ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO INTEGRAL DE UNA RED DE RADIO SOBRE IP PARA LA COMPAÑÍA WEGA MINING ECUADOR S.A.

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

ALEX DANIEL OBANDO LÓPEZ
ahleksobando@gmail.com

DIRECTOR: ING. JOSÉ ADRIÁN ZAMBRANO MIRANDA
jose.zambrano@correo.epn.edu.ec

Quito, Abril 2010

DECLARACIÓN

Yo, Alex Daniel Obando López, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

_____

Alex Daniel Obando López

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Alex Daniel Obando López, bajo mi supervisión.

Ing. Adrián Zambrano
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

La realización del presente proyecto de titulación, contó con la colaboración de un grupo de personas que desinteresadamente accedieron a brindarme su soporte y ayuda, razón por la cual considero necesario mencionarlos a todos ellos con el mismo nivel de importancia y gratitud a manera de un pequeño y sincero reconocimiento.

Para empezar no puedo dejar de mencionar al Ing. Guillermo López, Presidente de la Compañía Wega Mining, quien ofreció todas las facilidades para el desarrollo de este proyecto.

Por otra parte, quisiera expresar mi gratitud a los Ingenieros Fernando Bustillos y Edwin Orbe, ambos miembros de Global Crossing, quienes durante el tiempo en que realice mis pasantías en esta empresa me apoyaron con todo su conocimiento, dándome las pautas técnicas a seguir para la correcta elaboración de esta tesis de grado.

Finalmente, debo agradecer al Ing. Adrián Zambrano, por haber accedido a ser el tutor de este proyecto y por el interés que mostró en que sea un trabajo acorde a las exigencias que el mismo implica.

DEDICATORIA

Dada la importancia que han tenido en mi formación personal a través de su ejemplo de honestidad y responsabilidad y por todo el cariño y soporte que me han brindado considero necesario dedicar éste que representa el fin de una etapa, a mis padres Dr. Claudio Obando y Dra. Mirian López.

Asimismo, no puedo dejar de mencionar en esta dedicatoria al resto de mi familia y amigos quienes de una u otra manera han sido parte o espectadores de los buenos y malos momentos que he tenido que transitar a lo largo de esta vida, estando a mi lado siempre que los he necesitado.

CONTENIDO

DECLARACIÓN.....i
CERTIFICACIÓN.....i
AGRADECIMIENTOS.....iii
DEDICATORIA.....iv
CONTENIDO.....v
ÍNDICE DE FIGURAS.....x
ÍNDICE DE TABLAS.....xii
RESUMEN.....xiv
PRESENTACIÓN.....xvi

CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN TEÓRICA DEL SISTEMA.....1
1.1 REDES WAN.....1
1.1.1 INTRODUCCIÓN.....1
1.1.2 REDES DE VOZ.....2
1.1.2.1 Red Telefónica Conmutada.....3
1.1.2.2 El Proceso de Digitalización y Codificación.....3
1.1.2.3 Medición de la Calidad de la Voz.....4
1.1.2.4 Transmisión de Voz por Paquetes.....4
1.1.2.5 Factores que Afectan la Calidad de Voz.....5
1.1.2.6 Componentes de una Conversación.....6
1.1.2.7 Tipos de Redes de Voz por Paquetes.....6
1.1.3 REDES DE DATOS.....7
1.1.3.1 Clasificación de Redes de Datos.....8
1.1.3.2 Tecnologías de Redes WAN.....9
1.1.3.3 Protocolos para Redes WAN.....11
1.1.4 INTEGRACIÓN DE REDES DE DATOS Y VOZ.....14
1.1.4.1 Convergencia en Redes IP.....15
1.1.5 SISTEMAS SATELITALES.....16
1.1.5.1 Conceptos Básicos de Sistemas Satelitales.....16

1.1.5.1.1 Modelos de Enlace.....16
1.1.5.1.2 Tipos de órbitas.....19
1.1.5.1.3 Órbita Geoestacionaria.....19
1.1.5.1.4 Métodos de localización del satélite.....21
1.1.5.1.5 Clasificación de los Satélites y Espaciamiento.....23
1.1.5.1.6 Asignaciones de Frecuencia.....23
1.1.5.2 Características de un Satélite.....24
1.1.5.2.1 Polarización.....24
1.1.5.2.2 Bandas de Operación.....24
1.1.5.3 Modos de Acceso al Satélite.....25
1.1.5.3.1 Acceso Múltiple por División de Tiempo (Time Division Multiple Access - TDMA).....25
1.1.5.3.2 Direct IP.....27
1.1.5.3.3 Canal Único por Portadora (Single Channel Per Carrier – SCPC).....31
1.2 SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIONES MÓVILES.....39
1.2.1 INTRODUCCIÓN.....39
1.2.2 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UN SISTEMA PMR.....39
1.2.3 MODOS DE EXPLOTACÍON.....40
1.2.3.1 Simplex.....40
1.2.3.2 Simplex a dos frecuencias.....41
1.2.3.3 Semiduplex.....41
1.2.3.4 Full duplex.....42
1.2.4 TIPOS DE SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIONES MÓVILES.....42
1.2.4.1 Sistemas de Despacho.....42
1.2.4.1.1 Características de funcionamiento.....45
1.2.4.2 Sistemas Troncales.....46
1.2.4.2.1 Canales de un Sistema Troncal.....47
1.2.4.2.2 Bandas de Frecuencia para Sistemas Troncales.....47
1.2.4.3 Sistema Comunal.....48
1.2.5 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIONES MÓVILES.....50
1.2.5.1 Calidad de Recepción.....50

1.2.5.1.1 Calidad de Tráfico.....50
1.2.5.1.2 Calidad de Cobertura.....50
1.2.5.1.3 Calidad de Fidelidad de Señal.....50
1.2.5.2 Radio FM de Dos Vías.....51
1.2.5.3 Cálculos de Cobertura.....51
1.2.5.3.1 Métodos Empíricos de Predicción de Cobertura.....52
1.2.5.4 Cálculos de intensidad de campo.....53
1.3 RADIO SOBRE PROTOCOLO INTERNET (RoIP).....58
1.3.1 INTRODUCCIÓN.....58
1.3.2 COMPONENTES DE UNA RED RoIP.....60
1.3.3 VOZ SOBRE PROTOCOLO INTERNET (VoIP).....62
1.3.3.1 Protocolos utilizados por VoIP.....62
1.3.3.1.1 Recomendación H.323.....63
1.3.3.1.2 Real-Time Protocol (RTP).....64
1.3.3.1.3 Real-time Control Protocol (RTCP).....67
1.3.3.1.4 Session Initation Protocol (SIP).....68
1.3.3.1.5 Session Announcement Protocol (SAP).....68
1.3.3.1.6 Session Description Protocol (SDP).....69
1.3.3.2 Descomposición a través de Gateway.....69
1.3.3.3 Gatekeepers.....69
1.3.4 COMPRESIÓN DE VOZ PARA ROIP.....70
1.3.4.1 Métodos de Compresión de Voz.....70
1.3.4.1.1 Pulse Code Modulation (PCM).....70
1.3.4.1.2 Adaptative Diferential Pulse Code Modulation (ADPCM).....71
1.3.4.1.3 Regular Excitation Long-Term Predictor (GSM RPE-LTP).....72

CAPÍTULO 2. DISEÑO DE LA RED WAN.....74
2.1 INTRODUCCIÓN.....74
2.2 INSPECCIÓN DE LOS PROYECTOS.....74
2.3 MEDIO DE TRANSMISIÓN.....76
2.4 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE DIRECT IP.....81
2.5 COMPONENTES DE DIRECT IP – HIGH TRAFFIC.....82
2.6 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE DIRECT IP HIGH TRAFFIC.....83

2.7 MANEJO DE LA VOZ EN DIRECT IP HIGH TRAFFIC.....85
2.8 DIMENSIONAMIENTO DE LOS ENLACES.....86
2.9 CÁLCULOS DEL ENLACE EN EL PROYECTO NAYUMBE Y YANTZAZA...92
2.9.1 ENLACE DEL PROYECTO NAYUMBE.....93
2.9.1.1 Cálculo del Ángulo de Elevación.....95
2.9.1.2 Cálculo del Ángulo de Azimut.....96
2.9.1.3 Cálculo de la Distancia al Satélite.....96
2.9.2 ENLACE DEL PROYECTO YANTZAZA.....97
2.9.2.1 Cálculo del Ángulo de Elevación.....99
2.9.2.2 Cálculo del Ángulo de Azimut.....99
2.9.2.3 Cálculo de la Distancia al Satélite.....100
2.10 CONFIGURACIÓN EN LAS IDUs HX-50.....100
2.10.1 PROYECTO NAYUMBE.....101
2.10.2 PROYECTO YANTZAZA.....102
2.11 ESQUEMA DEL SISTEMA A IMPLEMENTAR.....102

CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES MÓVILES.....103
3.1 INTRODUCCIÓN.....103
3.2 INSPECCIÓN DE LOS PROYECTOS.....103
3.3 DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS.....105
3.4 EQUIPOS A UTILIZARSE.....106
3.5 COBERTURA EN LOS PROYECTOS NAYUMBE Y YANTZAZA.....110
3.5.1 PROYECTO NAYUMBE.....118
3.5.2 PROYECTO YANTZAZA.....126
3.6 DIAGRAMA DEL SISTEMA A IMPLEMENTAR.....134

CAPÍTULO 4. DISEÑO DE LA RED DE RADIO SOBRE IP.....136
4.1 INTRODUCCIÓN.....136
4.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.....136
4.3 EQUIPO A UTILIZAR.....138
4.4 FUNDAMENTOS DE LA OPERACIÓN DEL GATEWAY NXU-2A.....140
4.5 CONFIGURACIÓN DEL GATEWAY NXU-2A.....141

4.5.1 CONFIGURACIÓN A TRAVÉS DE PROGRAMA TERMINAL MTTY.EXE..142
4.5.2 CONFIGURACIÓN A TRAVÉS DE NXU-2A SETUP UTILITY.....143
4.5.3 CONFIGURACIÓN A TRAVÉS DE TELNET O EXPLORADOR WEB.....145
4.5.4 CONFIGURACIÓN DE LOS GATEWAY NXU-2A DE LA RED.....146
4.6 DIAGRAMA DEL SISTEMA INTEGRAL A IMPLEMENTAR.....150
4.7 COSTO REFERENCIAL DEL PROYECTO.....151
4.7.1 EQUIPOS Y SERVICIOS SATELITALES.....152
4.7.2 EQUIPOS DE RADIOCOMUNICACIONES MÓVILES.....152
4.7.3 EQUIPOS DE RADIO SOBRE IP.....152

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....154
5.1 CONCLUSIONES.....154
5.2 RECOMENDACIONES.....157

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....159

ANEXO 1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS SATELITALES.....A
ANEXO 2 INFORMACIÓN DEL SATÉLITE NSS10.....F
ANEXO 3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS DE RADIOCOMUNICACIONES MÓVILES.....H
ANEXO 4 FORMULARIOS QUE DEBEN PRESENTARSE EN LA SENATEL PARA PROYECTOS DE RADIOCOMUNICACIONES MÓVILES.....R
ANEXO 5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL GATEWAY DE ROIP NXU-2A.....X

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura. 1.1. Topologías de una subred punto a punto. (a) Estrella. (b) Anillo. (c) Árbol. (d) Completa. (E) Intersección de anillos. (f) Irregular.....2
Figura. 1.2. Trama PPP.....13
Figura. 1.3. Modelo de subida del satélite.....17
Figura. 1.4. Transponder del satélite.....18
Figura. 1.5. Modelo de bajada del satélite.....19
Figura. 1.6. Red VSAT con topología en estrella.....25
Figura. 1.7. Estación Principal y Remotas de un Sistema VSAT.....26
Figura. 1.8. Esquema típico del acceso TDMA al satélite.....27
Figura. 1.9. Sistema Direct IP.....29
Figura. 1.10. Acceso SCPC al Satélite.....31
Figura. 1.11. Diagrama de Bloques Estación SCPC.....34
Figura. 1.12. Diagrama de Bloques de un Transceptor.....35
Figura. 1.13. Diagrama de Bloques LNA.....36
Figura. 1.14. Diagrama de Bloques LNB.....37
Figura. 1.15. Diagrama de Bloques LNC.....37
Figura. 1.16. Diagrama de Bloques de un SSPA.....38
Figura. 1.17. Modo Simplex.....41
Figura. 1.18. Modo Simplex a dos frecuencias.....41
Figura. 1.19. Modo Semiduplex.....42
Figura. 1.20. Modo Full dúplex.....42
Figura. 1.21. Red PMR con frecuencia única hacia la red.....44
Figura. 1.22. Umbrales de Recepción en una red isofrecuencial.....45
Figura. 1.23. Curva degradación de la intensidad de campo eléctrico en la recepción en la estación base.....55
Figura. 1.24. Curva degradación de la intensidad de campo eléctrico en la recepción en la estación móvil.....56

Figura. 1.25 Diagrama de Bloques VoIP….....58
Figura. 1.26. Diagrama de Bloques RoIP.....59
Figura. 1.27. Gateway RoIP.....60
Figura. 1.28. Interfaz Controladora RoIP.....61
Figura. 1.29. Enlace RoIP.....61
Figura. 1.30. Encapsulación del paquete RTP.....65
Figura. 1.31. Información del encabezado RTP.....66

CAPÍTULO 2

Figura 2.1. Ubicación de los proyectos Nayumbe y Yantzaza.....75
Figura 2.2. Cálculo del índice R y MOS mediante el modelo E.....79
Figura 2.3. Determinación por el modelo E de los efectos del retardo absoluto.....80
Figura 2.4. Compresión de las cabeceras en el paquete RTP de voz.....86
Figura 2.5. Intensidad de lluvia en el área de servicio satelital.....89
Figura 2.6. Esquema Campamentos – Oficinas Wega Mining Quito.....102

CAPÍTULO 3

Figura 3.1. Distribución de Frecuencias.....106
Figura 3.2. Factor de corrección utilizando la figura 1.23….....114
Figura 3.3. Factor de corrección utilizando la figura 1.24….....115
Figura 3.4. Cobertura en el Proyecto Nayumbe Escala 1:1000000.....126
Figura 3.5. Cobertura en el Proyecto Yantzaza.....134
Figura 3.6. Esquema del sistema Radiocomunicaciones Móviles.....135

CAPÍTULO 4

Figura 4.1. Programa MTTY.exe.....142
Figura 4.2. Ventana NXU-2 Settings.....143
Figura 4.3. Ventana Terminal.....144
Figura 4.4. Ventana History.....145
Figura 4.5. Ventana del explorador web.....146
Figura 4.6. Diagrama integral del Sistema de Telecomunicaciones.....151

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

Tabla 1.1. Parámetros de la Órbita Geoestacionaria.....21
Tabla 1.2. Bandas de Operación de Satélites Geoestacionarios.....24
Tabla 1.3. Tonos Subaudibles utilizados por CTSS.....49
Tabla.1.4. Valores de P(%) con su respectivo k(P).....56
Tabla. 1.5. Valores típicos de σ_L y σ_T según la banda de frecuencia.....57

CAPÍTULO 2

Tabla 2.1. Relación de R, MOS y Satisfacción del usuario.....80
Tabla 2.2. Velocidades y Simetría de Direct IP.....87
Tabla 2.3. Ancho de Banda Asegurado Porcentual.....88
Tabla 2.4. Ancho de Banda Asegurado.....88
Tabla 2.5. Servicios disponibles por zona geográfica.....89
Tabla 2.6. Porcentaje de Distribución para la banda CIR-VoIP.....90
Tabla 2.7. Overhead en función del FEC.....91
Tabla 2.8. Características de la antena.....93
Tabla 2.9. Datos del satélite.....94
Tabla 2.10. Características de la portadora.....95
Tabla 2.11. Características de la antena.....98
Tabla 2.12. Datos del satélite.....98
Tabla 2.13. Características de la portadora.....99

CAPÍTULO 3

Tabla 3.1. Rango de Frecuencias según la banda de operación.....105
Tabla 3.2. Tabla comparativa de estaciones portátiles.....107
Tabla 3.3. Tabla comparativa de estaciones base.....108
Tabla 3.4. Tabla comparativa de estaciones repetidoras.....109
Tabla 3.5. Valores de Campo Eléctrico Y Cobertura Repetidor Nayumbe.....125

Tabla 3.6. Valores de Campo Eléctrico y Cobertura Repetidor Yantzaza.....133

CAPÍTULO 4

Tabla 4.1. Costo de Equipos y Servicios Satelitales.....152
Tabla 4.2. Costo de Equipos del Sistema de Radiocomunicaciones.....152
Tabla 4.3. Costo de Equipos del Sistema de Radio Sobre IP.....152

RESUMEN

Este proyecto de titulación presenta el diseño integral de la red de Radio sobre IP para la compañía minera Wega Mining Ecuador S.A.

Dadas las necesidades de comunicación propias de la Compañía Wega Mining Ecuador S.A., principalmente desde y hacia sus dos proyectos ubicados en zonas rurales de la provincia Amazónica de Zamora Chinchipe, donde las alternativas de tecnologías de telecomunicaciones son escasas, surgió la premisa de encontrar y diseñar un sistema que se adapte y satisfaga los requerimientos particulares de esta compañía minera.

En base a los antecedentes citados se empezó por analizar las distintas tecnologías que son ofertadas por los diferentes proveedores de servicios de telecomunicaciones, así como las soluciones de carácter privado; es decir, que el cliente podría implementar mediante la instalación, puesta en marcha y monitoreo integral. Al ir estudiando los pros y contras de cada uno de los sistemas que podrían utilizarse, se determinó que para la comunicación dentro de los proyectos la mejor alternativa era un sistema de radiocomunicaciones móviles VHF básico de despacho, y debido a que la compañía necesitaba de una comunicación fluida entre ambos campamentos y su sede matriz de Quito se decidió que el medio que mejor se adaptaba para transportar esta información era el satelital, principalmente porque puede ser instalado en cualquier punto geográfico que este dentro de su zona de cobertura. En este caso, al contratar capacidad satelital del proveedor Global Crossing se garantiza una cobertura integra de todo el territorio Ecuatoriano. No obstante, la señal analógica generada en la red VHF debía ser adaptada a un lenguaje común al que maneja la tecnología satelital Direct IP por la cual también se brindaría servicio de Internet para ambos proyectos; es decir, IP y en virtud de este requerimiento se hizo indispensable la utilización de

Gateways de RoIP que después que se analizaron las opciones disponibles en el mercado se encontró que el más indicado resultó ser el NXU2-A de Raytheon.

Una vez determinadas las mejores opciones dentro de cada uno de los sistemas que intervendrían en este diseño, se verificó su compatibilidad y se establecieron las configuraciones idóneas para su correcto desempeño así como el costo estimado propio de su implementación y funcionamiento. La solución integral fue recibida gratamente por parte de Wega Mining.

PRESENTACIÓN

En la actualidad la necesidad de integración de servicios de telecomunicación cada vez va cobrando mayor importancia, es así que las tecnologías convergentes tienden a ir posicionándose en el mercado como las principales opciones al momento en que las empresas deben optar por una solución para sus necesidades.

Por lo citado en el párrafo anterior, en el presente proyecto acorde a los requerimientos de la Compañía Wega Mining Ecuador S.A. cuyos campamentos se encuentran dentro de áreas concesionadas en la provincia oriental de Zamora Chinchipe, en zonas con escasos y/o nulos servicios de telecomunicación, se decidió diseñar un sistema integral de telecomunicaciones que a través de un solo canal, en este caso satelital permita transportar voz analógica proveniente de las estaciones móviles de VHF generada dentro de los campamentos sobre el protocolo IP con la intervención de gateways de radio sobre IP entre las estaciones remotas y la oficina matriz ubicada en la ciudad de Quito. Asimismo por este canal satelital se podrá tener acceso a servicio de Internet en los dos campamentos.

El propósito de haber escogido este tema, radica en el hecho de mostrar que actualmente se tienen algunas alternativas tecnológicas que pueden ser ofrecidas a dos de los nichos de mercado con altas necesidades de comunicación pero que debido a su ubicación geográfica, que en la mayoría de casos se sitúa en la región oriental de nuestro país, no encuentran mayores posibilidades y ofertas para satisfacerlas; se hace referencia a las empresas dedicadas a la explotación petrolera y minera, que en un gran porcentaje de los casos son compañías multinacionales y que manejan grandes presupuestos; por lo cual la comunicación que estas deben cursar tiene gran importancia dentro de lo que respecta a la organización de las mismas.

Es importante mencionar que el presente proyecto de titulación ha sido estructurado en cinco capítulos, diferenciando cada uno de los sistemas que intervienen en el mismo.

El Capítulo I abarca todo el marco teórico involucrado en los diferentes sistemas de telecomunicaciones que componen este proyecto; todos estos conceptos serán parte del posterior diseño de los mismos. En este capítulo se presenta información detallada sobre las diferentes tecnologías de redes wan disponibles en el país; los distintos sistemas de radiocomunicaciones móviles y sus componentes; así como las definiciones y elementos que conforman un sistema de radio sobre IP.

El Capítulo II por otra parte, se enfoca específicamente en la red wan. Se exponen los criterios de selección de la tecnología wan más adecuada para este proyecto como punto de partida para poder exponer las características técnicas propias del mismo, en este caso un Sistema Satelital Direct IP High Traffic ubicado en cada campamento, y a su vez presentar el desarrollo detallado de los cálculos inherentes a un diseño satelital.

El Capítulo III se centra en el sistema de radiocomunicaciones móviles, encontrándose que la opción más idónea para el proyecto es un sistema básico de despacho en cada área concesionada que brinde cobertura independiente a cada una de estas. A partir de la determinación del sistema de radiocomunicaciones a utilizar, se muestran los cálculos pertinentes a estos sistemas, apegados a la regulación vigente.

El Capítulo IV establece las principales características técnicas de los sistemas de radio sobre IP, con énfasis en los equipos NXU2-A de Raytheon que serán los utilizados en el presente proyecto. Asimismo, se hace hincapié en la configuración que deberán tener estos equipos para que su interrelación con los otros dos sistemas sea correcta. En este capítulo también se presenta una lista con los costos referenciales tanto de equipos como de servicios que serían parte de la implementación de este proyecto.

Finalmente en el capítulo V se establecen las conclusiones obtenidas con la realización del presente proyecto así como las recomendaciones pertinentes a la temática de este trabajo.

CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN TEÓRICA DEL SISTEMA

1.1 REDES WAN

1.1.1 INTRODUCCIÓN

Una red WAN (Wide Area Network) o red de área amplia es aquella que tiene una cobertura geográficamente extensa pudiendo abarcar un país o incluso un continente. Esta formada por sistemas terminales o hosts cuya función principal es la ejecución de aplicaciones de usuario. Estos hosts se hallan interconectados mediante una subred que se encarga de conducir mensajes entre si.

En la mayoría de redes WAN la subred se encuentra dividida en: las líneas de transmisión conocidas también como circuitos, canales o troncales y cuya función principal consiste en la transferencia física de los bits de un dispositivo a otro y por otro lado se encuentran los elementos de conmutación que son dispositivos que se encargan de conectar dos o más líneas de transmisión entre si. Estos elementos suelen conocerse como nodos conmutadores de paquetes, sistemas intermedios o centrales de conmutación de datos. Generalmente los hosts son parte de una red LAN (local área network) o red de área local mientras que el elemento de conmutación suele ser un ruteador, sin embargo, puede presentarse el caso en que un host se encuentre directamente conectado al ruteador. El conjunto de líneas de conmutación y ruteadores conforman la subred.

La mayoría de redes WAN están constituidas por numerosos enlaces con un par de ruteadores cada uno por lo que de requerirse la comunicación entre dos ruteadores que no comparten el enlace esta deberá ser indirecta a través de otros ruteadores que reciben y almacenan el paquete completo hasta que la línea de salida se encuentre libre, momento en el que el paquete es reenviado. Cuando la subred se fundamenta en este principio se la denomina como de punto a punto, de almacenar y reenviar, o de paquete conmutado. Este principio es utilizado en casi todas las redes WAN con la excepción de la redes satelitales.

El diseño de una subred punto a punto presenta una consideración en su diseño referente a la topología en que el ruteador se interconecta. Mientras que las redes

LAN por lo general tienen una topología simétrica, sucede lo contrario con las redes WAN, ya que típicamente su topología es irregular.

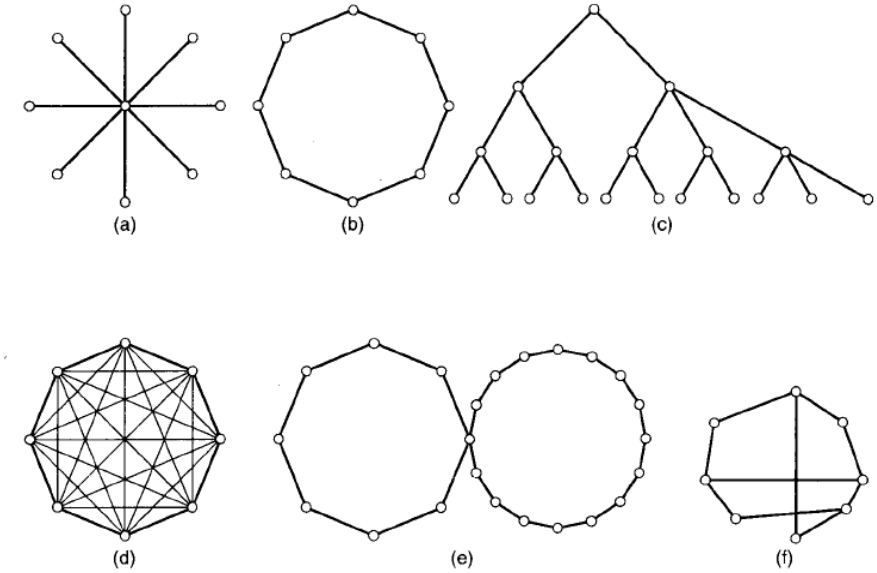


Figura. 1.1. Topologías de una subred punto a punto. (a) Estrella. (b) Anillo. (c) Árbol. (d) Completa. (E) Intersección de anillos. (f) Irregular.[1]

Las redes WAN cuentan con otra alternativa que son los sistemas de satélite o de radio en tierra en los cuales los ruteadores poseen una antena mediante la cual pueden enviar y recibir información. La característica principal de los sistemas satelitales es que todos los ruteadores pueden acceder a la información de salida del satélite. En algunas ocasiones los ruteadores se encuentran conectados a una subred punto a punto extensa pero solo algunos cuentan con una antena satelital. La naturaleza implícita de los satélites hace que estas redes sean requeridas cuando la difusión es un aspecto importante a considerar.

1.1.3 REDES DE VOZ

La evolución que han experimentado las redes de comunicaciones en los últimos años se refleja en la tendencia existente hacia la convergencia tecnológica de información. Es así, que la transmisión de voz sobre redes de datos ha ido desplazando a la conmutación de circuitos tradicionalmente utilizada por esta.

La transmisión de voz por paquetes se justifica principalmente por el ahorro en costos de transmisión que este implica, sin embargo, en lo estrictamente

[1] TANENBAUM, Andrew, Redes de Computadoras. Tercera Edición. Prentice Hall. pp: 13

tecnológico también muestra ciertas ventajas como: el ahorro de ancho de banda y el aprovechamiento de los canales de datos mediante técnicas de detección de la actividad de la voz.

1.1.2.1 Red Telefónica Conmutada

La idea de la red telefónica conmutada surgió en el año de 1876 con la invención del teléfono por Alexander Graham Bell. En sus inicios este fue un proceso de conmutación totalmente manual aunque, durante su evolución se desarrollaron los sistemas de conmutación por división en el tiempo y en el espacio llegando hasta el desarrollo de centrales públicas y conmutadores privados como los PBX.

1.1.5.2 El Proceso de Digitalización y Codificación

El hecho de que tanto la voz humana como el ruido sean por naturaleza señales análogas determinó que en comunicaciones telefónicas sobre largas distancias estas señales debían amplificarse aunque, el ruido también lo hacía generándose así la dificultad en la diferenciación entre la señal de voz y las señales de ruido.

Los sistemas de comunicación digitales por otra parte traen consigo la necesidad de convertir la información de voz a unos y ceros. Para cumplir con este propósito el primer proceso a llevarse a cabo es el de codificación utilizando el teorema de Nyquist, que dice que para que una señal análoga pueda reconstruirse totalmente de su información digital se debe muestrear por lo menos al doble de la frecuencia de transmisión más alta. Para el caso particular de la voz se tiene que el intervalo de frecuencias va desde los 300 Hz hasta los 3,6 kHz pero, para el cálculo de la frecuencia de muestreo se utiliza un valor máximo de 4 kHz. Es así que, se deben tomar muestras a una tasa de 8000 Hz o en otras palabras, una muestra cada 125 µs. Posteriormente a cada una de esas muestras se le asigna un valor que es codificado en 8 bits. De esta forma, se tiene que la tasa de transmisión del canal de voz sería:
8000 muestras / s * 8 bits / muestra = 64 kbps.

Este estándar de codificación es conocido como PCM. La evolución de los sistemas digitales permitió el surgimiento de diferentes técnicas de codificadores de voz que se clasifican en tres tipos:

Codificadores de forma de Onda

Presentan un gran ahorro de ancho de banda codificando con menos bits. Su problema principal es que puede presentar degradación en la calidad de la voz.

Ej: ADPCM G.726 (codificaciones utilizando 5, 4, 3 y 2 bits por muestra).

Codificadores de Voz (Vocoders)

Presenta bajas tasas de transmisión de bits pero, su sonido es muy sintético. Generalmente se necesita entrenar el algoritmo. Se utiliza típicamente en aplicaciones militares.

Ej. LPC.

Codificadores Híbridos

Son predictivos. Utilizan un método conocido como codificación AbS (Análisis por Síntesis) y realizan la codificación entre 4.8 y 16 kbps.

Ej:CELP,LD-CELP G.728, CS-ACELP G.729.

1.1.2.3 Medición de la Calidad de la Voz

La medición de la calidad de la voz generalmente utiliza el método conocido como MOS (Mean Opinion Score) Este método, se fundamenta en la realización de una encuesta a diferentes usuarios de los sistemas de voz para evaluar su desempeño en base a los resultados obtenidos. El rango en que calificación puede variar desde 5 que es la mayor calificación hasta 1 que sería una calidad de voz inaceptable.

1.1.2.4 Transmisión de Voz por Paquetes

Las tecnologías de transmisión de voz por paquetes surgieron inicialmente de Internet, donde su uso se limitaba a comunicaciones de tipo casero con gente ubicada en cualquier parte del mundo. No obstante, la evolución que han mostrado estas tecnologías, ha llevado a que tanto usuarios finales como grandes empresas a nivel mundial, consideren el hecho de implementar la transmisión de voz sobre sus redes, ya sea por el ahorro que se obtiene en comunicaciones de larga distancia, así como también por las ingentes posibilidades que se pueden abrir en el mundo de las redes multiservicio.

1.1.2.5 Factores que Afectan la Calidad de Voz

Al diseñar una red de voz por paquetes uno de los puntos más críticos que se deben considerar es el retardo que puede experimentar un paquete así como la variación del retardo ya que esto se verá reflejado en la degradación en la calidad de voz. Los factores que intervienen en el retardo son:

Codificación y Compresión

El retardo introducido variará según el algoritmo que se esté utilizando. Es así que un algoritmo de alta compresión tardará más en procesar un paquete que uno de compresión intermedia.

Empaquetamiento

Consiste en la presentación de la información de voz digitalizada como paquetes y puede variar según el protocolo implementado. Tanto en ATM como en Frame Relay el procesamiento será más rápido debido a que ambos son protocolos de capa 2 mientras que IP al ser un protocolo de capa 3 tendrá más información y por lo tanto demandará de más tiempo.

Acceso a la red y retardo de propagación

Se entiende como el tiempo requerido para transmitir los paquetes de voz hacia la WAN.

Llegada

Una vez que los paquetes llegan a su destino se debe dar un proceso inverso que termina en el desempaquetamiento. Sin embargo, debido a que algunos protocolos son no orientados a conexión se tienen zonas de almacenamiento que permiten que la reproducción de la voz se realice sin cortes. Al viajar por diferentes caminos los paquetes pueden experimentar diferentes retardos que generan el Jitter.

Suele presentarse otro factor que afecta la transmisión de voz y se conoce como eco. El eco se produce por el desacople en la impedancia del conversor híbrido de 4 a 2 cables en el receptor. Es posible corregirlo con supresores de eco, que aíslan la impedancia, o con canceladores de eco, que invierten la señal y se la restan a la señal de voz.

Se debe tener presente el hecho de que la pérdida de paquetes de voz en este

tipo de tecnologías pudiera degradar la voz según el número de paquetes seguidos que se pierdan. Si un paquete de voz se pierde no hay problema, si son dos los paquetes seguidos que se pierden el MOS puede pasar 4 a 3.5 mientras que si se pierden tres seguidos la calidad de voz puede ser casi inaceptable con un MOS de 2.

Finalmente, la calidad de voz puede deteriorase por la cantidad de pasos de compresión/descompresión por los que atraviesa un paquete de voz ya que además de añadir un retardo adicional el algoritmo en sí podría degradar la calidad de la voz.

1.1.2.6 Componentes de una Conversación

Los componentes esenciales de una conversación de voz alcanzan solamente un 22% del total de la conversación. Mientras que los componentes restantes están formados por otro 22% de componentes repetitivos, artículos o palabras cortas en su mayoría, y un 56% que pertenece a los silencios. Estos porcentajes dan una idea más clara de la diferencia que se tiene entre la transmisión de voz por conmutación de circuitos, en la que se mantiene un ancho de banda de 64 Kbps constante transmitiendo inclusive los silencios, y la transmisión por conmutación de paquetes, en la que gracias a herramientas como la detección de la actividad de voz y la transmisión exclusiva de componentes esenciales se puede ahorrar ancho de banda de una manera dinámica.

1.1.2.7 Tipos de Redes de Voz por Paquetes

Según los protocolos utilizados para la transmisión de voz las redes pueden clasificarse en:

Voz sobre IP (VoIP)

Es el protocolo con mayor proyección de consolidarse en la integración de voz y datos debido a la popularidad y aceptación con que cuenta a nivel mundial. A pesar de tratarse de un protocolo de capa 3 presenta características que pudieran proporcionar calidad de servicio a los paquetes que así lo requieran.

El desarrollo de la suite de protocolos H.323 así como, del protocolo para transmisión en tiempo real RTP (Real Time Protocol), características de manejo

de colas, precedencia de paquetes (utilizando el campo de precedencia del protocolo IP) y características de reserva de ancho de banda hacen de este un gran candidato para estas nuevas implementaciones. Por otra parte, su atractivo se encuentra en la facilidad de integración con las aplicaciones de datos, promoviendo el desarrollo de nuevas aplicaciones como click to talk, cuya utilidad consiste en habilitar voz desde un browser en Internet.

Voz sobre Frame Relay (VoFR)

El factor determinante para considerar este protocolo para el transporte de voz es su popularidad a nivel de conexiones WAN corporativas. Asimismo, la calidad de la voz puede garantizarse mediante estándares de la implementación de transmisión de voz como: FRF.11 combinado con un estándar de fragmentación de paquetes como FRF.12. Otra de las cualidades que muestra Frame Relay es que al ser un protocolo de capa 2, la conmutación será más rápida y el overhead que se añadirá al paquete menor. Por otra parte, de no contar con un buen diseño la sobre-suscripción permitida por un carrier puede deteriorar la calidad de voz, sin embargo, es recomendable que los paquetes de voz no sobrepasen el CIR para que estos no sean marcados como descartables y la calidad de voz sea incorruptible.

Voz sobre ATM (VoATM)

La ventaja de este protocolo para transmisión de voz radica en el hecho de que desde un principio fue creado para soportar diferentes tipos de servicio. Dentro de los cuales para la transmisión de voz se puede utilizar VBR-rt (Variable Bit Rate-real time), mediante el cual se garantiza un ancho de banda para los paquetes de voz. La variación de retardos en este protocolo no se hace presente gracias a la utilización de celdas fijas de 53 bytes. A pesar que a menudo el consumo de ancho de banda es mayor, las altas velocidades de conmutación que soporta lo sitúan como una opción a considerar en la integración de voz y datos.

1.1.6 REDES DE DATOS

La sociedad de información que se vive en la actualidad se fundamenta en los datos, los mismos que al ser generados, procesados y manipulados, deben suministrar la información propiamente dicha que apoyada por los sistemas de

comunicación de datos dará origen a las conexiones entre computadores ya sea a nivel local o global formando los diferentes tipos de redes conocidas.

1.1.3.1 Clasificación de Redes de Datos

Por lo general se acogen dos criterios como parámetros de clasificación de las redes de datos: la tecnología de transmisión y la escala.

Dentro de la tecnología de transmisión podemos separar a las redes entre: redes de difusión y redes punto a punto.

Redes de difusión

Se caracterizan porque todos los equipos pertenecientes a la red deben compartir un único canal de comunicación. En este tipo de red los paquetes de datos pueden ser leídos por todos los equipos de la red aunque, serán procesados únicamente por la máquina que posea la dirección de destino existente en el paquete. Asimismo, si se desea que los paquetes sean recibidos y además procesados por un grupo particular de máquinas se debe trabajar en modo de multidifusión o multicast y si se requiere que todas las máquinas sean participes de esta información así como del procesamiento de la misma se deberá utilizar el modo de operación conocido como difusión o broadcast.

Redes punto a punto

Este tipo de red se encuentra constituido por múltiples conexiones entre pares de máquinas, con lo que el camino que deberán atravesar los paquetes desde un origen a un destino estará constituido por varias máquinas intermediarias.

El otro criterio de clasificación lo constituye la escala dentro de las cuales se encuentran: las redes locales, metropolitanas y de área amplia.

Redes de Área Local (Local Area Network - LAN): Se caracterizan por que su área de cobertura se encuentra limitada a distancias que no exceden los centenares de metros o unos cuantos kilómetros y por lo general están situadas dentro de edificios, campus o complejos. Otra de sus características relevantes se encuentra en el hecho de que las velocidades de transmisión que manejan son elevadas en comparación a las redes de áreas de mayor cobertura. El carácter privado de estas redes es otra de las características que describen a estas redes.

Redes de Área Metropolitana (Metropolitan Area Network – MAN)

Estas redes se encuentran constituidas por la interconexión de redes LAN situadas a distancias mayores que las que se encuentran dentro de un edificio pero sin sobrepasar los límites urbanos. Se podría estimar que las redes MAN no deberían sobrepasar los 50 Km, asimismo, su funcionalidad se aprecia cuando se requiere implementar sistemas de comunicaciones intermedios con coberturas geográficas mayores que las de las redes LAN pero, con velocidades de transmisión mayores que las que ofrecen las redes WAN.

Redes de Área Extendida: (Wide Area Network - WAN)

Una red de área extendida es aquella que conecta dos o más redes LAN separadas por distancias proporcionales a las existentes entre dos ciudades de un mismo país. Las velocidades de transmisión que manejan no son muy elevadas y en algunos casos pudieran utilizar de manera parcial circuitos proporcionados por proveedores de servicios de telecomunicación.

1.1.6.2 Tecnologías de Redes WAN

Dentro de las tecnologías que pueden ser implementadas por una red WAN se tienen:

Multiplexación por División de Tiempo (TDM)

Se divide en TDM síncrono y estadístico y ha sido utilizado en las redes WAN durante la evolución de estas tecnologías.

- TDM síncrono: Con este se pueden transmitir simultáneamente múltiples canales digitales sobre un único medio de transmisión. No obstante, por lo general su uso en la transmisión de datos no es del todo eficiente ya que se tienen asignados recursos de transmisión permanentes para cada canal sin importar si son usados o no por el cliente.

- TDM estadístico: Funciona mediante la segmentación y reensamblado en paquetes pequeños al que es sometida la información para su posterior transmisión individual. TDM síncrono mostraba una dependencia temporal de los canales en el frame portador mientras, que en TDM estadístico los paquetes poseen una cabecera que determina el canal al que pertenecen,

esta característica permite que la información sea transmitida a la misma velocidad con que se genera y deja libre las capacidades de transporte si no hay información.

Ambas tecnologías han sido la base para redes WAN conmutadas:

- Redes de circuitos: se basan en TDM síncrono ofreciendo velocidad constante y son capaces de transportar todo tipo de tráfico gracias a su baja latencia.

- Redes de Paquetes: se basan en TDM estadístico y las conexiones entre origen y destino se dan mediante Circuitos Virtuales. Por el retardo que se genera debido a los procesos que maneja no es adecuado para tráfico voz y video de igual manera, es necesario la utilización de un ensamblador/desensamblador de paquetes o PAD debido a que imponen un protocolo de acceso.

Existen dos sistemas TDM síncronos:

- Bit Interleaved Multiplexing: Una porción de tiempo es reservada para cada salida al canal agregado. La porción de tiempo esta constituido por un bit de cada uno de los canales de entrada pero manteniendo siempre el mismo orden. Se tiene un canal de sincronización que transmite una señal constante utilizada por el receptor y cuyo ancho de banda es restado de la suma de anchos de banda de los canales de entrada para obtener el ancho de banda total.

- Byte Interleaved Multiplexing: Este sistema por otra parte, intercala octetos y también necesita de un canal de sincronización. Asimismo, el ancho de banda total equivale a la suma de todos los canales menos el ancho de banda del canal de sincronización.

Redes X.25

Este estándar fue desarrollado por la ITU-T en la década de 1970 con el objetivo de crear una interfaz entre las redes públicas de conmutación de paquetes y sus clientes. A nivel de capa física opera el estándar X.21, que determina la interfaz física, eléctrica y funcional, mientras que a nivel de capa de enlace de datos los estándares existentes se centran en la corrección de errores por otra parte, el

protocolo de capa de red permite crear circuitos virtuales a través de los cuales podrán ser enviados paquetes de 128 bytes. La velocidad que manejan estas redes se sitúa en 64 Kbps, una cantidad insuficiente para la mayoría de aplicaciones actuales. Estas redes trabajan con circuitos virtuales conmutados y permanentes y están orientadas a conexión.

Frame Relay

Surgió gracias a la evolución tecnológica que han experimentado tanto los sistemas de transmisión como los computadores, a leves rasgos se lo puede describir como una línea virtual dedicada por la cual se pueden enviar tramas o frames de 1600 bytes. A diferencia de las líneas dedicadas reales con una virtual, solo se tendrán ráfagas de la mayor velocidad. Las velocidades de operación superan ampliamente a las de X.25 con un promedio de 1.5 Mbps a expensas de no realizar corrección de errores. Difiere de X.25 debido a la ausencia de control de flujo.

Modo de transferencia Asincrónica (Asynchronous Transfer Mode - ATM)

Se fundamenta en la transmisión mediante paquetes con una longitud de 53 bytes conocidos como celdas. La conmutación de celdas en que se basa, permite la transmisión a velocidad constante para audio o video así como, variable para datos. Sus velocidades de transmisión oscilan entre los 155 y 622 Mbps y están orientadas a conexión con lo que se garantiza el orden de llegada.

1.1.6.3 Protocolos para Redes WAN

Dentro de los protocolos utilizados por las redes WAN para transmisiones digitales entre en un módem y los dispositivos de la red LAN tenemos: el SLIP y el PPP.

Protocolo de Internet de Enlace Serial (Serial Link Internet Protocol - SLIP)

Este protocolo es utilizado para transferir información desde algún dispositivo LAN ya sea un enrutador o computador y un módem por lo que, su utilización se reduce a sistemas de transmisión analógicos. SLIP encapsula los mensajes IP, lo que lo hace útil para redes punto a punto con TCP/IP. Su funcionamiento se basa en la transferencia de caracteres al módem ordenados secuencialmente. Algunas de sus limitaciones son:

- Identificación del tipo de mensaje: Este protocolo no soporta que un enlace posea varios protocolos.
- Direccionamiento: Los dispositivos interconectados mediante este protocolo se deben conocer mediante sus direcciones IP que deben ser fijas a través de los enrutamientos que sean necesarios.
- Compresión: El carecer de cualquiera de estos mecanismos puede ser perjudicial cuando los mensajes contienen un campo de información relativamente pequeño comparado con su cabecera.
- Detección y corrección de errores: Asigna estas responsabilidades junto con la retransmisión de mensajes corruptos a protocolos de capa superiores.
- Compatibilidad exclusiva con TCP/IP: No puede ser utilizado con otros protocolos como IPX/SPX o NetBEUI.

SLIP envía sus caracteres una a continuación de otro salvo en los caracteres ESC y END los cuales son enviados de a dos. Esto conlleva la ausencia caracteres de inicio, fin y control.

Protocolo Punto a Punto (Point to Point Protocol – PPP)

De igual manera que SLIP este protocolo es utilizado en la transmisión de información a través de una línea analógica que conecta algún dispositivo LAN con un módem. Su creación respondió a la necesidad de mejorar SLIP en el sentido de que sea compatible con otros protocolos que no sean TCP/IP. Este protocolo esta constituido por otros tres:

- Control de Enlace de Datos de Alto Nivel (High-Level Data Link Control – HDLC): Es un protocolo de capa de enlace de datos cuya función consiste en encapsular mensajes provenientes de diversos protocolos sobre enlaces punto a punto.
- Protocolo de Control de Enlace (Link Control Protocol - LCP): Al ser un protocolo de capa de red se encarga de establecer, configurar y comprobar la conexión con la línea serial.

- Protocolo de Control de Red: (Network Control Protocol - NCP): El hecho de que este sea un protocolo de capa de transporte lo vuelve indispensable para el establecimiento y configuración de múltiples protocolos LAN.

La trama del protocolo PPP se encuentra formada por siete campos.

Indicador (1 byte)	Dirección (1 byte)	Control (1 byte)	Protocolo (1 o 2 bytes)	Información (variable)	Suma (2 o 4 bytes)	Indicador (1 byte)

Figura. 1.2. Trama PPP[2]

El protocolo PPP permite el funcionamiento en simultáneo de protocolos de nivel superior como:

- Protocolo de control de puente (BCP)
- Protocolo de control del protocolo IP (IPCP)
- Protocolo de control del protocolo IPX (IPXCP)

El funcionamiento del protocolo PPP puede dividirse en cuatro etapas:

1. Establecimiento de Enlace y Negociación de la Configuración: En primera instancia los paquetes LCP de un nodo PPP son enviados para establecer y configurar el enlace de datos. Dentro de estos paquetes en el campo de opción de configuración se pueden determinar parámetros como la MTU y el protocolo de autenticación a usarse.

2. Determinación de la calidad del enlace: El enlace es puesto a prueba para verificar si la calidad con que cuenta permitirá ejecutar los protocolos de capa de red. Con el enlace establecido puede realizarse un proceso de autenticación mediante protocolos como:
    - Protocolo de Autenticación de Contraseña (Password Authentication Protocol – PAP): Esta técnica consiste en el intercambio de usuario y contraseña entre el cliente y el servidor con encriptación opcional y que es cotejada en la base de datos del servidor. El saludo utilizado es de dos vías.
    - Protocolo de Autenticación mediante Desafío (Challenge

[2] SALAVERT, Antonio, Los Protocolos en las Redes de Ordenadores, Ediciones UPC, pp: 113

Handshake Authentication Protocol - CHAP): A diferencia de PAP esta técnica de autenticación maneja un intercambio de información de tres vías, en la cual el cliente es desafiado por el servidor a calcular un valor que es enviado de regreso hacia el servidor para su comprobación. Esta técnica ofrece mayor seguridad ya que la información viaja encriptada y porque el proceso se repite aleatoriamente.

- Protocolo de Autenticación Extensible (Extended Authentication Protocol – EAP): Más que un mecanismo de autenticación específico, este provee ciertas funciones comunes para el o los mecanismos de autenticación a ser usados.

3. Negociación de Configuración del Protocolo de Capa de Red: El nodo PPP emisor envía paquetes NCP cuya función es seleccionar y configurar los protocolos de capa de red para poder enviar los paquetes desde estos protocolos.

4. Terminación del Enlace: En esta última etapa el enlace permanecerá configurado siempre que no aparezcan paquetes LCP o NCP de cierre del enlace o hasta que algún factor externo intervenga.

1.1.7 INTEGRACIÓN DE REDES DE DATOS Y VOZ

En el pasado tanto redes de datos como redes de voz se encontraban separadas unas de otras sin embargo, a pesar de que la idea de integrarlas en una sola red no es del todo nueva los avances en este tema no han sido demasiado evidentes debido en parte al hecho de que económicamente no resulta mucho más atractivo que las redes separadas. No obstante, la relevancia que tienen hoy en día las aplicaciones multimedia depara un futuro en que las redes sean capaces de soportar este tipo de tráfico y a la vez se consolidara esta integración.

Esta integración o convergencia entre redes de voz y datos trae consigue una serie de beneficios para el administrador como lo es el hecho de contar con una infraestructura común tanto de acceso como de transporte así como, con un sistema único de gestión. Por todo lo citado anteriormente la red escogida debe

ser digital mientras que los equipos de conmutación deben manejar cualquier tipo de información basados en tecnologías como RDSI. TDM, Frame Relay o ATM.

La integración de voz y datos puede presentarse en tres escenarios distintos:

1. Los datos y la voz se transportan sobre redes de voz. Por ejemplo: redes telefónicas públicas tanto fijas como móviles.

2. La voz y los datos son transportados sobre redes de datos. El Internet es un claro ejemplo.

3. La voz y los datos son transportados sobre redes diseñadas con este objetivo, como la RDSI.

Las características propias de cada tipo de información deben ser consideradas al implementar este tipo de redes ya que, mientras que la voz necesita de un retardo constante y permite cierta distorsión en la señal, los datos por otra parte, pueden fluir a distinto ritmo y la calidad de envío y recepción debe ser alta ya que la información con un alto grado de errores puede ser totalmente perjudicial.

1.1.4.1 Convergencia en Redes IP

Actualmente tanto en redes LAN como WAN basadas en el protocolo IP con la adopción de algunos estándares y la incorporación de ciertos componentes es factible el envío de voz, video y datos sobre la infraestructura existente, trayendo consigo un ahorro de recursos tanto físicos como económicos.

En contraposición a la influencia que el retardo, el orden de llegada de los paquetes, o la pérdida de estos, tiene sobre los datos y que de hecho no se constituye en un problema considerable, la voz debe ser transmitida en tiempo real y por lo tanto cualquier modificación en las características citadas puede ser totalmente perjudicial para la misma. Por todo lo descrito, las redes convergentes, deben brindar un alto grado de servicio y garantizar un ancho de banda suficiente; ambas características se presentan en las redes orientadas a conexión, las mismas que cuentan con un proceso de negociación y establecimiento de la ruta por la que viajaran los paquetes así como, con un ancho de banda determinado. Por otro lado, en las redes no orientadas a conexión se presenta la técnica del “mejor esfuerzo”, es decir, cada paquete es entregado por distintas rutas según el

estado en que se encuentren los enlaces por este motivo, al alterarse la secuencia en que los paquetes son entregados la calidad decrece. En el entorno de las redes IP el protocolo TCP garantiza la integridad de los datos mientras que UDP no lo hace.

1.1.8 SISTEMAS SATELITALES

Un satélite puede definirse como un repetidor de radio o transponder situado en el espacio. Un sistema satelital esta formado por: un transponder, una estación en tierra que controla su funcionamiento y una red de estaciones terrestres a nivel de usuario que facilitan la transmisión y recepción del tráfico a través del sistema.

Las transmisiones satelitales pueden ser de bus o de carga útil. La de bus incluye mecanismos de control que dan soporte a la operación de carga útil mientras, que la carga útil es la información propiamente dicha del usuario que será transportada a través del sistema.

En el caso de radiodifusión directa de televisión vía satélite el servicio que se da es de tipo unidireccional por lo que se requiere una estación transmisora única que emita los programas hacia el satélite y en tierra un sinnúmero de estaciones de recepción que captan las señales provenientes del satélite.

Es importante para el sistema que las estaciones sean lo más económicas posibles, facilitando la accesibilidad a un número mayor de usuarios, en primera instancia esto se consigue con antenas de diámetro reducido y transmisores de baja potencia.

1.3.5.1 Conceptos Básicos de Sistemas Satelitales

1.3.5.1.1 Modelos de Enlace

Un sistema satelital comprende tres secciones: subida, transponder satelital y bajada.

Modelo de Subida

El principal componente dentro de la sección de subida de un sistema satelital es el transmisor de la estación terrena. Un transmisor de estación terrena consiste de un modulador de IF, un convertidor de microondas de IF a RF, un amplificador de

alta potencia (HPA) y algún medio para limitar la banda del espectro de salida como por ejemplo un filtro pasa-banda de salida.

En la Figura 1.3. se muestra el diagrama de bloques de un transmisor de estación terrena satelital. El modulador de IF convierte las señales de banda base de entrada a una frecuencia intermedia modulada en FM, en PSK o en QAM. El convertidor formado por el mezclador y el filtro pasa-banda convierte la IF a una frecuencia de portadora RF apropiada. El HPA proporciona una sensibilidad de entrada adecuada y potencia de salida para propagar la señal al transponder del satélite. Los HPA comúnmente usados son klystron y tubos de onda progresiva.

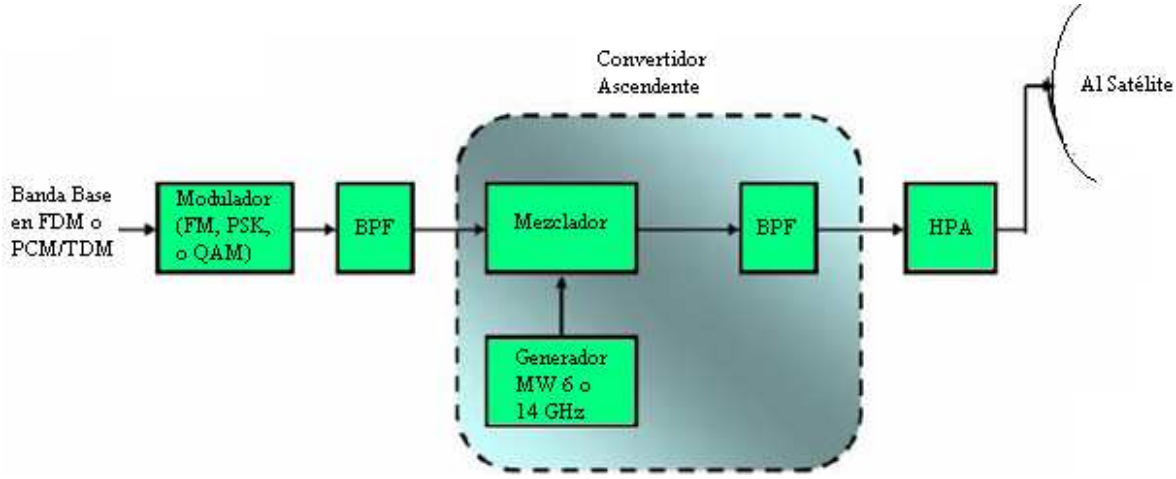


Figura. 1.3. Modelo de subida del satélite[3]

Transponder

Un transponder satelital consta de un dispositivo para limitar la banda de entrada (BPF), un amplificador de bajo ruido de entrada (LNA), un translador de frecuencia, un amplificador de potencia de bajo nivel y un filtro pasa-bandas de salida.

En la figura 1.4. se muestra un diagrama de bloques simplificado de un transponder satelital. Este transponder es un repetidor de RF a RF.

Otras configuraciones de transponder son los repetidores de IF y de banda base semejantes a los utilizados en los repetidores de microondas.

[3] VALLEJO, Carlos, Manual de Procedimientos para la Revisión y Verificación del Estado y Funcionamiento de Equipos Satelitales y Microonda de la Empresa Impsatel - Ecuador S.A. pp: 63

En la Figura 1.4, el BPF de entrada limita el ruido total aplicado a la entrada del LNA, que por lo general puede ser un diodo túnel.

La salida del LNA alimenta un translador de frecuencia, compuesto por un oscilador de desplazamiento y un BPF, que se encarga de convertir la frecuencia de subida de banda alta a una frecuencia de bajada de banda baja.

El amplificador de potencia de bajo nivel, comúnmente un tubo de ondas progresivas (TWT), amplifica la señal de RF para su posterior transmisión por medio de la bajada a los receptores de la estación terrena.

También pueden utilizarse amplificadores de estado sólido (SSP), los cuales en la actualidad permiten obtener un mejor nivel de linealidad que los TWT.

La potencia generada por los SSP puede alcanzar un máximo de 50 Watts mientras, que los TWT pueden llegar a los 200 Watts.

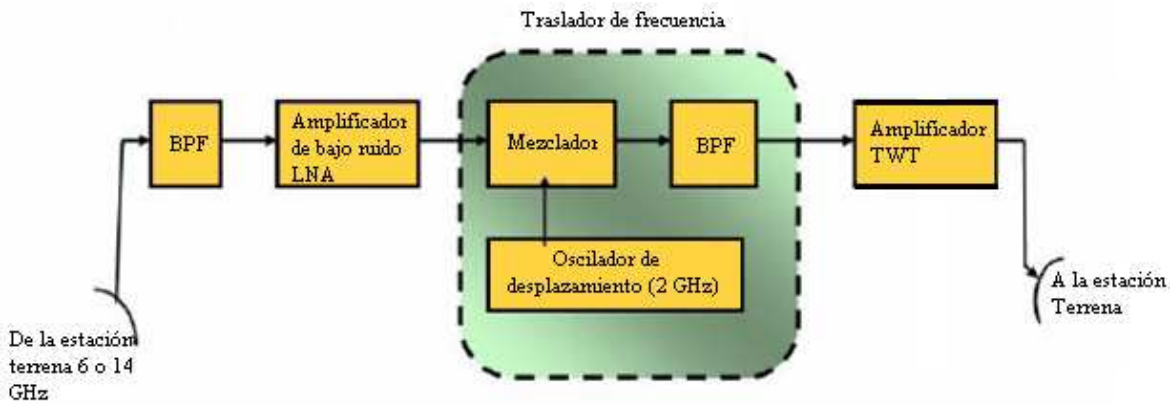


Figura. 1.4. Transponder del satélite[4]

Modelo de bajada

Un receptor de estación terrena esta formado por: un BPF de entrada, un LNA y un convertidor de RF a IF. En la figura 1.5. se muestra un diagrama de bloques de un receptor de estación terrena. El BPF limita la potencia del ruido de entrada al LNA. El LNA es un dispositivo altamente sensible con poco ruido tal como un amplificador de diodo túnel o un amplificador paramétrico. El convertidor de RF a

[4] VALLEJO, Carlos, Manual de Procedimientos para la Revisión y Verificación del Estado y Funcionamiento de Equipos Satelitales y Microonda de la Empresa Impsatel - Ecuador S.A. pp: 67

IF es una combinación de filtro mezclador / pasa-bandas que convierte la señal de RF a una frecuencia de IF.

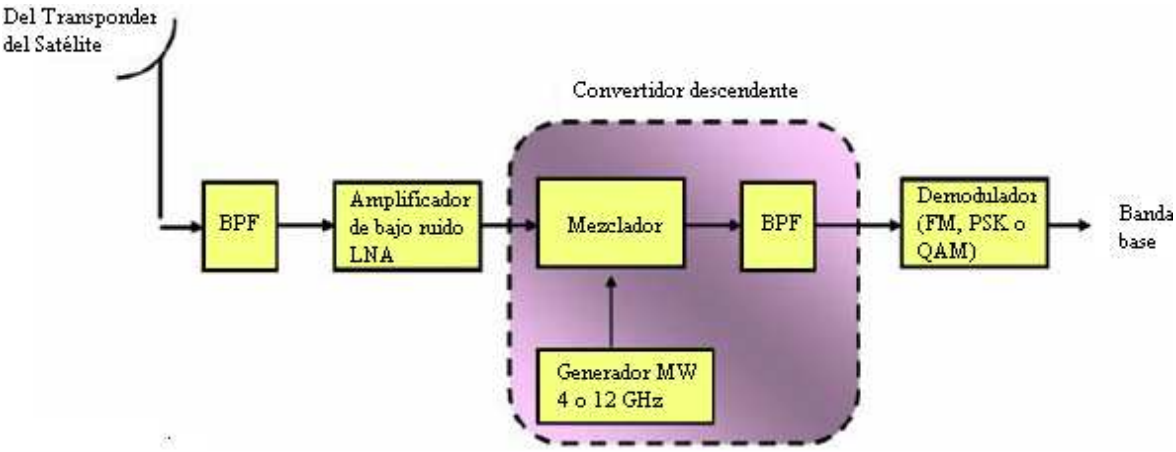


Figura. 1.5. Modelo de bajada del satélite[5]

1.3.5.1.2 Tipos de órbitas

Se conocen tres tipos de orbitas que son utilizadas para brindar los diferentes servicios satelitales:

GEO

Satélites de comunicaciones fijas y sobre todo de datos.

Ej: DBS (DirecTV; Dish Network, etc).

MEO

Satélites de comunicaciones móviles tipo Inmarsat, utilizados para telefonía aérea, telefonía móvil y telefonía marítima.

LEO

Satélites localizados a baja altura, sus usos comprenden: GPS, satélites espía, Meteorología, servicio IRIDIUM e Inmarsat.

1.3.5.1.3 Órbita Geoestacionaria

Un satélite geoestacionario tiene un periodo de rotación igual al de la Tierra, por lo tanto, es importante conocer dicho periodo. Para ello se considera el día sidéreo, que es el tiempo de rotación de la Tierra medido con respecto a una estrella lejana y que difiere del día solar o medido con respecto al sol.

[5] VALLEJO, Carlos, Manual de Procedimientos para la Revisión y Verificación del Estado y Funcionamiento de Equipos Satelitales y Microonda de la Empresa Impsatel - Ecuador S.A. pp: 71

La duración de este día sidéreo es de 23h 56 min. 4.1seg y es el tiempo que se maneja en los cálculos.

Al considerar que la Tierra es esférica y con una densidad uniforme su masa equivalente sería puntual y su fuerza de atracción sobre un satélite de masa m, respondería a la ley de gravitación universal de Newton, teniendo que:

$$Fg = G * \frac{mM}{r^2} \qquad (1.1)$$ [6]

Donde:

M: Es la masa de la Tierra, 5.98x1024 Kg.

G: Es la constante de gravitación universal, 6.67×10^{-11} $N.m^2/kg^2$.

r : Distancia desde el satélite al centro de la Tierra.

m**:** Masa del satélite.

Por otra parte, como el satélite se encuentra en una órbita circular existirá una fuerza centrifuga Fc de igual magnitud pero opuesta a la fuerza Fg con lo que, el satélite se encuentra en una situación de equilibrio.

$$Fc = \frac{mV^2}{r} \qquad (1.2)$$

Donde:

V: velocidad del satélite

De la ecuación (1.2) podemos despejar la velocidad del satélite

$$V = \sqrt{\frac{GM}{r}} \qquad (1.3)$$

El periodo de rotación T, del satélite es:

$$T = \frac{2\pi\, r}{V} \qquad (1.4)$$

Reemplazando (1.3) en (1.4) y despejando el radio r, tenemos

$$r = \sqrt[3]{GM\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2} \qquad (1.5)$$

Como un satélite geoestacionario tiene un periodo de rotación T igual al de la Tierra dicho periodo será entonces la duración de un día sidéreo.

---

[6] Las fórmulas 1.1 – 1.5 fueron tomadas de:
TOMASI, Wayne, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Prentice Hall. Cuarta edición, pp: 801 – 803

Por lo tanto de la expresión (1.5) podemos obtener la distancia del satélite al centro de la Tierra y si a este valor le restamos el radio terrestre R = 6370 Km obtendremos la altura de la órbita geoestacionaria. Por último de la expresión (1.3) se obtiene la velocidad del satélite.

PARÁMETROS DE LA ÓRBITA GEOESTACIONARIA	
Radio De la Tierra	6370 Km
Período de rotación	23h 56min 4.1seg
Radio de la órbita geoestacionaria	42173 Km
Altura del satélite sobre la Tierra	35803 Km
Velocidad del Satélite	3.075 Km/seg

Tabla 1.1. Parámetros de la Órbita Geoestacionaria

La mayoría de satélites utilizados en Telecomunicaciones se encuentran en órbitas geoestacionarias sincrónicas, es decir, se encuentran en el plano ecuatorial y su velocidad angular es igual que la de la Tierra. La órbita en la que se sitúan se conoce como “Cinturón de Clarke” y la principal característica que presentan estos satélites es que pueden considerarse como puntos fijos en el cielo desde la perspectiva de alguien en Tierra.

Una de las ventajas que presentan los satélites geoestacionarios es que su cobertura abarca todas las estaciones dentro de su sombra. La sombra de un satélite incluye a todas las estaciones de la Tierra que tienen un camino visible a él y están dentro del patrón de radiación de las antenas del satélite. Sin embargo, su ventaja principal tiene que ver con la disponibilidad de 24 horas con que cuentan. Por otra parte, su desventaja radica en que requieren de dispositivos de propulsión complejos y pesados para mantenerse en su órbita.

1.3.5.1.4 Métodos de localización del satélite

Longitud-Latitud

Para describir el paso de un satélite en órbita se debe designar un punto de referencia. Este punto podría ser un lugar distante como una estrella, un punto en la superficie de la Tierra, o el centro mismo de la Tierra.

Si el punto de referencia está sobre la superficie de la Tierra la localización se da a través de un grillado imaginario conocido como meridianos. Las líneas verticales se conocen como Longitud mientras, que las horizontales se denominan Latitud.

Las líneas de Longitud son círculos iguales al contorno de la Tierra que se interceptan en los polos. En total son 360 líneas que conforman los 360 grados de Longitud partiendo desde la línea de Longitud 0º hacia el Este.

Las líneas de Latitud están conformadas por 180 círculos paralelos y horizontales siendo el círculo mayor el ubicado en la línea del Ecuador denominada Latitud cero grados.

La posición de un satélite que se encuentra en el espacio puede ser estimada con una Latitud, una Longitud y una altura. Dicha altura estará referida a un punto sobre la Tierra que es la intersección de la recta que une al satélite con el centro de la Tierra y la superficie terrestre.

Ángulos de vista

Los ángulos de vista hacen referencia a los ángulos elevación y azimuth que son utilizados para apuntar una antena de una estación terrena.

El ángulo de elevación es el ángulo formado entre la dirección de viaje de una onda radiada desde una antena de estación terrena y la horizontal. Mientras menor sea este ángulo mayor será la distancia que una onda propagada atravesara por la atmósfera. Como cualquier onda propagada a través de la atmósfera de la Tierra sufre absorción y también puede contaminarse severamente por el ruido por lo que, si el ángulo de elevación es demasiado pequeño y la distancia de la onda que esta dentro de la atmósfera de la Tierra es demasiado larga la onda puede deteriorarse hasta el grado que proporcione una transmisión inadecuada. Se considera 5º como el mínimo ángulo de elevación aceptable pues en ángulos menores la atenuación se incrementa rápidamente.

El Azimut por otra parte, es el ángulo de apuntamiento horizontal de una antena. Se considera el Norte como cero grados, hacia el Este tendremos los 90º de Azimut, hacia el Sur los 180º de Azimut, hacia el Oeste los 270º y en el punto inicial los 360º que coinciden con los 0º del Norte.

1.1.5.1.5 Clasificación de los Satélites y Espaciamiento

Los satélites de comunicaciones se clasifican en: hiladores o spinners y satélites estabilizadores de tres ejes. Los spinners utilizan el movimiento angular de su cuerpo giratorio para proporcionar una estabilidad de giro.

Los satélites geoestacionarios deben compartir un espacio y espectro de frecuencia limitados dentro de un arco especifico en una órbita geoestacionaria. Por este motivo, cada satélite de comunicación tiene asignada una longitud en el arco geoestacionario aproximadamente a 36000 Km arriba del Ecuador. La posición en la ranura depende de la banda de frecuencia de comunicación utilizada. Los satélites trabajando en casi la misma frecuencia deben estar lo suficientemente separados en el espacio para evitar interferir uno con otro.

Hay un límite realista del número de estructuras satelitales que pueden estar estacionadas en un área específica del espacio. La separación espacial requerida depende de las siguientes variables:

1. Ancho de haz y radiación del lóbulo lateral de la estación terrena y antenas del satélite.
2. Frecuencia de la portadora de RF.
3. Técnica de codificación o de modulación usada.
4. Limites aceptables de interferencia.
5. Potencia de la portadora de transmisión

Generalmente se requieren 3 a 6º de separación espacial dependiendo de las variables establecidas anteriormente.

1.1.5.1.6 Asignaciones de Frecuencia

Las frecuencias de portadora mayormente utilizadas en comunicaciones por satélite son las bandas 6/4 y 14/12 GHz. El primer número corresponde a la frecuencia de subida y el segundo a la frecuencia de bajada. Mientras más alta sea la frecuencia de la portadora, más pequeño será el diámetro de la antena para una ganancia específica.

La mayoría de satélites domésticos usan la banda de 6/4 GHz, sin embargo, esta banda también es utilizada por los sistemas de microondas terrestres, por este motivo, se debe tener cuidado de no generar interferencias con los enlaces de microonda.

1.1.5.2 Características de un Satélite

1.1.5.2.1 Polarización

Se define como la alineación del FEED de la antena en tierra en relación al FEED de la antena satelital. La polarización de emisión y recepción que utilizan los satélites son diferentes de igual manera, por lo general se tiene una polarización en el enlace de subida y otra en el enlace de bajada.

Polarización circular

La polarización circular se caracteriza porque el comisionamiento de la estación es independiente de la polarización de la antena. Asimismo, en este tipo de polarización se necesita de un elemento extra entre el OMT y el Feed Horn. Algunas de sus ventajas son: mejor comportamiento en presencia de lluvia y facilidades al momento de la instalación.

Polarización lineal

La polarización lineal está conformada por la polarización vertical u horizontal.

1.1.5.2.2 Bandas de Operación

Existen cuatro bandas cubiertas por Satélites Geoestacionarios, ya sea por separado o simultáneamente:

BANDA	Rx (MHz)	Tx (MHz)
C	3.625 – 4.200	5.850 – 6.425
X*	7.250 – 7.750	7.900 – 8.400
Ku**	10.950 – 12.750	14.000 – 14.500
Ka***	19.190 – 20.090	28.910 – 29.810
* Uso Militar		
** Se divide en Bandas por Región ITU. NORAM es la actualmente utilizada en América		
*** Fin de estado experimental se utilizará para tráfico multimedia		

Tabla 1.2. Bandas de Operación de Satélites Geoestacionarios[7]

[7] TANENBAUM, Andrew, Redes de Computadoras. Tercera Edición. Prentice Hall. pp: 165

1.1.5.3 Modos de Acceso al Satélite

1.1.5.3.1 Acceso Múltiple por División de Tiempo (Time Division Multiple Access - TDMA)

TDMA utiliza la topología conocida como estrella puesto, que se comunica la ubicación central con varias ubicaciones remotas. La ubicación central o estación terrestre compartida se denomina HUB mientras, que las ubicaciones o estaciones remotas se conocen como VSAT (Very Small Aperture Terminal) y cuyo propósito cuando fueron desarrolladas, fue la transmisión de datos.

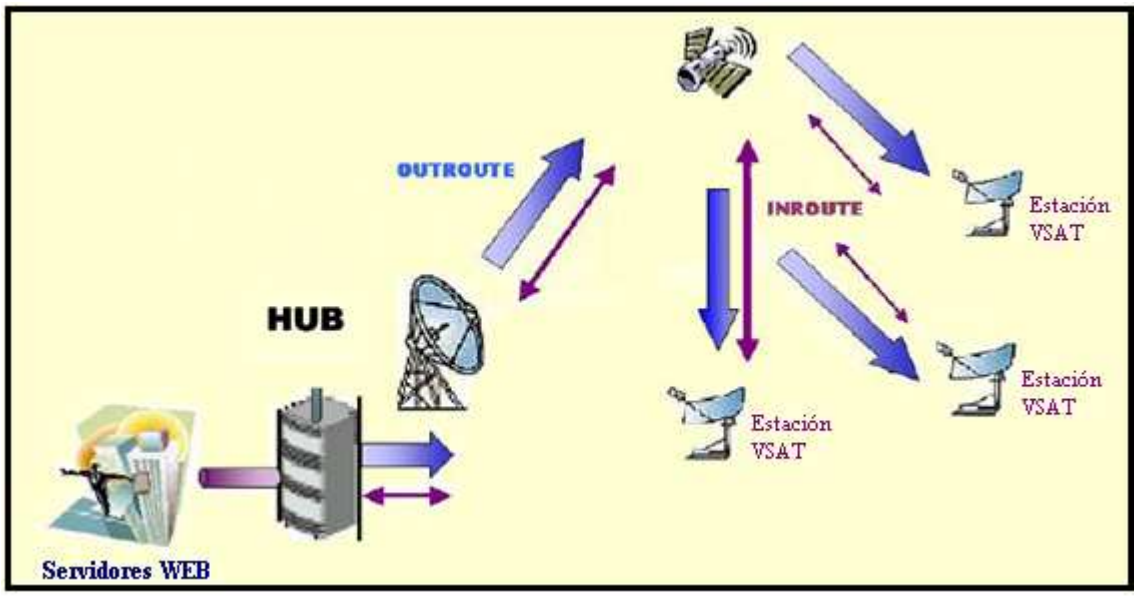


Figura. 1.6. Red VSAT con topología en estrella

Se tiene un control total del sistema desde la Estación Central. Los servicios que utilizan ésta técnica pueden trabajar en la banda C, Ku y Ka. La estación central posee una redundancia total de los equipos por lo general, el diámetro de sus antenas fluctúa entre 5.9 a 9 m. De igual manera, la estación central es el acopio de todos los canales de datos, voz y vídeo que se transmitirán a las estaciones remotas.

La ubicación de las estaciones remotas no es un problema debido a la presencia de VSAT con poco consumo de energía que pueden trabajar con paneles solares y acumuladores. La desventaja de este tipo de sistemas es que conlleva retardos mayores, sin embargo, al control total que se tiene sobre los recursos se le suma la escalabilidad de la red de estaciones que sin duda resulta ventajoso. Si bien la inversión inicial resulta elevada los costos de explotación una vez establecido el

sistema pueden ser menores que los de redes fijas terrenas. Las estaciones VSAT son versátiles debido a los servicios que prestan considerando que el diámetro de sus antenas no excede los 2.4 m no obstante, que las capacidades que manejan son limitadas, su precio y facilidad de instalación las convierten en una opción para las redes públicas de alta capacidad. Al utilizar satélites geoestacionarios las estaciones terrenas necesitan menos equipamiento ya que no necesitan contar con un sistema de seguimiento del satélite.

Componentes de una Red VSAT

- **Satélite**

  Las redes VSAT utilizan satélites geoestacionarios con lo que, la cobertura dentro un territorio nacional puede garantizarse.

- **Estación VSAT remota**

  Está constituida por el equipo externo ODU (*Outdoor Unit*) y el equipo digital interno DIU (Digital Indoor Unit) los cuales se conectan a través de un cable coaxial individual. Las antenas VSAT tienen un diámetro de entre 0.75m a 2.4m.

- **Estación maestra o HUB**

  El HUB posee algunas prestaciones dentro de las que destacan: monitoreo en tiempo real, control y administración de la red, generación de reportes de horas pico, de utilización del canal y de los puertos. El HUB por lo general se encuentra ubicado en un Telepuerto.

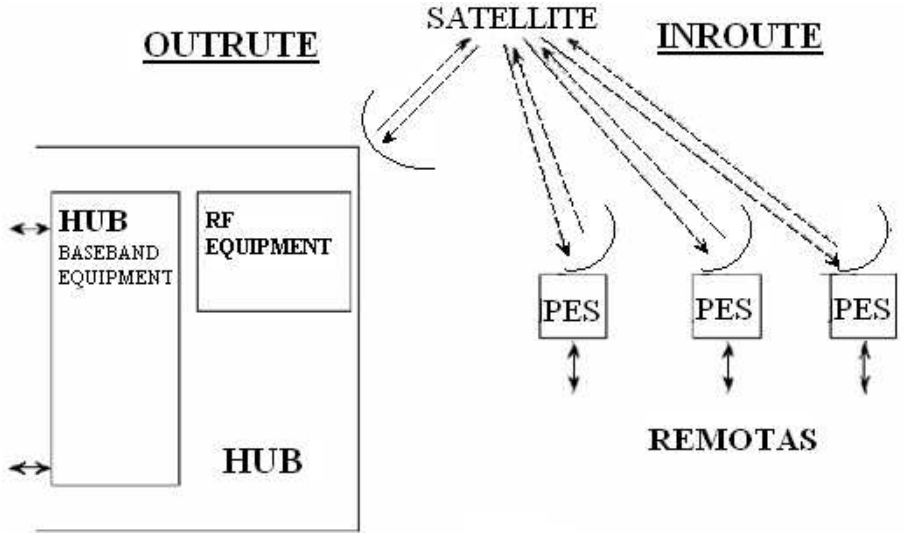


Figura. 1.7. Estación Principal y Remotas de un Sistema VSAT

Outroute

Se define como la única portadora que lleva información continuamente del HUB hacia las estaciones remotas. A su vez, esta formado por paquetes concatenados que se crean por los puertos y procesos de supervisión del HUB y cuya dirección de destino son los puertos de las remotas.

Inroute

En contraposición al Outroute se tiene que el Inroute comprende aquellas portadoras que son enviadas desde las estaciones remotas hacia el HUB. Un Inroute puede definirse como una secuencia de datos que utiliza TDMA y por consiguiente es transmitido por ráfagas.

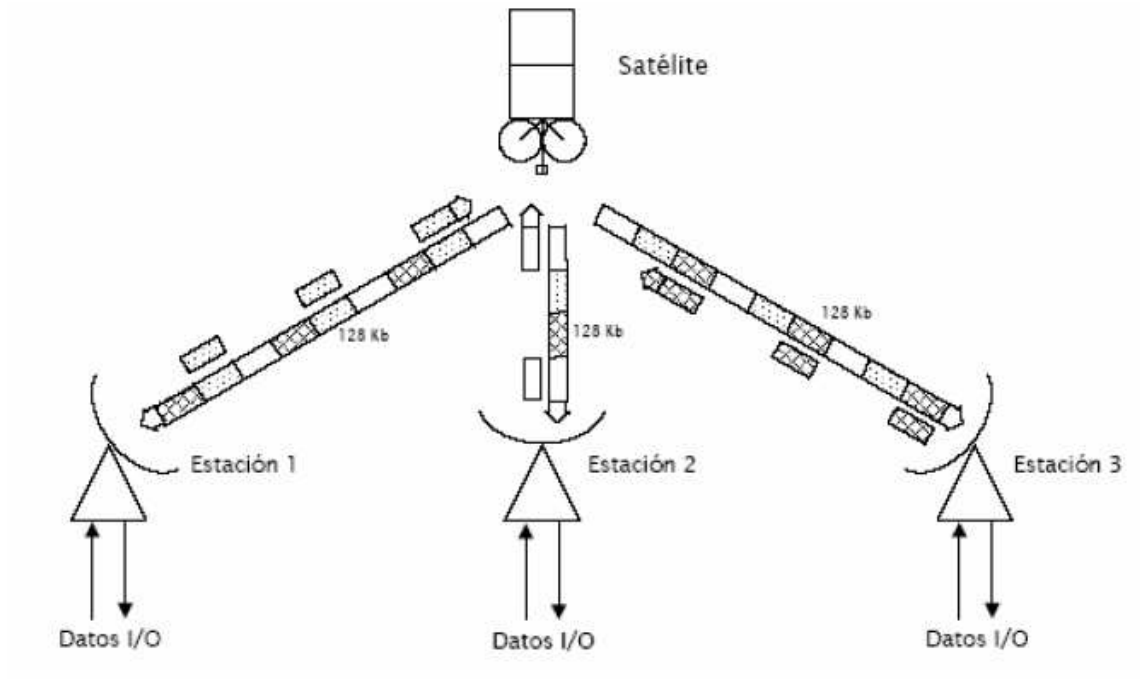


Figura. 1.8. Esquema típico del acceso TDMA al satélite

1.1.5.3.2 Direct IP

Direct IP es una tecnología satelital que se basa en un IP nativo con el cual se tiene un ancho de banda bajo demanda junto con altas tasas de disponibilidad y confiabilidad. Esta tecnología se caracteriza por soportar servicios como Internet, interconexión de redes LAN, VLANs, TCP/IP, VoIP, MPLS y aplicaciones en tiempo real en un ambiente IP compartido. Asimismo, es flexible ya que permite la integración con todo tipo de backbones IP. Dentro de las aplicaciones

corporativas que brinda se tiene un QoS para todas estas, velocidades de enlace elevadas, seguridad a través de 3DES, AES, FIPS y tráfico en tiempo real.

En esta tecnología a través del HUB se puede acceder a satélites múltiples, es posible contar con redes Privadas Reales y las remotas pueden ser multi-función. La capacidad satelital es aprovechada de mejor manera, ya que utiliza turbo product codes, canales adaptativos dentro de límites y TDMA determinístico.

Dentro de sus principales características también se puede mencionar que el costo de inversión inicial así como, el de operación no son muy significativos; también presenta una notable escalabilidad y flexibilidad por otra parte, al tener una configuración física tipo estrella todo tipo de soluciones serán centralmente manejadas. El tráfico que maneja es desbalanceado, puesto que el ancho de banda desde la central hacia los puntos remotos es elevado. Direct IP soporta TCP spoofing así como multicast nativo y su cobertura es significativa.

El servicio Direct IP es útil en accesos remotos a bases de datos o a Intranets con una alta capacidad de datos, puede utilizarse para enlazar equipos de la misma empresa en sucursales distantes, permite el acceso a telefonía e Internet en poblaciones rurales. El tráfico que puede cursar a través de Direct IP incluye paquetes de datagramas UDP, multicast IP, TCP/IP transaccional, transferencia de archivos ya sea FTP o http, vídeo encapsulado en IP y en tiempo real.

Sistema Direct IP

Esta solución se brinda mediante una antena pequeña de transmisión y recepción por lo general de 1,2 m de diámetro ubicada en el cliente junto al equipamiento electrónico interior que otorga la interfaz LAN 10/100 para la conexión con la red del usuario. El proveedor satelital es el encargado de asignar direcciones IP para las estaciones remotas y a su vez la estación remota puede funcionar como un servidor DHCP para las unidades terminales de usuario. Como la información de todos los nodos confluye en el punto central ubicado en un Telepuerto de la proveedora satelital es a través de fibra óptica que la misma es llevada a la matriz de los clientes o sus equipos que podrían ser parte del Data Center de la proveedora satelital.

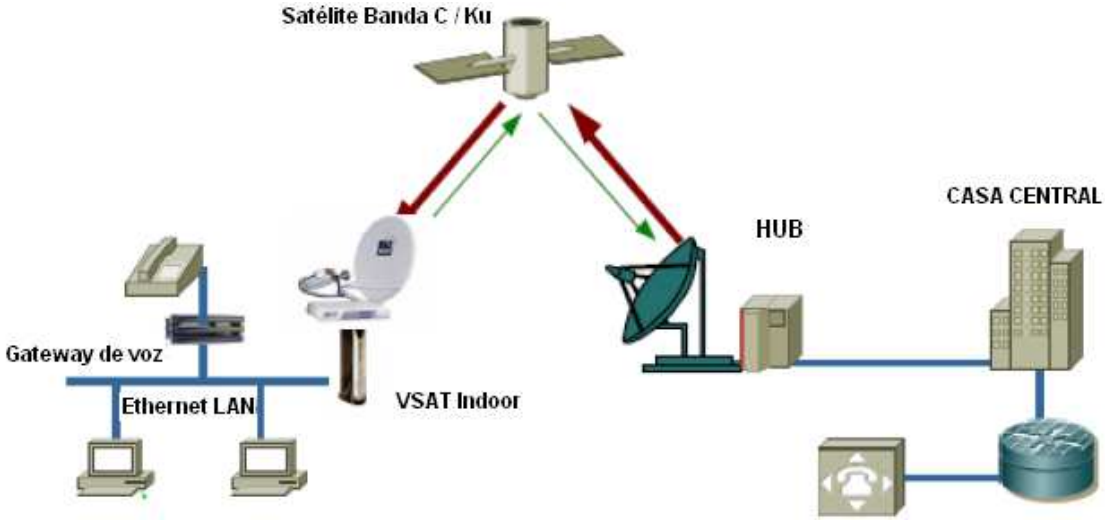


Figura. 1.9. Sistema Direct IP[8]

Servicios de Voz

Para que el cliente cuente con canales de voz corporativos se necesita un Gateway VoIP con equipamiento extra en la estación remota y que posea interfaces FXS y FXO para conexiones de teléfono o de central telefónica. A través de estos equipos se pueden dar transmisiones de voz entre una estación remota y la matriz del cliente.

El número de troncales de voz definidas en el HUB debe ser igual al de llamadas en simultáneo permitidas entre los canales de voz. Es posible que los nodos se comuniquen con la unidad central o entre estos, sin embargo, esto conllevaría un doble salto satelital. Las comunicaciones se centralizarán en la matriz del cliente, sin embargo, si se requiere una topología tipo malla se requerirá un Gatekeeper.

Servicios de Vídeo

Para poder transmitir vídeo en broadcast, se necesita que en el punto de transmisión exista un codificador de la señal de vídeo para que ésta pueda ser transmitida a las estaciones remotas por otra parte, en las estaciones remotas un decodificar de señal permitirá que ésta sea vista en televisión o en la PC.

Disponibilidad

El nivel de servicio acordado o SLA por sus siglas en ingles, presenta una indisponibilidad programada debida a eclipse satelital, unos cuantos minutos

[8] OLIVEROS, Rachid, Comunicaciones Satelitales IP, pp: 33

próximos al medio día alrededor de una semana por dos veces al año ambas en los primeros días de abril y septiembre. El índice de disponibilidad promedio por año oscila entre 99,5% como mínimo y 99,6 % como máximo. Las caídas del servicio pueden deberse a lluvias demasiado fuertes ya sea sobre las estaciones remotas o central. Cuando se presentan caídas los problemas que las ocasionan pueden solucionarse en algunos casos desde el centro de atención al cliente (CAC) mientras que, en otros será necesario desplazarse a la estación remota con la consecuente demora que implica la preparación, traslado, reparación y puesta en marcha del servicio.

La máxima disponibilidad corresponde a los estaciones situadas lo más cercanas posible a los centros de instalación y mantenimiento mientras que la disponibilidad más baja todo lo contrario. La disponibilidad por enlace individual es un valor promedio entre las estaciones instaladas, ya que no todas son visitadas con la misma regularidad. En Direct IP se cuenta con otros niveles de servicio acordados dentro de los que se tiene un Round Trip Time de 1000 ms, que es el tiempo que una señal demora en ser enviada desde una estación terrena hacia el satélite y retornar a la misma. Asimismo, se tiene un tiempo medio de reparación o MTTR por sus siglas en inglés de: 5 horas para ciudades principales, 6 para ciudades intermedias y 8 para las demás.

Características Cliente

Dentro de las prestaciones que puede recibir el cliente se tienen: una velocidad de subida de hasta 4,2 Mbps y una de bajada que llega a los 18 Mbps, asignación de ancho de banda veloz, tasa de información garantizada o CIR por sus siglas en inglés, velocidades que pueden configurarse para la transmisión de datos, ancho de banda susceptible a ser modificado, ausencia de degradación por fenómenos meteorológicos gracias al empleo de técnicas de corrección de error superiores, entre otras.

Características Operador de Red

El servicio Direct IP puede trabajar con un esquema estrella TDMA, sobre las bandas C, Ku, K y C extendida. Debido a su funcionamiento, puede brindar apoyo de modo móvil y a operadores de redes virtuales.

1.1.5.3.3 Canal Único por Portadora (Single Channel Per Carrier - SCPC)

En este sistema se necesita una portadora separada por canal de voz y la modulación utilizada puede ser analógica o digital; sin embargo es común que se utilice modulación digital con un algoritmo de codificación de voz. SCPC presenta algunas ventajas como: la conexión total que se puede alcanzar entre dos canales de la red y el uso progresivo del transponder que a su vez permitirá una expansión de la red.

Por otra parte, las desventajas salen a la vista cuando es comparado con otros sistemas, por ejemplo: se necesita un módem para cada canal de voz por estación terrena con lo que el número de equipos en tierra es elevado; las portadoras SCPC utilizan un porcentaje de la banda de protección sobre el transponder y por ende el ancho de banda que utiliza es mayor que en otras técnicas, finalmente al utilizar múltiples canales de voz en las estaciones remotas, el amplificador de potencia debe utilizarse en un valor mucho menor que su salida máxima hecho que no ocurre por ejemplo en los sistemas VSAT donde al tener una sola portadora levantada desde el amplificador la potencia requerida será menor.

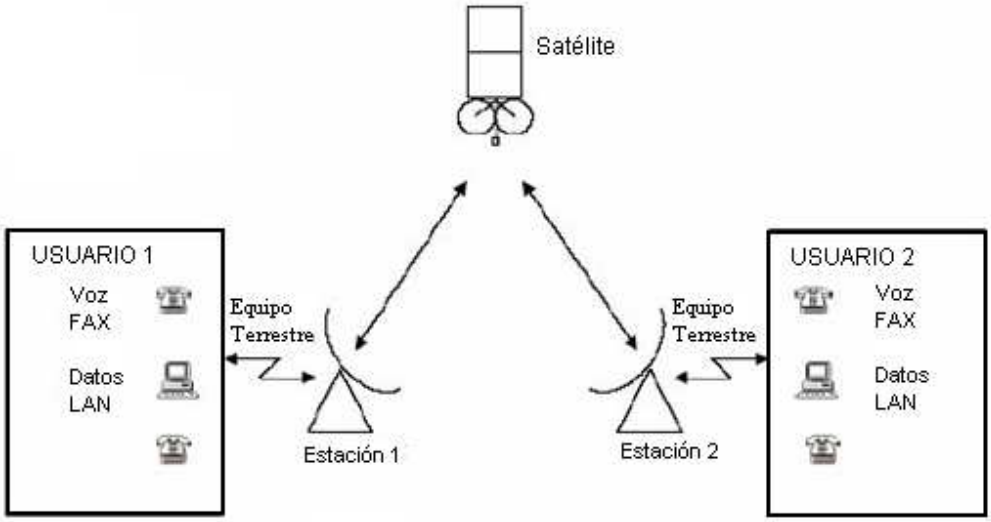


Figura. 1.10. Acceso SCPC al Satélite

Parámetros utilizados en acceso SCPC

- **Modulación**

  Se utilizan algunos métodos de modulación digital dentro de los que resaltan: el BPSK o Bi-Phase Shift Keying que es utilizado por el Outroute y

el MSK o Minimum-Shift Keying propio del Inroute; sin embargo, pueden utilizarse también el QPSK o Quadrature Phase Shift Keying, el O-QPSK u Offset Quadrature Phase Shift Keying, el 8-PSK o Eight Phase Shift Keying.y el16-QAM; Quadrature Amplitud Modulation.

- **Corrección de errores**
  - **FEC (Forward Error Correction**)

    Consiste en corregir un cierto número de errores presentes sin retransmisiones. Puede ser: 1/2; 3/4; 7/8; 2/3; 5/6.

    Estas relaciones se pueden entender como:

    FEC 1/2: 2 bits codificados y transmitidos por cada 1 bit original.

    FEC 3/4: 4 bits codificados y transmitidos por cada 3 bit originales.

    FEC 7/8: 8 bits codificados y transmitidos por cada 7 bit originales.

- **Código de corrección**
  - **Sequential**

    Este código es usado en redes cerradas. El decodificador debe establecer los bits corruptos y corregirlos en su mayoría de igual manera, procesará los datos a una mayor velocidad que el symbol rate de los datos entrantes. El decodificador secuencial genera una señal de LOCK para el Monitor&Control en caso de que el nivel de errores sea inferior a un límite determinado. El valor correspondiente al RAW BER se obtiene al comparar la señal de entrada con la de salida. Este código no es utilizado con velocidades mayores que 1 Mb por su escasa efectividad.

  - **Viterbi**

    Se utiliza básicamente en redes abiertas IBS ó IDR. El decodificador interactúa directamente con el codificador convolucional. Comparado con el sequential este código requiere mayor Eb/No si el BER es el mismo y la velocidad de proceso será mayor puesto que el data rate es la referencia del algoritmo utilizado. La potencia de procesamiento que necesita para los cálculos es mayor. El RAW BER es obtenido de la comparación de la medición máxima y mínima. El sincronismo genera la

señal LOCK DETECT luego ésta se envía a la placa de Monitor&Control.

- **Reed Solomon**

  Se caracteriza por interactuar con la interfase para generar tanto codificación como decodificación convolucional concatenada. Éste código produce un overhead como consecuencia de su proceso. A pesar de utilizar un codificador Viterbi presenta algunas ventajas sobre este código como: compensar los burst de errores que se encontraban en dicho código y requerir menor Eb/No para un mismo BER. Reed Solomon se define como un código de bloques que utiliza la expresión k – n = 2t.

- **Cálculo del Ancho de Banda Ocupado**

  Ciertas fórmulas permiten determinar el ancho de banda de algunas técnicas de modulación dentro de las que se tiene:

  QPSK KHz = (D.R. / FEC / 2) x 1.4 (1.6)[9]

  BPSK KHz = D.R. / FEC x 1.4 (1.7)

  8-PSK KHz = ((D.R. / FEC) x 1/3) x 1.4 (1.8)

  16QAM KHz = (D.R. X (1 / FEC) x 1/4) x 1.4 (1.9)

  Siendo:

  D.R. = Data Rate.

  FEC = Forward Error Correction asignado.

  1.4 = Roll Off, este valor se utiliza para configurar la máscara de potencia espectral a la salida del demodulador.

  De utilizar el código Reed Solomon es necesario agregar un 13/12 del ancho de banda resultante.

  Ejemplo:

  8-PSK: KHz = ((D.R./FEC) x 1/3) x 13/12) x 1.4

[9] Las fórmulas 1.6 – 1.10 fueron tomadas de:
ANILLO , Javier, Servicios Satelitales Impsat, pp: 18

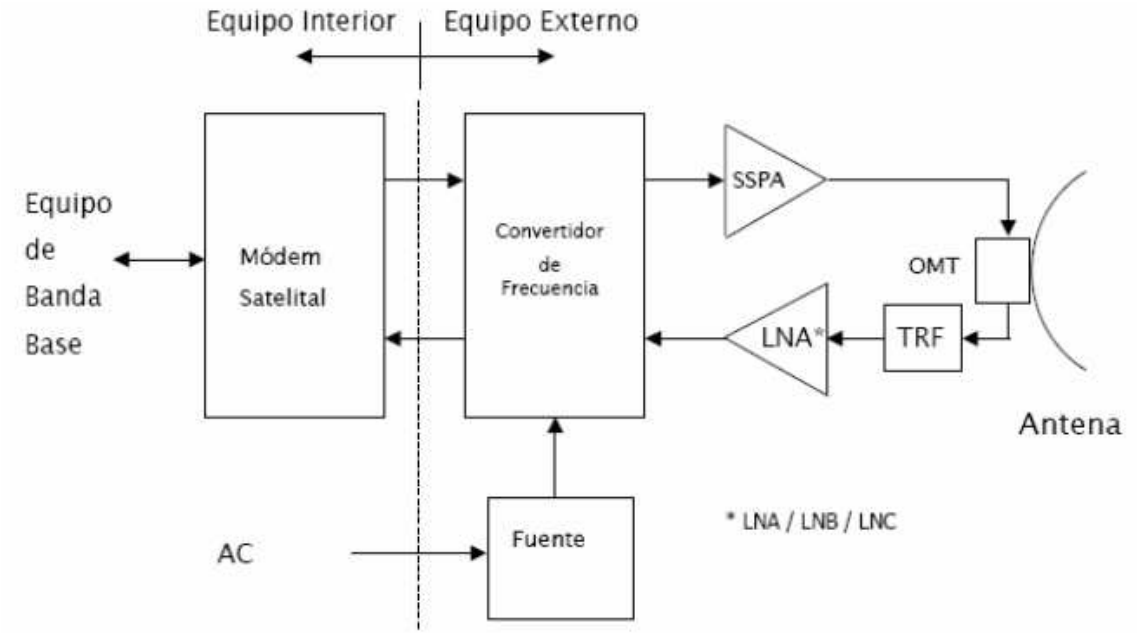


Figura.1.11. Diagrama de Bloques Estación SCPC[10]

- **Componentes de un Sistema SCPC**
  - **Estación Central o Maestra**

    Al utilizar una topología en estrella el tráfico se concentra en una estación central conocida como Telepuerto y considerada como el Nodo Primario. Estas estaciones poseen antenas de diámetros mayores a 6 m, la potencia de los HPA superan los 100Watts y utilizan cadenas de convertidores tanto de subida y bajada. Salvo la antena los demás dispositivos presentan redundancia.

  - **Módem Satelital**

    Módem es el acrónimo de modulador – demodulador. Su función consiste en pasar la señal original en banda base digital generadas por los dispositivos de usuario a una señal analógica que al ser modulada permitirá transmitir la señal a través del medio.

    Se pueden encontrar modulador o demodulador solamente, módem dúplex en una sola unidad, puede ser configurado símplex TX ó RX según la marca y finalmente cuando se tiene sistemas de acceso múltiple se pueden encontrar tarjetas moduladoras o demoduladoras.

[10] ANILLO , Javier, Servicios Satelitales Impsat, pp: 16

- **Transceptor**

  Transceptor: es el acrónimo de transmisor – receptor. El transceptor se encarga de convertir la señal IF generada en el módem en alguna de las frecuencias de las bandas satelitales así como fijar la potencia necesaria para que la señal sea recibida por el satélite. Asimismo, este dispositivo se encarga de convertir la señal de radiofrecuencia que llega del satélite a IF para que pueda ser utilizada por el módem.

  Algunas de las características que pueden presentar los transceptores son: doble ó simple sintetizador, unidades integradas o por separado, banda de IF de 70 MHz de 140 MHz o ambas, Banda L en algunas tecnologías propietarias y potencias de: 5; 10; 20 y 40 Watt para Banda C y de: 2; 4; 8 y 16 Watt para Banda Ku.

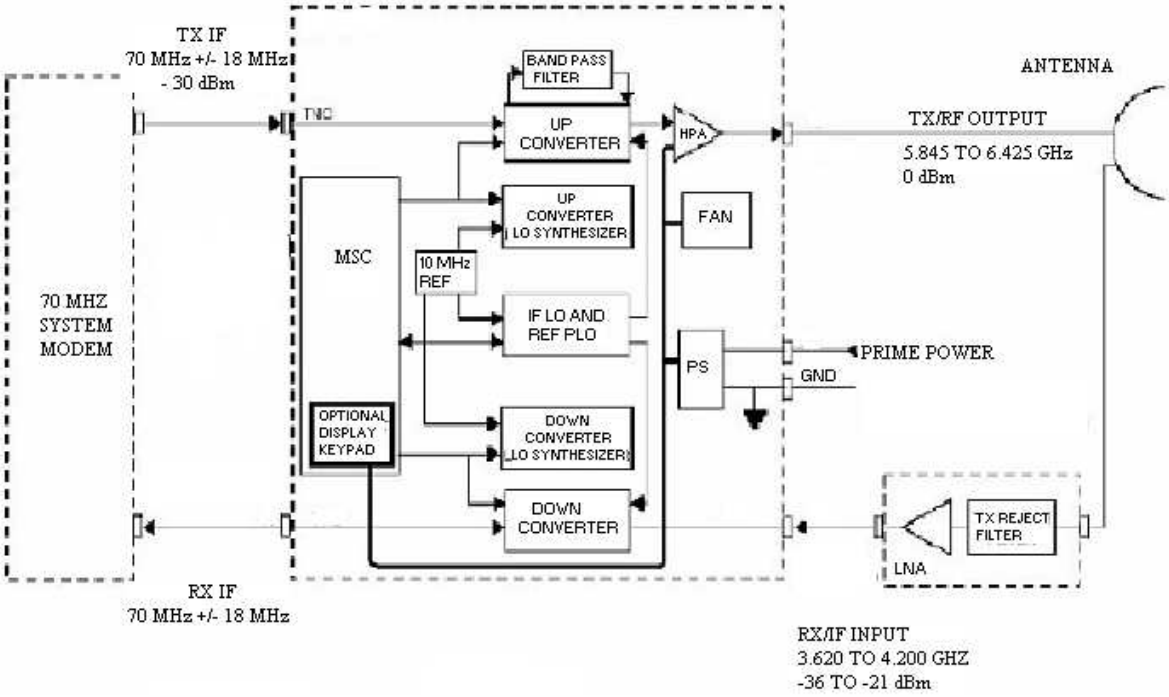


Figura. 1.12. Diagrama de Bloques de un Transceptor[11]

- **Receptor**

  Este dispositivo se encarga de amplificar la señal recibida desde el satélite pero, procurando introducir el menor ruido posible.

[11] ANILLO , Javier, Servicios Satelitales Impsat, pp: 33

Se caracterizan por: una Temperatura de ruido que por el nivel de las señales de entrada viene a ser crítico y una Ganancia dada. La figura de mérito G/T equivale a:

G/T [dBi/ºK] = Ganancia [dBi] – 10 log T sistema (1.10)

En las estaciones dúplex debe utilizarse un filtro de rechazo de transmisión o TRF.

Tipo de receptores

- **LNA (Low Noise Amplifier)**

  Este amplificador de bajo ruido maneja la misma banda de frecuencia a la entrada y a la salida por este motivo, puede prescindir de mezcladores o conversores de frecuencia. La ganancia propia de los LNA está alrededor de los 50 a 60 dB. Pueden alimentarse con un valor de tensión de entre 11 a 18 VDC ya sea a través del coaxial o de un conector dedicado.

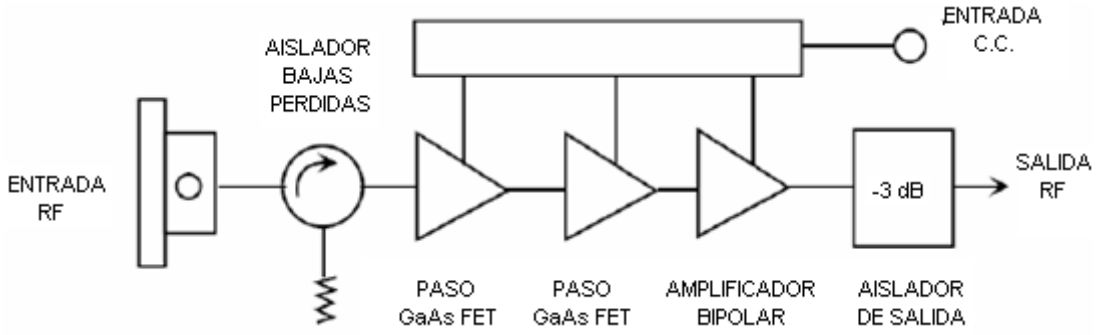


Figura. 1.13. Diagrama de Bloques LNA[12]

- **LNB (Low Noise Block)**

  En estos dispositivos siempre se tendrá una salida en banda L, es decir, entre 950 –1450 MHz. Para conseguirlo utilizan un oscilador local ya sea externo o interno. La alimentación que requieren de entre 12 a 18 VDC y en ciertos casos de 24 VDC se obtiene únicamente a través del cable coaxial. La ubicación que tendrá una portadora en Banda L generada en Banda C se obtiene con la siguiente fórmula:

[12] VALLEJO, Carlos, Manual de Procedimientos para la Revisión y Verificación del Estado y Funcionamiento de Equipos Satelitales y Microonda de la Empresa Impsatel - Ecuador S.A. pp:81

5150 – Frec. Banda C = Frec. En Banda L. (1.11)

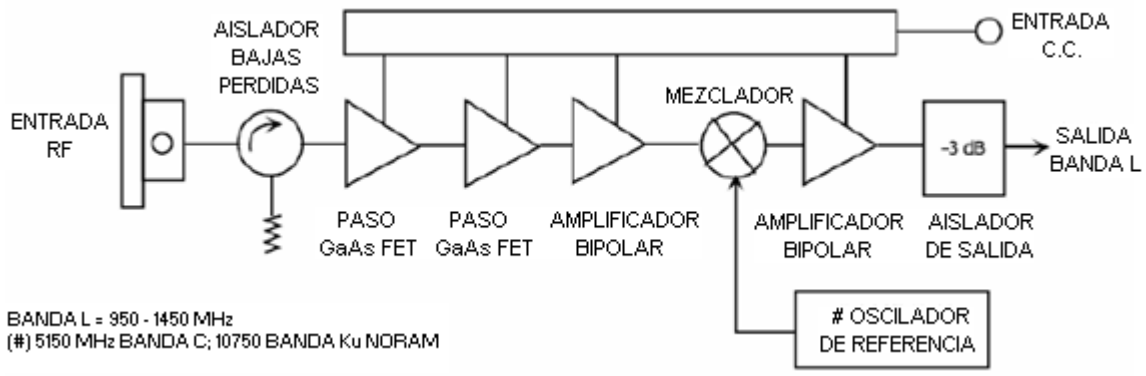


Figura. 1.14. Diagrama de Bloques LNB[13]

- **LNC (Low Noise Converter):**

  A diferencia de los dispositivos anteriores el LNC entrega a la salida una señal en banda F.I o 50 – 160 MHZ independiente de la entrada. Por lo general el oscilador local con el que se produce la conversión requiere una referencia externa generada por el transceptor.

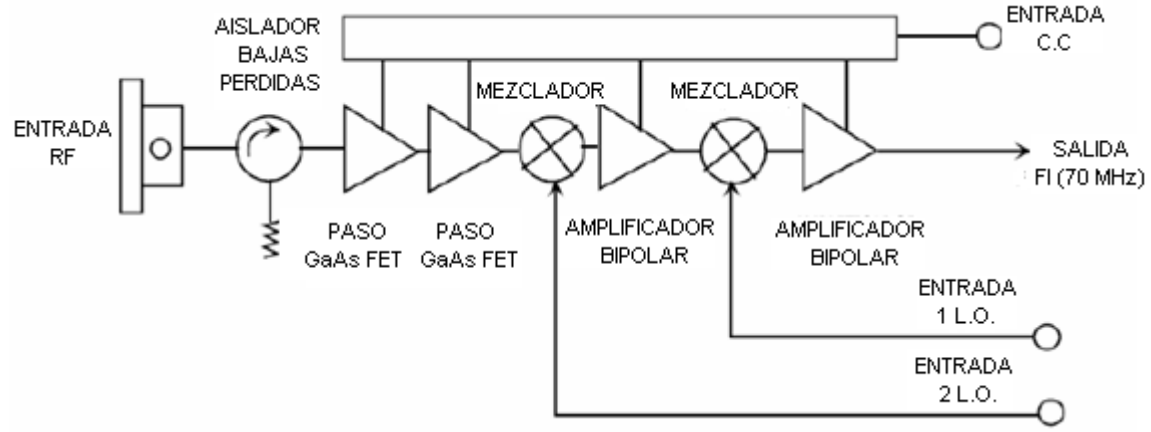


Figura. 1.15. Diagrama de Bloques LNC[14]

- **Transmisor**

  Está constituido por un convertidor de subida y un amplificador de potencia que utiliza los dBm para especificar la potencia entregada en el puerto de salida. El convertidor se caracteriza por: la ganancia, la estabilidad y el ruido de fase.

---

[13] VALLEJO, Carlos, Manual de Procedimientos para la Revisión y Verificación del Estado y Funcionamiento de Equipos Satelitales y Microonda de la Empresa Impsatel - Ecuador S.A. pp:82

[14] VALLEJO, Carlos, Manual de Procedimientos para la Revisión y Verificación del Estado y Funcionamiento de Equipos Satelitales y Microonda de la Empresa Impsatel - Ecuador S.A. pp:83

Los amplificadores de potencia se dividen en:

- SSPA o amplificador de estado sólido
- TWTA o amplificador de tubo de ondas progresivas
- Klystron.

Para mejorar la estabilidad de potencia los transceptores mediante realimentación modifican la ganancia o atenuación del convertidor para compensar las variaciones térmicas.

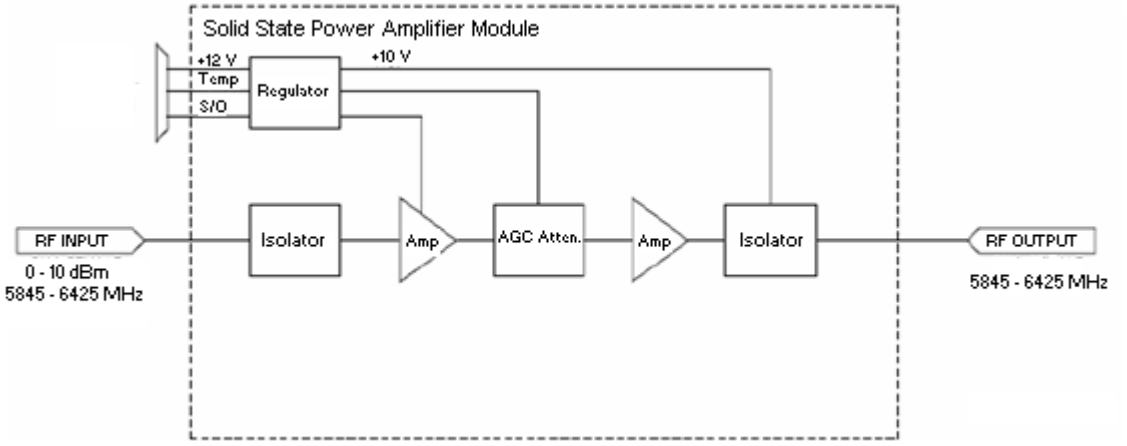


Figura. 1.16. Diagrama de Bloques de un SSPA[15]

o **Antena**

La antena se encarga de propagar la señal electromagnética proveniente de la transformación de la señal RF generada por el transceptor a través del espacio y de igual manera capturar las señales provenientes del satélite y transformarlas en energía eléctrica. Las antenas que trabajan en bandas C y Ku, pueden ser de transmisión – recepción o solo de recepción.

Ganancia y rendimiento

La ganancia se refiere al grado de amplificación de una antena para señales recibidas o transmitidas, esta ganancia se mide en dBi, es decir, respecto a una antena isotrópica.

[15] ANILLO , Javier, Servicios Satelitales Impsat, pp: 36

El rendimiento en cambio, considera algunos factores: tales como el bloqueo del sub-reflector, la desviación del valor eficaz del área del reflector principal y la potencia ocupada por los lóbulos laterales.

Lóbulos laterales

Aunque gran parte de la potencia se concentra en el lóbulo principal no es menos cierto que los lóbulos laterales también acaparan una parte considerable de esta potencia. Estos lóbulos son parte de la radiación de las antenas y es difícil eliminarlos totalmente asimismo, tanto la geometría como el armado deficiente de las antenas impactarán directamente en la generación de estos lóbulos.

1.4 SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIONES MÓVILES

1.2.1 INTRODUCCIÓN

Los Sistemas de Radiocomunicaciones Móviles conocidos también como Radiotelefonía Móvil Privada (Private Mobile Radiotelephony PMR), abarcan las redes de comunicaciones móviles que no están conectadas a la Red Telefónica Pública Conmutada o PSTN por sus siglas en inglés. Sus servicios podrían considerarse como los más básicos dentro de los que prestan los sistemas móviles.

No se cuenta con un sistema PMR exclusivo ni con una generación común por este motivo, cada nuevo sistema trae consigo una serie de ventajas respecto a sus predecesores pero con ciertas limitaciones propias del mismo es así, que se ha ido avanzando desde sistemas básicos de despacho hacia sistemas troncales provistos de un sinnúmero de prestaciones.

1.2.2 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UN SISTEMA PMR

Estaciones Móviles

Comprende todo tipo de dispositivo que tenga libertad de movimiento entre los que se encuentran: los equipos portátiles, los equipos a bordo de vehículos y los equipos portamóviles que hacen referencia a aquellos que a pesar de estar instalados en algún tipo de vehículo también pueden ser llevados a mano.

Estaciones Fijas

Este tipo de estaciones carecen de movimiento y pueden ser:

- **Estaciones Base**

  Son controladas ya sea local o remotamente y pueden presentarse como módulos de transmisión-recepción o por separado.

- **Estaciones de Control**

  A través de la emisión de cierto tipo de señales controlan a las estaciones base o a las repetidoras.

- **Estaciones Repetidoras**

  Se encargan de propagar la señal que reciben a través de un área determinada.

Equipos de Control

Estos equipos controlan que el funcionamiento del sistema PMR sea el adecuado mediante la inspección de las estaciones así como, de la señalización utilizada.

1.2.3 MODOS DE EXPLOTACÍON

1.2.3.1 Simplex

En este modo se utiliza una sola frecuencia para los dos sentidos de transmisión que se irán alternando.

En los canales simplex no se requiere la estación base para la comunicación entre móviles sin embargo, las interferencias cocanal y de canal adyacente pueden afectar a las estaciones base si se ubica más de una en la misma zona por este motivo, la separación de frecuencias deberá ser de 4 a 5 MHz. Esto trae consigo el hecho que en 8 - 10 MHz solo se puedan utilizar tres estaciones base.

De acuerdo al artículo 3 de la Norma Técnica para los Sistemas Comunales de Explotación se tiene: “Para la operación en simplex se ha asignado las bandas 470 - 472 MHz y 482 - 488 MHz.”[16]

[16] Norma Técnica para los Sistemas Comunales de Explotación, Título II Norma Técnica, Art. 3 Bandas para operar en simplex.

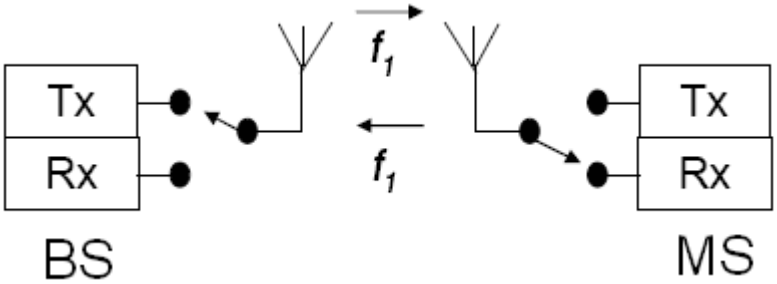


Figura. 1.17. Modo Simplex[17]

1.2.3.2 Simplex a dos frecuencias

Se necesitan dos frecuencias separadas 4 o 5 MHz entre sí para que no existan interferencias con lo que, se hace factible que varias estaciones base estén presentes en la misma zona sin que se interfieran. Sin embargo, las estaciones móviles no podrán comunicarse entre sí y solo podrán hacerlo con la estación base.

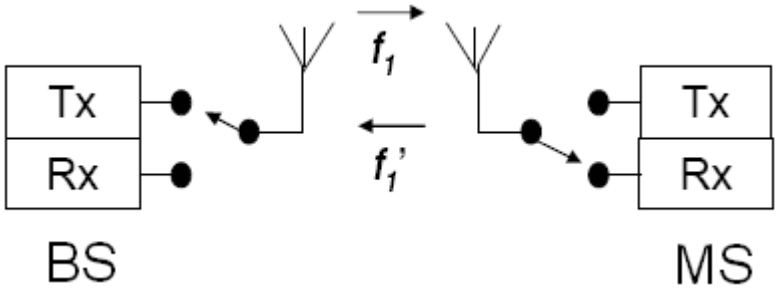


Figura. 1.18. Modo Simplex a dos frecuencias[18]

1.2.3.3 Semiduplex

La estación base está configurada como duplex, es decir, retransmite la información que le llega lo que se conoce como: talk-through (TT). Por otra parte, las estaciones móviles trabajarán en modo simplex.

El repetidor, en este caso, repetidor comunitario es quien gestionará la comunicación entre los móviles puesto que, al recibir una señal f2 junto al tono de apertura la transmitirá en f1 junto al tono correspondiente.

---

[17] HERNANDO RÁBANOS, José María, Comunicaciones Móviles, Segunda Edición, Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, pp: 195

[18] HERNANDO RÁBANOS, José María, Comunicaciones Móviles, Segunda Edición, Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, pp: 196

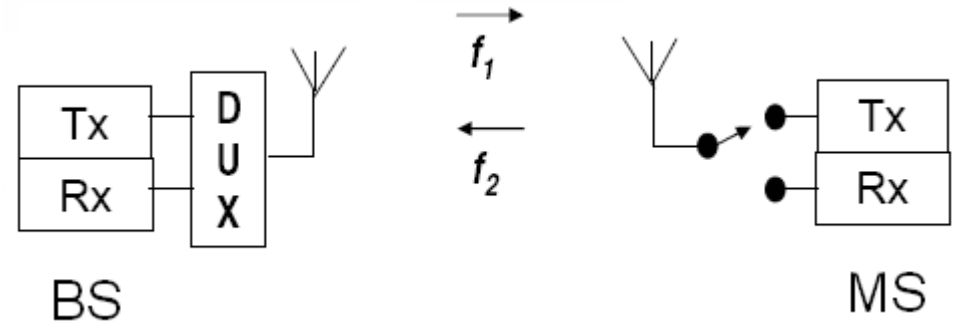


Figura. 1.19. Modo Semiduplex[19]

1.2.3.4 Full duplex

En este caso hay duplexores presentes tanto en la estación base como en los móviles con lo que, se posibilita la transmisión y recepción en simultáneo. Asimismo, la comunicación entre la base y la estación móvil necesita de un par de frecuencias.

A pesar de sus prestaciones este sistema no es utilizado en los sistemas de Radiocomunicaciones Móviles debido al costo que implica tener un duplexor en cada móvil y a la cantidad de frecuencias que se necesitarían.

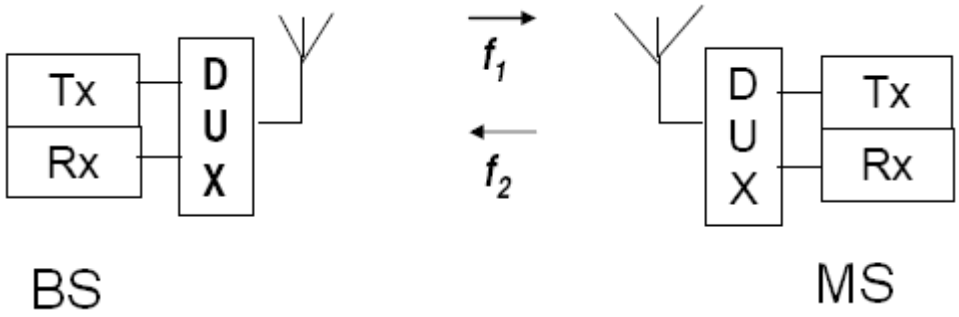


Figura. 1.20. Modo Full duplex[20]

1.2.4 TIPOS DE SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIONES MÓVILES

1.2.4.1 Sistemas de Despacho

Estos sistemas deben su nombre al hecho de que en sus orígenes eran controlados desde un despacho de personas en el cual se generaban las

[19] HERNANDO RÁBANOS, José María, Comunicaciones Móviles, Segunda Edición, Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, pp: 196
[20] HERNANDO RÁBANOS, José María, Comunicaciones Móviles, Segunda Edición, Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, pp: 197

indicaciones que eran enviadas hacia los colaboradores situados a lo largo de un área extensa.

Implícito dentro de la extensión que deben cubrir estos sistemas se encuentra la ubicación que deberán tener las bases y por lo tanto, es importante tener en consideración ciertos aspectos como la planificación de frecuencias basados en la orografía presente entre repetidoras y la separación mínima que debe existir entre las frecuencias de recepción como de transmisión. Para alcanzar los repetidores es posible valerse de radioenlaces o de cualquier otro canal disponible para la comunicación.

La simetría en la cobertura que se puede alcanzar con este sistema se encuentra limitada ya que, tanto receptores como transmisores según su ubicación móvil o fija dentro de una repetidora presentaran características radioeléctricas diferentes.

En casos de emergencia es posible entablar comunicaciones a través de una frecuencia símplex auxiliar que es de gran utilidad.

Red heterofrecuencial

El sistema presentado hasta el momento se caracteriza por que la pareja de frecuencias que se utilizarán depende de la ubicación en que se sitúa el móvil, es decir, el área de cobertura de una repetidora determinada y por lo general esta selección es manual.

La automatización de este proceso se da con la transmisión desde la estación móvil a una cierta frecuencia $f_{0,}$ que es discriminada en el despacho según la frecuencia que mejor llega desde las estaciones base mediante algún tipo de combinación o comparación.

El proceso también es complementado desde el lado del móvil ya que continuamente estará realizando un escaneo para encontrar la mejor frecuencia ya que el despacho garantizará que la misma información sea enviada por todos los repetidores.

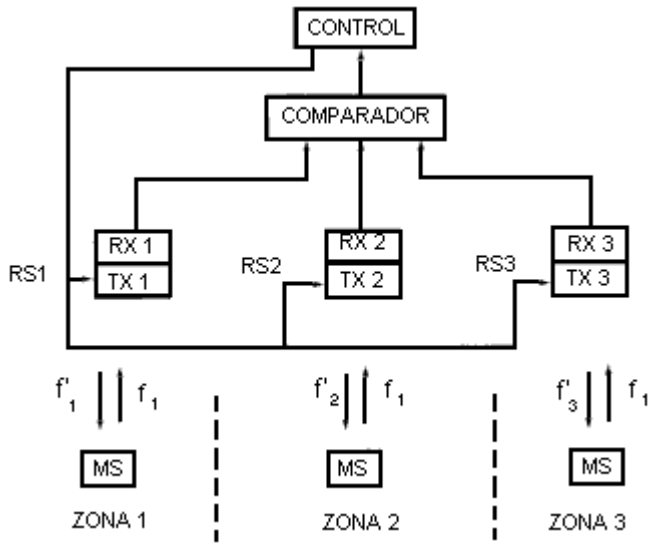


Figura. 1.21. Red PMR con frecuencia única hacia la red[21]

Red Isofrecuencial

Para mejorar los sistemas de despacho, se busca eliminar el escaneo del móvil en los canales de recepción lo que, se consigue mediante la emisión y recepción de todas las estaciones en la misma frecuencia. Sin embargo, estas redes serian viables solo si las coberturas de las repetidoras no se solapasen aunque, es poco probable que esto ocurra y en zonas que presentan menos de 4 dB de diferencia entre señales recibidas conocidas también como equiseñal las interferencias generadas traerán consigo desvanecimientos considerables.

Si se tiene que la señal presente en una zona equiseñal corresponde a dos modulaciones angulares:

$$y(t) = A\cos(w_{c1}t + \varphi 1(t)) + A\cos(w_{c2}t + \varphi 2(t)) \qquad (1.12)^{22}$$

Al tener una red isofrecuencial se cumple que $w_{c1}=w_{c2}=w_c$ y reemplazando:

$$y(t) = 2A\cos\left(\frac{\varphi_1(t)-\varphi_2(t)}{2}\right)\cos\left(w_c t\,\frac{\varphi_1(t)+\varphi_2(t)}{2}\right) \qquad (1.13)$$

Si se considera que las frecuencias no son iguales por un margen conocido como desplazamiento u offset:

$$f_{c1} = f_c + \Delta f; \quad f_{c2} = fc - \Delta f \qquad (1.14)$$

[21] SENDÍN ESCALONA, Alberto, Fundamentos de los Sistemas de Comunicaciones Móviles, Editorial McGraw-Hill Interamericana, pp: 256

[22] Las fórmulas 1.12 – 1.16 fueron tomadas de:
SENDÍN ESCALONA, Alberto, Fundamentos de los Sistemas de Comunicaciones Móviles, Editorial McGraw-Hill Interamericana, pp: 269

$$y(t) = 2A\cos\left(2\pi\Delta ft + \frac{\varphi_1(t) - \varphi_2(t)}{2}\right)\cos\left(2\pi f_c t + \frac{\varphi_1(t) + \varphi_2(t)}{2}\right) \quad (1.15)$$

Es conveniente que $\varphi_1 = \varphi_2$:

$$y(t) = 2A\cos[\,2\pi\Delta ft\,]\cos[\,2\pi f_c t + \varphi(t)] \quad (1.16)$$

Siendo la envolvente = $\cos[\,2\pi\Delta ft\,]$

Al considerar la presencia de un ruido valla que presenta características impulsivas y periódicas es importante contar con un nivel de señal y de umbral de sensibilidad alto por otra parte, si el desplazamiento de frecuencia es elevado se podría perder la inteligibilidad.

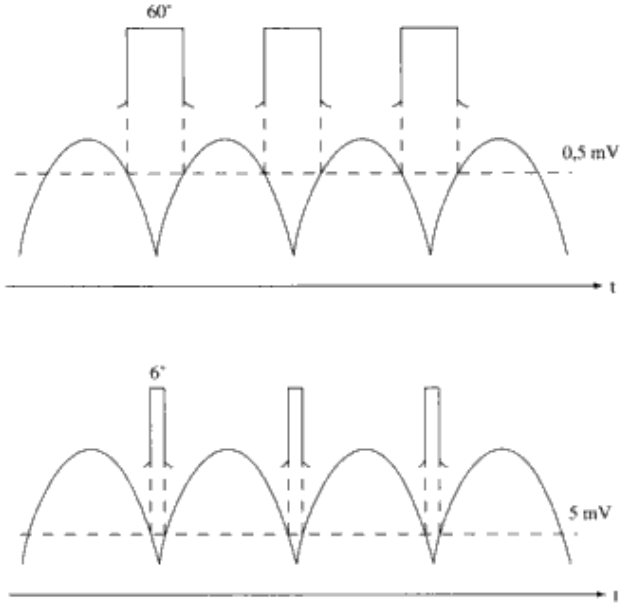


Figura. 1.22. Umbrales de Recepción en una red isofrecuencial[23]

La presencia de un mayor número de portadoras, trae consigo el fenómeno de intermodulación que toma lugar en el receptor móvil entre la desviación según la frecuencia nominal y su estabilidad.

1.2.4.1.1 Características de funcionamiento

Simplex o Semiduplex

En este caso las repetidoras pueden trabajar en el modo simplex o semiduplex (TT) según lo disponga la estación de control. La diferencia entre ambos modos

[23] SENDÍN ESCALONA, Alberto, Fundamentos de los Sistemas de Comunicaciones Móviles, Editorial McGraw-Hill Interamericana, pp: 270

se encuentra en que el control de las comunicaciones entre móviles se dará en el simplex mientras, que en el semiduplex no existirá control.

Sistemas de Llamada Selectiva (SELCALL)

En este tipo de sistema se pueden encontrar: llamadas individuales, es decir, a un solo Terminal, llamadas de grupo que con la ayuda de un código de activación se tiene acceso a varios terminales y llamadas generales que de hecho pierden el sentido selectivo puesto, que la flota completa escuchará el mensaje.

En algunos sistemas se presentan acuses de recibo que garantizan que el mensaje ha sido entregado con éxito.

Comunicación móvil-móvil interzonal

Este tipo de comunicaciones trae consigo la interrelación de estaciones base presentes en diferentes zonas geográficas.

1.2.4.2 Sistemas Troncales

Estos sistemas PMR se caracterizan por la utilización de varios pares de frecuencia y el acceso automático a los canales disponibles por parte de las estaciones. Para hacer posible que los recursos sean utilizados de tal manera se requiere de un protocolo de señalización rápido, flexible y digital por lo que, estos equipos cuentan con dos pares de modulador/demodulador uno FM analógico para canales de tráfico y otro MSK digital para canales de control.

Este tipo de sistemas puede clasificarse mediante la asignación de canales en:

Asignación por llamada

Es el caso en que el canal es ocupado durante toda la comunicación.

Asignación por transmisión

A cada transmisión símplex mediante PTT (push to talk) o pulse para hablar se le asignarán recursos.

Asignación por cuasi-transmisión

En esencia es igual a la anterior con la diferencia de que la comunicación no es liberada inmediatamente sino que, se da un período prudencial para que sea retomada en el mismo recurso.

1.2.4.2.1 Canales de un Sistema Troncal

Antes de diseñar este tipo de sistemas se debe determinar el número de canales por repetidor, es importante mencionar que cada estación base al menos cuenta con un canal de tráfico y otro de control.

Los canales de control son de vital importancia para que el rendimiento de utilización por canal de tráfico se incremente. Los canales de tráfico se dimensionan mediante las fórmulas de Erlang B o C mientras, que los canales de control mediante métodos basados en la teoría de redes de paquetes.

La utilización de los canales de tráfico es exclusiva mientras, que en el de control se comparte en el acceso para asignar los de tráfico. Asimismo, las estaciones base poseen un transmisor-receptor por canal de tráfico cada uno de los cuales debe compartir los recursos del sistema radiante.

Los canales de tráfico pueden clasificarse en:

- **Dedicado:** si el control de acceso es constante.
- **Variable:** cuando el canal de control es utilizado para tráfico y para control el primer canal disponible de tráfico.

1.2.4.2.2 Bandas de Frecuencia para Sistemas Troncales

En la actualidad las bandas de frecuencia que utilizan los sistemas troncalizados pertenecen a la banda de UHF aunque, en un inicio ocupaban los rangos de frecuencia de los sistemas comunales.

Las frecuencias en los Sistemas Troncales se disponen por bloques que a su vez se encuentran divididos en cuatro grupos los cuales están formados por cinco canales radioeléctricos teniendo que a cada canal le corresponden dos frecuencias.

La separación existente entre canales de un grupo en común es de 25 KHz para sistemas digitales y de 1 Mhz para analógicos mientras, que la separación entre diferentes grupos es de 125 KHz en sistemas digitales y 250 KHz en analógicos.

La asignación de las bandas corresponde a:

Las bandas de 806 – 811 MHz y 851 – 856 MHz

Poseen doscientos canales tanto de recepción como de transmisión y una separación de 45 MHz entre la banda de transmisión que corresponde a la de 806 – 811 MHz y la de recepción que va de los 851 – 856 MHZ. La tecnología utilizada es digital.

Las bandas de 811 – 824 MHz y 856 – 869 MHz

Poseen quinientos canales tanto de recepción como de transmisión y una separación de 45 MHz entre la banda de transmisión que corresponde a la de 811 – 824 MHz y la de recepción que va de los 856 – 869 MHZ. La tecnología utilizada es analógica.

Las bandas de 896 – 898 MHz y 935 – 937 MHz

Poseen ochenta canales tanto de recepción como de transmisión y una separación de 39 MHz entre la banda de transmisión que corresponde a la de 896 – 898 MHz y la de recepción que va de los 935 – 937 MHZ. La tecnología utilizada es digital.

Las bandas de 902 – 904 MHz y 932 – 934 MHz

Poseen ochenta canales tanto de recepción como de transmisión y una separación de 30 MHz entre la banda de transmisión que corresponde a la de 902 – 904 MHz y la de recepción que va de los 932 – 934 MHZ. La tecnología utilizada es digital.

1.2.4.3 Sistema Comunal

Según el Reglamento y Norma Técnica para los sistemas Comunales de Explotación se tiene que: “Sistema Comunal de los Servicios Fijo y Móvil terrestre, es el conjunto de estaciones de radiocomunicación utilizadas por una persona natural o jurídica, que comparte en el tiempo un canal radioeléctrico para establecer comunicaciones entre sus estaciones de abonado. Son sistemas especiales de explotación.”[24]

[24] Reglamento y Norma Técnica para los sistemas Comunales de Explotación en el Título I. Capítulo I. Art. 3 Definición de sistema comunal.

Estos sistemas aparecieron con el fin de aprovechar de mejor manera el espectro radioeléctrico puesto, que en un comienzo se asignaba un canal de radiocomunicación por cada usuario trayendo consigo la congestión del mismo.

Una de sus características consiste en el manejo de varios usuarios por un único radiocanal manteniéndolos diferenciados y con privacidad a través del uso de tonos. Otra de las ventajas que presentan se encuentra en el hecho de que mediante la interconexión de estos sistemas mediante repetidoras, usuarios de áreas distantes entre si tienen la posibilidad de comunicarse.

La privacidad se consigue mediante el Sistema Silenciador Codificado por Tono Continuo (CTSS) que a través de la transmisión de una señal pura de baja frecuencia (<300 Hz) junto a la voz permite el acceso a la información solo al grupo de equipos que puedan decodificar esta señal.

Se conocen 33 tonos subaudibles divididos en dos grupos y reconocidos por la EIA o Electronic Industry Association entre los que existe alternabilidad en la selección de frecuencias, es decir, cada sistema deberá escoger solo los tonos de uno de estos grupos para que el filtrado sea lo más preciso posible.

Grupo A		Grupo B	
Tono	Frecuencia (Hz)	Tono	Frecuencia (Hz)
1	67.0	2	71.9
3	77.0	4	82.5
5	88.5	6	94.8
….	……	….	……
31	233.6	32	241.8
33	250.3		

Tabla 1.3. Tonos Subaudibles utilizados por CTSS[25]

Se cuenta también con los Sistemas Silenciadores Codificados Digitales (DCS) los cuales transmiten una señal digital de bajo nivel.

[25] SENDÍN ESCALONA, Alberto, Fundamentos de los Sistemas de Comunicaciones Móviles, Editorial McGraw-Hill Interamericana, pp: 263

1.4.5 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIONES MÓVILES

1.4.5.1 Calidad de Recepción

1.4.5.1.1 Calidad de Tráfico

Su uso se limita a los sistemas móviles celulares y a los sistemas troncalizados puesto, que en ambos se necesita dimensionar el número de canales suficientes para que no exista congestión.

1.4.5.1.2 Calidad de Cobertura

Este parámetro puede ser abordado desde dos ópticas: la calidad zonal representada por Z% y la calidad perimetral que se representa con L% sin embargo, ambas hacen parte de una relación con un porcentaje de tiempo T%.

1.4.5.1.3 Calidad de Fidelidad de Señal

Depende de la Inteligibilidad, un factor que expresa cuantitativamente el porcentaje en que una idea, palabra o frase ha sido comprendida al transmitirse por un sistema radioeléctrico. Asimismo, la inteligibilidad está vinculada con el Índice de Nitidez el mismo que se obtiene con pruebas objetivas de las señales considerando los factores propios del diseño así como, la presencia de señales indeseadas.

Por otra parte, este parámetro puede obtenerse mediante la opinión que emite un cierto grupo de personas acerca de cómo fue recibido el mensaje, las calificaciones que cada uno otorga están comprendidas dentro de un rango. El promedio que se obtiene de las calificaciones se conoce como Nota Media de Opinión o MOS siglas en inglés de Mean Opinion Score que se relaciona con alguno de los sistemas susceptibles de medición como son los algoritmos de codificación de voz.

Finalmente existe otra forma más objetiva para determinar la calidad de fidelidad la misma que se obtiene al determinar la relación SINAD.

$$SINAD = \frac{señal + ruido + distorsión}{ruido + distorsión} \qquad (1.17)^{26}$$

SINAD es función de valor que entra al receptor dentro del umbral de funcionamiento y el valor de saturación. Su uso se encuentra en la definición de la sensibilidad propia del receptor puesto, que ésta es igual a la tensión de RF con la que se tiene un valor de SINAD de 12 dB que a su vez equivale a un MOS = 2 que podría considerarse aceptable para un diseño adecuado.

1.4.5.2 Radio FM de Dos Vías

La técnica utilizada por los circuitos electrónicos para que se de la comunicación de los sistemas de Radiocomunicaciones Móviles se denomina Radio FM de Dos Vías. Esta técnica utiliza el modo Semiduplex y la información está modulada en la frecuencia de la portadora. Por default o en modo de reposo el receptor está encendido y escuchando las comunicaciones de otros equipos por el canal de radio mientras que el transmisor se encuentra apagado. En el caso de que se quiera iniciar un transmisión mediante el uso de un interruptor denominado Presione para Hablar o PTT del inglés Push to Talk se apaga el receptor y empieza a funcionar el transmisor.

1.4.5.3 Cálculos de Cobertura

El punto de partida para diseñar un sistema de Radiocomunicaciones Móviles es el conocimiento profundo de la zona donde trabajará este sistema, es decir, la orografía del área ya que ésta nos dará una perspectiva más clara respecto a la ubicación de las estaciones que deberán ser instaladas y por consiguiente el servicio contará con la menor cantidad de zonas de sombra posibles.

Cuando la ubicación de las estaciones ha sido determinada se debe considerar el grado de cobertura alcanzado en base: a la potencia de transmisión, a los sistemas radiantes implementados, a la sensibilidad de los receptores y a la orografía propia del área de cobertura.

---

[26] HERNANDO RÁBANOS, José María, Comunicaciones Móviles, Segunda Edición, Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, pp: 198

1.4.5.3.1 Métodos Empíricos de Predicción de Cobertura

Este tipo de métodos permiten tener una aproximación de la propagación de las señales sin considerar los obstáculos propios de la zona o en otras palabras sin considerar el perfil topográfico de la zona sin embargo, estos métodos traen consigo valores que varían entre 10 a 14 dB del valor real.

Método COST 231 o Walfish-Ikegami

Es utilizado ampliamente en la predicción de propagación en zonas urbanas y principalmente en los sistemas de comunicaciones móviles celulares. Asimismo, se basa en los métodos de Ikegami-Ioshida y Walfish-Bertoni.

Recomendación 370 de la UTI-R

Su uso se da principalmente en la radiodifusión y televisión. Este método utiliza una serie de curvas normalizadas que consideran las características del terreno.

Método de Okumura-Hata

Este método se utiliza principalmente en sistemas de Radiocomunicaciones móviles, en escenarios urbanos, suburbanos y rurales. Se complementan los aportes de Okumura que utiliza curvas normalizadas de intensidad de campo en medios urbanos con diferentes alturas efectivas de antena; con la propuesta de Hata que consiste en una serie fórmulas con las que predice las pérdidas de propagación básica dentro de las que se tiene:

- Receptor dentro de zona urbana:

  $L_b=69.55+26.16*\log f - 13.82*\log h_{ef} + (44.9 - 6.55*\log h_{ef})*\log d$ (1.18)[27]

  Siendo:

  L_b= Pérdida básica de propagación (dB)

  f= frecuencia (MHz)

  h_{ef}= altura efectiva de la antena transmisora (m)

  d= distancia (Km)

- Receptor dentro de zona suburbana

  $L_{bs}= L_b - 2 *[\log (f/28)]^2 - 5.4$ (1.19)

[27] Las fórmulas 1.18 -1.20 fueron tomadas de:
HERNANDO RÁBANOS, José María, Comunicaciones Móviles, Segunda Edición, Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, pp: 198

- Receptor dentro de zona rural

  $L_{br} = L_b - 4.78(\log f)^2 + 18.33 * \log f - 40.94$ (1.20)

La altura efectiva se define como la altura propia del centro de radiación que tiene la antena sobre el nivel del terreno entre 3 y 15 Km comprendidos desde el transmisor hacia el receptor en intervalos de 1 Km.

$hef_i = hca + hr - hsm_i$ (1.21)[28]

Siendo:

hef_i= Altura efectiva

hca= altura de la antena

hr= altura del terreno a los 0 Km

hsm_i= altura media del terreno entre 3 y 15 Km

La altura efectiva debe ser medida en los 360º cada 30º y si la altura efectiva es negativa se debe utilizar un valor de 200 metros.

Se tiene que la altura efectiva de cada radial es:

$$hef_{Ri} = \sum \frac{hef_i}{13} \quad (1.22)$$

Mientras que la altura efectiva de la repetidora será:

$$hef = \sum \frac{hef_{Ri}}{12} \quad (1.23)$$

1.4.5.4 Cálculos de intensidad de campo

La cobertura para un sistema PMR está estrechamente vinculada con la sensibilidad de recepción, la misma que se puede entender como el campo mínimo de la potencia emitida por los sistemas radiantes y a su vez atenuado a lo largo del camino que debe ser recibido.

La sensibilidad puede definirse más claramente como el valor mínimo que debe entrar en un receptor para que dentro de ciertas consideraciones la salida tenga una cierta calidad acordada. Tanto analógica como digitalmente ésta se define con adaptación de impedancias en el receptor.

---

[28] Las fórmulas 1.21 – 1.23 fueron tomadas de:
SAMANIEGO, Hernán, Diseño de un Sistema Integral de telecomunicaciones para el Proyecto de Generación Hidroeléctrica San Francisco, pp: 47 – 48,

La sensibilidad se clasifica en: estática que es la medida en el laboratorio y proporcionada por el fabricante y efectiva en la que se debe considerar los efectos del multitrayecto y del ruido.

Dentro del ambiente analógico se tiene que la sensibilidad estática corresponde a la tensión RF en el receptor con adaptación de impedancias para conseguir un SINAD de 12 dB. Por otra parte, digitalmente hablando la sensibilidad estática puede definirse como el valor de tensión RF con adaptación de impedancias para conseguir un valor de BER estándar en mediciones de laboratorio.

Para Zo= 50Ω se tiene una fórmula que relaciona la potencia y la sensibilidad la misma que se expresa como:

$$S(dB\mu V) = 107 + S(dBm) \qquad (1.24)$$ [29]

$$s(\mu V) = 10^{S(dB\mu V)/20} \qquad (1.25)$$

Al considerar la importancia de la sensibilidad este se vuelve un valor primordial para calcular la cobertura del sistema y este debe ser proporcionado por el fabricante.

Para que el diseño sea el correcto debe analizarse el campo mínimo necesario para alcanzar un nivel de calidad establecido.

Se tiene que:

$$P_{Rx} = \frac{e^2}{120\pi}\frac{\lambda^2}{4\pi} g_{Rx} \qquad (1.26)$$

e medido en los bornes de antena

$$P_{Rx} = \frac{s^2}{50} \qquad (1.27)$$

Después de trabajar con ambas ecuaciones se obtiene:

$$E_{mu}(dB\mu V/m) = S + 20\log f - G_d^* - 32 \qquad (1.28)$$

G_d^* = ganancia de la antena respecto del dipolo $\lambda/2$, incluidas las perdidas del receptor

$$G_d = G_i - 2{,}15\,\text{dB} \qquad (1.29)$$

$$G_d^* = \mathrm{G_d} - \alpha \cdot l - L \qquad (1.30)$$

[29] Las fórmulas 1.24 – 1.42 fueron tomadas de:
SENDÍN ESCALONA, Alberto, Fundamentos de los Sistemas de Comunicaciones Móviles, Editorial McGraw-Hill Interamericana, pp: 275 - 277

$\alpha \cdot l = \text{pérdidas en alimentador}$

$L = \text{pérdidas adicionales de la antena}$

Con todas estas fórmulas queda claro que con un valor de sensibilidad fijado y considerando los elementos del sistema principalmente el sistema radiante en el receptor es necesario contar con cierta intensidad de campo eléctrico E que llegue a los bornes de antena. No obstante como se debe transformar la potencia transmitida en campo eléctrico recibido el valor de E debe ser modelado contemplando ciertos efectos propios de la propagación real.

$$\overline{E_m} = E_{mu} + \Delta_r E + \Delta_e E \qquad (1.31)$$

Como los valores utilizados son meramente estadísticos es necesario definirlos uno por uno:

$\Delta_r E$ es un término que incluye el ruido así como la propagación multitrayecto. Acorde el informe M.358 de la UIT-R se tienen algunas tablas con los posibles valores. Asimismo, se menciona el hecho de que el ruido podría degradar las características de sensibilidad del receptor.

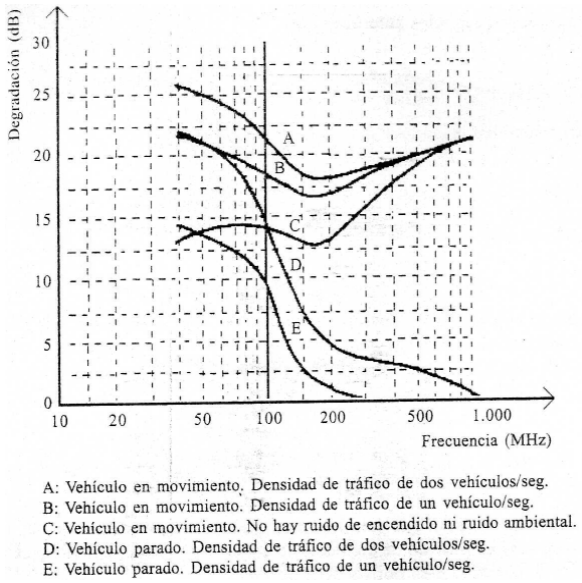


Figura. 1.23. Curva degradación de la intensidad de campo eléctrico en la recepción en la estación base[30]

[30] SENDÍN ESCALONA, Alberto, Fundamentos de los Sistemas de Comunicaciones Móviles, Editorial McGraw-Hill Interamericana, pp: 272

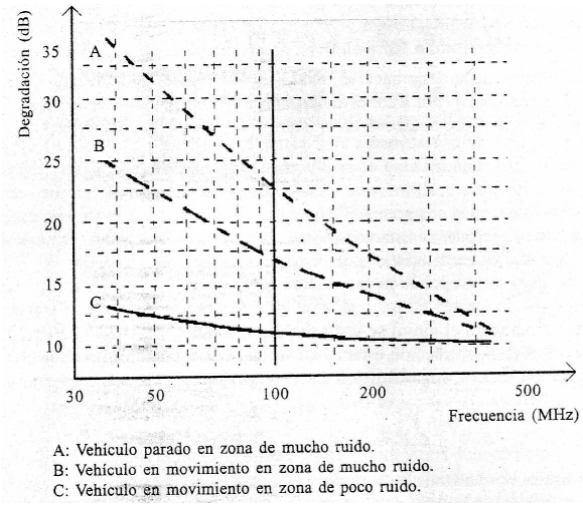


Figura. 1.24. Curva degradación de la intensidad de campo eléctrico en la recepción en la estación móvil[31]

$\Delta_e E$ se define como la corrección estadística acorde a la distribución gaussiana en el campo expresado en $dB\mu V/m$, teniendo a σ como función de la frecuencia, del tamaño de la zona de cobertura y de la ondulación del terreno.

$$\Delta_e E = \sqrt{[k(L)\cdot\sigma_L]^2 + [k(T)\cdot\sigma_T]^2} \qquad (1.32)$$

k(P) representa la abscisa normalizada en la distribución de Gauss para un cierto porcentaje ligado a la función inversa de Gauss.

$$k(P) = G^{-1}(1 - P/100) \qquad (1.33)$$

Para los cálculos *P* puede representar tiempo o espacio.

P(%)	k(P)
50	0
75	0.67
90	1.28
95	1.64

Tabla.1.4. Valores de P(%) con su respectivo k(P)[32]

[31] SENDÍN ESCALONA, Alberto, Fundamentos de los Sistemas de Comunicaciones Móviles, Editorial McGraw-Hill Interamericana, pp: 272

[32] SENDÍN ESCALONA, Alberto, Fundamentos de los Sistemas de Comunicaciones Móviles, Editorial McGraw-Hill Interamericana, pp: 276

También se tiene otra tabla ampliamente utilizada:

Banda	σ_L (dB)	σ_T (dB)
VHF	8	3 (tierra y mar)
UHF	10	2 (tierra)
(Δh = 50 m)		9 (mar)

Tabla. 1.5. Valores típicos de σ_L y σ_T según la banda de frecuencia[33]

Para encontrar un porcentaje de cobertura zonal se parte desde la perimetral con las siguientes fórmulas:

$$Z(\%) = Zonal = L(\%) + 50e^{\left(\frac{2xy+1}{y^2}\right)} erfc\left(x + \frac{1}{y}\right) \quad (1.34)$$

$$x = \frac{k(P)}{\sqrt{2}} \quad (1.35)$$

$$y = 3.071\frac{n}{\sigma_L} \quad (1.36)$$

$$l_b = cte \cdot d^n \quad (1.37)$$

Después de resolver las fórmulas anteriores aparece un valor de campo medio $\overline{E_m}$, que corresponde al mínimo valor que recibirá el receptor y a su vez este nos ayudará a encontrar la potencia radiada aparente o PRA que necesita emitirse en función de la localización tomando como referencia el transmisor.

$$P_{RX} = \frac{P_{Tx} g_{Tx}}{4\pi d^2} \frac{\lambda^2}{4\pi} g_{Rx} = \frac{e_m^2 \lambda^2}{120\pi 4\pi} g_{Rx} \quad (1.38)$$

Una vez obtenida esta ecuación se añade un margen de seguridad al valor de campo medio y se asume que sobre este se puede lidiar con factores imprevistos.

$$P'_{Rx} = P_{Rx} + M \quad (1.39)$$

A partir de esta formula puede decirse que:

$$P_{Tx} + G_{Tx} = (P_{Rx} + M) + L_{f.e+Labs} \quad (1.40)$$

[33] SENDÍN ESCALONA, Alberto, Fundamentos de los Sistemas de Comunicaciones Móviles, Editorial McGraw-Hill Interamericana, pp: 276

Finalmente se pueden definir las dos fórmulas sobre la pérdida total del trayecto que corresponden a:

$$L_b(dB) = PIRE(dBw) + 20\log f(MHz) - \overline{E_n}(dB\mu V/m) + 107.21 \quad (1.41)$$

$$L_b(dB) = PRA(dBw) + 20\log f(MHz) - \overline{E_n}(dB\mu V/m) + 109.36 \quad (1.42)$$

1.5 RADIO SOBRE PROTOCOLO INTERNET (RoIP)

1.3.1 INTRODUCCIÓN

Radio sobre IP es una tecnología que basa su funcionamiento en Voz sobre IP (VoIP), a pesar de estar un escalón más arriba que ésta. Como es ampliamente conocido VoIP provee el vehículo para transmitir voz de un punto a otro a través de la Internet.

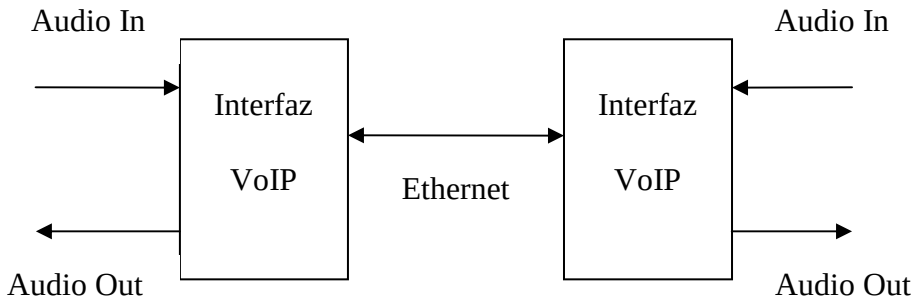


Figura. 1.25. Diagrama de Bloques VoIP[34]

La tecnología VoIP trabaja correctamente cuando se tienen comunicaciones de audio básicas sin embargo, presenta falencias cuando intenta transferir comunicaciones de radio de un punto a otro, esto se debe principalmente a que las transmisiones de audio por radio tienen algunos requerimientos especiales que están por encima de lo que cubre VoIP y que deben ser tomados en consideración, éstas señales que son específicas de los sistemas de Radiocomunicaciones Móviles son las líneas de control PTT y COR.

PTT (push to talk)

PTT o pulse para hablar es una función requerida por un radio cuando el usuario desea que el audio generado por su voz salga de la radio y viaje hacia el receptor.

[34] White Paper: WP-3004-1, RoIP Versus VoIP Solutions, Raytheon JPS Communications

Todos los radios tienen la función PTT que habilita el micrófono del equipo para la comunicación.

COR (carrier operated relay)

Esta función permite a un dispositivo conectado al radio tener el conocimiento previo de que la señal recibida proviene del radio, la mayoría de radios no posee una salida COR, cuando no se dispone de una salida COR el dispositivo vinculado al radio debe tener la capacidad de crear el COR. La creación de COR para un radio que no cuenta con esta salida puede realizarse con una detección VOX (voice operated xmit). El dispositivo que recibe la señal de radio debe usar VOX y un retardo de audio para identificarla y enviarla exitosamente.

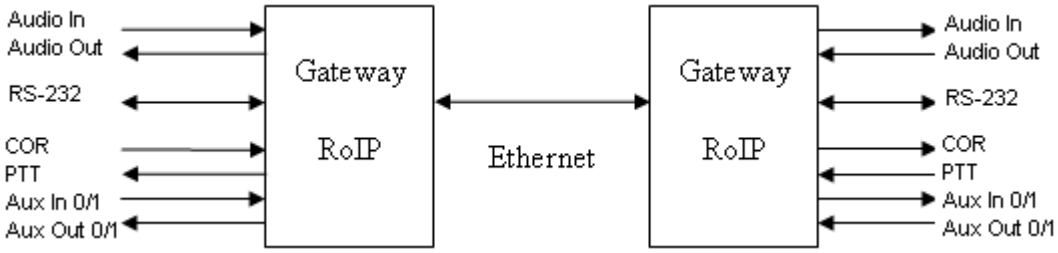


Figura. 1.26. Diagrama de Bloques RoIP[35]

La funcionalidad que otorga RoIP se da mediante el uso de hardware y software que soportan el lenguaje universal del Protocolo Internet (IP) y por tanto permiten encaminar las comunicaciones de voz a través del medio. Una de las ventajas que presenta RoIP es la interoperabilidad que brinda entre sistemas de Radiocomunicaciones existentes, entre sistemas de Radiocomunicaciones nuevos y antiguos, entre diversas frecuencias y con algunos otros dispositivos de comunicación conectados. Debido a que la tecnología RoIP está basada en ciertos estándares es independiente del dispositivo utilizado por lo tanto, no existen restricciones de trabajar con un único sistema o dentro de un sistema propietario de Radiocomunicaciones. Además, el usuario final no debe escoger un dispositivo específico puesto, que puede hablar usando cualquier dispositivo que utilice el protocolo IP o en su defecto utilizar un Gateway que convierta cualquier lenguaje al utilizado por el protocolo IP.

[35] White Paper: WP-3004-1, RoIP Versus VoIP Solutions, Raytheon JPS Communications

1.3.2 COMPONENTES DE UNA RED RoIP

Gateway RoIP

Por lo general, en las estaciones base de radio se encuentra localizado el Gateway RoIP mientras, que dispositivos como PCs pueden estar ubicados donde exista algún tipo de acceso LAN/WAN.

Las señales de control PTT y COR junto a las señales de audio son enviadas a través de la red LAN o WAN según sea el caso desde y hacia el Gateway RoIP en formato IP.

El Gateway RoIP se conecta a un adaptador de tono remoto a través de una tarjeta de sonido full dúplex utilizando el control de tono de la estación base.

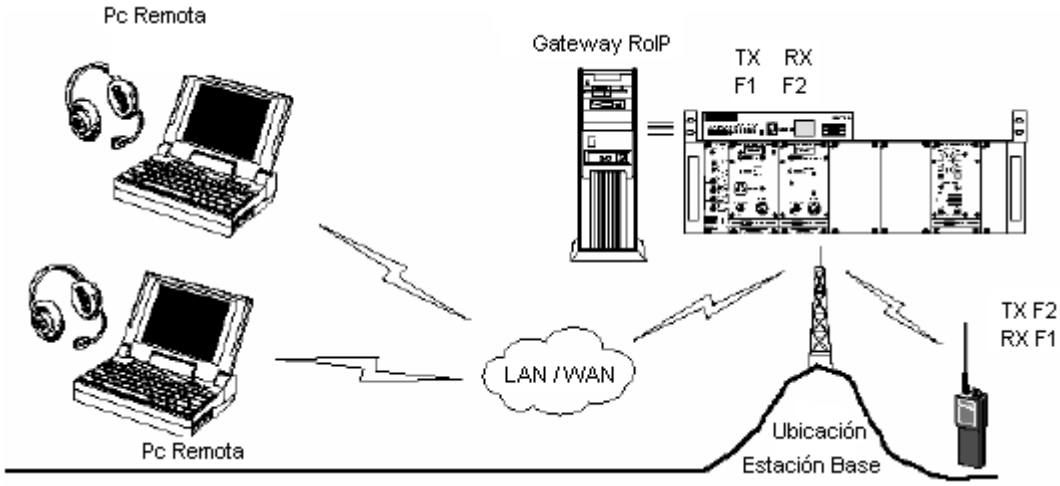


Figura. 1.27. Gateway RoIP[36]

Interfaz Controladora RoIP

Las estaciones RoIP pueden también utilizar una interfaz controladora conocida como Router que se encuentra ubicada en la estación base de radio mientras, que las consolas IP remotas pueden ubicarse donde se cuente con un acceso LAN / WAN.

Esta interfaz cumple con el mismo propósito que el Gateway RoIP.

[36] BIGRIGG, Douglas, Radio Over Internet Protocol (RoIP), Daniels Electronics

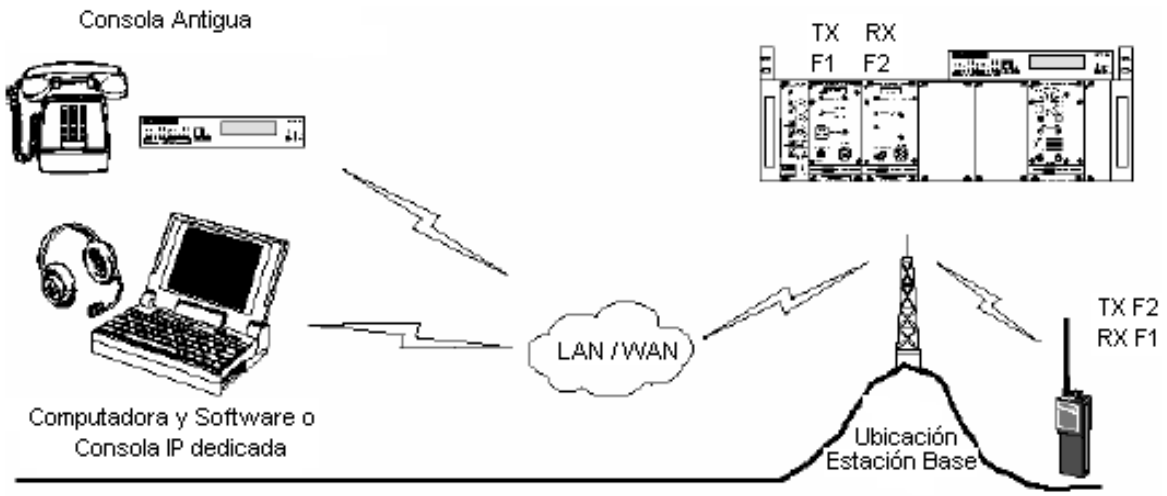


Figura. 1.28. Interfaz Controladora RoIP[37]

Enlace RoIP

La tecnología RoIP no limita su uso a las estaciones base. Con enlaces RoIP se elimina la necesidad de enlaces microondas, radio enlaces, o líneas dedicadas. De igual manera, RoIP permite que los repetidores estén localizados en áreas donde se tenga una línea de vista restringida. Con la ayuda de un dispositivo conocido como network extension unit que se conecta en ambos repetidores se pueden enviar las señales PTT / COR y de audio a través de la red LAN / WAN entre dichos repetidores.

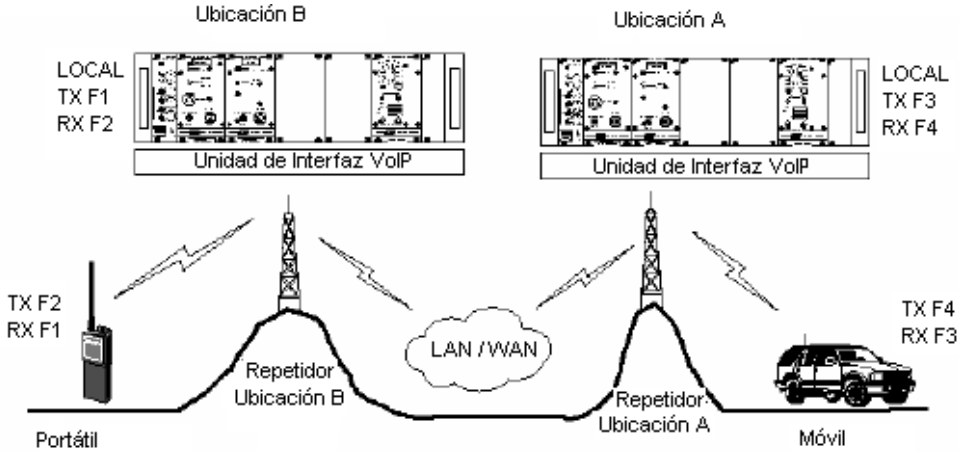


Figura. 1.29. Enlace RoIP[38]

[37] BIGRIGG, Douglas, Radio Over Internet Protocol (RoIP), Daniels Electronics
[38] BIGRIGG, Douglas, Radio Over Internet Protocol (RoIP), Daniels Electronics

1.3.3 VOZ SOBRE PROTOCOLO INTERNET (VoIP)

Voz sobre Protocolo Internet o más ampliamente conocido como VoIP, es uno de los servicios que más desarrollo ha venido teniendo en los últimos tiempos. Una de sus características principales es que éste tipo de servicio se da en tiempo real y por lo tanto es tan conveniente como las redes de comunicación tradicional. VoIP difiere en algunos aspectos del servicio original de Internet. Entre las más importantes están: las características de tráfico que presentan, los requerimientos de Calidad de Servicio (QoS), el ancho de banda y los recursos de red que necesita.

Los streams de voz digitalizada se segmentan en tramas de voz y estas a su vez son encapsuladas en paquetes de voz con la ayuda del protocolo real-time transport protocol (RTP), el mismo que permite incluir información para servicios en tiempo real, como un etiquetamiento de tiempo. Este protocolo está diseñado para llevar información de control y señalización utilizada por servicios VoIP. Los paquetes RTP utilizan el protocolo user datagram protocol (UDP), que es el encargado del transmitirlos a través de Internet como paquetes IP.

La calidad de servicio o QoS propia de VoIP depende de las condiciones que presenta la red en términos de la congestión, los errores de la transmisión, el jitter y el retardo. De igual manera, QoS depende también de la calidad y la disponibilidad de ancho de banda con que cuenta la red así como de la tasa de bit errados (BER) y de la velocidad de transmisión.

Aunque el protocolo RTP y RTCP, protocolo de control usado por RTP, fueron diseñados en un inicio para los servicios de voz y telefonía su alcance no se limita a ambos servicios. Es así que estos protocolos pueden ser utilizados por otros servicios multimedia en tiempo real como los de video. Gracias a las etiquetas de tiempo generadas por el emisor, el receptor tiene la posibilidad de sincronizar streams ya sean de datos, voz o vídeo y reproducirlos en tiempo real.

1.3.3.1 Protocolos utilizados por VoIP

VoIP fundamenta su funcionamiento en una serie de protocolos, la familia de protocolos H.323 que provee los estándares de comunicaciones multimedia sobre redes de datos y que fue desarrollada por la Unión Internacional de

Telecomunicaciones (UIT) es el conjunto de protocolos mayormente aceptado; puesto que gran parte de los fabricantes de equipos han desarrollado y utilizado las soluciones que brinda este conjunto de protocolos.

Por otra parte, el Grupo de Trabajo en Ingeniería de Internet o IETF por sus siglas en inglés ha desarrollado paralelamente algunos protocolos usados por la telefonía IP como: RTP, RTSP, RTCP, Megaco, SIP y SDP, los mismos que son la base de sistemas de telefonía IP con estándares propietarios.

1.3.3.1.1 Recomendación H.323

Sistemas de comunicación multimedios basados en paquetes o simplemente H.323 es la recomendación que define los componentes, procedimientos, y protocolos necesarios para solventar comunicaciones audiovisuales sobre redes de datos.

H.323 puede ser usada en cualquier red conmutada de paquetes sin tomar en cuenta la capa física utilizada. En las capas superiores el protocolo IP puede ser utilizado junto con un mecanismo de transporte confiable, es decir, que emplee acuses de recibo y retransmisión para garantizar la entrega de PDUs, como el que brinda el protocolo Transmission Control Protocol (TCP) o con uno que no brinde todas las garantías de entrega de PDUs al manejarse con la técnica del mejor esfuerzo pero que en contraparte evita introducir overhead y retardo como el protocolo User Datagram Protocol (UDP).

Asimismo, H.323 utiliza los protocolos RTP y RTCP desarrolladas por el IETF con algunos complementos como: señalización de llamadas y algoritmos de codificación de audio y video.

Otra característica de H.323 es la independencia respecto a la topología de red que se utilice, asimismo, los terminales H.323 pueden conectarse en redes LAN ya sea con Hubs o Switchs, en redes Internet locales o remotas a través de routers o en enlaces dial-up.

La recomendación H.323 contempla varios niveles de servicio de comunicaciones multimedia sobre una red de datos como: solo voz, voz y video, voz y datos, o las tres juntas.

Por otra parte, la recomendación H.323 es la que controla todos los equipos H.323 así como las comunicaciones H.323 entre usuarios finales. H.323 entrega la descripción tanto del sistema como de los componentes, la descripción del modelo de llamada y los procedimientos de la señalización de llamada. Esta recomendación puede considerarse como el estándar base sobre el que se han desarrollado otros documentos de la UIT.

Dentro de H.323 se encuentran contenidas otras recomendaciones para codificación de Audio como la G.711 que debe ser utilizada necesariamente mientras, que otras tienen un carácter opcional como las recomendaciones: G.722, G.728, G.723.1 y G.729. asimismo, dentro de H.323. están contenidas algunas recomendaciones para codificación de video como H.261 QCIF que debe ser utilizada por otra parte, H.261 CIF y todas las variables de H.263 son opcionales.

Uno de los objetivos al desarrollar la recomendación H.323 fue la interoperabilidad con otro tipo de terminales multimedia como los terminales H.320 en N-ISDN o Red de banda estrecha de servicios digitales integrados, los terminales H.321 en ATM, los terminales H.322 en IsoEthernet, los terminales H.324 en la red telefónica pública conmutada y los terminales H.310 sobre ATM. Las características propias de las terminales H.323 son: audio, vídeo o datos bidireccional en tiempo real.

1.3.3.1.2 Real-Time Protocol (RTP)

El protocolo de tiempo real o RTP por sus siglas en inglés es un protocolo de transporte que fue desarrollado por el IETF para las transmisiones en tiempo real de datos como audio y video sobre servicios de red multicast o unicast. RTP posee algunos campos de datos extra que no se encuentran en TCP. Este protocolo genera un etiquetamiento de tiempo o timestamp así, como un número de secuencia para facilitar la sincronización en el transporte de los datos y el reensamble del streaming en el receptor.

RTP no garantiza QoS para los servicios de tiempo real aunque, el transporte de datos está respaldado por un protocolo de control conocido como RTCP que facilita el monitoreo de la entrega de datos en redes multicast grandes así como,

un pobre control e identificación. Tanto RTP como RTCP fueron designados para ser independientes de las subyacentes capas de red y transporte.

Las aplicaciones que utilizan RTP por lo general corren sobre UDP para aprovechar los servicios de multiplexación y checksum que brinda. De igual manera el datagrama UDP dentro del que está encapsulado es transportado por un paquete IP.

Cabecera IP	Cabecera UDP	Cabecera RTP	Datos

Figura. 1.30. Encapsulación del paquete RTP[39]

Tanto RTP como RTCP contribuyen en la funcionalidad del protocolo de transporte sin embargo, cada uno cumple su función específica:

- RTP, llevar los datos que tienen propiedades de tiempo real.
- RTCP, monitorear la calidad de servicio y hacer llegar información sobre los miembros que intervienen en la comunicación.

Una de las características de las aplicaciones en tiempo real es la habilidad que tiene uno de los involucrados en la comunicación de alertar a uno o más miembros de la red para iniciar una llamada y es por esto que se utiliza otro protocolo conocido como Session invitation protocol (SIP), que es un protocolo cliente-servidor que habilita pares de usuarios para establecer una conexión virtual o asociación entre ambos y luego acudir a una sesión de transporte RTP sobre algún medio. Es importante acotar el hecho de que RTP ensimismo no ofrece ningún mecanismo para asegurar entrega a tiempo u otras garantías de QoS sin embargo, confía en los servicios prestados por las capas más bajas para hacerlo. Lo que no garantiza la entrega tampoco previene la entrega en desorden.

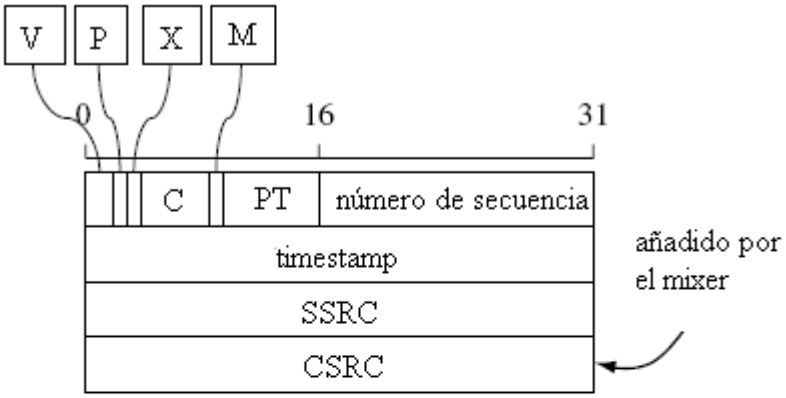
RTP cuenta con cuatro componentes principales de red dentro de los que se tiene:

- Sistema final: es la aplicación que genera el contenido a ser enviado dentro de paquetes RTP y que procesa el contenido de los paquetes RTP recibidos.

[39] MINOLI, Daniel, Delivering Voice over IP Networks, Editorial Wiley Computer Publishing, pp: 176

- Mezclador: es un sistema intermedio que recibe los paquetes RTP de uno o más emisores, facilita cambios en el formato de los datos, combina los paquetes y luego los envía como un nuevo paquete RTP.
- Conversor: es otro sistema intermedio que envía paquetes RTP con su respectivo identificador de sincronización de origen intacto. Algunos ejemplos de conversores pueden ser dispositivos que convierten codificaciones sin mezclarlos o filtros de aplicación en firewalls.
- Monitor: es una aplicación que recibe los paquetes RTCP enviados por los miembros de una sesión RTP sobre todo los reportes de recepción, también estima el QoS para distribuir el monitoreo, da un diagnóstico de fallas así como estadísticas de un largo período.

La estructura del encabezado RTP es la misma al menos en los primeros doce octetos de todos los paquetes RTP mientras que los identificadores de la lista de fuentes de distribución o CSRC por sus siglas en inglés solo se encuentra cuando un mezclador lo inserta.



V	Número de versión (=2), 2 bits
P	Indica padding, 1 bit
X	Indica la presencia de una extensión de encabezado, 1 bit
CC	Contador de CSRC, 4 bits
M	Marcador específico de perfil, 1 bit
PT	Tipo de payload, específico del perfil, 7 bits
SSRC	Fuente de sincronización
CSRC	Fuente de contribución
Timestamp	Perfil de flujo de unidades específicas

Figura. 1.31. Información del encabezado RTP[40]

[40] MINOLI, Daniel, Delivering Voice over IP Networks, Editorial Wiley Computer Publishing, pp: 177

1.3.3.1.3 Real-time Control Protocol (RTCP)

El protocolo de control RTP o RTCP por sus siglas en inglés se basa en la transmisión periódica de paquetes de control hacia todos los miembros que forman parte de la sesión usando el mismo mecanismo de distribución que utilizan los paquetes de datos. Los protocolos subyacentes deben realizar la multiplexación de los paquetes de control y datos utilizando por ejemplo números de puerto separados con UDP.

Las tres funciones principales realizadas por RTCP son:

- Informar sobre la calidad de la distribución de datos. Esta se vincula con uno de los principales roles de RTP al ser un protocolo de transporte asimismo, esta función se relaciona con el flujo y las funciones que controlan la congestión de otros protocolos de transporte. Esta información resulta útil en codificaciones adaptativas sin embargo, en multicast IP esta información puede dificultar el diagnóstico de fallas en la distribución por parte de los receptores. Al enviar reportes de recepción a todos los miembros de la sesión se hace factible que cualquier miembro que detecte algún problema pueda evaluar si el problema es a nivel local o global.
  También es posible que quien no pertenezca a la sesión a través de algún mecanismo como multicast IP pueda recibir la información y actuar como un monitor externo para el diagnóstico de los problemas de red. Esta información sobre la calidad se da a través de los reportes de envío RTCP RS por sus siglas en inglés y los de recepción RR.

- Transferir la identidad de un emisor conocido como el nombre canónico o CNAME. Debido a que el identificador SSRC puede cambiar si se descubre algún problema o si algún programa es reiniciado el receptor utiliza el CNAME para mantener el rastro de cada miembro. Los receptores también pueden necesitar el CNAME para asociar múltiples streams de datos generados por un miembro dado en un conjunto de sesiones RTP relacionadas un ejemplo puede ser la sincronización de audio y video.

- Como las primeras dos funciones necesitan que todos los miembros envíen paquetes RTCP entonces la velocidad con que se envían debe ser controlada para que RTP sea escalable hacia un número mayor de

miembros. Si cada miembro envía sus paquetes de control a todos los demás es posible que cada miembro pueda conocer el número de participantes en la sesión.

1.3.3.1.4 Session Initiation Protocol (SIP)

A pesar de que las características propias del presente diseño conllevan la utilización del protocolo H.323 se ha decidido mencionar otros protocolos utilizados para VoIp como: SIP, SAP y SDP.

El protocolo de inicio de sesión o SIP por sus siglas en inglés trabaja como una llamada telefónica, es decir, para encontrar a la persona que uno está buscando el teléfono emite un sonido. La principal diferencia entre el funcionamiento de SIP y el de una llamada telefónica es que uno no marca un número. A pesar que SIP puede llamar a números telefónicos tradicionales el direccionamiento utilizado por SIP nativo es un localizador uniforme de recursos SIP similar a la dirección de un email

Si los usuarios se mueven a una diferente ubicación, los servidores de redirección y los servidores de ubicación pueden utilizarse para solventar las llamadas SIP.

SIP utiliza con frecuencia servidores Proxy cada uno de los cuales tiene en consideración la petición de llamada, busca cualquier información local que tenga sobre la persona que está siendo llamada, ejecuta cualquier chequeo de seguridad que se le solicita y finalmente enruta la llamada hacia delante.

Existen dos canales multicast por aplicación y por sesión ambos para RTCP, esto permite configuraciones ad hoc y stand-alone para aplicaciones individuales. También permite que se den conferencias anunciadas con directorio de sesión (SDR) e información de configuración.

1.3.3.1.5 Session Announcement Protocol (SAP)

El protocolo de anuncio de sesión o SAP por sus siglas en inglés, es un protocolo simple, en el que el creador de la sesión envía paquetes periódicamente a un grupo multicast claramente definido, estos paquetes contienen una descripción SDP de la sesión que se va a establecer. Quienes desean conocer que sesiones

se activaran solo deben escuchar al grupo multicast y recibir los paquetes de anuncio. Este protocolo podría ser más complejo si incluye seguridades.

1.3.3.1.6 Session Description Protocol (SDP)

El protocolo de descripción de sesiones o SDP por sus siglas en inglés tiene como misión portar toda la información necesaria para que un usuario sea parte de una conferencia existente o cree una nueva. Más que un protocolo de transporte podría decirse que SDP es la forma en que una sesión puede ser descrita siendo utilizado mayoritariamente en las sesiones multiconferencia.

La información contenida en SDP incluye: el nombre, propósito y medios de la sesión, respecto a los medios se incluye el formato, el protocolo de transporte, la dirección y el puerto de transporte que estos utilizan. También es posible encontrar el período en que la sesión está activa.

1.3.3.2 Descomposición a través de Gateway

El Gateway de señalización es el responsable de que la señalización tenga lugar entre usuarios finales sobre cualquier red. La red PSTN utiliza la señalización SS7 o ISDN sin embargo, estas son convertidas a alguno de los protocolos de señalización IP como los incluidos en el estándar H.323 o SIP para su posterior traslado sobre la red IP. El protocolo SAP es el utilizado para anunciar la sesión mientras, que SDP describe la misma.

Cuando la llamada o sesión se ha establecido el Media Gateway es el encargado de la transferencia de streams de datos, audio y video. En el lado de PSTN se transportan datos codificados con PCM a través de streams TDM sin embargo, en la redes IP los datos se transportan con la ayuda de los protocolos RTP y UDP.
Finalmente el Gateway controlador del medio es el encargado de controlar los Media Gateways.

1.3.3.3 Gatekeepers

Los gatekeepers cumplen una serie de funciones dentro de las cuales se pueden mencionar: el direccionamiento, la autorización y autenticación tanto del terminal como de los gateways, la administración del ancho de banda, entre otras. Asimismo, los gatekeepers pueden ofrecer servicios de enrutamiento de llamadas.

Un terminal es una computadora o cualquier dispositivo autónomo que corre aplicaciones multimedia.

La unidad de control multipunto o MCU por sus siglas en inglés es la encargada de dar soporte para conferencias que posean tres o más terminales.

1.3.4 COMPRESIÓN DE VOZ PARA ROIP

La compresión de voz se refiere a la aplicación de algunos algoritmos en los streams de voz para reducir los requerimientos de ancho de banda pero, manteniendo la calidad audible de la transmisión de la voz. Se han desarrollado un sinnúmero de estándares de compresión de voz con el transcurso de los años permitiendo ahorros considerables en líneas arrendadas mediante el uso de hardware especializado que no presenta costos excesivos.

Con la ayuda de estos estándares la capacidad normal de un canal de voz de 64 Kbps puede ser reducida a 32, 16, 8, 6.3, 5.3 Kbps, para facilitar el envío de voz ya sea sobre Internet o redes celulares. Sin embargo, mientras la compresión aumenta la calidad de la voz disminuye es por este motivo que la CCITT actual UIT-T estandarizo la Modulación por Pulsos Codificados o PCM por sus siglas en inglés como el estándar internacionalmente aceptado para la transmisión de voz digitalizada a largas distancias con la misma calidad que la que brinda la red pública conmutada y lo nombro como estándar G.711.

En el estándar G.711 un canal de voz requiere 64 Kbps cuando es transmitido sobre la red telefónica basada en la Multiplexación por División de Tiempo o TDM por sus siglas en inglés. La capacidad del payload PCM de 64 Kbps es la base de los actuales servicios y equipos de la telefonía pública, de igual manera 24 slots de tiempo de 64 Kbps pueden ser transmitidos a través de una línea T1.

1.3.4.1 Métodos de Compresión de Voz

1.3.4.1.1 Pulse Code Modulation (PCM)

En la Modulación por Pulsos Codificados o PCM por sus siglas en inglés las señales de voz son muestreadas al menos dos veces el mayor nivel de frecuencia de la voz de 4000 Hz lo que equivale a 8000 muestras por segundo. Las amplitudes de las muestras son codificadas en forma binaria usando los bits

suficientes para mantener una relación señal a ruido alta. Para contar con calidad de reproducción la velocidad de transmisión digital requerida para señales de voz de 4 KHz trabaja con 8000 muestras por segundo y con 8 bits por muestra, es decir, 8000 x 8 = 64000 bps. La conversión de señales analógicas de voz a digitales se dan mediante el uso de codec acrónimo de codificador-decodificador. Los codec convierten la amplitud en valores binarios y utilizan como método de cuantización la ley-mu.

Dentro de sus ventajas PCM muestra una alta calidad, es lo suficientemente robusta para ser conmutada a través de la red pública sin experimentar degradaciones considerables y su implementación es sencilla.

1.3.4.1.2 Adaptative Diferential Pulse Code Modulation (ADPCM)

La Modulación Diferencial Adaptativa por Pulsos o ADPCM por sus siglas en inglés es uno de los más utilizados desde que se convirtió en un estándar internacional. Su uso se da principalmente en las redes con portadoras T para duplicar la capacidad de canales con el ancho de banda disponible de 24 a 48 canales pero, puede ser utilizado en enlaces microonda o satelitales sin problema. De igual manera, ADPCM puede utilizarse en redes celulares como las que se basan en el Sistema de teléfonos handy Personales (PHS por sus siglas en inglés) o en los Sistemas Personales de Comunicación de Aire (PACS por sus siglas en inglés); ambos sistemas utilizan la codificación de forma de onda ADPCM 32 Kbps que provee calidad de voz similar a las líneas terrestres. Este estándar ha demostrado tener un alto grado de tolerancia al efecto en cascada de los codificadores de voz (vocoders) como el que se experimenta cuando un suscriptor móvil llama a un sistema de correo de voz y el propietario del buzón de voz recupera el mensaje de un teléfono móvil. Con otras tecnologías móviles la calidad al reproducir una grabación es claramente menor que con PHS y PACS.

Los dispositivos ADPCM aceptan las 8000 muestras por segundo utilizadas por PCM pero, a través de un algoritmo especial reducen los 8 bits por muestra a palabras de 4 bits que dejan de representar muestras de amplitudes puesto que ahora estas palabras solo representan la diferencia entre muestras sucesivas. A través de este proceso se consigue que el dispositivo en el otro extremo de la

línea pueda reconstruir las amplitudes originales. Dentro de los dispositivos ADPCM se encuentra una circuitería como adaptive predictor que predice el valor de la próxima señal basándose solo en el nivel de la señal muestreada previamente. Debido a que la voz humana por lo general no cambia bruscamente entre intervalos de muestreo la precisión que tendrá la predicción puede ser elevada. Un lazo de realimentación usado por el predictor asegura que las variaciones de la voz generen mínimas desviaciones. Por este motivo, la elevada precisión en la predicción implica que la diferencia entre la señal predicha y la señal actual sea pequeña y por lo tanto pueda ser codificada solo con 4 bits en vez de los 8 utilizados por PCM. De darse el caso en que muestras sucesivas varíen ampliamente el algoritmo se modifica incrementando el rango representado por los 4 bits pero, en contraparte se tiene una disminución en la relación señal a ruido y en la precisión de la reproducción de la frecuencia de voz. En el otro extremo del enlace digital se encuentra otro dispositivo de compresión en el cual otro predictor ejecuta el proceso inverso, es decir, a este ingresa la señal producto de la predicción y aquí se reestablece el código original de 8 bits.

Al utilizar solo la mitad de bits para codificar una señal de voz se tiene que la capacidad de las transmisiones T1 podrá doblarse de los originales 24 canales a 48. ADPCM también tiene la capacidad de comprimir la voz a 16 kbps codificando las señales de voz con solo 2 bits, consiguiéndose 96 canales sobre un T1 sin experimentar reducciones tan pronunciadas en la calidad de la señal.

Las ventajas que ADPCM presenta la convierten en una de las técnicas mayormente utilizadas, algunas de estas ventajas incluyen: buena respuesta en ambientes multinodo donde la señal puede requerir compresión y descompresión en repetidas ocasiones antes de alcanzar su destino final; también, a diferencia de otros métodos de compresión ADPCM no distorsiona las características distintivas de la voz de una persona durante la transmisión.

1.3.4.1.3 Regular Excitation Long-Term Predictor (GSM RPE-LTP)

Este método es el utilizado por GSM y por lo tanto, en muchas referencias se lo denomina GSM. La entrada GSM está formada por 160 valores PCM con una codificación de 13 bits con signo y un slot de tiempo de 20 ms.

La función del codificador consiste en comprimir los 160 valores que entraron en un slot de 160 bits. El compresor por su parte utiliza dos filtros junto a una excitación inicial para modelar la voz; uno de los filtros de predicción lineal de corto plazo que es el inicio de la compresión y el fin de la descompresión se encarga del tracto vocálico y nasal asimismo, este filtro es excitado por la salida de otro filtro de predicción lineal de largo plazo que modifica su entrada o señal residual en una mezcla de onda glotal y ruido. Las 40 muestras de la señal residual de largo plazo se representan como una de las 4 subsecuencias opcionadas de 13 pulsos, la subsecuencia que se elige puede ser identificada por la posición M dentro de la matriz RPE que abarca las 4 opcionadas. La secuencia elegida es aquella que presenta la mayor energía lo que se determina mediante la suma cuadrática de sus valores. A través de un valor de 2 bits el decodificador conoce cuál fue la elección. Como consecuencia se tienen 13 muestras cada una de 3 bits, así como un factor de escala de 6 bits que se encarga de convertir la codificación PCM en APCM o PCM adaptativo, el mismo que puede adaptarse a la amplitud total variando el factor de escala.

El siguiente paso dentro de este proceso consiste en que el codificador alista su siguiente predicción a largo plazo mediante la actualización de su salida precedente o en otras palabras la señal residual de corto plazo que fue reconstruida. Finalmente para tener certeza que tanto el codificador como el decodificador están operando con la misma señal residual, el codificador se encarga de simular los pasos en que progresa el decodificador hasta un tiempo antes de que ocurra la etapa a corto plazo.

CAPÍTULO 2. DISEÑO DE LA RED WAN

2.1 INTRODUCCIÓN

Previo a la realización del diseño de la red WAN deben considerarse una serie de detalles que determinaran la tecnología y las especificaciones que ésta debe cumplir.

Dentro de los detalles a considerar el que tiene mayor preponderancia a la hora de elegir la tecnología es la ubicación geográfica que tienen los dos proyectos mineros ya que al situarse en zonas rurales y de difícil acceso debe buscarse la tecnología que permita la interconexión de la matriz de la Compañía situada en Quito con cada uno de los campamentos.

Asimismo, deben considerarse los servicios que serán transportados a través de la red WAN que se limitarán a la transmisión de la señal de Radio sobre IP entre los campamentos y la matriz así como acceso a Internet en los dos campamentos.

Las redes LAN en cada campamento están fuera del alcance del presente diseño, ya que el mismo se limitará a la interconexión de estos con la oficina matriz en Quito.

2.2 INSPECCIÓN DE LOS PROYECTOS

La compañía Wega Mining Ecuador S.A., trabaja en dos proyectos ubicados en la provincia de Zamora Chinchipe.

El primero de ellos se conoce como “Proyecto Nayumbe”, el mismo que abarca tres áreas concesionadas conocidas como:

- Nayumbe
- Nayumbe II
- Nayumbe bloque II

El otro proyecto llamado “Proyecto Yantzaza” está conformado por otras tres áreas en concesión:

- Margarita

- Charito
- Wintza

Cada uno de los proyectos cuenta con un campamento base donde se ubicarán los equipos de comunicación utilizados en el presente diseño.

El campamento del proyecto Nayumbe se encuentra localizado en las siguientes coordenadas:

- 78°36’ 48.6’’ W
- 4°10’ 40.54’’ S

Mientras, que las coordenadas del campamento ubicado en el proyecto Yantzaza son:

- 78°47’ 11.35’’ W
- 3°45’ 20.75’’ S

La ubicación física de los dos proyectos puede observarse en la figura 2.1.

Figura 2.1. Ubicación de los proyectos Nayumbe y Yantzaza

El personal de planta con que cuenta cada proyecto es de veinte personas durante el período de exploración mientras, que al realizarse las tareas de perforación el personal se incrementa a sesenta, ya que se deben abrir caminos, transportar alimentos y combustible así, como preparar y enviar las muestras obtenidas.

Cada proyecto está a cargo de un Ingeniero Jefe de Proyecto, quien debe reportar todas las novedades suscitadas durante la exploración, pero sobretodo en el período de perforación ya que esta operación es la más costosa y por lo tanto se debe evitar cualquier inconveniente que la retrase o suspenda. Para que los reportes puedan llegar a la oficina Matriz en Quito se hace necesario que además del transporte de Radio sobre IP entre los campamentos y Quito se cuente también con acceso a Internet en los dos campamentos.

2.3 MEDIO DE TRANSMISIÓN

Para la elección del medio de transmisión se consideró principalmente la ubicación de los dos campamentos ya que al estar situados en zonas rurales las posibilidades que se tienen son limitadas puesto que sólo se puede contar con enlaces microonda terrestres o satelitales. Sin embargo, considerando la distancia que existe entre cada uno de los campamentos respecto a la oficina Matriz en Quito de alrededor de 400 Km, la utilización de enlaces microonda terrestres no resulta práctica ya que existirían un sinnúmero de saltos y por lo tanto deberían solicitarse permisos en todas las propiedades privadas donde se decida instalar las torres junto a las antenas y equipos de transmisión y recepción; asimismo, no siempre se conseguiría línea de vista tan fácilmente para completar los enlaces. Debido a las complicaciones propias de la utilización de enlaces microonda terrestres se ha optado por la tecnología satelital para la implementación de los enlaces WAN del presente diseño.

Una vez que se determinó que el medio de transmisión sería a través de enlaces microonda satelitales, es necesario elegir la tecnología a utilizar considerando una serie de detalles que resultan determinantes en la elección.

Dentro de algunas de las tecnologías satelitales para transmisión de datos, voz y video disponibles en nuestro país se tienen la VSAT, la SCPC y la Direct IP que fueron explicadas en el primer capítulo de este documento.

Sin embargo, la VSAT por no brindar una capacidad adecuada para redes convergentes como la que se plantea, fue descartada. Asimismo, la tecnología SCPC al garantizar un ancho de banda dedicado, conlleva un costo económico elevado, que no se justificaría tomando en cuenta que los dos servicios, Radio sobre IP e Internet, serán utilizados casi exclusivamente durante el día y en un porcentaje mayor en los períodos de perforación. Por este motivo, tampoco se consideró ésta tecnología como la más adecuada para ser la elegida.

Es así, que después de descartar las dos tecnologías anteriores, se encontró que Direct IP es la tecnología que más se apega a los requerimientos que se tienen, puesto que la red será una red IP y la capacidad que se contrata aunque no tiene un carácter dedicado maneja el concepto de CIR (commited information rate) o tasa de información garantizada que es fundamental para la transmisión de Radio sobre IP mientras que el servicio de Internet puede utilizar la capacidad restante comprendida entre el CIR y el MIR (maximum information rate) o taza máxima de información.

Dado que la información cursará entre los campamentos y el Telepuerto, es necesario mencionar que ésta llegará a la oficina principal de Wega Mining en Quito a través del nodo más cercano de Global Crossing.

El retardo que se manejara es de alrededor de 250 ms ya que la comunicación será entre cada uno de los campamentos y la oficina en Quito, más no entre campamentos, lo que supondría un retardo del doble del valor citado, debido al doble salto satelital, ya que la señal emitida en uno de los campamentos para llegar al otro debería subir al satélite, bajar al Hub, volver a subir al satélite y finalmente bajar a la remota del otro campamento.

La planificación de una red en la que intervienen señales vocales de conversación debe apoyarse en las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones del Sector de Normalización de Telecomunicaciones o por sus siglas UIT-T. En el caso particular del diseño de esta red se utilizará la

Recomendación UIT-T G.114 cuyo título corresponde a: “Tiempo de Transmisión en un Sentido”, en la cual en resumen se habla sobre los efectos del retardo de extremo a extremo en un sentido o latencia, así como sobre un límite superior para el retardo de red en un sentido; en esta recomendación también se evalúan los efectos de los retardos inferiores a 500 ms en señales vocales utilizando una curva derivada del modelo E que es el método recomendado por el UIT-T para la planificación de la transmisión vocal de extremo a extremo, que se encuentra detallado en la Recomendación UIT-T G.107 cuyo título es : “El modelo E, un modelo informático para utilización en planificación de la transmisión”.

El modelo E describe un modelo informático en el cual el resultado más importante a obtener es el factor de determinación de índices R a partir del cual se pueden conseguir estimaciones sobre la calidad percibida por el cliente.

La recomendación UIT-T G.107, trae consigo el Código fuente del modelo E en BASIC, sin embargo es posible encontrar el programa en la dirección electrónica: http://www.itu-t.org/e-model/, el cual trae los valores por defecto de cada uno de los parámetros que intervienen en el modelo y permite cambiarlos según las necesidades del diseño, en este caso solo se variarán los parámetros respecto al retardo de extremo a extremo. Igualmente este programa calcula simultáneamente los valores del índice R así como del MOS equivalente.

Para $R < 0$: $MOS_{CQE} = 1$ (2.1)[41]

Para $0 < R > 100$: $MOS_{CQE} = 1 + 0.035R+R(R-60)(100-R)7*10^{-6}$ (2.2)

Para $R > 100$: $MOS_{CQE} = 4.5$ (2.3)

En la recomendación UIT-T G.114 se establece que el valor de retardo de extremo a extremo en un satélite geoestacionario que debe utilizarse para la planificación de una transmisión de voz es de 260 ms, por lo tanto este es el valor que se utilizará en el programa del modelo E.

En la figura 2.2 puede apreciarse el cálculo del índice R y del MOS mediante el programa del modelo E de la página web de la ITU-T.

[41] Las fórmulas 2.1 – 2.2 fueron tomadas de:
Recomendación UIT-T G.107, Anexo B, pp: 13,

E-Model (Version March 2005)				
Parameter	**ID**	**Default**	**Value**	**Dimension**
Electric Circuit Noise	Nc	(-70)	-70	dBm0p
Noise Floor	Nfor	(-64)	-64	dBmp
Room Noise (Send)	Ps	(35)	35	dB(A)
Room Noise (Receive)	Pr	(35)	35	dB(A)
Send Loudness Rating	SLR	(8)	8	dB
Receive Loudness Rating	RLR	(2)	2	dB
Sidetone Masking Rating	STMR	(15)	15	dB
D-factor (Receive)	Dr	(3)	3	
Listener's Sidetone Rating	LSTR	STMR+Dr	18	dB
D-factor (Send)	Ds	(3)	3	
Mean One-Way Delay	T	(0)	260	ms
Absolute Delay from (S) to (R)	Ta	(=T)	260	ms
Round-Trip Delay	Tr	(=2T)	520	ms
Talker Echo Loudness Rating	TELR	(65)	65	dB
Weighted Echo Path Loss	WEPL	(110)	110	dB
Quantizing Distortion Units	qdu	(1)	1	
Equipment Impairment Factor	Ie	(0)	0	
Packet-loss Robustness Factor	Bpl	(1)	1	
Packet-loss Probability	Ppl	(0)	0	%
Burst Ratio	BurstR	(1)	1	
Advantage Factor	A	(0)	0	
Results				
Calculated R-Factor	R	80.6	calculate	
Mean Opinion Score	MOS_{CQEn}	4.04	reset	

Figura 2.2. Cálculo del índice R y MOS mediante el modelo E [42]

A través de la fórmula 2.2 es posible verificar el valor de MOS para el índice R encontrado.

$MOS_{CQE} = 1 + 0.035(80.6)+(80.6)(80.6-60)(100-80.6)7*10^{-6}$

$MOS_{CQE} = 4.04$

En la tabla 2.1 puede encontrarse la relación entre el índice R, el MOS y la satisfacción del usuario.

[42] http://www.itu-t.org/e-model/

Valor *R* (límite inferior)	MOS_{CQE} (límite inferior)	GoB(%) (límite inferior)	PoW(%) (límite superior)	Satisfacción del usuario
90	4,34	97	-0	Muy Satisfecho
80	4,03	89	-0	Satisfecho
70	3,60	73	6	Algunos usuarios insatisfechos
60	3,10	50	17	Muchos usuarios insatisfechos
50	2,58	27	38	Casi todos los usuarios insatisfechos

Tabla 2.1. Relación de R, MOS y Satisfacción del usuario[43]

Como se observa en la tabla los resultados obtenidos con una latencia de 260 ms, son buenos ya que los usuarios estarán satisfechos con la calidad de la voz transmitida. Esta información puede ser corroborada con la figura 2.3 en la que se tiene los efectos del retardo absoluto mediante el modelo E.

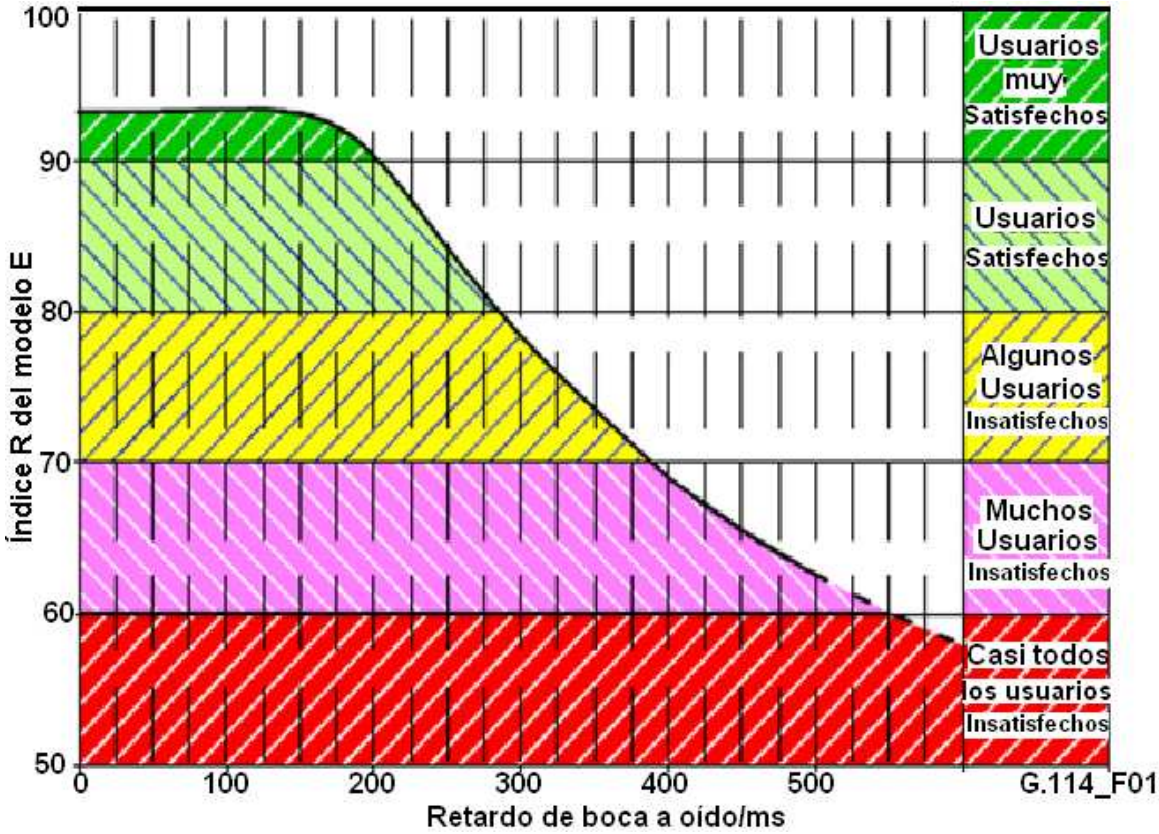


Figura 2.3. Determinación por el modelo E de los efectos del retardo absoluto[44]

[43] Recomendación UIT-T G.107, Anexo B, pp: 14.
[44] Recomendación UIT-T G.114, pp: 3.

2.4 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE DIRECT IP

El servicio satelital Direct IP que se utilizará en esta red WAN se caracteriza porque no es un servicio privado, es decir, que puede implementarse como los enlaces microondas terrestres en que las empresas afrontan los costos de los equipos, de la infraestructura y de los permisos por el uso del espectro al Estado ecuatoriano. En el caso de la tecnología Direct IP la capacidad así como la infraestructura debe ser contratado con una empresa proveedora de servicios satelitales, ya que Direct IP trabaja con un HUB ubicado en el Telepuerto desde el cual se envía la señal proveniente de la estación remota a la oficina matriz mediante alguna otra tecnología como fibra óptica o cobre.

Para la implementación de los enlaces Direct IP se ha decidido contratar este servicio con la empresa GLOBAL CROSSING COMUNICACIONES ECUADOR S.A. gracias a la relación laboral que se mantiene con dicha empresa y que ha proporcionado un claro conocimiento respecto a esta tecnología.

Entre las características principales que maneja esta tecnología están el que las estaciones remotas cuentan con una banda garantizada similar al CIR así como una banda límite o MIR tanto en inbound como outbound.

Asimismo, gracias a la experiencia con que cuenta Global Crossing en la prestación de servicio satelitales se ha podido establecer que del tráfico que presentan los clientes corporativos el throughput promedio está alrededor del 50% del MIR, que es un valor similar al CIR.

Gracias al desarrollo tecnológico que ha experimentado esta tecnología se cuenta en la actualidad con un servicio derivado del original, conocido como Direct IP – High Traffic en el cual la estación remota manejará un ancho de banda garantizado y según la simultaneidad y estadística de las otras estaciones será factible en ciertos momentos en que se lo requiera acceder a un ancho de banda superior con un valor fijado.

Como en el servicio VSAT, Direct IP – High Traffic esta constituido por la estación satelital remota y el sistema central conocido como HUB.

2.5 COMPONENTES DE DIRECT IP – HIGH TRAFFIC

Dentro de la estación satelital remota se tiene:

- Unidad Interna (IDU).

  Procesa la señal digital recibida a través del outbound o portadora generada desde el sistema central y la/s puerta/s para datos de usuario. De igual manera, procesa la señal de los datos de usuario desde la/s puerta/s preparándola para que sea transmitida a través del Inbound o portadora generada desde las remotas.

- Unidad Externa (ODU)

  Este equipo integra la electrónica de radiofrecuencia (RF), el amplificador de potencia de estado sólido (SSPA), el amplificador de recepción (LNB), los conversores de frecuencia (up/downconverters), la bocina cónica corrugada (feedhorn) y el acoplador ortomodo (OMT).

  Entre sus principales funciones están la conversión de frecuencia desde Banda L a la de trabajo del satélite y viceversa. De igual manera, la ODU amplifica la señal proveniente de la IDU a los niveles que requiere el sistema central en la transmisión así, como la señal del satélite, es decir, señal y ruido a niveles adecuados para que sean demodulados en la recepción.

- Antena parabólica

  Puede tener diferentes diámetros según el cálculo de enlace así como la banda de frecuencia utilizada aunque, por lo general van desde 1,8 M hasta 2.4 M. Las antenas son de fibra de vidrio reforzadas con un tipo especial de poliéster, que tiene la propiedad de ser impermeable al agua minimizando las atenuaciones.

En la estación Central se cuenta con:

- Subsistema de Uplink

  Se encarga de la multiplexación y transmisión del trafico IP de outbound, el cual posee formato estándar DVB-S. Los componentes de este subsistema son: el satellite gateway, los moduladores DVB y el equipo de redundancia de outroute.

- Subsistema de Timming

  Genera el sincronismo y provee el reloj de referencia para todo el sistema.

- Componentes de Downlink

  Hacen referencia a los inroutes, que se encuentran físicamente en tarjetas denominadas RCD (Return Channel Demodulator) y el procesador de las informaciones enviadas a través de los inroutes, conocido como DNCC (Direcway Network Control Cluster). Cada RCD puede contener entre 2 y 4 inroutes que pueden alcanzar velocidades de hasta 1.6Mbps o 819Kbps respectivamente, según la modulación, FEC y velocidad utilizada.

- IP Gateways

  Pueden definirse como las interfaces entre el HUB y el cliente, que normalmente se encuentra conectado a través de un backbone terrestre. Son servidores que manejan las direcciones IP, la transmisión de los paquetes, compresión y encriptación. Su capacidad de procesamiento, cantidad de clientes y aplicaciones varían según el modelo y recursos de IP Gateway utilizado.

- Elementos de Gerencia del Sistema

  El sistema Vision realiza las funciones de control, supervisión y configuración de los elementos de la red. Asimismo, el administrador de red puede crear varios niveles de autorización para acceso del operador. También, servidores de control de acceso condicional (CAC) son los responsables de generar los key necesarios para la encriptación y desencriptación de los paquetes IP.

2.6 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE DIRECT IP HIGH TRAFFIC

Para determinar la velocidad de este servicio, deben considerarse tres aspectos.

- La velocidad en la remota que varía en función del protocolo y la interface configurada en el puerto, teniendo hasta 100Mbps para la Ethernet LAN y valores entre 1200 y 64000 bps para protocolos seriales.

- La velocidad en el Sistema Central que se rige bajo los mismos parámetros que en la remota.

- La Velocidad de Transferencia o Throughput que depende de algunos elementos configurables y estadísticos dentro de los que se pueden mencionar: la velocidad de inbound y outbound, la cantidad de banda garantizada y limite configurada por remota, el porcentaje de ocupación de inbound y outbound, el tamaño del paquete de los datos de usuario, la frecuencia de transacciones, la cantidad de sesiones utilizadas y la prioridad asignada a cada aplicación y/o remota.

Los servicios Direct IP High Traffic, utilizan equipos Hughes de la línea DirecWay, los mismos que utilizan dos métodos de acceso: aloha para control y stream dinámico o F-TDMA para datos. Estos métodos son utilizados en uno o varios arreglos de inroutes en los cuales se tiene alrededor de 10% de inroutes de aloha y 90% de inroutes de stream.

Cualquier remota que se encuentra encendida pero sin cursar datos se encuentra en un estado denominado idle. Cuando requiere transferir datos la remota envía un request o solicitud de banda pasando al estado active y transmitiendo un doble mensaje sobre uno de los inroutes de aloha que se encuentra sincronizado para minimizar las colisiones, es decir, utiliza slotted aloha. El DNCC omitirá el segundo mensaje en el caso que reciba correctamente el primero. Este último método se denomina diversity aloha. “La eficiencia del inroute se duplica a un valor de alrededor de 36% por la utilización del slotted aloha comparado con el 18% de pure aloha, sin embargo a causa del diversity aloha, la eficiencia o throughput efectivo que se tiene es de18%”.[45]

Cuando la estación remota recibe una asignación de banda comienza a transmitir sobre un stream dinámico que se ajusta automáticamente en función del backlog de la remota, que podría definirse como la cantidad de información en el buffer de la remota. La eficiencia o throughput efectivo de estos inroutes puede llegar a ser superior al 85%.

El acceso al ancho de banda de cada estación remota está definido por dos parámetros tanto en inbound como en outbound.

[45] HURTADO Alfredo, Manual de Implementación Direct IP – High Traffic, pp: 5 - 6

El CIR determina la cantidad mínima de ancho de banda a la cual tendrá acceso la remota. Aún en situaciones de congestión o saturación de banda en el sistema satelital este parámetro será garantizado. Asimismo, cuando no sea utilizado estará disponible para que otras remotas lo utilicen.

El MIR por otra parte, define un límite en la cantidad de ancho de banda que la remota puede tomar y que podrá ser utilizada si se encuentra disponible en el sistema, o en otras palabras, en momentos en que no exista congestión.

En Direct IP High Traffic se encuentra la característica principal de SCPC, el ancho de banda garantizado y también la de los sistemas VSAT la ventaja del medio compartido. El sistema DirecWay es capaz de garantizar banda por remota en el inbound a través de la asignación de un “Partial IQoS” en la estación con lo que se establece un CIR. Como DNCC puede manejar hasta 255 IQoS, es posible asignar uno por estación High Traffic. No obstante, el MIR no puede configurarse para que tenga un valor superior al garantizado para la estación. Por otra parte, aunque en el outbound se puede configurar un límite de banda a través de un FAP, no es posible garantizar banda para la estación. Por estas limitantes, se necesita de un equipo que administre el ancho de banda tanto el límite que tendrá en inbound como la banda garantizada en outbound.

El equipo que se utiliza para solventar estas limitaciones, es el Allot 420, el cual permite configurar en cada estación remota un canal de control denominado PIPE, determinar el CIR y MIR en outbound destinado para la estación y el MIR en inbound. Asimismo, se pueden definir una serie de flujos de tráfico o Virtual Channels que se clasifican según su protocolo y aplicación principalmente; a estos flujos es posible asignarles una prioridad relativa conocida como pesos que vendrían a ser velocidades fijas que deben respetarse y que por lo general son útiles en aplicaciones sensibles al jitter o retardo como la voz.

2.7 MANEJO DE LA VOZ EN DIRECT IP HIGH TRAFFIC

En los sistemas típicos de VoIP, la utilización del ancho de banda no es tan crítica como la entrega garantizada de paquetes, es así que la plataforma Direct IP permite transportar el payload del paquete IP eficientemente. La voz es manejada con el protocolo H.323. Cada paquete de voz es encapsulado primero con una

cabecera RTP, seguida por las cabecera UDP e IP respectivamente. Si no se utilizara un procesamiento especial se tendría demasiado overhead, Sin embargo, para contrarrestar esta situación el sistema Direct IP realiza la compresión de las cabeceras RTP/UDP/IP para reducir el excesivo overhead y así incrementarla eficiencia del uso del ancho de banda satelital. Con esta medida se reducen las cabeceras en un paquete RTP de voz de 40 bytes a 7 bytes como se puede observar en la figura 2.4.

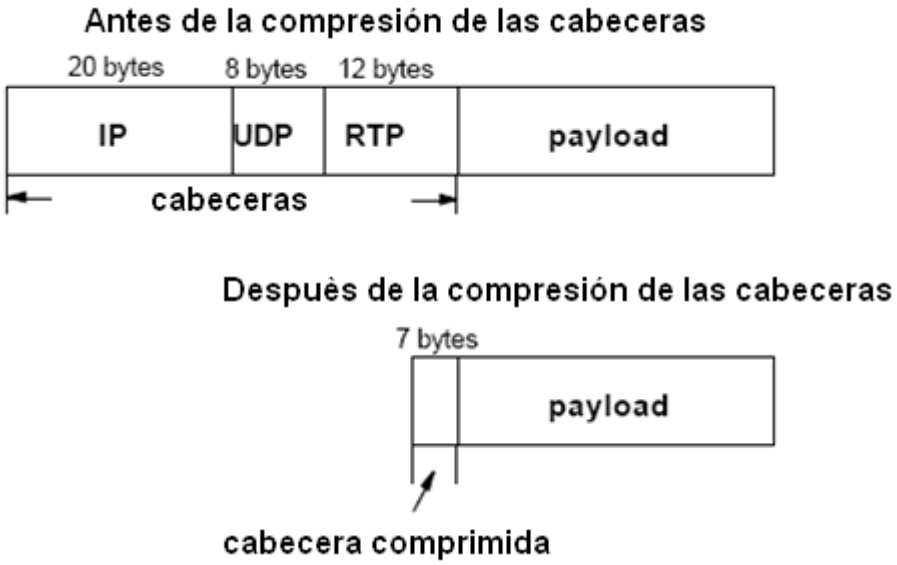


Figura 2.4. Compresión de las cabeceras en el paquete RTP de voz[46]

En una red de VoIP la voz no es tolerante al retardo de paquetes así como al jitter aunque, puede aceptar pérdida de paquetes siempre y cuando estos sean un mínimo porcentaje del total; todo esto al contrario de lo que sucede con los paquetes de datos. Direct IP da prioridad a los paquetes RTP de voz sobre los paquetes de datos, esto permite a la red transportar voz y datos simultáneamente sin degradación de la calidad de la voz

2.8 DIMENSIONAMIENTO DE LOS ENLACES

El dimensionamiento de los dos enlaces satelitales se realizará en base a los dos servicios principales que serán transportados a través de los mismos. Es así, que debe considerarse la capacidad requerida por el sistema de Radio sobre IP, así como por el servicio de Internet. La capacidad utilizada por el sistema de Radio

[46] VAP Technical Description, Direcway Hughes, pp: 7

sobre IP depende exclusivamente de un parámetro que debe configurarse en el Gateway RoIP, este parámetro es el método de compresión de voz que se utilizará y dado que los equipos satelitales Direcway de Hughes que se utilizarán en el diseño son compatibles con el estándar G.726, se ha optado por ADPCM 32 Kbps ya que es el método que más se adapta a las necesidades de este diseño puesto que ofrece la mejor calidad de voz debido a su baja compresión y porque este códec es aceptado y utilizado en transmisiones inalámbricas. Dado que la transmisión de voz será half-duplex entonces se necesitarán aproximadamente 32 Kbps de ancho de banda tanto en inroute como en outroute del satélite para no tener problemas en la transmisión. En el servicio de Internet por otra parte, dado que su uso será casi exclusivo del Ingeniero Jefe de Proyecto y que la aplicación más utilizada e indispensable será el correo electrónico entonces la capacidad contratada no necesita ser muy alta y tendrá un carácter asimétrico ya que no se utilizarán aplicaciones de video o voz sobre el Internet. El servicio Direct IP facilita la conexión entre dos puntos remotos sobre protocolo IP nativo presentando distintas características de velocidad como puede apreciarse en la tabla 2.2:

Velocidad Pico		**Simetría**		
		1:4	1:2	1:1
64k	In	16	32	64
	Out	64	64	64
128k	In	32	64	128
	Out	128	128	128
256k	In	64	128	256
	Out	256	256	256
512k	In	128	256	512
	Out	512	512	512

Tabla 2.2. Velocidades y Simetría de Direct IP[47]

Cada remota cuenta con un ancho de banda asegurado para su funcionamiento lo cual asegura tiempo de respuesta de las aplicaciones constante. Este ancho de banda asegurado se muestra en la tabla 2.3:

[47] HURTADO Alfredo, Manual de Implementación Direct IP – High Traffic, pp: 8

Ancho de Banda Asegurado (CIR)		Simetría		
		1:4	1:2	1:1
64k	In out	NO	NO	50%
128k	In out	NO	50%	50%
256k	In out	40%	40%	40%
512k	In out	40%	40%	40%

Tabla 2.3. Ancho de Banda Asegurado Porcentual[48]

Lo anterior, llevado a valores en kbps quedaría representado de la siguiente manera según se puede observar en la tabla 2.4.

Ancho de Banda Asegurado (CIR)		Simetría		
		1:4	1:2	1:1
64k	In out	NO	NO	32 32
128k	In out	NO	32 64	64 64
256k	In out	25.6 102.4	51.2 102.4	102.4 102.4
512k	In out	51.2 204.8	102.4 204.8	204.8 204.8

Tabla 2.4. Ancho de Banda Asegurado[49]

Sin embargo, debe considerarse otro factor trascendental a la hora de elegir el ancho de banda y la simetría: la tasa de lluvias en milímetros por año que podría afectar la disponibilidad y confiabilidad del sistema. Es por esto que existen ciertas limitantes en los servicios a los que se pueden acceder según el área geográfica en que se localizará la remota.

[48] HURTADO Alfredo, Manual de Implementación Direct IP – High Traffic, pp: 58
[49] HURTADO Alfredo, Manual de Implementación Direct IP – High Traffic, pp: 9

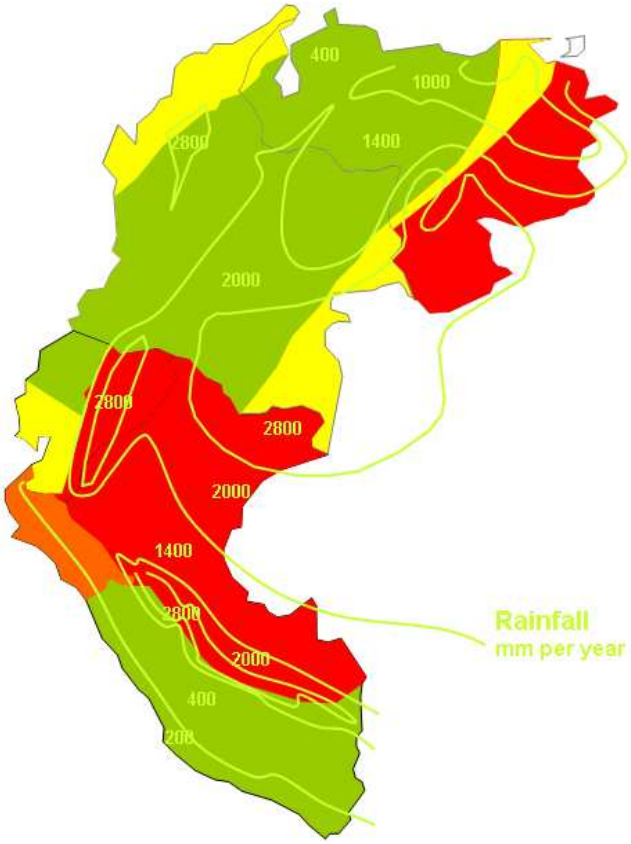


Figura 2.5. Intensidad de lluvia en el área de servicio satelital [50]

Una vez delimitadas las zonas geográficas, es posible determinar los servicios que se encuentran disponibles en cada una de estas; para los casos en que se requiera el servicio de video conferencia se puede contar con el Paquete 70 que permite un 70% de CIR para ciertas velocidades de acceso. Si se tiene una video conferencia con velocidad de 128kbps, solo podrán utilizarse velocidades de acceso de 256kbps con asimetría 1:1 y 512kbps con asimetrías de 1:1 y 1:2. En la tabla 2.5 se pueden encontrar los servicios a los que se puede acceder por zona geográfica.

Velocidad de Acceso	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D
64Kbps	P50(1:1)	P50(1:1)	P50(1:1)	P50(1:1)
128Kbps	P50(1:1/1:2)	P50(1:1/1:2)	P50(1:1/1:2)	P50(1:1/1:2)
256Kbps	P40(1:1/1:2/1:4) P70(1:1)	P40(1:1/1:2/1:4)	P40(1:1/1:2/1:4)	P40(1:2/1:4)
512Kbps	P40(1:1/1:2/1:4)	P40(1:2/1:4)	P40(1:2/1:4)	X

Tabla 2.5. Servicios disponibles por zona geográfica[51]

[50] HURTADO Alfredo, Manual de Implementación Direct IP – High Traffic, pp: 28

En esta tecnología, dentro del CIR preestablecido se contemplan el tráfico de tiempo real asignado así, como el resto del tráfico de mayor criticidad. Dentro del mismo CIR se maneja una distribución porcentual por flujo o clase de tráfico según la presencia o no de tráfico de VoIP y que a su vez deberá ser configurado en el IQoS.

Para los casos en los cuales existan uno o varios canales de VoIP, el porcentaje de distribución que será aplicado es el mostrado en la tabla 2.6. para la banda restante después de realizar CIR – VoIP incluyendo el overhead.

Clases de Servicio	**Asimetría**			**IQoS**
	1:4	1:2	1:1	
Tiempo Real	VoIP o Delay Sensitive			P0
Crítica	50%			P1
Prioritaria	30%			P2
Estándar	20%			P3

Tabla 2.6. Porcentaje de Distribución para la banda CIR-VoIP[52]

El servicio Direct IP High Traffic utiliza varios elementos para establecer las diferentes prioridades:

- **Seleccionador de reglas:** permite establecer, seleccionar e identificar hasta 16 aplicaciones o flujos sobre 4 diferentes colas utilizando diversos parámetros como valor DSCP, direcciones IP destino y/o origen y número de puerta TCP. Para estos flujos se podrá seleccionar entre diferentes parámetros y opciones de spoofing.

- **Profile de inroute:** debe asignarse a cada remota puesto que permite definir y controlar la priorización de tráfico dentro del “Partial IQoS”. En este profile cada cola sobre la cual fueron identificados y seleccionados diferentes flujos se priorizan a través de valores mínimos porcentuales y máximos.

  Igualmente, es posible seleccionar y establecer prioridades para tráfico UDP, RTP, ICMP e IP sin spoofing, pudiéndose inclusive mudar el valor DSCP de este último.

[51] HURTADO Alfredo, Manual de Implementación Direct IP – High Traffic, pp: 29
[52] HURTADO Alfredo, Manual de Implementación Direct IP – High Traffic, pp: 11

- **Banda interactiva**: este último permite asignar una cantidad de bytes o slots por frame para aplicaciones que estén seleccionadas en la cola de prioridad más alta (P0). Aplicaciones que requieren un ancho de banda constante con mínimo jitter ya sean VoIP con equipos de terceros, video, aplicaciones sensitivas al delay, etc. utilizan esta configuración.

Es importante destacar que existe un overhead inherente al inroute denominado Return Channel Overhead y al tamaño del slot que varían según el FEC utilizado y que inciden directamente en el ancho de banda que debe definirse en la fila P0 que contiene la banda interactiva. Es así que estos valores pueden apreciarse en la tabla 2.7.

FEC	Return Channel Overhead	Slot size
1/2	5 bytes	9 bytes
2/3	9 bytes	20 bytes

Tabla 2.7. Overhead en función del FEC[53]

En base a los datos de la tabla 2.7. se entiende que el ancho de banda de P0 asignado será siempre mayor al valor disponible en la banda interactiva para uno o varias aplicaciones de datos, voz o video debido al Return Channel Overhead y el slot size.

Una vez establecidos todos los parámetros que deben ser considerados en la elección tanto del ancho de banda como de la simetría que se debe contratar es necesario encontrar la alternativa que mejor se adapte a las necesidades de este diseño.

Dado que el enlace con el HUB utiliza un FEC 2/3, la frecuencia de frames es de 45 ms y tomando en cuenta que existen 8 frames dentro de la estructura del SuperFrame (SF) del Inroute, se debe realizar el calculo mediante la fórmula 2.4.

Bytes = throughput (bps) * t / n frames (2.4) [54]

Aplicando la fórmula se tiene que:

32000 bps * 0.045 seg / 8 frames = 180 bytes

[53] HURTADO Alfredo, Manual de Implementación Direct IP – High Traffic, pp: 14

[54] Las ecuaciones 2.4 – 2.5 fueron tomadas de:
HURTADO Alfredo, Manual de Implementación Direct IP – High Traffic, pp: 14

Para dimensionar P0 deben considerarse los valores del Return Channel Overhead y el Slot Size.

180 bytes + 9 bytes(Return Channel OH FEC 2/3) + 20 bytes(slot size)= 209 bytes

209, debe aproximarse a un múltiplo de 20, es decir, a 220 bytes y se despeja de la fórmula 2.4. el throughput teniendo que:

Throughput(bps) = bytes * n frames / t (2.5)

Al reemplazar los valores en la fórmula 2.5. encontramos el throughput que utilizará P0.

220 * 8 frames / 0.045 seg = 39.11 Kbps

Una vez determinado el throughput que utilizará la aplicación de Radio sobre IP es posible determinar que la opción disponible en la zona geográfica D que más se acerca a los requerimientos propios de este diseño es el P40 de 256 Kbps con simetría 1:2 ya que nos brinda un ancho de banda asegurado de subida de 51.2 Kbps así, como 102.4 Kbps de bajada.

De estos valores es necesario diferenciar los que se utilizarán para la aplicación del servicio de Radio sobre IP así, como los destinados para el servicio de Internet teniendo que:

Radio sobre IP inbound: 39.11 Kbps

Radio sobre IP outbound: 39.11 Kbps

Internet inbound: 12.09 Kbps

Internet outbound: 63.29 Kbps

Sin embargo, cabe mencionar el hecho de que estos son los valores CIR o garantizados por lo que en los casos en que exista disponibilidad de ancho de banda en el medio compartido se podrá contar con una mayor capacidad, que tendría picos de 88.89 Kbps en el Inbound de Internet y 216.89 Kbps en el Outbound de Internet

2.9 CÁLCULOS DEL ENLACE EN EL PROYECTO NAYUMBE Y YANTZAZA

En vista de que los enlaces satelitales serán contratados al proveedor Global Crossing y que está probada su operatividad, estos tan solo se limitarán al cálculo del ángulo de elevación, del ángulo de azimuth y a la distancia al satélite que son

datos exclusivos de cada enlace. Asimismo, se presentará la información principal del satélite, de la antena y de la portadora.

Es importante mencionarse que debido a la robustez frente a la atenuación por lluvia que presenta la banda C los enlaces utilizarán esta banda ya que la provincia de Zamora Chinchipe presenta un elevado índice de lluvias durante todo el año.

Por ubicarse en esta zona geográfica existen dos parámetros a los que debe regirse el diseño: la antena utilizada tendrá un diámetro de 1.8 m mientras, que la potencia de salida será de 2 W.

Los equipos que se utilizarán en el enlace son:

- Antena Prodelin parabólica Series 1184, 1.8 m de diámetro.
- Cabeza de RF Tigris, 2 W.
- LNB Norsat DRO 8000
- DIU HX-50.

Las características técnicas de los equipos se indican en el Anexo 1.

2.9.1 ENLACE DEL PROYECTO NAYUMBE

DATOS

Satélite:	NSS10 transponder 24
Posición:	37º W
Longitud Estación Terrena:	78°36’ 48.6’’ W
Latitud Estación Terrena:	4°10’ 40.54’’ S
Altura Sobre el Nivel del Mar:	1155 msnm

En la tabla 2.8 se muestran las características de transmisión de la antena de la estación terrestre.

Diámetro (m)	G_{Tx} (dBi)	G_{Rx} (dBi)	T_{Ruido} (ºK)
1.8	39.5 dBi	35.5	46

Tabla 2.8. Características de la antena

En la tabla 2.9 se muestran los datos del satélite necesarios para los cálculos sin embargo, la información completa del satélite se encuentra en el Anexo 2.

Frecuencia Ascendente (F_{TX})	6396.24 MHz
Frecuencia Descendente (F_{RX})	4171.24 MHz
Potencia Isotrópica Radiada Efectivamente ($PIRE_{satu-sat}$)	44 dB_m
Densidad de Flujo de Saturación del Satélite (DFS)	-101 dBW/m^2
Figura de mérito del Satélite $(G/T)_{SAT}$	2 dBi/ºK
Atenuador de posición (ATP)	25 dB
Back – off de entrada (BOi)	6 dB
Back – off de salida (BOo)	4.5 dB
Ancho de Banda del Transponder (AB_{TP})	36 MHz
Altura del Satélite en la órbita geoestacionaria (H)	35789 Km
Radio Medio de la Tierra (Re)	6378 Km
Constante de Boltzmann K	$1.38X10^{-23}$ J/ºK
Pérdidas por absorción atmosférica y por error de apuntamiento (L´)	1.5 dB
Pérdida del sistema de Guías de Onda L_{go}	1.3 dB
Polarización Transmisión Satélite	Vertical
Polarización Recepción Satélite	Horizontal

Tabla 2.9. Datos del satélite

Para encontrar el ancho de banda que utilizará la portadora, se debe utilizar la fórmula 2.6.

AB_{PORT} = DataRate*(1/ModulatorFactor)*(1/FEC)*AllocationFactor (2.6)[55]

Siendo:

AB_{PORT}: Ancho de banda redondeado al múltiplo más cercano de 25Khz

DataRate: Velocidad de información en Kbits/seg.

Modulator Factor:

- 1 para BPSK
- 2 para QPSK
- 3 para 8PSK
- 4 para 16QAM

FEC: 1/2, 2/3, 3/4 o 7/8 según se configure

AllocationFactor: Factor de separación de las portadoras (de 1.2 a 1.5)

Dado que la velocidad de transmisión que se utilizará es la correspondiente al CIR, el valor que se utilizará para los cálculos será de 51.2 Kbps para el enlace de subida y 102.4 Kbps para el de bajada.

[55] ANILLO, Javier, Servicios Satelitales Impsat, pp: 39

La modulación utilizada en las estaciones terrenas así como en el HUB es la 8PSK, por lo que el Modulator Factor será 3.

Finalmente, el FEC utilizado en los sistemas Direct IP High Traffic es 2/3, mientras que el allocation factor 1.2.

Reemplazando estos valores en la fórmula 2.6 se tiene:

$AB_{PORT/UP \approx 25\ KHz}$ = 51.2*(1/3)*(1/(2/3))*1.2

$AB_{PORT/UP \approx 25\ KHz}$ = 30.72 KHz

$AB_{PORT/UP \approx 25\ KHz}$ = 50 KHz

$AB_{PORT/DOWN \approx 25\ KHz}$ = 102.4*(1/3)*(1/(2/3)*1.2

$AB_{PORT/DOWN \approx 25\ KHz}$ = 61.44 KHz

$AB_{PORT/DOWN \approx 25\ KHz}$ = 75 KHz

En la tabla 2.10 se muestran las características de la portadora.

Modulación	8PSK
FEC	2/3
Ancho de Banda de la portadora **($AB_{PORT/UP}$)** **($AB_{PORT/DOWN}$)**	 50 KHz 75 KHz
Velocidad de Transmisión **($V_{TX/UP}$)** **($V_{TX/DOWN}$)**	 51.2Kbps 102.4 Kbps
Tipo de Acceso	TDMA

Tabla 2.10. Características de la portadora

2.9.1.1 Cálculo del Ángulo de Elevación

Partiendo de la ecuación:

$$E_{T/R} = \tan^{-1}\left(\frac{r - \mathrm{Re}\cdot\cos\theta_2\cdot\cos|\theta_S - \theta_1|}{\mathrm{Re}\cdot sen\left[\cos^{-1}(\cos\theta_2\cdot\cos|\theta_S - \theta_1|)\right]}\right) - \cos^{-1}\left(\cos\theta_2\cdot\cos|\theta_S - \theta_1|\right) \quad (2.7)$$ [56]

Donde:

T/R : Subíndice que denota al transmisor o receptor (en todas las ecuaciones)

θ_S : Posición del satélite = 37º W

θ_1 : Longitud de la E/T = 78º 36’ 48.6’’ W ó 78.6135º W

θ_2 : Latitud de la E/T = 4º 10’ 40.54’’ S ó 4.1779º S

[56] Las ecuaciones 2.7 – 2.31 fueron tomadas de:
TOMASI, Wayne, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Prentice Hall. Cuarta edición, pp: 801 – 803, 815 – 830

r : Distancia del centro de la Tierra al satélite = 42164 Km

Re : Radio medio de la Tierra = 6378 km

Sustituyendo valores en 2.7, se tiene que:

$$E_{T/R} = \tan^{-1}\left(\frac{(42164\times10^3) - [(6378\times10^3)\cdot\cos(4.1779)\cdot\cos|37-78.6135|}{6378\times10^3\cdot sen\left[Cos^{-1}(\cos(4.1779)\cdot\cos|37-78.6135|)\right]}\right) - \cos^{-1}\left(\cos(4.1779)\cdot\cos|37-78.6135|\right)$$

$$E_{T/R} = \tan^{-1}\left(\frac{(42164\times10^3) - [(6378\times10^3)\cdot(0.9973)\cdot(0.7476)}{6378\times10^3\cdot sen\left[\cos^{-1}(0.9973\cdot0.7476)\right]}\right) - \left[\cos^{-1}(0.7455)\right]$$

$$E_{T/R} = \tan^{-1}\left(\frac{(42164\times10^3) - [4755318.6794]}{6378\times10^3\cdot sen[41.7909]}\right) - 41.7909$$

$$E_{T/R} = \tan^{-1}\left(\frac{37408681.3206}{4250388.88518}\right) - [41.7909] = \tan^{-1}(8.8012) - (41.7909)$$

$$E_{T/R} = 41.7269^{o}$$

2.9.1.2 Cálculo del Ángulo de Azimut

Se tiene la ecuación:

$$A_{T/R} = 180 + \tan^{-1}\left(\frac{\tan(\theta_s - \theta_1)}{Cos\,\theta_2}\right) \qquad (2.8)$$

Sustituyendo valores en 2.8:

$$A_{T/R} = 180° + \tan^{-1}\left(\frac{\tan(37° - 78.6135°)}{Cos(4.1779°)}\right) = 180° + \tan^{-1}\left(\frac{-0.8882}{0.9973}\right) = 180° - 41.6884°$$

$$A_{T/R} = 138.3116^{o}$$

Con los valores del ángulo de elevación y azimut, puede realizarse el apuntamiento de la antena.

2.9.1.3 Cálculo de la Distancia al Satélite

La distancia se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$d_{T/R} = \sqrt{\left((\mathrm{Re}+H)^2 + \mathrm{Re}^2 - 2\,\mathrm{Re}(\mathrm{Re}+H)\cdot Sen\left[E_{T/R} + Sen^{-1}\left(\frac{\mathrm{Re}}{\mathrm{Re}+H}\right)CosE_{T/R}\right]\right)} \qquad (2.9)$$

Donde:

T/R = Subíndice que denota al transmisor o receptor

H = 35789 Km

Re = 6378 Km

$E_{T/R}$ = 41.7269 °

Por lo que sustituyendo valores en 2.9, se tiene:

$$d_{T/R} = \sqrt{\left((6378+35789)^2 + (6378)^2 - 2(6378)(6378+35789) \cdot Sen\left[(41.7269) + Sen^{-1}\left(\frac{6378}{6378+35789} \right) \cdot Cos(41.7269) \right] \right)}$$

$$d_{T/R} = \sqrt{\left((42167)^2 + (6378)^2 - 2(6378)(42167) \cdot Sen\left[(41.7269) + Sen^{-1}(0.151255) \cdot Cos(41.7269) \right] \right)}$$

$$d_{T/R} = \sqrt{(1778.0558 \times 10^6) + (40.6788 \times 10^6) - (12756) \cdot (42167) \cdot sen[(41.7269) + (8.6996 \text{ x } 0.7463]}$$

$$d_{T/R} = \sqrt{1818.7346 \times 10^6 - [537.8822 \times 10^6 \cdot sen[48.2194]]}$$

$$d_{T/R} = \sqrt{1818.7346 \times 10^6 - 401.0996 \times 10^6} = \sqrt{1417.635 \times 10^6}$$

$$d_{T/R} = 37651.4934 \text{ Km}$$

A partir de la distancia de la estación a la satélite, puede encontrarse el retardo por transmisión de la estación al satélite según la ecuación 2.10.

$$R_T = \frac{d}{c} \qquad (2.10)$$

d : Distancia al satélite

c : Velocidad de la luz

$$R_T = \frac{37651493.4}{3*10^8}$$

$$R_T = 125.5 \text{ ms}$$

El retardo entre las dos estaciones terrestres será igual al doble del valor encontrado ya que la señal primero debe subir al satélite y luego bajar a su destino, en este caso el retardo total será:

$$R = 251 \text{ ms}$$

2.9.2 ENLACE DEL PROYECTO YANTZAZA

DATOS

Satélite:	NSS10 transponder 24
Posición:	37º W
Longitud Estación Terrena:	78° 47’ 11.35’’ W
Latitud Estación Terrena:	3° 45’ 20.75’’ S
Altura Sobre el Nivel del Mar:	1052 msnm

En la tabla 2.11 se muestran las características de transmisión de la antena de la estación terrestre.

Diámetro (m)	G_{Tx} (dBi)	G_{Rx} (dBi)	T_{Ruido} (ºK)
1.8	39.5 dBi	35.5	46

Tabla 2.11. Características de la antena

En la tabla 2.12 se encuentran los datos del satélite necesarios para los cálculos, la información completa respecto al satélite se puede encontrar en el Anexo 2.

Frecuencia Ascendente (F_{TX})	6397.59 MHz
Frecuencia Descendente (F_{RX})	4172.59 MHz
Potencia Isotrópica Radiada Efectivamente ($PIRE_{satu-sat}$)	44 dB_m
Densidad de Flujo de Saturación del Satélite (DFS)	-101 dBW/m^2
Figura de mérito del Satélite $(G/T)_{SAT}$	2 dBi/ºK
Atenuador de posición (ATP)	25 dB
Back – off de entrada (BOi)	6 dB
Back – off de salida (BOo)	4.5 dB
Ancho de Banda del Transponder (AB_{TP})	36 MHz
Altura del Satélite en la órbita geoestacionaria (H)	35789 Km
Radio Medio de la Tierra (Re)	6378 Km
Constante de Boltzmann K	$1.38X10^{-23}$ J/ºK
Pérdidas por absorción atmosférica y por error de apuntamiento (L´)	1.5 dB
Pérdida del sistema de Guías de Onda L_{go}	1.3 dB
Polarización Transmisión Satélite	Vertical
Polarización Recepción Satélite	Horizontal

Tabla 2.12. Datos del satélite

Para encontrar el ancho de banda que utilizará la portadora, se debe utilizar la fórmula 2.6. Pero dado que los valores son los mismos que los usados en el enlace del proyecto Nayumbe, los anchos de banda de la portadora tanto en subida como en bajada serán los mismos:

$AB_{PORT/UP \approx 25\ KHz}$ = 50 KHz

$AB_{PORT/DOWN \approx 25\ KHz}$ = 75 KHz

En la tabla 2.13 se aprecian las características de la portadora.

Modulación	8PSK
FEC	2/3
Ancho de Banda de la portadora **($AB_{PORT/UP}$)** **($AB_{PORT/DOWN}$)**	50 KHz 75 KHz
Velocidad de Transmisión **($V_{TX/UP}$)** **($V_{TX/DOWN}$)**	51.2Kbps 102.4 Kbps
Tipo de Acceso	TDMA

Tabla 2.13. Características de la portadora

2.9.2.1 Cálculo del Ángulo de Elevación

Para determinar el ángulo de elevación utilizamos la ecuación 2.7 cuyos parámetros son:

θ_S : Posición del satélite = 37º W

θ_1 : Longitud de la E/T = 78º 47' 11.35'' W ó 78.7864º W

θ_2 : Latitud de la E/T = 3º 45' 20.75'' S ó 3.7557º S

r : Distancia del centro de la Tierra al satélite = 42164 Km

Re : Radio medio de la Tierra = 6378 km

Reemplazando estos valores en la ecuación 2.4, se tiene que:

$$E_{T/R} = \tan^{-1}\left(\frac{(42164\times10^3) - [(6378\times10^3)\cdot\cos(3.7557)\cdot\cos|37-78.7864|}{6378\times10^3\cdot sen\left[Cos^{-1}(\cos(3.7557)\cdot\cos|37-78.7864|)\right]}\right) - \cos^{-1}\left(\cos(3.7557)\cdot\cos|37-78.7864|\right)$$

$$E_{T/R} = \tan^{-1}\left(\frac{(42164\times10^3) - [(6378\times10^3)\cdot(0.9978)\cdot(0.7456)}{6378\times10^3\cdot sen\left[\cos^{-1}(0.9978\cdot0.7456)\right]}\right) - \left[\cos^{-1}(0.7439)\right]$$

$$E_{T/R} = \tan^{-1}\left(\frac{(42164\times10^3) - [4744974.83904]}{6378\times10^3\cdot sen[41.9301]}\right) - 41.9301$$

$$E_{T/R} = \tan^{-1}\left(\frac{37419025{,}161}{4261929.3744}\right) - [41.9301] = \tan^{-1}(8.7798) - (41.9301)$$

$$E_{T/R} = 41.5720^{o}$$

2.9.2.2 Cálculo del Ángulo de Azimut

Para determinar el ángulo de Azimut se deben reemplazar los valores de la estación del proyecto Yantzaza en la ecuación 2.8:

$$A_{T/R} = 180° + \tan^{-1}\left(\frac{\tan(37° - 78.7864°)}{Cos(3.7557°)}\right) = 180° + \tan^{-1}\left(\frac{-0.8936}{0.9978}\right) = 180° - 41.8466°$$

$$A_{T/R} = 138.1534^{o}$$

Al igual que para el proyecto Nayumbe, tanto el ángulo de azimut como el de elevación tienen trascendencia puesto que permitirán apuntar la antena.

2.9.2.3 Cálculo de la Distancia al Satélite

La distancia al satélite se encuentra reemplazando los parámetros de la estación en la ecuación 2.9:

H = 35789 Km

Re = 6378 Km

$E_{T/R}$ = 41.5720 °

Por lo que sustituyendo valores en 2.9, se tiene:

$$d_{T/R} = \sqrt{\left((6378+35789)^2 + (6378)^2 - 2(6378)(6378+35789)\cdot Sen\left[(41.5720) + Sen^{-1}\left(\frac{6378}{6378+35789}\right)\cdot Cos(41.5720)\right]\right)}$$

$$d_{T/R} = \sqrt{\left((42167)^2 + (6378)^2 - 2(6378)(42167)\cdot Sen\left[(41.5720) + Sen^{-1}(0.151255)\cdot Cos(41.5720)\right]\right)}$$

$$d_{T/R} = \sqrt{(1778.0558\times10^6) + (40.6788\times10^6) - (12756)\cdot(42167)\cdot sen[(41.5720) + (8.6996 \text{ x } 0.7481]}$$

$$d_{T/R} = \sqrt{1818.7346\times10^6 - [537.8822\times10^6 \cdot sen[48.08017]]}$$

$$d_{T/R} = \sqrt{1818.7346\times10^6 - 400.2275\times10^6} = \sqrt{1418.5070\times10^6}$$

$$d_{T/R} = 37663.0723\,\text{Km}$$

Reemplazando valores en la ecuación 2.10 podemos encontrar el retardo entre la estación y el satélite:

$$R_T = \frac{37663072.3}{3*10^8}$$

$$R_T = 125.54\,\text{ms}$$

No obstante, el retardo entre estaciones terrestres corresponderá al doble de este valor, teniendo:

$$R = 251.08\,\text{ms}$$

2.10 CONFIGURACIÓN EN LAS IDUs HX-50

Las DIUs HX-50, pueden configurarse fácilmente a través de una sesión telnet o mediante el browser, en la DIU de cada remota deben configurarse los parámetros principales del satélite, de la estación, y del sistema Direct IP High Traffic.

En vista de que las IDUs HX-50 poseen dos interfaces LAN, una será utilizada para conectar el Gateway de RoIP, mientras que la otra ira conectada al equipo terminal que utilizará el servicio de Internet.

Direccionamiento IP

Nayumbe

RoIP=	10.100.0.0	255.255.255.252
Internet=	10.100.1.0	255.255.255.252

Yantzaza

RoIP=	10.200.0.0	255.255.255.252
Internet=	10.200.1.0	255.255.255.252

2.10.2 PROYECTO NAYUMBE

```
==========================================================
Parameter                                  Value entered
-------------------------------------      -------------
VSAT Return Path:                          Inroute
Satellite Longitude in degrees:            37
Satellite Hemisphere:                      West
VSAT Longitude in degrees:                 78
VSAT Longitude in minutes:                 36
VSAT Longitude Hemisphere:                 West
VSAT Latitude in degrees:                  4
VSAT Latitude in minutes:                  10
VSAT Latitude Hemisphere:                  South
Satellite Channel Frequency:               9850  (x 100Khz)
Receive Symbol Rate:                       4900000  Sps
Receive Polarization:                      Vertical
Transmit Polarization:                     Horizontal
LNB 22KHz Switch:                          Off
DVB Mode:                                  DVB-S2-CCM
Frequency Band / Modulation:               C  / 8-PSK
DVB Program Num for User Data:             20500
DVB Program Num for DNCC Data:             40000
LAN1 IP Address:                           10.100.0.0
LAN1 Subnet Mask:                          255.255.255.248
LAN2 IP Address:                           10.100.1.0
LAN2 Subnet Mask:                          255.255.255.248
IP Gateway IP Address:                     192.168.12.100
SDL Control Channel Multicast Address:     224.0.1.6
VSAT Management IP Address:                172.20.32.45

Main Menu (<?/CR> for options): _
```

2.10.2 PROYECTO YANTZAZA

```
==========================================================
Parameter                                   Value entered
-----------------------------------------   -------------
VSAT Return Path:                           Inroute
Satellite Longitude in degrees:             37
Satellite Hemisphere:                       West
VSAT Longitude in degrees:                  78
VSAT Longitude in minutes:                  47
VSAT Longitude Hemisphere:                  West
VSAT Latitude in degrees:                   3
VSAT Latitude in minutes:                   45
VSAT Latitude Hemisphere:                   South
Satellite Channel Frequency:                9850  (x 100Khz)
Receive Symbol Rate:                        4900000  Sps
Receive Polarization:                       Vertical
Transmit Polarization:                      Horizontal
LNB 22KHz Switch:                           Off
DVB Mode:                                   DVB-S2-CCM
Frequency Band / Modulation:                C  / 8-PSK
DVB Program Num for User Data:              20500
DVB Program Num for DNCC Data:              40000
LAN1 IP Address:                            10.200.0.0
LAN1 Subnet Mask:                           255.255.255.248
LAN2 IP Address:                            10.200.1.0
LAN2 Subnet Mask:                           255.255.255.248
IP Gateway IP Address:                      192.168.12.100
SDL Control Channel Multicast Address:      224.0.1.6
VSAT Management IP Address:                 172.20.32.12

Main Menu (<?/CR> for options):
```

2.11 ESQUEMA DEL SISTEMA A IMPLEMENTAR

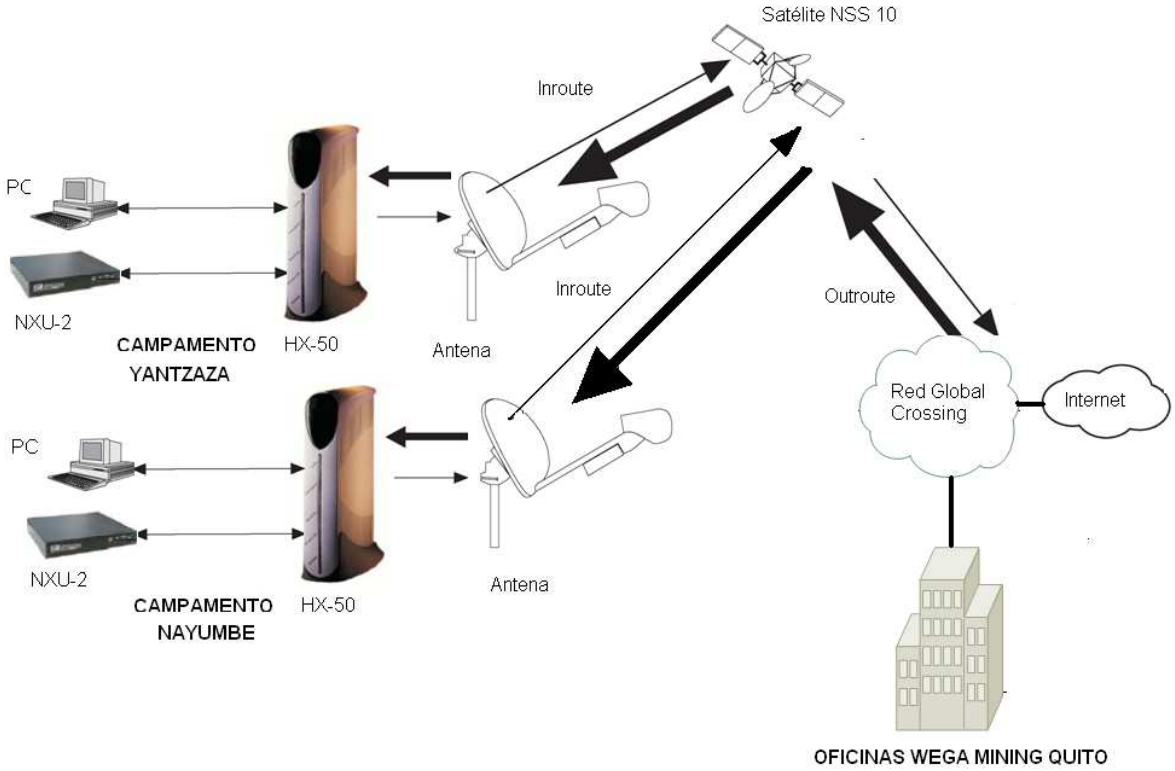


Figura 2.6. Esquema Campamentos – Oficinas Wega Mining Quito

CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES MÓVILES

3.1 INTRODUCCIÓN

Dado que los proyectos mineros abarcan zonas geográficas considerables se hace primordial la utilización de sistemas móviles de comunicación que permitan al personal mantenerse informado respecto a las diferentes tareas que cada uno o cada grupo se encuentra realizando.

Asimismo, dado que ambos proyectos se encuentran localizados en una zona de difícil acceso y sin la cobertura de sistemas de telecomunicación, es indispensable la implementación de un sistema privado que brinde este servicio en este caso un sistema de radiocomunicaciones móviles.

Dado que cada proyecto cuenta con su respectivo campamento, en estos se ubicará la estación base mientras, que el resto del personal podrá comunicarse mediante estaciones portátiles.

En vista de que ambos proyectos son independientes entre sí la cobertura del sistema también lo será, es decir, no se interconectarán ya que la información que se genera y cursa a través de cada proyecto es importante y útil localmente, es decir, sólo dentro de cada proyecto.

3.2 INSPECCIÓN DE LOS PROYECTOS

Como se había mencionado en el capítulo anterior la compañía Wega Mining cuenta con dos proyectos: el Proyecto Nayumbe y el Proyecto Yantzaza. Las estaciones fijas así, como las repetidoras se localizaran en los campamentos respectivos y las antenas se ubicarán sobre torres de telecomunicaciones que mejorarán el área de cobertura en cada proyecto, la decisión de ubicar las repetidoras en el área de los campamentos responde a las facilidades que brindan los mismos ya que aquí se encontrarán los equipos satelitales y de Radio sobre IP que en conjunto conforman todo el sistema de comunicaciones así, como los equipos de alimentación que en este caso serán generadores eléctricos que actualmente se encuentran en funcionamiento dentro de cada uno de estos.

La ubicación geográfica así, como la altura de cada uno de los campamentos es:
Campamento proyecto Nayumbe:

- 78°36’ 48.6’’ W
- 4°10’ 40.54’’ S
- 1155 msnm

Campamento proyecto Yantzaza:

- 78°47’ 11.35’’ W
- 3°45’ 20.75’’ S
- 1052 msnm

En el capítulo anterior, asimismo, se hizo referencia a la cantidad de personal que esta involucrado tanto en las tareas de exploración así como de perforación y explotación; dado que el personal fijo no baja de veinte colaboradores más el Ingeniero Jefe de Proyecto y que durante el proceso de perforación la cantidad de obreros se triplica pero, que en estos casos se trabaja en grupos de tres personas y que no se utilizarán estaciones móviles debido a la ausencia de caminos y por lo tanto de automotores que no sean cuadrones, se puede dimensionar la cantidad de estaciones que se necesitarán de la siguiente manera:

Proyecto Nayumbe

- Usuarios: 21
- Portátil: 20
- Móvil: 0
- Fijo: 1
- Repetidora: 1

Proyecto Yantzaza

- Usuarios: 21
- Portátil: 20
- Móvil: 0
- Fijo: 1
- Repetidora: 1

Las radio bases en este caso servirán al personal que se encuentre en el campamento pero, a futuro podrían ser utilizadas para realizar un enlace entre los

dos proyectos según las necesidades de comunicación que pueda experimentar la compañía.

3.3 DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

El punto de partida para la determinación de las frecuencias necesarias en el sistema es el número de repetidoras que se utilizarán, en este caso serán dos.

Dado que la cobertura será local en cada proyecto y no se necesita interconexión entonces el circuito más adecuado es el sistema básico de despacho.

El sistema ha implementarse será semiduplex ya que la estación base o fija trabajará en un modo dúplex talk through mientras, que las estaciones portátiles lo harán en un modo simplex necesitándose un par de frecuencias por circuito.

El control se lo hará a través de tonos subaudibles, es decir, menores 300 Hz para cada circuito.

Para la implementación del sistema es necesario solicitar a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones dos pares de frecuencias en la banda de VHF uno por cada repetidora. Se optó por la banda VHF debido a las ventajas que presenta frente a UHF: el costo en equipos es menor, el margen de interferencia que maneja es aceptable y el entorno en el que trabajará se adapta de mejor manera a esta banda puesto que su respuesta en ambientes rurales y con alta vegetación es mejor que en UHF.

BANDA	RANGO(MHz)
VHF	138 – 144 148 – 174
UHF	450 – 500

Tabla 3.1. Rango de Frecuencias según la banda de operación[57]

De acuerdo al Reglamento y norma técnica para los sistemas comunales de explotación, en el Título II Norma Técnica, Artículo 2 Canalización, se establece que: “El ancho de banda de cada canal radioeléctrico es de 12,5 kHz y la

[57] Reglamento y norma técnica para los sistemas comunales de explotación, Título II NORMA TÉCNICA, Art. 1.- Banda de Frecuencias

separación entre frecuencia de transmisión y recepción es de 5 MHz para la banda de 450 - 482 MHz y 6 MHz para la banda 488 - 500 MHz. Para la banda de VHF la separación mínima entre transmisión y recepción es de 600 kHz”

Dadas estas especificaciones, para el diseño se utilizará una separación de 25 KHz entre Tx1 y Tx2 mientras, que la separación entre la recepción y transmisión será de 1 MHz como puede observarse en la figura 3.1.

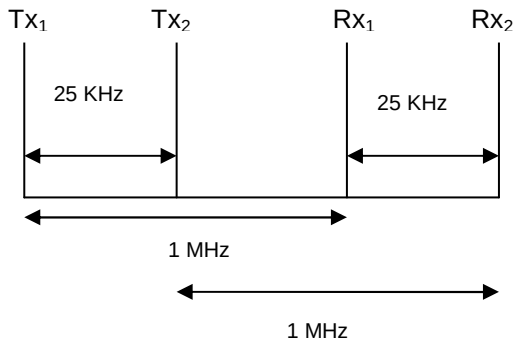


Figura 3.1. Distribución de Frecuencias

Para el diseño del sistema de radiocomunicaciones se sugieren dos pares de frecuencias:

Proyecto Nayumbe

- Tx_1 = 138.05 MHz
- Rx_1 = 139.05 MHz

Proyecto Yantzaza

- Tx_2 = 138.075 MHz
- Tx_2 = 139.075 MHz

3.4 EQUIPOS A UTILIZARSE

Para poder determinar los equipos que serán parte del sistema a implementarse deben tenerse en cuenta algunas consideraciones.

En primer término es necesario seleccionar la marca de los equipos de VHF que se utilizarán; en el país se cuenta con tres marcas sólidamente posicionadas en el mercado: Kenwood, ICOM y Motorola. A continuación se presentan tablas comparativas de los productos de radiocomunicaciones que intervendrán en el presente diseño como punto de partida para la selección de la marca a utilizar.

MARCA	MOTOROLA	KENWOOD	ICOM
Modelo	**PRO 5150**	**TK-2160/3160**	**F14**
Rango de frecuencias	136-174 MHz y 403-527 MHz	136-174 MHz y 440-490 MHz	136-174 MHz; 400-470 MHz y 450-512MHz
Potencias (Watts) VHF	5	5	5
Potencias (Watts) UHF	4	4	4
Canales	16	16	16
Identificación Automática ANI (PTT-ID)	DTMF, MDC1200 (1200bps)	DTMF, FleetSync (2400bps)	DTMF, MDC-1200 Y 5 Tonos
Capacidad de la batería	1600 mAh	1400 mAh	2000 mAh
Duración de Batería Estándar	11 horas	9 horas	20 horas
Peso con Batería	420 g	400 g	329 g
Llamada de Emergencia Inteligente	Si	Si	Si
Permiso FCC	Si	Si	Si
Certificación ISO-9000	Si	-	Si
Garantía Efectiva	3 Años	3 años	3 Años
Botones Programables	3	3	2
Tonos CTCSS/DCS no Estándar	Si	Si	Si
Puertos para tarjetas Plug in Opcionales	Si	Si	Si
Rastreo (Scan)	Si	Si	Si
Rastreo de Doble Prioridad	Si	Si	Si
Llamada de Alerta	Si	Si	Si
Desactivación de Radio	Si	-	Si
Especificaciones Militares (MIL-STD 810)	Si, sobrepasan	Si, Cumplen	Si, cumplen
Pruebas de Vida Acelerada	Si	-	Si
Diseñado para uso rudo	100%	50%	50%
Precio Referencial USD	430	460	390

Tabla 3.2. Tabla comparativa de estaciones portátiles

MARCA	MOTOROLA	KENWOOD	ICOM
MODELO	**PRO 5100**	**TK-7100H/TK-8100H**	**IC-F21/IC-F221**
Rango de frecuencias	136-174 MHz ; 403-470 MHz Y 450-520 MHz	146-174 MHz y 450-490 MHz	136-174 MHz Y 400-490 MHz
Potencias (Watts) VHF	45	50	50
Potencias (Watts) UHF	40	45	45
Canales	64	64	128
Identificación Automática ANI (PTT-ID)	DTMF, MDC1200 (1200bps)	DTMF	DTMF, 5 Tonos
Multimodo (12.5KHz/ 25KHz)	Si	Si	SI
Caracteres pantalla Alfanumérica	14	8	8
Peso	1.5 Kg	1.18 Kg	1.1 Kg
Llamada de Emergencia Inteligente	Si	Si	Si
Permiso FCC	Si	Si	Si
Zonificación	Si	Si	Si
Garantía Efectiva	2 Años	2 Años	2 Años
Llamada Selectiva de voz	Si	Si	Si
Tonos CTCSS/DCS no Estándar	Si	-	Si
Puertos para tarjetas Plug in Opcionales	Si	-	Si
Rastreo (Scan)	Si	Si	Si
Rastreo de Doble Prioridad	Si	Si	Si
Llamada de Alerta	Si	-	Si
Desactivación de Radio	Si	Si	Si
Especificaciones Militares (MIL-STD 810)	Si, Cumplen	Si, Cumplen	Si, cumplen
Pruebas de Vida Acelerada	Si	-	-
Precio Referencial USD	450	440	410

Tabla 3.3. Tabla comparativa de estaciones base

MARCA	MOTOROLA	KENWOOD	ICOM
MODELO	**MTR2000**	**TKR-740 / 840**	**SERIE FR3000 / 4000**
Rango de frecuencias	132-174 MHz y 403-470 MHz	136-174 MHz y 450-480 MHz	136-174 MHz Y 450-480 MHz
Potencias (Watts) VHF	40	5	5
Potencias (Watts) UHF	40	5	5
Canales	32	32	32
Multimodo (12.5KHz/ 25KHz)	Si	Si	SI
Peso	19 Kg	4 Kg	12 Kg
Permiso FCC	Si	Si	-
Zonificación	Si	Si	Si
Precio Referencial USD	1400	4490	4490

Tabla 3.4. Tabla comparativa de estaciones repetidoras

A partir de los datos que se presentan en las tablas 3.2, 3.3 y 3.4 es posible sacar algunas conclusiones; en general mediante las especificaciones de cada uno de los equipos considerados queda bastante claro que las características no varían demasiado entre los distintos fabricantes sin embargo, existen detalles que influyen en la selección de una de estas marcas. Entre estos por ejemplo esta la resistencia frente a las exigencias que implica su uso en condiciones adversas como lo son las que se viven en proyectos mineros; adicionalmente se puede constatar que en lo que respecta a los precios tanto en las radios portátiles como en las radios base las tres opciones no presentan mayores diferencias, no obstante en las repetidoras es evidente que una de las opciones resulta ser la más conveniente. Por estas dos características así como porque cuenta con un mayor número de puntos de distribución y de servicio técnico en nuestro país y por la confiabilidad que ha ganado con su presencia en el mercado a través de los años, se ha decidido que los equipos a utilizar en este diseño serán Motorola.

Habiendo determinado que los equipos serán de marca Motorola, los modelos a utilizar serán:

Radio base: PRO 5100

Radio portátil: PRO 5150

Repetidora: MTR 2000

Dado que la repetidora trabaja en conjunto con un duplexor, se utilizará el modelo Sinclair Q2220.

Por otra parte, la antena que mejor se adapta a las características técnicas de las repetidoras es la antena DB-224 de 4-dipolos omnidireccional de la marca Decibel Products.

Considerando que las pérdidas por el cable deben ser las menores, se ha decidido usar el Cable Heliax 7/8'' LDF5-50A.

Las características propias de cada equipo pueden encontrarse en el Anexo 3.

Las antenas omnidireccionales de la repetidora estarán instaladas sobre torres de viento de 50 m para mejorar el área de cobertura.

3.5 COBERTURA EN LOS PROYECTOS NAYUMBE Y YANTZAZA

Como se explicó en el Capítulo 1, es necesario calcular el campo mediano $\overline{E_m}$ para que los valores de recepción y de cobertura durante un cierto porcentaje de tiempo sean los adecuados.

La ecuación para calcular el campo mediano corresponde a la ecuación 1.31 y se expresa como:

$$\overline{E_m} = E_{mu} + \Delta_r E + \Delta_e E$$

Siendo:

$E_{mu}(dB\mu V/m) =$ campo mínimo utilizable

$\Delta_r E(dB) =$ corrección por ruido / multitrayecto

$\Delta_e E(dB) =$ corrección estadística

El campo mínimo utilizable se calcula mediante la fórmula 1.28 que corresponde a:

$$E_{mu}(dB\mu V/m) = S + 20\log f - G_d^* - 32$$

Siendo:

$S(dB\mu V) =$ sensibilidad del receptor

G_d^* = ganancia de la antena respecto del dipolo λ/2, incluidas las perdidas del receptor

G_d^* corresponde a la ecuación 1.30:

$$G_d^* = \mathrm{G_d} - \alpha \cdot l - L$$

G_d se encuentra con la ecuación 1.29:

$$G_d = G_i - 2{,}15\,\mathrm{dB}$$

Siendo:

$\mathrm{G_i}$ = Ganancia de la antena de recepción

$\alpha \cdot l =$ pérdidas en el alimentador

$L =$ pérdidas adicionales de la antena

Para encontrar el campo mínimo utilizable de la estación repetidora se utilizan los valores correspondientes al equipo MTR2000, que se encuentran en el Anexo 3.

Repetidora Nayumbe

S = 0.35 µV

FRx_1 = 139.05 MHz

$\mathrm{G_i}$ = 6 dBd

$\alpha \cdot l =$ 0.735 db/50m

$L =$ 3 dB

$$G_d = 6 - 2{,}15\,\mathrm{dB}$$

$$G_d = 3.85\,\mathrm{dB}$$

G_d^* = 3.85 – 0.735 – 3

G_d^* = 0.115 dB

$$E_{mu}(dB\mu V/m) = 0.35 + 20\log(139.05) - 0.115 - 32$$

$$E_{mu}(dB\mu V/m) = 11.0984\,\mathrm{dB}\mu\mathrm{V/m}$$

Repetidora Yantzaza

S = 0.35 µV

FRx_1 = 139.075 MHz

$\mathrm{G_i}$ = 6 dBd

$\alpha \cdot l =$ 0.735 db/50m

$L =$ 3 dB

$G_d = 6 - 2{,}15\,\text{dB}$

$G_d = 3.85\,\text{dB}$

$G_d^* =$ 3.85 – 0.735 – 3

$G_d^* =$ 0.115 dB

$E_{mu}(dB\mu V/m) = 0.35 + 20\log(139.075) - 0.115 - 32$

$E_{mu}(dB\mu V/m) = 11.09998\,\text{dB}\mu\text{V/m}$

Para las estaciones fijas se utilizan los datos de la radio base PRO5100 que se encuentra en el Anexo 3.

Radio Base Nayumbe

S = 0.22 µV

FRx_1 = 139.05 MHz

$G_i =$ 0 dBd

$\alpha \cdot l =$ 0.0735 db/5m

$L =$ 3 dB

$G_d = 0 - 2{,}15\,\text{dB}$

$G_d = -2.15\,\text{dB}$

$G_d^* =$ -2.15 – 0.0735 – 3

$G_d^* =$ -5.2235 dB

$E_{mu}(dB\mu V/m) = 0.22 + 20\log(139.05) - (-5.2235) - 32$

$E_{mu}(dB\mu V/m) = 16.3069\,\text{dB}\mu\text{V/m}$

Radio Base Yantzaza

S = 0.22 µV

FRx_1 = 139.075 MHz

$G_i =$ 0 dBd

$\alpha \cdot l =$ 0.0735 db/5m

$L =$ 3 dB

$G_d = 0 - 2{,}15\,\text{dB}$

$G_d = -2{,}15\,\text{dB}$

$G_d^* =$ -2.15 – 0.0735 – 3

$G_d^* =$ -5.2235 dB

$E_{mu}(dB\mu V/m) = 0.22 + 20\log(139.075) - (-5.2235) - 32$

$E_{mu}(dB\mu V/m) = 16.3084\ \mathrm{dB}\mu\mathrm{V/m}$

Para las estaciones portátiles es necesario acudir a la información del radio portátil PRO5150 del Anexo 3.

Radios Portátiles Nayumbe

S = 0.25 µV

FRx_1 = 139.05 MHz

$G_i =$ 0 dBd

$\alpha \cdot l =$ 0 db

$L =$ 22 dB

$G_d = 0 - 2{,}15\ \mathrm{dB}$

$G_d = -2{,}15\ \mathrm{dB}$

$G_d^* =$ -2.15 – 0 – 22

$G_d^* =$ -24.15 dB

$E_{mu}(dB\mu V/m) = 0.25 + 20\log(139.05) - (-24.15) - 32$

$E_{mu}(dB\mu V/m) = 35.2634\ \mathrm{dB}\mu\mathrm{V/m}$

Radios Portátiles Yantzaza

S = 0.25 µV

FRx_1 = 139.075 MHz

$G_i =$ 0 dBd

$\alpha \cdot l =$ 0 db

$L =$ 22 dB

$G_d = 0 - 2{,}15\ \mathrm{dB}$

$G_d = -2{,}15\ \mathrm{dB}$

$G_d^* =$ -2.15 – 0 – 22

$G_d^* =$ -24.15 dB

$$E_{mu}(dB\mu V/m) = 0.25 + 20\log(139.075) - (-24.15) - 32$$

$$E_{mu}(dB\mu V/m) = 35.2649\ \mathrm{dB}\mu\mathrm{V/m}$$

Los efectos causados por la propagación multitrayecto así como por el ruido artificial son compensados a través del factor de corrección el mismo que depende de una serie de factores como son la frecuencia, el tipo de estación y ciertas condiciones ambientales.

Para encontrar este factor de corrección se debe acudir a las figuras 1.23 y 1.24 que corresponden a la Curva degradación de la intensidad de campo eléctrico en la recepción de la estación base y a la Curva degradación de la intensidad de campo eléctrico en la recepción de la móvil.

A partir de estas curvas, considerando que la C es la que mejor se adapta a este diseño y que la frecuencia de operación está en el orden de los 140 MHz se tiene que los factores de corrección son:
En la figura 3.2. al utilizar la figura 1.23.

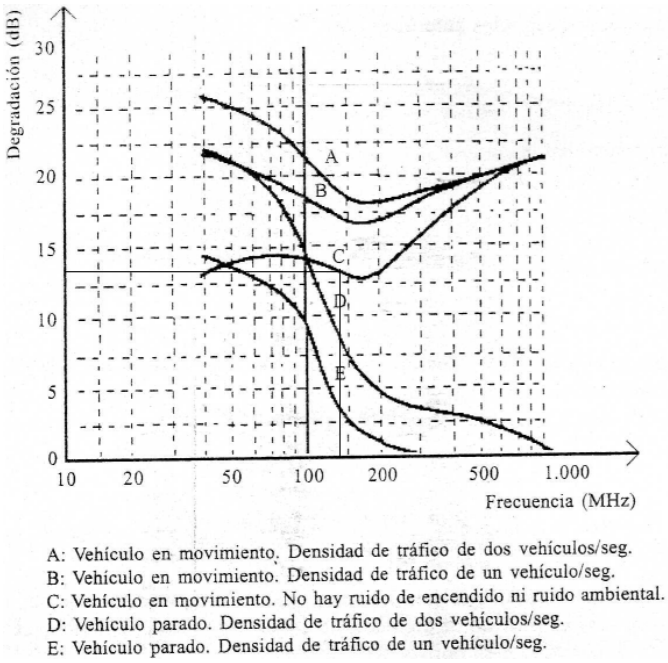


Figura 3.2. Factor de corrección utilizando la figura 1.23.

$$\Delta_r E(repetidora) = 13.52dB$$

$$\Delta_r E(fija) = 13.52dB$$

En la figura 3.3. al utilizar la figura 1.24.

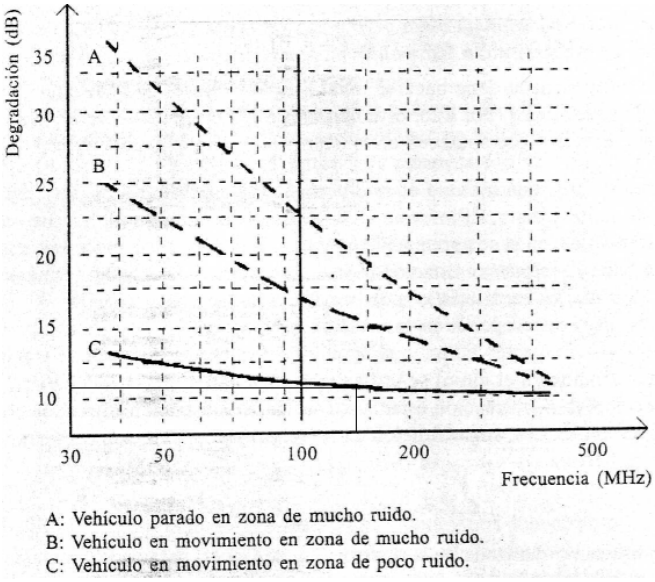


Figura 3.3. Factor de corrección utilizando la figura 1.24.

$\Delta_r E(portátil) = 10.86dB$

Para encontrar el valor de la corrección estadística $\Delta_e E(dB)$ se debe utilizar la fórmula 1.32:

$$\Delta_e E = \sqrt{[k(L)\cdot\sigma_L]^2 + [k(T)\cdot\sigma_T]^2}$$

Los valores de σ_L (dB) y σ_T (dB) se obtienen de la tabla 1.5, teniendo que:

σ_L (dB) = 8 dB

σ_T (dB) = 3 dB

Para obtener los valores de $k(L)$ y $k(T)$ se debe acudir a la tabla 1.4 y considerando que se tendrá un emplazamiento del 90% en el 90% de tiempo, se tiene que:

$k(L)_{90\%} = 1.28$

$k(T)_{90\%} = 1.28$

Reemplazando estos valores en la ecuación 1.32:

$$\Delta_e E = \sqrt{[1.28*8]^2 + [1.28*3]^2}$$

$$\Delta_e E = \sqrt{[10.24]^2 + [3.84]^2}$$

$$\Delta_e E = \sqrt{104.8576 + 14.7456}$$

$$\Delta_e E = \sqrt{119.6032}$$

$$\Delta_e E = 10.9363\,\text{dB}$$

Una vez calculados todos los parámetros de la ecuación 1.31, se puede calcular el campo mediano de cada estación.

Repetidora Nayumbe

$$\overline{E_m} = E_{mu} + \Delta_r E + \Delta_e E$$

$$\overline{E_m} = 11.0984 + 13.52 + 10.9363$$

$$\overline{E_m} = 35.5547\,\text{dB}\mu\text{V/m}$$

Repetidora Yantzaza

$$\overline{E_m} = E_{mu} + \Delta_r E + \Delta_e E$$

$$\overline{E_m} = 11.09998 + 13.52 + 10.9363$$

$$\overline{E_m} = 35.5562\,\text{dB}\mu\text{V/m}$$

Radio Base Nayumbe

$$\overline{E_m} = E_{mu} + \Delta_r E + \Delta_e E$$

$$\overline{E_m} = 16.3069 + 13.52 + 10.9363$$

$$\overline{E_m} = 40.7632\,\text{dB}\mu\text{V/m}$$

Radio Base Yantzaza

$$\overline{E_m} = E_{mu} + \Delta_r E + \Delta_e E$$

$$\overline{E_m} = 16.3084 + 13.52 + 10.9363$$

$$\overline{E_m} = 40.7647\,\text{dB}\mu\text{V/m}$$

Radios Portátiles Nayumbe

$$\overline{E_m} = E_{mu} + \Delta_r E + \Delta_e E$$

$$\overline{E_m} = 35.2634 + 10.86 + 10.9363$$

$$\overline{E_m} = 57.0597\,\text{dB}\mu\text{V/m}$$

Radios Portátiles Yantzaza

$$\overline{E_m} = E_{mu} + \Delta_r E + \Delta_e E$$

$$\overline{E_m} = 35.2649 + 10.86 + 10.9363$$

$$\overline{E_m} = 57.0612\,\mathrm{dB}\mu\mathrm{V/m}$$

En el Reglamento y norma técnica para los sistemas comunales de explotación, se tiene que: “El área de cobertura de un Sistema Comunal se halla definida por el contorno del área donde la intensidad de campo eléctrico nominal utilizable sea de 38,5dB µV/m.”[58] al tener que los valores de campo eléctrico nominal de las repetidoras están en el orden de los 35.5 µV/m y no exceden los valores que considera la norma se debe utilizar el valor de 38.5 µV/m para los cálculos de cobertura.

Para la predicción de la zona de cobertura se utilizará el modelo de Okumura-Hata con la recomendación UIT-R P.529-3, dado que este modelo es el que mejor se adapta para el uso general en zonas rurales.

La fórmula que se utilizará corresponde a la ecuación 3.1:

$$E = P_{TX} + G_{TX} - Lr - 24.49\log(f) + 4{,}78(\log f)^2 + 80.79 + 13.82\log(hef) + a(hm) - (44.9 - 6.55\log(hef)) * \log(d)^b \qquad (3.1)^{59}$$

Siendo:

E (dBµV/m) = Campo eléctrico mínimo utilizable

P_{TX} (dBW) = Potencia de transmisión

G_{TX} (dBd) = Ganancia de la antena transmisora

Lr (dB) = Pérdidas en el alimentador

f (MHz) = Frecuencia Tx

hef (m) = Altura efectiva de la antena

d (km) = distancia

b (d ≤ 20Km) = 1

[58] Reglamento y norma técnica para los sistemas comunales de explotación, Título II NORMA TÉCNICA, Art. 4.- Área de cobertura

[59] SAMANIEGO, Hernán, Diseño de un Sistema Integral de telecomunicaciones para el Proyecto de Generación Hidroeléctrica San Francisco, pp: 118

b (d > 20 Km) = $1+(0.14+1.87*10^{-4}*f+1.07*10^{-3}*hef')(\log(d/20))^{0.8}$

Siendo:

$$hef' = \frac{hef}{(1+7*10^{-6}*hef^{2})^{1/2}}$$

a(hm) = 0

Para encontrar la altura efectiva se utilizan las ecuaciones 1.21 y 1.22 y como ya se había mencionado en el Capítulo 1 la altura efectiva se mide cada 30º desde 3 hasta 15 Km en pasos de 1 Km y si se da el caso de que este valor sea negativo se utiliza un valor de 200m. Los valores de altura desde el kilómetro 3 hasta el 15 en cada azimut serán tabulados y representados gráficamente a través de perfiles topográficos.

3.5.1 PROYECTO NAYUMBE

hef_i= hca + hr – hsm_i

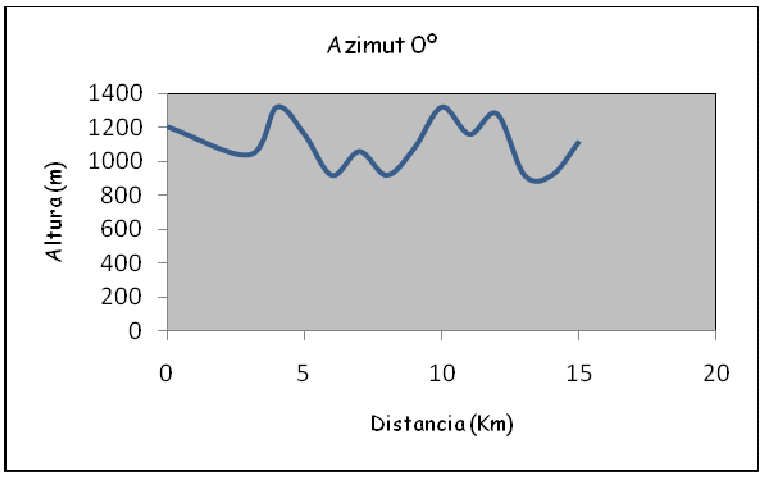
hca = 50 m

hr = 1155 m

Azimut 0º

DISTANCIA (m)	hsm
3000	1040
4000	1320
5000	1160
6000	920
7000	1060
8000	920
9000	1080
10000	1320
11000	1160
12000	1280
13000	920
14000	920
15000	1120

PERFIL TOPOGRÁFICO



$$\overline{hsm} = \frac{1040+1320+1160+920+1060+920+1080+1320+1160+1280+920+920+1120}{13}$$

$$\overline{hsm} = 1093.84 \text{ m}$$

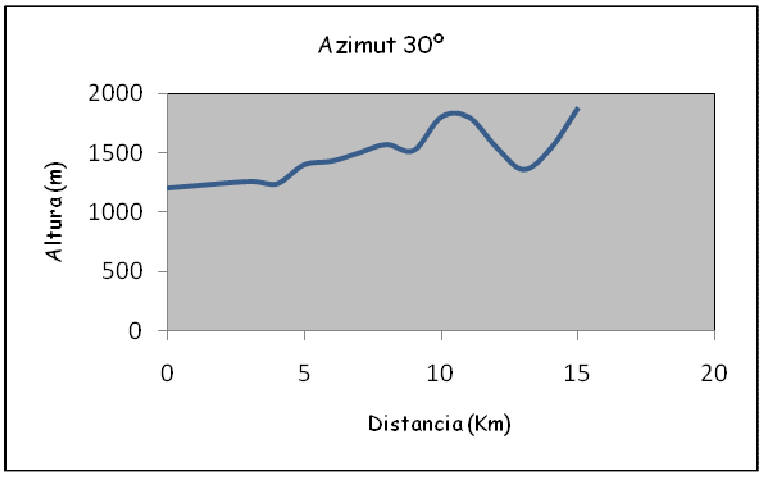
$$hef = 1155+50\text{-}1093.84 = 111.16 \text{ m}$$

$$hef' = \frac{111.16}{(1+7*10^{-6}*111.16^{2})^{1/2}} = 106.64 \text{ m}$$

Azimut 30º

DISTANCIA (m)	hsm
3000	1260
4000	1240
5000	1400
6000	1430
7000	1500
8000	1570
9000	1520
10000	1800
11000	1800
12000	1550
13000	1360
14000	1540
15000	1880

PERFIL TOPOGRÁFICO



$$\overline{hsm} = \frac{1260+1240+1400+1430+1500+1570+1520+1800+1800+1550+1360+1540+1880}{13}$$

$$\overline{hsm} = 1526.92\,\text{m}$$

$$hef = 1155 + 50 - 1526.92 = -321.92\,\text{m}$$

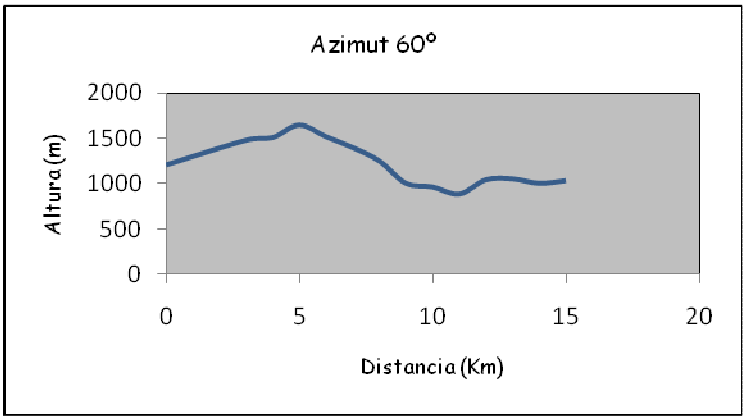
$$\therefore\ hef = 200\,\text{m}$$

$$hef' = \frac{200}{(1+7*10^{-6}*200^2)^{1/2}} = 176.78\,\text{m}$$

Azimut 60º

DISTANCIA (m)	hsm
3000	1480
4000	1510
5000	1650
6000	1520
7000	1400
8000	1250
9000	1000
10000	960
11000	880
12000	1040
13000	1050
14000	1000
15000	1030

PERFIL TOPOGRÁFICO



$$\overline{hsm} = \frac{1480+1510+1650+1520+1400+1250+1000+960+880+1040+1050+1000+1030}{13}$$

$$\overline{hsm} = 1213.07\ \text{m}$$

$$hef = 1155 + 50 - 1213.07 = -8.07\ \text{m}$$

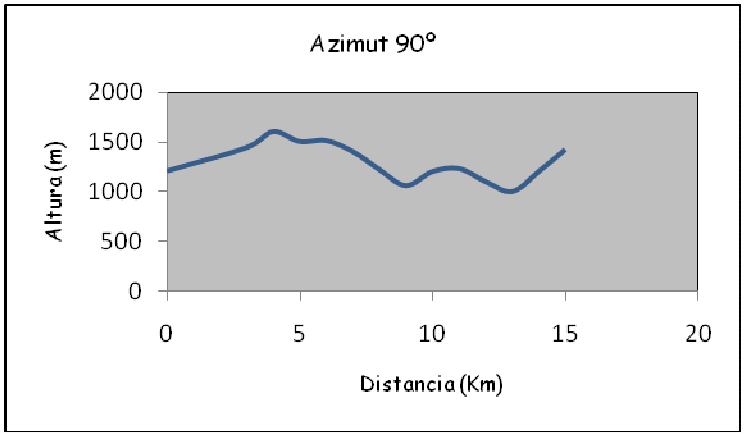
$$\therefore\ hef = 200\ \text{m}$$

$$hef' = \frac{200}{(1+7*10^{-6}*200^2)^{1/2}} = 176.78\ \text{m}$$

Azimut 90º

DISTANCIA (m)	hsm
3000	1440
4000	1600
5000	1500
6000	1510
7000	1400
8000	1220
9000	1060
10000	1200
11000	1230
12000	1100
13000	1000
14000	1200
15000	1420

PERFIL TOPOGRÁFICO



$$\overline{hsm} = \frac{1440+1600+1500+1510+1400+1220+1060+1200+1230+1100+1000+1200+1420}{13}$$

$$\overline{hsm} = 1298.46 \text{ m}$$

$$hef = 1155 + 50\text{-}1298.46 = -93.46 \text{ m}$$

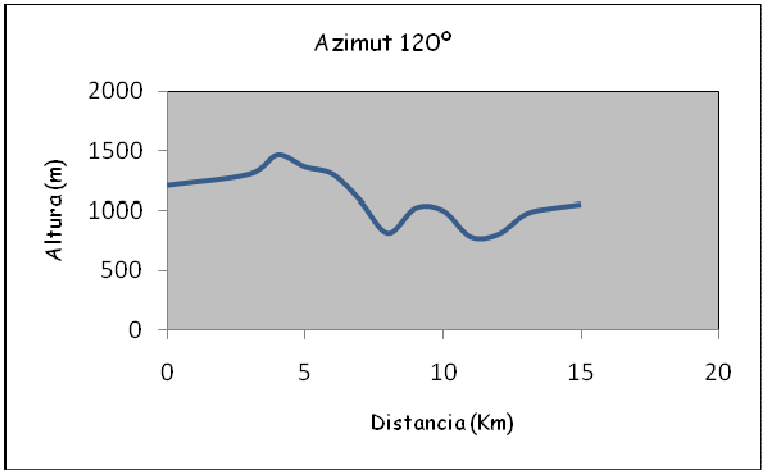
$$\therefore\ hef = 200 \text{ m}$$

$$hef' = \frac{200}{(1+7*10^{-6}*200^2)^{1/2}} = 176.78 \text{ m}$$

Azimut 120º

DISTANCIA (m)	hsm
3000	1300
4000	1460
5000	1360
6000	1300
7000	1080
8000	810
9000	1020
10000	1000
11000	780
12000	800
13000	970
14000	1020
15000	1050

PERFIL TOPOGRÁFICO



$$\overline{hsm} = \frac{1300+1460+1360+1300+1080+810+1020+1000+780+800+970+1020+1050}{13}$$

$$\overline{hsm} = 1073.07 \text{ m}$$

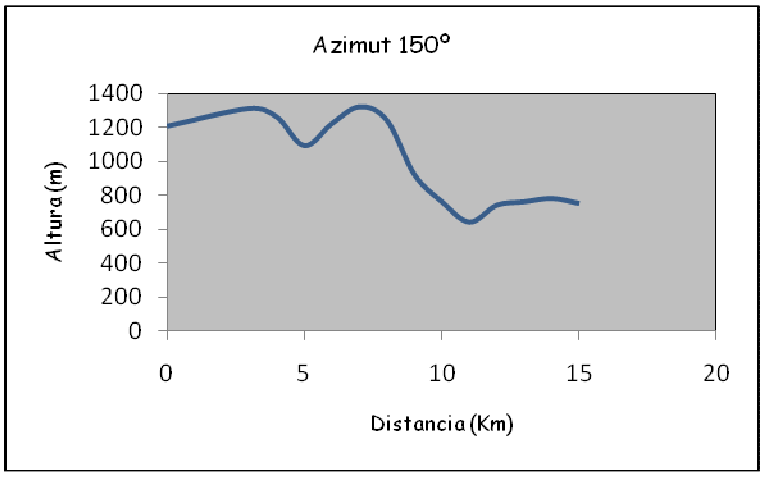
$$hef = 1155 + 50\text{-}1073.07 = 131.93 \text{ m}$$

$$hef' = \frac{131.93}{(1+7*10^{-6}*131.93^2)^{1/2}} = 124.56 \text{ m}$$

Azimut 150º

DISTANCIA (m)	hsm
3000	1310
4000	1260
5000	1090
6000	1220
7000	1320
8000	1240
9000	920
10000	760
11000	640
12000	740
13000	760
14000	780
15000	750

PERFIL TOPOGRÁFICO



$$\overline{hsm} = \frac{1310 + 1260 + 1090 + 1220 + 1320 + 1240 + 920 + 760 + 640 + 740 + 760 + 780 + 750}{13}$$

$$\overline{hsm} = 983.84 \text{ m}$$

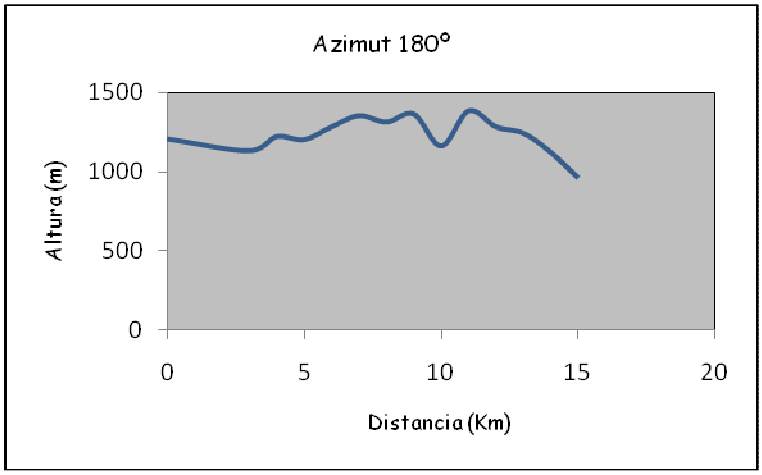
$$hef = 1155 + 50\text{-}983.84 = 221.16 \text{ m}$$

$$hef' = \frac{221.16}{(1 + 7 * 10^{-6} * 221.16^2)^{1/2}} = 190.88 \text{ m}$$

Azimut 180º

DISTANCIA (m)	hsm
3000	1130
4000	1220
5000	1200
6000	1280
7000	1350
8000	1310
9000	1360
10000	1160
11000	1380
12000	1280
13000	1240
14000	1120
15000	960

PERFIL TOPOGRÁFICO



$$\overline{hsm} = \frac{1130 + 1220 + 1200 + 1280 + 1350 + 1310 + 1360 + 1160 + 1380 + 1280 + 1240 + 1120 + 960}{7}$$

$$\overline{hsm} = 1230 \text{m}$$

$$hef = 1155 + 50\text{-}1230 = -25 \text{m}$$

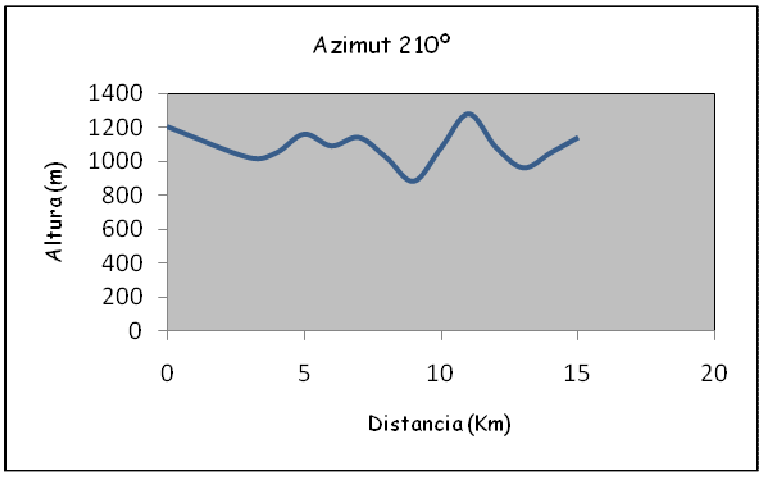
$$\therefore\ hef = 200 \text{m}$$

$$hef' = \frac{200}{(1 + 7 * 10^{-6} * 200^2)^{1/2}} = 176.78 \text{m}$$

Azimut 210º

DISTANCIA (m)	hsm
3000	1020
4000	1050
5000	1160
6000	1090
7000	1140
8000	1020
9000	880
10000	1080
11000	1280
12000	1080
13000	960
14000	1050
15000	1140

PERFIL TOPOGRÁFICO



$$\overline{hsm} = \frac{1020 + 1050 + 1160 + 1090 + 1140 + 1020 + 880 + 1080 + 1280 + 1080 + 960 + 1050 + 1140}{13}$$

$$\overline{hsm} = 1073.07 \text{ m}$$

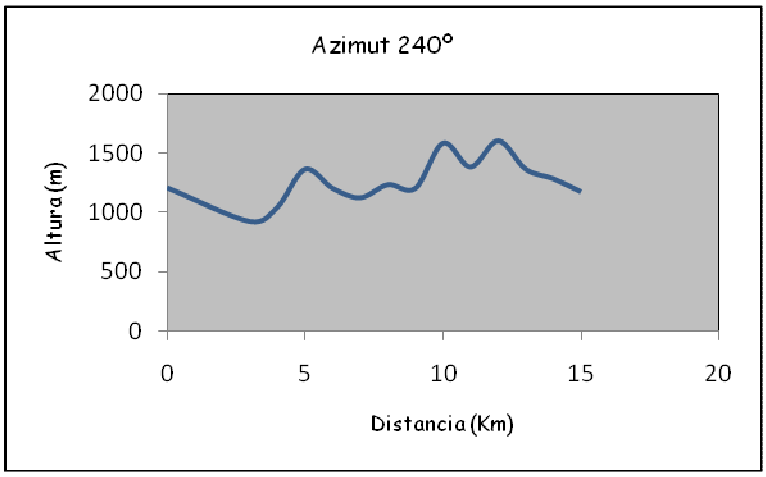
$$hef = 1155 + 50 - 1073.07 = 131.93 \text{ m}$$

$$hef' = \frac{131.93}{(1 + 7 * 10^{-6} * 131.93^2)^{1/2}} = 124.56 \text{ m}$$

Azimut 240º

DISTANCIA (m)	hsm
3000	920
4000	1040
5000	1360
6000	1200
7000	1120
8000	1230
9000	1200
10000	1580
11000	1380
12000	1600
13000	1360
14000	1280
15000	1170

PERFIL TOPOGRÁFICO



$$\overline{hsm} = \frac{920 + 1040 + 1360 + 1200 + 1120 + 1230 + 1200 + 1580 + 1380 + 1600 + 1360 + 1280 + 1170}{13}$$

$$\overline{hsm} = 1264.61 \text{m}$$

$$hef = 1155 + 50 - 1264.61 = -59.61 \text{m}$$

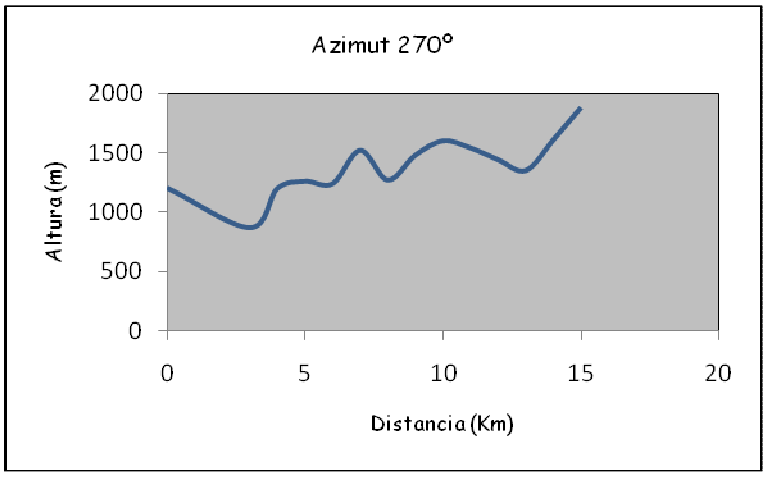
$$\therefore\ hef = 200 \text{m}$$

$$hef' = \frac{200}{(1 + 7 * 10^{-6} * 200^2)^{1/2}} = 176.78 \text{m}$$

Azimut 270º

DISTANCIA (m)	hsm
3000	870
4000	1200
5000	1260
6000	1240
7000	1520
8000	1270
9000	1480
10000	1600
11000	1540
12000	1440
13000	1350
14000	1610
15000	1880

PERFIL TOPOGRÁFICO



$$\overline{hsm} = \frac{870+1200+1260+1240+1520+1270+1480+1600+1540+1440+1350+1610+1880}{13}$$

$$\overline{hsm} = 1404.61\,\text{m}$$

$$hef = 1155 + 50\text{-}1404.61 = -199.61\,\text{m}$$

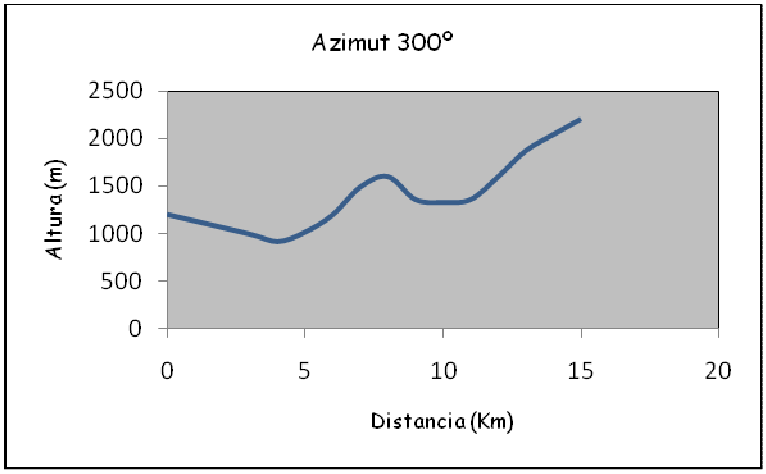
$$\therefore\ hef = 200\,\text{m}$$

$$hef' = \frac{200}{(1+7*10^{-6}*200^2)^{1/2}} = 176.78\,\text{m}$$

Azimut 300º

DISTANCIA (m)	hsm
3000	1000
4000	920
5000	1020
6000	1200
7000	1490
8000	1600
9000	1360
10000	1330
11000	1360
12000	1600
13000	1870
14000	2040
15000	2200

PERFIL TOPOGRÁFICO



$$\overline{hsm} = \frac{1000+920+1020+1200+1490+1600+1360+1330+1360+1600+1870+2040+2200}{13}$$

$$\overline{hsm} = 1460.76\,\text{m}$$

$$hef = 1155 + 50\text{-}1460.76 = -255.76\,\text{m}$$

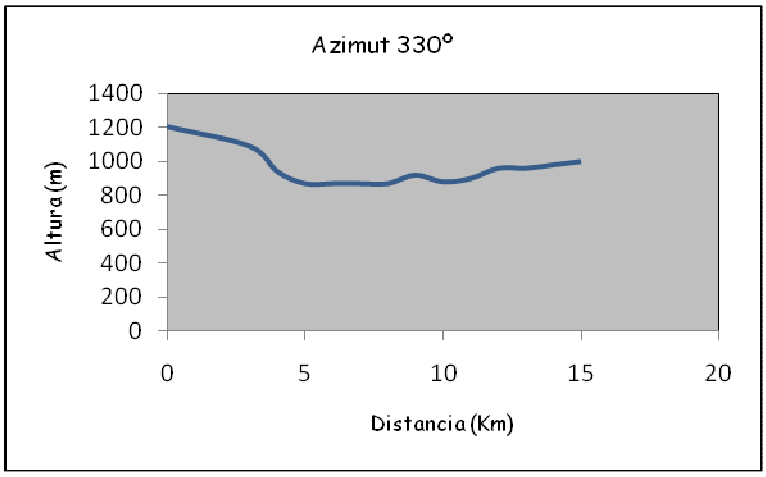
$$\therefore\ hef = 200\,\text{m}$$

$$hef' = \frac{200}{(1+7*10^{-6}*200^2)^{1/2}} = 176.78\,\text{m}$$

Azimut 330º

DISTANCIA (m)	hsm
3000	1090
4000	940
5000	870
6000	870
7000	870
8000	870
9000	920
10000	880
11000	900
12000	960
13000	960
14000	980
15000	1000

PERFIL TOPOGRÁFICO



$$\overline{hsm} = \frac{1090+940+870+870+870+870+920+880+900+960+960+980+1000}{13}$$

$$\overline{hsm} = 931.53\,\text{m}$$

$$hef = 1155 + 50\text{-}931.53 = 273.47\ \text{m}$$

$$hef' = \frac{273.47}{(1+7*10^{-6}*273.47^{2})^{1/2}} = 221.59\,\text{m}$$

Una vez, calculados los valores de hef y hef' para cada uno de los radiales se puede predecir la distancia de cobertura con un valor de campo eléctrico de 38.5 dBµV/m en los receptores mediante la fórmula 3.1.; para esto se calcularan valores de campo eléctrico cada 5 km hasta encontrar el valor más próximo a 38.5 y poder tener una referencia de la distancia de cobertura que se debe encontrar. Estos valores se pueden encontrar en la tabla 3.5.

Por otra parte, con los valores de cobertura calculados es posible determinar el área que estará cubierta por este servicio ya que los valores encontrados se trasladarán a un mapa geográfico del Ecuador con escala 1: 1000000, que permitirá tener una imagen más clara.

El área de cobertura del sistema de radiocomunicaciones móviles dentro del proyecto Nayumbe se puede apreciar en la figura 3.4.

E = 38.5 dBµV/m

P_{Tx} = 14.77 dBW

G_{Tx} = 6 dB

Lr =0.735 dB

f =138.05 Mhz

a(hm) = 0

b (d ≤ 20Km) = 1 ó b (d > 20 Km) = $1+(0.14+1.87*10^{-4}*f+1.07*10^{-3}*hef')(\log(d/20))^{0.8}$

Azimut	**0º**	**30º**	**60º**	**90º**	**120º**	**150º**	**180º**	**210º**	**240º**	**270º**	**300º**	**330º**
hef(m)	**111.16**	**200**	**200**	**200**	**131.93**	**221.16**	**200**	**131.93**	**200**	**200**	**200**	**273.47**
hef'(m)	**106.64**	**176.78**	**176.78**	**176.78**	**124.56**	**190.88**	**176.78**	**124.56**	**176.78**	**176.78**	**176.78**	**221.59**
d(km)												
5	76.56	81.25	81.25	81.25	77.93	82.06	81.25	77.93	81.25	81.25	81.25	83.75
10	67.08	72.27	72.27	72.27	68.59	73.16	72.27	68.59	72.27	72.27	72.27	75.04
15	61.53	67.02	67.02	67.02	63.13	67.96	67.02	63.13	67.02	67.02	67.02	69.95
20	57.60	63.29	63.29	63.29	59.26	64.27	63.29	59.26	63.29	63.29	63.29	66.33
25	53.90	59.63	59.63	59.63	55.58	60.61	59.63	55.58	59.63	59.63	59.63	62.67
30	50.77	56.49	56.49	56.49	52.45	57.47	56.49	52.45	56.49	56.49	56.49	59.53
35	47.99	53.70	53.70	53.70	49.67	54.66	53.70	49.67	53.70	53.70	53.70	56.70
40	45.50	51.16	51.16	51.16	47.17	52.11	51.16	47.17	51.16	51.16	51.16	54.12
45	43.22	48.82	48.82	48.82	44.88	49.76	48.82	44.88	48.82	48.82	48.82	51.74
50	41.128	46.65	46.65	46.65	42.76	47.58	46.65	42.76	46.65	46.65	46.65	49.53
55	39.17	44.62	44.62	44.62	40.80	45.53	44.62	40.80	44.62	44.62	44.62	47.44
60	37.35	42.72	42.72	42.72	38.95	43.61	42.72	38.95	42.72	42.72	42.72	45.48
65	-	40.91	40.91	40.91	37.21	41.78	40.91	37.21	40.91	40.91	40.91	43.62
70	-	39.20	39.20	39.20	-	40.05	39.20	-	39.20	39.20	39.20	41.84
75	-	37.57	37.57	37.57	-	38.40	37.57	-	37.57	37.57	37.57	40.15
80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38.52
COBERTURA(Km)	56.81	72.12	72.12	72.12	61.28	74.70	72.12	61.28	72.12	72.12	72.12	80.08

Tabla 3.5. Valores de Campo Eléctrico Y Cobertura Repetidor Nayumbe

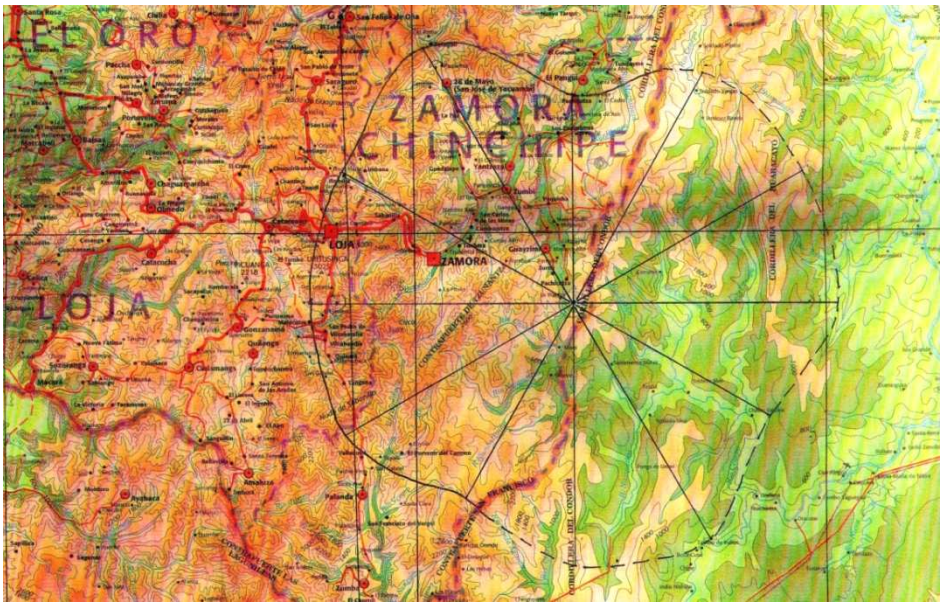


Figura 3.4. Cobertura en el Proyecto Nayumbe Escala 1:1000000

3.5.2 PROYECTO YANTZAZA

$hef_i = hca + hr - hsm_i$

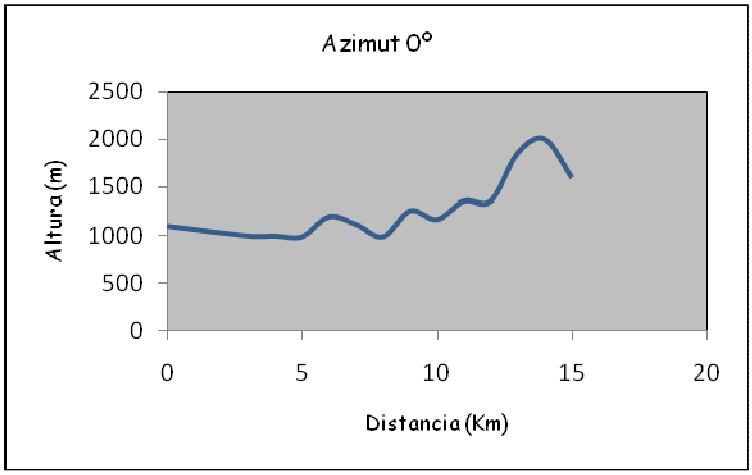
hca = 50 m

hr = 1052 m

Azimut 0º

DISTANCIA (m)	hsm
3000	1000
4000	1000
5000	990
6000	1200
7000	1120
8000	990
9000	1260
10000	1170
11000	1360
12000	1360
13000	1860
14000	2000
15000	1600

PERFIL TOPOGRÁFICO



$$\overline{hsm} = \frac{1000 + 1000 + 990 + 1200 + 1120 + 990 + 1260 + 1170 + 1360 + 1360 + 1860 + 2000 + 1600}{13}$$

$$\overline{hsm} = 1223.85 \text{ m}$$

$$hef = 1052 + 50\text{-}1223..85 = -121.85 \text{ m}$$

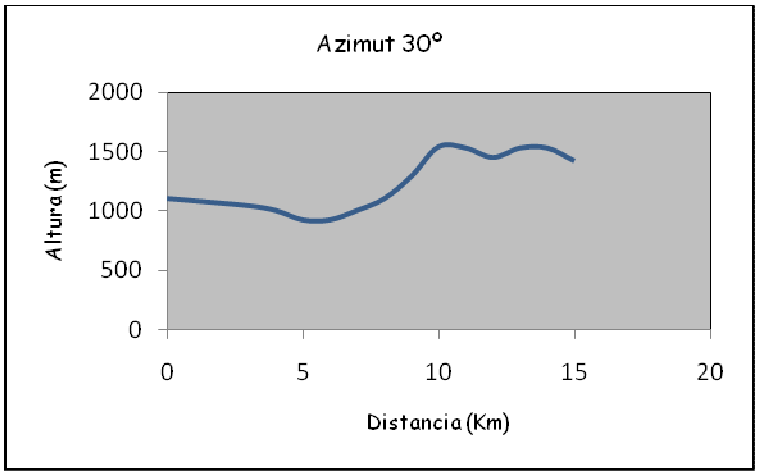
$$\therefore \; hef = 200 \text{ m}$$

$$hef' = \frac{200}{(1 + 7 * 10^{-6} * 200^2)^{1/2}} = 176.78 \text{ m}$$

Azimut 30º

DISTANCIA (m)	hsm
3000	1040
4000	1000
5000	920
6000	920
7000	1000
8000	1100
9000	1290
10000	1540
11000	1530
12000	1450
13000	1530
14000	1530
15000	1420

PERFIL TOPOGRÁFICO



$$\overline{hsm} = \frac{1040 + 1000 + 920 + 920 + 1000 + 1100 + 1290 + 1540 + 1530 + 1450 + 1530 + 1530 + 1420}{13}$$

$$\overline{hsm} = 1251.54 \text{ m}$$

$$hef = 1052 + 50\text{-}1251.54 = -149.54$$

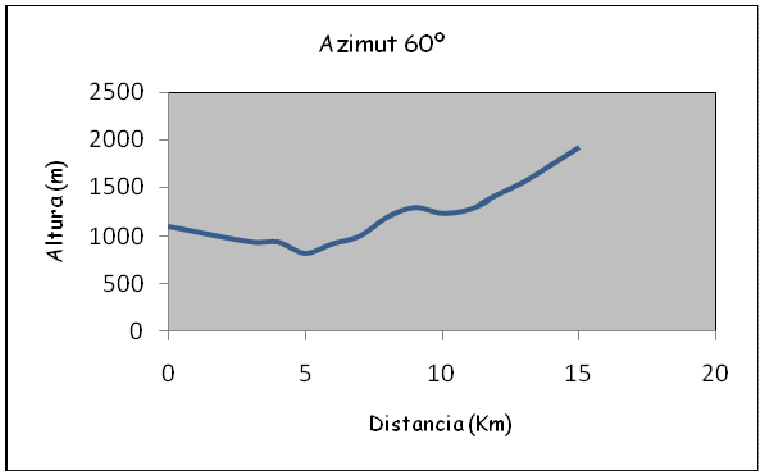
$$\therefore \; hef = 200 \text{ m}$$

$$hef' = \frac{200}{(1 + 7 * 10^{-6} * 200^{2})^{1/2}} = 176.78 \text{ m}$$

Azimut 60º

DISTANCIA (m)	hsm
3000	940
4000	940
5000	820
6000	920
7000	1000
8000	1200
9000	1300
10000	1240
11000	1280
12000	1420
13000	1560
14000	1740
15000	1920

PERFIL TOPOGRÁFICO



$$\overline{hsm} = \frac{940 + 940 + 820 + 920 + 1000 + 1200 + 1300 + 1240 + 1280 + 1420 + 1560 + 1740 + 1920}{13}$$

$$\overline{hsm} = 1252.31 \text{ m}$$

$$hef = 1052 + 50\text{-}1252.31 = -150.31$$

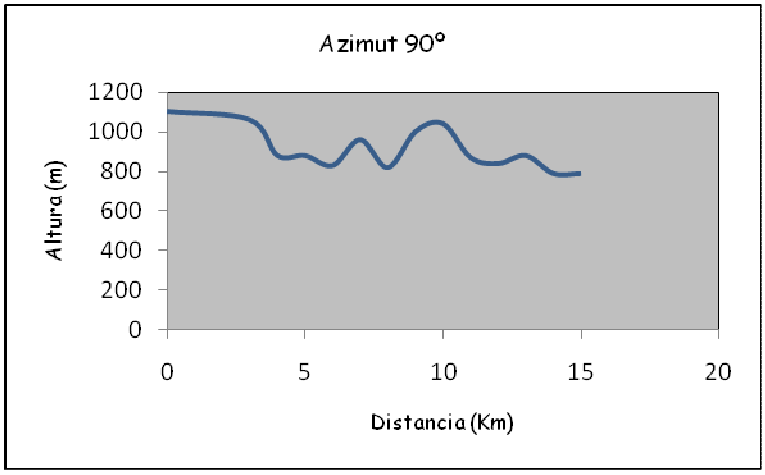
$$\therefore \; hef = 200 \text{ m}$$

$$hef' = \frac{200}{(1 + 7 * 10^{-6} * 200^{2})^{1/2}} = 176.78 \text{ m}$$

Azimut 90º

DISTANCIA (m)	hsm
3000	1060
4000	880
5000	880
6000	830
7000	960
8000	820
9000	1000
10000	1040
11000	870
12000	840
13000	880
14000	790
15000	790

PERFIL TOPOGRÁFICO



$$\overline{hsm} = \frac{1060 + 880 + 880 + 830 + 960 + 820 + 1000 + 1040 + 870 + 840 + 880 + 790 + 790}{13}$$

$$\overline{hsm} = 895.38 \text{ m}$$

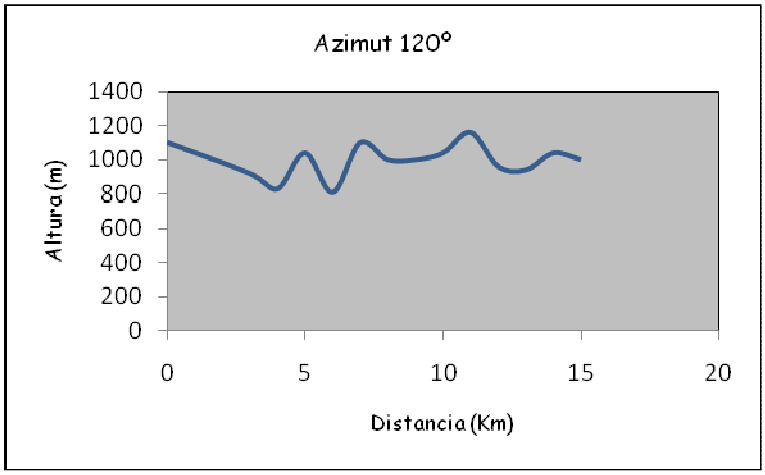
$$hef = 1052 + 50 - 895.38 = 206.62 \text{ m}$$

$$hef' = \frac{206.62}{(1 + 7 * 10^{-6} * 206.62^{2})^{1/2}} = 181.29 \text{ m}$$

Azimut 120º

DISTANCIA (m)	hsm
3000	920
4000	830
5000	1040
6000	810
7000	1100
8000	1000
9000	1000
10000	1040
11000	1160
12000	960
13000	940
14000	1040
15000	1000

PERFIL TOPOGRÁFICO



$$\overline{hsm} = \frac{920 + 830 + 1040 + 810 + 1100 + 1000 + 1000 + 1040 + 1160 + 960 + 940 + 1040 + 1000}{13}$$

$$\overline{hsm} = 987.69 \text{ m}$$

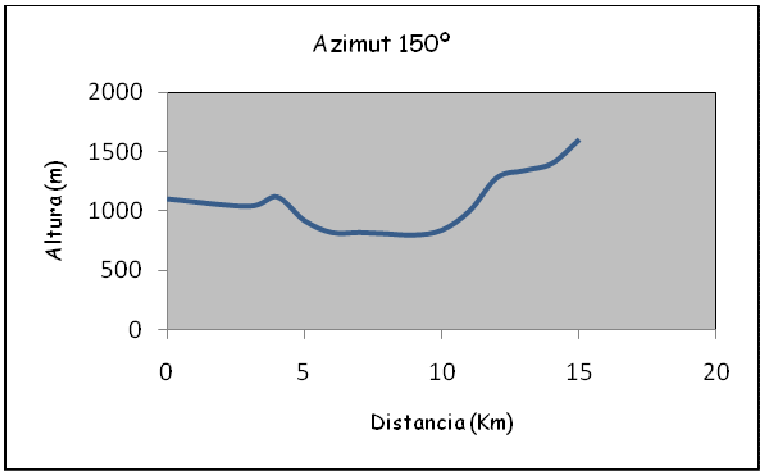
$$hef = 1052 + 50 - 987.69 = 114.31 \text{ m}$$

$$hef' = \frac{114.31}{(1 + 7 * 10^{-6} * 114.31^{2})^{1/2}} = 109.42 \text{ m}$$

Azimut 150º

DISTANCIA (m)	hsm
3000	1040
4000	1120
5000	920
6000	820
7000	820
8000	810
9000	800
10000	840
11000	1000
12000	1280
13000	1340
14000	1400
15000	1600

PERFIL TOPOGRÁFICO



$$\overline{hsm} = \frac{1040 + 1120 + 920 + 820 + 820 + 810 + 800 + 840 + 1000 + 1280 + 1340 + 1400 + 1600}{13}$$

$$\overline{hsm} = 1060.77 \text{ m}$$

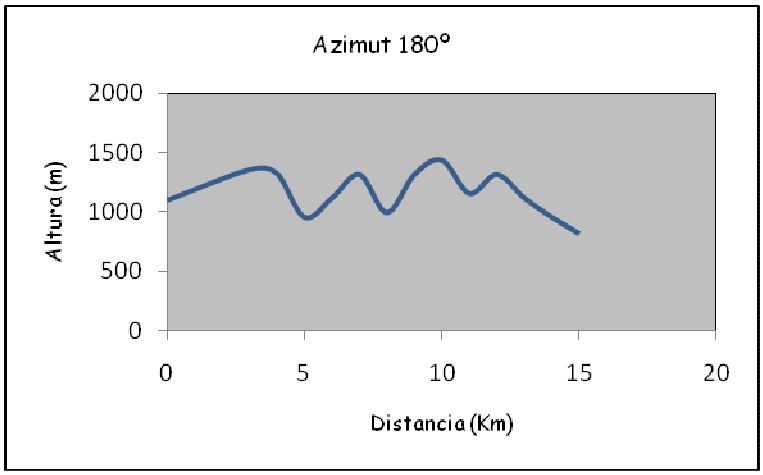
$$hef = 1052 + 50 - 1060.77 = 41.23 \text{ m}$$

$$hef' = \frac{41.23}{(1 + 7 * 10^{-6} * 200^{2})^{1/2}} = 40.99 \text{ m}$$

Azimut 180º

DISTANCIA (m)	hsm
3000	1360
4000	1330
5000	960
6000	1120
7000	1320
8000	1000
9000	1320
10000	1440
11000	1160
12000	1320
13000	1120
14000	960
15000	820

PERFIL TOPOGRÁFICO



$$\overline{hsm} = \frac{1360 + 1330 + 960 + 1120 + 1320 + 1000 + 1320 + 1440 + 1160 + 1320 + 1120 + 960 + 820}{13}$$

$$\overline{hsm} = 1171.54 \text{ m}$$

$$hef = 1052 + 50 - 1171.54 = -69.54 \text{ m}$$

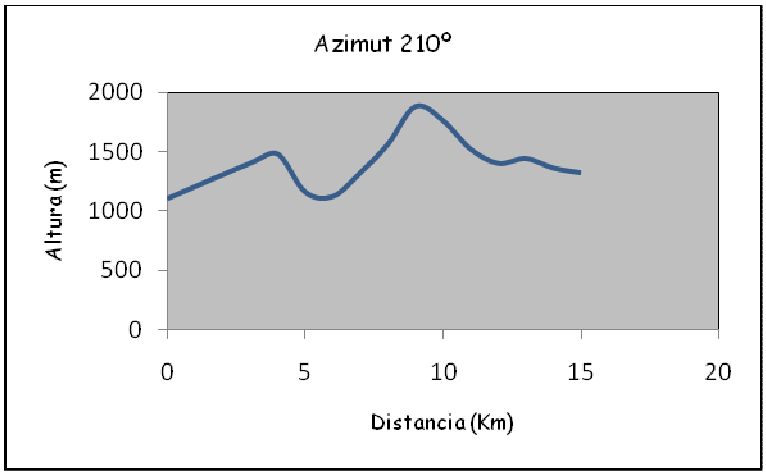
$$\therefore \; hef = 200 \text{ m}$$

$$hef' = \frac{200}{(1 + 7 * 10^{-6} * 200^{2})^{1/2}} = 176.78 \text{ m}$$

Azimut 210º

DISTANCIA (m)	hsm
3000	1400
4000	1480
5000	1160
6000	1120
7000	1320
8000	1560
9000	1880
10000	1760
11000	1520
12000	1400
13000	1440
14000	1360
15000	1320

PERFIL TOPOGRÁFICO



$$\overline{hsm} = \frac{1400 + 1480 + 1160 + 1120 + 1320 + 1560 + 1880 + 1760 + 1520 + 1400 + 1440 + 1360 + 1320}{13}$$

$$\overline{hsm} = 1440 \text{ m}$$

$$hef = 1052 + 50\text{-}1073.07 = -338 \text{ m}$$

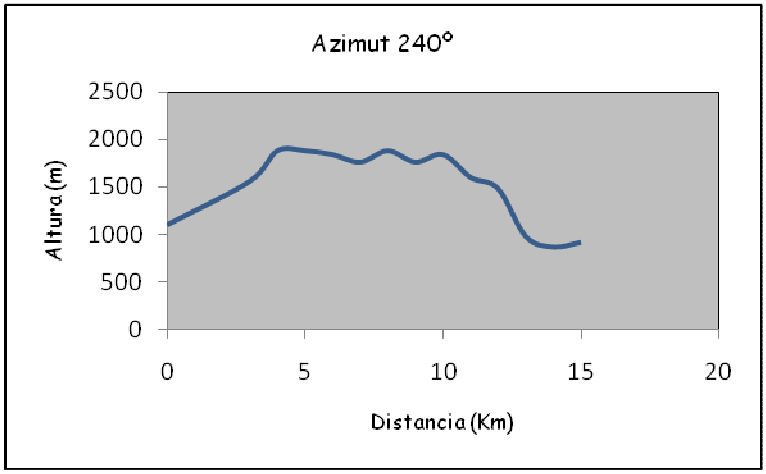
$$\therefore \; hef = 200 \text{ m}$$

$$hef' = \frac{200}{(1 + 7 * 10^{-6} * 200^{2})^{1/2}} = 176.78 \text{ m}$$

Azimut 240º

DISTANCIA (m)	hsm
3000	1560
4000	1880
5000	1880
6000	1840
7000	1760
8000	1880
9000	1760
10000	1840
11000	1600
12000	1480
13000	980
14000	870
15000	920

PERFIL TOPOGRÁFICO



$$\overline{hsm} = \frac{1560 + 1880 + 1880 + 1840 + 1760 + 1880 + 1760 + 1840 + 1600 + 1480 + 980 + 870 + 920}{13}$$

$$\overline{hsm} = 1557.69 \text{ m}$$

$$hef = 1052 + 50\text{-}1264.61 = -455.69 \text{ m}$$

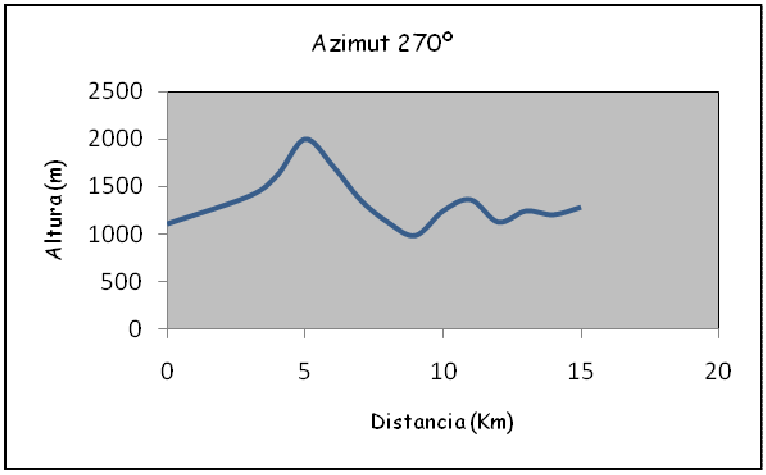
$$\therefore \; hef = 200 \text{ m}$$

$$hef' = \frac{200}{(1 + 7 * 10^{-6} * 200^{2})^{1/2}} = 176.78 \text{ m}$$

Azimut 270º

DISTANCIA (m)	hsm
3000	1400
4000	1620
5000	2000
6000	1720
7000	1360
8000	1120
9000	980
10000	1240
11000	1360
12000	1120
13000	1240
14000	1200
15000	1280

PERFIL TOPOGRÁFICO



$$\overline{hsm} = \frac{1040 + 1620 + 2000 + 1720 + 1360 + 1120 + 980 + 1240 + 1360 + 1120 + 1240 + 1200 + 1280}{13}$$

$$\overline{hsm} = 1329.23 \text{ m}$$

$$hef = 1052 + 50\text{-}1329.23 = -227.23 \text{ m}$$

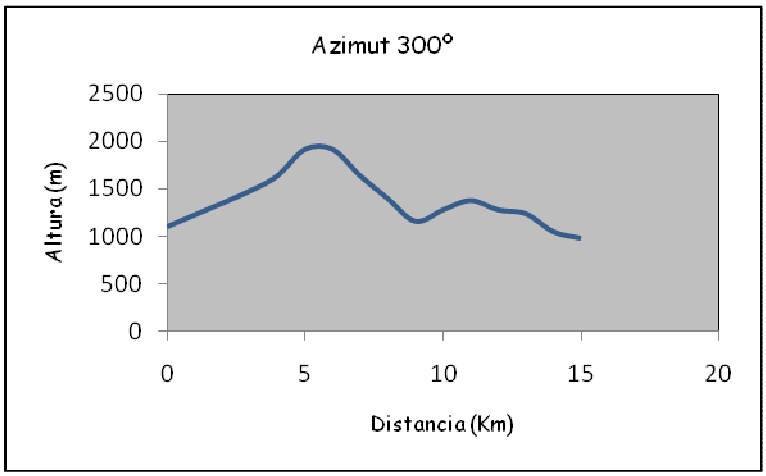
$$\therefore \; hef = 200 \text{ m}$$

$$hef' = \frac{200}{(1 + 7 * 10^{-6} * 200^{2})^{1/2}} = 176.78 \text{ m}$$

Azimut 300º

DISTANCIA (m)	hsm
3000	1480
4000	1640
5000	1920
6000	1920
7000	1640
8000	1400
9000	1160
10000	1280
11000	1380
12000	1280
13000	1240
14000	1050
15000	980

PERFIL TOPOGRÁFICO



$$\overline{hsm} = \frac{1480 + 1640 + 1920 + 1920 + 1640 + 1400 + 1160 + 1280 + 1380 + 1280 + 1240 + 1050 + 980}{13}$$

$$\overline{hsm} = 1413.07 \text{ m}$$

$$hef = 1052 + 50\text{-}1413.07 = -311.07 \text{ m}$$

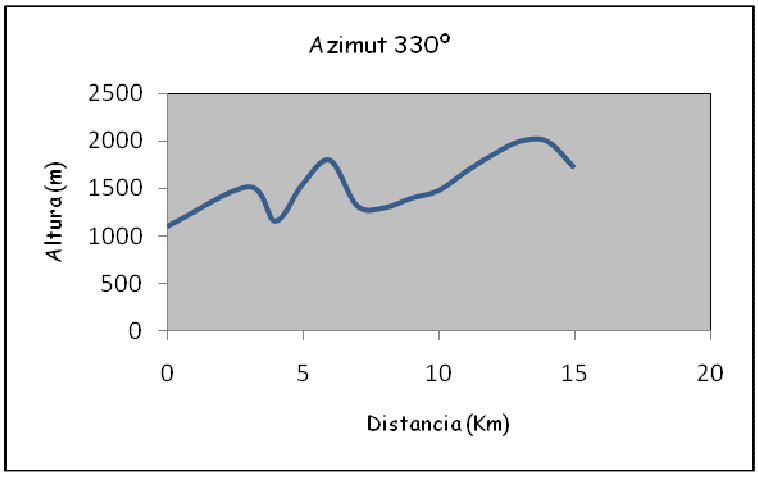
$$\therefore \; hef = 200 \text{ m}$$

$$hef' = \frac{200}{(1 + 7 * 10^{-6} * 200^{2})^{1/2}} = 176.78 \text{ m}$$

Azimut 330º

DISTANCIA (m)	hsm
3000	1520
4000	1160
5000	1550
6000	1800
7000	1320
8000	1300
9000	1400
10000	1480
11000	1680
12000	1860
13000	2000
14000	2000
15000	1720

PERFIL TOPOGRÁFICO



$$\overline{hsm} = \frac{1520+1160+1550+1800+1320+1300+1400+1480+1680+1860+2000+2000+1720}{13}$$

$$\overline{hsm} = 1599.23\,\text{m}$$

$$hef = 1052 + 50\text{-}1599.23 = -497.23\,\text{m}$$

$$\therefore\ hef = 200\,\text{m}$$

$$hef' = \frac{200}{(1+7*10^{-6}*200^{2})^{1/2}} = 176.78\,\text{m}$$

Al igual que para el proyecto Nayumbe, con los valores de hef y hef' se procede a calcular la distancia de cobertura para cada radial.

En la tabla de 3.6. se pueden encontrar los valores de campo eléctrico así como de la distancia de cobertura para cada radial.

En la figura 3.5. se puede apreciar el área de cobertura para el Proyecto Yantzaza.

E = 38.5 dBµV/m

P_{Tx} = 14.77 dBW

G_{Tx} = 6 dB

Lr =0.735 dB

f =138.075 Mhz

a(hm) = 0

b (d ≤ 20Km) = 1 ó b (d > 20 Km) = $1+(0.14+1.87*10^{-4}*f+1.07*10^{-3}*hef')(\log(d/20))^{0.8}$

Azimut	**0º**	**30º**	**60º**	**90º**	**120º**	**150º**	**180º**	**210º**	**240º**	**270º**	**300º**	**330º**
hef(m)	**200**	**200**	**200**	**206.62**	**114.31**	**41.23**	**200**	**200**	**200**	**200**	**200**	**200**
hef'(m)	**176.78**	**176.78**	**176.78**	**181.29**	**109.42**	**40.99**	**176.78**	**176.78**	**176.78**	**176.78**	**176.78**	**176.78**
d(km)												
5	81.25	81.25	81.25	81.51	76.78	68.63	81.25	81.25	81.25	81.25	81.25	81.25
10	72.27	72.27	72.27	72.56	67.32	58.30	72.27	72.27	72.27	72.27	72.27	72.27
15	67.02	67.02	67.02	67.33	61.79	52.26	67.02	67.02	67.02	67.02	67.02	67.02
20	63.29	63.29	63.29	63.61	57.87	47.97	63.29	63.29	63.29	63.29	63.29	63.29
25	59.63	59.63	59.63	59.95	54.17	44.12	59.63	59.63	59.63	59.63	59.63	59.63
30	56.49	56.49	56.49	56.81	51.04	40.88	56.49	56.49	56.49	56.49	56.49	56.49
35	53.70	53.70	53.70	54.01	48.27	38.05	53.70	53.70	53.70	53.70	53.70	53.70
40	51.16	51.16	51.16	51.46	45.77	-	51.16	51.16	51.16	51.16	51.16	51.16
45	48.82	48.82	48.82	49.12	43.49	-	48.82	48.82	48.82	48.82	48.82	48.82
50	46.65	46.65	46.65	46.95	41.39	-	46.65	46.65	46.65	46.65	46.65	46.65
55	44.62	44.62	44.62	44.92	39.44	-	44.62	44.62	44.62	44.62	44.62	44.62
60	42.72	42.72	42.72	43.00	37.61	-	42.72	42.72	42.72	42.72	42.72	42.72
65	40.91	40.91	40.91	41.19	-	-	40.91	40.91	40.91	40.91	40.91	40.91
70	39.20	39.20	39.20	39.47	-	-	39.20	39.20	39.20	39.20	39.20	39.20
75	37.57	37.57	37.57	37.84	-	-	37.57	37.57	37.57	37.57	37.57	37.57
80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COBERTURA(Km)	72.12	72.12	72.12	72.96	57.54	34.16	72.12	72.12	72.12	72.12	72.12	72.12

Tabla 3.6. Valores de Campo Eléctrico y Cobertura Repetidor Yantzaza

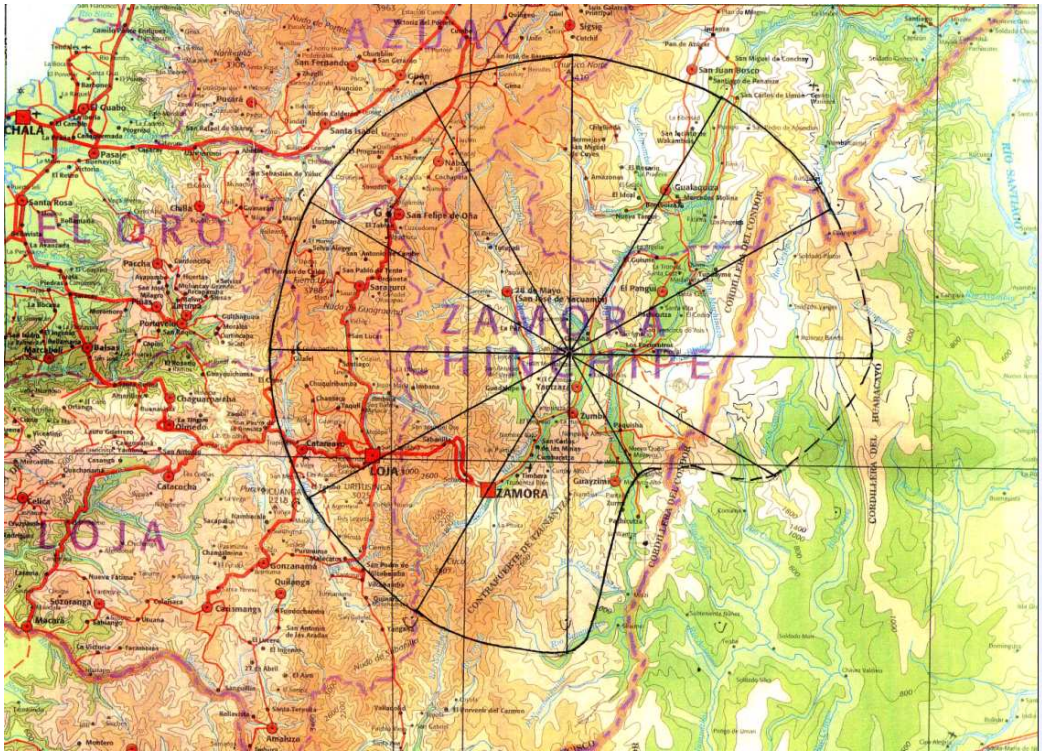


Figura 3.5. Cobertura en el Proyecto Yantzaza

Una vez determinadas las áreas de cobertura en los proyectos se puede constatar que los dos proyectos estarán totalmente cubiertos por las repetidoras, e incluso se tiene la ventaja que la cobertura también abarcará los últimos poblados a los que se tiene acceso con transporte público o privado y en donde se puede acceder a los productos necesarios para abastecer a los dos campamentos; con lo que la comunicación dentro de cada proyecto estará garantizada.

Los documentos que deben presentarse en la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, se encuentran en el Anexo 4.

3.6 DIAGRAMA DEL SISTEMA A IMPLEMENTAR

En la figura 3.6 puede apreciarse un diagrama esquemático del sistema de Radiocomunicaciones móviles que se planea implementar dentro de los proyectos Nayumbe y Yantzaza.

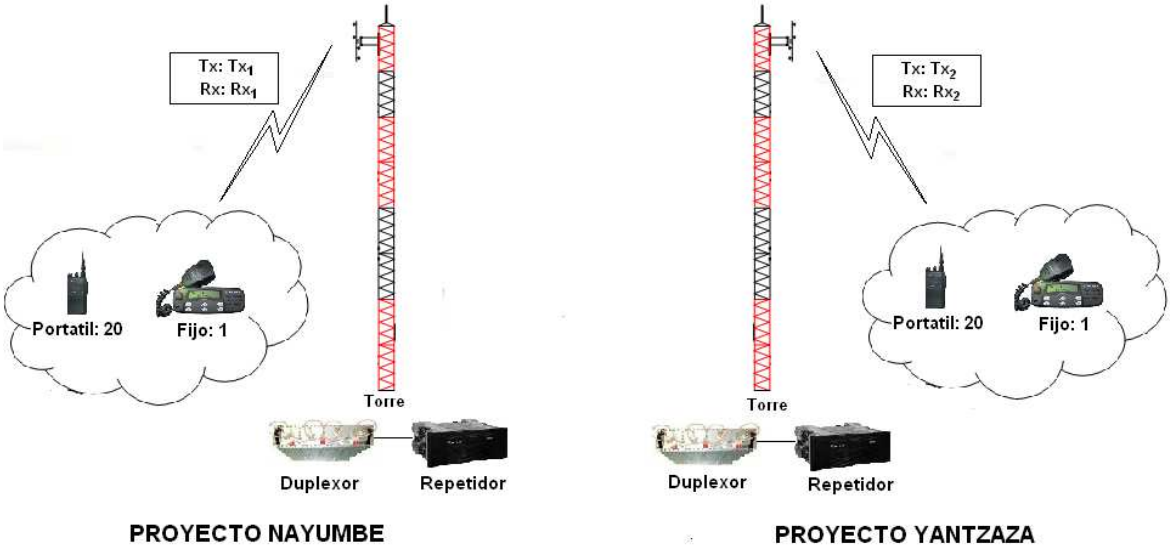


Figura 3.6. Esquema del sistema Radiocomunicaciones Móviles

CAPÍTULO 4. DISEÑO DE LA RED DE RADIO SOBRE IP

4.1 INTRODUCCIÓN

Una vez desarrollados el sistema satelital así como el de radiocomunicaciones móviles se pueden integrar ambos para dar lugar al sistema de Radio sobre IP, que es la base misma de este proyecto ya que este permitirá transportar la comunicación analógica presente en las áreas de concesión minera proveniente de los equipos de radiocomunicación a través de los enlaces satelitales sobre el protocolo IP soportado por los equipos HX-50 de Hughes y de esta manera se tendrá una comunicación constante y directa entre los dos componentes principales de una compañía minera, en este caso Wega Mining Ecuador S.A., la oficina principal situada en la ciudad de Quito con los proyectos mineros en las áreas concesionadas de Nayumbe y Yantzaza.

Al igual que en los sistemas expuestos previamente la ubicación de los equipos estará dentro de los campamentos de cada proyecto ya que adicional al hecho de que en estos se coordina la logística para las labores tanto de exploración como de perforación y explotación, en estos se cuenta con la estructura necesaria para dar el soporte que se requiere para el funcionamiento de estos equipos que sería la provisión de energía eléctrica principalmente a través de los generadores eléctricos que actualmente ya se encuentran en funcionamiento.

4.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

Los sistemas de radio sobre IP conllevan la determinación de algunas características dentro de las cuales la más importante consiste en la determinación del tipo de compresión de voz que se utilizará ya que éste factor va de la mano del ancho de banda dentro del canal que deberá ser utilizado, como se mencionó anteriormente en el Capítulo 2 el códec con el que se trabajará es el G.726 que utiliza la Modulación Diferencial Adaptativa por Pulsos de 32 Kbps o ADPCM 32 Kbps por sus siglas en inglés debido, a su compatibilidad con los equipos satelitales Direcway de Hughes, porque es uno de los cinco códecs soportados por el NXU-2A y por otras características propias de ADPCM 32 Kbps que se detallan a continuación:

- A pesar de que este método de compresión es utilizado preferentemente en redes con portadoras T puede ser usado sin ningún tipo de discriminación en enlaces microonda o satelitales.
- ADPCM 32 kbps ofrece una calidad de voz similar a las líneas terrestres lo que lo convierte en una opción ampliamente aceptada en redes celulares.
- Otra de sus características notables radica en que este método presenta gran tolerancia al efecto en cascada de los vocoders.
- Este método brinda una respuesta confiable en situaciones en que se cuenta con varios nodos, es decir, que antes de alcanzar su destino definitivo la señal deberá ser comprimida y descomprimida en múltiples ocasiones.
- Finalmente y tal vez una de sus características más importantes consiste en que ADPCM no distorsiona las características distintivas de la voz de una persona como si lo hacen otros métodos de compresión.

Es importante mencionar que el MOS, que consiste en una encuesta a diferentes usuarios de los sistemas de voz para evaluar su desempeño en base a los resultados obtenidos que maneja el ADPCM 32 Kbps es de 3.85 y como se explico en el Capítulo 1 se tiene que el valor de 5 es la mayor calificación mientras que 1 sería un valor inaceptable con lo que se tiene que los 3.85 que presenta este método es una valor bueno.

Como se pudo apreciar en el Capítulo 2 el throuhgput que se tendrá para el servicio priorizado de Radio sobre IP a través del enlace satelital con el ADPCM 32 Kbps, será de 39.11 Kbps.

Otra de las características principales dentro de los sistemas de Radio sobre IP es el protocolo de VoIP que utilizará el Gateway de Radio sobre IP en este caso el NXU-2A, sin embargo, JPS Raytheon el fabricante, ha desarrollado un protocolo propietario para sus equipos y cuya información no se encuentra disponible para los usuarios finales de esta tecnología.

4.3 EQUIPO A UTILIZAR

Como ya se había determinado en el Capítulo 1 el componente principal de los sistemas de Radio IP es el gateway de RoIP ya que éste convertirá cualquier lenguaje al utilizado por el protocolo IP y funcionará como origen y destino tanto de las señales de control PTT y COR así, como de las señales de audio que son enviadas a través de la red WAN.

Para el presente diseño se ha decidido utilizar el Gateway NXU-2A de la compañía Raytheon JPS Communication ya que dentro de sus características se tiene el hecho de que proporciona comunicaciones transparentes entre dos sistemas de radio. Igualmente, la unidad en cada extremo podrá ser servidor o cliente según convenga. La NXU-2A posee indicadores frontales que muestran el status del equipo. Para poner en marcha el sistema la configuración inicial se debe realizar a través del puerto serial, sin embargo, una vez operando cualquier navegador de red sirve para monitorear y cambiar los ajustes así como para diagnosticar el desempeño. Otra de las ventajas que presenta este equipo es que para que se de la comunicación solo es necesario oprimir el PTT ya sea en los equipos portátiles o radio bases. Estos equipos no requieren DTMF o multifrecuencia de doble tono que son los diferentes tonos que se utilizan en telefonía para marcar; tampoco necesitan alguna señalización especial con lo que los radios más básicos también pueden funcionar.

Otras de las características relevantes de este equipo son:

- No requiere equipos externos para su operación.
- 5 niveles de compresión de Audio (13-64 kbps).
- 6 niveles de seguridad para restringir el acceso a su configuración.
- Diseñado para muchos años de operación sin mantenimiento.
- Requiere una IP estática.

Las características completas de este equipo pueden encontrarse en el Anexo 5.

Dado que se tendrán dos enlaces de Radio sobre IP, uno de la matriz al campamento del Proyecto Nayumbe y otro de la matriz al campamento del Proyecto Yantzaza se utilizarán un total de cuatro gateways NXU-2A.

Es importante mencionar que según las necesidades de intercomunicación que se pudieran presentar en el futuro en la Compañía Wega Mining Ecuador S.A. ya sea con una mayor cantidad de sucursales en otras ciudades del país o dentro de Quito y a su vez con otros proyectos de concesión minera a lo largo del país se podría cambiar el esquema de conexión que en este caso es directamente entre dos NXU-2A para pasar a un equipo de mayor capacidad que concentre todas las NXU-2A remotas así como otros sistemas de comunicación como telefonía IP. Este equipo sería el ACU-1000 también de la compañía Raytheon JPS Communication puesto, que el ACU-1000 es un sistema para controlar e interconectar varios sistemas de comunicación. Los componentes básicos del sistema son los módulos de interconexión los cuales están diseñados para comunicarse con un sistema en especifico ya sea radio, línea telefónica, operador local, entre otros. Los módulos de interface convierten el tráfico de comunicación en audio y las señales necesarias para su control. Una de las ventajas de este sistema es que aparte del control local de la interconexión de sistemas esto se puede realizar vía radio portátil o móvil con teclados DTMF bastando que estos pertenezcan a alguno de los canales interconectados a la ACU-1000.

En lo que respecta al equipo de Radiocomunicaciones en los proyectos, las NXU-2A se conectarán a las repetidoras MTR2000 para que la comunicación proveniente desde cualquier radio portátil dentro de los campamentos se transmita hacia la matriz y viceversa, es decir, que la información que se emita en la matriz llegue a todos los usuarios de los radios portátiles dentro del área de cobertura de cada repetidora. En la oficina matriz de Quito por otro lado el equipo de Radiocomunicación que se utilizará será la radio base PRO 5100 en un total de dos ya que se necesita una por enlace.

En resumen para los enlaces de Radio sobre IP se necesitarán:

- NXU-2A 4
- PRO 5100 2

4.4 FUNDAMENTOS DE LA OPERACIÓN DEL GATEWAY NXU-2A

El gateway de RoIP NXU-2A está conformado por dos elementos principales, primero se tiene el procesador de red que se encarga de manejar toda las tareas vinculadas con el protocolo IP así como de entregar la interfaz Ethernet y por otro lado se cuenta con el procesador digital de señales que se ocupa de todas las funciones relacionadas con el audio, principalmente la compresión y descompresión de la voz.

Entre las características principales que poseen los NXU-2A, se tiene que estos equipos pueden ser configurados ya sea como cliente o servidor, el equipo configurado como cliente puede establecer y romper conexiones del servidor mientras, que el equipo que actúa como servidor sólo puede aceptar las conexiones IP del cliente. Sin embargo, una vez que la conexión se ha establecido el funcionamiento del equipo es el mismo sin importar cuál es el cliente o el servidor.

Una vez que un NXU-2A se enciende éste espera por una conexión si está configurado como servidor o intenta conectarse con el servidor si trabaja como cliente. El servidor al que el cliente intenta conectarse es el que tiene una dirección IP igual a la dirección SRVRIP configurada en éste. Ésta conexión es una conexión estándar TCP/IP sobre el puerto 1221.

Con la conexión establecida cada procesador digital de señales de los NXU-2A comienza a convertir los datos analógicos a digital y comprimirlos para reducir el ancho de banda que ocuparán a través de la red wan hasta llegar al equipo asociado. El proceso de conversión y posterior compresión es continuo, es decir, incluso en el caso de que no se estén cursando datos a través de la red.

El procesador de red en cada NXU-2A comparte un área de memoria común con el procesador digital de señales permitiendo que los datos puedan ser intercambiados entre ambos de una manera rápida y eficiente.

Cuando el procesador de red detecta que la línea de entrada COR se activa éste agrupa las tramas de audio digital comprimido por el procesador digital de señales y los empaqueta para que sean transmitidos a través de la red. Estos paquetes de audio son enviados al NXU-2A remoto a través del enlace usando UDP sobre el

puerto 1221. Adicional a la información de audio los paquetes contienen también información sobre el estado de las líneas de COR y AUX IN. Una vez que los paquetes son recibidos al otro extremo del enlace el procesador de red separa el audio de la información de estado y actualiza la salida PTT de la unidad y la línea AUX OUT en base a la información de estado. Las tramas de audio posteriormente son enviadas al procesador digital de señales para que sean descomprimidas. Cuando el procesador digital de señales ha completado la descompresión de una trama éste envía las muestras resultantes al conversor digital a analógico que entrega la señal analógica de audio al puerto de salida de audio del equipo. Este proceso puede llevarse acabo en ambas direcciones simultáneamente ya que estos equipos soportan operación full dúplex.

Si la señal de COR no está activa el equipo NXU-2A enviará un paquete vacío cada 4 segundos para evitar desconexiones por time out.
El reloj maestro del procesador digital de señales es la fuente de reloj para las conversiones A/D y D/A así como para la transmisión de paquetes a través de la red.

4.5 CONFIGURACIÓN DEL GATEWAY NXU-2A

Para la configuración de un NXU-2A en primera instancia se requiere de la asignación de una dirección IP así como de la determinación de si éste trabajará como cliente o servidor. Para realizar la configuración inicial del equipo se debe utilizar un cable serial RS-232; no obstante, si el equipo ya ha sido configurado previamente, es decir, ya tiene una dirección IP y es parte de una red, se puede cambiar la configuración del equipo mediante una sesión telnet o a través del explorador o browser.

Todos los Gateway NXU-2A vienen con una configuración de fábrica en la que se tiene que éstos están configurados como Servidor, con la dirección IP: 192.168.1.200, con la máscara de Subred: 255.255.255.0 y con el Gateway IP: 0.0.0.0. En el caso de que estos parámetros sean compatibles con la red a implementar se puede conectar el equipo a dicha red y realizar las configuraciones vía browser o telnet.

4.5.1 CONFIGURACIÓN A TRAVÉS DE PROGRAMA TERMINAL MTTY.EXE

Para configurar el NXU-2A usando el puerto serial se debe conectar un cable DB9 directo estándar entre el puerto J4 de este equipo y el puerto COM de una computadora. Los gateways NXU-2A vienen con una configuración del puerto serial de 115200 baudios, 8 bits de datos, sin paridad y con 1 bit de parada; no necesita control de flujo de hardware.

La configuración inicial puede hacerse a través de un programa terminal, en este caso, estos equipos vienen con un programa compatible con Windows llamado MTTY.exe. Se deben elegir los siguientes parámetros: el puerto COM al que se conectará la computadora, 9600 Baudios, sin paridad, 8 bits de datos, 1 bit de parada, y se debe seleccionar Display errors y Autowrap. Una vez que el cable serial está conectado y se está corriendo el programa terminal con los parámetros previamente definidos, se debe alimentar de energía al NXU-2A y después de 10 segundos se deben teclear tres signos más +++ en el lapso de 1 segundo. Si la unidad responde con OK se está dentro del modo de comandos. Para conocer todos los comandos disponibles se debe escribir HELP y enter. Los cambios realizados se guardan con el comando SAVE y enter. En la gráfica 4.1. se puede observar la ventana del programa MTTY.exe.

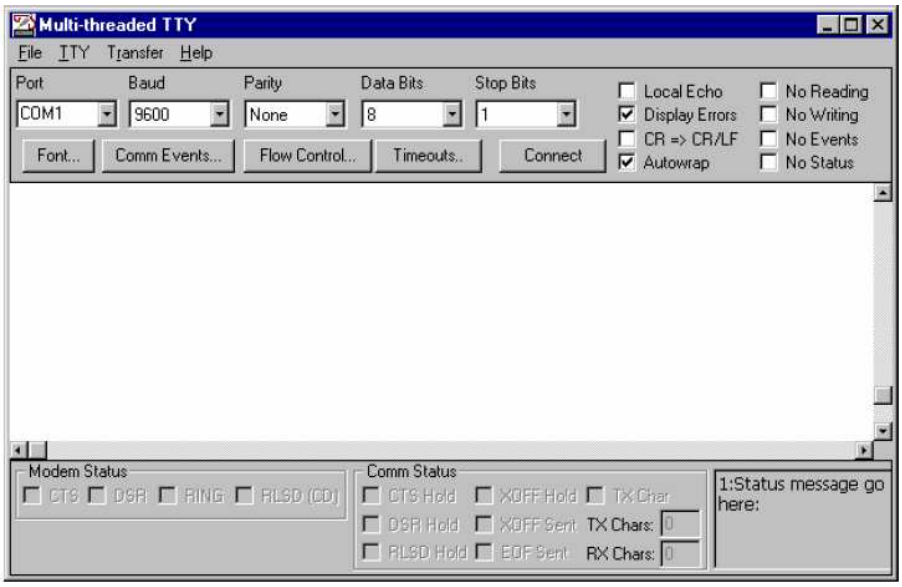


Figura 4.1. Programa MTTY.exe

4.5.2 CONFIGURACIÓN A TRAVÉS DE NXU-2A SETUP UTILITY

Dentro del CD de aplicaciones que viene con el NXU-2A está incluido el programa Setup Utility que puede correr sobre Windows. Para utilizar este programa primero se debe conectar con un cable serial directo el NXU-2A con la computadora, posteriormente se debe alimentar el equipo con energía y abrir el programa dando un doble click sobre este.

Por defecto, este programa utiliza el puerto COM 1, por lo que en caso de utilizar otro se lo debe seleccionar dentro del menú Archivo.

Dentro de este programa gráfico se pueden elegir las opciones que se requieren dentro de varios menús presentes, una vez realizados los cambios se pueden guardar los mismos dando un click sobre el botón Update Settings. La ventana NXU-2A Settings se puede apreciar en la figura 4.2.

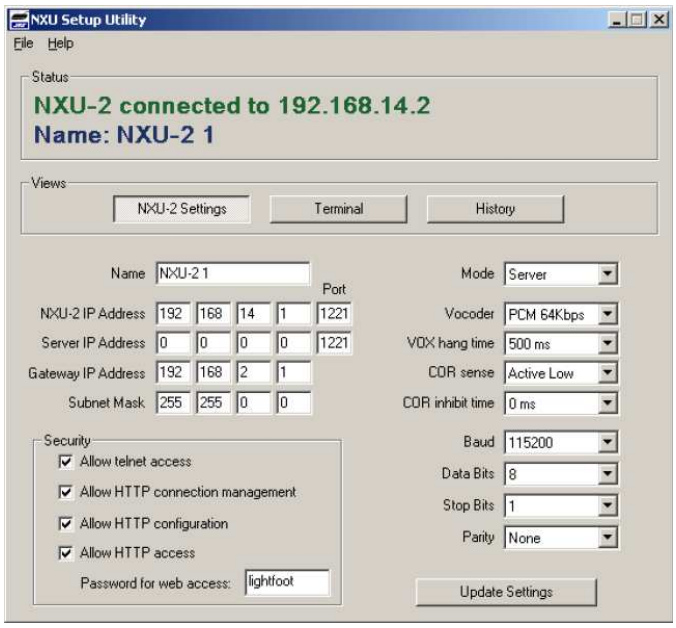


Figura 4.2 Ventana NXU-2 Settings

El programa Setup Utility tiene la ventaja de que permite al usuario mirar los comandos que están siendo enviados y recibidos desde el NXU-2A.

Este programa también presenta la opción de ingresar en un modo de comandos si se da un click sobre el botón Terminal. Los comandos deben escribirse dentro de la ventana Command Entry posterior a lo cual debe darse un click sobre el botón Send. Si se cierra la ventana de comandos por alguna desconexión o

apagado del equipo se debe dar un click sobre el botón Attention, para recuperar esta ventana. En la figura 4.3 se puede observar la ventana Terminal.

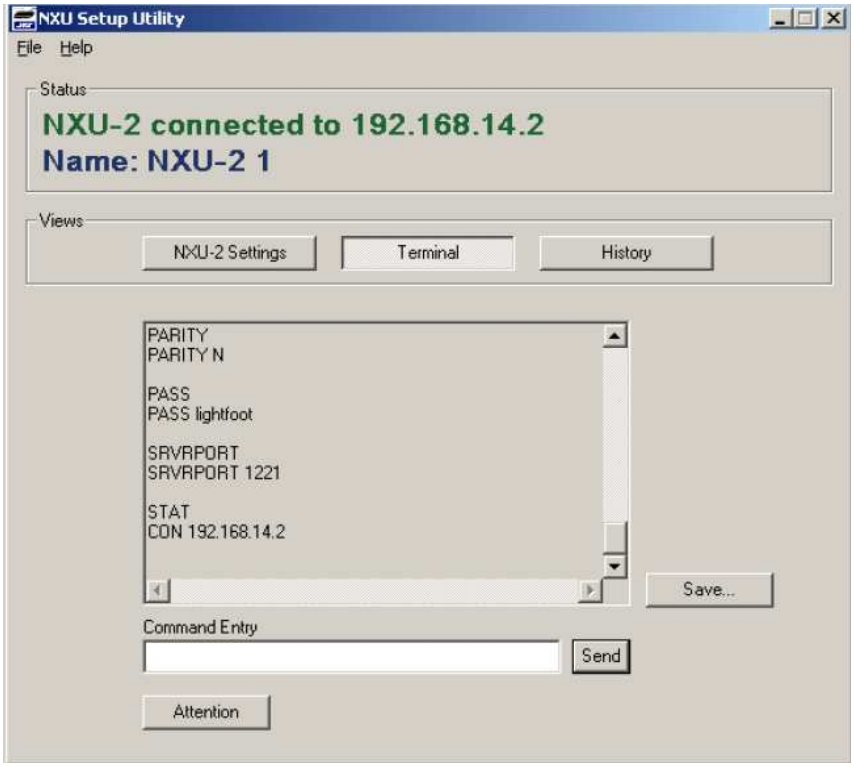


Figura 4.3. Ventana Terminal

Otra de las opciones que brinda el programa Setup Utility, es que se puede mantener un histórico de la configuración de diversos NXU-2A; para conseguir esto, una vez realizada la configuración del equipo se debe dar un click sobre el botón History para acceder a esta ventana y una vez aquí es necesario escribir el nombre que se le quiera dar el equipo y confirmarlo con un click sobre el botón Add Current; para revisar la configuración de los equipos almacenados se debe elegir el equipo que se requiera dentro de la lista. En caso de que se requiera retirar algún equipo de esta lista, se lo debe señalar y dar un click sobre el botón Remove. En la figura 4.4. se puede observar la ventana History.

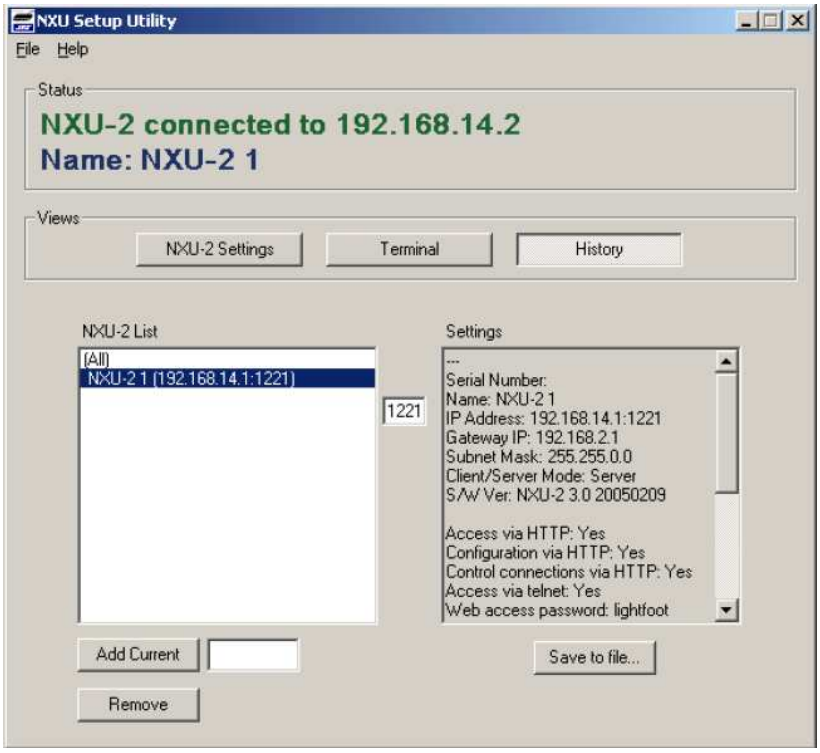


Figura 4.4. Ventana History

4.5.3 CONFIGURACIÓN A TRAVÉS DE TELNET O EXPLORADOR WEB

Una vez que se le ha asignado una dirección IP a un NXU-2A y se está dentro de la red seleccionada, es posible configurar al equipo ya sea a través de una sesión telnet o por el explorador web.

Si se desea configurar el equipo a través de una sesión telnet, los pasos a seguir son los mismos que con el programa terminal MTTY.exe, salvo que no es necesario teclear los 3 signos de más +++ para entrar al modo de comandos; la sesión telnet se desconectará después de 2 minutos sin actividad o ingresando el comando LOGOUT.

Para ingresar a través del explorador web, se debe ingresar la dirección IP del equipo. La ventana del explorador web se puede observar en la figura 4.5.

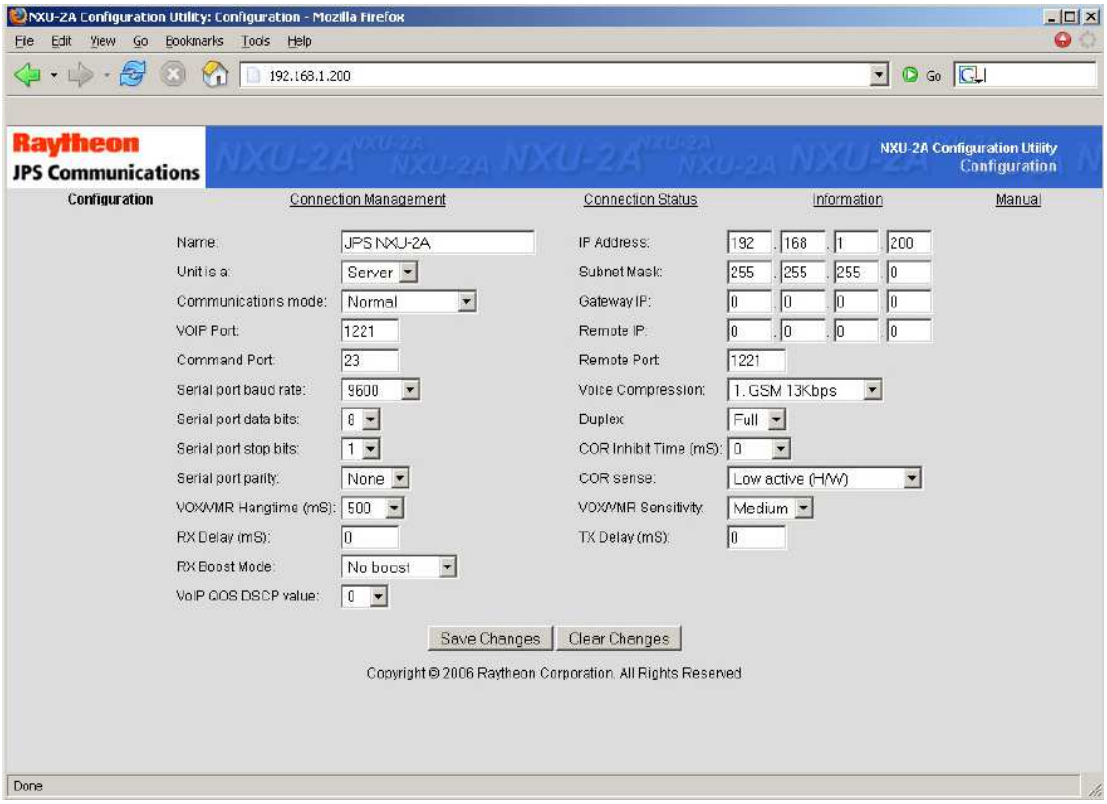


Figura 4.5. Ventana del explorador web

4.5.4 CONFIGURACIÓN DE LOS GATEWAY NXU-2A DE LA RED

Dadas las características que deben cumplir estos enlaces de radio sobre IP y que se debe partir desde cero, es decir, con la configuración inicial, a continuación se detallan los comandos que deben ingresarse en el programa terminal MTTY.exe.

Se había determinado en el capítulo 2, que la red que utilizará el enlace Nayumbe-Quito será la 10.100.0.0 /30, mientras que la del enlace Yantzaza-Quito será la 10.200.0.0 /30 y al no utilizar un router, es decir, no se tendrá un default gateway, los comandos a utilizar serán:

NXU-2A Quito1:

- MYIP 10.100.0.1
- SUBNET 255.255.255.252
- GATEIP 0.0.0.0

NXU-2A Nayumbe:

- MYIP 10.100.0.2

- SUBNET 255.255.255.252
- GATEIP 0.0.0.0

NXU-2A Quito2:

- MYIP 10.200.0.1
- SUBNET 255.255.255.252
- GATEIP 0.0.0.0

NXU-2A Yantzaza:

- MYIP 10.200.0.2
- SUBNET 255.255.255.252
- GATEIP 0.0.0.0

Previamente en este capítulo se había definido la función y connotación que tenía el hecho de que estos gateways sean configurados como cliente o servidor y dado que lo primordial para esta compañía es informar desde Quito todo tipo de novedades e indagar por los avances que se vayan teniendo en cada uno de los proyectos, se ha determinado que los equipos ubicados en la oficina matriz de Quito serán clientes mientras que los equipos situados en los campamentos serán servidores, en los clientes se debe determinar adicionalmente la dirección IP del equipo servidor así como su puerto que en este caso será el 1221; con lo que los comandos a implementar serán:

NXU-2A Quito1:

- CONMODE 0
- SRVRIP 10.100.0.2
- SRVRPORT 1221

NXU-2A Nayumbe:

- CONMODE 1

NXU-2A Quito2:

- CONMODE 0
- SRVRIP 10.200.0.2
- SRVRPORT 1221

NXU-2A Yantzaza:

- CONMODE 1

Otra de las características que deben ser configuradas, es el COR, del cual ya se había hablado en este capítulo. Existen cuatro opciones que ofrecen estos equipos dentro de las que se tiene el COR activo con sensibilidad baja o alta en el caso de tener una entrada de COR, el VOX en el caso de no tener una entrada de COR, ya que este detecta señales de audio de los equipos de radio para controlar el flujo de audio entre los NXU-2A o el VMR en el cual la unidad debe detectar una conversación antes de que la señal sea aceptada. En el caso del presente diseño se ha optado por utilizar la opción de VOX ya que con esto sería indiferente si los equipos de radio tienen o no una entrada de COR. El comando que debe ser configurado en las NXU-2A es:

NXU-2A Quito1:

- COR 2

NXU-2A Nayumbe:

- COR 2

NXU-2A Quito2:

- COR 2

NXU-2A Yantzaza:

- COR 2

El modo dúplex de operación en que trabajaran estos equipos es el Half dúplex por lo que el comando a implementar será:

NXU-2A Quito1:

- DUPLEX 1

NXU-2A Nayumbe:

- DUPLEX 1

NXU-2A Quito2:

- DUPLEX 1

NXU-2A Yantzaza:

- DUPLEX 1

Como consecuencia de utilizar VOX, es necesario definir un tiempo prudencial en el cual este debe continuar habilitado después de que deja de percibir señales de audio ya sea por una pausa o silencios involuntarios. Este tiempo puede seleccionarse desde 500 hasta 4000 ms; en este caso se utilizará el tiempo máximo para evitar cortes en la comunicación:

NXU-2A Quito1:

- HANGTM 4000

NXU-2A Nayumbe:

- HANGTM 4000

NXU-2A Quito2:

- HANGTM 4000

NXU-2A Yantzaza:

- HANGTM 4000

El método de compresión de voz a utilizarse es el ADPCM de 32 Kbps y en vista de que este es el cuarto método de los cinco disponibles, el comando correspondiente para definirlo es:

NXU-2A Quito1:

- VOCODER 4

NXU-2A Nayumbe:

- VOCODER 4

NXU-2A Quito2:

- VOCODER 4

NXU-2A Yantzaza:

- VOCODER 4

El último parámetro que debe ser configurado es el modo de comunicación entre los NXU-2A, estos equipos ofrecen tres opciones, el modo normal en el cual una conexión TCP es iniciada por el cliente hacia el servidor para que el tráfico sea

intercambiado entre los puertos seriales de las unidades junto a un canal unicast UDP para el tráfico VoIP que es el modo por defecto y que se utilizará en este diseño, sin embargo, se tienen otros dos modos que son el no orientado a conexión en el cual solo se tiene el canal unicast UDP para VoIP y el multicast, en el cual los paquetes IP pueden ser enviados desde un origen hacia varios destinos. El comando para seleccionar el modo normal en los equipos es:

NXU-2A Quito1:

- BCAST 0

NXU-2A Nayumbe:

- BCAST 0

NXU-2A Quito2:

- BCAST 0

NXU-2A Yantzaza:

- BCAST 0

Una vez configurados todos los comandos necesarios para el funcionamiento de estos dos enlaces, se debe guardar dicha configuración con el comando SAVE.

4.6 DIAGRAMA DEL SISTEMA INTEGRAL A IMPLEMENTAR

En la figura 4.6 se puede encontrar el sistema integral, es decir, que integra todas las tecnologías utilizadas en el presente diseño.

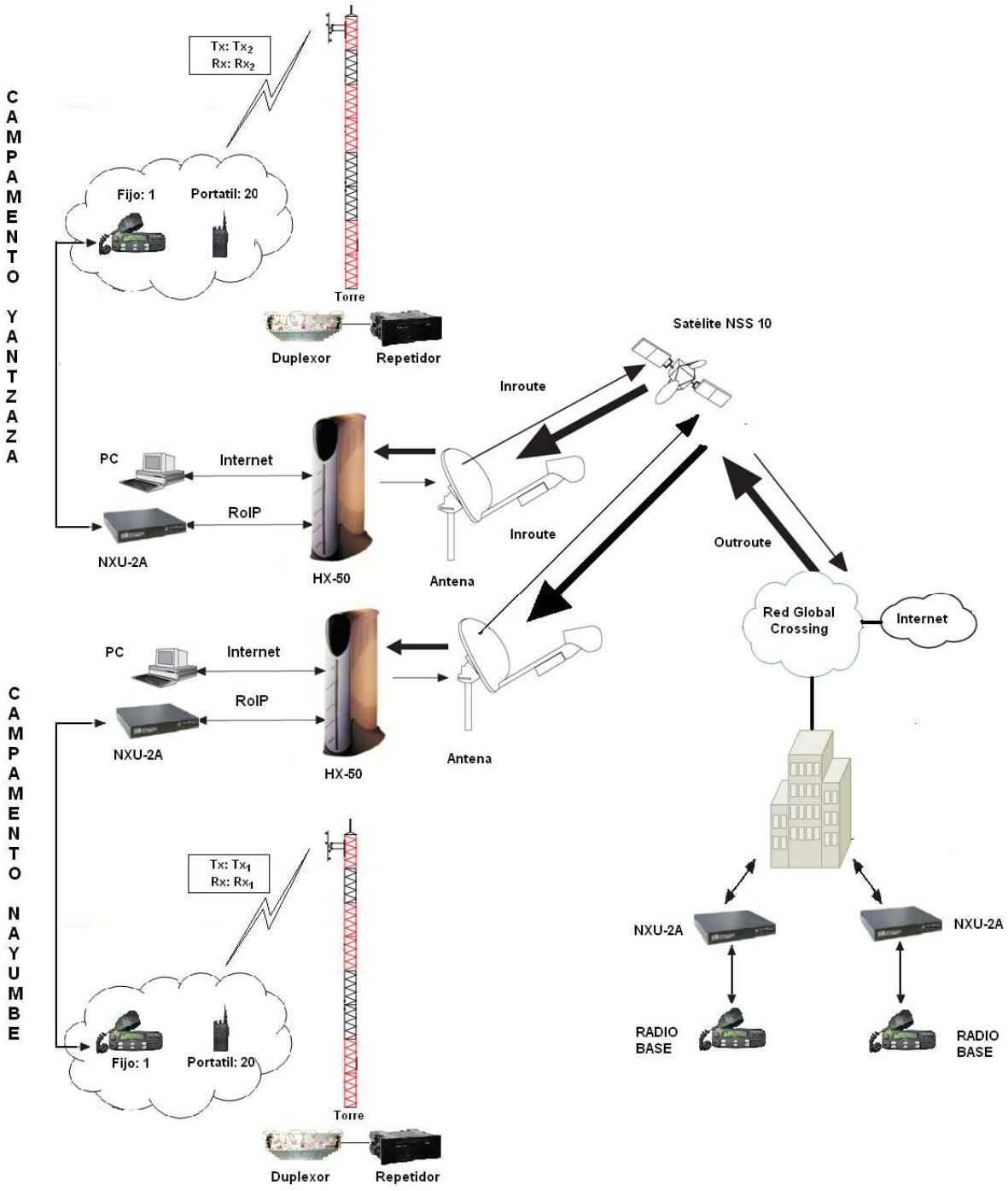


Figura 4.6. Diagrama integral del Sistema de Telecomunicaciones

4.7 COSTO REFERENCIAL DEL PROYECTO

A continuación se presenta un listado de los equipos que deben ser utilizados en el presente proyecto junto al valor económico referencial de cada uno de ellos ya sea unitario como total.

4.7.1 EQUIPOS Y SERVICIOS SATELITALES

Cantidad	Item	Costo Unitario	Costo Total
2	Kit satelital DirecWay High Traffic • Antena Prodelin parabólica Series 1184 de 1.8 m de diámetro • Cabeza de RF Tigris, 2 W. • LNB Norsat DRO 8000 • DIU HX-50.	$2000	$4000
2	Costo del Servicio Mensual	$470	$940

Tabla 4.1. Costo de Equipos y Servicios Satelitales.

Costo único: $ 4000

Costo mensual: $ 940

4.7.2 EQUIPOS DE RADIOCOMUNICACIONES MÓVILES

Cantidad	Item	Costo Unitario	Costo Total
2	• Radio base: PRO 5100	$450	$900
40	• Radio portátil: PRO 5150	$430	$17200
2	• Repetidora: MTR 2000	$1400	$2800
2	• Duplexor: Sinclair Q2220	$1946	$3892
2	• Antena DB-224	$820	$1640
120 m	• Cable Heliax 7/8 LDF5-50A	$21.20	$2544
2	• Torres de Viento de 50 m	$8100	$16200

Tabla 4.2. Costo de Equipos del Sistema de Radiocomunicaciones

Costo único: $ 45176

4.7.3 EQUIPOS DE RADIO SOBRE IP

Cantidad	Item	Costo Unitario	Costo Total
4	• Gateway RoIP: NXU-2A	$2870	$11480
2	• Radio base: PRO 5100	$450	$900

Tabla 4.3. Costo de Equipos del Sistema de Radio Sobre IP

Costo único: $ 12380

COSTO ÚNICO TOTAL: $ 61556

COSTO MENSUAL: $ 940

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Una vez finalizado este proyecto, es posible determinar una serie de conclusiones a las que se ha llegado, dentro de las cuales se pueden mencionar:

- Las necesidades de comunicación de una empresa minera, en esta caso Wega Mining son altas, y en períodos de perforación y explotación de material llegan a ser críticas, sin embargo, debido a la localización de sus emplazamientos, que en un porcentaje elevado se encuentran en regiones rurales, la mayoría de tecnologías de redes de wan disponibles son inviables ya que en el mercado de telecomunicaciones ecuatoriano no se tiene desplegada la infraestructura necesaria que permita brindar una cobertura adecuada en estas zonas.

- La actividad minera al ser un negocio de alto riesgo, es decir, que maneja inversiones bastante cuantiosas sin tener la certeza de que en el área concesionada existan los recursos necesarios como para justificar dicha inversión, requiere de una intercomunicación fluida y en tiempo real entre todos los componentes de esta organización para reducir al máximo fallas por distorsión u omisión de información técnica generada desde cada una de las áreas concesionadas.

- Dado el carácter inhóspito y alejado de los proyectos mineros, la solución de telecomunicaciones que mejor se adapta a los mismos, la constituyen los sistemas satelitales, que a pesar de presentar algunas limitantes respecto a otras soluciones en lo que respecta a capacidades y retardo, ha resultado ser una opción válida y ampliamente acogida en zonas rurales de nuestro país.

- De las varias tecnologías satelitales disponibles en el mercado nacional, se pudo constatar que la que mejor se adaptaba a los requerimientos de este proyecto era la Direct IP High Traffic, ya que además de ofrecer un ancho de banda comprometido, indispensable para la transmisión de voz, se

basa en un IP nativo que facilita en este caso la implementación de aplicaciones como el Radio sobre IP y el acceso a internet.

- El diseño de cualquier red en la que se transmita voz, al ser una aplicación sensible al retardo, debe ser planificada de acuerdo a las recomendaciones de la UIT, es así que el presente diseño se apoyó en la recomendación UIT-T G.114 que determina los efectos del retardo de extremo a extremo en un sentido y en la recomendación UIT-T G.107 que a través del modelo E permite encontrar valores sobre la percepción en el servicio que tendrán los usuarios finales. Al vincular las dos recomendaciones se pudo determinar que el grado de satisfacción al utilizar este sistema será bueno.

- El retardo que en primera instancia podría ser considerado como la principal falencia o desventaja de la transmisión satelital en un sistema de Radio sobre IP o cualquier otro aplicativo de voz, es compensado en el sistema Direct IP High Traffic a través de una serie de configuraciones en el perfil de la remota que incluyen priorización del trafico, control del jitter en aplicaciones sensibles como la voz y reducción en las cabeceras de un paquete RTP de voz de 40 bytes a 7 bytes, con lo cual se asegura que la comunicación sea fluida e inteligible entre los intercomunicadores.

- En vista de que las áreas concesionadas abarcan territorios considerables y que el personal estaba acostumbrado a comunicarse con handies se determinó que la mejor solución para este tipo de proyectos es la implementación de sistemas básicos de despacho, que permita mantener intercomunicado a todo el personal involucrado en las tareas de campo y de logística, primordiales dentro del desarrollo de actividades mineras.

- La cobertura que tendrá la repetidora dentro del sistema básico de despacho es indispensable para que los usuarios de este sistema puedan trasladarse con libertad dentro del área concesionada, es así que resulta primordial la utilización de una torre de telecomunicaciones que permita extender la zona de cobertura y que en un futuro pueda ser parte de la infraestructura existente para la ampliación de servicios de

telecomunicación de la compañía, según las necesidades que ésta vaya teniendo.

- En el caso de que la compañía ya tenga montada una infraestructura civil para el personal como en este caso un campamento por cada área, es importante que estos sean el centro de operación de los sistemas de telecomunicaciones, ya que se deben aprovechar los recursos disponibles principalmente de suministro de energía eléctrica, que ambos los obtienen a través de generadores, para no incurrir en gastos innecesarios para la compañía.

- Los sistemas de Radio sobre IP, pueden no estar ampliamente difundidos en el mercado nacional, sin embargo, al tener varias características en común con los sistemas de VoIP, salvo por los elementos de señalización propios de los radios, se pueden volver una alternativa viable para vincular a los miembros de redes de radiocomunicaciones móviles que se encuentren en sedes separadas por grandes distancias pero que sigan perteneciendo a una misma jurisdicción.

- En los sistemas de Radio sobre IP al igual que en los de VoIP, el codec utilizado tiene un papel preponderante, dado que el mismo determinará el ancho de banda necesario para esta aplicación así como el grado de calidad que tendrá, en este diseño se consideró que el G.726 con ADPCM de 32 Kbps era el más idóneo ya que además de no distorsionar las características distintivas de la voz reduce a la mitad los 64 Kbps de la señal digital de voz PCM.

- Los equipos NXU-2A de Raytheon mostraron tener las características necesarias para ser considerados los gateway de Radio sobre IP de este proyecto, ya que además de lo simple de su configuración e implementación demuestran tener un rendimiento ideal ya sea en sistemas punto a punto como este, así como al constituirse en equipos remotos de un sistema que interconecte varios sistemas de comunicación, a través de un equipo que los concentre como el ACU-1000 también de Raytheon.

- El costo referencial que involucra la implementación del presente diseño se vería justificado e incluso recompensado a un mediano e inclusive corto plazo, si consideramos que actualmente ambas áreas se encuentran aisladas e incomunicadas con su oficina matriz en Quito y que para que el personal pueda comunicarse, estos se deben trasladar desde los campamentos hacia la zona límite hasta la que tienen acceso los vehículos caminando, para desde aquí dirigirse a los poblados más cercanos en que se tenga al menos señal de telefonía celular; lo cual implica un gasto recurrente de transportación, pero sin embargo al hablar de la criticidad de la información manejada, tal vez el tiempo invertido en esta misión puede ser la diferencia entre el éxito o fracaso de todo el trabajo realizado.

5.2 RECOMENDACIONES

Es importante dejar sentadas algunas recomendaciones una vez terminado el presente proyecto:

- Los sistemas convergentes son vitales hoy en día para satisfacer las necesidades de todo tipo de empresas, por tal razón es importante estar bien informado sobre las diferentes tecnologías que permiten ofrecerlos, así como manejar los conocimientos fundamentales involucrados en el funcionamiento de estos.

- Tanto el sector minero como el petrolero, tienen muchas características en común, dentro de las cuales se tiene su ubicación en lugares rurales y apartados, que son negocios que manejan grandes inversiones, que necesitan cursar un alto flujo de información y que las opciones que se les puede ofrecer son limitadas, por este motivo es de gran utilidad mantenerse actualizado sobre las nuevas tecnologías que se les puede brindar, para cubrir sus expectativas.

- Las fuentes de información cada vez son más amplias y con menos restricciones para su acceso, brindándonos la oportunidad de alcanzar un mayor dominio en los temas concernientes a nuestra carrera, es así que no debemos cerrarnos a la investigación puesto que los avances en nuestra área de conocimiento tienen un ritmo bastante acelerado.

- La realización del proyecto de titulación deja un mensaje claro, y es que la formación integral de un ingeniero debe amalgamar, la claridad en los conceptos aprendidos en la universidad con unas prácticas profesionales de calidad que permitan ir consolidando el accionar y desenvolvimiento que un ingeniero debe presentar frente a los retos que vaya asumiendo en el ejercicio de sus labores.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

LIBROS

AUSTERBERRY, David, The Technology of Video&Audio Streaming, Editorial Focal Press, Segunda Edición, pp: 18, año: 2005.

BLACK, Uyless, Redes de Transmisión de Datos y Proceso Distribuido, Ediciones Díaz de Santos, pp: 3, 255, año: 1987.

CABALLERO, José Manuel, Redes de Banda Ancha, Editorial Marcombo, pp: 39-40.

ESPAÑA, María Carmen, Servicios Avanzados de Telecomunicación, Ediciones Díaz de Santos, pp: 381, año: 2003.

HERNANDO RÁBANOS, José María, Comunicaciones Móviles, Segunda Edición, Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, pp: 195-198, año: 1997.

HERRERA, Enrique, Tecnologías y Redes de Transmisión de Datos, Editorial Limusa pp: 64-65, año: 2003.

MINOLI, Daniel, Delivering Voice over IP Networks, Editorial Wiley Computer Publishing, pp: 176 – 178, año: 1998.

MULLER, Nathan, Wireless A to Z, Editorial Mc Graw-Hill, pp: 380 – 385, año: 2003.

SALAVERT, Antonio, Los Protocolos en las Redes de Ordenadores, Ediciones UPC, pp: 112-115.

SENDÍN ESCALONA, Alberto, Fundamentos de los Sistemas de Comunicaciones Móviles, Editorial McGraw-Hill Interamericana, pp: 255-261,263, 269-273, 275-277.

SUN, Zhili, Satellite Networking Principles and Protocols, Editorial John Wiley & Sons Ltda, pp: 10, 283-286, 289-291 año: 2005.

TANENBAUM, Andrew, Redes de Computadoras. Tercera Edición. Prentice Hall. pp: 11-13. 59-63, 165 , año: 1997.

TOMASI, Wayne, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Prentice Hall. Cuarta edición, pp: 801 – 803, 815 – 830, año: 2003.

PAPERS

BIGRIGG, Douglas, Radio Over Internet Protocol (RoIP), Daniels Electronics, 2005.

GONZÁLES, Felipe, VÁSQUEZ Carlos, Guía de Diseño de Redes de Voz por Paquetes en un Entorno Corporativo. pp: 1-6.

HUIDOBRO, José, H.323. Multimedia sobre Redes IP.

SALAVERT, Antonio, Introducción Acceso a WANs, pp: 6, 11-12.

WP-3004-1, RoIP Versus VoIP Solutions, Raytheon JPS Communications.

TESIS

OLIVEROS, Rachid, Comunicaciones Satelitales IP, pp: 30 – 42, Instituto Tecnológico de Buenos Aires, año: 2006.

PEREDO, Sergio, Software para análisis del presupuesto de enlace para comunicaciones vía satélite, Universidad de las Américas Puebla.

SAMANIEGO, Hernán, Diseño de un Sistema Integral de telecomunicaciones para el Proyecto de Generación Hidroeléctrica San Francisco, pp: 41 – 48, 118, Escuela Politécnica Nacional.

SILVA, José, Diseño de un sistema comunal de radiocomunicaciones para empresas de explotación eco-turística en la provincia de Pastaza, pp: 53-58, Escuela Politécnica Nacional.

VALLEJO, Carlos, Manual de Procedimientos para la Revisión y Verificación del Estado y Funcionamiento de Equipos Satelitales y Microonda de la Empresa Impsatel - Ecuador S.A. pp: 2-16 62 -85, Escuela Politécnica del Ejército.

MANUALES

ANILLO, Javier, Servicios Satelitales Impsat, pp: 15 – 18, 32 – 39, IMPSAT, año: 1997.

HURTADO, Alfredo, Manual de Implementación de Servicio Direct IP High Traffic, pp: 2-15, IMPSAT, año: 2006.

RECOMENDACIONES UIT

UIT-T G.107.

UIT-T G.114.

UIT-T G.726

UIT-R P.529-3

UIT-R P.839-3

RESOLUCIONES CONATEL

Resolución No. 265-13-CONATEL-2000, Reglamento y norma técnica para los sistemas comunales de explotación

PAGINAS WEB

http://www.coit.es/publicac/publbit/bit109/quees.htm

http://www.todo-cel.com.ar/info/gsm.html

ANEXO 1

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EQUIPOS SATELITALES

ANTENA PRODELIN PARABÓLICA

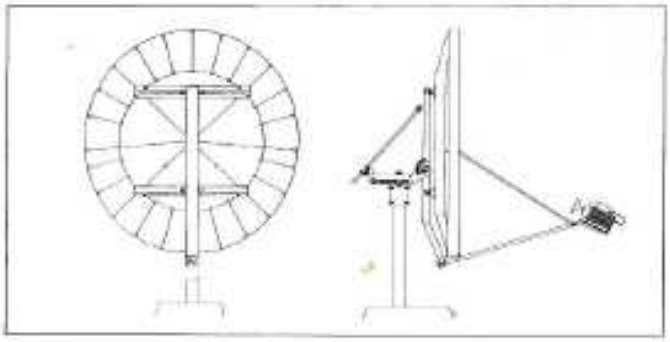
PRODELIN

1.8 Meter
C and Ku-Band
Receive/Transmit
Antenna System
Series 1184

FEATURES

- Precision Compression Molded Offset Reflector
- INTELSAT Approvals
- Non Penetrating Roof Mounts and King Post Available
- Interface Kits For All C and Ku-Band RF Heads in Stock
- Two Axis Tracking Configuration Available
- Reflector/Feed Electrical Anti-Icing Available
- Insat Extended C-Band Available
- ISO 9002 registered; certificate no. A2421

Prodelin Corporation specializes in the design and manufacture of small aperture antennas. The Company has invested heavily in the manufacture of antenna products, especially for direct reception of signals by commercial customers. Prodelin is committed to the production of high quality, low cost and easily deployed antenna systems for operation at frequencies up to 30 GHz. Each system features a sturdy galvanized steel support structure and is available with a variety of feed, mount and pedestal configurations. The Company's products are marketed worldwide.



PRODELIN

"Quality is reflected in everything we do"

SPECIFICATIONS

Series 1184

ELECTRICAL

		C-Band Linear	C-Band Circular	Ku-Band
Antenna Size		1.8M (71 in.)	1.8M (71 in.)	1.8M (71 in.)
Operating Frequency	Receive	3.625 - 4.2 GHz	3.625 - 4.2 GHz	10.95 - 12.75 GHz
	Transmit	5.850 - 6.425 GHz	5.850 - 6.425 GHz	14.0 - 14.5 GHz
Midband Gain (± .2dB)	Receive	35.5 dBi	35.5 dBi	45.0 dBi
	Transmit	39.5 dBi	39.5 dBi	46.5 dBi
Antenna Noise Temperature				
10° elevation		56° K	30° K	44° K
20° elevation		49° K	23° K	38° K
30° elevation		47° K	21° K	35° K
40° elevation		46° K	20° K	33° K
Cross-Pol Isolation (Linear)		>30 dB (on axis)	N/A	>30 dB (on axis)
Axial Ratio (Circular)	Receive	N/A	2.28 dB	N/A
	Transmit	N/A	1.60 dB	N/A
Sidelobe Envelope, Co-Pol				
Mainbeam $<\theta<$ 7°		29-25 Log θ dBi	29-25 Log θ dBi	29-25 Log θ dBi
7° $<\theta<$ 9.2°		+8 dBi	+8 dBi	+8 dBi
9.2° $<\theta<$ 48°		32-25 Log θ dBi	32-25 Log θ dBi	32-25 Log θ dBi
48° $<\theta<$ 180°		-10 dBi (averaged)	-10 dBi (averaged)	-10 dBi (averaged)
VSWR		1.3:1 Max.	1.3:1 Max.	1.3:1 Max.
Feed Interface	Receive	CPR 229 F	CPR 229 F	Available in a variety of designs
	Transmit	CPR 137 or Type N	CPR 137 or Type N	Available in a variety of designs

MECHANICAL

Reflector Material	Glass Fiber Reinforced Polyester SMC
Antenna Optics	Prime Focus, 1 Piece Offset Feed
Mount Type	Elevation over Azimuth
Elevation Adjustment Range	5° to 90°, Continuous Fine Adjustment
Azimuth Adjustment Range	360° Continuous, ±45° Fine Adjustment
Mast Pipe Size	3.5" SCH 40 Pipe (4.00" OD) 10.16 cm.

ENVIRONMENTAL PERFORMANCE

Wind Loading	Operational	50 mph (80km/h)	
	Survival	125 mph (201km/h)	
Temperature	Operational	-40° to 140° F (-40° to 60° C)	
	Survival	-50° to 160° F (-46° to 71° C)	
Rain	Operational	1/2" /hr	
	Survival	2" /hr	
Ice	Operational	——	
	Survival	1/2" radial	
Atmospheric Conditions		Salt, Pollutants and Contaminants as Encountered in Coastal and Industrial Areas	
Solar Radiation		360 BTU/h/ft²	
Shipping Specifications		225 lbs. (103 kg.)	240 lbs. (109 kg.)

PRODELIN CORPORATION

Prodelin Corporation
PO Box 368
1700 NE Cable Drive
Conover NC 28613 USA
Phone 704/464-4141
Fax 704/466-0860
Home Page: http://www.prodelin.com

5002-197(6-97) ©PRODELIN

LNB NORSAT DRO 8000

Norsat International Inc.

LNB

C-BAND DRO 8000

TYPICAL SPECIFICATIONS

Noise temperature maximum	15K to 25K depending on model number
L.O. stability maximum (over temperature)	±100 kHz to ±500 kHz depending on model number
Phase noise (SSB) maximum	-75 dBc/Hz at 1 kHz -80 dBc/Hz at 10 kHz -95 dBc/Hz at 100 kHz
Input VSWR maximum	2.0 : 1
Output VSWR maximum	2.5 : 1
Conversion gain	55 dB min 70 dB max
Output P1dB minimum	8 dBm
Power requirements	+15 to +24 V supplied through center conductor of IF cable
Current drain maximum	200 mA
Dimensions	180 (L) x 100 (W) x 70 (H) mm (7.1 x 4.0 x 2.8 in)
Weight	425 g / 15 oz

FREQUENCY BANDS AVAILABLE

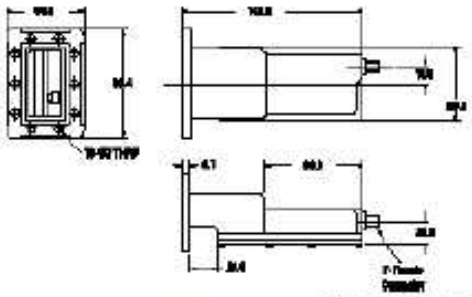
Typical service	8000
Input frequency (GHz)	3.40 to 4.20 GHz
L.O. frequency (GHz)	5.15 GHz
Output frequency (MHz)	950 to 1750 MHz

HOW TO ORDER C-BAND 8000

8215F

- CONNECTOR ..... F - 75 Ohm / N - 50 Ohm
- NOISE TEMPERATURE .... 15 - 15 K / 20 - 20 K / 25 - 25 K
- L.O. STABILITY ..... 1 - ±100 kHz / 2 - ±250 kHz / 5 - ±500 kHz
- LNB SERIES #

MECHANICAL DIAGRAM



vsat plus
Alpaca Bldg., Office 313
Salahuddin St., Behind Claridge
Hotel, P.O. Box: 1898
Dubai, UAE
Tel. +9714 272 6722
Fax. +9714 272 6738
sales@vsatplus.com
www.vsatplus.com

Copyright (c) 2008 Norsat International Inc. All rights reserved. Specifications subject to change without notice. Version 8

DIU HX-50

Features

- Quality of Service features include:
  - On-demand constant bit rate (CBR) services
  - Minimum CIR with fixed steps to maximum rate (Rate limiting)
  - Minimum CIR with best effort to maximum rate (Rate limiting)
  - Best effort services-weighted fair queueing
  - Class-based weighted prioritization
  - Multicast data delivery
  - Four levels of IP traffic prioritization
- Bandwidth allocation
  - Supports both preassigned (static) traffic assignment and dynamic traffic assignment
  - Idle remotes can be configured to release all network resources
- Acts as a local router providing:
  - Static and dynamic addressing
  - DHCP server or relay
  - DNS caching
  - Full RIPV2 routing support
  - Multicasts to the LAN by using IGMP
  - NAT/PAT
  - VLAN tagging
  - Firewall support through integrated accesscontrol lists
- Supports unicast and multicast IP traffic
- Software and configuration updates via download from the HX Gateway
- Implements dynamic, self-tuning Performance Enhancement Proxy (PEP) software to accelerate the throughput performance by optimizing the TCP transmission over the satellite, delivering superior user experience and link efficiency
- Bi-directional data compression
- Configuration, status monitoring, andcommissioning via the gateway
- Embedded Web interface for local status and troubleshooting
- Remote terminal management via the Hughes Unified Element Manager and SNMP agent
- User-friendly LED display indicating terminal operational status

High Availability Features

- Closed-loop control between hub and remote
- Dynamic outbound coding and modulation changes based on received signal
- Dynamic inbound coding changes based on received signal
- Dynamic remote uplink power control

Second Package Option

- 2nd LAN port allows customers to run 2 subscriptions on the same dish and modem.
- Example: Single user with SOHO 500 on 1st port, LAN with Corporate 2000 Plus on 2nd port.
- Option to use BW Netmanager to combine 2 subscriptions into 1 LAN link.
- Reduces your shipping and installation costs.
- Options subject to bandwidth availability (maximum combined upload of 512kbps).
- Customers may also run 2 dedicated or 2 CBR packages on same modem.

Bentley Walker

HUGHES HX50 Broadband Terminal

Technical Specifications

Physical Interfaces

Two 10/100BaseT Ethernet LAN RJ45 ports
One Serial port (RS-422 or RS-232)

Satellite & Antenna Specifications

Outbound transmission format: DVB-S or DVB-S2
DVB-S2 supports adaptive coding and modulation
Information Rate (Receive or HX System Outbound Channel): Up to 121 Mbps
Information Rate (Transmit or HX Inbound Channel): Up to 3.2 Mbps
Symbol Rate (Receive): 1 to 45 Msps (in 1 Msps steps)
Symbol Rate (Transmit): 128, 256, 512, 1024 ksps
Encoding DVB-S (Receive): Convolutional with concatenated Reed Solomon; Viterbi 7/8, 5/6, 3/4, 2/3, or 1/2
Encoding DVB-S2 (Receive): BCH with LDPC 3/5, 2/3, 3/4, 5/6, 8/9, or 9/10 (8PSK) 1/2, 3/5, 2/3, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10 (QPSK)
Transmit encoding: Rate 1/2, 2/3, 4/5 TurboCode, Rate 1/2 Convolutional
Frequency Range: C-, extended C-, Ku-, and Ka-band
Modulation (Receive): QPSK or 8PSK
Modulation (Transmit): OQPSK
Bit Error Rate (Receive): 10^{-10} or better
Bit Error Rate (Transmit): 10^{-7} or better
Radio:
- 1 and 2 watt Ku-band
- 2 watt C-band
- 1, 2, and 3½ watt Ka-band

Mechanical & Environmental

Weight (IDU):	4.8 lbs (2.18 kg)
Dimensions (IDU):	11.5" W x 1.8" H x 11" D (29.21 cm W x 4.7 cm H x 27.94 cm D)
Operating temperature:	
IDU:	+32° F (0° C) to +104° F (+40° C)
ODU:	-22° F (-30° C) to +131° F (+55° C)
Input power:	90 to 264 VAC; 50 to 60 Hz
DC power supply (optional):	12 to 24 VDC

For additional information, please contact us at sales@bentleywalker.com

Bentley Walker

www.bentley-walker.com

HUGHES is a trademark of Hughes Network Systems, LLC.
©2007 Hughes Network Systems, LLC. All information subject to change.
All rights reserved.

HUGHES.

.

ANEXO 2

INFORMACIÓN DEL SATÉLITE NSS10

General Satellite Information

Orbital Type:	Geosynchronous
Orbital Location:	322.5º East (37.5 º West)
Orbital Control:	+/- 0.05º relative to nominal OL
Satellite Type:	Alcatel Spacebus 4000, 3-axis stabilised
Satellite Launch Mass:	4979 kg
Launch Vehicle:	Proton/Breeze M
Launch Date:	3 February 2005
Design Lifetime:	15 years
Satellite Total Power:	10840 Watts
Payload Transponders:	72 C-Band (33 & 67 Watt TWTA's)

C-Band Payload Information

Number of Transponders:	72	
Transponder Bandwidth:	36 MHz	
Coverage Beams:	North America	(NA)
	South America	(SA)
	Europe/ Africa	(EA)
Polarisation:	Linear Horizontal & Vertical	
Transponder Mode:	Fixed Gain Mode (FGM) with lineariser.	
SFD (FGM, max gain):	-99.0 dBW/m² (referenced to 0.0 dB/K)	
SFD (ALC, max gain):	-105 dBW/m² (@G/T = 0 dB/K)	
SFD Adjustment Range:	0 to 20 dB, 0.5 dB steps	
ALC Adjustment Range:	-12 to +2 dB w.r.t. saturation, 25 dB range	
EIRP:	43.5 to 45.2 dBW (beam peak)	
G/T:	3.5 to 8.2 dB/K (beam peak)	
Linearisers:	All TWTA's utilise linearisers	

C-Band Frequencies

Transponder ID	Uplink Centre Frequency (MHz)	Downlink Centre Frequency (MHz)	NA beam Polarization Up / Down	SA & EA Beam Polarization Up / Down
1	5945	3720.0	H / V	V / H
2	5965	3740.0	V / H	H / V
3	5985	3760.0	H / V	V / H
4	6005	3780.0	V / H	H / V
5	6025	3800.0	H / V	V / H
6	6045	3820.0	V / H	H / V
7	6065	3840.0	H / V	V / H
8	6085	3860.0	V / H	H / V
9	6105	3880.0	H / V	V / H
10	6125	3900.0	V / H	H / V
11	6145	3920.0	H / V	V / H
12	6165	3940.0	V / H	H / V
13	6185	3960.0	H / V	V / H
14	6205	3980.0	V / H	H / V
15	6225	4000.0	H / V	V / H
16	6245	4020.0	V / H	H / V
17	6265	4040.0	H / V	V / H
18	6285	4060.0	V / H	H / V
19	6305	4080.0	H / V	V / H
20	6325	4100.0	V / H	H / V
21	6345	4120.0	H / V	V / H
22	6365	4140.0	V / H	H / V
23	6385	4160.0	H / V	V / H
24	6405	4180.0	V / H	H / V

Transponder Characteristics

Input to Output Back-Off

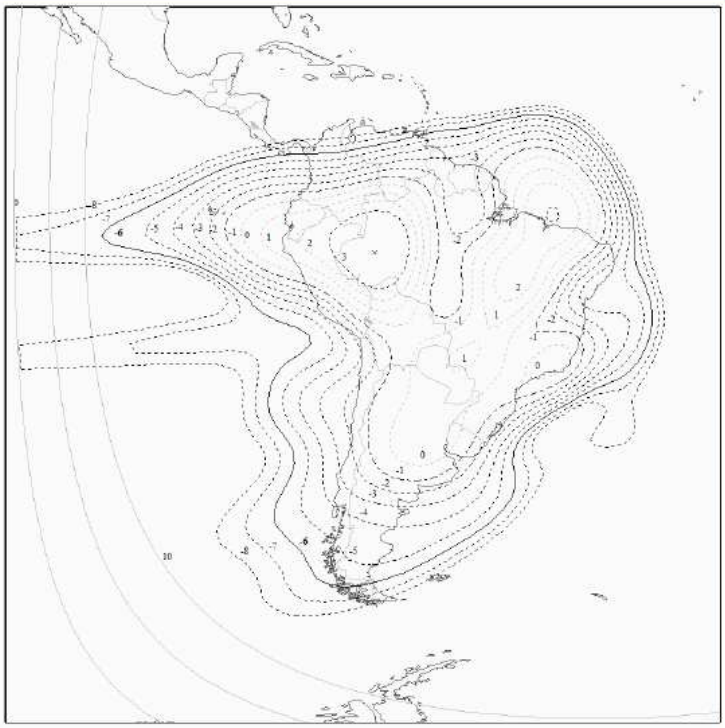
Transponder	Input Back-Off (IBO) [dB]	Output Back-Off (OBO) [dB]	Mode
All	0.0	0.0	Single carrier
	6.0	4.5	Multicarrier
	6.0	4.5	Single & multi carrier *
	3.0	1.0	Two carrier

Gain Stability

1.5 dB (peak to peak 24 hours)

** A large carrier in a half of transponder & multi carrier operation in rest of transponder*

C-Band SA Beam G/T



Contours Shown

G/T [dB/K]	Min SFD [dBW/m²]	Max SFD [dBW/m²]
4.8 Beam Peak		
3	-102	-82
2	-101	-81
1	-100	-80
0	-99	-79
-1	-98	-78
-2	-97	-77
-4	-95	-75
-6	**-93**	**-73**
-7	-92	-72
-8	-91	-71

Notes

The adjacent plot shows the measured performance of a typical satellite transponder. Small performance differences should be expected between individual transponders.

The solid line represents the nominal edge of coverage. For operation beyond this contour, co-channel interference levels should be assessed on a case by case basis.

Elevation angles are shown at 0, 5 and 10 degrees.

ANEXO 3

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS DE RADIOCOMUNICACIONES MOVILES

RADIO BASE PRO 5100

PRO5100™
Radio Móvil Profesional

Ideal para organizaciones con comunicaciones estándares, el radio PRO5100 de Motorola provee un funcionamiento sencillo y de alta calidad.

El sistema de señalización le permite llamar a individuos o grupos de trabajo, identificar a la persona que llama, notificar a otros que usted está tratando de comunicarse cuando ellos están fuera de sus vehículos, o mandar una solicitud de ayuda en situaciones de emergencia. Eficiente y rentable, el trunking LTR le ofrece un rango más amplio de llamadas, un acceso de canal más rápido, una mayor privacidad y una mayor capacidad de usuarios y grupos de conversación. El práctico radio móvil PRO5100 ofrece un grupo de ventajas para ayudarle a alcanzar sus objetivos.

Beneficios

15 zonas troncalizadas con 16 grupos de conversación.
Mejora la eficiencia de cualquier sistema LTR mediante la operación troncalizada.

Funciones de señalización MDC
Las funciones únicas de señalización MDC de Motorola incluyen llamada selectiva y alerta de llamada. El radio móvil PRO5100 también ofrece verificación de radio, identificación de llamada (PTT-ID), e inhibición selectiva de radio para una comunicación más eficiente del grupo de trabajo.

Pantalla de 14 Caracteres Alfanuméricos
Iconos fáciles de comprender, brindan información sobre el estado de funciones tales como rastreo, alta / baja potencia y fuerza de la señal recibida.

Rastreo con Doble Prioridad
Use esta función para situaciones donde necesite supervisar uno o dos grupos de trabajo con mayor frecuencia que a otros grupos.

Escalert
Cuando recibe una llamada selectiva o alerta de llamada, el sonido aumenta gradualmente hasta que la llamada es respondida.

Alarma de Emergencia
Un botón del radio puede ser programado para notificar al operador sobre una situación de emergencia.

Verificación de Radio
Le permite conocer si el radio está en el aire y dentro del área de cobertura sin incomodar al usuario.

Características

- 64 canales convencionales
- 15 zonas troncalizadas con 16 grupos de conversación cada una.
- Identificación de Llamada PTT-ID (envío / recepción)
- Alerta de Llamada (envío / recepción)
- Llamada Selectiva de Voz (envío / recepción)
- Verificación del Radio (envío / recepción)
- Inhibición Selectiva del Radio (recepción)
- Emergencia (envío)
- Señalización Quik-Call II (envío / recepción)
- Zonificación
- Monitoreo
- Rastreo con Doble Prioridad
- Pantalla de 14 Caracteres Alfanuméricos
- Bloqueo de Canal Ocupado
- Limitador de Tiempo de Transmisión
- Eliminación de Canal no Deseado
- Botones Intercambiables
- CSQ / PL / DPL / Inv-DPL
- Puerto para Tarjetas Opcionales

RADIO MÓVIL PRO5100™

GENERALES	BAJA POTENCIA	ALTA POTENCIA	BANDA BAJA
Dimensiones		Largo x Ancho x Alto	
	196 mm x 179 mm x 59 mm	198 mm x 179 mm x 59 mm	250 mm x 179 mm x 60 mm
Peso	1.43 kg	1.65 kg	2.04 kg
Consumo de corriente (típica)			
En Espera		70 mA	
Audio Recibido a Audio Nominal con Parlante Interno de 3 W @ 22 Ω		600 mA	
a Audio Nominal con Alto-Parlante de 7.5 W a 8 Ω		1.2 A	
a Audio Nominal con Alto-Parlante de 13 W a 3.2 Ω		1.7 A	
Transmisión		6 A a 25 W / 9 A a 45 W (VHF) / 40 W (UHF) / 14A a 60 W	
Números de Modelo	LAM25KHD9AA2_N LAM25RHD9AA2_N LAM25SHD9AA2_N	LAM25KKD9AA2_N LAM25RKD9AA2_N LAM25SKD9AA2_N	LAM25BKD9AA2_N LAM25CKD9AA2_N LAM25DKD9AA2_N
Espaciamiento de Canal		12.5 / 20 / 25 kHz (Banda Baja - 20 kHz Solamente)	
Rango de Frecuencia / Aprobación de FCC	VHF 136 - 174 MHz / AZ492FT3796 UHF 403 - 470 MHz / AZ492FT4835 UHF 450 - 520 MHz / AZ492FT4829	VHF 136 - 174 MHz / AZ492FT3795 UHF 403 - 470 MHz / AZ492FT4830 UHF 450 - 520 MHz / AZ492FT4836	29.7 - 36 MHz / AZ49FT1627 36 - 42 MHz / AZ492FT1629 42 - 50 MHz / AZ492FT1626
Estabilidad de Frecuencia (-30°C a +60°C, +25°Ref.)		VHF / UHF: ±2.5 ppm Banda Baja: ±5 ppm	

TRANSMISOR	BAJA POTENCIA	ALTA POTENCIA	BANDA BAJA
Potencia de Salida RF	1 - 25 W	25 - 45 W (VHF) 25-40 W (UHF)	40 - 60 W
Limitación de Modulación (Banda Baja solo 20 kHz)		±2.5 @ 12.5 kHz / ±4.0 @ 20 kHz (VHF / UHF) ±5.0 @ 20 kHz (Banda Baja) / ±5.0 @ 25 kHz	
Zumbido y Ruido FM (típico)	@12.5 kHz VHF -45 dB UHF -43 dB	@25 kHz VHF -50 dB UHF -49 dB	@20 kHz Banda Baja -40dB
Emisiones Conducidas / Radiadas		-36 dBm<1 GHz / -30 dBm>1 GHz	
Respuesta de Audio (0.3 - 3 kHz)		TIA 603	
Distorsión de Audio (típica)		VHF / UHF: 2% Banda Baja: 3%	

RECEPTOR	@ 12.5 kHz	@ 25 kHz	@ 20 kHz
Sensibilidad (12 dB SINAD) EIA (típica)		0.22 µV	
Intermodulación TIA 603	VHF 75 dB UHF 75 dB	VHF 78 dB UHF 75 dB	Banda Baja 80 dB (típico)
Selectividad de Canal Adyacente Conforme TIA 603	VHF 65 dB UHF 65 dB	VHF 80 dB UHF 75 dB	Banda Baja 80 dB (típico)
Rechazo de Espurias	VHF 75 dB UHF 70 dB	VHF 80 dB UHF 75 dB	Banda Baja 80 dB (típico)
Audio Nominal Parlante Interno		3 W @ 22 Ω	
Parlante Externo		7.5 W @ 8 Ω / 13 W @ 3.2 Ω	
Distorsión de Audio a Audio Nominal (típica)		VHF / UHF: 2% LB: 3%	
Zumbido y Ruido	-40 dB	-45 dB	-45 dB
Respuesta de Audio (0.3 - 3 kHz)		TIA 603	
Emisión de Espurias Conducidas		-57 dBm < 1 GHz / -47 dBm > 1 GHz	

Prueba de Vida Acelerada Motorola

Normas Militares MIL-SPECS 810 C, D, E

Cumple con el estándar IP54

Para mayor información comuníquese con su representante de Motorola.

ESTÁNDARES MILITARES

Aplicables MIL-STD	810C		810D		810E	
	Método	Procedimiento	Método	Procedimiento	Método	Procedimiento
Baja Presión	501.1	1,2	501.2	1,2	501.3	1,2
Baja Temperatura	502.1	2	502.2	1,2	502.3	1,2
Cambio de Temperatura	503.1	1	503.2	1	503.3	1
Radiación Solar	505.1	1	505.2	1	505.3	1
Lluvia	506.1	2	506.2	2	506.3	2
Humedad	507.1	2	507.2	2,3	507.3	3
Salitre	509.1	1	509.2	1	509.3	1
Polvo	510.1	1	510.2	1	510.3	1
Vibración	514.2	8,10	514.3	1	514.4	1
Choque	516.2	1,5	516.3	1	516.4	1

Especificaciones sujetas a cambio sin aviso. Todas las Especificaciones y Métodos Eléctricos se refieren a las normas EIA/TIA 603.

MOTOROLA

Todas las especificaciones mostradas son típicas y están sujetas a cambios sin previo aviso.

MOTOROLA y el logo M estilizado están registrados en la Oficina de Patentes y Marcas de los EE.UU.
Todos los demás nombres de productos o servicios pertenecen a sus respectivos propietarios.
© 2009 Motorola, Inc. Todos los derechos reservados.
LS-P510-PS-2-09

RADIO PORTÁTIL PRO 5150

MOTOROLA
intelligence everywhere™

El radio portátil PRO5150 de Motorola es la solución para los profesionales que necesitan un radio resistente y confiable para permanecer en contacto. Este práctico radio puede fácilmente aumentar la productividad del usuario ya que lo mantiene comunicado y al mismo tiempo racionaliza el uso del aparato—permitiendo concentrarse en la tarea actual.

Compresión de Voz
Gracias a la tecnología X-Pand™ de compresión de voz, la claridad del audio es clara y nítida—aún en ambientes ruidosos.

Identificación por Tonos
8 tonos diferentes permiten identificar fácilmente llamadas individuales o de grupo.

Sirena de Emergencia/Alerta
Un botón en la parte superior del radio puede programarse para emitir un sonido penetrante al ser presionado en caso de emergencia. Para emergencias críticas, el centro de despacho puede ser alertado.

Nivel de Potencia Programable
Cada canal puede programarse para transmitir con alta o baja potencia según sus necesidades de cobertura. Cualquiera de los botones laterales puede programarse para alternar temporalmente entre los niveles de potencia altos y bajos.

Espaciamiento de Canales de 12.5 ó 25 kHz
Cada canal puede programarse con un espaciamiento de canal de 12.5 kHz o 25 kHz para acatar las normas gubernamentales locales.

Escalert
Cuando no se responde a una llamada selectiva o alerta de llamada, el tono de alerta aumenta gradualmente.

Transmisión Interna Accionada por Voz (VOX)
Con ayuda de una diadema apropiada, usted puede hablar y escuchar una conversación por radio sin tener que usar las manos.

PRO5150™ RADIO PORTÁTIL

GENERALES	BANDA BAJA	VHF/UHF
Dimensiones Batería estándar de alta capacidad, sin el clip	5.40 pulg x 2.26 pulg x 1.50 pulg 137 mm x 57.5 mm x 37.5 mm	
Peso (gramos/onzas)	420/15	
Fuente de Alimentación	Batería recargable de 7.5 Voltios	
Duración de la batería a un ciclo trabajo de 5/5/90*	11 horas con alta potencia/ 8 horas con alta potencia	
Números de Modelo	LAH25BEC LAH25CEC	VHF/LAH25KDC UHF/LAH25RDC UHF/LAH25SDC
Rango de Frecuencia	29.7 - 42.0 MHz 35.0 - 50.0 MHz	VHF/ 136-174 MHz UHF/ 403-470 MHz UHF/ 450-527 MHz
Espaciamiento de Canal	20 kHz	12.5/20/25 kHz
Estabilidad de Frecuencia (-30°C a 60°C, 25°C Ref.)	± 10 ppm	±5 ppm @ 25 kHz ±2.5 ppm @ 12.5 kHz

*5% recepción, 5% transmisión, 90% en espera

TRANSMISOR	BANDA BAJA	VHF/UHF
Potencia de Salida RF	1-6 W	VHF/ 1-5 W UHF/ 1-4 W
Limitación de Modulación	±4 kHz @ 20 kHz	±2.5 kHz @ 12.5 kHz ±4.0 kHz @ 20 kHz ±5.0 kHz @ 25 kHz
Zumbido y Ruido FM	-40 dB	
Emisiones Conducidas/Radiadas	66 dBw	
Respuesta de Audio (0.3 - 3 kHz)	+1 a -3 dB	
Distorsión de Audio	3% típica	

RECEPTOR	BANDA BAJA	VHF/UHF
Sensibilidad (12 dB SINAD) EIA	0.25 µV típica	
Sensibilidad (20 dB SINAD) ETS	0.5 µV	
Intermodulación Conforme EIA	70 dB	
Selectividad de Canal Adyacente	70 dB	60 dB @ 12.5 kHz 70 dB @ 25 kHz
Rechazo de Espurias	70 dB	
Audio Nominal	0.5 W	
Distorsión de Audio comparado con Audio Nominal	3% típica	
Zumbido y Ruido	-45 dB @ 12.5 kHz/-50 dB @ 25 kHz	
Respuesta de Audio (0.3 - 3 kHz)	+1 to -3 dB	
Emisión de Espurias Conducidas conforme a la Sección 15 de la FCC	-57 dBm < 1 GHz -47 dBm > 1 GHz	

ESTÁNDARES MILITARES MIL-STD Aplicables	810C		810D		810E	
	Métodos	Procedimientos	Métodos	Procedimientos	Métodos	Procedimientos
Presión Baja	500.1	1	500.2	1, 2	500.3	1, 2
Temperatura Alta	501.1	1, 2	501.2	1, 2	501.3	1, 2
Temperatura Baja	502.1	1	502.2	1, 2	502.3	1, 2
Cambio de Temperatura	503.1	1	503.2	1	503.3	1
Radiación Solar	505.1	1	505.2	1	505.3	1
Lluvia	506.1	1, 2	506.2	1, 2	506.3	1, 2
Humedad	507.1	2	507.2	3	507.3	3
Salitre	509.1	1	509.2	1	509.3	1
Polvo	510.1	1	510.2	1	510.3	1
Vibración	514.2	8, 10	514.3	1	514.4	1
Choque	516.2	1, 2, 5	516.3	1, 4	516.4	1, 4

Las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso. Todas las Especificaciones y Métodos Eléctricos se refieren a las normas EIA/TIA 603.

MOTOROLA, el logotipo M estilizado y todas las marcas indicadas como tal están registrados en la Oficina de Patentes y Marcas de los EE.UU. Todos los demás nombres de productos o servicios pertenecen a los respectivos propietarios. © Motorola, Inc. 2002.

LAS-PRO5150 REV. 7/02

Características del Radio Portátil

- 4 ó 16 Canales
- Identificación de Llamada (PTT-ID) (envío solamente)
- Medidor de Batería (LED/TONO)
- Operación mediante Repetidor o Radio a Radio
- Monitoreo
- Silenciamiento Comprimido/normal
- Bloqueo de Canal Ocupado
- Limitador de Tiempo de Transmisión
- Eliminación de Canal Ruidoso
- CSQ / PL / DPL / inv-DPL
- Puerto para Tarjetas Opcionales
- Sirena de Emergencia

Además, el modelo de 16 canales ofrece estas otras funciones:

- Alerta de Emergencia (envío solamente)
- Alerta de Llamada / Call Alert™ (recepción solamente)
- Llamada Selectiva de Voz (recepción solamente)
- Inhibición Selectiva del Radio (recepción solamente)
- Señalización Quik-Call II (recepción solamente)
- Rastreo con Prioridad Única

Calidad / Confiabilidad

ALT Prueba de Vida Acelerada Motorola

Normas Militares MIL-STD 810 C, D, E

Contacte hoy a su representante Motorola para mayor información.

motorola.com/radiosolutions

MOTOROLA

REPETIDORA MTR 2000

HOJA DE ESPECIFICACIONES

MOTOROLA

Repetidor MTR2000

Profesional

FUNCIONES Y BENEFICIOS

Proporciona flexibilidad incomparable en un diseño compacto

- Operación analógica en sistemas convencionales
- Diseño basado en software que permite agregar aplicaciones futuras al sistema
- Modelos de VHF con potencia variable de 100-25 Vatios, 40-1 Vatios y 30-1 Vatios
- Modelos de UHF con potencia variable de 100-25 Vatios, 40-2 Vatios y 30-2 Vatios.
- Dimensiones compactas, 3 bastidores de 13.3 cm. (5.25") utilizan eficientemente el costoso espacio del sitio
- Espaciamiento programable de canal de 12.5 ó 25/30 kHz
- Configuración Estándar EIA de montaje en bastidor de 48 cm. (19")
- Peso ligero (19 kg. / 40 lbs.)

Reduce el tiempo de instalación y mantenimiento

- Programación y pruebas de diagnóstico realizadas mediante un computador personal
- Módulos funcionales independientes: Unidades reemplazables en campo (FRU)
- El diseño basado en software simplifica las actualizaciones
- Fácil acceso a los puertos de la estación

Contribuye a maximizar el tiempo de operación del sistema

- Diseño basado en microprocesadores con capacidad integrada DSP
- Fuente de alimentación conmutable que funciona en una amplia gama de voltajes y frecuencias
- Software de programación RSS para diagnóstico y medición
- Módulos funcionales independientes: Unidades reemplazables en campo (FRU)

Repetidor/ Estación Base MTR2000 de 100 Vatios. Funciones mejoradas en un paquete económico

Repetidor/ Estación Base MTR2000 disponible para Sistemas Convencionales (Operación Local, Control Remoto por Tonos, Selección Spectra-TAC), Sistemas Trunking (SMARTNET, SmartZone) y servicio continuo.

REPETIDORES MTR2000

GENERAL Aplicación	Opción de Software del Sistema	VHF Opción de Potencia/Banda	Salida de Potencia RF	Opción de Banda del Receptor	UHF Opción de Potencia/Banda	Salida de Potencia RF	Opción de Banda del Receptor
Convencional Analógico	X597	X345 (132-174 MHz)	30-1	X319 (132-174 MHz)	X341 (403-470 MHz)	30-2	X320 (403-470 MHz)
SMARTNET 6809 Trunking Analógico	X997	X330 (132-174 MHz)	40-1		X340 (403-470 MHz)	40-2	
SmartZone 6809 Trunking Analógico	X51	X530 (132-154 MHz) (150-174 MHz)	100-25		X540 (403-435 MHz) (435-470 MHz)	100-25	
Espaciamiento de canal:		12.5 kHz / 25 kHz / 30 kHz			12.5 kHz / 25 kHz		
Número de Modelo	T5544 - Estación, T5731 - Receptor						
Número de Frecuencias:	Hasta 32		**Modulación:**		FM		
Generación de Frecuencias:	Sintetizado		**Rango de Temperatura:**		-30° C a +60° C		
Modo de Operación:	Simplex / Semi-duplex / Duplex		**Conectores de Antena:**		Transmisión y Recepción, Tipo "N" Hembra		
Voltaje AC de Entrada:	85-264 VAC, 47-63 Hz		**Operación Opcional DC Únicamente:**		14.2 VDC (Estación de 40 / 30 Vatios) 28.6 VDC (Estación de 100 Vatios)		

	Dimensiones	Peso	Dimensiones	Peso
Todas las Estaciones y Receptores	133 x 483 x 419 mm † (5.25 x 19 x 16.5 pulg.)	19 kg † (40 lbs.)		
Cubiertas opcionales de gabinetes	Gabinete interior de 30" 762 x 559 x 508 mm (30 x 22 x 20 pulg.)	30 kg.** (66 lbs)	Bastidor Modular de 30" 762 x 559 x 508 mm (30 x 22 x 20 pulg.)	24 kg.** (52 lbs)
	Gabinete interior de 46" 1168 x 559 x 508 mm (46 x 22 x 20 pulg.)	34 kg.** (75 lbs)	Bastidor Modular de 30" 762 x 559 x 508 mm (45 x 22 x 20 pulg.)	27 kg.** (59 lbs)
	Gabinete interior de 60" 1524 x 559 x 508 mm (60 x 22 x 20 pulg.)	46 kg.** (102 lbs)	Bastidor Modular de 30" 762 x 559 x 508 mm (52 x 22 x 20 pulg.)	28 kg.** (61 lbs)

† Aplica a la configuración estándar de la estación únicamente * La especificación de temperatura aplica a una estación por gabinete únicamente. Vea el planificador de productos para detalles.
** Solamente Gabinete

TRANSMISOR	VHF	UHF
Frecuencia - 30 Vatios:	132-174 MHz	403-470 MHz
Frecuencia - 40 Vatios:	132-174 MHz	403-470 MHz
Frecuencia - 100 Vatios:	132-174 MHz, 150-174 MHz	403-470 MHz, 435-470 MHz
Ancho de banda electrónico (Transmisión):	Todo el ancho de sub-banda (reducido con la adición de un duplexor. El circulador cubre toda la banda)	
Impedancia de Salida:	50 Ohms	
Estabilidad de Frecuencia (para Variación de Temperatura y Voltaje):	1.5 PPM / Referencia Externa	
Atenuación de Intermodulación:	40 dB para 40 W, 100 W / 70 dB para 30W	
Desviación Máxima (RSD)		
30 (VHF) / 25 kHz:	±5 kHz	
12.5 kHz:	±2.5 kHz	
Sensibilidad de Audio:	Variable de -20 dBm a 0 dBm	
Atenuación de Emisiones de Espurias y Harmónicas:	-85 dBc	
Zumbido y Ruido FM:		
(750 µs de De-énfasis)	Ancho de banda de 300 a 3000 Hz, 6% RSD	
30 (VHF) / 25 kHz	50 dB nominal	
12.5 kHz	40 dB nominal	
Respuesta de Audio:	+1,-3 dB desde 6 dB por octava de De-énfasis: 300-3000 Hz con referencia a 1000 Hz en la línea de salida	
Distorsión de Audio:	Menos del 3% a 1000 Hz: 60% RSD	
Designación de emisiones:		
25 kHz:	16K0F3E, 13K6F1D	
12.5 kHz:	11K0F3E, 8K6F1D	

RECEPTOR	VHF	UHF
Frecuencia - Toda la Banda:	132-174 MHz	403-470 MHz
Frecuencia - Pre-selector de Alto Desempeño:	132-154 MHz, 150-174 MHz	403-433 MHz, 433-470 MHz
Ancho de Banda del Pre-selector de Alto Desempeño (Ancho de Banda del Receptor):	4.0 MHz	
Selectividad: 25/30 kHz	80 dB	
12.5 kHz	75 dB	
Sensibilidad 12 dB SINAD:	0.35 µV	
Ancho de Banda del desplazamiento de señal: (Aceptación Fuera de Canal) (12.5/25 kHz)	2 kHz	
Estabilidad de Frecuencia: (Para Variación de Temperatura y Voltaje)	1.5 PPM / Ref. Externa	
Rechazo de Intermodulación: (Intermodulación) (12.5 y 25/30 kHz)	85 dB / 85 dB	
Rechazo de Respuesta a Espurias e Imagen:	85 dB	
Pre-selector Opcional de Alto Desempeño	90 dB	
Respuesta de Audio:	+1,-3 dB desde 6 dB por octava de De-énfasis: 300-3000 Hz con referencia a 1000 Hz en la línea de salida	
Distorsión de Audio:	Menos del 3% a 1000 Hz: 60% RSD	
Línea de Salida:	-20 dBm hasta 7 dBm a 100% RSD a 1 kHz	
Zumbido y Ruido FM:		
(750 µs de De-énfasis)	Tono de 1000 Hz a 60% RSD	
25/30 kHz	50 dB nominal	
12.5 kHz	45 dB nominal	
Impedancia RF de Entrada	50 Ohms	

POTENCIA DE ENTRADA (VARÍA SEGÚN CADA OPCIÓN)

	Línea AC (117 Volts/220 Volts)		Operación DC Únicamente (Tierra Negativa) 28 VDC (Opción X121)	
100 W - En Espera	(VHF) 0.6A / 0.4A	(UHF) 0.6A / 0.4A	(VHF) 1.0A	(UHF) 1.0A
100 W - Transmisión	(VHF) 4.5A / 2.5A	(UHF) 5.4A / 2.9A	(VHF) 11.5A	(UHF) 13A
			14 VDC (Opción X121)	
40/30 W - En Espera	(VHF) 0.5A / 0.3A	(UHF) 0.5A / 0.3A	(VHF) 1.7A	(UHF) 1.7A
40/30 W - Transmisión	(VHF) 2.3A / 1.3A	(UHF) 2.4A / 1.3A	(VHF) 11.5A	(UHF) 8.5A

APROBACIÓN FCC (VHF / UHF)

Rango de Frecuencia en MHz	Tipo	Potencia de Salida en Vatios	Número de Aprobación
132-174 / 403-470	Transmisor	30-1 / 30-2	ABZ89FC3785 / ABZ89FC4811
132-174 / 403-470	Transmisor	40-1 / 40-2	ABZ89FC3785 / ABZ89FC4811
132-154 / 403-435	Transmisor	100-25 / 100-25	ABZ89FC3786 / ABZ89FC4812
150-174 / 435-470	Transmisor	100-25 / 100-25	ABZ89FC3786 / ABZ89FC4812
132-174 / 403-470	Receptor	N/A	ABZ89FR3787 / ABZ89FR4813

Aprobación Industrial Canadiense: Tipo T554X 109195112. Nota: Especificación según TIA/EIA603. El producto cumple con las especificaciones ETS300-086 y ETS300-133 en 6-100 Vatios. Especificaciones sujetas a cambios sin previo aviso.

Para mayor información comuníquese con su representante de Motorola.

MOTOROLA

motorola.com/radiosolutions

MOTOROLA y el logotipo M estilizado están registrados en la Oficina de Patentes y Marcas de los EE.UU. Todos los demás nombres de productos o servicios pertenecen a sus respectivos propietarios. © Motorola, Inc. 2005.

LS-MTRR-PS REV 11/05

DUPLEXOR SINCLAIR Q2220

Superior then, Superior now.

Duplexers
Low Band, Aviation, and VHF Duplexers
Q2220 Series

Q2220

4 Cavity Res-Lok Q-Circuit VHF Duplexer

- Four cavity duplexer with 70 dB of isolation
- Only 1.5 dB insertion loss at 500 KHz separation
- Isolation of 80 dB at 3 MHz spacing typical

The Q2220 series uses Sinclair's Q-Circuit design coupled with our Res-Lok™ modular construction resulting in a series of extremely versatile and rugged duplexers offering exceptional performance.

The Q-Circuit design provides a quasi-bandpass response, resulting in suppression of spurious and sideband transmitter noise.

Coupled with carefully temperature compensated components this series of duplexers ensures performance stability at very low frequency separations and insertion loss values.

www.sinctech.com

Application Notes

- Res-Lok™ modular construction offers a variety of mounting options. The multi position brackets supplied with each duplexer allow easy rack, wall or floor mounting to suit system and equipment room limitations. A variety of system-specific configurations is available in the 138-174 MHz frequency range.

Region	United States	Europe, Middle East and Africa	Caribbean and Latin America	Canada and rest of the world
Telephone	USA: 1 800 263 3275	International: +44 (0) 1223 42 03 03	International: +1 905 726 7676	Canada: 1 800 263 3275 International: +1 905 727 0165
E-mail	salesusa@sinctech.com	salesuk@sinctech.com	salesla@sinctech.com	salescan@sinctech.com

Sinclair's commitment to product leadership may result in improvement or change to this product
Copyright © Sinclair Technologies

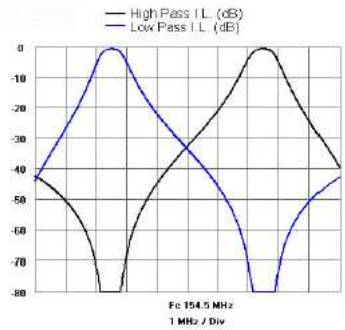
Superior then, Superior now.

Duplexers
Low Band, Aviation, and VHF Duplexers
Q2220 Series

Notes
*1 : Referenced to 50 ohms

Electrical Specifications

Frequency Range	MHz	138 to 174	
Isolation (min)	dB	70	
Impedance	Ω	50	
Input VSWR (max)		1.5:1	*1
Average power input (max)	W	350	
Frequency separation (min)	MHz	0.5	
Insertion loss (max)	dB	1.5	



Mechanical Specifications

Length/ Height	in (mm)	4.2 (106)
Width	in (mm)	19 (483)
Depth	in (mm)	30.3 (770)
Shipping dimensions	in (mm)	19x7x36 (483x178x914)
Weight	lbs (kg)	28 (12.7)
Actual Shipping weight	lbs (kg)	50 (22.7)
Finish		chromate conversion

Environmental Specifications

Temperature range	°F (°C)	-40 to +140 (-40 to +60)

www.sinctech.com

Sinclair's commitment to product leadership may result in improvement or change to this product
Copyright © Sinclair Technologies

ANTENA DB-224

DECIBEL PRODUCTS

138 - 174 MHz and 220 - 222 MHz

Exposed Dipole Quasi-Omni Antenna

DB224, 6 or 9 dBd gain

This popular antenna is available with four folded dipoles for high gain and broad bandwidth.

- **Broad Response** – 10 MHz bandwidth provides optimum performance in single or multi-frequency systems, on both transmit and receive.
- **Circular Pattern** – DB224 has four elements positioned evenly, every 90 degrees around the mast, for omni pattern.
- **Offset Pattern** – DB224E comes with four elements aligned collinearly on the same side of the mast for maximum directional gain.
- **Dual Version** – Two antennas on the same mast are fed and operated separately, providing 3 dB omni or 6 dB directional patterns.
- **Two-Piece Mast** – For ease of shipment and handling, the mast is made in two sections. A unique center splice assures proper alignment.
- **Lightning-Resistant** – The radiators operate at DC ground, and the aluminum mast with its pointed cap provides a low resistant discharge path to the tower or ground system.
- **For Air Shipment** – Model DB224X has a shortened mast, 124" (3150 mm).

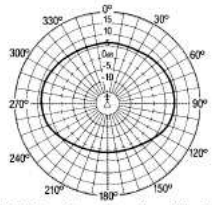
Ordering Information – Use model number for correct frequency and specify termination if non-standard. Add E for offset pattern, S for dual omni or ES for dual offset pattern. DB365-OS Mounting Clamps are included. For side mounting order DB5001 Side Mount Kit. For Stabilizer Kit, order 12088 (four required). For shortened mast, order DB224X. Order jumper cable separately.

DB224

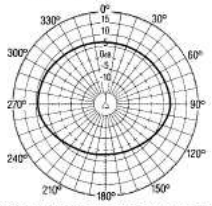
DB224E

Side Mounting

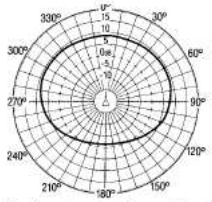
The patterns indicate the typical pattern shape of the antenna side mounted on a tower with an 18" to 24" (457.2 to 609.6 mm) face.



DB224 (omni) mounted on side of tower

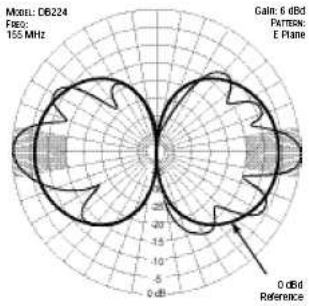


DB224E elements pointed toward the tower



DB224E elements pointed away from the tower

DB224 Vertical Pattern



Electrical Data	
Frequency Ranges* – MHz	A = 150-160, B = 155-165, C = 164-174, E = 138-150, J = 276-285, JJ = 220-222
Bandwidth (150-174 MHz) – MHz	10
VSWR	1.5 to 1 or less
Nominal impedance – ohms	50
Gain (over half-wave dipole)	
Omni pattern – dBd	6.0
Offset pattern – dBd	9.0
Maximum power input – watts	500
Vertical beamwidth (half power points)	16°
Decoupling between antennas (split models) – dB	35 minimum
Lightning protection	Direct ground
Standard Termination: Captive Type N-Male attached to end of flexible lead.	

*Special frequencies are available; contact factory for details.

Mechanical Data		
Mast – upper (aluminum) – in. (mm)	1.75 (44.45) OD with .062 to .125 (1.57 to 3.18) wall	
Mast – lower (aluminum) – in. (mm)	2 (50.8) OD with .125 to .187 (3.18 to 4.75) wall	
Radiating elements (aluminum) – in. (mm)	.5 (12.7) OD with .058 (1.47) wall	
Maximum exposed area (flat plate equivalent) – ft² (m²)	3.15 (.292)	
Lateral thrust at 100 mph (161 km/hr) – lbf (N)	126 (560.5)	
Wind rating:*	Top Mounted	Side Mounted
Survival w/o ice – mph (km/hr)	80 (129)	100 (161)
Survival with .5" (12.7mm) radial ice – mph (km/hr)	55 (89)	70 (113)
Overall length (150-174 MHz) – in. (mm)	255 (6477)	
Shipping length – in. (mm)	148 (3759)	
Net weight (w/clamps) – lbs. (kg)	32 (14.51)	
Shipping weight (w/clamps) – lbs. (kg)	48 (21.77)	
Mounting clamps (Galv. steel)	DB365-OS	

*Calculation of wind survivability does not include damage due to flying debris.

CABLE HELIAX 7/8'' LDF5-50A.

HELIAX® Coaxial Cables

7/8" Foam Dielectric, LDF Series – *50-ohm*

LDF5-50A

Description	Type No.
Cable Ordering Information	
Standard Cable	
7/8" Standard Cable, Standard Jacket	LDF5-50A
Fire Retardant Cable	
7/8" Fire Retardant Jacket (CATVR)	LDF5RN-50A
Low VSWR and Specialized Cables	
7/8" Low VSWR, specify operating band	LDF5P-50A-(**)

** Insert suffix number from "Low VSWR Specifications" table, page 508.

Characteristics

Electrical	
Impedance, ohms	50 ± 1
Maximum Frequency, GHz	5.0
Velocity, percent	89
Peak Power Rating, kW	91
dc Resistance, ohms/1000 ft (1000 m)	
Inner	0.32 (1.05)
Outer	0.36 (1.18)
dc Breakdown, volts	6000
Jacket Spark, volts RMS	8000
Capacitance, pF/ft (m)	22.8 (75.0)
Inductance, µH/ft (m)	0.057 (0.187)
Mechanical	
Outer Conductor	Copper
Inner Conductor	Copper
Diameter over Jacket, in (mm)	1.09 (28)
Diameter over Copper Outer Conductor, in (mm)	0.98 (24.9)
Diameter Inner Conductor, in (mm)	0.355 (9.0)
Nominal Inside Transverse Dimensions, cm	2.11
Minimum Bending Radius, in (mm)	10 (250)
Number of Bends, minimum (typical)	15 (50)
Bending Moment, lb-ft (N-m)	12 (16.3)
Cable Weight, lb/ft (kg/m)	0.33 (0.49)
Tensile Strength, lb (kg)	325 (147)
Flat Plate Crush Strength, lb/in (kg/mm)	80 (1.4)

* A 75-ohm 7/8" diameter cable is available. Contact Andrew for further information.

Attenuation and Average Power

Frequency MHz	Attenuation dB/100 ft	Attenuation dB/100 m	Average Power, kW
0.5	0.025	0.081	91.0
1	0.035	0.115	78.6
1.5	0.043	0.141	64.1
2	0.050	0.163	55.5
10	0.112	0.366	24.6
20	0.159	0.521	17.3
30	0.195	0.641	14.1
50	0.254	0.833	10.8
88	0.340	1.12	8.08
100	0.364	1.19	7.56
108	0.378	1.24	7.26
150	0.449	1.47	6.12
174	0.486	1.59	5.66
200	0.523	1.72	5.26
300	0.649	2.13	4.24
400	0.758	2.49	3.63
450	0.808	2.65	3.41
500	0.855	2.81	3.22
512	0.866	2.84	3.17
600	0.945	3.10	2.91
700	1.03	3.37	2.67
800	1.11	3.63	2.48
824	1.13	3.69	2.44
894	1.18	3.87	2.34
960	1.23	4.02	2.24
1000	1.25	4.12	2.19
1250	1.42	4.67	1.93
1500	1.58	5.18	1.74
1700	1.70	5.56	1.62
1800	1.75	5.75	1.57
2000	1.86	6.11	1.48
2100	1.92	6.29	1.44
2200	1.97	6.46	1.40
2300	2.02	6.63	1.36
3000	2.37	7.76	1.16
3400	2.55	8.37	1.08
4000	2.81	9.23	0.978
5000	3.23	10.6	0.853

Standard Conditions:
For Attenuation, VSWR 1.0, ambient temperature 20°C (68°F).
For Average Power, VSWR 1.0, ambient temperature 40°C (104°F), inner conductor temperature 100°C (212°F); no solar loading.

ANDREW.

ANEXO 4

FORMULARIOS QUE DEBEN PRESENTARSE EN LA SENATEL PARA PROYECTOS DE RADIOCOMUNICACIONES MOVILES

SENATEL	FORMULARIO PARA INFORMACION LEGAL	RC – 1A Elab.: DGGER Versión: 02 1) Cod.Cont.:

SOLICITUD:

2) OBJETO DE LA SOLICITUD:	( ) CONCESION RENOVACION MODIFICACION FRECUENCIAS TEMPORALES
3) TIPO DE USO DE FRECUENCIAS:	( ) USO-PRIV USO-COM USO-EXP USO-RES USO-SOC
4) TIPO DE SISTEMA:	( ) PRIVADO EXPLOTACION
5) SERVICIO:	( ) FM-RDV FM-SB FM-RA F-ER FMS-FS FMS-MS FM-TR

DATOS DEL SOLICITANTE Y PROFESIONAL TECNICO:

6) *PERSONA NATURAL O REPRESENTANTE LEGAL*

APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:	CI:

7) CARGO:

PERSONA JURIDICA

8) NOMBRE DE LA EMPRESA:

9) ACTIVIDAD DE LA EMPRESA:	RUC:

10) *DIRECCION*

PROVINCIA:	CIUDAD:	DIRECCION:

e-mail:	CASILLA:	TELEFONO / FAX:

11) *CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TECNICO)*

Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva

APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:	LIC. PROF.:

e-mail:	CASILLA:	TELEFONO / FAX:

DIRECCION (CIUDAD, CALLE Y No.):	FECHA:	FIRMA

12) *CERTIFICACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA*

Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado acorde con mis necesidades de comunicación

NOMBRE:	FECHA:	FIRMA

13) OBSERVACIONES:

14) *PARA USO DE LA SNT*

SOLICITUD SECRETARIO NACIONAL ( )	CONSTITUCION DE LA CIA. ( )	NOMB. REPRESENTANTE LEGAL ( )	CUMP. SUPER BANCOS O CIAS. ( )
REGISTRO UNICO CONTRIBUY. ( )	FE PRESENTACION CC.FF.AA. ( )	CERT. NO ADEUDAR SNT ( )	CERT. NO ADEUDAR SUPTEL ( )

SENATEL	**FORMULARIO PARA INFORMACION DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES**	RC – 2A Elab.: DGGER Version: 02 1) Cod. Cont.:

ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES

2) ESTRUCTURA 1

TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE:	ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m):
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA:	ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m):

3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:

PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)	
			LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)

4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:

PUESTA A TIERRA SI ( ) NO ( )	PARARRAYOS SI ( ) NO ( )

OTROS (Describa):

5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:

LINEA COMERCIAL ( )	GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	EXISTE RESPALDO SI ( ) NO ( )

TIPO DE RESPALDO

GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	UPS ( )	OTRO: _____

6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:

2) ESTRUCTURA 2

TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE:	ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m):
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA:	ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m):

3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:

PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)	
			LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)

4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:

PUESTA A TIERRA SI ( ) NO ( )	PARARRAYOS SI ( ) NO ( )

OTROS (Describa):

5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:

LINEA COMERCIAL ( )	GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	EXISTE RESPALDO SI ( ) NO ( )

TIPO DE RESPALDO

GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	UPS ( )	OTRO: _____

6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:

2) ESTRUCTURA 3

TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE:	ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m):
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA:	ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m):

3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:

PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)	
			LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)

4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:

PUESTA A TIERRA SI ( ) NO ( )	PARARRAYOS SI ( ) NO ( )

OTROS (Describa):

5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:

LINEA COMERCIAL ( )	GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	EXISTE RESPALDO SI ( ) NO ( )

TIPO DE RESPALDO

GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	UPS ( )	OTRO: _____

6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:

	FORMULARIO PARA INFORMACION DE ANTENAS	RC – 3A Elab.: DGGER Versión: 02
		1) Cod. Cont:

2)
CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS

CARACTERISTICAS TECNICAS	ANTENA 1	ANTENA 2
CODIGO DE ANTENA:		
MARCA:		
MODELO:		
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):		
TIPO:		
IMPEDANCIA (ohmios):		
POLARIZACION:		
GANANCIA (dBd):		
DIÁMETRO (m):		
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):		
ANGULO DE ELEVACION (°):		
ALTURA BASE-ANTENA (m):		

2)
CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS

CARACTERISTICAS TECNICAS	ANTENA 3	ANTENA 4
CODIGO DE ANTENA:		
MARCA:		
MODELO:		
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):		
TIPO:		
IMPEDANCIA (ohmios):		
POLARIZACION:		
GANANCIA (dBd):		
DIÁMETRO (m):		
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):		
ANGULO DE ELEVACION (°):		
ALTURA BASE-ANTENA (m):		

2)
CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS

CARACTERISTICAS TECNICAS	ANTENA 5	ANTENA 6
CODIGO DE ANTENA:		
MARCA:		
MODELO:		
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):		
TIPO:		
IMPEDANCIA (ohmios):		
POLARIZACION:		
GANANCIA (dBd):		
DIÁMETRO (m):		
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):		
ANGULO DE ELEVACION (°):		
ALTURA BASE-ANTENA (m):		

NOTA: Se debe adjuntar las copias de los catálogos de las mencionadas antenas.

SENATEL	FORMULARIO PARA PATRONES DE RACIACION DE ANTENAS	RC – 3B Elab.: DGGER Versión. 01 1) Cod. Cont:

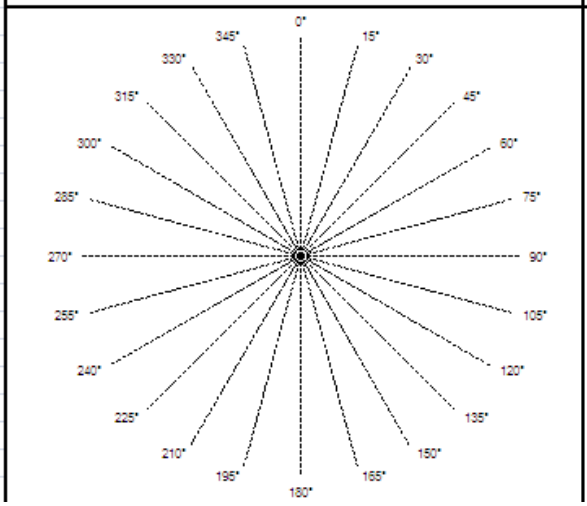
2)
PATRONES DE RADIACION DE ANTENA

MARCA:		MODELO:		TIPO:	

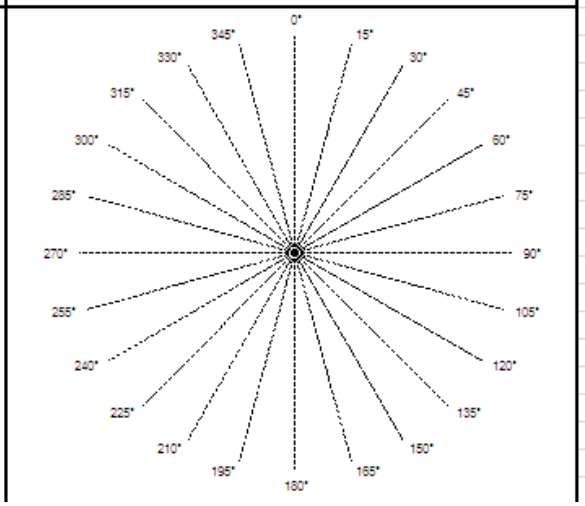
Ingrese los valores de ganancia (dBd) para cada radial.

RADIAL / PLANO	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°
HORIZONTAL																								
VERTICAL																								

PATRON DE RADIACION HORIZONTAL



PATRON DE RADIACION VERTICAL



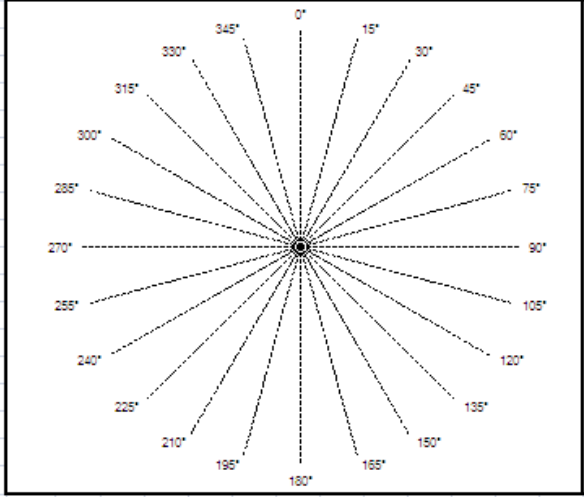
2)
PATRONES DE RADIACION DE ANTENA

MARCA:		MODELO:		TIPO:	

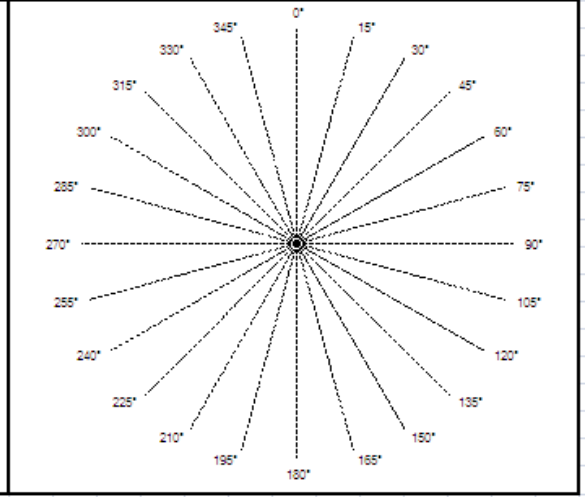
Ingrese los valores de ganancia (dBd) para cada radial.

RADIAL / PLANO	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°
HORIZONTAL																								
VERTICAL																								

PATRON DE RADIACION HORIZONTAL



PATRON DE RADIACION VERTICAL



SENATEL	**FORMULARIO PARA SERVICIOS FIJO Y MOVIL TERRESTRE** (SISTEMAS DE RADIOS DE DOS VIAS)	**RC – 5A** Elab.: DGGER Versión: 01 1) Cod. Cont:

2)
CARACTERISTICAS DE OPERACION POR CIRCUITO

No. CIRCUITO	BANDA DE FRECUENCIAS: ( )	RANGO EN LA BANDA REQUERIDA:	No. DE FRECUENCIAS POR CIRCUITO:

3)
REGION A OPERAR

PROVINCIA(S):	CIUDAD(ES):

4) MODO DE OPERACION: SIMPLEX SEMIDUPLEX FULLDUPLEX ( )	5) HORARIO DE OPERACION:

6) POTENCIA DE SALIDA (Watts):	7) ANCHURA DE BANDA (kHz):	8) CLASE DE EMISION:

9)
NUMERO DE ESTACIONES

No. DE ESTACIONES REPETIDORAS:	No. DE ESTACIONES FIJAS:	No. DE ESTACIONES MOVILES:	No. DE ESTACIONES PORTATILES:	No. TOTAL DE ESTACIONES:

10)
CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES REPETIDORAS

INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	ESTRUCTURA ASOCIADA	ANTENA (S) ASOCIADA(S)		ALTURA EFECTIVA DE ANTENA (m)	EQUIPO UTILIZADO

11)
CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES FIJAS

INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	ESTRUCTURA ASOCIADA	ANTENA(S) ASOCIADA(S)		EQUIPO UTILIZADO	INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	ESTRUCTURA ASOCIADA	ANTENA (S) ASOCIADA(S)		EQUIPO UTILIZADO

12)
CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES MOVILES

INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	EQUIPO UTILIZADO	INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	EQUIPO UTILIZADO	INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	EQUIPO UTILIZADO	INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	EQUIPO UTILIZADO

13)
CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES PORTATILES

INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	EQUIPO UTILIZADO	INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	EQUIPO UTILIZADO	INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	EQUIPO UTILIZADO	INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	EQUIPO UTILIZADO

	FORMULARIO PARA CALCULOS DE PROPAGACION	**RC– 13A** Elab.: DGGER Versión: 01 1) Cod. Cont:

2) No. CIRCUITO/RADIOBASE:

3) *PERFILES TOPOGRAFICOS*

ALTURA s.n.m. (m)

RADIALES / *DISTANCIA (Km)*	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
5												
10												
15												
20												
25												
30												
35												
40												
45												
50												
55												
60												
65												
70												

NOTA: La escala de distancia de esta tabla puede ser modificada de acuerdo al radio de cobertura. Deben presentarse los graficos de cada perfil.

4) *AREA DE COBERTURA*

NIVEL DE CAMPO ELECTRICO (dBμV/m)

RADIALES / *DISTANCIA (Km)*	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
5												
10												
15												
20												
25												
30												
35												
40												
45												
50												
55												
60												
65												
70												

NOTA: La escala de distancia de esta tabla puede ser modificada de acuerdo al radio de cobertura. Debe presentarse el diagrama de cobertura en una copia de un mapa cartográfico de escala adecuada.

5) *RADIO DE COBERTURA*

DISTANCIA (Km)

RADIALES / *CAMPO ELECTRICO*	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
E = 38.5 dBμV / m												

6) *ESQUEMA DEL CIRCUITO*

ANEXO 5

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL GATEWAY DE ROIP NXU-2A

Raytheon
JPS Communications

NXU-2A Network eXtension Unit

The **NXU-2A** uses RoIP technology to send and receive digital voice audio. RoIP stands for Radio over Internet Protocol, which is a means of digitizing voice signals and sending them over a digital network. The digital network can be a LAN (Local Area Network), WAN (Wide Area Network), or the Internet itself. The NXU-2A embodies this RoIP technology in a way that enables communications radios to be interconnected across the room or around the world.

ADVANTAGES

- Enables the formulation of low cost, extremely flexible radio communications networks.
- Multiplexes voice audio and data over a standard Ethernet network.
- Uses existing network infrastructure eliminating the need for leased lines and microwave sites.
- Eliminates the requirement for pilot tones and other inband signalling.
- Facilitates centralized control of a communications network from a single computer.
- An upgraded version of the popular NXU-2, the NXU-2A offers significant enhancements including: adjustable transmit and receive audio delay, VMR COR Type, SNMP support, connectionless mode (WAIS), multicast mode, factory reset, and QoS Support of DSCP.
- Fully compatible with our ACU DSP-2 modules and PCNXU RoIP technologies.

One of the JPS NXU family of products, the NXU-2A connects communications equipment to a digital network using RoIP (Radio over Internet Protocol) technology. It is intended for use with radio communications consoles, communications radios, and JPS products such as the ACU-1000 Interconnect Unit and the SNV-12 Voter.

The NXU-2A is a general-purpose stand-alone device that interfaces full duplex audio, one RS-232 port, and four status bits onto an Ethernet network. A pair of NXU-2As can form a simple system that creates a transparent communications link between the two. The unit at the far end is the server, the one at the near end is the client. The audio, RS-232, and status bits appear to be simply extended between the server and the client. The NXU-2A offers superior audio quality with a minimal use of network bandwidth and now is a 10/100 BASE-T Ethernet device.

NXU-2A Network eXtension Unit

NETWORK EXTENSION UNIT

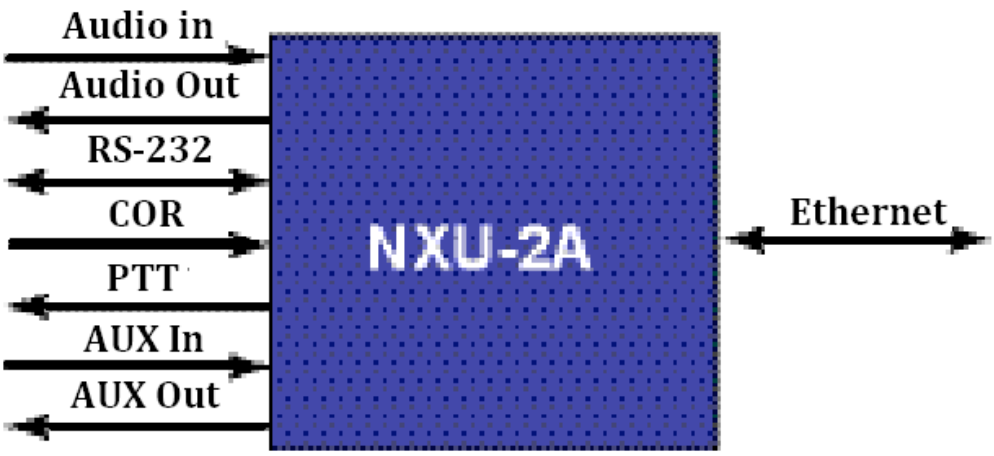


Figure 1. Basic NXU-2A Block Diagram.

SIMPLE NXU-2 RADIO SYSTEM

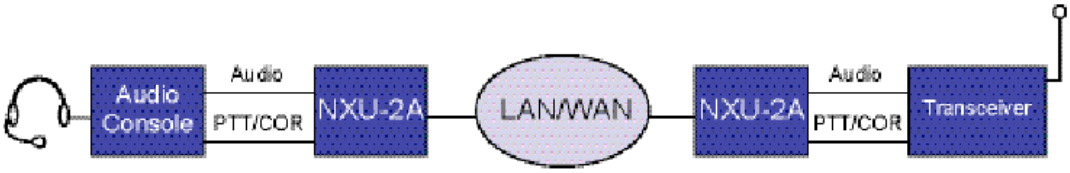


Figure 2. Illustrates a basic NXU-2A application in which a communications transceiver is connected via a network to a remote audio console. The transmit/receive audio and the PTT/COR signals are transported digitally across the network and appear transparently at the other end. The operator at the audio console can use the radio as if it were located right beside him.

NETWORK DETAILS

The NXU-2A is an 10/100BASE-T Ethernet device and each unit has a unique Ethernet address and an RJ-45 physical jack. A 10/100BASE-T device operates at 100Mbps and interconnects to a hub (star topology) using standard CAT 5 twisted pair cable. The maximum cable length between an NXU-2A and its hub port is 100 meters. With the right connective equipment (recommended or supplied by JPS), the NXU-2A's Ethernet port can be linked up with virtually any other kind of LAN, WAN, or the Internet, no matter which topology or cabling system is in use.

Raytheon
JPS Communications

NXU-2A Network eXtension Unit

MULTIPLE RADIO CONTROL

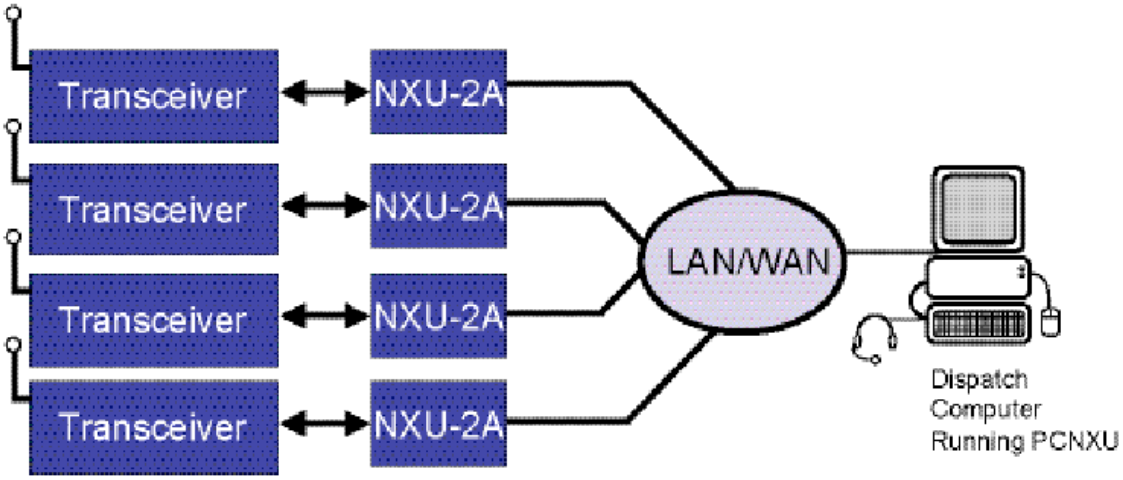


Figure 3. Illustrates an application in which several remotely-located communications transceivers are connected over a network to a dispatch computer. The computer is running PCNXU software, which allows the operator to manage connections to any of the radios in the network.

Remote Extension in WAIS

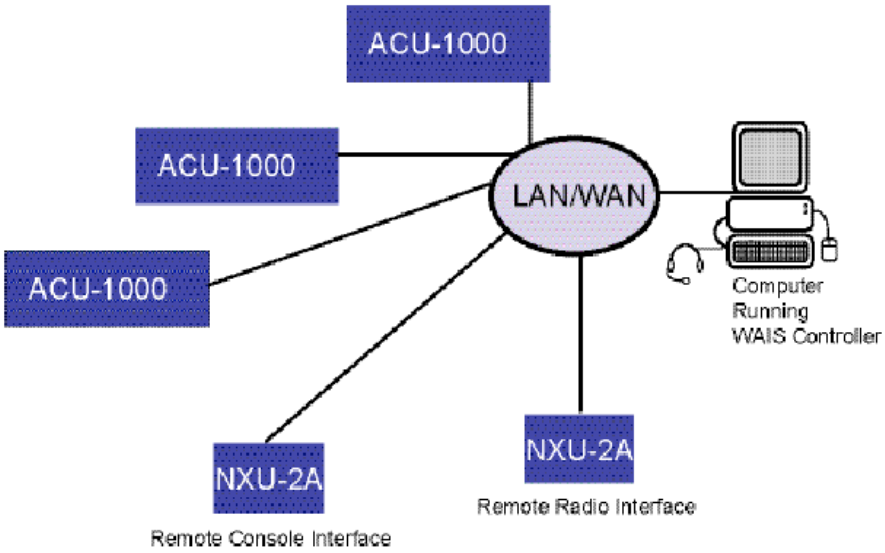


Figure 4. Illustrates an application where the NXU-2A serves as a remote extension in a Wide Area Interoperability System (WAIS) application.

NXU-2A Network eXtension Unit

SYSTEM OVERVIEW

Any NXU-2A can be set up as a server or a client depending on system needs. The RS-232 connection allows for different baud rates between the server and client.

The NXU-2A monitors its network connection and adjusts its parameters automatically to provide optimum performance under varying network conditions. Front Panel indicators display the unit's status. Initial configuration is done through the NXU-2A's serial port, but once set up, a standard web browser can be used over the network to monitor and change the unit's settings and to perform diagnostics.

The NXU-2A provides a number of different voice compression settings to accomodate a wide range of applications from voice-only to voice plus tone signalling.

Designed for years of continuous operation in mission-critical applications and remote locations, the NXU-2A has no moving parts and requires no periodic shutdown or maintenance. Start up upon power on is typically 5 seconds.

SPECIFICATIONS

RX Audio Input	
Input Impedance	Balanced 47k ohms, Transformer Coupled.
Input Level	0 dBm nominal; +15 dBm clipping.
Frequency Response	10 Hz to 3600 kHz ± 2dB.
TX Audio Output	
Output Impedance	unbalanced 10 ohms, AC Coupled.
Output Level	0 dBm nominal; +15 dBm clipping into a 600 ohm load.
Frequency Response	10 Hz to 3350 Hz ± 2dB.
Distortion	0.5% or less (excepting Vocoder).
COR and AUX Input	
Input Impedance	47k ohm pullup to +5V.
Polarity	Active low or high, selectable.
Threshold	+2.5V nominal.
Protection Up To	±100 VDC.
PPT and AUX Output	
Output Type	Open drain, 47k ohm pullup to +5V.
Maximum Sink Current	100 mA.
Maximum Open Circuit Voltage	+60 VDC.
Serial Interface	
Interface Type	RS-232, Assynchronus, Full Duplex.
Baud Rates	300, 1200, 2400, 4800, 9600, 19,200, 38,400, 57,600, 115,200bps.
Connector	DB-9 Male, Standard PC/AT DCE Pinout.
Network Interface	
Interface Type	10/100BASE-T Ethernet, 100 Mbps; RJ-45 Connector.
Protocols	Audio-UDP, RS-232-TCP.
Audio Vocoder	GSM compliant (13Kbps), G.723 ADPCM (16,24,32 Kbps), G.711 (64Kbps) selectable.
General/Environmental	
Programming/Configuration	RS-232, HTTP(Web), or Telnet.
Front Panel	Power, Busy, Link Active, and Channel Active LEDs.
Rear Panel	Audio data, Serial, Network, and Power Connectors.
Audio/Data Connector	DB-15 Female.
Input Power (12V DC Nominal)	+11 to +15 VDC @ 0.5A max. 12VDC Wallcube supplied.
Power Connector	Coaxial jack, 2.5mm ID, 5 to 5.5mm OD; Center Pin Positive; Reverse Polarity protected.
Size and Weight	1.7" H x 7" W x 9" D (4.3 x 17.8 x 22.9cm) 1.1 lbs. (2.4kg).
Temperature	Operating; -20 to +60 degrees C. Storage; -40 to +85 degrees C.
Humidity	Up to 95% @ 55 degrees C.
Shock	MIL-STD-810D, Method 516.3, Procedure VI.
Vibration	MIL-STD-810D, Method 514.3, Category I.

APPLICATIONS

- Simple NXU-2A Radio System
- Multiple Radio Control
- Lease Line Eliminator
- Additional application notes with detailed system applications are available on our website, www.jps.com.

JPS Communications, Inc.
5800 Departure Drive
Raleigh, NC 27616

Phone: (919) 790-1011
Fax: (919) 790-1456
E-Mail: jps@jps.com
Web: www.jps.com

Specifications subject to change without notice.
NXU-2A™ is a trademark of JPS Communications.
Copyright © 2003 JPS Communications.
All rights reserved.

Ver.1 1/06

Raytheon
JPS Communications