofrecido menos el tráfico cursado.

Tráfico ofrecido (A).- Representa todas las llamadas que llegan al sistema. Es el tráfico que se ofrece a una red.

$$A = Y + R \quad \text{Ec. (4.4)}$$

Congestión.- cuando todos los equipos pertenecientes a un sistema están ocupados es imposible el establecimiento de una nueva conmutación, es decir existe congestión que es equivalente a la condición de bloqueo.

Congestión de tiempo: se refiere a la fracción decimal de una hora durante la cual todas las troncales están bloqueadas simultáneamente.

Congestión de llamadas: se refiere al número de llamadas que caen en el primer intento, que denominamos “*llamadas caídas*”.

Grado de servicio (GS).- Ya que el **grado de servicio** expresa la probabilidad de encontrar congestión durante la hora pico.

$$GS = \frac{R}{A} \quad \text{Ec. (4.5)}$$

Fórmula de ERLANG para el tráfico

Cuando dimensionamos una ruta, deseamos encontrar el número de circuitos que servirán esa ruta. La fórmula a disposición para determinar el número de circuitos basados en la carga de tráfico en la hora cargada es la ERLANG B. Aquí la pérdida significa la probabilidad de bloqueo en el conmutador, debido a la congestión o a “totalidad de líneas troncales ocupadas”.

$$Eb = \frac{\frac{A^n}{n!}}{1 + A - \frac{A^2}{2!} + \frac{A^n}{n!}} \quad \text{Ec. (4.6)}$$

n = número de troncales de servicio

A= promedio de tráfico ofrecido

Esta fórmula asume que:

- El tráfico se origina en un número infinito de fuentes.
- Las llamadas perdidas son borradas asumiendo un tiempo de retención cero.
- El número de troncales de canales de servicio es limitado.
- Existe completa disponibilidad.

Esta fórmula indica el porcentaje del tiempo durante el cual las N líneas de salida están ocupadas simultáneamente, es decir la razón de congestión en el

tiempo, por lo tanto esta expresión representa también la fórmula de pérdida o fórmula de Erlang "B".

4.1.2 Análisis de Tráfico Telefónico

El tráfico cursado sobre el Sistema Actual de Comunicaciones de Petroproducción se debe principalmente al servicio de telefonía que se brinda a los trabajadores de la empresa, para ello en cada uno de los siguientes puntos: edificio Villafuerte en Quito, edificio Tribuna en Quito, estación Lago Agrio en la región Amazonía, se encuentra una central telefónica, las cuales se interconectan utilizando el sistema de microondas en estudio y al que se desea brindar una ruta alternativa.

Por lo considerado en el párrafo anterior es necesario conocer el volumen de tráfico sobre la red, para esto se hace conveniente utilizar el software PC – Sistel Versión 4.86 con licencia de propiedad de Petroproducción y analizar el registro de llamadas de un día cualquiera laborable.

Para obtener datos completamente fiables que interpreten correctamente el tráfico telefónico entre la regiones Quito y región Amazonia utilizando los enlaces de microondas de Petroproducción, se estudiaron las llamadas en el transcurso de cinco días laborables a partir del lunes 16 de octubre hasta el viernes 20 de octubre, de lo cual se presenta un resumen del número de llamadas, así como su tiempo de ocupación por hora, con el objetivo de encontrar la hora pico en el periodo más crítico. El análisis se realizará de manera estadística, pues se cuenta con la suma total de llamadas y el tiempo que demoró cada una.

A continuación se presenta cómo lograr obtener un listado detallado de llamadas locales y nacionales, utilizando el programa de control de llamadas para el día jueves 19 de octubre del 2006, día de mayor número de llamadas como se observa en la sección A1 del anexo A.

Al inicializar el Software se ingresa un código de acceso por usuario como se observa en la figura 4.1.



Fig.4.1 Ventana de inicialización Programa PC-SISTEL

El ingreso del código permite desplegar una ventana de control en la cual se observará entre varios criterios de consulta la opción de miscelánea (figura 4.2), donde se puede seleccionar un día del año tarifado, además indicar desde que hora a que hora del día seleccionado se necesita el reporte de llamadas y lo mas importante permite seleccionar el tipo de llamada; para el estudio de trafico se obtendrá el reporte de las 24 horas del día señalado para llamadas del tipo local y nacional.

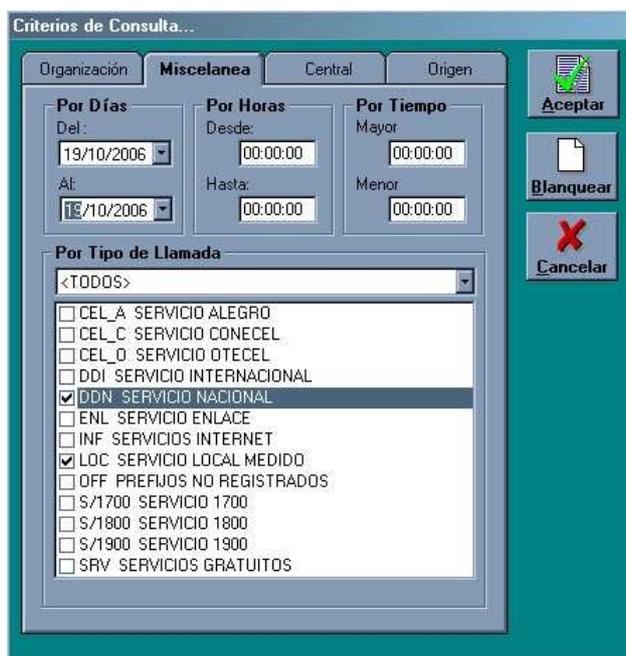


Fig.4.2 Ventana de visualización de criterios de consulta

Finalmente se observa un listado de llamadas como se observa en la figura 4.3, con un registro de 5165 llamadas realizadas con sus respectivas horas de inicio de llamada y su tiempo de duración en minutos correspondientes al día seleccionado, para luego mediante una opción dentro del software de control de llamadas se procede a trasladar este listado a una hoja de calculo la cual ayudará al análisis de ingeniería de tráfico.

Fecha	Hora	Anexo	Código	Nombre de Empleado	Sección	Número	S
19/10/2006	00:02:00	045008		Empleado no Registrado	0000000000	062839793	D
19/10/2006	00:02:00	045007		Empleado no Registrado	0000000000	042972103	D
19/10/2006	00:13:00	045004		Empleado no Registrado	0000000000	032875136	D
19/10/2006	00:30:00	045003		Empleado no Registrado	0000000000	032965543	D
19/10/2006	00:40:00	045002		Empleado no Registrado	0000000000	032965543	D
19/10/2006	00:47:00	045001		Empleado no Registrado	0000000000	032965543	D
19/10/2006	02:36:00	045030		Empleado no Registrado	0000000000	2031275	LI
19/10/2006	02:59:00	045029		Empleado no Registrado	0000000000	062839614	D
19/10/2006	03:55:00	045028		Empleado no Registrado	0000000000	2467500	LI
19/10/2006	04:05:00	045026		Empleado no Registrado	0000000000	3100980	LI
19/10/2006	04:26:00	045025		Empleado no Registrado	0000000000	2362382	LI
19/10/2006	04:34:00	045024		Empleado no Registrado	0000000000	2555691	LI
19/10/2006	04:41:00	045023		Empleado no Registrado	0000000000	2555691	LI
19/10/2006	04:55:00	045021		Empleado no Registrado	0000000000	2555691	LI
19/10/2006	04:58:00	045007		Empleado no Registrado	0000000000	062839793	D
19/10/2006	05:01:00	046003		Empleado no Registrado	0000000000	062834022	D
19/10/2006	05:01:00	046002		Empleado no Registrado	0000000000	2426293	LI
19/10/2006	05:04:00	046001		Empleado no Registrado	0000000000	2389449	LI
19/10/2006	05:09:00	045010		Empleado no Registrado	0000000000	2537451	LI
19/10/2006	05:12:00	045009		Empleado no Registrado	0000000000	2591406	LI

Fig.4.3 Listado de llamadas del día 19 de octubre del 2006 utilizando PC_SISTEL

Al analizar los datos de la lista obtenida mediante el programa de tarifación y control PC-SITEL para las 24 horas del día en estudio de tráfico, es conveniente reducir estos datos los cuales son mostrados en la tabla del anexo A, sección A1 la cual presenta la suma total de llamadas por hora, además el número de minutos totales en cada intervalo de tiempo (una hora), lo que permite obtener el tiempo medio de ocupación y con este calcular el volumen de tráfico.

Al aplicar la ecuación 4.1 y ecuación 4.2, con los datos de la tabla de la sección A1 del anexo A, y considerado la hora en donde se realizaron la mayor cantidad de llamadas se obtendrá el tiempo medio de ocupación en horas y el volumen de tráfico en Erlang como se detalla a continuación:

Para el intervalo 10:00 – 11:00

$n = 471$ llamadas

$t = 1156$ minutos

$$\bar{t} = \frac{1156 \text{ minutos}}{471 \text{ llamadas}} * \frac{60 \text{ segundos}}{1 \text{ minuto}} = 147 \text{ segundos}$$

$$\bar{t} = \frac{147 \text{ seg}}{3600 \text{ seg}} * 1 \text{ hora} = 0.041 \text{ horas}$$

$$V = n \times \bar{t}$$

$$Vt = 471 \text{ llamadas} * 0.041 \text{ horas}$$

$$Vt = 19.27 \text{ Erlang}$$

Similar a este, se calcula el volumen de tráfico para todos los intervalos de hora, con lo que se obtiene la tabla 4.1:

INTERVALO	TIEMPO DE OCUPACION (segundos)	TIEMPO MEDIO DE OCUPACION (segundos)	NUMERO DE LLAMADAS POR HORA	VOLMEN DE TRAFICO (Erlang)
00:00-01:00	2490	415	6	0.69
01:00-02:00	0	0	0	0.00
02:00-03:00	328	164	2	0.09
03:00-04:00	70	70	1	0.02
04:00-05:00	692	115	6	0.19
05:00-06:00	5932	160	37	1.65
06:00-07:00	23566	186	127	6.55
07:00-08:00	34850	173	202	9.68
08:00-09:00	63704	160	398	17.70
09:00-10:00	73428	157	469	20.40
10:00-11:00	69354	147	471	19.27
11:00-12:00	62546	145	432	17.37
12:00-13:00	60096	183	329	16.69
13:00-14:00	55460	164	339	15.41
14:00-15:00	66224	162	408	18.40
15:00-16:00	68302	173	395	18.97
16:00-17:00	67714	176	385	18.81
17:00-18:00	54468	185	294	15.13
18:00-19:00	50038	233	215	13.90
19:00-20:00	44658	277	161	12.41
20:00-21:00	57368	319	180	15.94
21:00-22:00	52274	327	160	14.52
22:00-23:00	33996	291	117	9.44
23:00-24:00	10950	353	31	3.04
TOTAL	958508	4733	5165	

Tabla 4.1 Volumen de tráfico de Petroproducción.

De esta forma se puede ver que existe un mayor volumen de tráfico presente, entre las 09:00 y las 10:00 horas del día en estudio, con un valor de 20,4 Erlang tal como se puede apreciar en la tabla 4.1 ó en la gráfica de la sección A3 del Anexo A.

Al dimensionar de una manera correcta el número de circuitos necesarios, dado el mayor volumen de tráfico dado por la tabla 4.1 y con un típico valor de grado de servicio $GS = 0,01$. (Esto significa que en promedio, una llamada en 100 puede ser bloqueada ó " perdida " durante una hora pico), al utilizar la ecuación 3.6 se obtiene:

Edificio PETROPRODUCCION

Para:

$B = 1\%$

$A = 20,4$ [Erlangs]

Obtenemos $N = 30$

Para soportar los 20.4 Erlangs de la hora pico en el Edificio La Tribuna debemos contar con al menos 30 circuitos, lo que permite concluir que es necesario un E1 completo para ofrecer comunicación entre las centrales de Quito y Lago Agrio de Petroproducción.

La Tabla del anexo A, sección A4 está basada en la formula de Erlang B y da la información del dimensionamiento de las troncales para ciertos grados de servicio, desde 0.001 hasta 0.05 y desde 1 a 50 troncales. La tabla usa unidades UC que son de intensidad de tráfico y se miden en ccs o sea 100 llamadas por segundo y las TU (unidades de intensidad de tráfico) se miden en Erlangs, de donde 1erlang = 36ccs.

4.1.3. Análisis de tráfico de datos

Debido a que no solo se realiza transporte de voz sobre el enlace microonda sino que también se llega con servicio de datos, es indispensable ampliar el número de

circuitos necesarios, la unidad de telecomunicaciones tiene a su parecer el utilizar 2E1 cuyos canales son distribuidos como se detalla en la sección A5, A6 del Anexo A.

Dichos canales de datos son multiplexados junto a los canales de voz para tratar de ocupar en su totalidad los 2 E1 asignados para comunicación entre los distritos Quito y Amazónico. En las secciones A5 y A6 se pueden apreciar los 8 canales de uso exclusivo de datos y también se puede apreciar los canales separados para una posible aplicación futura como videoconferencia.

4.2 Diseño de la Ruta alterna

El diseño estará encaminado en su mayoría al cálculo del nivel de señal recibida en cada enlace, la cual dependerá de la sumatoria de los parámetros enmarcados dentro de la figura 4.4, en esta también se presenta cual debe ser el valor de la señal recibida frente a la sensibilidad del receptor.

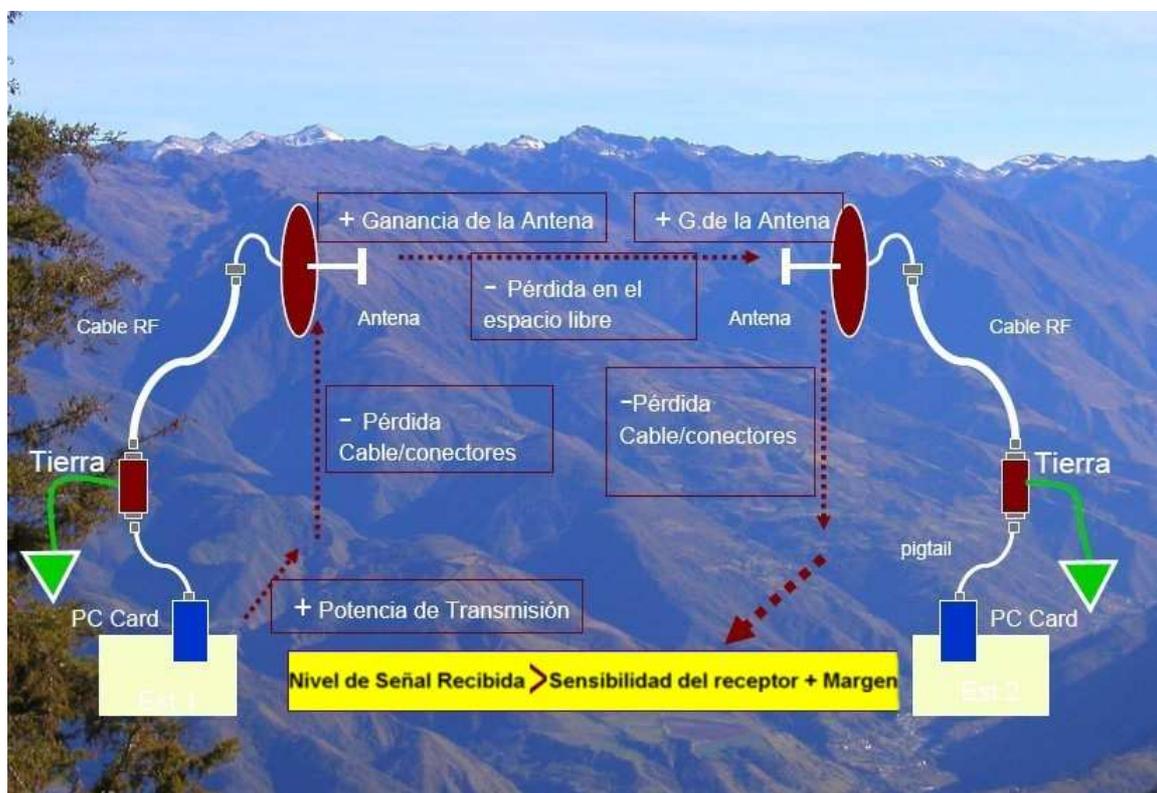


Fig.4.4 Nivel de señal Recibida

Los parámetros de pérdida y ganancia se los determinará teniendo en cuenta las características propias del equipo de microondas y las antenas a utilizar en el diseño de cada enlace.

A continuación se presentan los cálculos que justifiquen los datos obtenidos en la simulación realizada en el capítulo anterior y permitan iniciar el cálculo del nivel de la señal recibida en cada enlace.

4.2.1 Cálculos de los enlaces: Edificio Villafuerte -Condorcocha, Condorcocha-Cayambe.

Se determinará con cálculos la distancia entre los enlaces en diseño, así como también las correspondientes atenuaciones para luego hacer una comparación rápida con los datos obtenidos en el programa de simulación.

4.2.1.1 Datos de los enlaces

A continuación se indican los datos geográficos de las estaciones en donde se encontrarían los equipos de radio, además la capacidad que tendría el enlace en general y configuración de los equipos para su funcionamiento.

- Estación Terminal Edificio Villafuerte

Longitud: 78° 28' 43" W ⇒ 78.48°

Latitud: 00° 10' 59" S ⇒ 00.18°

Altura: 2825 m

- Estación repetidora Condorcocha

Longitud: 78°30' 40.7" W ⇒ 78.51°

Latitud: 00°02' 19.0" S. ⇒ 00.04°

Altura: 3114 m

- Estación repetidora Cayambe

Longitud: 77°59' 25" W ⇒ 77.99°

Latitud: 00°03' 59" N \Rightarrow 00.07°

Altura: 4192 m

Capacidad: 16E1 (2 Mbpsx16) que tiene una capacidad de 480 canales.

Banda de microondas: 7.275GHz (7100MHz – 7900MHz)

Sistema: Radio principal con canal de protección (1+1) TP + PROT.

4.2.1.2 Cálculo de la distancia de los enlaces

Considerando que el enlace trabaja sobre la línea ecuatorial, se considera la equivalencia de 111.32 Km. por cada grado de longitud o latitud, dentro del sistema geométrico de superficie, por lo que la fórmula para cálculo de la distancia entre dos puntos estará dada por la ecuación 4.7.

$$D = \sqrt{(\Delta Long * 111.32)^2 + (\Delta Lat * 111.32)^2 + (\Delta h)^2} \quad \text{Ec (4.7)}$$

Δh en Km. entonces D dará en Km.

- **Distancia Villafuerte – Condorcocha**

$$\Delta Long = Long(Villafuerte) - Long(Condorcocha)$$

$$= 78.48^\circ - 78.51^\circ = -0.03^\circ \Rightarrow$$

$$\Delta Lat = Lat(Villafuerte) - Lat(Condorcocha)$$

$$= 00.18^\circ - 00.04^\circ = 0.14^\circ \Rightarrow$$

$$\Delta h = h(\text{Villafuerte}) - h(\text{Condorcocha})$$

$$= 2825\text{m} - 3114\text{m}$$

$$= -289\text{ m} \Rightarrow -0.289\text{ Km.}$$

Utilizando la ecuación 4.7 la distancia entre el Edificio Villafuerte y la torre de Condorcocha será:

$$D = \sqrt{(-0.03 * 111.32)^2 + (-0.14 * 111.32)^2 + (-0.289)^2} = 15.94\text{ Km}$$

- **Distancia Condorcocha - Cayambe**

$$\Delta \text{Long} = \text{Long}(\text{Condorcocha}) - \text{Long}(\text{Cayambe})$$

$$= 78.51^\circ - 77.99^\circ = -0.52^\circ \Rightarrow$$

$$\Delta \text{Lat} = \text{Lat}(\text{Condorcocha}) - \text{Lat}(\text{Cayambe})$$

$$= 00.04^\circ - 00.07^\circ = -0.03^\circ \Rightarrow$$

$$\Delta h = h(\text{Condorcocha}) - h(\text{Cayambe})$$

$$= 3114\text{m} - 4192$$

$$= -1078\text{ m} \Rightarrow -1.078\text{ Km.}$$

$$D = \sqrt{(-0.52 * 111.32)^2 + (0.03 * 111.32)^2 + (-1.078)^2} = 57.99\text{ Km.}$$

4.2.2 Pérdidas en espacio libre

Las pérdidas en espacio libre para los dos enlaces en diseño se las podrá calcular utilizando la ecuación 4.8 descrita a continuación.

$$A_{EL} (dB) = 10 \log \left[\frac{4\pi d}{\lambda} \right]^2 = 32.44 + 20 \log f (Mhz) + 20 \log d (Km) \quad \text{Ec. (4.8)}$$

- **Pérdidas de enlace Villafuerte – Condorcocha (E1)**

Utilizando la ecuación 4.8 la pérdida en espacio libre para el enlace E1 será:

$$= 32.44 + 20 \text{Log} (7275 \text{ Mhz}) + 20 \text{Log} (15.94 \text{ Km})$$

$$= 32.44 + 77.23 + 22.24$$

$$= 131.91 \text{ dB.}$$

- **Pérdidas enlace Condorcocha – Cayambe (E2)**

Utilizando la ecuación 4.8 la pérdida en espacio libre para el enlace E2 será:

$$= 32.44 + 20 \text{Log} (7275 \text{ Mhz}) + 20 \text{Log} (57.99 \text{ Km})$$

$$= 32.44 + 77.23 + 35.26$$

$$= 144.93 \text{ dB.}$$

Los valores de las distancias y pérdidas en espacio libre de los enlaces justifican los valores presentados en los diseños del radio-enlace en el software PathLoss, los cuales se pueden apreciar mediante la Tabla 4.2 en donde se los compara.

	Datos Calculados		Datos de Simulación	
Enlace	Distancia	Atenuación	Distancia	Atenuación
Villafuerte – Condorcocha	15.94 Km.	131.91 dB	16Km	133dB
Condorcocha - Cayambe	57.99 Km.	144.93 dB	59Km	145dB
Distancia y atenuación total del enlace	77.93 Km.	276.84 dB	75Km	278dB

Tabla 4.2 Distancias y pérdidas calculadas y simuladas de los enlaces en diseño.

4.2.2 Potencia de Transmisión

El equipo de microonda TruePoint 5200 presenta una potencia de 26.5 dBm para una frecuencia de trabajo que este en el orden de los 7Ghz, éste valor es tomado de la tabla descrita dentro del anexo B sección B1, la cual presenta la potencia de transmisión en dBm para el equipo mencionado teniendo en cuenta el número de canales de voz o datos utilizados en forma de E1s y la modulación empleada dentro de la frecuencia de canalización.

4.2.4 Ganancia de la antena

La característica más importante de una antena es la ganancia, representada en decibelios (dBi), viene a ser la potencia de amplificación de la señal.

Al escoger para el diseño, el modelo de antena en base a modelos usados por la empresa descritos en la tabla 2.1 del capítulo 2, servirá utilizar los tipo parabólico modelos HP8-77 y PL4 – 77 cuya descripción técnica está ampliada en el anexo B sección B2 y sección B3, ya que son modelos marca Andrew que trabajan en la frecuencia de los 7Ghz y cuyo diámetro y ganancia se resumen en la tabla 4.3

MODELO	MARCA	TIPO	DIÁMETRO (m)	GANANCIA(dB)
HP8 - 77	ANDREW	Parabólica	2.4	43.6
PL4 - 77	ANDREW	Parabólica	1.2	37

Tabla 4.3 Ganancia de Antenas utilizadas

4.2.5 Pérdida en Cable y Conectores

Al trabajar a una frecuencia de 7Ghz, el fabricante del equipo microonda Andrew recomienda trabajar con una guía de onda elíptica EWP63S cuyas características numéricas, eléctricas y mecánicas se las encuentra en la Sección B4, también en esta sección, se puede apreciar el tipo de conectores utilizados junto a la guía de onda para finalmente presentar un valor de atenuación en dB por cada 100 metros.

Para nuestro estudio la longitud de guía de onda utilizada en los diferentes puntos en estudio se resumen en la tabla 4.4 la cual presenta la atenuación respectiva en cada caso, tomando el valor de longitud de guía de onda utilizada la altura de la antena hasta el SPU (Unidad de Procesamiento de Señal).

Punto	Frecuencia	Relación de Atenuación	Longitud de guía de onda utilizada	Atenuación
Edificio Villafuerte	7.125 (Ghz)	4.33 dB/100m	15 m	0.64 dB
Condorcocha	7.125 (Ghz)	4.33 dB/100m	40 m	1.73 dB
Cayambe	7.125 (Ghz)	4.33 dB/100m	60 m	2.59 dB

Tabla 4.4 Atenuación por guía de onda

4.2.6 Pérdidas en el Branching

Las pérdidas de Branching están incluidas en las especificaciones del equipo tanto en transmisión como en recepción, para lo cual el radio principal sumadas sus debidas protecciones presentan las siguientes pérdidas que serán tomadas en cuenta en los cálculos del nivel de la señal recibida:

ACU (Unidad de Control de Antenas) Transmisión: 0.67 dB

ACU (Unidad de Control de Antenas) Recepción: 0.27 dB

Esta [información](#) fue tomada del [programa](#) de diseño PathLoss, el cual presentada en el capítulo anterior en la tabla 3.4 las pérdidas de transmisión y recepción en dB.

4.2.7 Nivel de señal recibida

Obtenidos los parámetros descritos en la figura 4.4 de éste capítulo el valor del Nivel de Señal Recibido por cada equipo en los dos enlaces en el diseño estaría representado en la tabla 4.5.

	ENLACE	
	E1 Villafuerte- Condorcocha	E2 Condorcocha- Cayambe
Potencia de transmisión	+ 26.50 dBm.	+ 26.50 dBm.
Pérdida en los cables y conectores de Tx.	- 0.64 dB.	- 0.64 dB.
Pérdida en el Branching de Tx	- 0.67 dB.	- 0.67 dB.
Ganancia de la antena PL4-77 y HP8-77 de Tx	+ 21.00 dB.	+ 43.60 dB.
Pérdida en el espacio libre (A_{EL})	- 133.00 dB.	- 144.93 dB.
Ganancia de la antena Rx.	+ 21.00 dB.	+ 43.60 dB.
Pérdida en el Cable y conectores de Rx.	- 0.64 dB.	- 0.64 dB.
Pérdida en el Branching de Rx.	- 0.27 dB.	-0.27 dB.
Nivel de Señal Recibida =	- 66.72 dBm	-33.45 dBm

Tabla 4.5 Nivel de señal recibida de cada enlace

4.2.8 Sensibilidad del receptor y margen de desvanecimiento.

El equipo de microondas TruePoint 5200 ofrece una sensibilidad propia a las señales recibidas llamada comúnmente umbral de recepción, la misma que se la puede apreciar de acuerdo a las características de funcionamiento presentadas en la tabla indicada dentro anexo B sección B5. Dentro de ésta sección se puede encontrar el valor de -83 dB como umbral de recepción para una modulación 16 QAM de 16 tributarios (16 E1s) dentro de una canalización de 7Ghz.

Se debe tener en cuenta que la señal recibida debe estar por encima de la sensibilidad del receptor (-83 dBm), a este exceso se le llama margen de desvanecimiento. De no darse esta condición *se necesitará mayor ganancia de antenas o cables con menos pérdidas.*

El Margen de desvanecimiento debería tener un valor:

Mínimo = 10 dB

En ciudades, preferible = 15dB

En condiciones adversas = 20dB,

Para el análisis del diseño realizado el nivel de señal recibida debe cumplir:

Nivel de Señal Recibida (RSL) $> -83 +$ Margen de desvanecimiento, con lo que para cada enlace tendremos:

- ***Enlace Ed. Villafuerte-Condorcocha***

RLS: - 66.72 dBm.

Umbral de recepción: -83 dB

Margen de desvanecimiento: 15 dB, valor asignado debido a que el enlace trabaja a lo largo de la ciudad de Quito.

RLS $> -83 + 15$

RLS > -68 dBm.

- 66.72 > -68 ; con lo que se concluye que la señal recibida esta por encima de la sensibilidad del receptor.

- ***Enlace Condorcocha - Cayambe***

RLS: - 33.45 dBm

Umbral de recepción: – 83 dB

Margen de desvanecimiento: 20 dB, valor asignado debido a que el enlace trabaja a lo largo de una parte montañosa.

RLS > - 83 + 20

RLS > - 63 dBm

- 33.45 > - 68

Con lo que se concluye que la señal recibida esta por encima de la sensibilidad del receptor.

4.3 Vistas de los enlaces diseñados

Los enlaces presentan una distancia de 16 y 58 Kms respectivamente, en el anexo C se presenta dos gráficas donde se observa el enlace visto desde una altura considerada que permite observar el enlace Ed. Villafuerte – Condorcocha sobre la parte norte de la ciudad de Quito, y el enlace Condorcocha – Cayambe sobre un valle el cual permite las mejores condiciones de transmisión, sección C1 y C2 respectivamente.

CAPITULO V

ANÁLISIS REGULATORIO Y DE COSTOS

En este capítulo se determinará los valores referenciales de la inversión, operación y mantenimiento, además de analizar los requerimientos de regulación legal, para la realización de la ruta Alterna.

5.1 Costos de Equipos y Derechos de Concesión de Frecuencias

Esta sección tiene como finalidad mostrar los precios de los equipos y accesorios necesarios en la ruta diseñada, además indicar los valores correspondientes de Derechos de Concesión y uso de frecuencias del Espectro Radioeléctrico, para luego obtener un valor total de la inversión que necesitaría este proyecto; en el anexo C, sección C3 se muestran fotografías de los equipos y accesorios cotizados.

5.1.1 Precios de equipo de radio

Para la comunicación vía microonda, habrá la necesidad de requerir el Equipo de Radio Microondas marca Harris **TRUEPOINT** y sus correspondientes accesorios los cuales permitirían un enlace muy fiable en el transporte de voz y datos a velocidades binarias E1s.

Como se había mencionado en el Capitulo 2 el equipo Truepoint consta de dos unidades, las cuales tienen un precio comercial mostrado en la tabla 5.1 y que además describe el tipo de configuración requerido.

	Precio Unitario
Unidad de Radio Frecuencia "RFU" Radio Truepoint 7Ghz, 16E1, Protected 1+1,Diversidad de espacio, Configuración Estándar, Montaje Externo	\$ 11,842.00

Unidad de Procesamiento de Señal "SPU" Radio Truepoint 7Ghz, 16E1, Protected 1+1 Configuración Estándar, Montaje Externo	\$ 8,213.00
--	-------------

Tabla 5.1 Precio comercial del equipo de radio microondas "TRUEPOINT"

5.1.2 Precios de Accesorios Truepoint

Cada equipo requiere de dos paneles desbalanceados de 8E1 con interconexión según la norma G703_75Ωohmios¹⁰, los cuales son los encargados de la distribución de los E1s hacia y desde la SPU, dando un total de 16 tributarios utilizados según los requerimientos de los usuarios.

Dentro de la SPU existe un módulo de instalación opcional "Orderwire" que permite el servicio de comunicación de voz entre equipos de radio, servicio utilizado para la notificación vía telefónica de alguna emergencia.

En la tabla 5.2 se muestra los valores referenciales de los accesorios del equipo de radio, incluyendo también el valor de un panel de fusibles necesario para cada una de las unidades de radio.

	PRECIO UNITARIO
Panel desbalanceado de 8E1 (2 para 16E1)	\$ 660.00
Orderwire	\$ 680.00
Microteléfono	\$ 60.00

¹⁰ Administración de cables concebida para aumentar la confiabilidad, mantener el flujo de señales y permitir una fácil identificación de los cables.

Rack de 19" con panel de fusibles	\$ 1,285.00
-----------------------------------	-------------

Tabla 5.2 Precio comercial de accesorios Truepoint

5.1.3 Precios de Cables

El equipo requiere cable externo e interno RG8 que interconecta la SPU con la RFU, el cual debe ser colocado con su respectivo kit de instalación, y cuyo precio por 100 m de longitud tiene un valor de \$ 298.00

5.1.4 Precios del Sistema de Antena

Las antenas escogidas en el diseño, según las características mostradas en el anexo B, tienen un precio unitario mostrado en la tabla 5.3, la cual presenta el modelo de antena y sus dimensiones, además el cable que conecta la antena con la unidad de radio frecuencia.

	PRECIO UNITARIO
Antena Parabólica estándar de alto performance Modelo: HP8-77 RF exterior, Mux - Modem Interior Diámetro: 2.4m,	\$ 4,408.00
Antena parabólica estándar Modelo: PL4-77 Diámetro: 1.2m	\$ 1,141.00
Flex Twist 7 Ghz 1.2m	\$ 337.00

Tabla 5.3 Precios de Sistema de antena de 7Ghz

5.1.5 Precios del sistema de energía

Para funcionamiento de cada equipo de radio será necesaria una fuente de poder con salidas de – 48V DC/25 A, la cual es normalmente colocada sobre un Rack montable de 19”, también es conveniente adquirir un banco de baterías que servirían de respaldo en una eventual falta de energía momentánea. Los precios tanto de la fuente como del banco de baterías están indicados en la tabla 5.4.

	PRECIO UNITARIO
Fuente de Poder AC/DC -48 V DC/25 A de salida, con entrada de 120 ó 240VAC Rack montable de 19” con espacio para 6 unidades	\$ 4,800.00
Banco de baterías para Sistema de respaldo de 48V 208A hora	\$ 5,040.00

Tabla 5.4 Precios del Sistema de energía

5.1.6 Precio de estación de trabajo

El TRuepoint 5200 ofrece opciones de administración sumamente flexibles con la ayuda de un computador, mediante programas que hacen las tareas más fáciles. Las plataformas de administración de Harris incluyen software como el NetBoss para la administración de redes y el StarView para la administración de elementos, de estas plataformas en la tabla 5.5 se incluye el precio del software Starview que es el encargado de observar el desenvolvimiento de todos los enlaces mediante reportes de cada equipo microonda a través de la ruta de microondas.

	PRECIO UNITARIO
Administrador de elementos de red "Starview"	\$ 20,000.00
Estación de Trabajo Computador Marca Dell	\$ 2,200.00

Tabla 5.5 Precios de la estación de trabajo y software

5.1.7 Precio de derechos concesión y usos de frecuencias

La tarifa mensual por uso de frecuencias del Espectro Radioeléctrico se la puede calcular mediante la ecuación 3.2 descrita en el capítulo 3, y con la que se obtiene los siguientes TOTALES mostrados en la tabla 5.6.

Tarifa mensual T (US\$) = $Ka * \alpha_3 * \beta_3 * A (D)^2$						
Enlace	Ka	α_3	β_3	A	D	T (USD)
Villafuerte - Condorcocha	1	0.031	1	7	15.94	55.66
Condorcocha - Cayambe	1	0.031	1	7	57.99	736.63
						TOTAL= 792.29

Tabla 5.6 Tarifa mensual por derechos de concesión de frecuencias

El pago de Derechos de Concesión que determinara los permisos de utilización de los equipos, antenas y frecuencias es calculable mediante la ecuación 3.1 descrita en el capítulo 3, y su valor total se indica en la tabla 5.7.

Derechos de Concesión $Dc = T$ (US\$) * Tc * Fcf			
T (USD.)	Tc	Fcf	Dc
792.29	60	0.0312929	TOTAL= 1487.58

Tabla 5.7 Derechos Totales de Concesión

5.1.8 Inversión Total

A continuación se incluye la tabla 5.8 de cotización de precios donde se detalla la cantidad de elementos necesarios dentro del enlace alterno diseñado, así como su valor unitario para llegar a obtener un valor total referencial de la inversión total del proyecto.

COTIZACIÓN				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CAN	UNIDAD	VALOR
EQUIPOS E INSTALACIÓN				
1	Antena HP8-77	2	4,408.00	8,816.00
	Antena PL4-77	2	1,141.00	2,282.00
2	RFU Radio Truepoint 7Ghz, 16E1, Protec1+1	4	11,842.00	47,368.00
3	SPU Radio Truepoint 7Ghz, 16E1, Protec1+1	4	8,213.00	32,852.00
4	100m Cable RG8 interconexión SPU - RFU	3	298.00	894.00
5	Torres	0	0.00	0.00
6	Fuente de Poder AC/DC, - 48 V DC/25 A	3	4,800.00	14,400.00
7	Panel desbalanceado de 8E1 (2 para 16E1)	3	660.00	1,980.00
8	Orderwire	3	680.00	2,040.00
9	Microteléfono	3	60.00	180.00
10	Rack de 19" con panel de fusibles	3	1,285.00	3,855.00
11	Flex Twist 7 Ghz 1.2m	4	337.00	1,348.00
12	Banco de baterías para Sistema de respaldo de 48V, 208A hora	3	5,040.00	15,120.00
13	Estación de Trabajo_Computador Marca Dell	1	2,200.00	2,200.00
14	Administrador de elementos de red "Starview"	1	20,000.00	20,000.00
TRAMITES LEGALES				
15	Arriendo de terrenos	1	200.00	200.00
16	Arriendo de frecuencias por un año	1	9,507.48	9507.48
17	Autorización de antenas y frecuencias	1	1,487.58	1487.58
TOTAL INVERSIÓN1				
	TOTAL ESTIMADO INICIAL			164,530.06

Tabla 5.8 Resumen Final de cotización de precios de equipos y permisos

El total estimado de ciento sesenta y cuatro mil quinientos treinta dólares con seis centavos obtenido en la tabla 5.8, cubre la instalación y configuración de los equipos de radio microonda, así como también la capacitación necesaria al personal de la empresa para operar el sistema de control y administración del enlace diseñado.

La inversión total dentro del presupuesto de la empresa para proyectos anuales es razonable, y lograría su objetivo principal el cual es evitar pérdidas de dinero al Estado debido a interrupciones en la transmisión de información, ya que dicha información permite tener coordinación entre la producción petrolera y su administración.

Debido a la necesidad de proveer equipos de repuestos, la inversión total estimada podría variar en un 15 % dentro del año de trabajo del sistema, considerando además la necesidad de incluir personal dentro de la Unidad de Telecomunicaciones de Petroproducción que lleve a cabo el correcto funcionamiento de la red microonda diseñada.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- El sistema alternativo de microondas provee el manejo de tráfico en las mismas condiciones en las que trabajaría la ruta en vigencia ya que utiliza el mismo tipo de equipo con capacidades y velocidades similares.
- Las características del equipo microondas utilizado por la ruta diseñada permiten una correcta administración de la red, un debido control de volumen de información, monitoreo de los puntos de enlace y un mantenimiento en forma automática local y remota.
- Las bandas de frecuencias utilizadas en los enlaces microondas están disponibles en las regiones consideradas dentro del diseño, lo que facilita la implementación de el sistema de radio microondas redundante.
- El Backbone de microondas de Petroproducción y la ruta diseñada cuentan con los suficientes canales para transmitir voz, datos, y video, además si es necesario cuenta con la proyección de ampliar su ancho de banda en el momento que se lo requiera.
- Para escoger las características que debe tener el sistema de radio microondas que se ajusten a las necesidades de Petroproducción se ha considerado como principales parámetros en orden de importancia, a: Confiabilidad de los equipos, experiencia de trabajo con marcas utilizadas por proveedores de la empresa, potencia de trabajo, velocidad de datos, precio, soporte técnico, tamaño de los equipos, seguridades, facilidades de

manejo y estándares recomendados por la SENATEL para enlaces microonda punto a punto.

- Los puntos de enlace para la ruta alterna se divisan sobre una geografía llana la cual corrobora en el desempeño del enlace microondas dando una línea de vista libre de obstrucciones entre repetidoras.
- La ventaja de un nuevo enlace junto con el Sistema de Comunicaciones actual de Petroproducción está dada en el desvío de la transferencia de información sobre otros puntos de repetición que permitan conducir estos datos a su destino final.
- El sistema de radio se ajustaría eficientemente a las necesidades actuales y futuras de tráfico modificando el ancho de banda en proporción a las capacidades y modulación utilizada.
- El punto geográfico de repetición deberá estar en Condorcocha, ya que este lugar presenta condiciones geográficas favorables para los enlaces hacia Quito y Cayambe.
- En los lugares de donde se realizaría las instalaciones de la ruta alterna, se pudo confirmar que existe el espacio físico y capacidad de energía necesaria para colocar los equipos de radio microondas y las antenas ya sea en los cuartos de equipos ó en las torres respectivamente.
- Los niveles teóricos de potencia de recepción permiten asegurar que la operación de los enlaces son técnicamente posibles y que trabajarían dentro de las recomendaciones del fabricante de los equipos de radio.
- El valor para la adquisición e implementación de un sistema de radio microonda y que cumpla con las características del diseño realizado en

este proyecto es de USD 200.000 que está por debajo del presupuesto referencial anual establecido por Petroproducción para proyectos tecnológicos necesarios que es de USD 1.200.000

- La inversión para realizar el presente proyecto es factible, y se justifica en las pérdidas que podría tener la empresa con la existencia de una paralización en algún sector de la producción petrolera por falta de comunicación con las entidades administrativas las cuales dan asistencia vía remota desde Quito hacia el Oriente.

6.2 RECOMENDACIONES

- Para que todos los radios microondas puedan trabajar sin presentar problemas de interferencia por frecuencias ya asignadas, se recomienda trabajar a la frecuencia de los 7 Ghz, por estar en una banda no saturada en la región donde se presenta el diseño y además por ser solicitada a la SENATEL dentro de la concesión de uso de frecuencias (análisis realizado en Factibilidad Legal del capítulo 3), con capacidad inicial de ancho de banda de 7 Mhz.
- Se recomienda que el equipo de administración sea ubicado en el edificio Villafuerte para un mejor control y mantenimiento del sistema microonda debido a que es éste punto se encuentra personal administrativo de la Unidad de Telecomunicaciones.
- Aún cuando el personal viene manejando el sistema de microondas por más de un año, para el enlace redundante diseñado, el personal encargado deberá recibir cursos de capacitación para realizar un mantenimiento preventivo a los equipos del sistema nuevo.
- Se deberá adquirir equipos de repuesto para que las reparaciones se las realice en el menor tiempo.

- Se deberá tener en cuenta nuevas rutas redundantes sobre el Backbone de Petroproducción que actúen como alternativa de transferencia de datos en un eventual daño en sus repetidoras ya sea por malas condiciones atmosféricas o daños considerables en los equipos.

ANEXO A

TRAFICO TELEFONICO EDIFICIO MATRIZ

Sección A1. ADQUISICIÓN DE DATOS

INTERVALO	NUMERO DE LLAMADAS POR HORA				
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
00:00 - 01:00	6	5	8	6	6
01:00 - 02:00	3	6	8	0	6
02:00 - 03:00	6	0	7	2	5
03:00 - 04:00	0	0	0	1	5
04:00 - 05:00	6	1	4	6	6
05:00 - 06:00	39	31	42	37	36
06:00 - 07:00	96	101	142	127	140
07:00 - 08:00	230	197	229	202	236
08:00 - 09:00	341	343	348	398	344
09:00 - 10:00	399	412	395	469	377
10:00 - 11:00	461	455	403	471	404
11:00 - 12:00	447	310	327	432	377
12:00 - 13:00	291	279	261	329	312
13:00 - 14:00	367	351	366	339	347
14:00 - 15:00	400	434	423	408	393
15:00 - 16:00	406	416	399	395	406
16:00 - 17:00	391	365	403	385	393
17:00 - 18:00	266	278	284	294	264
18:00 - 19:00	212	166	197	215	169
19:00 - 20:00	180	211	191	161	185
20:00 - 21:00	220	214	221	180	201
21:00 - 22:00	186	150	184	160	157
22:00 - 23:00	78	97	90	117	70
23:00 - 24:00	31	23	19	31	24

LLAMADAS POR HORAS: Lunes 16 de Octubre – Viernes 20 de Octubre/2006

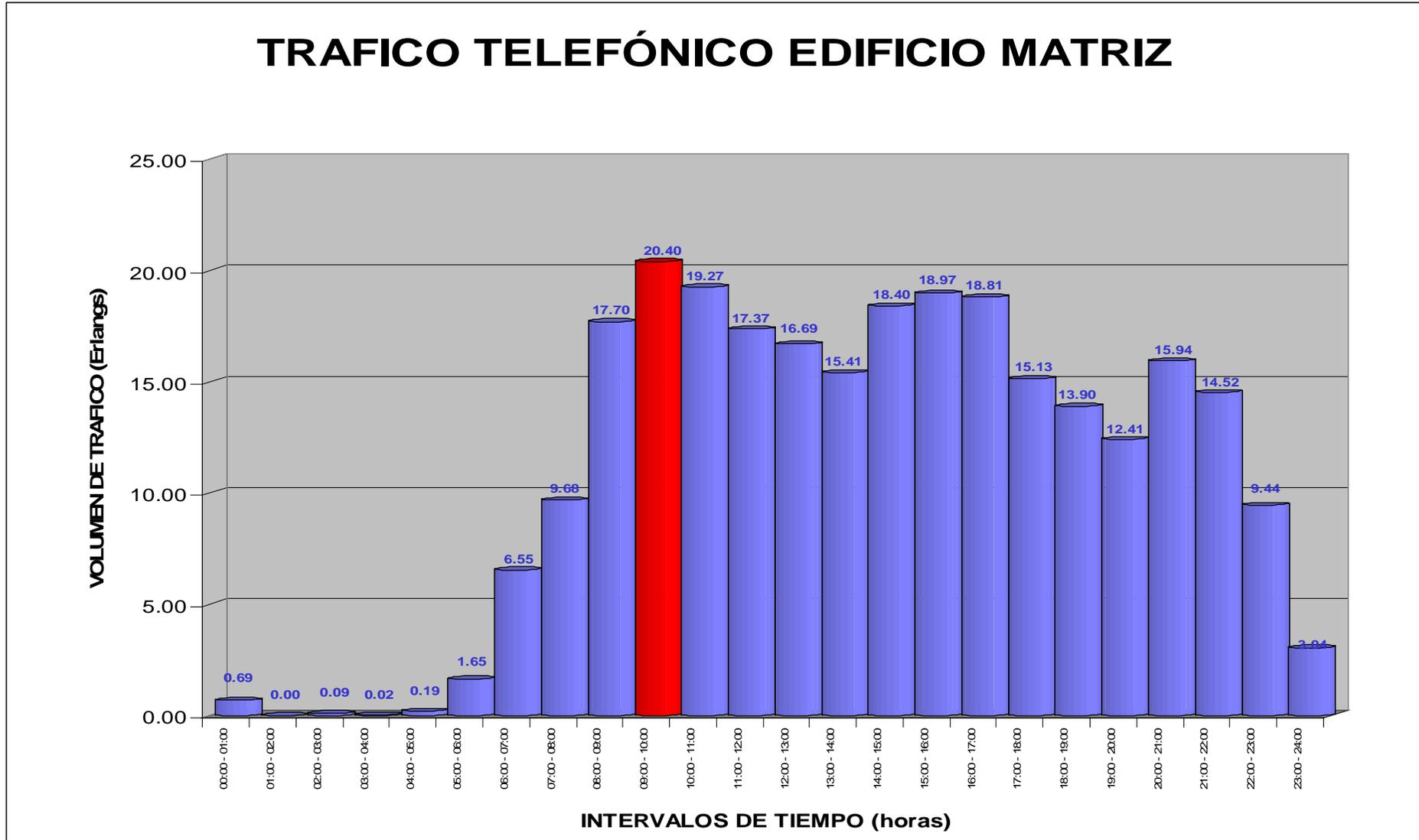
Sección A2. ADQUISICIÓN DE DATOS

MINUTOS DE OCUPACION POR HORA
Lunes 16 de Octubre – Viernes 20 de Octubre

INTERVALO	MINUTOS UTILIZADOS POR HORA				
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
00:00 - 01:00	21.70	50.00	80.00	41.50	39.63
01:00 - 02:00	12.60	5.97	61.97	0.00	60.00

02:00 - 03:00	5.37	0.00	59.10	5.47	21.73	←
03:00 - 04:00	0.00	0.00	0.00	1.17	8.23	
04:00 - 05:00	4.97	0.27	15.23	11.53	23.70	
05:00 - 06:00	90.43	76.07	92.40	98.87	94.40	
06:00 - 07:00	310.47	273.93	420.80	392.77	448.17	
07:00 - 08:00	701.70	587.90	681.23	580.83	702.50	
08:00 - 09:00	965.17	817.40	956.00	1061.73	894.77	
09:00 - 10:00	1169.10	1127.80	1067.57	1223.80	1160.30	
10:00 - 11:00	1163.83	1086.47	1148.63	1155.90	1000.00	
11:00 - 12:00	1048.00	754.83	919.83	1042.43	920.93	
12:00 - 13:00	957.87	837.73	739.30	1001.60	1020.63	
13:00 - 14:00	895.43	848.83	996.13	924.33	908.80	
14:00 - 15:00	1102.20	1159.77	1021.83	1103.73	1028.53	
15:00 - 16:00	1099.70	1113.50	1113.20	1138.37	1005.13	
16:00 - 17:00	968.10	1044.97	1014.37	1128.57	967.00	
17:00 - 18:00	738.43	843.20	923.67	907.80	934.70	
18:00 - 19:00	817.10	656.80	736.77	833.97	651.27	
19:00 - 20:00	784.60	877.23	829.47	744.30	861.57	
20:00 - 21:00	931.93	919.60	930.17	956.13	898.20	
21:00 - 22:00	967.13	821.27	936.27	871.23	893.93	
22:00 - 23:00	477.77	495.47	466.27	566.60	379.63	
23:00 - 24:00	189.97	97.67	112.70	182.50	157.17	

Sección A3. GRAFICO VOLUMEN DE TRÁFICO



Volumen de Tráfico por intervalo de Tiempo Ed. PETROPRODUCCION

Sección A4. DIMENCIONAMIENTO DE TRONCALES

TRNCs	GS 0,001		GS 0,002		GS 0,005		GS 0,01		GS 0,02		GS 0,05	
	UC	TU	UC	TU	UC	TU	UC	TU	UC	TU	UC	TU
1	0.04	0.001	0.07	0.002	0.2	0.005	0.4	0.01	0.7	0.02	1.8	0.05
2	1.8	0.05	2.5	0.07	4	0.11	5.4	0.15	7.9	0.22	14	0.38
3	6.8	0.19	9	0.25	13	0.35	17	0.46	22	0.60	32	0.90
4	16	0.44	19	0.53	25	0.70	31	0.87	39	1.09	55	1.52
5	27	0.76	32	0.90	41	1.13	49	1.36	60	1.66	80	2.22
6	41	1.15	48	1.33	58	1.62	69	1.91	82	2.28	107	2.96
7	57	1.58	65	1.80	78	2.16	90	2.50	106	2.94	135	3.74
8	74	2.05	83	2.31	98	2.73	113	3.13	131	3.63	163	4.54
9	92	2.56	103	2.85	120	3.33	136	3.78	156	4.34	193	5.37
10	111	3.09	123	3.43	143	3.96	161	4.46	183	5.08	224	6.22
11	131	3.65	145	4.02	166	4.61	186	5.16	210	5.84	255	7.08
12	152	4.23	167	4.64	190	5.28	212	5.88	238	6.62	286	7.95
13	174	4.83	190	5.27	215	5.96	238	6.61	267	7.41	318	8.83
14	196	5.45	213	5.92	240	6.66	265	7.35	295	8.20	350	9.73
15	219	6.08	237	6.58	266	7.38	292	8.11	324	9.01	383	10.63
16	242	6.72	261	7.26	292	8.10	319	8.87	354	9.83	415	11.54
17	266	7.38	286	7.95	318	8.83	347	9.65	384	10.66	449	12.46
18	290	8.05	311	8.64	345	9.58	376	10.44	414	11.49	482	13.38
19	314	8.72	337	9.35	372	10.33	404	11.23	444	12.33	515	14.31
20	339	9.41	363	10.07	399	11.09	433	12.03	474	13.18	549	15.25
21	364	10.11	388	10.79	427	11.86	462	12.84	505	14.04	583	16.19
22	389	10.81	415	11.53	455	12.63	491	13.65	536	14.90	617	17.13
23	415	11.52	442	12.27	483	13.42	521	14.47	567	15.76	651	18.08
24	441	12.24	468	13.01	511	14.20	550	15.29	599	16.63	685	19.03
25	467	12.97	495	13.76	540	15.00	580	16.12	630	17.50	720	19.99
26	493	13.70	523	14.52	569	15.80	611	16.96	662	18.38	754	20.94
27	520	14.44	550	15.28	598	16.60	641	17.80	693	19.26	788	21.90
28	546	15.18	578	16.05	627	17.41	671	18.64	725	20.15	823	22.87
29	573	15.93	606	16.83	656	18.22	702	19.49	757	21.04	858	23.83
30	600	16.68	634	17.61	685	19.03	732	20.34	789	21.93	893	24.80
31	628	17.44	662	18.39	715	19.85	763	21.19	822	22.83	928	25.77
32	655	18.20	690	19.18	744	20.68	794	22.05	854	23.73	963	26.75
33	683	18.97	719	19.97	774	21.51	825	22.91	887	24.63	998	27.72
34	711	19.74	747	20.76	804	22.34	856	23.77	919	25.53	1033	28.70
35	739	20.52	776	21.56	834	23.17	887	24.64	951	26.43	1068	29.68
36	767	21.30	805	22.36	864	24.01	918	25.51	984	27.34	1104	30.66
37	795	22.03	834	23.17	895	24.85	950	26.38	1017	28.25	1139	31.64
38	823	22.86	863	23.97	925	25.69	981	27.25	1050	29.17	1175	32.63
39	851	23.65	892	24.78	955	26.53	1013	28.13	1083	30.08	1210	33.61
40	880	24.44	922	25.60	986	27.38	1044	29.01	1116	31.00	1246	34.60
41	909	25.24	951	26.42	1016	28.23	1076	29.89	1149	31.92	1281	35.59
42	937	26.04	981	27.24	1047	29.08	1108	30.77	1182	32.84	1317	36.58
43	966	26.84	1010	28.06	1078	29.94	1140	31.66	1215	33.76	1353	37.57
44	995	27.64	1040	28.88	1109	30.80	1171	32.54	1248	34.68	1388	38.56
45	1024	28.45	1070	29.71	1140	31.66	1203	33.43	1282	35.61	1424	39.55
46	1053	29.26	1099	30.54	1171	32.52	1236	34.32	1315	36.53	1459	40.54
47	1083	30.07	1129	31.37	1202	33.38	1268	35.21	1349	37.46	1495	41.54
48	1111	30.88	1159	32.20	1233	34.25	1300	36.11	1382	38.39	1531	42.54
49	1141	31.69	1189	33.04	1264	35.11	1332	37.00	1415	39.32	1567	43.54
50	1170	32.51	1220	33.88	1295	35.98	1364	37.90	1449	40.25	1603	44.53

Tabla basada en la formula de Erlang B con diferente Grado de servicio "GS"

Sección A5. DISTRIBUCION DE CANALES DE LOS MUX DE DATOS

MATRIZ - TRIBUNA MUX N° 4

06-OCTUBRE-2006

POSICION N TARJETA A	ID TARJETA	TS o CANAL	POSICION FISICA	REG/PAR MDF	LINEA	UBICACIÓN	USUARIO
A1 A3-C	EICB FXO	1	1	1/20	3960	12-0-13-9	DISTRITO AMAZONICO SUPERINTENDENCIA
A3-D A4	FXO FXO	2 3	2 3	1/23 2/2	3961 440364	12-0-13-8 And. 42	D.N.H. TRK SALIDA LAGO
A4	FXO	4	4	2/5	254457	And. 93	TRK SALIDA LAGO
A4	FXO	5	5	2/8	3964	12-0-13-6	PERFORACION
A4 A5	FXO FXO	6 7	6 7	2/11 2/14	3965 3966	12-0-13-3 12-0-3-2	RR-HH BODEGA
A5	FXO	8	8	2/17	2441 110	And. 63	TRK SALIDA LA
A5	FXO	9	9	2/20	440369	And. 38	TELECOM. LAGO
A5 A6	FXO FXO	10 11	10 11	2/23 3/2	2459 281 2252 338	And. 115 And. 27	FAX MTO L. A. GUARUMO
A6	FXO	12	12	3/5	465114	And. 13	SUPERINTENDENCIA
A6	FXO	13	13	3/8	463 739	And. 13	ING. PETROLEOS
A6 A7	FXO FXO	14 15	14 15	3/11 3/14	3978 3979	12-0-12-3 12-0-13-1	MTO LAGO JEFE LIBERTADOR
A7	FXO	16	16	3/17	440 897		GUARUMO
A7	FXO	17	17	3/20	464 966	And 126	PROY ESPECIALES
A7 A8	FXO FXO	18 19	18 19	3/23 4/2	440-362 272198	And. 44 And. Tribuna	SUPERINT. LAGO TELECOM LAGO
A8	FXO	20	20	4/5	451644	And. 56	TELECOM LAGO
A8	FXO	21	21	4/8	2441 405	And. 114	RECEPCION LAGO
A8	FXO	22	22	4/11	440-954	And. 100	CAMPO GUARUMO
A9	FXO	23	23	4/14	441-101	And. 52	SHUSHUFINDI
A9	FXO	24	24	4/17	441-102	And. 53	RECEPCIÓN SACHA
A9	FXO	25	25	4/20	441 -103	And. 54	RECEPCIÓN AUCA
A9 A10	FXO FXO	26 27	26 27	4/23 5/2	459187 464 994	And. Tribuna And 127	SUPERINTENDENCIA SACHA TELECOM.
A10	FXO	28	28	5/5	3939	20-0-3-4	SACHA TELECOM.
A10	FXO	29	29	5/8	464 992	And 125	MATERIALES
A10	FXO	30	30	5/11			

Sección A5. DISTRIBUCION DE CANALES DE LOS MUX (continuación)

MATRIZ - ORIENTE MUX N° 5

POSICION TARJETA	ID TARJETA	TS o CANAL	POSICION FISICA	REG /PAR	LINEA	UBICACIÓN	USUARIO
1	E1CB						DISTRITO AMAZONICO AS 400 - INTERNET
A3	DCM 64N	23 - 30 (A) N X 8		V.35	512 K	DATOS	
A3	DCM 64N	15 - 22 (B) N X 8		V.35	512 K	DATOS	VIDEO CONFERENCIA
A4	4WE&M	3	3	2/1	TX	12-0-1-0	TRK # 1 Cód. 710
				2/2	RX		
				2/3	E/M		
A4	4WE&M	4	4	2/4	TX	12-0-1-1	TRK # 2 Cód. 710
				2/5	RX		
				2/6	E/M		
A4	4WE&M	5	5	2/7	TX	12-0-1-2	TRK # 3 Cód. 710
				2/8	RX		
				2/9	E/M		
A4	4WE&M	6	6	2/10	TX	12-0-1-3	TRK # 4 Cód. 710
				2/11	RX		
				2/12	E/M		
A5	4WE&M	7	7	2/13	TX	8-0-4-0	TRK # 5 Cód. 710
				2/14	RX		
				2/15	E/M		
A5	4WE&M	8	8	2/16	TX	8-0-4-1	TRK # 6 Cód. 710
				2/17	RX		
				2/18	E/M		
A5	4WE&M	9	9	2/19	TX	8-0-4-2	TRK # 7 Cód. 710
				2/20	RX		
				2/21	E/M		
A5	4WE&M	10	10	2/22	TX	DATOS	9.6 K
				2/23	RX		
				2/24	E/M		
A6	FXS		11	3/2	libre		
A6	FXS	12	12	3/5	4703		TRK TRIBUNA
A6	FXS	13	13	3/8	4505		TELECOM MATRIZ
A6	FXS	14	14	3/11	4506		S. GENERALES FAX
A7	FXS	15	15	3/14			
A7	FXS	16	16	3/17			
A7	FXS	17	17	3/20			
A7	FXS	18	18	3/23			
A8			19	4/2			
A8			20	4/5			
A8			21	4/8			
A8			22	4/11			
A9	FXO		23	4/14			
A9	FXO		24	4/17			
A9	FXO		25	4/20			
A9	FXO		26	4/23			
A10			27	5/2			
A10			28	5/5			
A10			29	5/8			
A10			30	5/11			

Anexo B

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS

Sección B1. POTENCIA DEL EQUIPO DE TRANSMISION

**Potencia de transmisión (dBm)
TRuepoint™ 5200^a y 5300 (LPA)**

Tributarios (Interfaces)	Modulación QAM	Banda de frecuencias en GHz				
		L6	U6	7	8	11
2 E1 ó 2 E1 + 2x10/100BASE-T	4			30.5	30.5	28.5
4 E1 ó 4 E1 + 2x10/100BASE-T	4			30.5	30.5	28.5
	16			26.5	26.5	24.5
8 E1 ó 8 E1 + 2x10/100BASE-T	4			30.5	30.5	28.5
	16			26.5	26.5	24.5
16 E1 ó 16 E1 + 2x10/100BASE-T	4			30.5	30.5	28.5
	16			26.5	26.5	24.5
E3 + Secundario ó 2x10/100BASE-T en E3 + Secundario	4	31.5		30.5	30.5	28.5
	16			26.5	26.5	24.5
21 E1 en STM-1, parcialmente lleno	4					28.5
	16	27.5	27.5	26.5	26.5	24.5
	32			25.5	25.5	23.5
3 E3 + Secundario en STM-1 ó 2x10/100BASE-T en STM-1 + Secundario	32					
	64	25	25			22
	128	24	24	23	23	21
ADM 21 E1 + 2 E3 en STM-1	32					
	64	25	25			22
	128	24	24	23	23	21
1000BASE-E1 en STM-1	32					
	64	25	25			22
	128	24	24	23	23	21

a. No es posible ninguna potencia de transmisión adicional para el TRuepoint™ 5200.

Potencia de transmisión del equipo

Sección B2. TIPOS DE ANTENA

Terrestrial Microwave Antenna Nomenclature



Prefix	Antenna Type or Description
KP_F, KPR_F	Knockdown GRIDPAK [®] Parabolic
MKP	Mini Knockdown GRIDPAK Parabolic
P, PX, P_F	Standard Parabolic-Unshielded
→ PL, PL_F, PXL, PXL_F	Standard Parabolic, Low VSWR-Unshielded
FR, FP_F, FPX	Standard Focal Plane Parabolic-Unshielded
FPHP	Focal Plane High Performance
→ HP, HP_F, HPX	High Performance Parabolic-Shielded
HSX	High Performance Super High Cross Polarization Discrimination-Parabolic
UHP, UHX, UHP_F	Ultra High Performance Parabolic
UMX	Ultra High Performance Multiband Parabolic
HDX, HDH, HDV	High Performance Dual Beam-Parabolic
PDV, PDH	Standard Dual Beam Angle Diversity
KPR	Knockdown GRIDPAK Parabolic-Rural Telephony
PAR, PARX	Parabolic Antenna for Relocation-Category A
LB, LBX	Low Back Lobe

Andrew uses an alphanumeric numbering system for identification and ordering of terrestrial microwave antennas. Andrew type numbers describe antenna type, size and operating frequency band. The system is known worldwide, and many governments, PTTs and OEMs use Andrew terminology such as "HSX type performance" to specify antennas within their equipment procurement documents.

Example:

	1	2	3	4	5
HSX		10		-	59
PL		8		-	71 W
KP		6	F	-	19

1. **Antenna Type.** The prefix is one, two, three or four letters that describe the antenna type. "X" within the prefix indicates dual-polarized operation.

For Standard Antennas, "L" indicates low VSWR antennas operating with:

Coaxial feed systems of 1.10 (26.4) RL or better

Waveguide feed systems of 1.06 (30.7) RL or better.

2. **Antenna Size.** The number indicates antenna diameter in feet.
3. **Pressurization.** Antennas having an "F" following the antenna size include a foam-dielectric feed and do not require pressurization. All other antennas have air-dielectric feeds and require pressurization. See pages 242-271 for pressurization equipment.
4. **Frequency Band.** The numbers following the hyphen are an abbreviated designation for the operating frequency band. For example:

Abbreviation	Frequency Band
19	1.9 - 2.3 GHz
59	5.925 - 6.425 GHz
107	10.70 - 11.70

5. **Wide band.** A "W" following the frequency band designator indicates wide band operation for special applications. For example:

PL12-71 indicates the frequency band 7.125-7.750 GHz

PL12-71W indicates the frequency band 7.100-8.500 GHz

Sección B3. CARACTERISTICAS DE LAS ANTENAS

7.05 - 8.40 GHz *

Type Number	Diameter ft (m)	RPE Number(s)	Regulatory Compliance			ETSI Class	ETSI Gain	Low	Gain, dBi			Beamwidth Degrees	Cross Pol. Disc., dB	F/B Ratio dB	VSWR max. (R.L., dB)
			U.S. FCC 101	74	78				Mid-Band	Top					
HP		High Performance Antennas – Single Polarized Antenna Inputs: CPR112G and PDR84													
HP4-77	4 (1.2)	2858	–	–	–	2	2	36.8	37.2	37.5	2.2	30	63	1.06 (30.7)	
HP6-77	6 (1.8)	3763	–	–	–	2	2	40.3	40.8	41.1	1.5	30	68	1.06 (30.7)	
HP8-77	8 (2.4)	3765	–	–	–	2	2	42.9	43.3	43.6	1.1	30	68	1.06 (30.7)	
HP10-77	10 (3.0)	2868	–	–	–	2	2	44.8	45.2	45.5	0.9	30	70	1.06 (30.7)	
HP12-77	12 (3.7)	3767	–	–	–	2	2	46.3	46.7	47.1	0.7	30	71	1.06 (30.7)	
HP15-77	15 (4.6)	3768	–	–	–	2	2	48.2	48.5	48.9	0.6	30	71	1.06 (30.7)	
PL		Standard Antennas – Single Polarized Antenna Inputs: CPR112G and PDR84													
PL4-77	4 (1.2)	3716	–	–	–	1	2	36.8	37.2	37.5	2.2	30	45	1.06 (30.7)	
PL6-77	6 (1.8)	3721	–	–	–	1	2	40.3	40.8	41.1	1.5	30	48	1.06 (30.7)	
PL8-77	8 (2.4)	2760	–	–	–	1	2	42.9	43.3	43.6	1.1	30	50	1.06 (30.7)	
PL10-77	10 (3.0)	2747	–	–	–	1	2	44.8	45.2	45.5	0.9	30	58	1.06 (30.7)	
PL12-77	12 (3.7)	2748	–	–	–	1	2	46.3	46.7	47.1	0.7	30	54	1.06 (30.7)	
PL15-77	15 (4.6)	2763	–	–	–	1	2	48.2	48.5	48.9	0.6	30	57	1.06 (30.7)	

*Multiband antennas are available in this frequency band. See pages 93-94.

GANANCIA DE LA ANTENA SEGÚN SU MODELO

Sección B4. TIPOS DE GUIA DE ONDA

Elliptical Waveguide

Types EWP63S, EWP63 and EW63



Characteristics

Type Numbers	
Super Premium Waveguide, Standard Jacket	EWP63S
Premium Waveguide, Standard Jacket	EWP63
Standard Waveguide, Standard Jacket	EW63
Premium Waveguide, Fire Retardant – Non-Halogenated Jacket	35409-18*
Type CATVP	222040-1
Standard Waveguide, Fire Retardant – Non-Halogenated Jacket	35409-19*
Electrical	
Max. Frequency Range, GHz	5.85-7.125
$\alpha_{TE_{11}}$ Mode Cutoff Frequency, GHz	4.00
Group Delay at 6.775 GHz, ns/100 ft (ns/100 m)	125 (411)
Peak Power Rating at 6.775 GHz, kW	10
Mechanical	
Minimum Bending Radii, without rebending, inches (mm)	
E Plane	7 (180)
H Plane	20 (510)
Minimum Bending Radii, with rebending, inches (mm)	
E Plane	10 (260)
H Plane	29 (740)
Maximum Twist, degrees/foot (m)	1 (3)
Dimensions over Jacket, in (mm)	2.01 x 1.16 (51.1 x 29.5)
Weight, pounds per foot (kg/m)	0.51 (0.76)

* UL® listed Type CATVR.

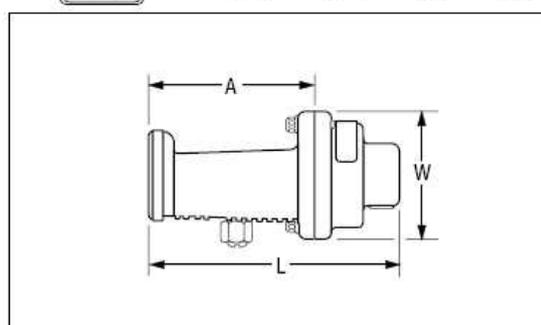
Attenuation, Average Power, Group Velocity

Frequency GHz	Attenuation dB/100 ft (dB/100 m)	Average Power Rating, kW	Group Velocity of Propagation, %
5.85	1.50 (4.94)	4.34	73.0
5.925	1.49 (4.88)	4.45	73.8
6.0	1.47 (4.82)	4.50	74.5
6.2	1.43 (4.70)	4.62	76.4
6.4	1.40 (4.59)	4.73	78.1
6.425	1.40 (4.58)	4.74	78.3
6.525	1.38 (4.53)	4.79	79.0
6.6	1.37 (4.50)	4.82	79.5
6.775	1.35 (4.44)	4.89	80.7
6.8	1.35 (4.43)	4.90	80.9
6.875	1.34 (4.40)	4.93	81.3
7.0	1.33 (4.37)	4.97	82.1
7.125	1.32 (4.33)	5.01	82.7

Attenuation values based on VSWR 1.0, ambient temperature 24°C (75°F) and are guaranteed within ±5%. Average power ratings based on VSWR 1.0 and 42°C (76°F) temperature rise over 40°C (104°F) ambient.

Connectors – Flange dimensions on pages 216-217

	L in (mm)	W in (mm)	A in (mm)	Weight lb (kg)
Type No. 163DC, 163DCT, 163DCP, 163SC, 163SCM				
	5.3 (135)	3.4 (86)	3.3 (84)	3.7 (1.7)
Type No. 163DE, 163DET, 163DEP				
	5.3 (135)	3.4 (86)	3.3 (84)	3.5 (1.6)
Type No. 163SEM, 163SE				
	5.3 (135)	3.4 (86)	3.5 (89)	3.7 (1.7)



Connector Material: Brass



Sección B4. (continuación)

Ordering Information for Waveguide Assemblies

Frequency* GHz	Waveguide Type	Flange Type ^{††}	Connector [†] Tunable	Fixed-Tuned	Pressure Window	Flex-Twist 2 ft (0.6 m)
Super Premium Waveguide Assemblies						VSWR 1.05 (32.3)**
→ 6.425–7.125	EWP63S	UG-344/U ^{†††} CPR137G PDR70	163DCT 163DET –	– – 163SEM	55000A-137 55001-137 223306-70	F137PA0240BB F137PC0240CB F137MH0600HB
Premium Waveguide Assemblies						VSWR 1.06 (30.7)**
5.925–6.575	EWP63-59	UG-344/U ^{†††} CPR137G PDR70 PAR70	163DCT 163DET – –	163SC 163SE 163SEM 163SCM	55000A-137 55001-137 223306-70	F137PA0240BA*** F137PC0240CA*** F137MH0600HA***
5.800–7.125	EWP63-59W	UG-344/U ^{†††} CPR137G PDR70 PAR70	163DCT 163DET – –	163SCM 163SE 163SEM 163SCM	55000A-137 55001-137 223306-70	F137PA0240BA*** F137PC0240CA*** F137MH0600HA***
Standard Waveguide Assemblies						VSWR 1.05 (32.3)*
6.525–6.875	EWP63-65N	UG-344/U ^{†††} CPR137G PDR70 PAR70	163DCT 163DET – –	163SC 163SE 163SEM 163SCM	55000A-137 55001-137 223306-70	F137PA0240BB F137PC0240CB F137MH0600HB
Standard Waveguide Assemblies						VSWR 1.06 (30.7)**
6.425–7.125	EWP63-65	UG-344/U ^{†††} CPR137G PDR70 PAR70	163DCT 163DET – –	163SC 163SE 163SEM 163SCM	55000A-137 55001-137 223306-70	F137PA0240BB F137PC0240CB F137MH0600HB
Standard Waveguide Assemblies			Non-Tunable		VSWR 1.15 (23.1)**	
5.925–7.125	EW63	UG-344/U ^{†††} CPR137G PDR70 PAR70	163DC 163DE – –	163SC 163SE 163SEM 163SCM	55000A-137 55001-137 223306-70	F137PA0240BS F137PC0240CB F137MH0600HS

* Contact Andrew for information on other frequency bands. ** VSWR max., (R.L., dB). Up to 300 ft (90 m). The indicated maximum VSWR characteristics are guaranteed for factory assemblies and are typical for field assemblies. *** Low VSWR guaranteed for 5.925 to 6.425 GHz, nominal for 5.925 to 6.575 GHz.
† "Tunable" connectors ordered with factory assemblies are factory tuned. †† For detailed information on mating flanges, refer to pages 214-218. ††† Modified cover flange with gasket groove. Mates with UG choke or cover flanges.

Accessories – Photos and detailed descriptions on pages 194-200

Description	Type No.	Description	Type No.
Hangers and Adapters		Tower Standoff Kit of 10. 2.5 in (60 mm) standoff	
Hanger Kit of 10. Recommended maximum spacing for outdoor installation is 3 ft (0.91 m)*	42396A-7	Member Diameter, in (mm)	
NEW! Snap-In Hanger Kit of 10. Recommended spacing for outdoor installation is 3.5 ft (1.07 m)	EWSH-63	3-4 (75-100)	41108A-1
Hardware Kit of 10. 3/8" bolts, lock washers, nuts		4-5 (100-125)	41108A-2
3/4" (19 mm) long	31769-5	5-6 (125-150)	41108A-3
1" (25 mm) long	31769-1	Other Accessories	
Angle Adapter Kit of 10. Stainless steel	31768A	Flaring Tool Kit for connector attachment	EWFTK-63
Angle Adapter Kit of 10. Galvanized		Splice	163DZ
3/8" Hardware	242774	Grounding Kit with factory attached, one-hole lug	204989-4
Metric Hardware	242774-M	Grounding Kit with factory attached, two-hole lug	241088-4
Round Member Adapter Kit of 10. Stainless steel		Grounding Kit with field attachable crimp-on, one-hole lug	204989-24
Member Diameter, in (mm)		Grounding Kit with field attachable crimp-on, two-hole lug	241088-9
1-2 (25-50)	31670-1	Grounding Kit with field attachable screw-on lug	204989-34
2-3 (50-75)	31670-2	Crimping Tool to field attach lug to Grounding Kit	207270
3-4 (75-100)	31670-3	Hoisting Grip	24312A
4-5 (100-125)	31670-4	Bending Tool Kit . One each E and H Plane tool	EWBTK-2
5-6 (125-150)	31670-5	Connector Reattachment Kit	33544-33
45° Adapter Kit of 10. Galvanized steel	42334	Wall-Roof Feed Thru	245314-63
Threaded Rod Support , 3/8" rod, nuts, washers, ceiling bracket		Waveguide Boot for Plates (below),	
12 in (305 mm) long, kit of 1	31771	4 in (102 mm) dia.	WGB4-63
12 in (305 mm) long, kit of 5	31771-4	5 in (127 mm) dia	WGB5-63
24 in (610 mm) long, kit of 1	31771-9	Feed-Thru Plate for Boots (above)	
24 in (610 mm) long, kit of 5	31771-6	Openings	For 4 in Boots
Tower Standoff Kit of 10. 1 in (25 mm) standoff			For 5 in Boots
Member Diameter, in (mm)		1	204673-1
0.75-1.5 (20-40)	30848-5	1	204673-2
1.5-3.0 (40-75)	30848-4	2	–
3-4 (75-100)	30848-1	2	48940-2
4-5 (100-125)	30848-2	3	–
5-6 (125-150)	30848-3	3	48940-3
		4	204673-4
		4	48940-4
		6	–
		6	48940-6
		8	204673-8
		8	–

* Standard conditions: 125 mph (200 km/h) survival wind velocity, 0.5 in (13 mm) radial ice. For other conditions see page 196.

Sección B5. UMBRAL DE RECEPCION

Umbrals (dB) – TRuepoint™ 5200 y 5300

Tributarios (Interfaces)	Modulación QAM	Umbral (dB)				
		L6	U6	7	8	11
2 E1 ó 2 E1 + 2x10/100BASE-T	4			-94	-94	
4 E1 ó 4 E1 + 2x10/100BASE-T	4			-91	-91	
	16			-87	-87	
8 E1 ó 8 E1 + 2x10/100BASE-T	4			-88	-88	
	16			-85.5	-85.5	
16 E1 ó 16 E1 + 2x10/100BASE-T	4			-85.5	-85.5	
	16			-83	-83	
E3 + Secundario ó 2x10/100BASE-T en E3 + Secundario	4			-85	-85	
	16			-81	-81	
21 E1 en STM-1, parcialmente lleno	4					
	16	-79	-79	-79.5	-79.5	-79.5
	32		-77	-77.5	-77.5	-77.5
3 E3 + Secundario en STM-1 ó 2x10/100BASE-T en STM-1 + Secundario	32					
	64	-74	-74			-74
	128	-70	-70		-70	
ADM 21 E1 + 2 E3 en STM-1	32					
	64	-74	-74			-74
	128	-70	-70		-70	
1000BASE-E1 en STM-1	32					
	64	-74	-74			-74
	128	-70	-70		-70	

ANEXO C

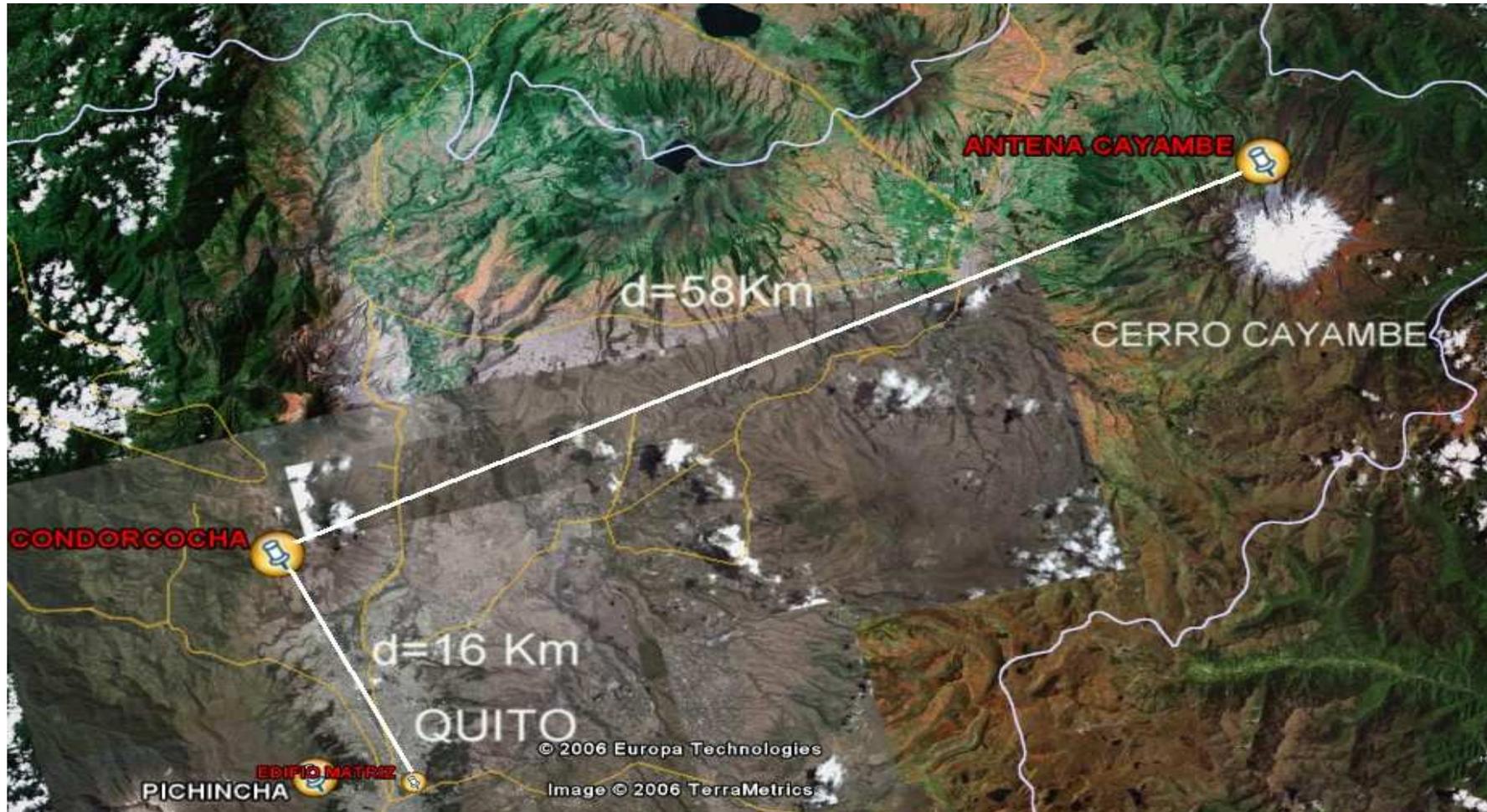
GRAFICOS DE ENLACES, FOTOS DE LOS EQUIPOS

Sección C1. ENLACE QUITO - CONDORCOCHA

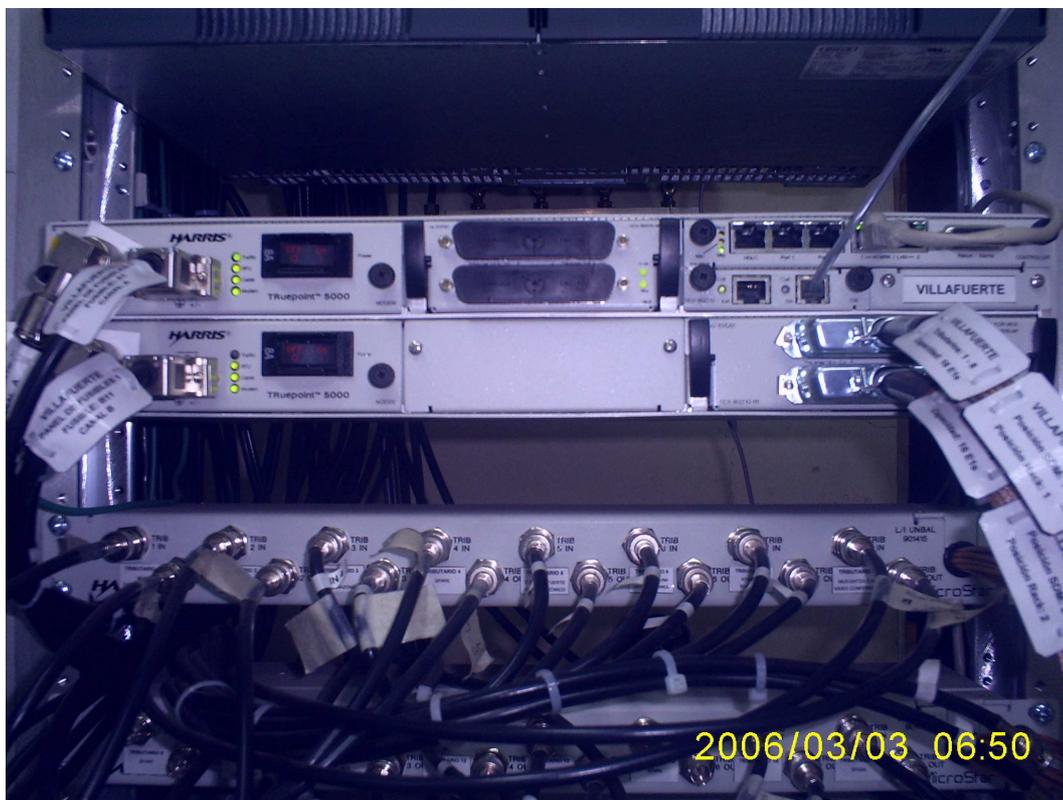


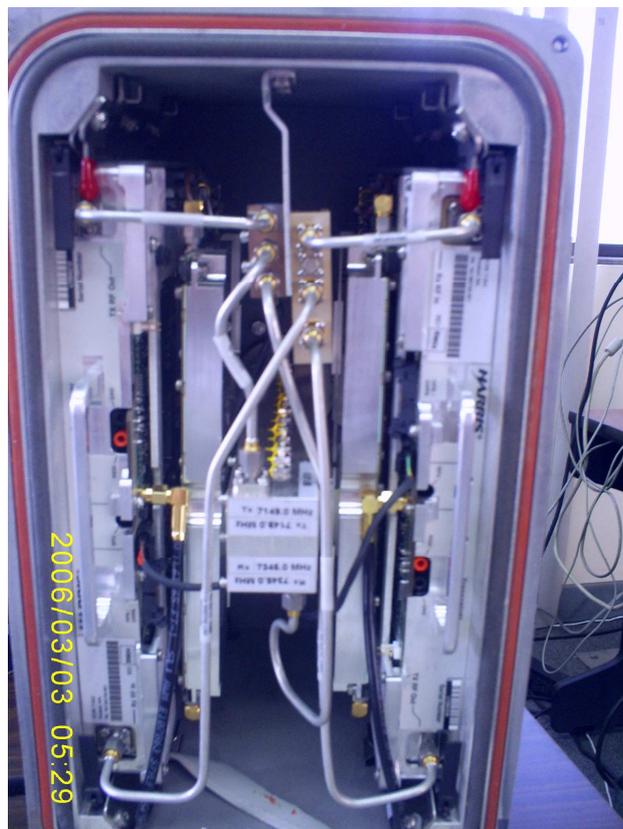
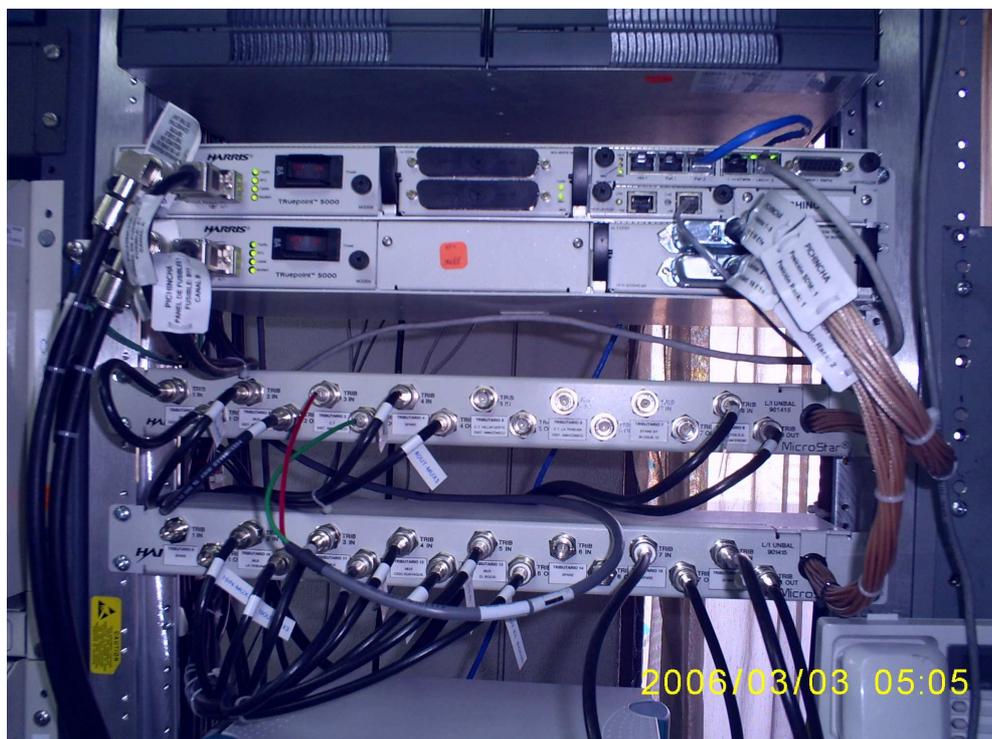
Enlace Ed. Villafuerte Condorcocha

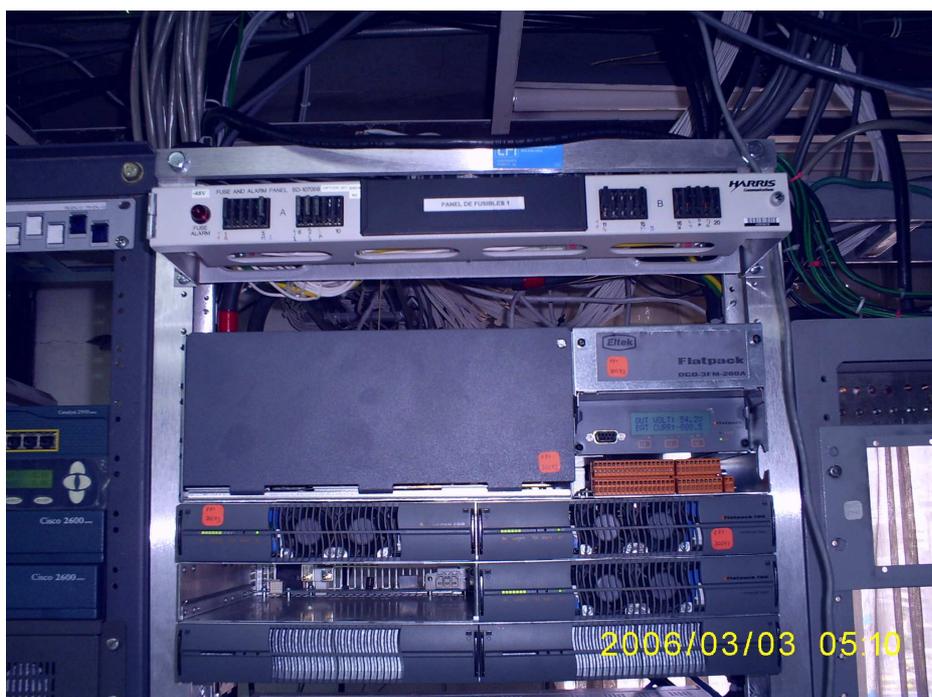
Sección C2. ENLACE CONDORCOCHA - CAYAMBE



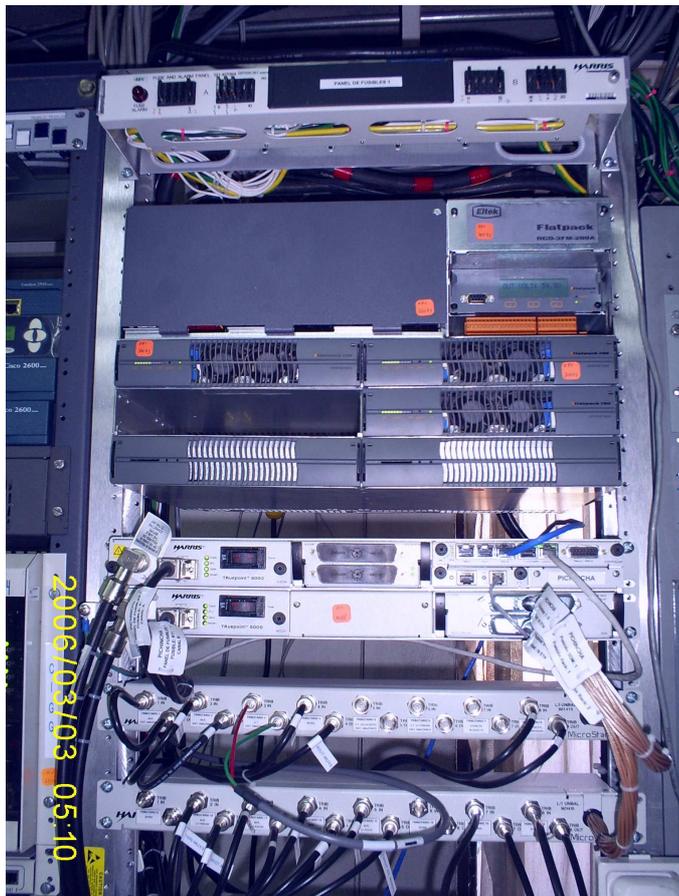
Enlace Condorcocha – Cayambe

SECCION C3. FOTOS DEL EQUIPO HARRIS MICROONDA**UNIDAD DE PROCESAMIENTO DE SEÑAL****UNIDAD DE RADIO FRECUENCIA (exterior)**

SECCION C3. FOTOS DEL EQUIPO HARRIS MICROONDA (continuación)**UNIDAD DE RADIO FRECUENCIA (vista interna)****PANEL DESBALANCEADO DE 16E1(tributarios)**

SECCION C3. FOTOS DEL EQUIPO HARRIS MICROONDA (continuación)**MÓDULO ORDERWIRE****PANEL DE FUSIBLES**

SECCION C3. FOTOS DEL EQUIPO HARRIS MICROONDA (continuación)



Rack de 19" Y EQUIPOS INSTALADOS



FUENTE DE PODER AC/DC -48 V DC/25 A DE SALIDA

SECCION C3. FOTOS DEL EQUIPO HARRIS MICROONDA (continuación)**ESTACIÓN DE TRABAJO COMPUTADOR MARCA DELL****ANTENA PARABÓLICA ESTÁNDAR MODELO: HP8-77**