

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
TELECOMUNICACIONES**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERÍA**

**“REDISEÑO, LEVANTAMIENTO Y
MANTENIMIENTO DEL ENLACE DE DATOS
ENTRE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL
EJÉRCITO Y LA COMANDANCIA GENERAL DE
EJÉRCITO PARA PROVEER ACCESO AL SISTEMA
SIPER Y A 8 LÍNEAS DEL SISTEMA MODE.”**

CÉSAR AUGUSTO UNDA SÁNCHEZ

Sangolquí – Ecuador

2013

Declaración de responsabilidad

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

CÉSAR AUGUSTO UNDA SÁNCHEZ

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado “Rediseño, levantamiento y mantenimiento del enlace de datos entre la Escuela Politécnica del Ejército y la Comandancia General del Ejército para proveer acceso al sistema Siper y a 8 líneas del Sistema Mode”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie, de las paginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, 11 de Abril del 2013

César Augusto Unda Sánchez

Autorización de publicación

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, César Augusto Unda Sánchez

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “Rediseño, levantamiento y mantenimiento del enlace de datos entre la Escuela Politécnica del Ejército y la Comandancia General del Ejército para proveer acceso al sistema Siper y a 8 líneas del Sistema Mode”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 11 de Abril del 2013

César Augusto Unda Sánchez

Certificado de tutoría

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

CERTIFICADO

Ing. Flavio Pineda
Ing. Fausto Granda

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado trabajo “Rediseño, Levantamiento y Mantenimiento del enlace de datos entre la Escuela Politécnica del Ejército y la Comandancia General del Ejército para proveer acceso al Sistema Siper y a 8 líneas del Sistema Mode”, realizado por César Augusto Unda Sánchez, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que se trata de un trabajo de investigación recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a César Augusto Unda Sánchez que lo entregue al Ing. Dario Duque, en su calidad de Coordinador de la Carrera.

Sangolquí, 11 de Abril del 2013

Ing. Flavio Pineda
DIRECTOR

Ing. Fausto Granda
CODIRECTOR

RESUMEN

Se realizó el rediseño, levantamiento y mantenimiento del enlace de datos entre la Escuela Politécnica del Ejército y la Comandancia General del Ejército para proveer acceso al Sistema Siper y a 8 líneas del Sistema Mode.

A través del análisis de la topología de los lugares donde se instalarán los equipos, se verificó las infraestructuras de telecomunicaciones montadas en estos lugares, así como del perfil topográfico de estos sitios.

Mediante Radio Mobile se realizó el rediseño del enlace, estableciendo la altura a la que deben ir montados los equipos de radio sobre las torres, así como también, verificar que la primera Zona de Fresnel se encuentre libre de obstáculos.

Una vez obtenidos los valores mediante simulación, se procedió a la implementación de los equipos, obteniendo así niveles de potencia entre -74 dBm y -70 dBm y permitiendo con ello tener un enlace estable y eficiente.

Para finalizar se realizaron pruebas del enlace mediante la inyecciones de tráfico por medio del DITG, estableciendo así de que el throughput del enlace tiene un valor de 2.5 Mbps, permitiendo el optimo y adecuado funcionamiento de los Sistemas a ser implementados debido a que los mismo necesitan un ancho de banda de 1.2 Mbps.

DEDICATORIA

A mi Padre Cesar y Madre Mercedes por haberme dado la vida y la posibilidad de estudiar y de esta manera ser alguien tan grande como ellos.

A mis hermanos Fanny y Kevin por ser la inspiración que empuja a superarme cada día.

A mis demás familiares por cada día estar pendientes y atentos a los malos y buenos momentos.

A mis amigos que son el complemento para que la vida sea única.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y ser quien me brinda las fuerzas necesarias para cada día luchar por mis sueños.

A toda mi familia por ser quienes desde pequeño me hicieron un hombre de bien para la sociedad y por brindarme el pan de cada día y los recursos necesarios para lograr mis objetivos y anhelos.

A la Comandancia General del Ejército y al Departamento de Seguridad y Defensa de la Escuela Politécnica del Ejército por brindarme las facilidades y recursos para lograr a culminar con éxito el presente proyecto.

A mi Director Sr Ing. Flavio Pineda y Codirector Sr Ing. Fausto Granda por haber brindado cada día de la elaboración del proyecto, sus conocimientos y tiempo necesario para llegar a culminar de una manera exitosa el proyecto de tesis.

PRÓLOGO

Las comunicaciones hoy en día en todo ámbito de trabajo son muy trascendentales y más aún en el campo Militar. Los canales dedicados y seguros son los apropiados para transmitir información tan confidenciales como es la Militar. El sistema de telefonía Mode del Ejército Ecuatoriano, necesita integrar a todos los destacamentos Militares que existen a nivel nacional, así como también el sistema personal Siper de las Fuerzas Armadas.

Es por tal motivo como objetivo principal, enlazar a la Escuela Politécnica del Ejército con la Comandancia General de Ejército por medio de un enlace que logré cumplir con todas las necesidades que sean fundamentales para llevar los sistemas antes indicados a las instalaciones del centro educativo.

El hecho de que tanto Sistema Mode como Siper funcionen dentro de la Espe, brinda un gran beneficio al personal Militar que realiza sus labores académicas y administrativas en la Universidad, debido a que de esta manera tendrán una comunicación directa y optima con los demás centros militares a través de las líneas de telefonía ip y adicional tendrán acceso a la base de datos del Siper para obtener la información personal necesaria.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
PRÓLOGO.....	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDO	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XIX
GLOSARIO.....	XX
CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	1
1.3 ALCANCE.....	2
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 General	3
1.4.2 Específicos	3
1.5 MARCO TEÓRICO	3
1.5.1 Introducción.....	3
1.5.2 Estándares IEEE	5
1.5.2.1 Estándares IEEE 802.11	6
1.5.2.1.1 IEEE 802.11a	7
1.5.2.1.2 IEEE802.11b	9
1.5.2.1.3 IEEE 802.11e	9
1.5.2.1.4 IEEE 802.11g	9
1.5.2.1.5 IEEE 802.11i	10
1.5.2.1.6 IEEE 802.11k	10
1.5.2.1.7 IEEE 802.11n	11
1.5.2.2 Estándares IEEE 802.16	11
1.5.3 Consideraciones Importantes	12
1.5.3.1 Campos y Ondas Electromagnéticas	12
1.5.3.2 Medio de transporte	12
1.5.3.3 Longitud de onda y frecuencia.....	13
1.5.3.4 Espectro Electromagnético.....	14
1.5.4 Propagación de señales electromagnéticas.....	15
1.5.4.1 Frente de Onda	16
1.5.4.2 Absorción de Ondas	16
1.5.4.3 Atenuación de Ondas	16

1.5.4.4	Zona de Fresnel	17
1.5.4.5	Margen de despeje.....	18
1.5.4.6	Pérdidas por espacio libre	20
1.5.4.7	Ganancia del sistema	20
1.5.4.8	Margen de Umbral.....	21
1.5.4.9	Confiabilidad del enlace.....	21
1.5.4.10	Margen de desvanecimiento	21
1.5.5	Propiedades de las Ondas de Radio	23
1.5.5.1	Interferencia	23
1.5.5.2	Reflexión.....	24
1.5.5.3	Refracción	25
1.5.5.4	Difracción.....	26
1.5.6	Antenas	27
1.5.7	Modelos de propagación	28
1.5.7.1	Modelo de propagación en Espacio Libre (Free Space)	29
1.5.7.2	Modelo de propagación Okumura.....	30
1.5.7.3	Modelo de propagación de Okumura-Hata.....	31
1.5.7.4	Modelo COST 231	32
CAPITULO II.....		33
SITUACION ACTUAL DEL ENLACE DE DATOS		33
2.1	ANÁLISIS DEL ENLACE DE DATOS	33
2.2	ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LOS EQUIPOS QUE CONFORMAN LA RED	34
2.2.1	Equipos Espe.....	34
2.2.2	Equipos Comandancia y Miravalle.....	38
2.3	VERIFICACION DE LOS PARÁMETROS DE LOS EQUIPOS QUE CONFORMAN EL ENLACE	39
2.3.1	Airmux-200	40
2.4	ANÁLISIS DE LA TOPOLOGÍA DEL TERRENO DONDE ACTUALMENTE ESTÁ INSTALADO EL ENLACE	48
2.5	ANÁLISIS DE LAS INTERFERENCIAS EN EL SECTOR DE MIRAVALLE LUGAR EN EL CUAL SE ENCUENTRA EL REPETIDOR	54
2.5.1	Lecturas direccionando a la Espe.....	56
2.5.2	Lecturas direccionando a la Comandancia.....	62
2.5.3	Lecturas direccionando a la Caseta de Miravalle.....	66
2.5.4	Resultados de lecturas direccionando a la Espe	70
2.5.5	Resultados de lecturas direccionando a la Comandancia.....	70
2.5.6	Resultados de lecturas direccionando a la Caseta de Miravalle	71

CAPITULO III	72
DISEÑO DEL ENLACE DE DATOS.....	72
3.1 DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	72
3.1.1 Sistema SIPER	72
3.1.1.1 Oracle	73
3.1.1.2 Software Siper	76
3.1.2 Sistema MODE	78
3.2 DISEÑO DEL ENLACE UTILIZANDO RADIO MOBILE.....	87
3.2.1 Introducción.....	87
3.2.2 Especificaciones del enlace de datos	88
3.2.3 Proceso de montaje de una enlace de radio.....	88
3.2.3.1 Perfiles Topográficos.....	89
3.2.3.2 Diagrama de ruta	92
3.2.3.3 Elección de ubicación.....	93
3.2.3.4 Graficar cota topográfica contra altura real	95
3.2.3.5 Cálculo de curvatura de la tierra y altura real.....	97
3.2.3.6 Cálculo de Zona de Fresnel	98
3.2.3.7 Pérdidas por espacio libre y ganancia del sistema	102
3.2.3.8 Torres	109
3.2.3.9 Equipos de radio enlace - Antenas	111
3.2.3.9.1 Airmux-200	112
3.2.3.9.2 Ubiquiti NanoStation5	113
3.2.3.10 Análisis de legislación	116
3.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS.....	117
3.3.1 Introducción.....	117
3.3.2 Diseño.....	117
3.3.2.1 Captación del Rayo	117
3.3.2.2 Conducción del Rayo	119
3.3.2.3 Puesta a tierra.....	119
3.3.2.4 Protección de los Equipos.....	121
3.3.2.5 Protección de la entrada de servicio	121
3.3.2.6 Plan de seis puntos de protección contra rayos	122
3.3.2.7 Desarrollo	123
3.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE RESPALDO DE ENERGÍA	124
3.4.1 Introducción.....	124
3.4.2 Diseño.....	124
3.4.2.1 UPS	124
3.4.2.2 Dimensionamiento según necesidades de los usuarios.....	130
3.4.2.3 Diagramas de conexiones de respaldo eléctrico.....	131
3.4.2.4 Desarrollo	132
CAPITULO IV.....	133
IMPLEMENTACIÓN DEL ENLACE.....	133
4.1 INTRODUCCIÓN	133

4.2	MONTAJE DE EQUIPOS DE RADIO CON ANTENAS INTEGRADAS	134
4.3	MONTAJE DE LOS EQUIPOS EN LOS TRES PUNTOS.....	138
4.4	PROGRAMACIÓN DE LOS EQUIPOS	141
4.4.1	Ubiquiti NanoStation5.....	141
4.4.1.1	Configuración Punto de Acceso, Miravalle.....	142
4.4.1.2	Configuración Estación WDS	146
4.4.2	Teléfono IP Grandstream	152
4.5	CONEXIÓN A LA CENTRAL DIGITAL DEL COMACO Y AL EQUIPO DESTINADO PARA EL SISTEMA SIPER EN LA ESPE	155
4.5.1	Conexión a la central digital del Comaco.....	155
4.5.2	Conexión del Sistema Siper en la ESPE.	159
4.6	INSTALACIÓN DEL SISTEMA A TIERRA Y DE FUENTES DE RESPALDO	160
4.6.1	Sistema de puesta a tierra y respaldo eléctrico en Miravalle	160
4.6.2	Sistema de puesta a tierra y respaldo eléctrico en la Comandancia.....	165
4.6.3	Sistema de puesta a tierra y respaldo eléctrico en la Espe.....	167
CAPITULO V		168
PRUEBAS Y EVALUACION DEL ENLACE		168
5.1	PRUEBAS Y EVALUACIÓN DE LA RED CON INYECTORES DE TRÁFICO PARA DETERMINAR BITRATE, THROUGHPUT, PACKETLOS, DELAY	168
5.1.1	Niveles de recepción del enlace Espe - Comandancia mediante interfaz de los Radios.....	168
5.1.2	Pruebas del enlace Espe Comandancia mediante DITG	171
5.1.2.1	Envío de 1000 paquetes de datos.....	176
5.1.2.2	Envío de 5000 paquetes de datos.....	183
5.1.2.3	Envío de paquetes de voz.....	190
5.2	PRUEBAS DE LAS LÍNEAS TELEFÓNICAS.....	197
5.3	PRUEBAS CON EL SISTEMA SIPER.....	199
CAPITULO VI.....		204
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		204
6.1	CONCLUSIONES	204
6.2	RECOMENDACIONES	206

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1.1. Esquema de un enlace de radio.....	4
Figura. 1.2. Diagrama de Bloques de un Repetidor	5
Figura. 1.3. Esquema de un enlace de datos con repetidor.....	5
Figura. 1.4. Multiplexación OFDM en el dominio de la frecuencia y el tiempo	8
Figura. 1.5. Longitud de onda, amplitud y frecuencia	13
Figura. 1.6. Zona de Fresnel	17
Figura. 1.7. Despeje sobre un obstáculo.	18
Figura. 1.8. Tipos de Interferencia Existentes	24
Figura. 1.9. Reflexión de una onda electromagnética	24
Figura. 1.10. Refracción en una frontera plana.....	25
Figura. 1.11. Refracción en una frontera con gradiente.....	26
Figura. 1.12. Difracción de una onda electromagnética.....	26
Figura. 1.13. Ondas estacionarias de voltaje.....	27
Figura. 2.1. Topología de red del enlace Espe – Comandancia.....	33
Figura. 2.2. AIRMUX-ANT/28/5.4/DB/FP ubicado en las instalaciones de la terraza del edificio central de la Escuela Politécnica del Ejército.....	35
Figura. 2.3. AIRMUX-200/ODU/5.4HP/EXT ubicado en el mástil de las instalaciones de la terraza del edificio central de la Escuela Politécnica del Ejército	36
Figura. 2.4. AIRMUX-200/IDU ubicado en las instalaciones del departamento de la UTIC de la ESPE	36
Figura. 2.5. GATEWAY DE VOZ - TK 1008/4FXS-4FXO ubicado en las instalaciones del departamento de la UTICS de la ESPE	37
Figura. 2.6. Router Cisco 1841, ubicado en las instalaciones del departamento de la UTIC de la ESPE	37
Figura. 2.7. Airmux-200	40
Figura. 2.8. Arquitectura Airmux-200	42
Figura. 2.9. AIRMUX-200/IDU	43
Figura. 2.10. AIRMUX-200/ODU	43
Figura. 2.11. Ilustración de una aplicación típica de colocación de Airmux-200	44
Figura. 2.12. Antena Flat Panel.....	45
Figura. 2.13. Antena Parabólica.....	45
Figura. 2.14. Antena de Grilla.....	46
Figura. 2.15. Ingreso al equipo Airmux-200	46
Figura 2.16. Configuración de administración del Airmux-200	47
Figura 2.17. Configuración de la frecuencia de trabajo del Airmux-200.....	47
Figura 2.18. Pantalla que muestra los niveles de recepción del Airmux-200.....	48
Figura. 2.19. Repetidor de Miravalle.....	49
Figura. 2.20. Vista al Valle de los Chillos desde Miravalle.....	49
Figura. 2.21. Torre de telecomunicaciones ubicada en Miravalle.....	50
Figura. 2.22. Escuela Politécnica del Ejército.....	51
Figura. 2.23. Torre autosoportada ubicada en las instalaciones de la Espe.....	52
Figura. 2.24. Edificio de la Comandancia General del Ejército.....	52

Figura. 2.25. Torre de telecomunicaciones ubicada en la Comandancia	53
Figura. 2.26. Equipamiento para realizar el análisis de interferencias	54
Figura. 2.27. Anritzu S362E	55
Figura. 2.28. Menú de aplicaciones en el Anritzu.....	55
Figura. 2.29. Toma de lecturas en el rango de 5Ghz-6Ghz, antena horizontal con dirección a la Espe	57
Figura. 2.30. Resultados del análisis de interferencia en el rango de 5Ghz-6Ghz, antena horizontal con dirección a la Espe	58
Figura. 2.31. Toma de lecturas en el rango de 5Ghz-6Ghz, antena vertical con dirección a la Espe	58
Figura. 2.32. Resultado del análisis de interferencia en el rango de 5Ghz-6Ghz, antena vertical con dirección a la Espe	59
Figura. 2.33. Resultado del análisis de interferencia en el rango de 5.7 Ghz- 5.9 Ghz, antena horizontal con dirección a la Espe	60
Figura. 2.34. Resultado del análisis de interferencia en el rango de 5.7 Ghz- 5.9 Ghz, antena vertical con dirección a la Espe.....	61
Figura. 2.35. Resultado del análisis de interferencia en el rango de 5 Ghz- 6 Ghz, antena horizontal con dirección a la Comandancia	62
Figura. 2.36. Resultado del análisis de interferencia en el rango de 5 Ghz-6 Ghz, antena vertical con dirección a la Comandancia	63
Figura. 2.37. Resultado del análisis de interferencia en el rango de 5 Ghz- 6 Ghz, antena horizontal con dirección a la Comandancia	64
Figura. 2.38. Resultado del análisis de interferencia en el rango de 5.7 Ghz- 5.9 Ghz, antena vertical con dirección a la Comandancia	65
Figura. 2.39. Resultado del análisis de interferencia en el rango de 5.7 Ghz- 5.9 Ghz, antena horizontal con dirección a la Caseta de Miravalle	66
Figura. 2.40. Resultado del análisis de interferencia en el rango de 5 Ghz- 6 Ghz, antena vertical con dirección a la Caseta de Miravalle.....	67
Figura. 2.41. Resultado del análisis de interferencia en el rango de 5.7 Ghz- 5.9 Ghz, antena horizontal con dirección a la Caseta de Miravalle	68
Figura. 2.42. Resultado del análisis de interferencia en el rango de 5.7 Ghz- 5.9 Ghz, antena vertical con dirección a la Caseta de Miravalle.....	69
Figura. 3.1. Oficinas de administración del Sistema Siper ubicada en la Comandancia	73
Figura. 3.2. Ejecución de setup para empezar la instalación de Oracle.....	74
Figura. 3.3. Instalación de Oracle	75
Figura. 3.4. Colocar nombre de servicio de la base de datos del ejército.....	75
Figura. 3.5. Finalización de la instalación de Oracle.....	76
Figura. 3.6. Directorios que contendrán los archivos del Siper	76
Figura. 3.7. Vinculación del archivo tnsnames.ora en la carpeta ADMIN de Oracle.	77
Figura. 3.8. Vinculación del archivo tnsnames.ora en la carpeta SAMPLE en de Oracle.....	77
Figura. 3.9. Central ALCATEL OmniPCX 4400	78
Figura. 3.10. Tarjetas Z24 y UA32.....	78
Figura. 3.11. Tarjetas NPRAE e INT-IP	79

Figura. 3.12. Tarjetas INTOF para la distribución de las líneas telefónicas a los pisos del edificio.....	79
Figura. 3.13. Anillos de la Red PDH	81
Figura. 3.14. Topología de la Red de Conmutación	84
Figura. 3.15. Área de cobertura de la Red de Multiacceso.....	85
Figura. 3.16. Área de cobertura de la Red de Troncalizada.....	86
Figura. 3.17. Perfil Topográfico Espe – Miravalle	89
Figura. 3.18. Perfil Topográfico Comandancia – Miravalle.....	90
Figura. 3.19. Perfil Topográfico Comandancia – Miravalle.....	90
Figura. 3.20. Perfil Topográfico Miravalle – Comandancia.....	91
Figura. 3.21. Perfil Topográfico Miravalle – Espe	91
Figura. 3.22. Perfil Topográfico Espe – Miravalle	92
Figura. 3.23. Diagrama de ruta Espe – Miravalle – Comando (Radio Mobile).....	92
Figura. 3.24. Diagrama de ruta Espe – Miravalle – Comando (Google Earth).....	93
Figura. 3.25. Ingreso de coordenadas en Radio Mobile.....	94
Figura. 3.26. Ingreso de los Parámetros en Radio Mobile.....	94
Figura. 3.27. Configuración del Sistema del Radio Enlace en Radio Mobile	95
Figura. 3.28. Elevación más pronunciada enlace Comandancia - Miravalle.....	96
Figura. 3.29. Elevación más pronunciada enlace Espe - Miravalle	96
Figura. 3.30. Zona de Fresnel Espe – Miravalle	99
Figura. 3.31. Perfil Topográfico Comandancia – Miravalle.....	101
Figura. 3.32. Valores hallados mediante simulación en Radio Mobile.....	105
Figura. 3.33. Valores hallados mediante simulación en Radio Mobile.....	108
Figura. 3.34. Torre de telecomunicación ubicada en la Comandancia General del Ejército	110
Figura. 3.35. Torre de telecomunicación ubicada en Miravalle.....	110
Figura. 3.36. Torre de telecomunicación ubicada en la Espe	111
Figura. 3.37. Sellos de autorización del funcionamiento de la repetidora de Miravalle	116
Figura. 3.38. Protecciones que se deben tener en cuenta dentro de las instalaciones de un edificio en el cual se tengan equipos electrónicos	122
Figura. 3.39. Sección de entrada del Ups.....	126
Figura. 3.40. Filtro del Ups	126
Figura. 3.41. Inversor	126
Figura. 3.42. Batería	127
Figura. 3.43. Cargador	127
Figura. 3.44. Ups Off-Line Funcionamiento en modo normal (stand-by).....	128
Figura. 3.45. Ups Off-Line Funcionamiento en modo batería (Backup).....	129
Figura. 3.46. Ups On-Line Funcionamiento en modo Bypass	129
Figura. 3.47. Diagrama 1 de conexión de respaldo eléctrico	131
Figura. 3.48. Diagrama 2 de conexión de respaldo eléctrico	132
Figura. 4.1. Red de datos a ser implementada	133
Figura. 4.2. Torre en Miravalle donde se colocará el equipo de radio	134
Figura. 4.3. Montaje de las antenas en Miravalle.....	135
Figura. 4.4. Torre en la Comandancia donde se instalará el equipo de radio	136
Figura. 4.5. Montaje del equipo Ubiquiti NanoStation5 en la Comandancia	136
Figura. 4.6. Montaje del equipo Ubiquiti NanoStation5 en la Espe.....	137

Figura. 4.7. Montaje del equipo Ubiquiti NanoStation5 en la Espe.....	138
Figura. 4.8. Esquema de conexiones del enlace Espe – Miravalle, Comandancia – Miravalle por medio de un switch.....	139
Figura. 4.9. Esquema de conexiones hacia el switch de la red Lan de la Comandancia	140
Figura. 4.10. Esquema de conexiones en las instalaciones de la ESPE.....	141
Figura. 4.11. Configuración Network Ubiquiti NanoStation5 Punto de Acceso	142
Figura. 4.12. Configuración Wireless Ubiquiti NanoStation5 Punto de Acceso.....	144
Figura. 4.13. Configuración System Ubiquiti NanoStation5 Punto de Acceso	145
Figura. 4.14. Configuración Network Ubiquiti NanoStation5 Estación WDS.....	146
Figura. 4.15. Configuración Wireless Ubiquiti NanoStation5 Estación WDS.....	148
Figura. 4.16. Configuración System Ubiquiti NanoStation5 Estación WDS	149
Figura. 4.17. Main Ubiquiti NanoStation5 Estación WDS	150
Figura. 4.18. Ping al radio de ip 10.21.234.5	151
Figura. 4.19. Ping al radio de ip 10.21.234.6	152
Figura. 4.20. Teléfono IP Grandstream.....	152
Figura. 4.21. Pantalla que muestra menú de configuración del teléfono Grandstream	153
Figura. 4.22. Configuración de la dirección ip del teléfono	154
Figura. 4.23. Configuración del número de 5 dígitos para el ingreso al Sistema Mode	154
Figura. 4.24. Diagrama de conexión de los tres elementos fundamentales de la Central de la Comandancia	156
Figura. 4.25. Interfaz Gráfica de la Central Telefónica de la Comandancia General del Ejército	157
Figura. 4.26. Creación de cuentas por medio de la Central Telefónica.....	157
Figura. 4.27. Configuración de la Troncal	158
Figura. 4.28. Dial Plan.....	158
Figura. 4.29. Interfaz gráfica de ingreso al Sistema Siper	159
Figura. 4.30. Ingreso de Personal Militar de la Espe al Sistema Siper.....	160
Figura. 4.31. Sistema de respaldo eléctrico en Miravalle.....	161
Figura. 4.32. Esquema de protección contra rayos y respaldo eléctrico en la torre de Miravalle	162
Figura. 4.33. Esquema de la protección contra rayos y respaldo eléctrico en la caseta de Miravalle	163
Figura. 4.34. Protección contra rayos instalada en el interior de la caseta de Miravalle	164
Figura. 4.35. Protección contra rayos instalada en el exterior junto a la torre de Miravalle	164
Figura. 4.36. Tablero de distribución principal de Ups dentro de las instalaciones de la Comandancia	165
Figura. 4.37. Cuarto de Ups y Generadores Eléctricos en las instalaciones de la Comandancia	165
Figura. 4.38. Cámara de puesta a tierra de la Comandancia.....	166
Figura. 4.39. Sistema de puesta a tierra de la Comandancia.....	167
Figura. 4.40. Sistema de puesta tierra en el edificio central de la Espe.....	167

Figura. 5.1. Escenario completo del enlace de datos sobre el cual se realizan las pruebas y evaluación	168
Figura. 5.2. Niveles de Recepción en el enlace Espe - Miravalle	169
Figura. 5.3. Niveles de Recepción en el enlace Comandancia - Miravalle.....	170
Figura. 5.4. Ancho de Banda en el enlace Comandancia - Miravalle	171
Figura. 5.5. Configuración de Define Flow en el emisor	173
Figura. 5.6. Configuración de Settings en el emisor	174
Figura. 5.7. Configuración de Define Flow en el receptor	175
Figura. 5.8. Configuración de Settings en el receptor	175
Figura. 5.9. Configuración de Analyzer en el receptor	176
Figura. 5.10. Configuración de parámetros para envío de 1000 paquetes por el enlace	177
Figura. 5.11. Bitrate Comandancia – Espe con 1000 paquetes enviados.....	178
Figura. 5.12. Bitrate en escala de 1 segundo, Comandancia – Espe con 1000 paquetes enviados	179
Figura. 5.13. Delay Comandancia – Espe con 1000 paquetes enviados.....	180
Figura. 5.14. Delay en escala de 1 segundo Comandancia – Espe con 1000 paquetes enviados	180
Figura. 5.15. Jitter Comandancia – Espe con 1000 paquetes enviados	181
Figura. 5.16. Jitter en escala de 1 segundo Comandancia – Espe con 1000 paquetes enviados	182
Figura. 5.17. Packetloss Comandancia – Espe con 1000 paquetes enviados.....	182
Figura. 5.18. Packetloss en escala de 5 segundos Comandancia – Espe con 1000 paquetes enviados	183
Figura. 5.19. Configuración de parámetros para envío de 1000 paquetes por el enlace	184
Figura. 5.20. Bitrate Comandancia – Espe con 5000 paquetes enviados.....	185
Figura. 5.21. Bitrate en escala de 1 segundo, Comandancia – Espe con 5000 paquetes enviados	186
Figura. 5.22. Delay Comandancia – Espe con 5000 paquetes enviados.....	186
Figura. 5.23. Delay en escala de 1 segundo Comandancia – Espe con 5000 paquetes enviados	187
Figura. 5.24. Jitter Comandancia – Espe con 5000 paquetes enviados	188
Figura. 5.25. Jitter en escala de 1 segundo Comandancia – Espe con 5000 paquetes enviados	188
Figura. 5.26. Packetloss Comandancia – Espe con 5000 paquetes enviados.....	189
Figura. 5.27. Packetloss en escala de 5 segundos Comandancia – Espe con 5000 paquetes enviados	189
Figura. 5.28. Configuración del DITG con parámetros VoIP codec G.711	191
Figura. 5.29. Bitrate Comandancia – Espe con envío de tráfico de voz	192
Figura. 5.30. Bitrate en escala de 1 segundo Comandancia – Espe con envío de tráfico de voz	192
Figura. 5.31. Delay Comandancia – Espe con envío de tráfico de voz.....	193
Figura. 5.32. Delay en escala de 1 segundo Comandancia – Espe con envío de tráfico de voz	194
Figura. 5.33. Jitter Comandancia – Espe con envío de tráfico de voz	195
Figura. 5.34. Jitter en escala de 2 segundos Comandancia – Espe con envío de tráfico de voz	195
Figura. 5.35. Packetloss Comandancia - Espe	196

Figura. 5.36. Diagrama de conexión para acceder al Sistema Mode	197
Figura. 5.37. Teléfonos Grandstream conectados a un switch para acceder al sistema Mode	198
Figura. 5.38. Diagrama de conexión para acceder al Sistema Siper	200
Figura. 5.39. Ingreso a la Información Personal	200
Figura. 5.40. Información del Personal Militar	201
Figura. 5.41. Ingreso a la información de Licencias y Permisos del Personal Militar	201
Figura. 5.42. Búsqueda del Año de Licencia	202
Figura. 5.43. Ingreso de datos para Licencias y Permisos	202

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 1.1. Estándares de IEEE802.11	6
Tabla. 1.2. Clasificación de las ondas electromagnéticas.....	15
Tabla. 1.3. Factor Climático y de Rugosidad	22
Tabla. 2.1. Equipos ubicados en la Espe.....	34
Tabla. 2.2. Equipos ubicados en la Comandancia	38
Tabla. 2.3. Equipos ubicados en Miravalle	38
Tabla. 2.4. Resultados de lecturas direccionando a la Espe	70
Tabla. 2.5. Resultados de lecturas direccionando a la Comandancia.....	70
Tabla. 2.6. Resultados de lecturas direccionando a la Caseta de Miravalle	71
Tabla 3.1. Parámetros para diseño del enlace de radio	88
Tabla. 3.2. Proceso de elección de ubicación para realizar la instalación un enlace de radio	89
Tabla. 3.3. Ubicación y distancias de los puntos que formaran parte del enlace	93
Tabla. 3.4. Caculos de diseño del enlace de radio.....	97
Tabla. 3.5. Elección de equipos e infraestructura a utilizar para el enlace de radio.	109
Tabla. 3.6. Características técnicas del Airmux-200	112
Tabla. 3.7. Throughput del Airmux-200	113
Tabla. 3.8. Costos del enlace Airmux-200	113
Tabla. 3.9. Características técnicas del Ubiquiti NanoStation5	114
Tabla. 3.10. Especificaciones del Tx y Rx del Ubiquiti Nanostation.....	114
Tabla. 3.11. Costos del enlace Ubiquiti NanoStation5	115
Tabla. 3.12. Comparación de equipos Arimux-200 y Ubiquiti NanoStation5	115
Tabla. 3.13. Cálculo de la potencia requerida.....	131
Tabla. 4.1. Asignación de direcciones ips a los equipos de radio	141
Tabla. 4.2. Distribución de extensiones e Ips para los teléfonos del Sistema Mode ..	153
Tabla. 5.1. Parámetros de Setting en el emisor.....	174
Tabla. 5.2. Parámetros de configuración durante el envío de 1000 paquetes.....	177
Tabla. 5.3. Resultados totales al inyectar tráfico de 1000 paquetes por el canal.....	178
Tabla. 5.4. Parámetros de configuración durante el envío de 5000 paquetes.....	184
Tabla. 5.5. Resultados totales al inyectar tráfico de 5000 paquetes por el canal.....	185
Tabla. 5.6. Parámetros de configuración utilizando VoIP codec G.711.....	190
Tabla. 5.7. Resultados totales al inyectar tráfico de voz por el canal	191
Tabla. 5.8. Resultados de las pruebas a las ocho líneas de la Red MODE	199

GLOSARIO

MODE Sistema de Comunicaciones de las Fuerzas Armadas que integra la central telefónica de todos los destacamentos Militares.

SIPER Sistema Personal de las Fuerzas Armadas que consta de una base de datos con información de todos los miembros del Ejército Ecuatoriano.

ITU: Unión Internacional de Telecomunicaciones, es el organismo especializado de las Naciones Unidas para las tecnologías de la información y la comunicación – TIC.

IEEE: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización, su trabajo es promover la creatividad, el desarrollo y la integración, compartir y aplicar los avances en las tecnologías de la información, electrónica y ciencias en general.

Arquitectura OSI: Es un modelo de red descriptivo que permite que los usuarios vean las funciones de red que se producen, por capas.

WLAN: Es un sistema de comunicación inalámbrico flexible, muy utilizado como alternativa a las redes de área local cableadas o como extensión de éstas.

CSMA/CA: Acceso múltiple por detección de portadora con evasión de colisiones, es un protocolo de control de redes de bajo nivel que permite que múltiples estaciones utilicen un mismo medio de transmisión.

DSSS: es uno de los métodos de codificación de canal (previa a la modulación) en espectro ensanchado para transmisión de señales digitales sobre ondas radiofónicas que más se utilizan.

CCK: (Complementary Code Keying) Código Complementario.

WEP: Wired Equivalent Privacy, es el sistema de cifrado incluido en el estándar IEEE 802.11 como protocolo para redes Wireless, que permite cifrar la información que se transmite.

Principio de Huygens: Esto significa que puede esperarse que las trayectorias de las ondas se aparten de la rectilínea más fácilmente a medida que se incrementa la longitud de onda.

TDM: Multiplexación por división de tiempo, consiste en conseguir un mayor rendimiento en los sistemas de transmisión, ya que permite enviar por una misma línea de transmisión varias comunicaciones simultáneas.

BRS: Servicio de radio por banda ancha.

FCC: Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos de América

ETSI: Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones

OFDM: La modulación por división ortogonal de frecuencia, es una modulación que consiste en enviar la información modulando en QAM o en PSK un conjunto de portadoras de diferente frecuencia.

LOS: Línea de vista.

N-LOS: Sin línea de vista.

AES: Estándar de encriptación avanzada que utiliza un esquema de cifrado por bloques.

TDD: Duplicación por división de tiempo, tecnología que simplifica el procedimiento de instalación y configuración.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En el año 2008 el Departamento de Eléctrica y Electrónica ejecutó un proyecto para el Departamento de Seguridad y Defensa titulado Enlace de Datos entre la ESPE y la Comandancia General del Ejército con un presupuesto referencial de \$28.000 el cual fue ejecutado y culminado a finales del 2008 con resultados satisfactorios pues se logró los objetivos planteados en cuanto al transporte de 8 líneas Mode desde la Comandancia hasta la ESPE.

Debido a la falta de mantenimiento y a la presencia de descargas eléctricas en el sector de Miravalle lugar donde están montados los equipos de recepción, el enlace dejó de funcionar en Noviembre del 2009, siendo necesario un rediseño del enlace que garantice un funcionamiento normal con un alto grado de servicio.

1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Los daños sufridos en los equipos de comunicación que materializan este enlace han provocado que este sistema deje de funcionar impidiendo que las líneas de Mode puedan dar servicio en la Escuela Politécnica del Ejército y el enlace de datos que se mantenía con la Comandancia General no funcionen, provocando que el personal militar de la ESPE no pueda acceder al sistema Siper desde el Campus Politécnico, por lo que el proyecto se justifica plenamente ya que va a cubrir una necesidad tecnológica que actualmente no tiene la ESPE por la salida de operación de este sistema de comunicación.

1.3 ALCANCE

Se realizará el estudio de la situación actual del enlace y las causas técnicas que afectaron su funcionamiento, para tomar los correctivos necesarios en el rediseño del enlace.

Se procederá a realizar una simulación con Radio Mobile para establecer la altura adecuada de las antenas que garanticen una señal adecuada en el Receptor, que este dentro de los parámetros de sensibilidad de equipo y garanticen un ancho de banda adecuado.

Se revisará el funcionamiento de cada uno de los equipos que conforman la infraestructura del enlace, y se los reprogramara de acuerdo al diseño previamente realizado para garantizar la operación del enlace.

Una vez revisado y comprobado la operatividad de los equipos de comunicación, se realizará la reinstalación de los mismos, con la ayuda de pruebas de conectividad se establecerá los parámetros adecuados en los cuales el enlace tenga un correcto funcionamiento.

Se ejecutarán pruebas de medición de Ancho de Banda con DITG para determinar parámetros como Throughput, Bitrate, Packetloss, etc.

Se realizarán también pruebas de conectividad con el programa Siper así como también pruebas de voz sobre Ip de las líneas telefónicas que se conformen el enlace.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 General

Rediseño, Levantamiento y Mantenimiento del Enlace de Datos entre la Escuela Politécnica del Ejército y la Comandancia General de Ejército para proveer acceso al sistema Siper y a 8 líneas del sistema Mode mediante la ayuda de software que permitan realizar el correcto diseño de la red.

1.4.2 Específicos

- Analizar la situación actual del sistema de enlace de datos entre la ESPE y Comandancia General del Ejército.
- Diseñar el enlace de datos considerando la topología del terreno, la sensibilidad de los equipos para así garantizar un óptimo enlace.
- Implementar el enlace teniendo en cuenta altura mínima de las antenas, aterrizaje a tierra e interferencias para garantizar un buen funcionamiento.
- Evaluar el enlace mediante inyección de tráfico desde la Comandancia General del Ejército hasta la ESPE utilizando software que ayuden a verificar parámetros como throughput, bitrate, etc.

1.5 MARCO TEÓRICO

1.5.1 Introducción

Para diseñar el enlace de radio, es muy importante conocer cómo trabajan los sistemas de radio, debido a que las características de los equipos afectan drásticamente el

rendimiento total de la red. Los estándares de rendimiento de un radio enlace son derivadas de los estándares basados en la ITU, que definen los límites para los enlaces punto a punto.

El diseño de un enlace de radio tiene como objetivo la interconexión de dos puntos siguiendo una ruta planificada por el diseñador teniendo en cuenta los obstáculos del terreno y ciertos aspectos fundamentales para llegar a tener un sistema estable y eficiente, esto se lo puede apreciar en la figura 1.1.

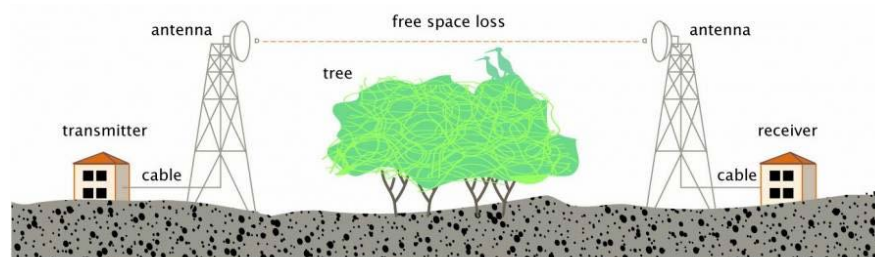


Figura. 1.1. Esquema de un enlace de radio

Un radio enlace está compuesto de tres elementos fundamentales: transmisor, receptor y espacio libre. El transmisor es el responsable de modular una señal digital a la frecuencia utilizada para transmitir, el espacio libre representa un camino abierto entre el transmisor y el receptor, mientras tanto el receptor es el encargado de capturar la señal transmitida y llevarla de nuevo a señal digital.

Una de las limitantes dentro de propagación de señal en enlaces de radio es la distancia que se debe cubrir entre el transmisor y el receptor así como también de que dicha distancia debe ser libre de obstáculos.

El uso de repetidores incrementa la distancia que cubre un enlace de radio, esto es un aspecto preponderante dentro del diseño de un sistema de radio. Adicional, por cada sitio en el que se levante un punto del enlace y según la trayectoria que recorra este, se debe tener una infraestructura adecuada de torres con una altura mínima. La figura 1.2 muestra cómo funciona un repetidor.

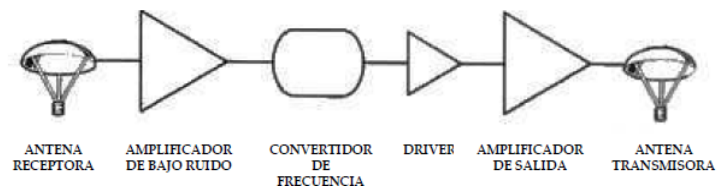


Figura. 1.2. Diagrama de Bloques de un Repetidor

La pérdida de potencia causada por diversos factores entre estos la distancia, reflexión y refracción por causa de obstáculos, superficies reflectoras y pérdidas atmosféricas generan que la señal de radio que se transmite entre el transmisor y receptor sea atenuada y distorsionada.

La figura 1.3 indica que al utilizar un repetidor, este permite evadir grandes obstáculos y aumentar la distancia que cubre el enlace.

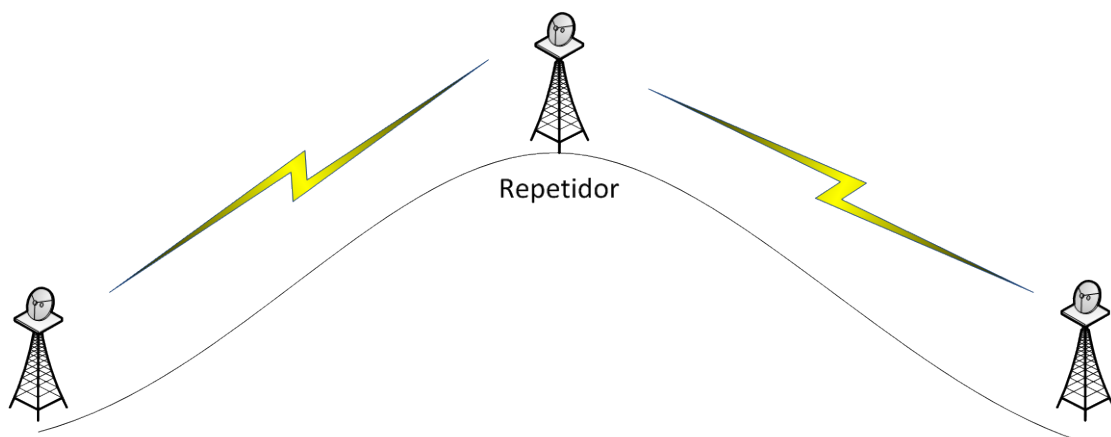


Figura. 1.3. Esquema de un enlace de datos con repetidor

1.5.2 Estándares IEEE

Para el funcionamiento de un radio enlace, los equipos utilizan estándares de comunicación inalámbricas de larga distancia, dentro de los cuales se destacan el IEEE 802.11 y el IEEE 802.16.

1.5.2.1 Estándares IEEE 802.11

IEEE 802.11 es un estándar de protocolo de comunicaciones del IEEE que define el uso de la capa física y de enlace de datos de la arquitectura OSI, especificando sus normas de funcionamiento en una WLAN. En general, los protocolos de la rama 802.x definen la tecnología de redes de área local.

La familia 802.11 actualmente incluye seis técnicas de transmisión por modulación, todas las cuales utilizan los mismos protocolos. El estándar original de este protocolo data de 1997, era el IEEE 802.11, tenía velocidades de 1 hasta 2 Mbps y trabajaba en la banda de frecuencia de 2,4 GHz. En la tabla. 1.1 se muestran estándares IEEE 802.11 y su descripción.

Tabla. 1.1. Estándares de IEEE802.11

Revisión	Título	Descripción
802.11	IEEEStandar for Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications	Estandar basico, define las capas MAC (control de acceso al medio) y PHY (capa fisica)
802.11b	Higher Speed Physical Layer (PHY) Estension in the 2.4 Ghz band	WLAN, Wifi
802.11e	Medium Access Control (MAC) Quality of Service Enhancements	Mejora de la Capa MAC actual para soportar calidad de servicio, con vistas a proporcionar aplicaciones como voz, audio o video.
802.11g	Further Higher Data Rate Extension in the 2.4 Ghz Band	Nueva capa fisica como extension de 802.11b.
802.11i	Medium Access Control (MAC) security Enhacements	Mejoras de los mecanismos de seguridad y autentificacion de la capa MAC 802.11
802.11k	Radio Resource Measurement of Wireless LANs	Esta revision definira las interfaces para proporcionar medidas de gestion de recursos radio a las capas superiores
802.11n	Enhacements for Higher Troughput	Mejoras de las capas PHY y MAC de 802.11 para alacanzar tasas de bit de mas de 100 Mbits/s

1.5.2.1.1 IEEE 802.11a¹

Utiliza el mismo protocolo de base que el estándar original, opera en la banda de 5 Ghz y utiliza 52 subportadoras OFDM, con una velocidad máxima de 54 Mbit/s, lo que lo hace un estándar práctico para redes inalámbricas con velocidades reales de aproximadamente 20 Mbit/s. A su vez, elimina el problema de las interferencias múltiples que existen en la banda de los 2,4 GHz.

La velocidad de datos se reduce a 48, 36, 24, 18, 12, 9 o 6 Mbit/s en caso necesario. 802.11a tiene 12 canales no solapados, 8 para red inalámbrica y 4 para conexiones punto a punto. No puede inter operar con equipos del estándar 802.11b, excepto si se dispone de equipos que implementen ambos estándares.

Tecnología OFDM²

OFDM (Multiplexación por división de frecuencias ortogonales) es una forma de transmitir datos sobre un elevado número de portadoras, de tal modo que la velocidad binaria sobre cada portadora sea muy inferior a la de la señal original. Esta circunstancia permite el envío de información de muy alta velocidad, evitando los límites de valores de relación señal a ruido muy elevados en la señal: cada portadora necesita una relación señal a ruido relativamente pequeña para ser percibida correctamente.

La modulación OFDM no es una técnica que tenga sentido por sí misma, sino que cobra significado cuando se considera conjuntamente con otras modulaciones. Podríamos de hecho decir que las modulaciones OFDM son más un mecanismo de transporte o multiplexación de otras modulaciones digitales que se incorporan en cada una de las portadoras OFDM. En efecto la modulación OFDM puede ser considerada por tanto, más una multiplexación que una modulación, en tanto que se basa en transmitir simultáneamente portadoras moduladas a su vez por cualquier otra modulación digital.

¹Forouzan, Behrouz A, Transmisión De Datos Y Redes De Comunicaciones, España 2008.

²Tomasí, Wayne, Sistemas de Comunicación Electrónicas, Capítulo 12, Cuarta Edición, México 2003.

En lo que aspectos de frecuencia se refiere, el espaciado de las portadoras es un aspecto que se debe cuidar con mucha atención en este montaje. Se debe elegir el espaciado entre portadoras para asegurar la ortogonalidad de las mismas, es decir, que la demodulación de una no se vea limitada por la detección de otra. El espaciado frecuencial es igual a la inversa de la duración en que el receptor analizará la señal, lo que se denomina el periodo de *símbolo activo*, lo antes indicado se muestra en la figura 1.4.

De hecho las portadoras OFDM suelen tener un cierto solapamiento que no impide su correcta detección sin más que conservar la ortogonalidad entre las portadoras. De este modo aumentaremos la eficiencia espectral conservando a cero la interferencia entre canales si somos capaces de mantener la ortogonalidad.

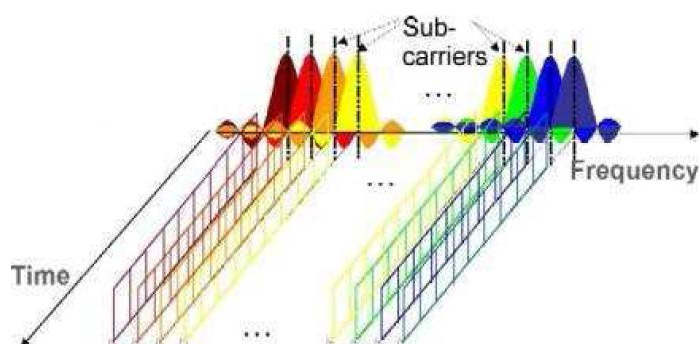


Figura. 1.4. Multiplexación OFDM en el dominio de la frecuencia y el tiempo

La modulación OFDM es muy robusta frente al multitrayecto que es muy habitual en los canales de radiodifusión, frente al desvanecimiento debido a las condiciones meteorológicas y frente a las interferencias de RF. Mejora el problema de interferencia multi camino, aumentando la eficiencia y optimizando el aprovechamiento del ancho de banda disponible.

1.5.2.1.2 IEEE802.11b³

802.11b tiene velocidad máxima de transmisión de 11 Mbit/s y utiliza el mismo método de acceso CSMA/CA definido en el estándar original. El estándar 802.11b funciona en la banda de 2.4 GHz. Debido al espacio ocupado por la codificación del protocolo CSMA/CA, en la práctica, la velocidad máxima de transmisión con este estándar es de aproximadamente 5.9 Mbit/s sobre TCP y 7.1 Mbit/s sobre UDP.

Aunque también utiliza una técnica de ensanchado de espectro basada en DSSS en realidad la extensión 802.11b introduce CCK (*Complementary Code Keying*) para llegar a velocidades de 5,5 y 11 Mbps (tasa física de bit).

1.5.2.1.3 IEEE 802.11e⁴

El estándar IEEE 802.11e es una propuesta que define los mecanismos utilizados en una WLAN para proporcionar QoS a aplicaciones en tiempo real como voz y vídeo.

En este nuevo estándar, se hace una distinción entre aquellas estaciones que no utilizan los servicios QoS. A diferencia de otras iniciativas de conectividad sin cables, ésta puede considerarse como uno de los primeros estándares inalámbricos que permite trabajar en entornos domésticos y empresariales.

1.5.2.1.4 IEEE 802.11g⁵

Es la evolución del estándar 802.11b. Utiliza la banda de 2.4 Ghz pero opera a una velocidad teórica máxima de 54 Mbit/s, que en promedio es de 22.0 Mbit/s de velocidad real de transferencia, similar a la del estándar 802.11a. Es compatible con el estándar b y utiliza las mismas frecuencias. Buena parte del proceso de diseño del estándar lo tomó el

³Forouzan, Behrouz A, Transmisión De Datos Y Redes De Comunicaciones, España 2008.

⁴Estudio de QoS en WLANs IEEE 802.11e, https://investigacion.uclm.es/documentos/it_1135769841-Articulo_jose_villalon.pdf, 23/01/2013

⁵Forouzan, Behrouz A, Transmisión De Datos Y Redes De Comunicaciones, España 2008

hacer compatibles los dos estándares. Sin embargo, en redes bajo el estándar g la presencia de nodos bajo el estándar b reduce significativamente la velocidad de transmisión.

Los equipos que trabajan bajo el estándar 802.11g llegaron al mercado muy rápidamente, incluso antes de su ratificación que fue dada aprox. el 20 de junio del 2003. Esto se debió en parte a que para construir equipos bajo este nuevo estándar se podían adaptar los ya diseñados para el estándar b.

1.5.2.1.5 IEEE 802.11i⁶

Se ha visto que con WEP se utiliza claves estáticas que son relativamente fáciles de averiguar. La solución al problema que plantea WEP consiste en establecer un sistema dinámico de claves sin necesidad de intervención del administrador y con este propósito se establece el estándar IEEE 802.11i.

El estándar IEEE 802.11i incluye protocolos de gestión de claves y mejoras de cifrado y autenticación con IEEE 802.1X, TKIP (Protocolo de Claves Integra – Seguras – Temporales), y AES (Estándar de Cifrado Avanzado).

1.5.2.1.6 IEEE 802.11k⁷

El estándar IEEE 802.11 para sistemas WLAN asegura la interoperabilidad entre conmutadores y puntos de acceso de distintos fabricantes pero no permite a los sistemas WLAN valorar los recursos de radio frecuencia de un cliente, lo que limita la capacidad de un administrador para gestionar eficientemente sus redes, este problema es justo lo que trata de resolver 802.11k.

802.11k proporciona prototipos de métricas que ayudan a conseguir redes Wireless más eficientes.

⁶ IEEE 802.11 i, http://dns.bdat.net/seguridad_en_redes_inalambricas/x38.html, 23/01/2013

⁷ IEEE 802.11 k, <http://www.networkworld.es>, 23/01/2013

1.5.2.1.7 IEEE 802.11n⁸

El estándar 802.11n utiliza algunas nuevas tecnologías y toma algunas características de otras ya existentes para dotar a Wi-Fi de mayor velocidad y alcance. Quizá entre las primeras la más destacable sea MIMO (*Multiple Input, Multiple Output*). Esta tecnología se basa en la utilización de varias antenas para transportar múltiples corrientes de datos de un lugar a otro. MIMO también constituye la clave para el aumento de cobertura –distancia a la que los datos pueden transmitirse- en la próxima generación de productos WLAN.

Una segunda tecnología incorporada en 802.11n y directamente ligada también al aumento del rendimiento es “*channel bonding*” (unión o emparejamiento de canales). Este sistema permite utilizar simultáneamente dos canales no-superpuestos como si de uno con el doble de capacidad se tratara para transmitir los datos a mayor velocidad. Tales canales deben ser adyacentes o contiguos.

1.5.2.2 Estándares IEEE 802.16⁹

El estándar IEEE 802.16 forma parte de la familia de estándares para redes de área local y metropolitana del IEEE (IEEE 802) especifica una interfaz aérea para sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha, en su versión de 2004 (IEEE Std 802.16-2004) especifica dicha interfaz, incluyendo la capa de control de acceso al medio y distintas especificaciones de capa física para sistemas BWA fijos (“*Broadband Wireless Access*”) soportando múltiples servicios.

La operación se limita a bandas con licencia apropiadas para movilidad por debajo de los 6 GHz. Las características para el abonado fijo de IEEE 802.16 no se ven comprometidas, aunque sí se hacen correcciones sustanciales a IEEE 802.16-2004 en referencia a la operación fija.

⁸ Descripción del estándar para redes Wi-Fi IEEE 802.11N , <http://www.laserwifi.com/estander802n.11.htm>, 27/01/2013

⁹ El estándar IEEE Std 802.16, <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11539/fichero/Volumen1%252FCapitulo1.pdf>, 25/01/2013

WiMAX, (“*Worldwide Interoperability for Microwave Access*”), es una marca de certificación para los productos que superan los controles de conformidad e interoperabilidad para los estándares de la familia IEEE 802.16. El estándar IEEE 802.16 especifica la interfaz radio para redes de área metropolitana de tipo WMAN. Esta tecnología permite el acceso de banda ancha inalámbrico, define por tanto un sistema BWA. Es una buena solución cuando se quiere dotar de banda ancha a zonas rurales que no tienen acceso a ningún tipo de conexión cableada.

1.5.3 Consideraciones Importantes

Se cita a continuación algunos requerimientos importantes dentro del diseño de un enlace de radio.

1.5.3.1 Campos y Ondas Electromagnéticas ¹⁰

La radiación electromagnética, conocida también como onda electromagnética, consiste en la oscilación de un campo eléctrico y un magnético que vibran perpendicularmente el uno con respecto al otro y viajan por el espacio a la velocidad de la luz en dirección a su línea de propagación. Una onda electromagnética, como cualquier onda, tiene como forma básica una senoide que tiene cierta velocidad, frecuencia y longitud de onda. Las mismas están representadas por una simple relación:

$$velocidad = frecuencia * longitud\ de\ onda$$

(Ecuación 1.1)

1.5.3.2 Medio de transporte ¹¹

Una cualidad de las ondas electromagnéticas es que no necesitan un medio de transporte, a diferencia de otros tipos de onda, como el sonido, que necesitan un medio material para propagarse, la radiación electromagnética se puede propagar en el vacío. En

¹⁰Flickenger, Rob, Redes Inalámbricas en Países en Desarrollo, Tercera Edición, Septiembre 2008

¹¹Flickenger, Rob, Redes Inalámbricas en Países en Desarrollo, Tercera Edición, Septiembre 2008

el siglo XIX se pensaba que existía una sustancia indetectable, llamada éter, que ocupaba el vacío y servía de medio de propagación de las ondas electromagnéticas. La luz, los rayos X, las microondas y otras ondas de radio constituyen ejemplos de ondas electromagnéticas.

1.5.3.3 Longitud de onda y frecuencia¹²

La longitud de onda (denotada como lambda λ) es la distancia que recorre una onda electromagnética en un tiempo igual a un periodo.

La frecuencia es el número de oscilaciones completas que pasan por un punto fijo en un segundo. La frecuencia de una onda se mide en ciclos por segundos (o Hertz abreviado Hz) y la longitud de onda en metros. Una onda posee un valor máximo el cual se le conoce como amplitud de la onda, la relación entre frecuencia, longitud de onda y amplitud se muestra en la figura 1.5.

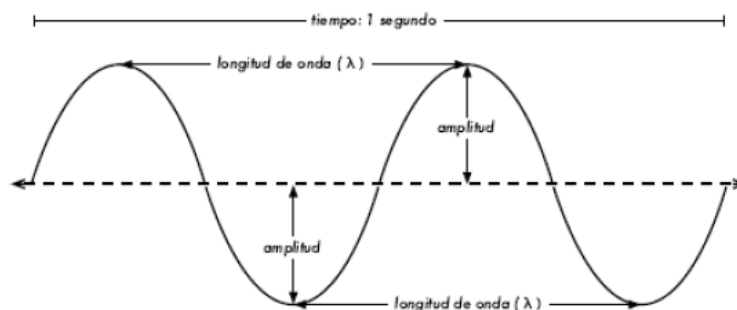


Figura. 1.5. Longitud de onda, amplitud y frecuencia

En el caso de las ondas electromagnéticas, la velocidad de propagación corresponde a la velocidad de la luz.

$$c = 300.00 \frac{km}{s} = 300.000.00 \frac{m}{s} = 3.10^8 \frac{m}{s}$$

(Ecuación 1.2)

¹² Frecuencia y longitud de onda, http://ocw.unican.es/enseñanzas-tecnicas/contaminacion-electromagnetica-medioambiental/material-de-clase-2/complemento_3.pdf, 21/01/2012

Obteniéndose que:

$$c = f * \lambda \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f}$$

(Ecuación 1.3)

Algunas reglas importantes que se deben tener en cuenta cuando trabajamos con ondas electromagnéticas se muestran a continuación:

- Cuanto más larga es la longitud de onda, más lejos llega.
- Cuanto más larga la longitud de onda, mejor viaja a través y alrededor de obstáculos.
- Cuanto más corta la longitud de onda, puede transportar mayor cantidad de datos.

1.5.3.4 Espectro Electromagnético¹³

Conjunto de ondas electromagnéticas que se encuentran ordenadas de acuerdo a su longitud de onda (λ) y frecuencia.

Si bien todas las ondas electromagnéticas son iguales por naturaleza, los efectos que ocasionan no son siempre iguales, razón por la cual a cada grupo de ondas electromagnéticas que dan lugar a efectos similares se les ha asignado un nombre.

En telecomunicaciones se clasifican las ondas mediante un convenio internacional de frecuencias en función del empleo al que están destinadas, la tabla 1.2 muestra esta clasificación.

¹³ Espectro Electromagnético, <http://www.slideshare.net/latiatuca/espectro-electromagnetico>, 21/01/2012

Tabla. 1.2. Clasificación de las ondas electromagnéticas

No	INTERVALO	DESIGNACIÓN	λ	EMPLEO
2	30Hz - 300Hz	ELF(extra low frequency)	10000 Km	
3	0,3KHz - 3KHz	VF(Voice frequency)	1000 Km	
4	3KHz - 30KHz	VLF(Very low frequency)	100 Km	Radio de gran alcance
5	30KHz - 300KHz	LF(Low frequency)	10 Km	Radio, navegación
6	0,3MHz - 3MHz	MF(Medium frequency)	1000 m	Radio de onda media
7	3 MHz - 30 MHz	HF(High frequency)	100 m	Radio de onda corta
8	30 MHz - 300 MHz	VHF(Very high frequency)	10 m	TV, radio
9	300 MHz - 3 GHz	UHF(Ultra high frequency)		TV, radar, telefonía móvil
10	3 GHz - 30 GHz	SHF(Super high frequency)		Radar
11	30 GHz - 300 GHz	EHF(Extra high frequency)		Radar
12	0,3 THz - 3 THz	Luz Infrarroja	1 cm	
13	3 THz - 30 THz		1 mm	
14	30 THz - 300 THz		0,1 mm	
15	0,3 pHz - 3 pHz			
16	3 pHz - 30 pHz	Luz visible		
17	30 pHz - 300 pHz	Rayos X		
18	0,3 Ehz - 3 Ehz	Rayos gamma		
19	3 Ehz - 30 Ehz	Rayos cósmicos		

1.5.4 Propagación de señales electromagnéticas

La transmisión de las señales electromagnéticas dependientes del tiempo contempla que existe una fuente o generador que produce y radia la energía de las ondas, dichas señales de radio viajan a través del espacio libre esencialmente en línea recta, sin embargo las comunicaciones terrestres toman lugar a través de la atmósfera de la tierra que ocasiona que las señales no viajen en línea recta.

En medios densos las señales de radio viajan más lento por tal motivo las condiciones atmosféricas provocan la refracción de las señales propiciando su curvatura con la distancia hacia la superficie de la tierra, por lo que se genera el desvanecimiento de la señal en la trayectoria debido a la atenuación en el espacio libre, así como también las obstrucciones y las pérdidas por reflexiones.

1.5.4.1 Frente de Onda¹⁴

Los conceptos de rayos y frentes de onda son auxiliares para ilustrar los efectos de propagación de las ondas electromagnéticas a través del espacio libre. Un rayo se considera como una línea trazada a lo largo de la dirección de propagación de una onda electromagnética. Un frente de onda representa una superficie de ondas electromagnéticas de fase constante. El frente de onda es formado cuando se unen los puntos de igual fase propagados desde la misma fuente de radiación.

1.5.4.2 Absorción de Ondas¹⁵

Ya que la atmosfera no es un vacío, contiene partículas que pueden absorber energía electromagnética, a este tipo de reducción se llama perdida por absorción. La absorción de las ondas electromagnéticas se da cuando estas viajan por el aire, el cual está formado por átomos y moléculas de distintas sustancias gaseosas, líquidas y sólidas. Estos materiales pueden absorber a las ondas electromagnéticas causando pérdidas por absorción.

Cuando la onda electromagnética se propaga a través de la atmósfera terrestre, se transfiere energía de la onda a los átomos y moléculas atmosféricas. Una vez absorbida, la energía se pierde para siempre, lo que provoca una atenuación de las intensidades de voltaje y campo magnético al igual que una reducción correspondiente en la densidad de potencia.

1.5.4.3 Atenuación de Ondas

El espacio libre es el vacío, por lo que no hay pérdida de energía al propagarse la onda por él. Sin embargo cuando las ondas se propagan por el espacio vacío se dispersan y resulta una reducción de la densidad de potencia, a esto se llama atenuación.

¹⁴Propagacion de Ondas Electromagneticas, http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/vila_b_ca/capitulo1.pdf, 21/01/2013

¹⁵ Tomasi, Wayne, Sistemas de Comunicación Electrónicas, Capitulo 9, Cuarta Edición, México 2003.

La superficie de la tierra no es uniforme y además la tierra presenta una curvatura, de cualquier manera si las antenas están dispuestas de forma conveniente, sin ningún obstáculo intermedio, se puede considerar que la única atenuación producida es la del espacio libre.

1.5.4.4 Zona de Fresnel¹⁶

Una explicación breve del papel que desempeña la zona de Fresnel es verlo como una “tubería virtual” por donde viaja la mayor parte de la energía entre el transmisor y el receptor. Con el objetivo de evitar pérdidas, no debería haber obstáculos dentro de esta zona ya que un obstáculo perturbaría “el flujo de energía”

La zona de Fresnel es una zona de despeje que se considera en un enlace punto a punto. Es el volumen de espacio entre el emisor de una onda electromagnética y un receptor, de modo que el desfase de las ondas en dicho volumen no supere los grados.

La obstrucción máxima permisible para considerar que no hay obstrucción es el 40% de la primera zona de Fresnel. El 60% restante se denomina zona prohibida. Para establecer las zonas de Fresnel primero debemos determinar la línea de vista (LOS), que en términos simples es una línea recta entre la antena transmisora y la receptora, todo esto se lo aprecia en la figura 1.6.

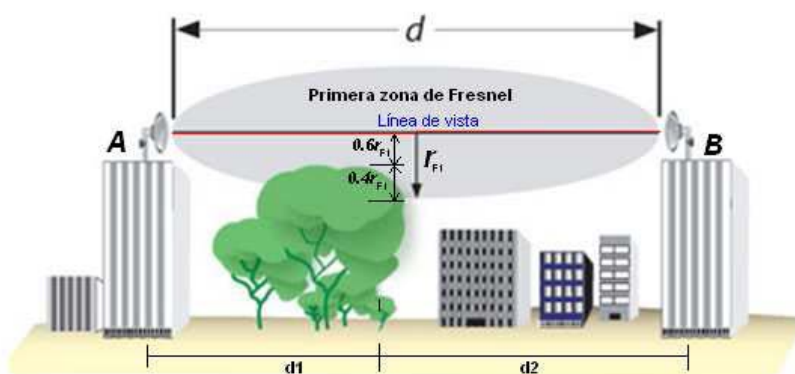


Figura. 1.6. Zona de Fresnel

¹⁶Zona de Fresnel, <http://www.youblisher.com/p/163794-Zonas-de-Fresnel-en-redes-inalambricas/>, 22/01/2013

La zona de Fresnel ayuda a comprobar si la línea de vista es correcta, dicha zona de estar libre de obstáculos que obstruyan la propagación del enlace. Adicional de ser necesario y como es en efecto para el presente proyecto se utilizan torres de varios metros para aumentar la elevación de los lugares en los que se montaran los equipos.

Para el cálculo de la zona de fresnel se utiliza la siguiente expresión:

$$r_n = \sqrt{\frac{\lambda \cdot n \cdot d_1 \cdot d_2}{dt}} \text{ (m)}$$

(Ecuación 1.4)

Dónde:

d_1 = distancia que se va acumulando desde el origen (m)

d_2 = distancia que se va restando desde el origen (m)

dt = distancia total de la línea de vista

λ = longitud de onda (m)

1.5.4.5 Margen de despeje

La difracción provoca una perdida cuando un rayo es interceptado o pasa cerca de un obstáculo. La distancia h_{des} entre el rayo y el obstáculo se lo conoce como despeje. A continuación en la figura 1.7 se indican los parámetros a tomar en cuenta dentro del cálculo del margen de despeje sobre un obstáculo.

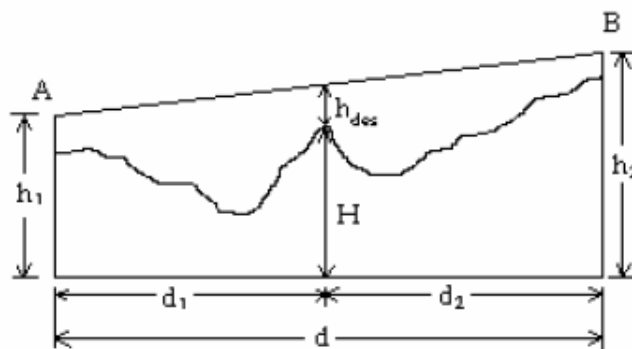


Figura. 1.7. Despeje sobre un obstáculo

h_{des} = despeje sobre un obstáculo en [m].

H = altura del obstáculo [m].

h_1 = altura del punto de transmisión [m].

h_2 = altura del punto de recepción [m].

d_1 = distancia desde el punto de transmisión al punto de cálculo [Km].

d_2 = distancia desde el punto de cálculo al punto de recepción [Km].

d = distancia total del trayecto [Km].

El margen de despeje exacto sobre el obstáculo entre la línea central del trayecto de propagación y la arista de obstáculo se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$h_{des} = h_1 + \frac{d_1}{d}(h_2 - h_1) - \left(H + \frac{d_1 d_2 10^3}{2Ka} \right) [m]$$

(Ecuación 1.5)

Dónde:

K = Coeficiente del radio efectivo de la Tierra, este valor es igual a 4/3 para la atmosfera estándar.

a = Radio promedio de la Tierra igual a 6370 Km.

En el punto más crítico es donde se realizan los cálculos del margen de despeje.

En la práctica, basta con que el margen de despeje sobre el obstáculo (h_{des}) sea mayor al radio de la primera zona de Fresnel (r_1) en el mismo punto, con lo cual se asegura que no exista obstrucción. Lo mencionado se puede expresar de la siguiente manera:

Si $h_{des} \geq r_1 \rightarrow$ no existe obstrucción.

(Ecuación 1.6)

1.5.4.6 Pérdidas por espacio libre¹⁷

La pérdida en la trayectoria por el espacio libre es una cantidad técnica artificial en el que se incluye la ganancia de la antena transmisora, las pérdidas en trayectoria por el espacio libre y el área efectiva de la antena receptora. En realidad no se pierde energía alguna, tan solo se reparte al propagarse alejándose de la fuente y se reduce a una menor densidad de potencia en determinado punto a determinada distancia de la fuente. Este fenómeno se lo define más adecuadamente como pérdida por dispersión y simplemente se debe a la ley del cuadrado inverso que se indica a continuación:

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

(Ecuación 1.7)

Dónde:

f = frecuencia (GHz)

d = distancia (Km)

1.5.4.7 Ganancia del sistema¹⁸

La ganancia del sistema contempla la relación que expresa la equidad y la compensación entre todas las pérdidas y las ganancias de todos los componentes que comprenden al sistema; los parámetros que intervienen en la ganancia del sistema se relacionan de la siguiente manera:

$$P_{RX} = P_{TX} - L_{Cable TX} - L_{Cable RX} - A_{EL} + G_{TX} + G_{RX}$$

(Ecuación 1.8)

¹⁷ Tomasi, Wayne, Sistemas de Comunicación Electrónicas, Capítulo 9, Cuarta Edición, México 2003.

¹⁸ Tomasi, Wayne, Sistemas de Comunicación Electrónicas, Capítulo 9, Cuarta Edición, México 2003.

Dónde:

P_{RX} = Potencia de recepción.

P_{TX} = Potencia de transmisión

$L_{Cable\ TX}$ = Perdida en el cable Tx

$L_{Cable\ RX}$ = Perdida en el cable Rx

A_{EL} = Perdida en el trayecto del espacio libre

G_{TX} = Ganancia de antena Tx

G_{RX} = Ganancia de antena Rx

1.5.4.8 Margen de Umbral

Es el valor obtenido de la diferencia entre la potencia de recepción y la potencia umbral del receptor y se calcula con la siguiente ecuación:

$$M_U[dB] = P_{RX} - P_U$$

(Ecuación 1.9)

Dónde:

M_U : Margen respecto al umbral [dB].

P_{RX} = Potencia de recepción.

P_U = Potencia de umbral.

1.5.4.9 Confiabilidad del enlace

Confiabilidad del sistema (Valor estándar 99,99%)

1.5.4.10 Margen de desvanecimiento¹⁹

¹⁹ Tomasi, Wayne, Sistemas de Comunicación Electrónicas, Capitulo 9, Cuarta Edición, México 2003.

El desvanecimiento se produce cuando al propagarse una onda electromagnética por la atmosfera, la señal puede tener pérdidas intermitentes de intensidad, además de la pérdida normal en la trayectoria, esto se puede atribuir a perturbaciones meteorológicas como lluvia, nieve, granizo, etc, las cuales están establecidas mediante factores que se las puede apreciar en la tabla 1.3

Para tener en cuenta el desvanecimiento temporal, se agrega una perdida adicional de transmisión a la pérdida en trayectoria normal, a esta pérdida se le llama *margen de desvanecimiento*.

$$FM = 30 \log. d + 10 \log(6. A. B. f) - 10. \log(1 - R) - 70$$

(Ecuación 1.10)

Dónde:

FM = Margen de desvanecimiento en dB.

d = Distancia entre las antenas, Km.

f = Frecuencia de operación, GHz

R = Confiabilidad deseada

(1-R) = Confiabilidad.

A = Factor topográfico.

B = Factor climático.

Tabla. 1.3. Factor Climático y de Rugosidad

Factor		Características
A	¼	Terreno montañoso y áspero
A	1	Terreno con cierta aspereza
A	4	Terreno liso
B	1/8	Área montañosa o muy secas
B	¼	Áreas continentales
B	½	Áreas húmedas y áreas calientes

El objetivo de calidad se define como la confiabilidad del sistema y es el porcentaje de tiempo que un enlace no se interrumpe por consecuencia del desvanecimiento.

Para que el sistema diseñado cumpla el objetivo de calidad, se requiere que cumpla con la siguiente condición:

$$M_U \geq FM$$

(Ecuación 1.11)

1.5.5 Propiedades de las Ondas de Radio

1.5.5.1 Interferencia²⁰

Es cualquier proceso que altera, modifica o destruye una señal durante su trayecto en el canal existente entre el emisor y el receptor. Es producida siempre que se combinan dos o más ondas electromagnéticas de tal manera que se degrada el funcionamiento del sistema.

La interferencia está sujeta al principio de superposición lineal de las ondas electromagnéticas, y se presenta siempre que dos o más ondas ocupan el mismo punto del espacio en forma simultánea.

En la propagación por espacio libre, puede existir una diferencia de fases solo porque difieran las polarizaciones electromagnéticas de las dos ondas. Según los ángulos de fase de los dos vectores, puede suceder una suma o una resta. La figura. 1.8 muestra en resumen los posibles resultados cuando se tiene interferencia en un enlace inalámbrico.

²⁰ Tomasi, Wayne, Sistemas de Comunicación Electrónicas, Capítulo 9, Cuarta Edición, México 2003

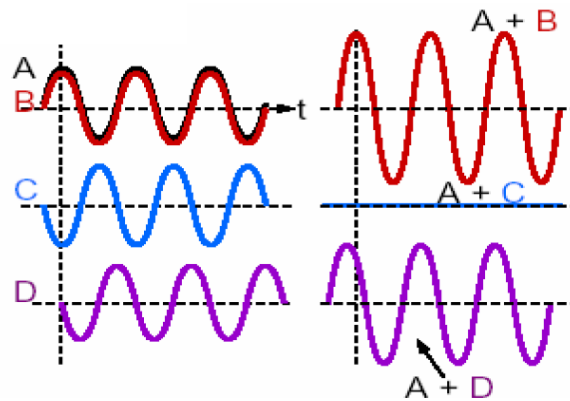


Figura. 1.8. Tipos de interferencia existentes

1.5.5.2 Reflexión²¹

La reflexión electromagnética se da cuando una onda incidente choca con una frontera entre dos medios y algo o toda la potencia incidente no entra al segundo material como se lo aprecia en la figura 1.9. Las ondas que no penetran se reflejan. Como todas las ondas reflejadas permanecen en el medio 1, las velocidades de las ondas incidente y reflejada son iguales, en consecuencia el ángulo de reflexión es igual al de incidencia. Sin embargo la intensidad del campo de voltaje reflejado es menor que la del voltaje incidente. La relación de las intensidades de voltaje reflejado a incidente se llama coeficiente de reflexión.

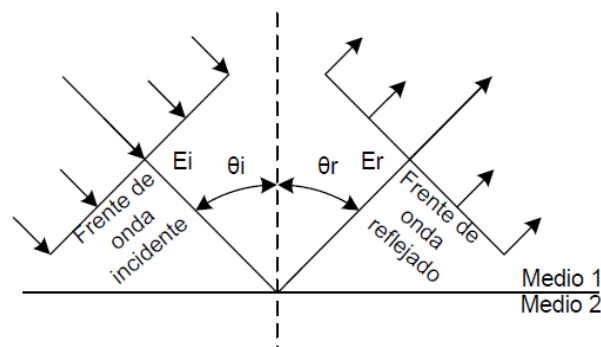


Figura. 1.9. Reflexión de una onda electromagnética

²¹ Tomasi, Wayne, Sistemas de Comunicación Electrónicas, Capítulo 9, Cuarta Edición, México 2003.

Cuando la superficie reflectora no es plana, sino curva, la curvatura de la onda reflejada es distinta de la de la onda incidente. Cuando el frente de onda incidente es curvo, y la superficie reflectora plana, la curvatura del frente de la onda reflejada es igual a la del frente de la onda incidente.

Cuando un frente de onda incidente choca con una superficie irregular, se dispersa al azar en muchas direcciones. A esa condición se le llama reflexión difusa, mientras que a la reflexión en una superficie completamente lisa se le llama reflexión corpuscular.

1.5.5.3 Refracción²²

Es el cambio de dirección de un rayo al pasar en dirección oblicua de un medio a otro con distinta velocidad de propagación. La velocidad a la que se propaga una onda electromagnética es inversamente proporcional a la densidad del medio en el que lo hace. Por consiguiente y como ilustra la figura 1.10, hay refracción siempre que una onda de radio pasa de un medio a otro de distinta densidad.

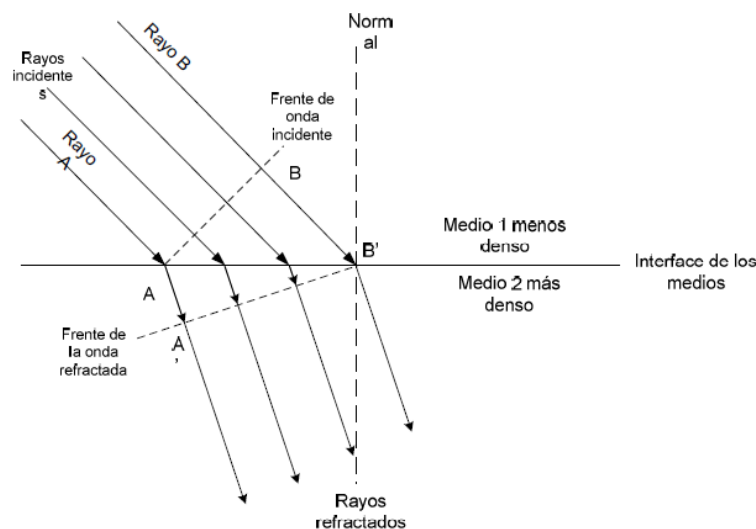


Figura. 1.10. Refracción en una frontera plana

²² Tomasi, Wayne, Sistemas de Comunicación Electrónicas, Capítulo 9, Cuarta Edición, México 2003.

La figura 1.11 presenta la refracción cuando un frente de onda se propaga en un medio que tiene un gradiente de densidad, perpendicular a la dirección de propagación, es decir paralelo al frente de onda.

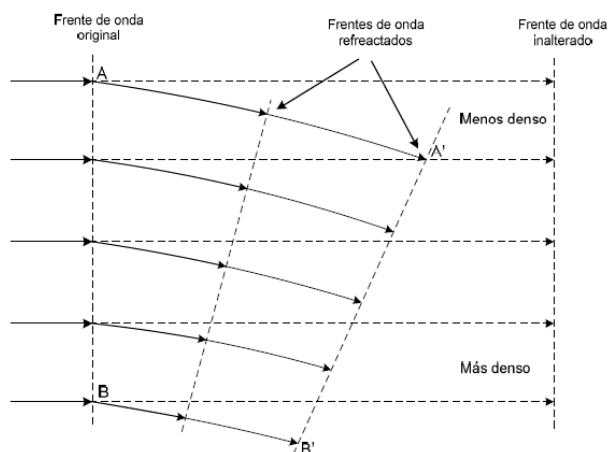


Figura. 1.11. Refracción en una frontera con gradiente.

1.5.5.4 Difracción²³

La difracción es un fenómeno basado en el hecho de que las ondas no se propagan en una sola dirección. Ocurre cuando las ondas encuentran un obstáculo en su trayectoria y divergen en muchos haces. La difracción implica que las ondas pueden "doblar en una esquina", como se ilustra en la Figura 1.12.

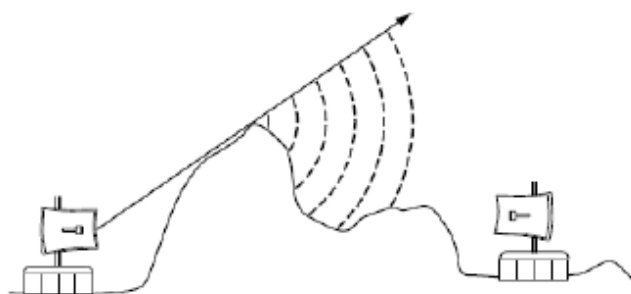


Figura. 1.12. Difracción de una onda electromagnética

²³Introducción a la Física de la Radio, ww.wilac.net/tricalcar, 21/01/2013

La difracción es una consecuencia directa del Principio de Huygens, y se incrementa en función de la longitud de onda. Esto significa que puede esperarse que las trayectorias de las ondas se aparten de la rectilínea más fácilmente a medida que se incrementa la longitud de onda.

1.5.6 Antenas

Es un sistema conductor metálico capaz de radiar y capturar ondas electromagnéticas. Las antenas son para conectar las líneas de transmisión con el espacio libre, el espacio libre a líneas de transmisión, o ambas cosas. Una antena convierte a energía eléctrica que viaja por una línea de transmisión en ondas electromagnéticas que se emiten al espacio.²⁴

La antena irradia la información electromagnética en forma de microondas, principalmente se considera que serán de tipo parabólica y lo más directiva posible; la elección de las antenas dependerán de la frecuencia en la banda que se desea trabajar.

El funcionamiento de una antena se comprende mejor con referencia en la ilustración de ondas estacionarias en una línea de transmisión Figura 1.13. La línea de transmisión termina en un circuito abierto, que representa una discontinuidad abrupta para la onda incidente de voltaje y tiene la forma de una inversión de fase. La inversión de fase hace que se irradie algo del voltaje incidente, sin reflejarse hacia la fuente:²⁵

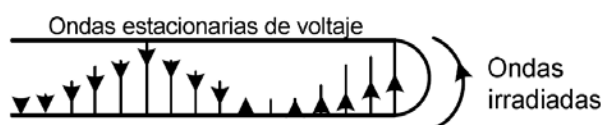


Figura. 1.13. Ondas estacionarias de voltaje

²⁴ Tomasi, Wayne, Sistemas de Comunicación Electrónicas, Capítulo 9, Cuarta Edición, México 2003.

²⁵ Tomasi, Wayne, Sistemas de Comunicación Electrónicas, Capítulo 9, Cuarta Edición, México 2003.

1.5.7 Modelos de propagación

Los modelos de propagación permiten determinar cuál va a ser la pérdida de potencia que afectará a una señal al propagarse en un ambiente urbano. Como se presentará a continuación algunos de estos modelos no se usan prácticamente y solo se presentan como una base teórica para introducirnos a modelos más complejos.

Los modelos a menudo se basan en modelos probabilísticos. Estos modelos probabilísticos pueden calcular con una probabilidad de que la señal llegue o no llegue.

En función de las características físicas de una zona se han desarrollado modelos de predicción de pérdidas en el ambiente de propagación. Los modelos se pueden clasificar en:

- Determinísticos
- Estadísticos

Los modelos determinísticos manejan un modelo físico del lugar donde se quiere calcular el nivel de señal recibido y con ello tratar de representar la interacción de las ondas propagadas con cada objeto. En esta técnica se modela cada camino que pueda tomar una onda electromagnética irradiada por la antena transmisora.

Los modelos estadísticos se desarrollan a partir de mediciones realizadas en el campo. En base a estas mediciones se extrae un modelo matemático donde y en función de ciertos parámetros como frecuencia, distancia, tipo de terreno, altura de antenas, entre otros permiten predecir la pérdida encontrada en el campo.

De los diversos modelos de propagación se han seleccionado los siguientes que se ajustan a los requerimientos de la red a diseñar, los cuales son:

- Modelo de propagación en Espacio Libre (*Free Space*).
- Modelo de propagación Okumura.
- Modelo de propagación de Okumura-Hata.
- Modelo de propagación COST 231 Okumura-Hata.
- Modelo de propagación COST 231 Walfisch-Ikegami (C231 W-I).
- Modelo de propagación SUI.

1.5.7.1 Modelo de propagación en Espacio Libre (Free Space)²⁶

Es un modelo de propagación usado para predecir la señal recibida directa cuando el transmisor y el receptor tienen líneas de vista entre ellos. Generalmente representa el rango de comunicación como un círculo de radio d , alrededor del transmisor.

Este modelo predice que la potencia recibida decrece a medida que la separación entre las antenas receptoras y transmisoras aumenta.

En condiciones de propagación de espacio libre, la relación entre la potencia recibida y la transmitida (pérdida de transmisión) por dos antenas separadas una distancia d es:

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2 L}$$

(Ecuación 1.12)

Dónde:

$\lambda = c/f$ = Representa la longitud de onda.

P_t = Potencia de la señal de transmisión.

G_t y G_r = Ganancias de las antena transmisora.

G_r = ganancias de las antena receptora.

L = Pérdida del sistema donde ($L \geq 1$).

c = Velocidad de la luz igual a 3×10^8 m/s y f la frecuencia de operación en Hz.

²⁶ Modelos de Propagación, http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/vila_b_ca/capitulo1.pdf, 22/01,2013

Si se convierten las pérdidas a decibeles y dando valores a las constantes c , G_t , G_r y L se simplifican los cálculos, entonces la ecuación queda:

$$L = 32,44 + 20 \log f + 20 \log d \quad (\text{Ecuación 1.13})$$

Con distancia en kilómetros y frecuencia en MHz.

1.5.7.2 Modelo de propagación Okumura²⁷

Es un modelo que se basa en curvas desarrolladas por Okumura, el mismo que es adecuado en entornos urbanos y suburbanos, pero no se recomienda en áreas rurales.

Para frecuencias entre 100 MHz y 3000 MHz y distancias entre 1 km. y 100 km.

$$L[\text{dB}] = L_f + A_{mu}(f \cdot d) - G(h_{tx}) - G(h_{rx}) - G_{AREA} \quad (\text{Ecuación 1.14})$$

Dónde:

L_f = Atenuación espacio libre.

A_{mu} = Atenuación relativa promedio (curvas).

$G(h_{tx})$ = Ganancia de la antena de transmisión con altura h_{tx} .

$G(h_{rx})$ = Ganancia de la antena de recepción con altura h_{rx} .

G_{AREA} = Ganancia debido al tipo de ambiente.

Okumura demostró que la ganancia de la altura de la antena de transmisión varía a un índice de 20 dB por década y la ganancia de la antena receptora varía a un índice de 10 dB por década para alturas menores a 3 m, por lo que queda:

$$G(h_{tx}) = 20 \log \left(\frac{h_{tx}}{200} \right), \text{ para } 10m < h_{tx} < 1000 m \quad (\text{Ecuación 1.15})$$

²⁷ Modelos de Propagación, http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/soriano_m_jc/capitulo2.pdf, 22/01/2013

1.5.7.3 Modelo de propagación de Okumura-Hata²⁸

El modelo de empírico limitado en frecuencias, permite diferenciar la propagación en entornos urbanos, suburbanos o rurales. Las pérdidas consideradas por este modelo están dadas por la ecuación:

$$L = 69,55 + 26,16 \log(f_c) - 13,82 \log(h_{tx}) - a(h_{rx}) + (44,9 - 6,55 \log(h_{tx})) \log d$$

(Ecuación 1.16)

Dónde:

f_c = Frecuencia de la portadora en MHz.

H_{tx} = Altura de la antena transmisora en metros, válido para 30 m < h_{tx} < 200 m.

H_{rx} = Altura antena receptora en metros, válido para 1 m < h_{rx} < 10 m.

$a(h_{rx})$ = Factor de corrección de la altura efectiva de la antena móvil, depende del tipo de ciudad.

d = Distancia entre transmisor y receptor en km.

El factor de corrección de altura puede tomar distintos valores dependiendo del ambiente en el cual se desarrolle el estudio de propagación, entonces $a(h_{rx})$ se define:

- Para ciudades pequeñas y medianas:

$$a(h_{rx})(dB) = (1,1 \log[f_c] - 0,7)h_{rx} - (1,56 \log[f_c] - 0,8)$$

(Ecuación 1.17)

- Para ciudades grandes:

$$a(h_{rx})[dB] = 3,2(\log[11,75 \cdot h_{rx}])^2 - 4,97$$

(Ecuación 1.18)

²⁸ Modelos de Propagación, http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/soriano_m_jc/capitulo2.pdf, 22/01/2013

- Para áreas suburbanas:

$$L[dB] = L(urbano) - 2 \left(\log \left[\frac{f_c}{28} \right] \right)^2 - 5,4$$

(Ecuación 1.19)

- Para áreas rurales:

$$L[dB] = L(urbano) - 4,78(\log[f_c])^2 + 18,33 \log(f_c) - 40,94$$

(Ecuación 1.20)

1.5.7.4 Modelo COST 231

Este modelo es una extensión de frecuencia del modelo Okumura-Hata.

El modelo tiene un comportamiento similar al modelo Okumura-Hata para ciudades urbanas. El modelo de pérdidas por propagación se expresa:

$$L_p = 46,3 + 33,9 \log(f) - 13,82 \log(h_b) - a(h_m) + (44,9 - 6,55 \log(h_b)) \log d + C_m$$

(Ecuación 1.21)

Dónde:

h_m = es la altura de la antena del receptor para el estudio es el analizador de espectros.

h_b = es la altura de la antena de la Radio Base en m.

C_m = es un factor de corrección para tomar en cuenta el ambiente de propagación.

f_c = frecuencia de la portadora en MHz.

d = Distancia entre transmisor y receptor en km.

CAPITULO II

SITUACION ACTUAL DEL ENLACE DE DATOS

2.1 ANÁLISIS DEL ENLACE DE DATOS

El enlace de datos Espe – Comandancia fue instalado en el año del 2008 para poder brindar los servicios de los sistemas Siper y Mode, al personal Militar que se encuentra en las instalaciones de la ESPE.

Dicho enlace constaba de tres puntos de instalación, la Comandancia del Ejército, la Escuela Politécnica del Ejército y Miravalle que era el punto de repetición debido a que no existe línea de vista entre la Espe y la Comandancia como se muestra en la figura 2.1.

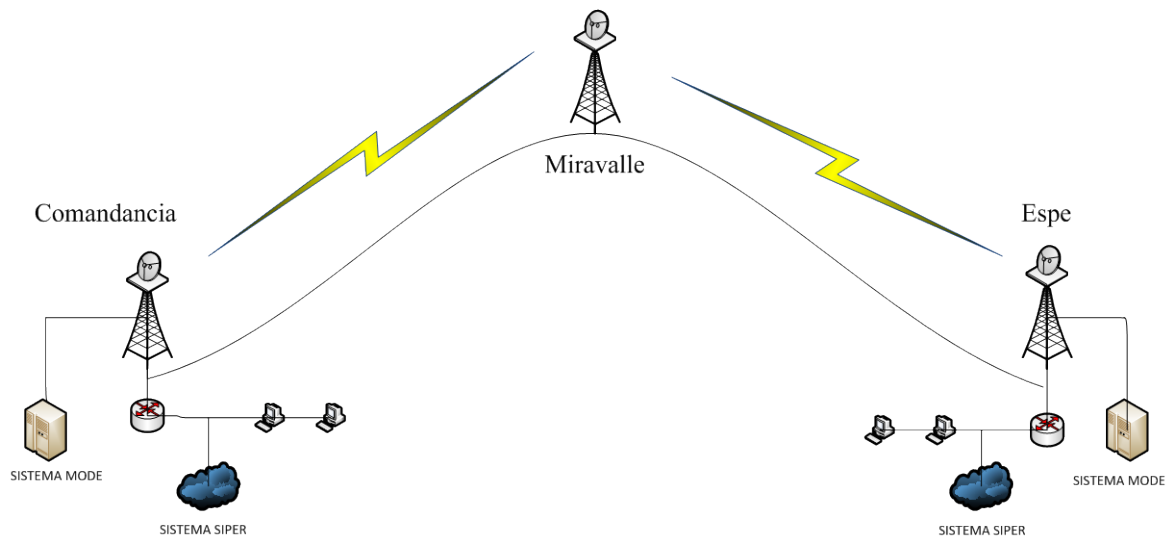


Figura. 2.1. Topología de red del enlace Espe – Comandancia

Debido a la falta de mantenimiento que se le daba al enlace, el mismo dejó de funcionar y con esto se negó la posibilidad de brindar los sistemas antes mencionados al personal militar de la Espe.

Al realizar el análisis del estado actual del enlace, se pudo apreciar que el mismo como se indicó anteriormente, ya dejó de operar esto debido a la falla en uno de los enlaces. Aparentemente las descargas eléctricas en el sector de Miravalle hicieron que uno de los equipos dejara de funcionar y desde aquel entonces todo el sistema completo cayó.

2.2 ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LOS EQUIPOS QUE CONFORMAN LA RED

Al realizar las visitas técnicas a cada uno de los lugares donde se instalaron los equipos para levantar el enlace entre la ESPE y la Comandancia General del Ejército en el año del 2008, se pudo encontrar los dispositivos detallados a continuación:

2.2.1 Equipos Espe

Tabla. 2.1. Equipos ubicados en la Espe

Equipos	Descripción	Marca	Nº Serie	Cantidad
ANTENA	AIRMUX- ANT/28/5.4/DB/FP	AIRMUX	730025920	1
ODU	AIRMUX- 200/ODU/5.4HP/EXT	AIRMUX	730025883	1
IDU	AIRMUX-200/IDU	AIRMUX	627007484	1
GATEWAY DE VOZ	TK 1008/4FXS-4FXO	SOUNDWIN	070907S400013	1
GATEWAY DE VOZ	TK 1008/4FXS-4FXO	TELKUS	060221TK80403 0	1
ROUTER	CISCO 1841	CISCO	FTX1136YOP7	1

- **AIRMUX-ANT/28/5.4/DB/FP**

El equipo AIRMUX-ANT/28/5.4/DB/FP detallado en la tabla 2.1, en el año 2008 fue montado por la empresa ISEYCO en las instalaciones de la terraza del edificio administrativo de la Escuela Politécnica del Ejército ubicado en Sangolquí. Al retomar el proyecto “Enlace ESPE – Comandancia General del Ejército”, este equipo se lo encontró en el mismo sitio de su instalación original como se observa en la figura 2.2. Tomando todas las prevenciones del caso y mediante equipamiento adecuado es posible desmontar la antena del mástil, con el fin de realizar pruebas con este equipo y verificar así en qué estado se encuentra dicho dispositivo.



Figura. 2.2. AIRMUX-ANT/28/5.4/DB/FP ubicado en las instalaciones de la terraza del edificio central de la Escuela Politécnica del Ejército.

- **AIRMUX-200/ODU/5.4HP/EXT**

Fue instalado en el año 2008 en las instalaciones de la terraza del edificio administrativo de la Escuela Politécnica del Ejército como se aprecia en la figura 2.3. En conjunto con la Antena Airmux se pudo desmontar este equipamiento tomando las medidas de seguridad necesarias. Cabe resaltar que con el fin de realizar pruebas de conectividad con el equipo AIRMUX-200/ODU/5.4HP/EXT se procedió a desmontar este dispositivo.



Figura. 2.3. AIRMUX-200/ODU/5.4HP/EXT ubicado en el mástil de las instalaciones de la terraza del edificio central de la Escuela Politécnica del Ejército

- **AIRMUX-200/IDU**

La unidad IDU del Airmux-200 como se puede ver en la figura 2.4, fue instalada en el cuarto de servidores del Departamento de la UTIC. Al realizar la visita técnica a estas instalaciones, este equipo no se hallaba en dicho cuarto de servidores. Personal de la UTIC indicó que debido a fallas en el enlace se procedió a desmontar dicho equipo de este cuarto, por lo que los mismos fueron embodegados.



Figura. 2.4. AIRMUX-200/IDU ubicado en las instalaciones del departamento de la UTIC de la ESPE

- **Gateway de voz TK 1008/4FXS-4FXO**

En el listado de los equipos que formaron parte del enlace ESPE – Comandancia, constan dos Gateway de Voz los que se muestran en la figura 2.5, los cuales fueron instalados

en el años del 2008 en las instalaciones del Departamento de la UTIC para proveer acceso a 8 líneas del sistema MODE. Al realizar la visita técnica a estas instalaciones, este equipo no se hallaba instalado en el lugar donde se lo coloco para dar servicio. Personal de la UTIC indicó que debido a fallas en el enlace se procedió a desmontar dichos equipos, por lo que los mismos fueron embodegados.



Figura. 2.5. GATEWAY DE VOZ - TK 1008/4FXS-4FXO ubicado en las instalaciones del departamento de la UITICS de la ESPE

- **Router Cisco 1841**

Adicional a los equipos antes mencionados, consta entre ellos un Router marca Cisco 1841 mostrado en el figura 2.6, el cual era el dispositivo que enrutaba el enlace para que el mismo de acceso al sistema SIPER a las instalaciones de la ESPE. Al realizar la visita técnica a estas instalaciones, este equipo no se hallaba instalado en el lugar donde se lo coloco para dar servicio, el mismo fue embodegado.



Figura. 2.6. Router Cisco 1841, ubicado en las instalaciones del departamento de la UTIC de la ESPE

2.2.2 Equipos Comandancia y Miravalle

Debido a que parte de los equipos que conformaron la infraestructura del enlace de datos entre la ESPE y la Comandancia indicados en la tabla 2.2 y tabla 2.3, fueron instalados en el Comaco y en Miravalle, se procedió hacer una visita técnica para hacer el respectivo retiro de los equipos y poder así verificar el estado actual de los mismos.

Tabla. 2.2. Equipos ubicados en la Comandancia

Equipos	Descripción	Marca	Nº Serie	Cantidad
ANTENA	AIRMUX- ANT/28/5.4/DB/FP	AIRMUX	730025907	1
ODU	AIRMUX- 200/ODU/5.4HP/EXT	AIRMUX	726008469	1
IDU	AIRMUX-200/IDU	AIRMUX	726002934	1
GATEWAY DE VOZ	TK 1008/4FXS-4FXO	SOUNDWIN	060221TK804019	1
GATEWAY DE VOZ	TK 1008/4FXS-4FXO	TELKUS	060221TK804033	1

Tabla. 2.3. Equipos ubicados en Miravalle

Equipos	Descripción	Marca	Nº Serie	Cantidad
ANTENA	AIRMUX- ANT/28/5.4/DB/FP	AIRMUX	730025906	1
ANTENA	AIRMUX- ANT/28/5.4/DB/FP	AIRMUX	730025897	1
ODU	AIRMUX- 200/ODU/5.4HP/EXT	AIRMUX	726008481	1
ODU	AIRMUX- 200/ODU/5.4HP/EXT	AIRMUX	726008477	1
IDU	AIRMUX-200/IDU	AIRMUX	726002934	1
IDU	AIRMUX-200/IDU	AIRMUX	726002942	1

La totalidad de estos equipos después de presentar la solicitud de retiro dirigida a la Comandancia General del Ejército, personal del Departamento de Comunicaciones del Comaco indican que dichos equipos fueron retirados tanto de las instalaciones de Miravalle como de la Comandancia debido a que uno de los enlaces presentaba inconvenientes probablemente debido a las descargas eléctricas presentadas en Miravalle.

Después de la información entregada por el Departamento de Comunicaciones, se pudo verificar que los equipos tanto los que fueron instalados en Miravalle como en la Comandancia se los encontró embodegados y con falta de mantenimiento. Se procede hacer el retiro de los equipos para realizar la verificación y ajuste de los parámetros, con lo cual se logre después de un determinado tiempo el levantamiento del enlace.

2.3 VERIFICACION DE LOS PARÁMETROS DE LOS EQUIPOS QUE CONFORMAN EL ENLACE

El enlace de datos Espe – Miravalle – Comaco el cual fue instalado y dejado en operatividad de manera eficiente en el año del 2008 tuvo una infraestructura de equipos marca Airmux-200. Mientras tanto la infraestructura montada para realizar el enrutamiento de la señal que proviene de la Comandancia y dar así el servicio de sistema SIPER, se la realizó mediante un equipo Router Cisco 1841 ubicado en el cuarto de servidores de la ESPE. Para levantar el servicio de las 8 líneas del sistema Mode se utilizó Gateways de voz marca Soundwin y Telkus.

2.3.1 Airmux-200²⁹



Figura. 2.7. Airmux-200

- **Descripción técnica del Airmux-200**

El sistema de radio Airmux-200 presta servicios Ethernet y TDM sobre un único enlace inalámbrico en varias frecuencias inferiores a 6 GHz. Estos servicios incluyen 2,3 GHz, 2,4 GHz, 4,9 GHz y 5,x GHz, así como bandas BRS (Servicio de radio por banda ancha) de 2,5 GHz con licencia. Cumple con las regulaciones FCC (Federal Communications Commission - Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos de América) y ETSI (European Telecommunications Standards Institute - Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones), para transmisiones exentas de licencia.

Con hasta cuatro interfaces E1/T1 y hasta tres puertos Ethernet, el dispositivo Airmux-200 opera en topologías punto a punto y multipunto a punto que soportan un rendimiento neto en full-duplex de 18 Mbps (velocidad de datos en el aire de 48 Mbps) para distancias de hasta 80 km (50 millas). Este equipos utiliza una Modulación OFDM que asegura tanto LOS (Line Of Sight) y N-LOS (Near - Line Of Sight).

²⁹ Airmux-200, http://www.bestdatasource.com/rad/data_sheets/AirMux-200_manual.pdf, 01/02/2013

El Airmux-200 consta de dos unidades, una de interior y otra de exterior conectadas entre sí por un cable Ethernet Cat-5e de exterior, el cual permite lograr una distancia máxima de 100 metros entre las dos unidades. La unidad de exteriores puede estar equipada con una antena integrada de 22 dBi o puede ser conectada a una antena externa de alta ganancia para lograr un alcance mayor.

El alcance de transmisión inalámbrico máximo que puede lograrse es en función de la velocidad de transmisión elegida, los servicios transportados y el tipo de antena usado. Esto significa, por ejemplo, que un usuario podrá transmitir dos canales E1/T1 y aproximadamente 10 Mbps del tráfico Ethernet a distancia de hasta 10 Km. Alternativamente, puede transmitirse 1 Mbps de tráfico Ethernet a una distancia de hasta 80 Km, utilizando una antena externa; siempre y cuando se de una condición de línea de vista perfecta.

El dispositivo AirMux-200 incorpora controles que protegen la transmisión inalámbrica contra posibles ataques. El estándar de cifrado avanzado AES (Advanced Encryption Standard) y el cambio dinámico de clave de cifrado están destinados a impedir la escucha no autorizada.

- **Interfaz LAN**

- El Puerto Lan del Airmux-200 ofrece una interfaz 10/100BaseT integrado, transmite de forma transparente tramas Vlan y aprende hasta 2,000 direcciones MAC.
- Mecanismo de "retry" para garantizar la conexión de tráfico.
- Tráfico simétrico (dúplex completo) de hasta 18Mbps.
- Marco de codificación y IEEE 802.3u.
- Conector RJ45.

- **Indicadores**

- SERVICE ON (green) – Interface E1 or T1 esta sincronizada (green/red) ON (red) – Alarma detectada en la interface E1 or T1.
- AIR I/F (red) ON (green) – Enlace inalámbrico esta sincronizado.
- ON (red) – Enlace inalámbrico perdió sincronización.
- IDU (green) ON – RTCB self-test fue completado exitosamente.
- ODU ON (green) – la comunicación entre RT y RTCB es exitosa (green/red) ON (red) – la comunicación entre RT y RTCB tiene problemas.
- PWR (green) ON – el equipo se encuentra encendido.
- LINK (green) ON – Existe tráfico en la interface Ethernet.
- ACT (yellow) Titilean de acuerdo al trafico existente en la interface Ethernet

- **Arquitectura**

La figura 2.8 ilustra la arquitectura de un enlace con equipos Airmux-200.

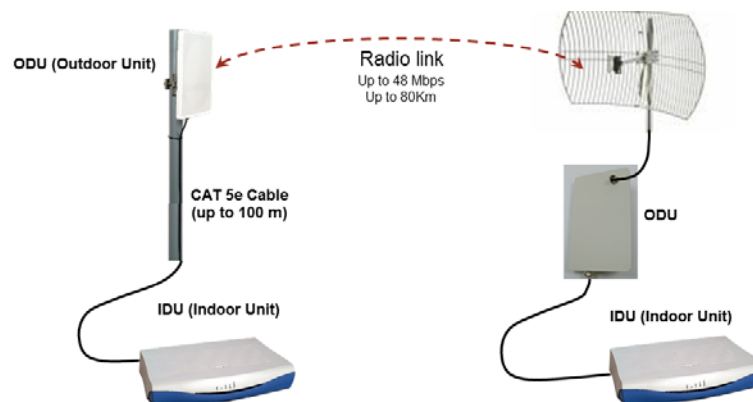


Figura. 2.8. Arquitectura Airmux-200

- **Componentes del Sistema**

- **IDU – Unidad interior**

La unidad interior IDU se la puede observar en la figura 2.9.



Figura. 2.9. AIRMUX-200/IDU

- **ODU – Unidad exterior**

Disponible en diferentes frecuencias y regulaciones en los rangos de 2.3-2.7 GHz, 4.9-5.95 GHz. Consta de dos factores dependiendo del tipo de antena integrado o externo como se indica en la figura 2.10.



Figura. 2.10. AIRMUX-200/ODU

- **Vínculo inalámbrico**

Airmux-200 ofrece hasta 48 Mbps (velocidad de datos en el aire) tráfico Ethernet y E1/T1. El sistema soporta una variedad de bandas de espectro y se puede configurar para

operar en cualquier canal en la banda de paso con una resolución portadora de 5 MHz y ancho de banda de canal de 5, 10 ó 20 MHz.

Airmux-200 utiliza una transmisión TDD (Time Division Duplex). Esta tecnología simplifica el procedimiento de instalación y configuración. No hay necesidad de planificar y asignar canales separados para el flujo de datos tanto para el enlace ascendente como descendente.

- **Aplicaciones**

- Acceso Banda Ancha.
- Servicio de Telefonía a lugares remotos / Localidades Rurales.
- Servicios Múltiples en topología de cadena.
- Servicios Múltiples con la protección de único anillo E1/T1.
- Servicios de emergencia y despliegue temporal.
- Wireless Backup - Seguridad inalámbrica.
- Servicios de interconexión múltiple.
- Extensión de tráfico de voz a través de Wireless.

La figura 2.11 muestra una aplicación de telefonía mediante equipamiento Airmux-200.

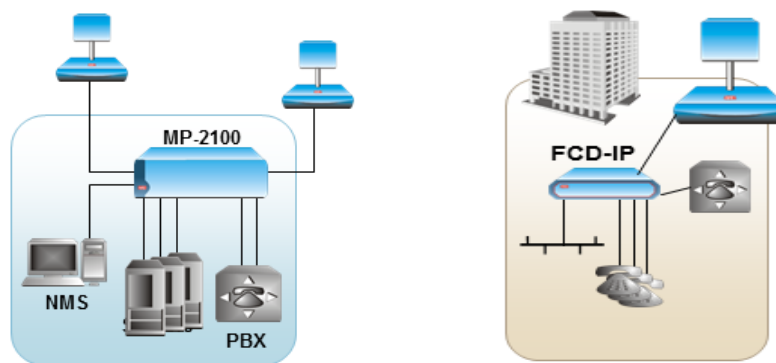


Figura. 2.11. Ilustración de una aplicación típica de colocación de Airmux-200

- **Tipos de antenas utilizadas con equipos Airmux-200**

- Antena Flat Panel

La antena de panel plano mostrada en la figura 2.12, es adecuada para cortos alcances, por lo general en aplicaciones de acceso. Son relativamente baratas, utilizan poco espacio en la torre y es resistente bajo condiciones climáticas extremas.



Figura. 2.12. Antena Flat Panel

- Antena parabólica

La antena parabólica ilustrada en la figura 2.13, tiene una ganancia alta, es una antena de reflector utilizado para radio, televisión y comunicaciones de datos.

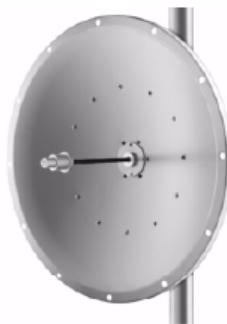


Figura. 2.13. Antena Parabólica

➤ Antena de Grilla

La figura 2.14 muestra una antena de grilla utilizada para aplicaciones de 2.4 GHz. Debido al gran tamaño, el diseño de la rejilla minimiza el peso y la carga viento.



Figura. 2.14. Antena de Grilla

- **Verificación de configuración del equipo Airmux-200**

Para ingresar al equipo se digita la ip y la contraseña del radio como se muestra en la figura 2.15.

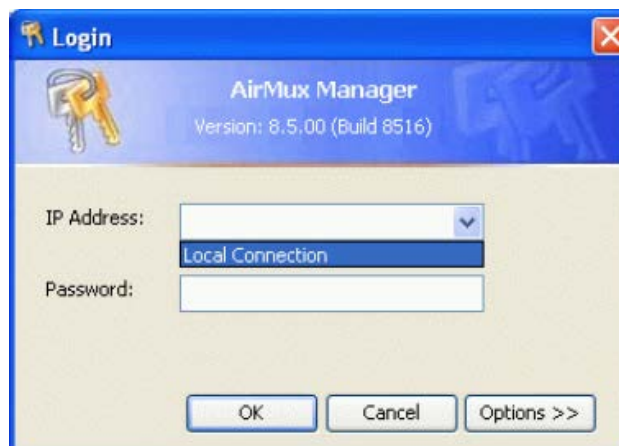


Figura. 2.15. Ingreso al equipo Airmux-200

Una vez hecho el ingreso al equipo, se verifica la configuración de administración del dispositivo como se aprecia en la figura 2.16.

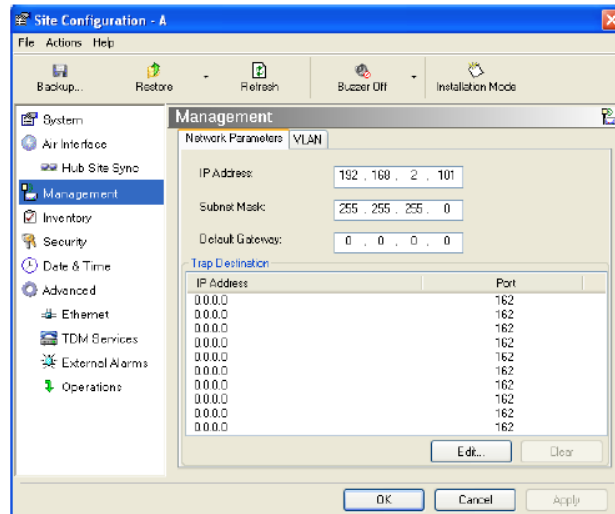


Figura 2.16. Configuración de administración del Airmux-200

Se verifica en la figura 2.17 la configuración de parámetros como frecuencias, ancho de banda de canal etc.

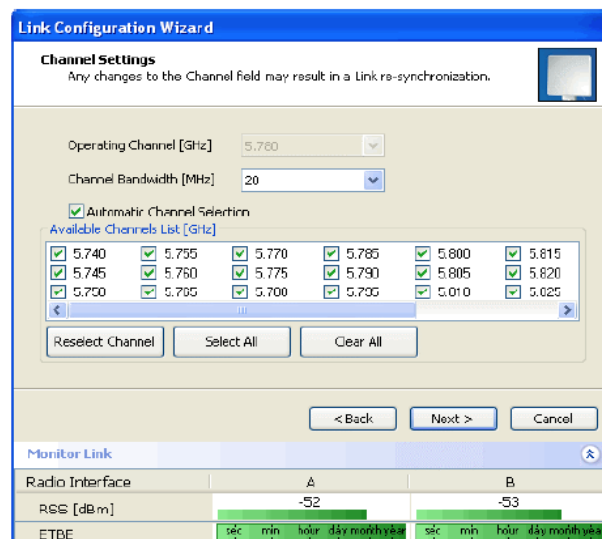


Figura 2.17. Configuración de la frecuencia de trabajo del Airmux-200

Una vez verifica las configuraciones del Airmux-200 se puede observar en la figura 2.18 los niveles de potencia del enlace.

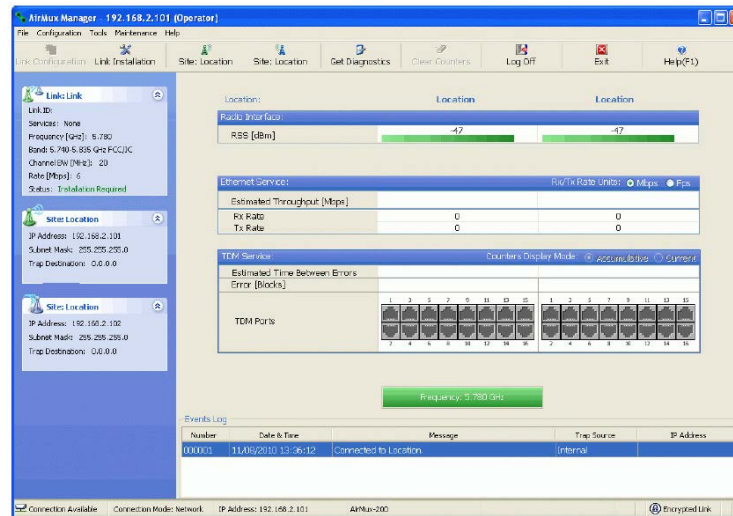


Figura 2.18. Pantalla que muestra los niveles de recepción del Airmux-200

2.4 ANÁLISIS DE LA TOPOLOGÍA DEL TERRENO DONDE ACTUALMENTE ESTÁ INSTALADO EL ENLACE

Miravalle

Ubicado en el sector de Puengasí de la ciudad de Quito como ilustra la figura 2.19, es un punto estratégico en cuanto a instalación de torres de telecomunicaciones. Dicho sector es muy bien aprovechado por las empresa que brindad servicios de telecomunicaciones o de instituciones que necesitan tener enlaces de comunicación entre Quito y el Valle de esta ciudad.



Figura. 2.19. Repetidor de Miravalle

Se encuentra ubicada en medio de la ciudad de Quito y el Valle de los Chillos, por lo que se convierte en un lugar preponderante en cuanto a comunicaciones. Desde este punto se puede tener línea de vista directa a Quito y al Valle de los Chillos sin necesidad de tener que buscar otras lomas adyacentes y generar más punto de repetición entre ambos lugares como se muestra en la figura 2.20.



Figura. 2.20. Vista al Valle de los Chillos desde Miravalle

Posición geográfica:

Latitud: 0°16'6.0" S

Longitud: 78°30'30.6" O

Altitud: 3200 m.s.n.m.

El sector de Miravalle es un cerro libre de zonas boscosas y con un amplio espacio donde se ubican una serie de torres de telecomunicación. Debido a que el presente proyecto tiene como finalidad comunicar a la ESPE ubicada en el Valle de los Chillos, con el edificio de la Comandancia General del Ejército ubicado en la zona centro de la ciudad de Quito, Miravalle es un lugar adecuado para ser el punto de repetición para enlazar dichos lugares.

La torre sobre la cual se van a montar los equipos para la ejecución del proyecto se la observa en la figura 2.21, es una torre de 30 metros autosoportada y que cumple con las normas reglamentarias de la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones.



Figura. 2.21. Torre de telecomunicaciones ubicada en Miravalle

Sobre esta torre se encuentran colocadas diferentes antenas trabajando a varias frecuencias y que dan servicios básicamente a lo que se refiera a instituciones militares. Cabe resaltar dentro del análisis que se realiza, que este lugar es muy propenso a recibir en tiempos de lluvia, descargas eléctricas debido a los rayos constantes que caen sobre este cerro.

Escuela Politécnica del Ejército

El Campus matriz de la Escuela Politécnica de Ejército ilustrada en la figura 2.11, se halla ubicado en el Valle de los Chillos en Sangolquí, a una distancia de 22 kilómetros al Sur Este del Centro Colonial de Quito, en una altitud de 2.522 metros sobre el nivel del mar que le permite un clima andino privilegiado con temperaturas que giran alrededor de los 15°C.



Figura. 2.22. Escuela Politécnica del Ejército

Posición geográfica:

Latitud: 0°18'50.2" S

Longitud: 78°26'43" O

El lugar en el que se realiza el levantamiento del enlace es en la terraza del edificio administrativo de la Espe. En este lugar se encuentran instalada una torre riendada de 18 metros, en la cual se encuentran montadas varias antenas de comunicación las mismas que proveen de varios servicios a la universidad como se observa en la figura 2.23.



Figura. 2.23. Torre autosoportada ubicada en las instalaciones de la Espe

Comandancia General del Ejército

La Comandancia General del Ejército se encuentra ubicada en la Ciudad de Quito en el Sector de la Recoleta en el centro de la ciudad. En la figura 2.24 se observa el edificio de la Comandancia.



Figura. 2.24. Edificio de la Comandancia General del Ejército

Posición geográfica:

Latitud: 0°13'54.7"S

Longitud: 78°30'39.3"O

Altitud: 2818 m.s.n.m.

Dentro de las instalaciones de la Comandancia en la terraza del edificio se encuentran ubicadas varias torres de telecomunicaciones con ciertos equipos que brindan servicios al edificio como se puede apreciar en la figura 2.25. Actualmente en dicho lugar se encuentra montada una torre riendada de 15 metros en la que se encuentran instaladas pocos radios enlaces y no generaría interferencias con equipos montados en dicho lugar.



Figura. 2.25. Torre de telecomunicaciones ubicada en la Comandancia

2.5 ANÁLISIS DE LAS INTERFERENCIAS EN EL SECTOR DE MIRAVALLE LUGAR EN EL CUAL SE ENCUENTRA EL REPETIDOR

Para la realización del análisis de las interferencias se utilizó un analizador de espectros marca ANRITZU S362E, adicional se utilizó una antena omnidireccional que funciona en las frecuencia de 5.8 Ghz para hacer el barrido de frecuencias como se muestra en la figura 2.26.



Figura. 2.26. Equipamiento para realizar el análisis de interferencias

- **Anritzu S362E³⁰**

Para mantenerse al día en el rápido y cambiante mercado de comunicaciones inalámbricas, se necesita herramientas que permitan mantener eficientemente las redes. Como el mercado sigue creciendo, se requiere dar servicio a más estaciones base. Esto significa completar barridos rápidamente, realizar calibraciones instantáneamente y el rastreo rápido de nombres en el campo.

El Anritzu S362E como se lo observa en la figura 2.27 y figura 2.28, tiene todo esto mediante la combinación de un analizador de cable y antena con un analizador de espectro en un único dispositivo integrado y ofrece la facilidad de uso, funcionalidad y rendimiento.

³⁰ Anritzu, www.anritsu.com/training, 5/01/2013



Figura. 2.27. Anritzu S362E

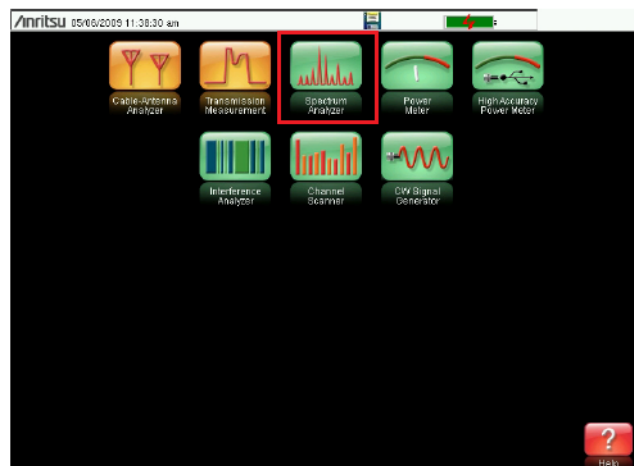


Figura. 2.28. Menú de aplicaciones en el Anritzu

- **Características**

- Medida: Pérdida de retorno, la pérdida de cable, VSWR, distancia al fallo, fase.
- 2 puertos de medición de transmisión, alta y baja potencia.
- Analizador de espectro, analizador de interferencia, medidor de energía de alta precisión, escáner de canales, GPS.
- Equipo portátil con cuatro horas de vida de la batería.
- Velocidad de barrido: 1 ms / punto de datos, típico.

- Intuitiva de pantalla táctil con menús de interfaz de usuario.
- Conectividad USB, teclado incorporado dentro de la pantalla táctil.
- Rango de funcionamiento entre 100 kHz a 6 GHz
- Medidas: Ancho de banda utilizado, potencia del canal, ACPR, C / I, máscara de emisión espectral.
- Analizador de Interferencia: Espectrograma, intensidad de la señal, RSSI, Signal ID.
- Rango dinámico: > 95 dB en 10 Hz RBW
- DANL: -152 dBm a 10 Hz RBW
- Ruido de fase: -100 dBc / Hz @ 10 kHz máx offset a 1 GHz
- Precisión de frecuencia: $<\pm 50$ ppb con GPS On

Una vez adquiridos el equipamiento necesario para la realización de la presente actividad, se procedió a visitar las instalación de Miravalle, lugar donde se van a ejecutar las pruebas antes indicadas. En Miravalle se encuentran alrededor de tres torres en las cuales están montados varios equipos de radio, trabajando a diferentes frecuencias, es por esto que fue necesario realizar el análisis de interferencias en este lugar.

Para las mediciones se referenciaron 3 puntos específicos para la toma de lecturas, la primera direccionando la antena hacia la Espe, la segunda direccionando hacia la Comandancia y la tercera en la caseta de equipos, parte baja lateral de la torre principal.

2.5.1 Lecturas direccionando a la Espe

- **5 Ghz – 6 Ghz Horizontal**

Como se aprecia en la Figura 2.29, se tomaron lecturas en un rango de frecuencias de 5Ghz – 6Ghz referenciando una posición horizontal de la antena utilizada con dirección hacia la Espe.



Figura. 2.29. Toma de lecturas en el rango de 5Ghz-6Ghz, antena horizontal con dirección a la Espe

La figura 2.30 indica que en el rango de los 5Ghz – 6Ghz se tienen varios equipos utilizando estas frecuencias pero la que sobresale es a los 5.870 Ghz, la cual muestra los siguientes resultados:

$$M2 = -32.00 \text{ dBm}$$

$$\text{Atenuación de entrada} = 35.0 \text{ dB}$$

$$P \text{ dB} = 35.0 \text{ dB} - 32.0 \text{ dB}$$

$$P \text{ dB} = 3$$

$$P \text{ mW} = 10^{P \text{ dB} / 10}$$

$$P \text{ mW} = 2$$

Al verificar el valor de 2 mW de potencia detectada, se puede indicar que es un valor que no afecta a la transmisión del enlace, debido a que es un valor relativamente bajo si se compara con lo que indica la norma IEEE 802.11, en la que la potencia a la que trabajan los equipos de radio varían entre 15 – 26 dBm (30 – 400 mW).

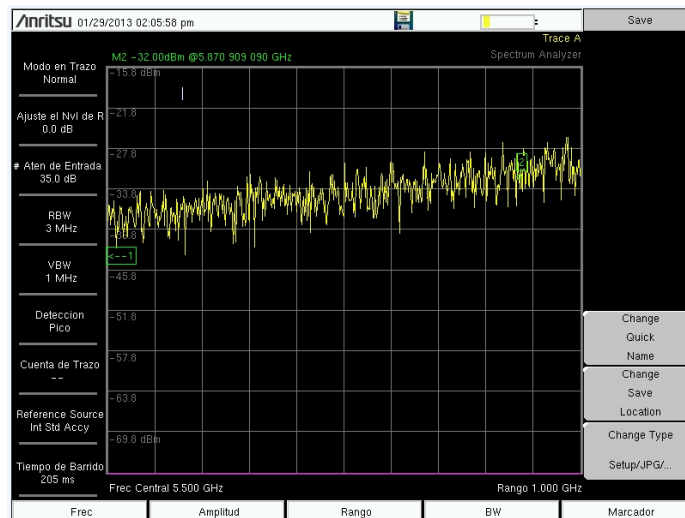


Figura. 2.30. Resultados del análisis de interferencia en el rango de 5Ghz-6Ghz, antena horizontal con dirección a la Espe

- **5 Ghz – 6 Ghz Vertical**

Como se aprecia en la Figura 2.31, se tomaron lecturas en un rango de frecuencias de 5Ghz – 6Ghz referenciando una posición horizontal de la antena con dirección hacia la Espe.



Figura. 2.31. Toma de lecturas en el rango de 5Ghz-6Ghz, antena vertical con dirección a la Espe

Frecuencia = 5.870 Ghz

M2 = -30.98 dBm

Atenuación de entrada = 35.0 dB

$P_{dB} = 35.0 \text{ dB} - 30.98 \text{ dB}$

$P_{dB} = 3$

$P_{mW} = 10^{P_{dB}/10}$

$P_{mW} = 10^{3/10}$

$P_{mW} = 2.52$

Al verificar el valor de 2.52 mW de potencia en la figura 2.32, se indica que es un valor que no afecta a la transmisión del enlace debido a que es un valor relativamente bajo.

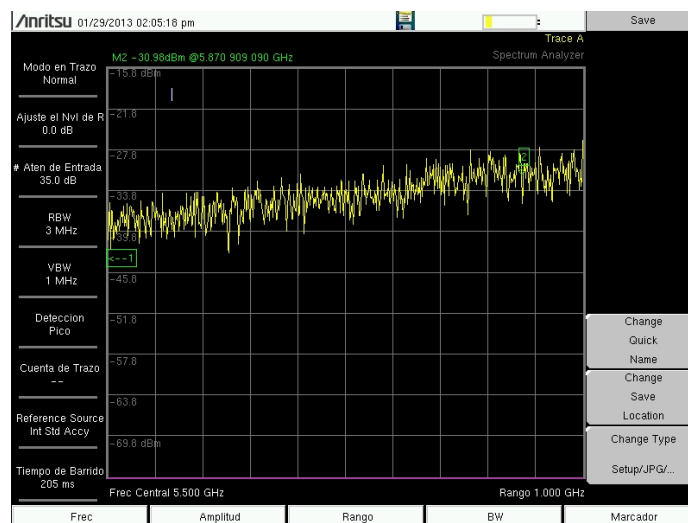


Figura. 2.32. Resultado del análisis de interferencia en el rango de 5Ghz-6Ghz, antena vertical con dirección a la Espe

Se procedió además a tomar lecturas en un rango entre los 5.7 Ghz – 5.9 Ghz debido a que el radio enlace trabaja en la frecuencia de los 5.8 Ghz y así poder apreciar si en ese rango se encuentran equipos funcionando a gran potencia y que puedan interrumpir nuestra señal.

- **5.7 Ghz – 5.9 Ghz Horizonte**

Frecuencia = 5.876 Ghz

M2 = -40.48 dBm

Atenuación de entrada = 35.0 dB

$P_{dB} = 35.0 \text{ dB} - 40.48 \text{ dB}$

$P_{dB} = -5.48$

$P_{mW} = 10^{P_{dB}/10}$

$P_{mW} = 10^{-5.48 \text{ dB}/10}$

$P_{mW} = 0.28$

Al verificar el valor de 0.28 mW de potencia en la figura 2.33, se indica que es un valor que no afecta a la transmisión del enlace debido a que es un valor relativamente bajo.

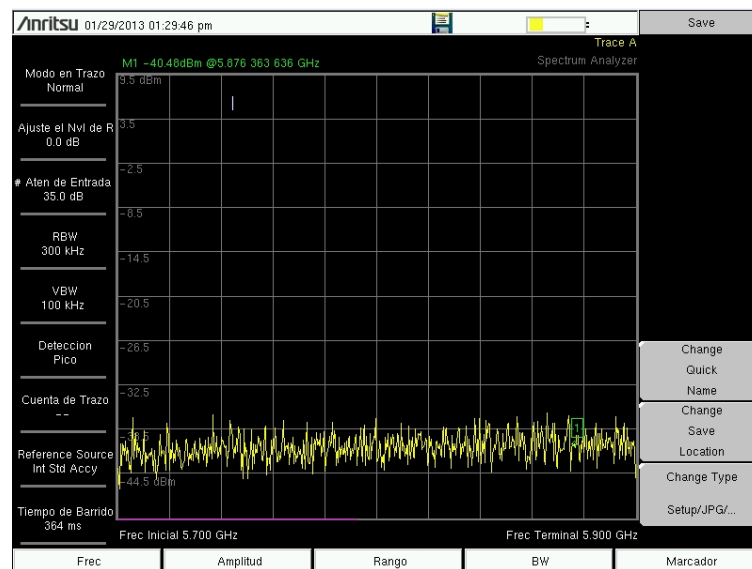


Figura. 2.33. Resultado del análisis de interferencia en el rango de 5.7 Ghz- 5.9 Ghz, antena horizontal con dirección a la Espe

- **5.7 Ghz – 5.9 Ghz Vertical**

En 5.876 Ghz se tiene los siguientes resultados:

M2 = -40.48 dBm

Atenuación de entrada = 35.0 dB

$P_{dB} = 35.0 \text{ dB} - 40.48 \text{ dB}$

$P_{dB} = -5.48$

$P_{mW} = 10^{P_{dB}/10}$

$P_{mW} = 10^{-5.48 \text{ dB}/10}$

$P_{mW} = 0.28$

Al verificar el valor de 0.28 mW de potencia en la figura 2.34, se indica que es un valor que no afecta a la transmisión del enlace debido a que es un valor relativamente bajo.

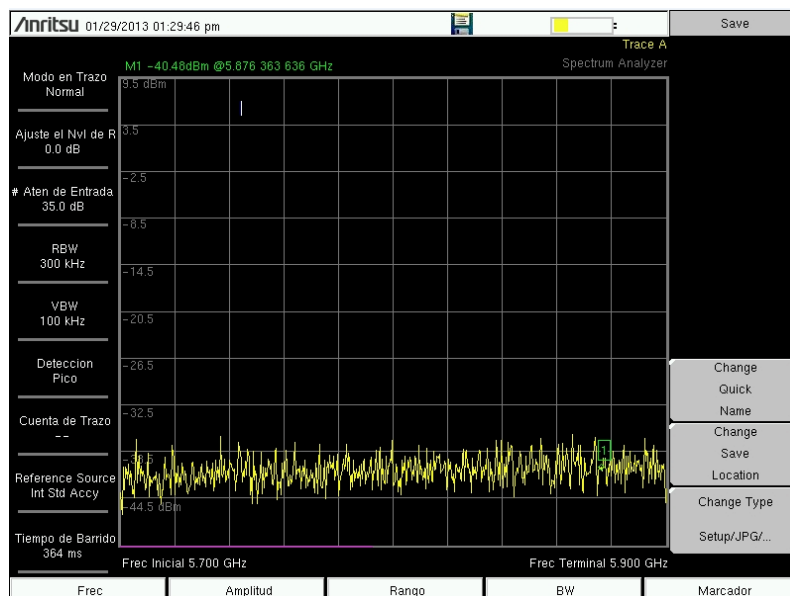


Figura. 2.34. Resultado del análisis de interferencia en el rango de 5.7 Ghz- 5.9 Ghz, antena vertical con dirección a la Espe

2.5.2 Lecturas direccionando a la Comandancia

- 5 Ghz – 6 Ghz Horizontal

Frecuencia = 5.976 Ghz

M2 = -27.81 dBm

Atenuación de entrada = 35.0 dB

P dB = 35.0 dB – 27.81 dB

P dB = 7.19

$P \text{ mW} = 10^{P \text{ dB} / 10}$

$P \text{ mW} = 10^{7.19 \text{ dB} / 10}$

P mW = 5.23

Al verificar el valor de 5.23 mW de potencia en la figura 2.35, se indica que es un valor que no afecta a la transmisión del enlace debido a que es un valor relativamente bajo.

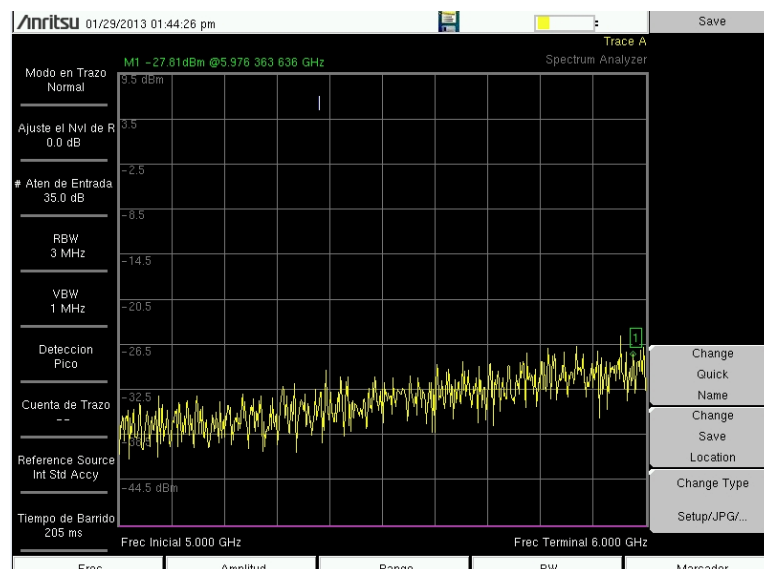


Figura. 2.35. Resultado del análisis de interferencia en el rango de 5 Ghz- 6 Ghz, antena horizontal con dirección a la Comandancia

- **5 Ghz – 6 Ghz Vertical**

Frecuencia = 5.792 Ghz

M2 = -30.30 dBm

Atenuación de entrada = 35.0 dB

$P_{dB} = 35.0 \text{ dB} - 30.30 \text{ dB}$

$P_{dB} = 4.7$

$P_{mW} = 10^{P_{dB}/10}$

$P_{mW} = 10^{4.7 \text{ dB}/10}$

$P_{mW} = 2.95$

Al verificar el valor de 2.95 mW de potencia en la figura 2.36, se indica que es un valor que no afecta a la transmisión del enlace debido a que es un valor relativamente bajo.

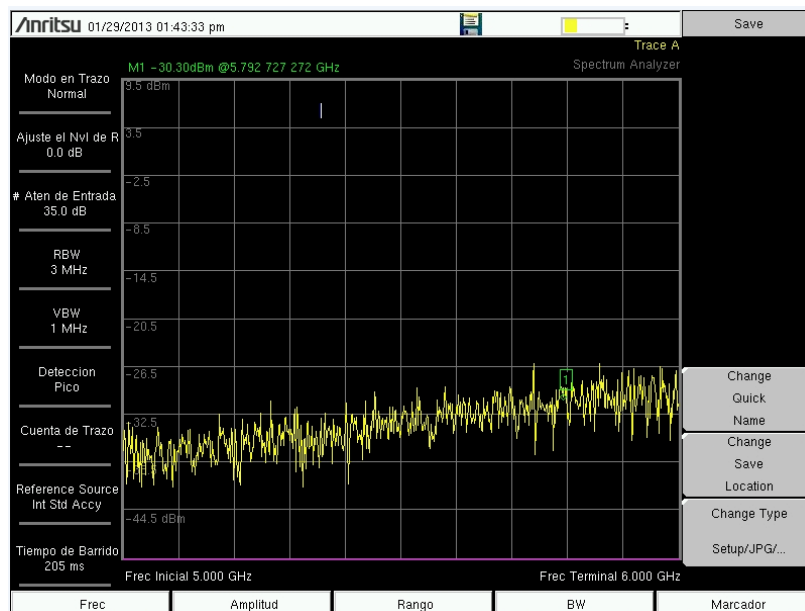


Figura. 2.36. Resultado del análisis de interferencia en el rango de 5 Ghz-6 Ghz, antena vertical con dirección a la Comandancia

- **5.7 Ghz – 5.9 Ghz Horizonte**

Frecuencia = 5.864 Ghz.

M2 = -40.09 dBm

Atenuación de entrada = 35.0 dB

$P_{dB} = 35.0 \text{ dB} - 40.09 \text{ dB}$

$P_{dB} = -5.09$

$P_{mW} = 10^{P_{dB}/10}$

$P_{mW} = 10^{-5.09 \text{ dB}/10}$

$P_{mW} = 0.309$

Al verificar el valor de 0.309 mW de potencia en la figura 2.37, se indica que es un valor que no afecta a la transmisión del enlace debido a que es un valor relativamente bajo.

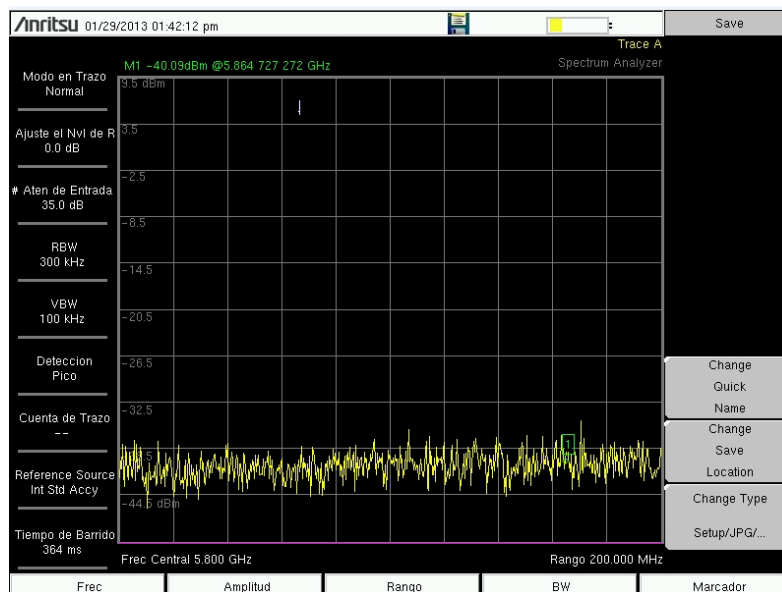


Figura. 2.37. Resultado del análisis de interferencia en el rango de 5 Ghz- 6 Ghz, antena horizontal con dirección a la Comandancia

- **5.7 Ghz – 5.9 Ghz Vertical**

Frecuencia = 5.880 Ghz

M2 = -40.47 dBm

Atenuación de entrada = 35.0 dB

$P_{dB} = 35.0 \text{ dB} - 40.47 \text{ dB}$

$P_{dB} = -5.47$

$P_{mW} = 10^{P_{dB}/10}$

$P_{mW} = 10^{-5.47 \text{ dB}/10}$

$P_{mW} = 0.28$

Al verificar el valor de 0.28 mW de potencia en la figura 2.38, se indica que es un valor que no afecta a la transmisión del enlace debido a que es un valor relativamente bajo.

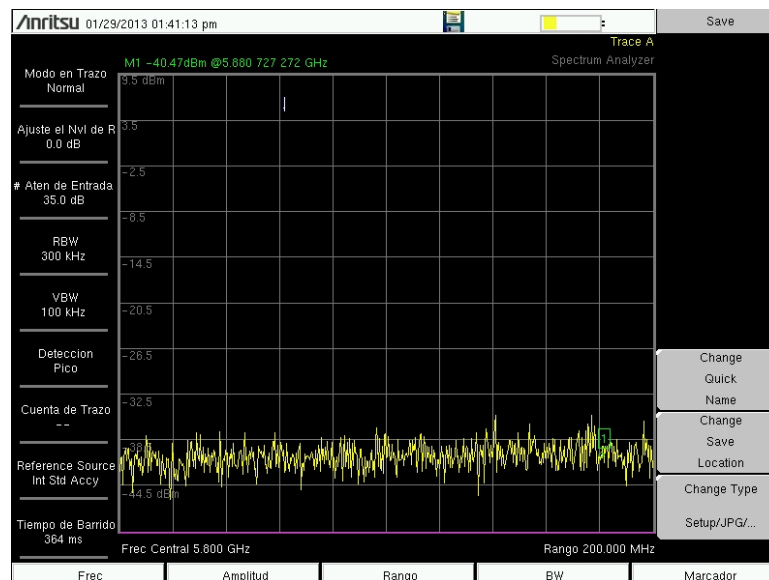


Figura1. 2.38. Resultado del análisis de interferencia en el rango de 5.7 Ghz- 5.9 Ghz, antena vertical con dirección a la Comandancia

2.5.3 Lecturas direccionando a la Caseta de Miravalle

- 5 Ghz – 6 Ghz Horizonte

Frecuencia = 5.978 Ghz

M2 = -31.42 dBm

Atenuación de entrada = 35.0 dB

P dB = 35.0 dB – 31.42 dB

P dB = 3.58

$P \text{ mW} = 10^{P \text{ dB} / 10}$

$P \text{ mW} = 10^{3.58 \text{ dB} / 10}$

P mW = 2.28

Al verificar el valor de 2.28 mW de potencia en la figura 2.39, se indica que es un valor que no afecta a la transmisión del enlace debido a que es un valor relativamente bajo.

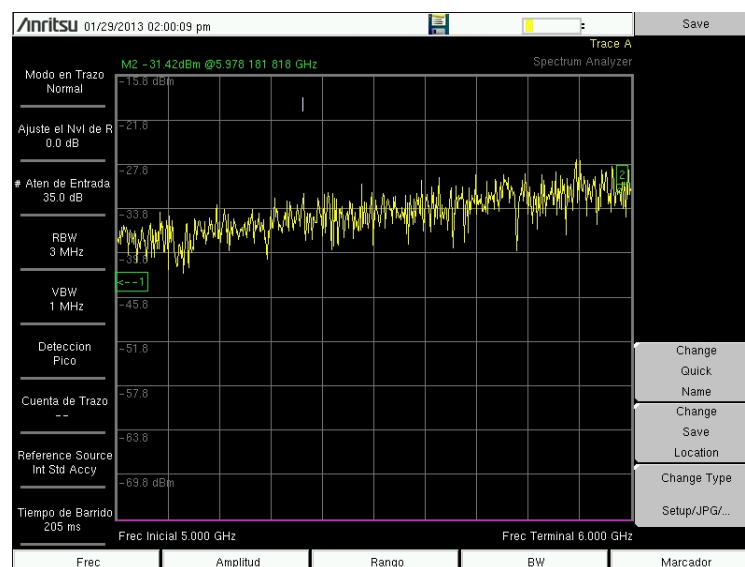


Figura. 2.39. Resultado del análisis de interferencia en el rango de 5.7 Ghz- 5.9 Ghz, antena horizontal con dirección a la Caseta de Miravalle

- **5 Ghz – 6 Ghz Vertical**

Frecuencia = 5.978 Ghz

M2 = -30.54 dBm

Atenuación de entrada = 35.0 dB

$P_{dB} = 35.0 \text{ dB} - 30.54 \text{ dB}$

$P_{dB} = 4.46$

$P_{mW} = 10^{P_{dB}/10}$

$P_{mW} = 10^{4.46 \text{ dB}/10}$

$P_{mW} = 2.79$

Al verificar el valor de 2.79 mW de potencia en la figura 2.40, se indica que es un valor que no afecta a la transmisión del enlace debido a que es un valor relativamente bajo.

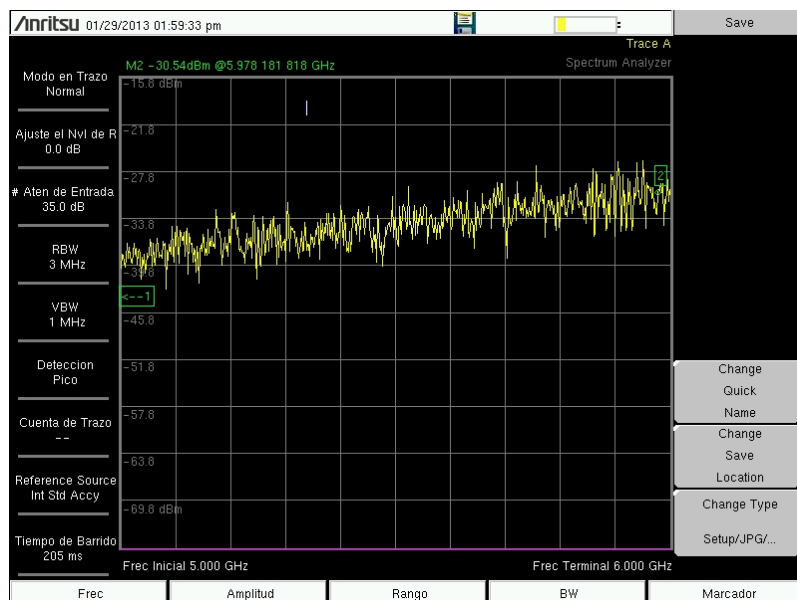


Figura. 2.40. Resultado del análisis de interferencia en el rango de 5 Ghz- 6 Ghz, antena vertical con dirección a la Caseta de Miravalle

- **5.7 Ghz – 5.9 Ghz Horizonte**

Frecuencia = 5.801 Ghz

M2 = -41.63 dBm

Atenuación de entrada = 35.0 dB

$P_{dB} = 35.0 \text{ dB} - 41.63 \text{ dB}$

$P_{dB} = -6.63$

$P_{mW} = 10^{P_{dB}/10}$

$P_{mW} = 10^{-6.63 \text{ dB}/10}$

$P_{mW} = 0.21$

Al verificar el valor de 0.21 mW de potencia en la figura 2.41, se indica que es un valor que no afecta a la transmisión del enlace debido a que es un valor relativamente bajo.

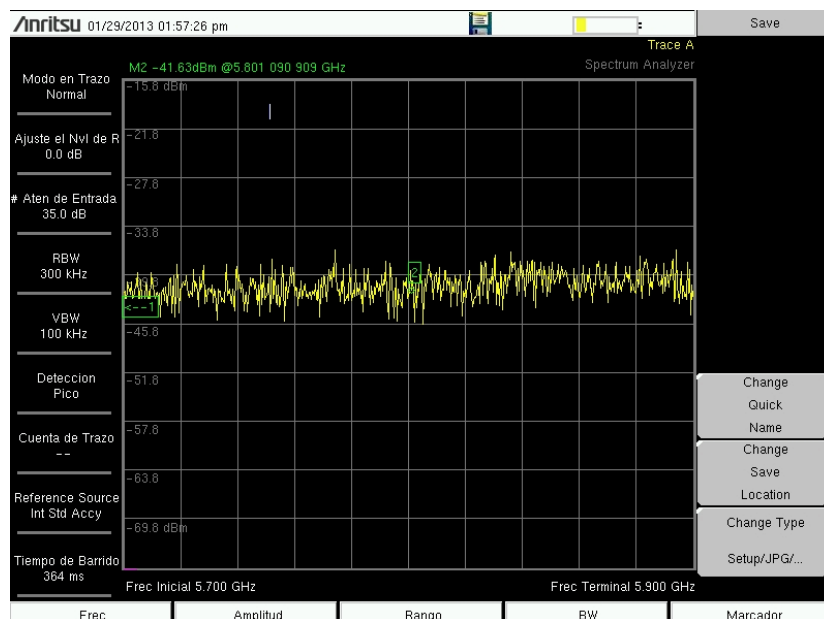


Figura. 2.41. Resultado del análisis de interferencia en el rango de 5.7 Ghz- 5.9 Ghz, antena horizontal con dirección a la Caseta de Miravalle

- **5.7 Ghz – 5.9 Ghz Vertical**

Frecuencia = 5.829 Ghz

M2 = -38.34 dBm

Atenuación de entrada = 35.0 dB

$P_{dB} = 35.0 \text{ dB} - 38.34 \text{ dB}$

$P_{dB} = -3.34$

$P_{mW} = 10^{P_{dB}/10}$

$P_{mW} = 10^{-3.34 \text{ dB}/10}$

$P_{mW} = 0.46$

Al verificar el valor de 0.46 mW de potencia en la figura 2.42, se indica que es un valor que no afecta a la transmisión del enlace debido a que es un valor relativamente bajo.

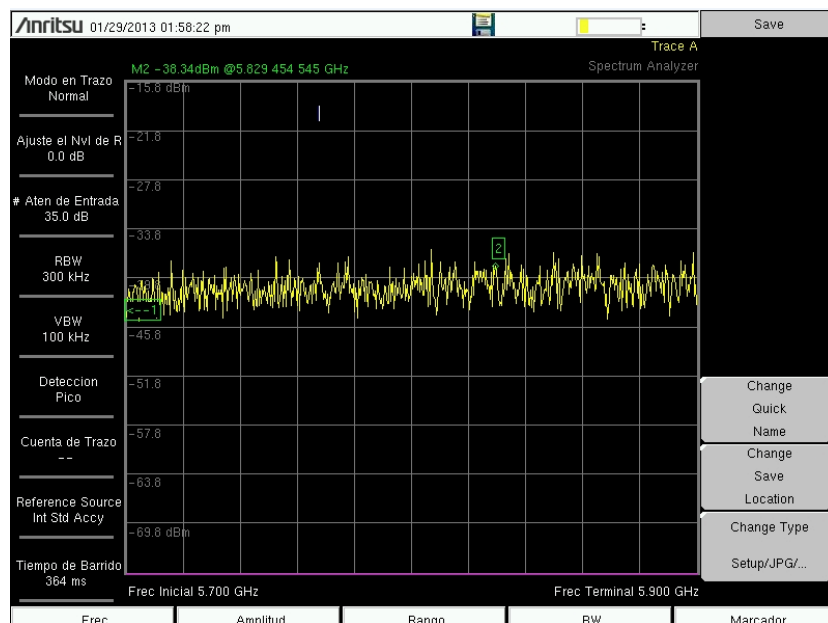


Figura. 2.42. Resultado del análisis de interferencia en el rango de 5.7 Ghz- 5.9 Ghz, antena vertical con dirección a la Caseta de Miravalle

2.5.4 Resultados de lecturas direccionando a la Espe

Tabla. 2.4. Resultados de lecturas direccionando a la Espe

Rango de Frecuencia [GHz]	Frecuencia [GHz]	Potencia [dBm]	Atenuación de entrada	Potencia [dB]	Potencia [mw]
5 – 6 (Horizontal)	5.870	-32	35	3	2
5 – 6 (Vertical)	5.870	-30.98	35	3	2.52
5.7 -5.9 (Horizontal)	5.876	-40.48	35	-5.48	0.28
5.7 – 5.9 (Vertical)	5.876	-40.48	35	-5.48	0.28

2.5.5 Resultados de lecturas direccionando a la Comandancia

Tabla. 2.5. Resultados de lecturas direccionando a la Comandancia

Rango de Frecuencia [GHz]	Frecuencia [GHz]	Potencia [dBm]	Atenuación de entrada	Potencia [dB]	Potencia [mw]
5 – 6 (Horizontal)	5.976	-27.81	35	7.19	5.23
5 – 6 (Vertical)	5.976	-30.30	35	4.70	2.95
5.7 -5.9 (Horizontal)	5.864	-40.09	35	-5.09	0.309
5.7 – 5.9 (Vertical)	5.880	-40.47	35	-5.47	0.28

2.5.6 Resultados de lecturas direccionando a la Caseta de Miravalle

Tabla. 2.6. Resultados de lecturas direccionando a la Caseta de Miravalle

Rango de Frecuencia [GHz]	Frecuencia [GHz]	Potencia [dBm]	Atenuación de entrada	Potencia [dB]	Potencia [mw]
5 – 6 (Horizontal)	5.978	-31.42	35	3.58	2.28
5 – 6 (Vertical)	5.978	-30.54	35	4.46	2.79
5.7 -5.9 (Horizontal)	5.801	-41.63	35	-6.63	0.21
5.7 – 5.9 (Vertical)	5.829	-38.34	35	-3.34	0.46

CAPITULO III

DISEÑO DEL ENLACE DE DATOS

3.1 DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS TÉCNICOS

Debido a que la ESPE es una institución pública y tiene Personal Militar asignado a cumplir diferentes funciones dentro del Centro Educativo, se requiere disponer de acceso al Sistema Siper ya que la Unidad de Recursos Laborales de la Espe se ve en la necesidad de mediante este sistema verificar la información más relevante del Personal Militar.

Al tener una gran cantidad de personal de las Fuerzas Armadas en las instalaciones de la ESPE, se requiere que dicho personal se pueda comunicar con los diferentes repartos militares a nivel nacional, es decir, tener conexión al Sistema telefónico del Ejército (Sistema Mode) de una manera óptima y mejorando así las comunicaciones.

3.1.1 Sistema SIPER

El Sistema SIPER o Sistema Personal del Ejército Ecuatoriano es una base de datos en la que se encuentra la información personal de cada uno de los miembros del Ejército. La funciones de mantenimiento y soporte de este sistema se lo realiza en las oficinas ubicadas en el edificio de la Comandancia como se puede apreciar en la figura 3.1. Mediante herramientas

de medición de ancho de banda se ha establecido un valor adecuado para el funcionamiento del Siper, el mismo llega a los 512 kbps.



Figura. 3.1. Oficinas de administración del Sistema Siper ubicada en la Comandancia

En cuanto al software involucrado dentro del funcionamiento del sistema Siper nombra a dos, el primero que es la Base de Datos Oracle y la segunda que en sí es el software para abrir la interfaz gráfica del Siper.



3.1.1.1 Oracle³¹

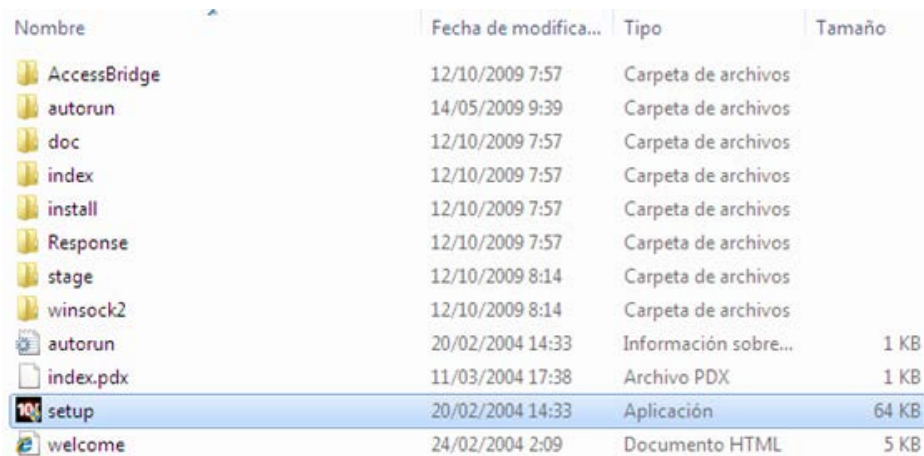
La base de datos Oracle es un sistema de administración de base de datos relacionales. El modelo relacional (de un modo sencillo) consiste en utilizar tablas bidimensionales para almacenar la información.

Consta de tres elementos básicos:

³¹ Conceptos básicos Oracle 10g, <http://www.orasite.com/administracion-de-oracle/conceptos-basicos-oracle-10g> introducción, 23/02/2013

- Tablas.
- Conjunto de operadores para manipular esas tablas.
- Reglas de integridad
- **Requisitos para la instalación**
 - Memoria RAM: 256 MB mínimo (512 MB es lo recomendado)
 - Memoria virtual: el doble de la RAM.
 - Espacio libre en el disco duro: 1,6GB (el instalador pesa alrededor de los 600 MB).
 - Capacidad del Procesador: 200MHz (mínimo).
 - Adaptador de video: 256 colores.
- **Instalación de Oracle**

Como ilustra la figura 3.2, se copia la carpeta  oracle10g en la unidad C:, o se ejecuta desde el CD de instalación. Se abre la carpeta  oracle10g y dar doble click en Setup.















Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
 AccessBridge	12/10/2009 7:57	Carpeta de archivos	
 autorun	14/05/2009 9:39	Carpeta de archivos	
 doc	12/10/2009 7:57	Carpeta de archivos	
 index	12/10/2009 7:57	Carpeta de archivos	
 install	12/10/2009 7:57	Carpeta de archivos	
 Response	12/10/2009 7:57	Carpeta de archivos	
 stage	12/10/2009 8:14	Carpeta de archivos	
 winsock2	12/10/2009 8:14	Carpeta de archivos	
 autorun	20/02/2004 14:33	Información sobre...	1 KB
 index.pdx	11/03/2004 17:38	Archivo PDX	1 KB
 setup	20/02/2004 14:33	Aplicación	64 KB
 welcome	24/02/2004 2:09	Documento HTML	5 KB

Figura. 3.2. Ejecución de setup para empezar la instalación de Oracle

Se da click sobre instalar una vez escogidos los parámetros debidos y empieza la instalación como ilustra la figura 3.3.

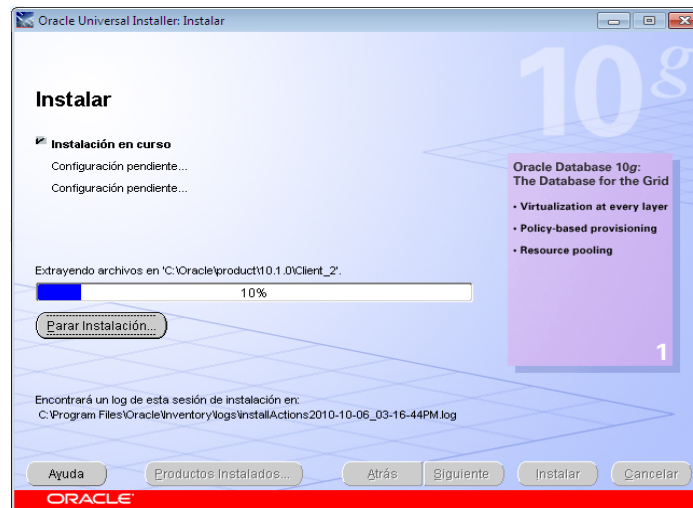


Figura. 3.3. Instalación de Oracle

En la siguiente ventana se digita `sifte.ejercito.mil.ec` como muestra la figura 3.4 y se da clic en siguiente.



Figura. 3.4. Colocar nombre de servicio de la base de datos del ejército

Finalmente se da clic en Salir como se puede apreciar en la figura 3.5.

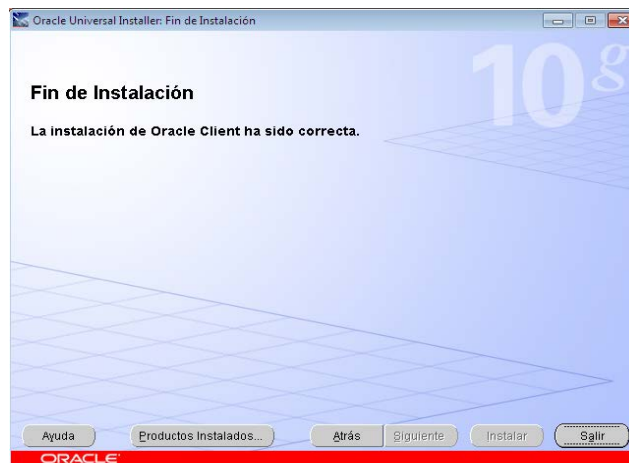


Figura. 3.5. Finalización de la instalación de Oracle

3.1.1.2 Software Siper

El Siper es el Sistema Personal Militar dentro del cual se encuentra toda la información del personal militar. A continuación se explica brevemente la instalación de los archivos para el funcionamiento de la interfaz del Siper.

En la unidad (C:) se crea una carpeta con el nombre de sifte como se visualiza en la figura 3.6.

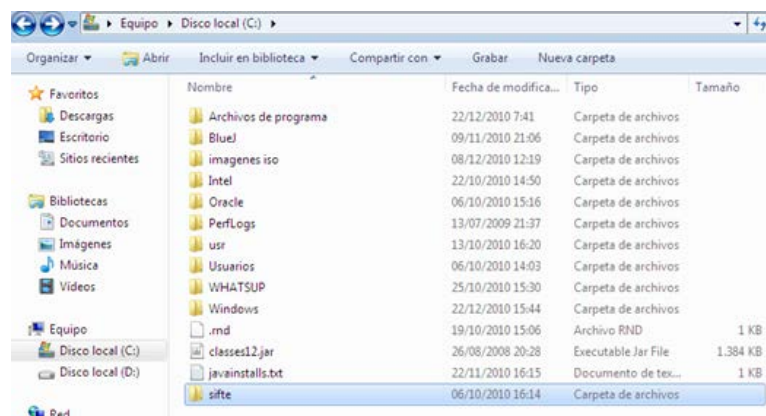


Figura. 3.6. Directorios que contendrán los archivos del Siper

Una vez creada la carpeta sifte se da doble clic sobre esta carpeta y se crea una nueva carpeta llama siper. Creada la carpeta siper, se pega dentro de esta carpeta las siguientes carpetas: 5unidades, EXE, INI, Recursos, y el archivo tnsnames.ora, las mismos que serán proporcionados por el personal autorizado del SIPER. Seguidamente se copia el archivo tnsnames.ora y se lo pega en la ruta en donde se instaló el Oracle como ilustra la figura 3.7 y figura 3.8.

Nota: El oracle se instala en la unidad donde mayor espacio de disco tenga, es decir la letra cambiará si se instala en la unidad D:

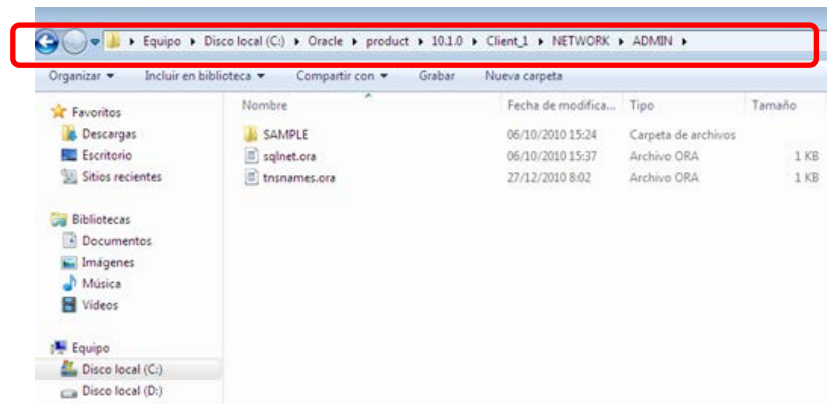


Figura. 3.7. Vinculación del archivo tnsnames.ora en la carpeta ADMIN de Oracle

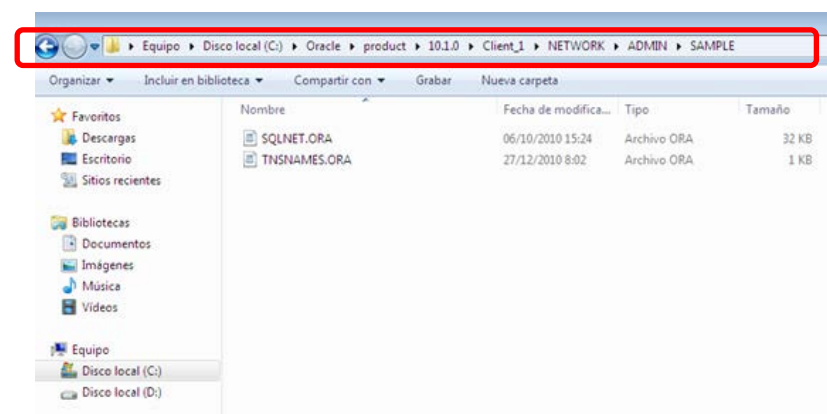


Figura. 3.8. Vinculación del archivo tnsnames.ora en la carpeta SAMPLE en de Oracle

3.1.2 Sistema MODE

Sistema de Comunicaciones propio de las Fuerzas Armadas el cual fue implementada en el año de 1995 como un nuevo sistema de comunicaciones digital, para reemplazar al antiguo que era analógico, logrando una cobertura casi total de todo el territorio nacional y las unidades militares que la resguardan. El funcionamiento del sistema Mode se basa en una central de marca ALCATEL modelo OmniPCX A4400 que se basa en 5 dígitos. Dicha central se encuentra ubicada en el cuarto frio de la Comandancia y se lo aprecia en la figura 3.9.



Figura. 3.9. Central ALCATEL OmniPCX 4400

Esta central está compuesta por tarjetas Z24 que proveen líneas analógicas. Además consta de tarjetas UA32 que proveen de líneas digitales como muestra la figura 3.10.



Figura. 3.10. Tarjetas Z24 y UA32

Debido a la aparición de nuevas tecnologías como el caso de telefonía ip, dicha central tuvo una migración a lo ip mediante tarjetas NPRAE e INT-IP descritas en la figura 3.11.



Figura. 3.11. Tarjetas NPRAE e INT-IP

Para realizar la distribución de las líneas telefónicas a los 9 pisos del edificio de la Comandancia se utilizan las tarjetas INTOF ilustradas en la figura 3.12, estas tarjetas proveen enlaces entre Voiz-setup.



Figura. 3.12. Tarjetas INTOF para la distribución de las líneas telefónicas a los pisos del edificio

El sistema Mode Digital se compone de las siguientes redes:

- Red PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy).
 - Red de Conmutación.
 - Red de Multiacceso.
 - Red Troncalizada
 - Red Analógica.
-
- **Red PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)³²**

Es una tecnología usada en telecomunicación tradicionalmente para telefonía que permite enviar varios canales telefónicos sobre un mismo medio usando técnicas de multiplexación por división de tiempo y equipos digitales de transmisión. Está constituido por una parte sincrónica y una parte casi síncrona (plesiócrona). La parte síncrona utiliza la multiplexación por intercalamiento de bytes, que se pueden considerar ya como transmisión de paquetes, estos están constituidos por 8 bits, que pasaran a formar los intervalos de tiempo (IT) que forma cada trama. Las tramas que no utilizan la justificación y por lo que se consideran síncronas son:

- Trama de 1,544 Mbps o T1.
- Trama de 2,048 Mbps o E1.

La trama basada en la velocidad de 1,5 Mbps consiste en 24 intervalos de tiempo de 8 bits y 1 bit por trama para el encuadramiento (alineamiento) de la trama y multitrama.

La red PDH del sistema MODE se compone de 28 estaciones repetidoras las cuales se distribuyen en cuatro anillos que son:

³² Jerarquía Digital Plesiócrona, <http://www.scribd.com/doc/59128293/Jerarquia-Digital-Plesiocrona-PDH>, 24/02/2013

- Anillo Nor-Oriental.
- Anillo Central.
- Anillo Occidental.
- Anillo Sur

La figura 3.13 muestra la conexión de los cuatro anillos PDH, las estaciones repetidoras y las estaciones terminales.



Figura. 3.13. Anillos de la Red PDH

Las estaciones repetidoras que constituyen cada anillo PDH tienen las siguientes características:

- Equipo modelo: Alcatel 9470LX.
- Banda de frecuencia: 7.1-8.5 GHz.
- Potencia de transmisión: +27 dBm.
- Modulación: 4 QAM.
- Umbral de recepción: -87 dBm.

- Consumo: 105 W (1+1 HSB); 165 W (2+1 D/F).
- Alimentación: - 48 V

La capacidad en los anillos es de 16 x 2 Mbps lo que da un total de 480 canales (cada E1 de 2.048 Mbps equivale a 30 canales) y en los enlaces punto a punto hay una capacidad de 4 x 2 Mbps es decir 120 canales. La configuración de los anillos es 2 + 1 lo que significa dos canales de transmisión y un canal de respaldo, existe diversidad de espacio en los enlaces que se requiera debido especialmente a la distancia del mismo.

La red PDH se encarga de asignar los E1's que el resto de redes requieran, esta red constituye la plataforma de todo el Sistema Mode Digital del Comaco.

- **Red de Conmutación**

El principal componente de una central telefónica es el equipo de conmutación y con esto se define como un Sistema de Conmutación a las soluciones distintas que realiza un equipo de conmutación. La central telefónica es aquella que tiene la capacidad de administración y gestión de la telefonía debido a su tamaño y complejidad. Tanto las líneas de abonados (abonados) como los circuitos de unión con otras centrales (enlaces) se conectan a los equipos de conmutación de una central. Físicamente la comunicación se establece a través de la red de conexión.

Las funciones de mayor inteligencia las realiza la Unidad de Control, esta elabora órdenes hacia los órganos y circuitos de la red de conexión para determinar cuáles son los caminos de conversación para cada llamada. Las funciones de los sistemas de conmutación son las siguientes:

- Interconexión.
- Control.

- Supervisión.
- Señalización con los terminales de abonado.
- Señalización con otras centrales.
- Almacenamiento y análisis de la información recibida.
- Selección y conexión.
- Explotación y mantenimiento.
- Sincronización.
- Temporización.
- Conmutación de paquetes.

Dentro del Sistema Mode la gestión de todo dicho sistema como de la creación de usuarios, administración de privilegios de los usuarios etc., lo realiza la Red de Conmutación.

- **Equipos de la Red de Conmutación**

La Red de conmutación como se muestra en la figura 3.14, posee cuatro centrales telefónicas Alcatel A4400 ubicadas en Quito, Guayaquil, Machala y El Coca, con una capacidad de 4.000 abonados por cada central. Esta Central se encarga de integrar todos los sistemas de la red MODE sean estos PDH, multiacceso, troncalizado o analógico, indiferentemente de la localización del usuario.

Existen 19 módulos remotos o ACT (Alcatel Crystal Technology) que permite descentralizar funciones como la conmutación de circuitos y paquetes. La estructura básica de un ACT se compone de tarjetas (sistemas, interfaces, auxiliares, etc.) que están completamente interconectados y para que tengan capacidad de gestión es necesario una unidad central CPU. Existe un reloj de sincronización, centralizado en la CPU y que es distribuido a todas las tarjetas para unificar los pulsos.

El límite de la ACT es de 28 tarjetas y sus configuraciones pueden ser dos:

- Configuración Mono ACT hasta 400 usuarios.
- Configuración Multi ACT hasta 2000 usuarios.

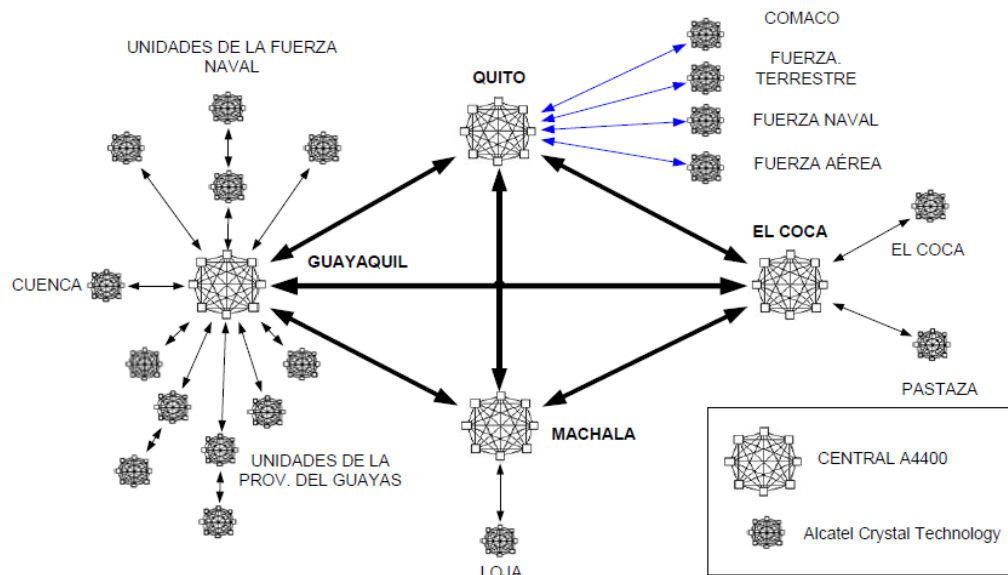


Figura. 3.14. Topología de la Red de Conmutación

Es necesario que en el ACT del nodo correspondiente exista una tarjeta UA32, la misma que tiene la capacidad de crear hasta 32 abonados, sean estos canales de datos o líneas digitales, todo esto para habilitar canales de datos usando las centrales del sistema de conmutación.

- **Red Multiacceso**

Un sistema de multiacceso cubre las múltiples necesidades de muchos abonados, este sistema se basa en la asignación de un número dado de canales de radio a un número superior de abonados, una vez que los abonados fijos de las unidades militares acceden a este sistema, la red multiacceso accede al anillo PDH para enlazarse al sistema Mode. Mediante el sistema de multiacceso el usuario accede a los operadores de Telefonía Pública Básica Conmutada de Larga Distancia (TPBCLD).

Equipos de la Red Multiacceso

Esta red dispone de 148 estaciones fijas modelo A9800 y 20 estaciones transportables del mismo tipo, adecuadas para ser movilizadas de acuerdo a la necesidad de desplazamiento de las Unidades a las que han sido asignadas como ilustra la figura 3.15. La Red de Multiacceso utiliza las siguientes centrales:

- XBS estación base central (Concentrador de abonados).
- RSC estación radio central.
- RSN estación repetidora (Con abonados o sin abonados).
- RST estación terminal.

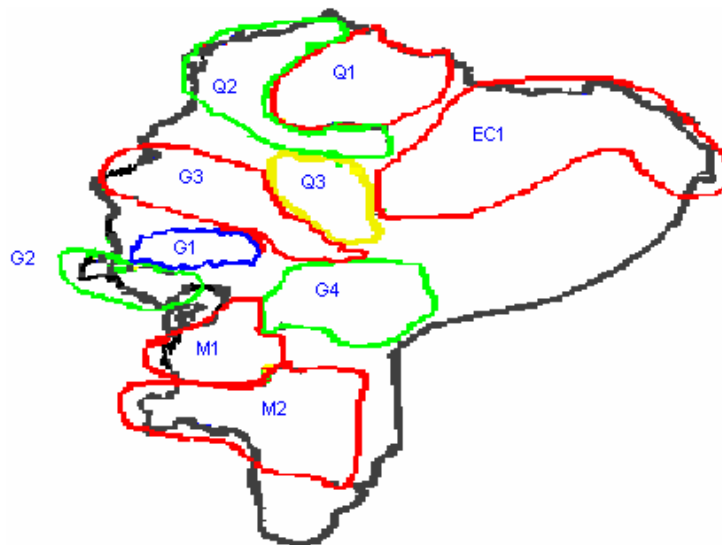


Figura. 3.15. Área de cobertura de la Red de Multiacceso

- **Red Troncalizada** ³³

Es un Sistema de Radiocomunicación de los Servicios Fijo y Móvil terrestre, que utiliza múltiples pares de frecuencias, en que las estaciones establecen comunicación mediante el

³³ Sistema Troncalizado, <http://francys08.blogspot.es/>, 26/02/2013

acceso en forma automática a cualquiera de los canales que estén disponibles. En un sistema convencional cada grupo de usuarios cuenta con un canal determinado. Si un usuario desea comunicarse con otro usuario de otro grupo, debe cambiar su radio al canal respectivo. De esta manera si el canal al cual está asignado el usuario se encuentra ocupado este no puede transmitir su mensaje.

La red Troncalizada del sistema Mode que se ilustra en la figura 3.16, se encarga de enlazar a los abonados móviles a la red, sus usuarios principales son las embarcaciones de la Fuerza Naval además de las estaciones portátiles de diversas autoridades. Las áreas de cobertura del Sistema Troncalizado está constituido de 13 sitios de repetición ubicados para proporcionar la mayor cobertura a la costa y a la zona nor-oriental, dentro de estas áreas el abonado tiene asignado un número de acuerdo al plan de numeración del sistema MODE.

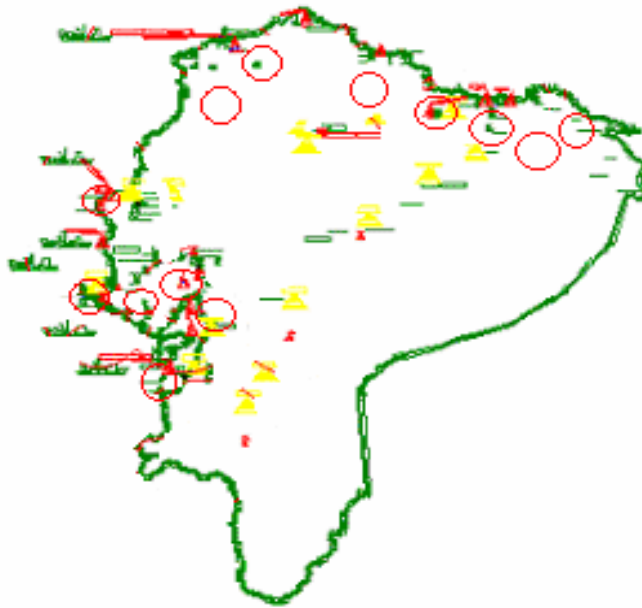


Figura. 3.16. Área de cobertura de la Red de Troncalizada

La Red Troncalizada tiene 3 canales de 64 Kbps por sitio de repetición de los cuales 1 sirve para control. Los equipos terminales que constituyen esta red son: 56 estaciones base, 12 vehiculares y 135 portátiles.

- **Red Analógica**

Lugares como Pastaza, Galápagos y unidades de Quito como la Escuela Militar, Escuela de Equitación, etc., funcionan a través de un sistema analógico.

El equipamiento utilizado para el funcionamiento de esta red es Siemens FM 72311 y equipos Fujitsu FM 26-10B, los mismos que trabajan en la banda de los 300 MHz y se conectan a un ACT ubicado en la 17 – BS para integrarse a la red MODE.

3.2 DISEÑO DEL ENLACE UTILIZANDO RADIO MOBILE

3.2.1 Introducción

Para iniciar con el diseño del radio enlace primero se realiza una inspección del lugar donde se va implementar el enlace; verificar si se tiene línea de vista y determinar los posibles puntos donde se puede armar las torres, así como la disponibilidad de energía eléctrica. Con la ayuda de expresiones matemáticas, diagramas y algoritmos se realiza el cálculo de propagación de radio frecuencia que permita predecir el comportamiento de dicha propagación. Como siguiente paso se debe verificar las especificaciones técnicas de los equipos que se utilizaran, con parámetros como frecuencia, potencia, modulación, antenas, etc. A continuación se realizará la instalación física del enlace con el equipo considerando para el proyecto. Se debe tener en cuenta durante el proceso de instalación una adecuada puesta a tierra de los equipos y la conexión a sistemas de respaldo eléctrico. Finalmente se realizaran las pruebas de conectividad, realizando un buen alineamiento de antenas, así como el cambio de frecuencias para lograr enganchar en buenos niveles de recepción a los equipos de radio. Realizar pruebas de comunicación de punto a punto y verificar buena señal de transmisión.

3.2.2 Especificaciones del enlace de datos

Los requerimientos técnicos para un óptimo funcionamiento del enlace de datos, son de alta relevancia, debido a que de estos depende que los sistemas trabajen de manera eficiente.

Entre los parámetros a tomar en cuenta se tiene, el ancho de banda que van a necesitar los dos sistemas, así como también los tiempos de respuesta que deben tener los radios del enlace de datos. La tabla 3.1 indica valores como el ancho de banda que necesita el Siper, cuyo valor establecido mediante herramientas de medición que posee el personal de comunicaciones de la Comandancia llega a un máximo de 512 Kbps. Así como también el ancho de banda que necesita el Sistema Mode el cual se lo estableció bajo la utilización del Códec G.711.

Tabla 3.1. Parámetros para diseño del enlace de radio

Sistema	Ancho de Banda	Tiempo de respuesta	Sensibilidad	Tolerancia	Potencia
Siper	512 [Kbps]	1-9 ms	-74 dBm	+/- 1.5 dBm	24 dBm
Mode	640 [Kbps]	1-9 ms	-74 dBm	+/- 1.5 dBm	24 dBm

3.2.3 Proceso de montaje de una enlace de radio

En la creación del enlace radial, el proyecto contempla, proveer acceso al sistema Siper y a 8 líneas del sistema Mode a la Espe. Para la elaboración del diseño, se pueden describir una serie de puntos a seguir.

Tabla. 3.2. Proceso de elección de ubicación para realizar la instalación un enlace de radio

Procedimiento	Problema	Solución
Perfil Topográfico	Determinar perfil topográfico.	Examinar la mejor ruta de alturas, empleo de mapas para la creación de la mejor ruta.
Diagrama de ruta	Ubicar en el terreno la ruta del enlace.	Diseño de plano de rutas.
Elección de ubicación	Cálculo de enlace y coordenadas	Ubicación sobre un plano topográfico, antenas de transmisión, recepción y repetidores
Graficar cota topográfica contra altura real	Implica determinar el obstáculo máximo en la ruta.	Determinar la línea de vista principal.

3.2.3.1 Perfiles Topográficos

Para llegar a determinar los mejores niveles de cimentación para las tres estaciones donde se colocaran los equipos, se debe verifica los diferentes relieves de montaje, así como los diferentes tipos de cortezas terrestres y composición del suelo que tenga el lugar, adicional se debe identificar el mejor lugar para lograr la línea de vista adecuada, esto se lo puede apreciar en la figura 3.17 y figura 3.18.

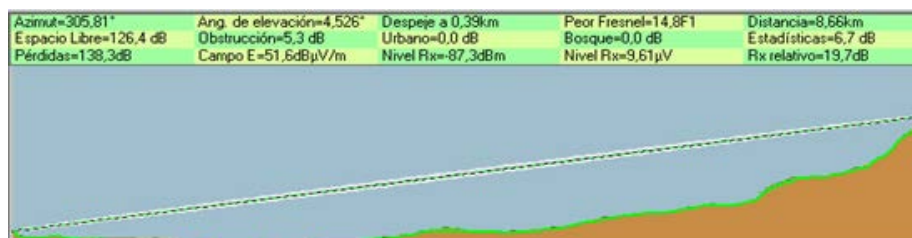


Figura. 3.17. Perfil Topográfico Espe – Miravalle

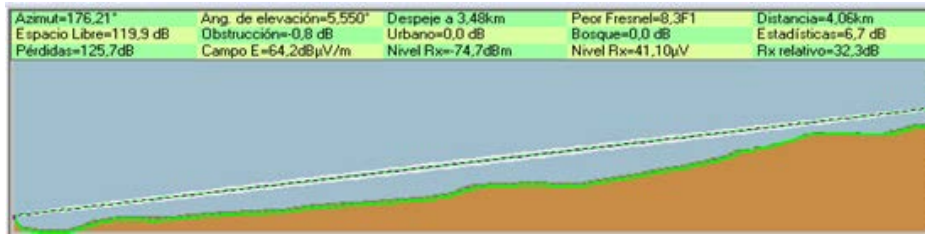


Figura. 3.18. Perfil Topográfico Comandancia – Miravalle

A lo largo de la ruta Comandancia - Miravalle como se puede observar en la figura 3.19 y figura 3.20, se puede constatar que existe línea de vista, adicionalmente el trayecto que recorre la señal de radio está libre de obstáculos y no se tiene la presencia de zonas boscosas a más de tener en medio de la ruta edificaciones las cuales no tiene pronunciada elevación para obstaculizar la transmisión. La utilización de torres en los dos puntos del enlace permite tener libre la zona de fresnel.

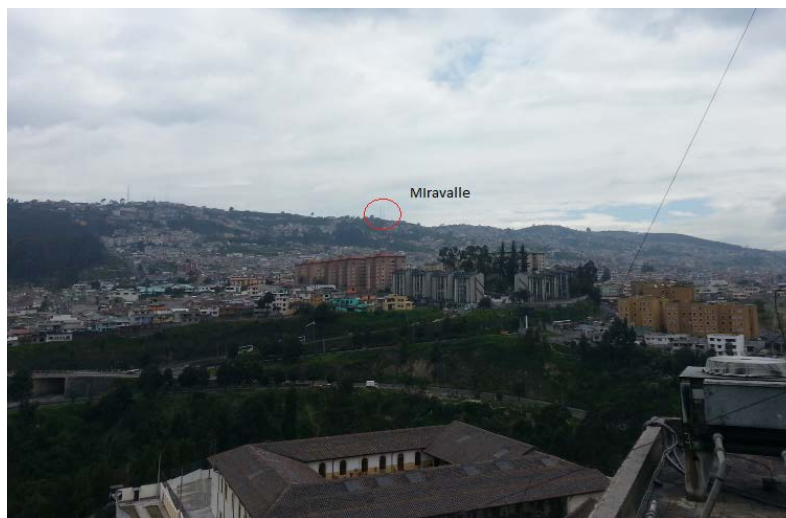


Figura. 3.19. Perfil Topográfico Comandancia – Miravalle



Figura. 3.20. Perfil Topográfico Miravalle – Comandancia

La ruta Miravalle – Espe como aprecia en la figura 2.21 y figura 2.22, tiene una zona despejada y con línea de vista amplia. Se tiene despejada la zona de fresnel y no se tiene en el trayecto de la señal edificaciones o zonas boscosas e irregulares que compliquen la entrega de datos.



Figura. 3.21. Perfil Topográfico Miravalle – Espe



Figura. 3.22. Perfil Topográfico Espe – Miravalle

3.2.3.2 Diagrama de ruta

Para esto se marca dentro de un mapa, el trayecto que seguirá la señal y se apunta las distancias entre puntos y las características del terreno, como se muestra en la figura. 3.23 y figura. 3.24.

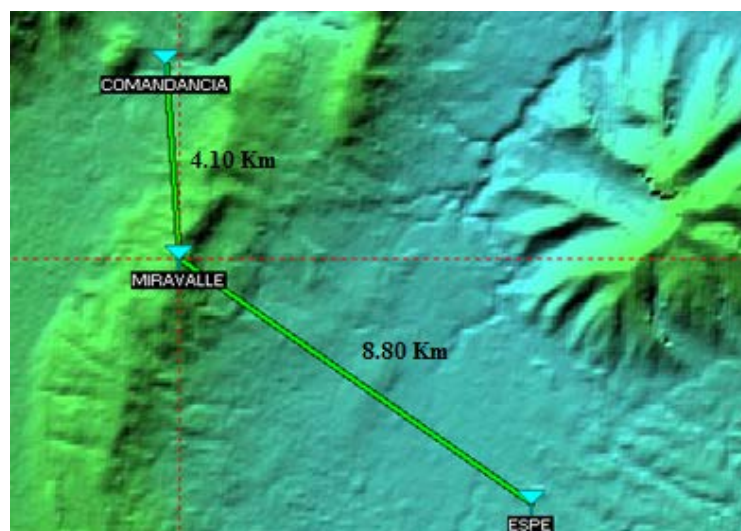


Figura. 3.23. Diagrama de ruta Espe – Miravalle – Comando (Radio Mobile)



Figura. 3.24. Diagrama de ruta Espe – Miravalle – Comando (Google Earth)

3.2.3.3 Elección de ubicación

Se recopila información precisa de la zona en la cual se montará la infraestructura para el enlace radial. En este caso con la ayuda de un GPS se puede hallar las coordenadas de los tres puntos. A continuación se presenta detallada la información en la tabla 3.3:

Tabla. 3.3. Ubicación y distancias de los puntos que formaran parte del enlace

Nombre	Ubicación	Latitud	Longitud	Altura sobre el nivel del mar	Distancia recorrida
Espe	Sangolquí	0°18'50.2" S	78°26'43" O	2.522 m	8.80 Km
Miravalle	Quito	0°16'6.0" S	78°30'30.6" O	3200 m	
Comandancia	Quito	0°13'54.7" S	78°30'39.3" O	2818 m	4.10 Km
				Distancia Total	12.90

Estos datos se los ingresa al Radio Mobile para graficar dichas coordenadas y obtener los puntos en los cuales se levantará el enlace como se muestra en la figura 3.25.

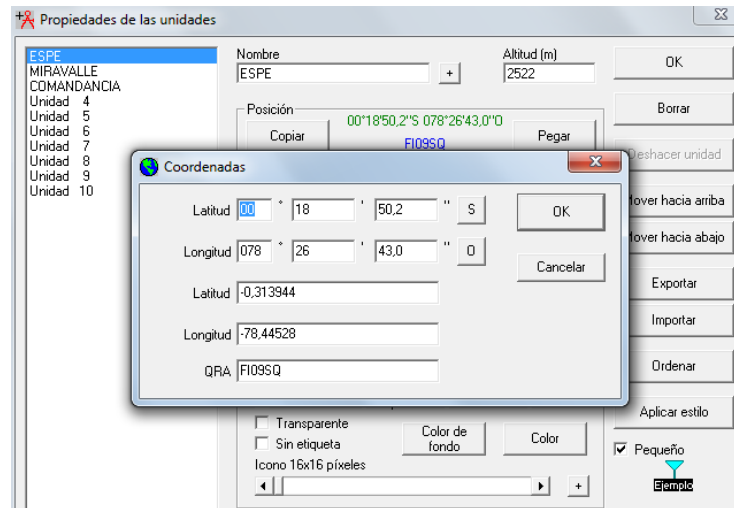


Figura. 3.25. Ingreso de coordenadas en Radio Mobile

Adicional en propiedades de las redes como ilustra la figura 3.26 y figura 3.27, se configura los parámetros con los cuales va a funcionar el radio enlace. En este caso se establece la frecuencia de trabajo, ganancia de antenas, potencia de transmisión, altura de antenas.

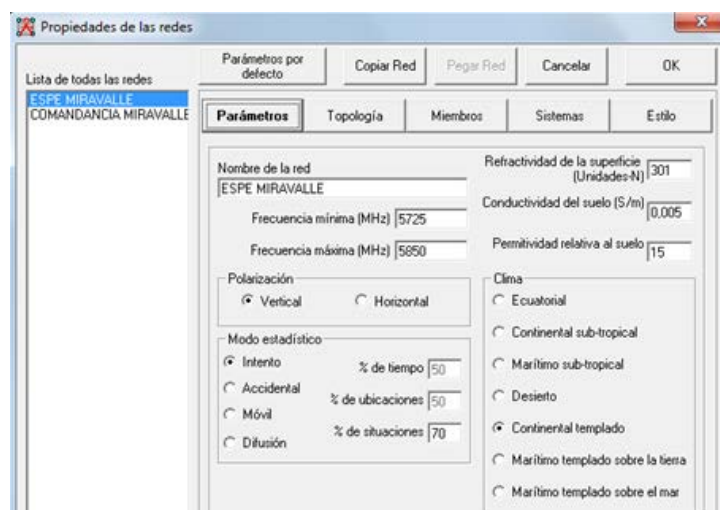


Figura. 3.26. Ingreso de los Parámetros en Radio Mobile

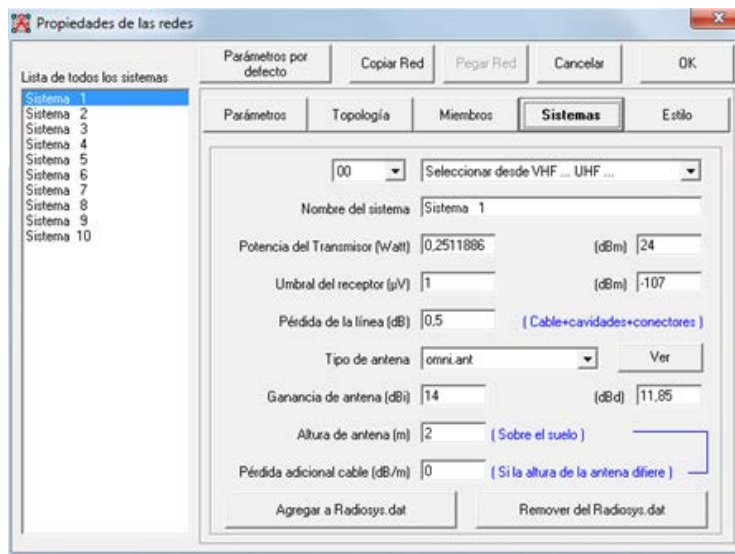


Figura. 3.27. Configuración del Sistema del Radio Enlace en Radio Mobile

3.2.3.4 Graficar cota topográfica contra altura real

Implica determinar el obstáculo máximo en la ruta. Para ello se procederá, mediante el análisis de la topología del terreno, encontrar la mayor elevación dentro del camino que recorre la señal.

Para el presente proyecto, no se tienen pronunciadas elevaciones o edificaciones que puedan obstaculizar y no permitir tener una amplia línea de vista. A continuación como se muestra en la figura 3.28 y 3.29, por medio del software Radio Mobile se observará el relieve y punto más elevado entre los puntos del enlace.

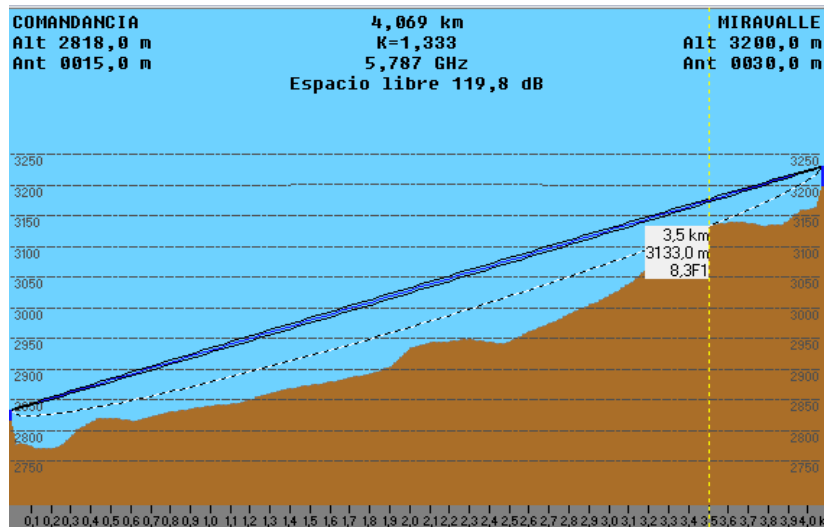


Figura. 3.28. Elevación más pronunciada enlace Comandancia - Miravalle

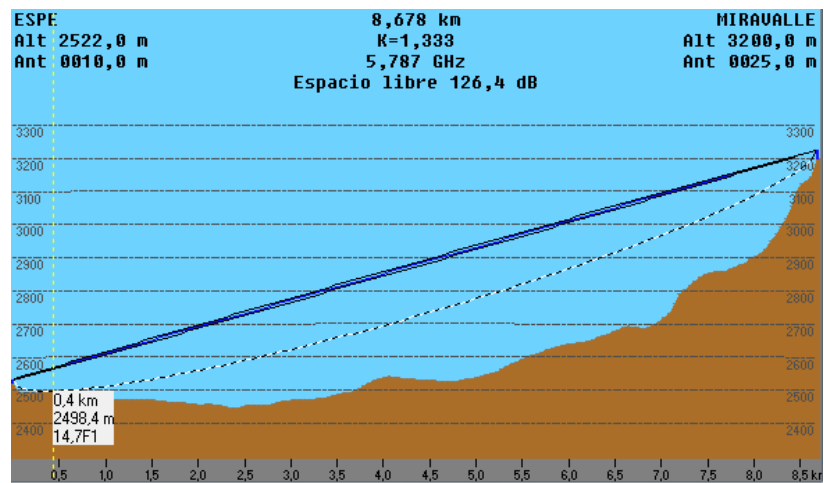


Figura. 3.29. Elevación más pronunciada enlace Espe - Miravalle

Para el cálculo dentro del diseño del radio enlace, se procede a elaborar los pasos que se muestran en la tabla 3.4.

Tabla. 3.4. Caculos de diseño del enlace de radio

Cálculo de curvatura de la tierra y altura real	A medida que las distancias son más grandes se presenta un error topográfico por la curvatura de la tierra.	Implementación de fórmulas que ayudan al cálculo de curvatura, y gracias a este se obtiene la altura real de cada cota topográfica.
Cálculo de zonas de Fresnel	Determinar si el lóbulo de radiación vertical de la antena sobrepasa a los obstáculos.	Graficar los lóbulos verticales de propagación, verificar que la altura de las antenas no sea mayor a los 120 metros.
Pérdidas en espacio libre y Ganancia del Sistema	Cálculo de pérdidas en espacio libre.	Determina el modelo adecuado al enlace.

3.2.3.5 Cálculo de curvatura de la tierra y altura real

Tanto espacial y geográficamente, la tierra produce un efecto óptico y métrico de distorsión dentro del mapeo de una zona, la precisión decae de forma más notoria conforme la distancia aumenta, ya que en el proceso en el cual una superficie de origen esférico es montada sobre una extensión plana.

El cálculo de la curvatura de la tierra empieza a considerarse a partir de los 40 Km dentro de una superficie, esto implica aplicar una serie de procesos que nos ayudaran ajustar y corregir el problema. La curvatura de la tierra es calculada mediante la siguiente expresión:

$$f_i \left[\left(\frac{X_i(X_n - X_i)}{2kr} * 100 \right) \right] [m]$$

Dónde:

f_i = curvatura de la tierra (m)

X_i = punto donde se mide la curvatura de la tierra (Km)

X_n = distancia máxima hasta B (Km)

k = factor de corrección de la tierra (0.75)

r = radio de la tierra (6378.2 Km)

Debido a que la distancia del radio enlace entre Espe – Miravalle es de 8.80 Km y Miravalle - Comandancia es aproximadamente de 4.10 Km, no es necesario realizar el cálculo de la curvatura de la tierra debido a que se considera el cálculo a partir de los 40 Km.

3.2.3.6 Cálculo de Zona de Fresnel

Para el cálculo de la zona de fresnel se utiliza la siguiente expresión:

$$r_n = \sqrt{\frac{\lambda \cdot n \cdot d1 \cdot d2}{dt}} \text{ (m)}$$

Dónde:

$d1$ = distancia que se va acumulando desde el origen (m)

$d2$ = distancia que se va restando desde el origen (m)

dt = distancia total de la línea de vista

λ = longitud de onda (m)

Espe - Miravalle

La figura 3.30 indica que no existe obstáculo dentro de la primera zona de Fresnel.

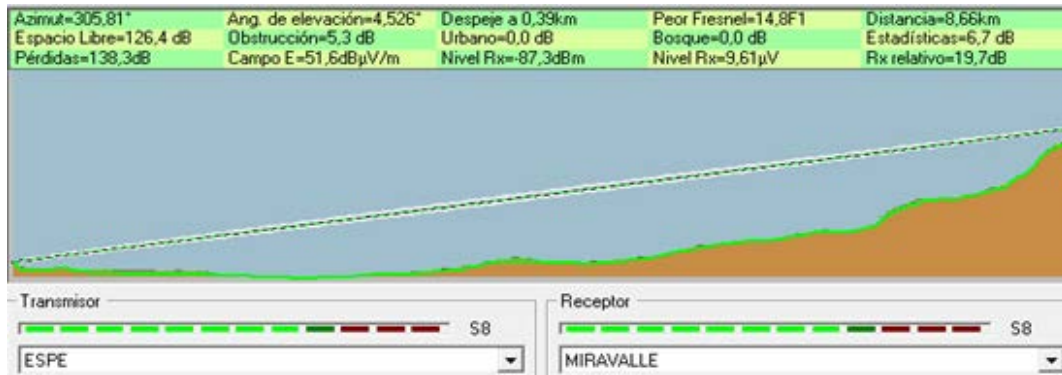


Figura. 3.30. Zona de Fresnel Espe – Miravalle

$$dt = 8.678 \text{ km}$$

$$d1 = 0.4 \text{ km}$$

$$d2 = 8.278 \text{ km}$$

$$f = 5.8 \text{ Ghz}$$

$$r_1 = 17.32 \sqrt{\frac{d1 \cdot d2}{f \cdot dt}}$$

$$r_1 = 17.32 \sqrt{\frac{0.4 \cdot 8.278}{5.8 \cdot 8.678}}$$

$$r_1 = 4.44 \text{ [m].}$$

- **Margen de despeje**

La difracción provoca una perdida cuando un rayo es interceptado o pasa cerca de un obstáculo. La distancia h_{des} entre el rayo y el obstáculo se lo conoce como despeje.

$$h_{des} = h_1 + \frac{d1}{d} (h_2 - h_1) - \left(H + \frac{d1 d2 10^3}{2Ka} \right) [m]$$

Dónde:

h_{des} = despeje sobre un obstáculo en [m].

H = altura del obstáculo [m].

h_1 = altura del punto de transmisión [m].

h_2 = altura del punto de recepción [m].

d_1 = distancia desde el punto de transmisión al punto de cálculo [Km].

d_2 = distancia desde el punto de cálculo al punto de recepción [Km].

d = distancia total del trayecto [Km].

a = Radio promedio de la Tierra igual a 6370 Km.

K = Coeficiente del radio efectivo de la Tierra, este valor es igual a 4/3 para la atmosfera estándar.

En el punto más crítico es donde se realizan los cálculos del margen de despeje.

$$h_{des} = h_1 + \frac{d_1}{d} (h_2 - h_1) - \left(H + \frac{d_1 d_2 10^3}{2Ka} \right) [m]$$

$$h_{des} = 2542 + \frac{0.4}{8.678} (3230 - 2542) - \left(2498.4 + \frac{0.4 * 8.278 * 10^3}{2 (4/3) * 6370} \right) [m]$$

$$h_{des} = 75.11 \text{ m}$$

En este cálculo, basta con que el margen de despeje sobre el obstáculo (h_{des}) sea mayor al radio de la primera zona de Fresnel (r_n) en el mismo punto, con lo cual se asegura que no exista obstrucción. Lo mencionado se puede expresar de la siguiente manera:

Si $h_{des} \geq r_1 \rightarrow$ no existe obstrucción.

$75.11 \text{ m} \geq 4.44 \text{ m} \rightarrow$ no existe obstrucción.

Comandancia - Miravalle

La figura 3.31 indica que no existe obstáculo dentro de la primera zona de Fresnel.

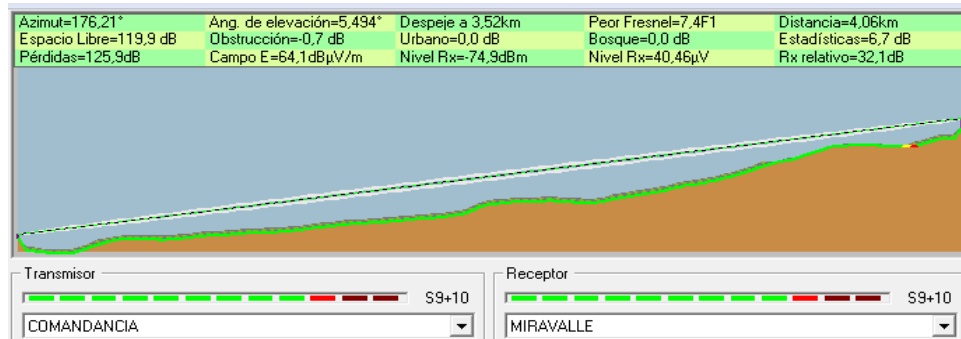


Figura. 3.31. Perfil Topográfico Comandancia – Miravalle

$$dt = 4.069 \text{ km}$$

$$d1 = 3.5 \text{ km}$$

$$d2 = 0.569 \text{ km}$$

$$f = 5.8 \text{ Ghz}$$

$$r_n = 17.32 \sqrt{\frac{d1 \cdot d2}{f \cdot dt}}$$

$$r_n = 17.32 \sqrt{\frac{3.5 * 0.569}{5.8 * 4.069}}$$

$$r_n = 5.03 \text{ m}$$

- **Margen de despeje**

$$h_{des} = h_1 + \frac{d1}{d} (h_2 - h_1) - \left(H + \frac{d1 d2 10^3}{2Ka} \right) [m]$$

$$h_{des} = 2833 + \frac{3.5}{4.069} (3230 - 2833) - \left(3133 + \frac{3.5 * 0.569 * 10^3}{2 (4/3) * 6370} \right) [m]$$

$$h_{des} = 4.36 m$$

En este cálculo, basta con que el margen de despeje sobre el obstáculo (h_{des}) sea mayor al radio de la primera zona de Fresnel ($r1$) en el mismo punto, con lo cual se asegura que no exista obstrucción. Lo mencionado se puede expresar de la siguiente manera:

Si $h_{des} \geq r1 \rightarrow$ no existe obstrucción.

$41.36m \geq 5.03 m \rightarrow$ no existe obstrucción.

3.2.3.7 Pérdidas por espacio libre y ganancia del sistema

La pérdida en la trayectoria por el espacio libre es una cantidad técnica artificial en el que se incluye la ganancia de la antena transmisora, las perdidas en trayectoria por el espacio libre y el área efectiva de la antena receptora.

Espe- Miravalle

- **Perdida por espacio libre**

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

Dónde:

$$f = 5.8 \text{ GHz}$$

$$d = 8.678 \text{ Km}$$

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

$$A_{EL}(dB) = 32.45 + 20 \log. f(5800) + 20 \log. d(8.678)$$

$$A_{EL}(dB) = 126.487$$

- **Ganancia del sistema**

Equipo Ubiquiti Nanostation5

Datos:

$$P_{TX} = 24 \text{ dBm}$$

$$L_{Cable TX} = 0 \text{ (Debido a que tiene una antena integrada)}$$

$$L_{Cable RX} = 0 \text{ (Debido a que tiene una antena integrada)}$$

$$A_{EL} = 126.487 \text{ dB}$$

$$G_{TX} = 14 \text{ dBi}$$

$$G_{RX} = 14 \text{ dBi}$$

$$P_{RX} = P_{TX} - L_{Cable TX} - L_{Cable RX} - A_{EL} + G_{TX} + G_{RX}$$

$$P_{RX} = 24 - 0 - 0 - 126.487 + 14 + 14$$

$$P_{RX} = -74.487 \text{ dB}$$

- **Margen de Umbral**

La Potencia de Umbral según el catálogo del equipo es de -80 [dBm].

$$P_U = -80 \text{ [dBm]}$$

$$M_U[dB] = P_{RX} - P_U$$

$$M_U[dB] = -74.487 \text{ dB} - (-80)$$

$$M_U[dB] = -74.487 \text{ dB} + 80$$

$$M_U[dB] = 5.513$$

- **Confiabilidad del enlace**

Confiabilidad del sistema (Valor estándar 99,99%)

- **Margen de desvanecimiento**

$$FM = 30 \log. d + 10 \log(6. A. B. f) - 10. \log(1 - R) - 70$$

Dónde:

FM = Margen de desvanecimiento en dB.

d = 8.678 Km

f = 5.8 Ghz

R = 99.99 %

(1-R) = (1-0.9999) = 0.0001

A = 1/4

B = 1/8.

$$FM = 30 \log. (8.678) + 10 \log \left(6 * \frac{1}{4} * \frac{1}{8} * 5.8 \right) - 10. \log(0.0001) - 70$$

$$FM = -1.483$$

$$M_U \geq FM$$

$$5.513 \geq -1.483$$

Se cumple $M_U \geq FM$, por lo que el enlace está garantizado para el nivel de confiabilidad establecido.

En la figura 3.32 mediante la simulación en Radio Mobile se puede apreciar los valores obtenidos por medio de este software.

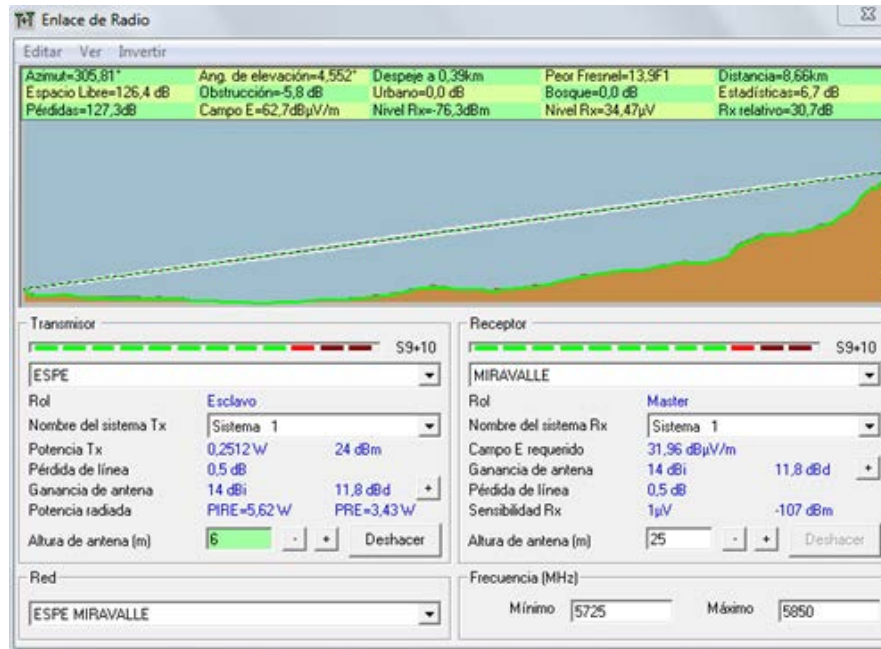


Figura. 3.32. Valores hallados mediante simulación en Radio Mobile

Dichos valores se aproximan a los hallados mediante el cálculo manual realizado, lo que se puede indicar que matemáticamente y mediante simulación se encontraron valores parecidos y óptimos en los cuales el enlace de radio va a funcionar correctamente.

Comandancia - Miravalle

- Perdida por espacio libre

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

Dónde:

$$f = 5.8 \text{ GHz}$$

$$d = 4.069 \text{ Km}$$

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

$$A_{EL}(dB) = 32.45 + 20 \log. f(5800) + 20 \log. d(4.069)$$

$$A_{EL}(dB) = 119.908$$

- **Ganancia del sistema**

Equipo Ubiquiti Nanostation5

Datos:

$$P_{TX} = 24 \text{ dBm}$$

$$L_{Cable TX} = 0 \text{ (Debido a que tiene una antena integrada)}$$

$$L_{Cable RX} = 0 \text{ (Debido a que tiene una antena integrada)}$$

$$A_{EL} = 119.908 \text{ dB}$$

$$G_{TX} = 14 \text{ dBi}$$

$$G_{RX} = 14 \text{ dBi}$$

$$P_{RX} = P_{TX} - L_{Cable TX} - L_{Cable RX} - A_{EL} + G_{TX} + G_{RX}$$

$$P_{RX} = 24 - 0 - 0 - 119.908 + 14 + 14$$

$$P_{RX} = -67.908 \text{ dB}$$

- **Margen de Umbral**

La Potencia de Umbral según el catálogo del equipo es de -80 [dBm].

$$PU = -80 \text{ [dBm]}$$

$$M_U[dB] = P_{RX} - P_U$$

$$M_U[dB] = -67.908 \text{ dB} - (-80)$$

$$M_U[dB] = -67.908 \text{ dB} + 80$$

$$M_U[dB] = 12.091$$

- **Confiabilidad del enlace**

Confiabilidad del sistema (Valor estándar 99,99%)

- **Margen de desvanecimiento**

$$FM = 30 \log. d + 10 \log(6. A. B. f) - 10. \log(1 - R) - 70$$

Dónde:

FM = Margen de desvanecimiento en dB.

d = 4.069 Km

f = 5.8 Ghz

R = 99.99 %

(1-R) = (1-0.9999) = 0.0001

A = 1/4

B = 1/8.

$$FM = 30 \log. (4.069) + 10 \log \left(6 * \frac{1}{4} * \frac{1}{8} * 5.8 \right) - 10. \log(0.0001) - 70$$

$$FM = -11.35$$

$$M_U \geq FM$$

$$12.091 \geq -11.35$$

Se cumple $MU \geq FM$, por lo que el enlace está garantizado para el nivel de confiabilidad establecido.

En la figura 3.33 mediante la simulación en Radio Mobile se puede apreciar los valores obtenidos por medio de este software.

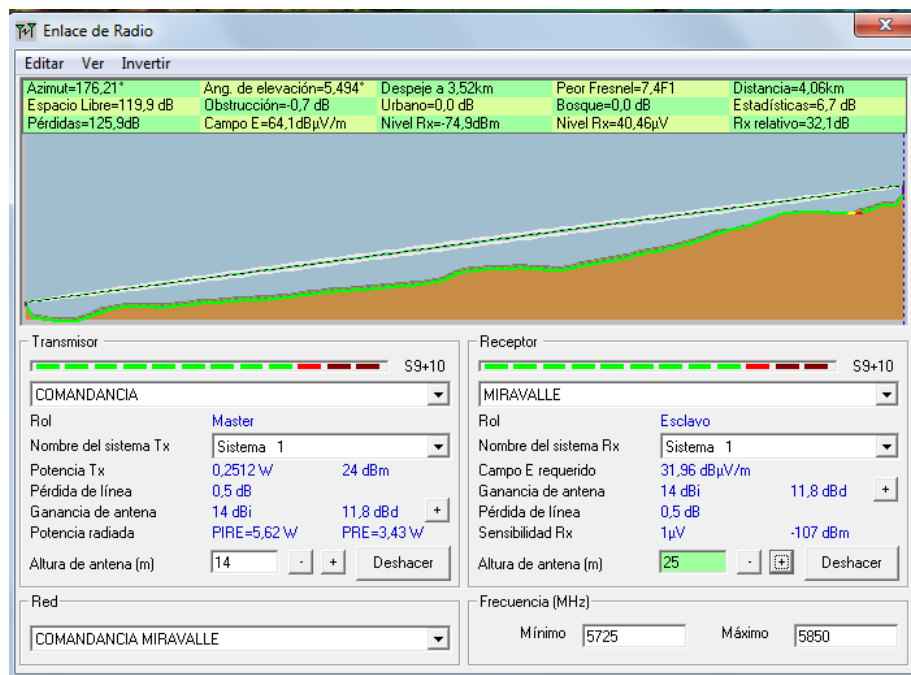


Figura. 3.33. Valores hallados mediante simulación en Radio Mobile

Dichos valores se aproximan a los hallados mediante el cálculo manual realizado, lo que se puede indicar que matemáticamente y mediante simulación se encontraron valores parecidos y óptimos en los cuales el enlace de radio va a funcionar.

Para la elección de los equipos e infraestructura a utilizar dentro del enlace de radio, se presenta a continuación en la tabla 3.5, los puntos a ser analizados.

Tabla. 3.5. Elección de equipos e infraestructura a utilizar para el enlace de radio

Torres	Si las altura de las torres son mayores a 120 metros se considerará implementar un repetidor	Se debería de considerar que las alturas van de 15 a 120 metros con línea de vista entre antenas.
Equipos de Radio enlace, Antenas y Repetidores	Elección de antenas y repetidores	Hojas de especificaciones de proveedores, parámetros esenciales: tamaño y ganancia
Análisis legal		Impacto legal, social, ecológico, cultural, etc.

3.2.3.8 Torres

Para la realización del proyecto se ha definido la utilización de torres en cada uno de los lugares que forman parte del enlace. En la Espe se utilizará una torre arriostrada o atirantada de aproximadamente 18 metros, en la Comandancia una torre arriostrada de 15 metros y en Miravalle una torre autoportada de 30 metros como se pueden apreciar en la figura 3.34, figura 3.35 y figura 3.36.

Todas estas instalaciones cumplen con las normas adecuadas con respecto a instalaciones eléctricas y sistema de puesta a tierra.

Comandancia



Figura. 3.34. Torre de telecomunicación ubicada en la Comandancia General del Ejército

Miravalle



Figura. 3.35. Torre de telecomunicación ubicada en Miravalle

Espe



Figura. 3.36. Torre de telecomunicación ubicada en la Espe

3.2.3.9 Equipos de radio enlace - Antenas ³⁴

Es un sistema conductor metálico capaz de radiar y capturar ondas electromagnéticas. Las antenas son para conectar las líneas de transmisión con el espacio libre, el espacio libre a líneas de transmisión, o ambas cosas. Una antena convierte a energía eléctrica que viaja por una línea de transmisión en ondas electromagnéticas que se emiten al espacio.

La antena irradia la información electromagnética en forma de microondas, principalmente se considera que serán de tipo parabólica y lo más directiva posible; la elección de las antenas dependerán de la frecuencia en la banda que se desea trabajar.

³⁴ Tomasi, Wayne, *Sistemas de Comunicación Electrónicas*, Capítulo 9, Cuarta Edición, México 2003.

Después de realizar el diseño del enlace mediante el simulador Radio Mobile, se pudieron determinar los parámetros de funcionamiento del sistema. Por tal motivo lo que se realizó es una comparación de características de la tecnología de equipos Airmux-200 y Ubiquiti NanoStation5 para establecer el más adecuado.

3.2.3.9.1 Airmux-200

Las especificaciones de este equipo se presentan a continuación en la tabla 3.6 y tabla 3.7.

Tabla. 3.6. Características técnicas del Airmux-200

Frequency Bands	5.725-5.850 GHz			
	5.470-5.725 GHz			
	5.250-5.350 GHz			
	2.400-2.4835 GHz			
Channel Bandwidth	20 MHz			
RF Channel Selection	Via NMS, 5 MHz Resolution			
Standard	FCC, ETSI, CAN/CSA			
Polarization	Linear (V or H)			
Antenna Gain (dBi)	Integrated		External	
	22 (5.x GHz)		28 (5.x GHz)	
	17 (2.4 GHz)		24 (2.4 GHz)	
Antenna Beamwidth	9.0 degrees		4.5 degrees	
Sensitivity (dBm) @ BER < 10e-11	-84	-81	-74	-68
Rate (Mbps)	12	18	36	48
Modulation	BPSK	QPSK	16QAM	64QAM

Tabla. 3.7. Throughput del Airmux-200

Air Interface Rate	Throughput full-duplex	Throughput left for Ethernet traffic when using TDM Service				Maximum Range	
		1xE1	2xE1	1x1	2x1	(km)	(miles)
(Mbps)	(Mbps)						
12	4.2	2.0	N/A	2.5	0.88	41	25.5
18	6.5	4.4	2.3	4.8	3.2	25	15.5
36	13.6	11.5	9.3	11.9	10.2	10	6.0
48	18.3	16.2	14.0	16.6	14.9	4	2.5

Se verifica que este equipamiento es robusto y consta de todas las características que necesita el presente proyecto para tener óptimas condiciones de rendimiento.

En cuanto a precios, se realizó una cotización mediante la Empresa ISEYCO el cual se presenta en la tabla 3.8

Tabla. 3.8. Costos del enlace Airmux-200

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
1	Enlace de Radio AIRMUX-200 Marca RAD Capacidad hasta 48 Mbps Interfaz: 1 x 10/100 Bse T Ethernet más 1 E1 Frecuencia de operación:5.5 GHz Alimentación: 48 VDC/115 VAC Técnica Duplex TDD Incluye: 2 IDU, 2 ODU y 2 Antenas de 28 dBi	1	\$ 10.000

3.2.3.9.2 Ubiquiti NanoStation5

Las características técnicas de este equipo se las presenta en la tabla 3.9 y tabla 3.10.

Tabla. 3.9. Características técnicas del Ubiquiti NanoStation5

CPU	Atheros 180MHz MIPS
RAM	16MB RAM
FLASH	4MB FLASH
Wireless	5 GHz , 802.11 ^a
Ancho de canal	5/10/20/40 MHz
Ganancia de antena	14 dBi x 2
Polaridad	Adaptación Vertical/Horizontal
Ext.Ant.Opcion	Sí, RP-SMA Conector
Rango	10 Km + (50 Km usando antena externa)
Rendimiento	25 Mbps + TCP/IP
Montaje	Montaje incluido
Tamaño	26,4 cm x 8 cm x 3 cm
Peso	0,4 kg
Fuente de alimentación	12 V 1A PoE (incluido)
Aprobaciones	FCC 15.247,IC,CE

Tabla. 3.10. Especificaciones del Tx y Rx del Ubiquiti Nanostation

TX SPECIFICATIONS				RX SPECIFICATIONS			
	Data Rate	Avg Power	Tolerance		Data Rate	Sensitivity	Tolerance
802.11 a OFDM	6 Mbps	24 dBm	+/- 1.5 dB	802.11 a OFDM	6 Mbps	-94 dBm	+/- 1.5 dB
	9 Mbps	24 dBm	+/- 1.5 dB		9 Mbps	-93 dBm	+/- 1.5 dB
	12 Mbps	24 dBm	+/- 1.5 dB		12 Mbps	-91 dBm	+/- 1.5 dB
	18 Mbps	24 dBm	+/- 1.5 dB		18 Mbps	-90 dBm	+/- 1.5 dB
	24 Mbps	24 dBm	+/- 1.5 dB		24 Mbps	-86 dBm	+/- 1.5 dB
	36 Mbps	22 dBm	+/- 1.5 dB		36 Mbps	-83 dBm	+/- 1.5 dB
	48 Mbps	21 dBm	+/- 1.5 dB		48 Mbps	-77 dBm	+/- 1.5 dB
	54 Mbps	19 dBm	+/- 1.5 dB		54 Mbps	-74 dBm	+/- 1.5 dB

De igual manera que el equipamiento Airmux-200, este equipo cumple con las características que el enlace diseñado requiere. En cuanto a precios de igual manera se realizó una cotización en el mercado el mismo que se presenta en la tabla 3.11.

Tabla. 3.11. Costos del enlace Ubiquiti NanoStation5

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
1	Enlace de Radio Ubiquiti NanoStation5 Frecuencia de operación:5 GHz Incluye antena integrada de 14 dBi.	1	600

La tabla 3.12 presenta una comparación de requerimientos técnicos y económicos entre los equipos Airmux-200 y Ubiquiti NanoStation5.

Tabla. 3.12. Comparación de equipos Arimux-200 y Ubiquiti NanoStation5

Características	Airmux-200	Ubiquiti NanoStation5
Throughput	48 Mbps	6 Mbps
Sensibilidad	-74	-94
Polarización	Vertical / Horizontal	Vertical / Horizontal
Antena	Externa 28 dBi	Interna 14 dBi
Ancho de Banda de Canal	20 MHz	5/10/20/40 MHz
Seguridad	SNMP	SSID
Costo	\$ 10 000	\$ 600

Luego de realizar un análisis de especificaciones técnicas y precios de las dos marcas tomadas en cuenta, se puede manifestar que la mejor opción para la implementación en el presente proyecto, es la ofrecida por los radios Ubiquiti, esto debido a que la información que se necesita enviar y los sistemas que van a trabajar no necesitan de un ancho de banda relativamente alto, aproximadamente se necesita 1.2 Mbps.

Adicional como se indicó al inicio del proyecto y una vez verificado uno de los enlaces Airmux-200, una de las Idus se encontraba en malas condiciones y debido al elevado costo de

este equipo se decidió realizar el proyecto con los equipos Ubiquiti NanoStation5 que brindan un menor costo y cumplen con los requerimientos que necesita el enlace.

3.2.3.10 Análisis de legislación

La legislación de un montaje en un sistema de comunicaciones inalámbrico, depende de las condiciones de cada país, en nuestro país la entidad que otorga los permisos de funcionamiento es la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones.

Debido a que los tres lugares donde se realizara el montaje de los equipos ya posee con los permisos necesarios de funcionamiento, debido a que son lugares donde habitualmente se levantan enlace para brindar diferentes servicios y son lugares propios de entidades como la Espe y la Comandancia, no fue necesario entrar tanto en la parte legal.

Como se trabajan en una banda de frecuencias libres, no es necesario el contrato con la Secretaria sobre el arrendamiento de bandas de frecuencias licenciadas. Adicional, en la caseta de Miravalle se logró verificar sellos de la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones como ilustra la figura 3.37, que indicaban que dicho lugar está autorizado para ser una repetidora.



Figura. 3.37. Sellos de autorización del funcionamiento de la repetidora de Miravalle

3.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS³⁵

3.3.1 Introducción

La característica climática y montañosa de cada país determina el número y la intensidad de las tormentas que se producen. El conocimiento de las zonas de riesgo es una información importante para determinar eficazmente el tipo de protección contra el rayo más adecuado.

Los efectos de un rayo pueden ser ocasionados por un impacto directo o por causas indirectas. La primera medida a tomar contra la caída de rayos es interceptar la trayectoria del rayo y conducirlo a lo largo de un conductor de baja resistencia con el fin de que no se recaliente y que no produzca elevados niveles de voltajes durante la descarga. Para lo cual, la instalación para protección contra rayos se la inicia con la colocación de un terminal aéreo de captación, de una adecuada bajante a tierra y un sistema de electrodos de puesta a tierra.

La instalación de microprocesadores a los sistemas eléctricos y el uso diario y frecuente de equipos electrónicos, aumenta el daño causados por sobretensiones. En estos casos es recomendable proteger los servicios de entrada contra los efectos de sobretensiones mediante la instalación de “Supresores de Impulsos” o pararrayos debidamente seleccionados.

3.3.2 Diseño

3.3.2.1 Captación del Rayo

En la colocación del terminal aéreo debe tenerse en consideración conceptos como: cono o ángulo de protección, Jaula de Faraday, modelos electrogeométricos, modelos físicos de campos eléctricos y el factor de intensificación de campo eléctrico, tensión de ruptura del dieléctrico (aire) y las características del conductor de descarga.

³⁵ Sistema de protección contra rayos, http://www.asep.gob.pa/electric/info_clientes/Rayos.pdf, 27/02/2013

Los siguientes son los sistemas utilizados en la actualidad para la protección externa contra el rayo:

- **Punta Franklin:** Provoca la excitación atmosférica por encima de cualquier otro punto de la estructura a proteger, para aumentar la probabilidad que la descarga incida en su zona de influencia y derivar a tierra la corriente del rayo.
- **Tendido:** Es una protección formada por uno o múltiples conductores aéreos situados sobre la estructura a proteger. Los conductores se deberán unir a tierra mediante aterrizadores en cada uno de sus extremos. El área protegida vendrá dada por el área formada por el conjunto de conductores aéreos.
- **Jaula de Faraday:** Recubrimiento metálico bien conectado con la característica de aislar el campo eléctrico. El sistema consiste en la recepción del rayo a través de un conjunto de puntas captadoras unidas entre sí por cable conductor, formando una malla, y derivarla a tierra mediante una red de conductores.

En la determinación precisa del comportamiento intervienen factores como “distancia de influencia de la superficie” sobre el punto de incidencia y el “perímetro derivado de la velocidad” con lo que se completa el “volumen de captación” del punto de incidencia.

La descarga siempre finalizará en la tierra por cuya razón una determinada estructura siempre interceptará los “conductores bajantes” que ingresen al volumen de captación. La decisión de dotar a una estructura de un adecuado sistema de protección contra el rayo depende de factores como la probabilidad de caídas de rayo en la zona, su gravedad y consecuencias para personas, maquinaria u operatividad en empresas.

Para realizar una correcta protección se debe dotar la estructura de dos sistemas de protección: protección externa contra impactos directos de rayo, y protección interna contra sobretensiones provocadas por la caída del rayo en cualquier tendido de cable.

Tanto el sistema de protección externo como interno estarán apoyados por un buen sistema de toma de tierra, para la evacuación de las corrientes del rayo, así como una adecuada equipotencialidad entre todos los sistemas de tierra, tanto de los sistemas de protección como de los circuitos eléctricos y telefónicos del espacio a proteger.

3.3.2.2 Conducción del Rayo

La conducción de la elevada potencia asociada a la descarga eléctrica requiere sumo cuidado en la preparación de los componentes del sistema de descarga, su diseño y su disposición.

Los conductores convencionales son de alambres o cables de cobre, desprovistos de aislamiento. Para evitar la producción de arcos laterales generalmente es deseable tener conductores bajantes múltiples. Los conductores bajantes deben ser colocados de manera que pasen alejados de equipos electrónicos sensitivos.

3.3.2.3 Puesta a tierra

Conexión eléctrica directa de todas las partes metálicas de una instalación, sin fusibles ni otros sistemas de protección, de sección adecuada y uno o varios electrodos enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficies próximas al terreno, no existan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o la de descarga de origen atmosférico.

Una puesta a tierra efectiva significa que está conectada a tierra a través de una conexión o conexiones de suficiente baja impedancia y capacidad de conducción de corriente para impedir los aumentos de voltaje que podrían resultar en peligros o riesgos indebidos y excesivos a personas o al equipo conectado.

En los sistemas de puesta a tierra, los electrodos fabricados se incrustarán debajo del nivel permanente de humedad. Los electrodos fabricados estarán libres de capas o revestimientos no conductores, tales como pinturas o esmaltes. Donde se use más de un electrodo, cada electrodo de un sistema de puesta a tierra (incluyendo los utilizados como varillas de pararrayos), no estará a menos de 1.83 metros de cualquier otro electrodo de otros sistemas de puesta a tierra. No se requerirá que el calibre del conductor de cobre del electrodo de puesta a tierra fabricado sea mayor que No. 6 AWG.

a) Electrodos de Varillas

En un sistema de tierra, el electrodo de tierra provee la conexión física para disipar la corriente a tierra. Los electrodos fabricados son instalados específicamente para mejorar el desempeño de los sistemas de tierra que incluyen mallas de alambre, platos metálicos, conductor de cobre desnudo y varillas directamente enterradas en el terreno.

Estos electrodos de varilla serán de acero o de hierro con revestimiento de cobre, de diámetro mínimo de 1.59 centímetros (5/8 pulgadas) y una longitud mínima de 2.44 metros (8 pies). Deben estar enterrados a una profundidad mínima de 2.44 m (8 pies), excepto donde se encuentre roca en el fondo, en cuyo caso el electrodo se instalará o hincará en ángulo, cuya inclinación no exceda los 45° de la vertical. El extremo superior del electrodo se instalará a ras con el nivel del piso o terreno, a menos que el extremo sobresalga y las conexiones o enlaces del conductor pertenecientes al electrodo de tierra, estén resguardadas y protegidas contra daños físicos.

b) Electrodo de Placa

Los electrodos de placa no deberán tener menos de 0,2 metros cuadrados de superficie en contacto con el suelo, serán de material ferroso o no ferroso. Las placas de hierro o acero tendrán un espesor mínimo de 6.35 milímetros (¼ pulgada) y las de metales no ferrosos un espesor mínimo de 1.52 milímetros (0.06 pulgada). El conductor del electrodo de puesta a tierra se conectará al electrodo por medio de una soldadura exotérmica.

Pozos de Inspección: Es el lugar donde van instalados la grapa de conexión a la varilla, el conductor del electrodo de puesta a tierra y el extremo superior de los electrodos de varilla. Dicho pozo debe tener una tapa removible y debe ser instalado a ras con el piso terminado o con el suelo natural.

El pozo de inspección deberá ser cuadrado con dimensión mínima de 20 centímetros x 20 centímetros (8 pulgadas x 8 pulgadas), o circular con diámetro interno mínimo de 20 centímetros (8 pulgadas), y tendrá una profundidad de 15 centímetros (6 pulgadas).

3.3.2.4 Protección de los Equipos

Una protección realmente efectiva no significa solamente colocar protección contra incidencias directas de rayos en todas las entradas del lugar donde se colocaran los equipos sino también se requiere que los terminales principales de las entradas del servicio de electricidad estén provistos de dispositivos pararrayos conocidos como Supresores de Voltajes Transitorios.

3.3.2.5 Protección de la entrada de servicio

Las barreras protectoras de alta velocidad se utilizan para limitar los voltajes que se producen y proteger de esta manera las líneas entrantes.

La protección de los sistemas de bajo voltajes como es el caso de equipos telefónico, computadores, modem, radios. etc. como se ilustra en la figura 3.38, requieren que el voltaje sea fijado a niveles tolerables por los circuitos de los sistemas electrónicos sensitivos.

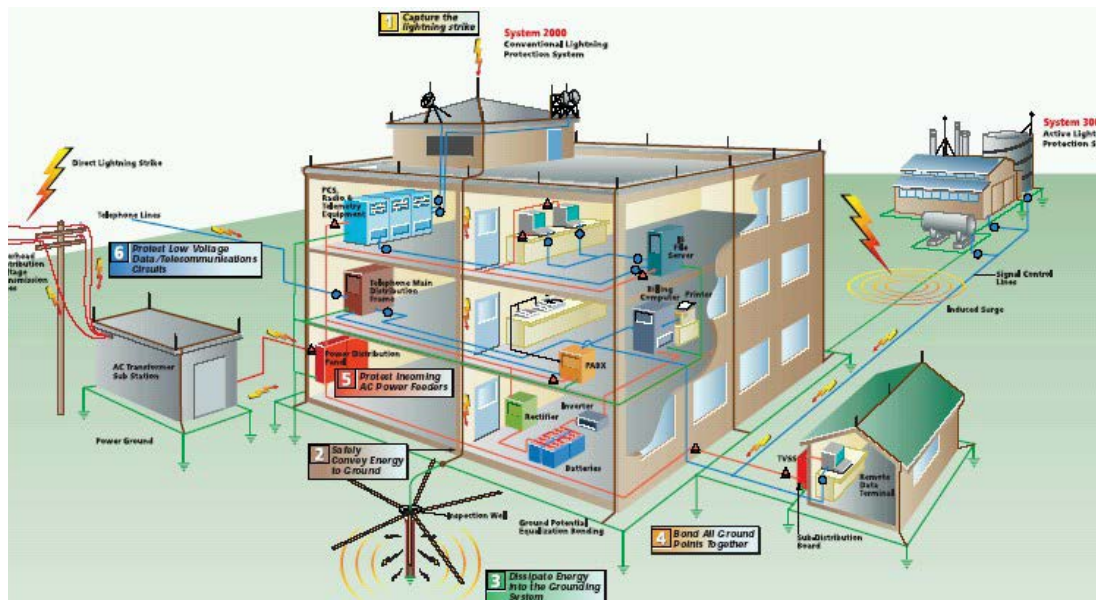


Figura. 3.38. Protecciones que se deben tener en cuenta dentro de las instalaciones de un edificio en el cual se tengan equipos electrónicos

3.3.2.6 Plan de seis puntos de protección contra rayos

Es imposible tener una protección perfecta, sin embargo es posible definir criterios generales para la protección de equipos electrónicos en el caso del presente problemas en los tres puntos a ser instalados. Se recomienda seguir el siguiente plan de protección.

1. Captura del impacto del rayo directo en puntos preferentes y conocidos. Instalación de uno o más terminales aéreos de captación en los edificios.
2. Conducir la descarga a tierra de una forma segura a través de una ruta conocida. Se debe instalar uno o más sistemas de conducción o bajantes a tierra.

3. Disipar a tierra las descargas del rayo. Esto requiere la instalación y mantenimiento de un sistema de puesta a tierra efectivo y de baja impedancia.
4. Eliminar inducciones a través de tierra o lazos de tierra. Se requiere la planificación cuidadosa, la creación de un único sistema de puesta a tierra y la consideración práctica para la instalación de los equipos.
5. Proteger todas las líneas de potencia que entren en la estructura o edificio contra sobretensiones. Se requiere la instalación de protectores o filtros reductores específicos contra sobretensiones, equipos estabilizadores, sistemas de alimentación ininterrumpida y otras medidas dependiendo de las circunstancias de cada lugar.
6. Proteger todas las líneas de datos y de señal que entren o salgan de la estructura o edificio contra sobretensiones. Esto implica la instalación de cajas, barreras y aparatos de protección de alta velocidad y la correcta puesta a tierra de los cables apantallados.

La instauración de estos seis puntos es importante, ya que no considerar uno de esos puede conducir inevitablemente a hacer vulnerable al equipo a los daños provocados por dichos efectos.

3.3.2.7 Desarrollo

Debido a que en los tres lugares donde se van a montar los equipos para la elaboración del presente proyecto, ya existe una infraestructura adecuada en cuanto al sistema de protección contra rayos, lo que se va a indicar dentro del capítulo de la implementación es como se encuentra la infraestructura de dicha protección en cada uno de los lugares.

3.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE RESPALDO DE ENERGÍA

3.4.1 Introducción

La protección de los equipos electrónicos hoy en día es muy importante y con esto es necesario el contar con un sistema de respaldo de energía para alimentar cargas eléctricas críticas en caso de falla de la red pública de AC.

Para proteger de posibles daños a nuestros equipos existen dispositivos de respaldo de energía diseñados para este fin. Estos dispositivos tienen como principal finalidad la de detectar condiciones anormales en la operación de un sistema eléctrico de potencia y tomar en forma automática las medidas que se requieran para restablecer la operación normal. Antes del diseño de un sistema de respaldo eléctrico es sumamente necesario seleccionar la fuente de energía de respaldo además de conocer las diferentes topologías y requerimientos específicos para el sistema de respaldo de energía.

Para el presente proyecto al igual que el sistema de protección contra rayos, no fue necesaria la implementación de un sistema de respaldo eléctrico debido a que el mismo ya existía en los tres puntos donde se van a montar los equipos. De tal forma, a continuación se expone los elementos y las conexiones necesarias que se deben tener en cuenta para el diseño e implementación de un sistema de respaldo eléctrico.

3.4.2 Diseño

3.4.2.1 UPS³⁶

La Unidad de Poder Interrumpida UPS, es un dispositivo que gracias a sus baterías, puede proporcionar energía eléctrica tras un apagón a todos los dispositivos existentes en la

³⁶ Sistema de respaldo Ups, <http://www2.udec.cl/~nbahamon/ups/>, 7/02/2013

red eléctrica. Otra de las funciones de un Ups es la de mejorar la calidad de la energía eléctrica que llega a las cargas, filtrando subidas y bajadas de tensión. La instalación de Ups está enfocada principalmente a la protección de equipos electrónicos, ya que estos se han convertido en el centro de funcionamientos de muchos sistemas de información.

Principalmente la función básica de un Ups es mantener la energía eléctrica por un lapso de tiempo, en el momento que existe una falla del suministro eléctrico. Ofrece soluciones a los problemas causados por sobretensiones transitorias, ruidos eléctricos, baja tensión, cortes de energía, microcortes, descargas atmosféricas, falta de tierra e inversión de polaridad, que ponen en riesgo el funcionamiento de los sistemas.

Todo lo manifestado anteriormente crea la necesidad de instalar esta clase de dispositivo y así proteger los equipos en los tres puntos del enlace Espe – Comandancia para que permanezcan el mayor tiempo posible funcionando en óptimas condiciones.

- **Arquitectura de los Ups**

La existencia de una variada cantidad de diseños de Ups puede llegar a causar confusión el momento de escoger que tipo de equipo es el más apropiado para la carga dentro de nuestro sistema. Los Ups se pueden clasificar en dos categorías, ON-Line y Off-Line. Ambos diseños proveen de una energía de reserva desde un grupo de baterías cuando la línea de alimentación principal falla, pero difieren en el rango y extensión de otros beneficios que ellas pueden otorgar.

- **Bloques constructivos**

Sección de entrada: Es la forma en que la tensión de la línea es conectada al UPS, esta se presenta en la figura 3.39. Puede ser un cable incorporado, un cable enchufable, o una bornera con terminales. Algunos Ups pequeños tienen una entrada común para la entrada y el

by-pass. Los UPS de gran potencia suelen tener una entrada independiente para la conexión del by-pass.



Figura. 3.39. Sección de entrada del Ups

Filtro: Se denomina así a la protección contra picos transitorios, interferencias de radio frecuencia, etc. Además un filtro tiene una respuesta de frecuencia y no atenúa todas en la misma proporción. Este filtro se lo muestra en la figura 3.40.

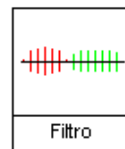


Figura. 3.40. Filtro del Ups

Inversor: Para Ups de mayor tamaño se incorpora un inversor con una forma de onda de salida sinusoidal y para Ups de menor tamaño se tiene un inversor que entrega una salida de onda cuasi- sinusoidal. Este inversor se lo puede observar en la figura 3.41.

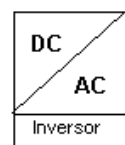


Figura. 3.41. Inversor

Batería: Ilustrado en la figura 3.42, es el elemento principal que se utiliza para mantener funcionando al Ups cuando la energía de la línea falla o cae demasiado. En Ups de pequeña potencia se utiliza baterías internas selladas, libres de mantenimiento mientras que en grandes Ups se usa también baterías de electrolito líquido. Depende del número de baterías para tener un tiempo prolongado de funcionamiento del Ups.

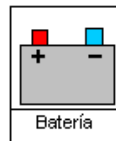


Figura. 3.42. Batería

Cargador: Un circuito cargador es necesario para recargar la batería luego de un corte de energía, para mantener a la batería a plena carga mientras no está en uso, el mismo se lo puede ver en la figura 3.43.

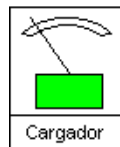


Figura. 3.43. Cargador

Adicional a los bloques antes mencionados, se requiere bloques como: Interruptor, Salida, Comunicador, Controles, etc.

- **Tipos de Ups**

Los Ups que se encuentran en el mercado constan de los bloques antes nombrados y cada configuración tiene sus ventajas y desventajas como son los costos, mejor filtrado de ruidos, mayor eficiencia, acondicionamiento de línea, etc.

Existen dos tipos de Ups los On-Line y Off-Line.

On-Line: Este tipo de Ups elige la batería/inversor como fuente primaria y conecta a la línea de CA como fuente de reserva en caso de falla de su fuente primaria. Si el 100% de la corriente de la carga es normal y permanentemente suministrado por el inversor el UPS es del tipo On-Line.

Off-Line: En esta clase de Ups la fuente primaria es la entrada de potencia filtrada AC y conecta a la batería/inversor como fuente de reserva en caso de falla en la energía AC de la red. Si la corriente de la carga es normalmente suministrada directamente por la línea, el Ups es del tipo Off-Line.

Para diferenciar el un ups del otro se puede apreciar que cuando ocurre un apagón en el Ups Off-Line el interruptor opera para conectar la carga a la fuente de energía batería/inversor, mientras que en el Ups On-Line la falla en la red no el interruptor debido a que la red de CA no es la fuente primaria. En un Ups de tipo Stand-By (Off-Line) como muestra la figura 3.44, el flujo de la potencia va desde la entrada a través del filtro y el interruptor a la salida. Esto realmente no difiere en mucho con conectar la carga directamente a la línea, solamente se está protegiendo la carga contra los picos transitorios y ruidos de línea que el filtro pueda atenuar.

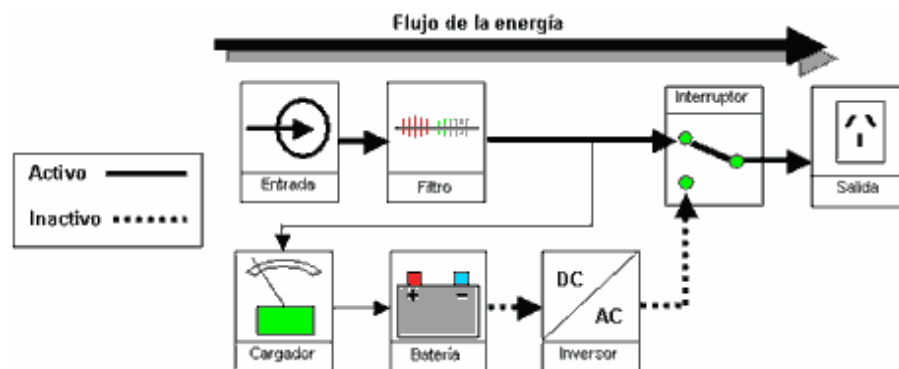


Figura. 3.44. Ups Off-Line Funcionamiento en modo normal (stand-by)

En el Ups On-Line como muestra la figura 3.45 el flujo de la energía es desde la entrada a través del filtro, del rectificador, inversor, conmutador y salida. El inversor provee permanentemente la energía acondicionada que la carga requiere a diferencia con el Ups Off-Line donde la carga está siempre conectada a la línea y por lo tanto ve cualquier perturbación que en ella se produzca. Cuando la entrada de potencia desde la línea falla, el inversor entrega energía desde las baterías.

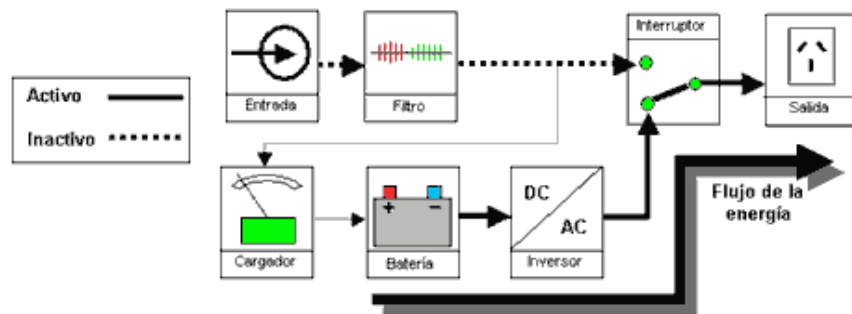


Figura. 3.45. Ups Off-Line Funcionamiento en modo batería (Backup)

El modo Bypass de un Ups On-Line descrito en la figura 3.46, puede ser utilizado en caso de mantenimientos, fallas del Ups o para conmutar la carga a la línea si la tensión de salida cae por una sobrecarga.

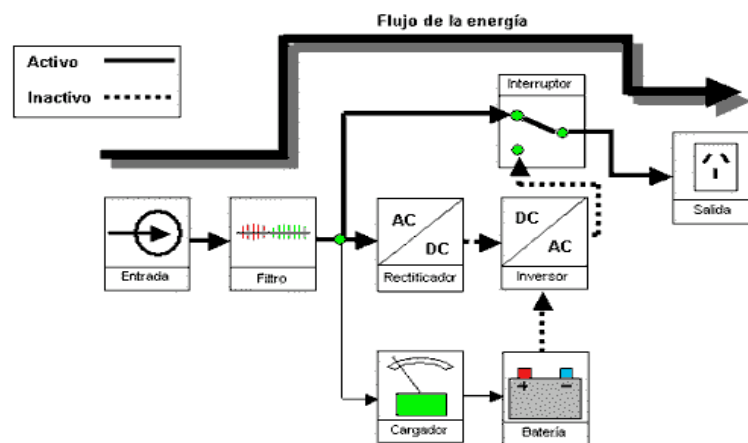


Figura. 3.46. Ups On-Line Funcionamiento en modo Bypass

El funcionamiento de un Ups Interactivo en modo Batería es idéntico al de un Ups Stand-By. El inversor arranca, el relé de conmutación se activa y la energía es provista por la batería.

En el mercado también existen otros dos tipos de Ups, los cuales son esencialmente de operación Off-Line, estos dos tipos se los conoce como Ferroresonante y Triport.

3.4.2.2 Dimensionamiento según necesidades de los usuarios

Determinar la capacidad que debe tener un Ups el momento en que se presente una falla con el suministro eléctrico, lleva a seguir un conjunto de pasos para fijar el cálculo preciso necesario. Los pasos a seguir son los siguientes de acuerdo a la tabla 3.13.

1. Listar los equipos que serán protegidos por el Ups el momento de la falla del suministro eléctrico.
2. Verificar y listar las características como Voltaje y Amperios de cada uno de los equipos nombrados anteriormente.
3. Multiplicar el voltaje y el amperaje de cada equipo y anotar el resultado.
4. Sumar los valores de la columna VA y poner el resultado en la celda "Subtotal".
5. Multiplicar el valor resultante del paso 4 por 0,25 u otro valor dependiendo de los planes de crecimiento, e ingresar ese valor en la celda "Factor de Crecimiento".
6. Sumar los valores de "Factor de Crecimiento" y "Subtotal" para obtener los "VA Requeridos".

7. Seleccionar el Ups apropiada, eligiendo un modelo cuya capacidad en VA sea al menos tan grande como el valor obtenido en el paso 6 en la casilla "VA Requeridos".

Tabla. 3.13. Cálculo de la potencia requerida

Equipos protegidos	Volts	Amperes	VA (Volts x Amperes)
PC	230V	2,0A	460VA
Radio	24V	0,4 ^a	9,6VA
Central telefónica	230V	3,5 ^a	805VA
Monitor	240V	0,8 ^a	192VA
Subtotal			1466,6VA
Factor de Crecimiento (25% del total)			366,65VA
VA Requeridos			1833,25VA

3.4.2.3 Diagramas de conexiones de respaldo eléctrico.

A continuación en la figura 3.47 y figura 3.48 se presentan dos diagramas de conexiones de un sistema de respaldo eléctrico.

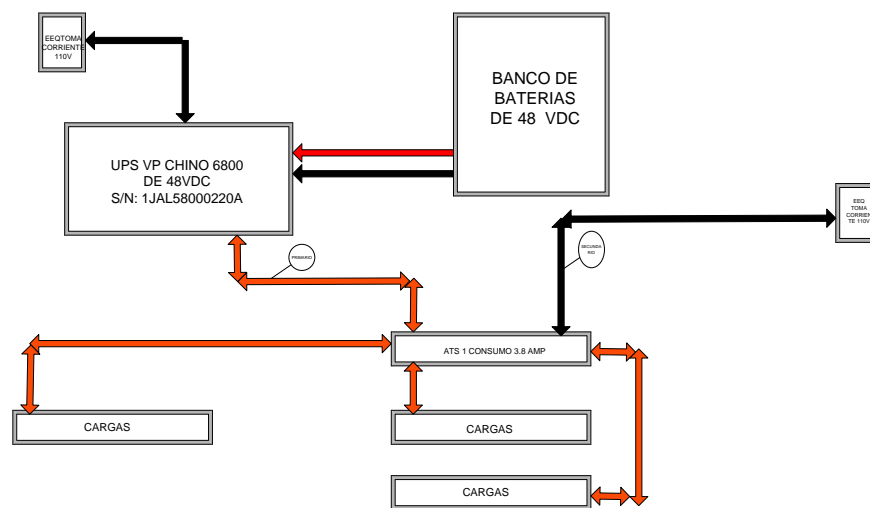


Figura. 3.47. Diagrama 1 de conexión de respaldo eléctrico

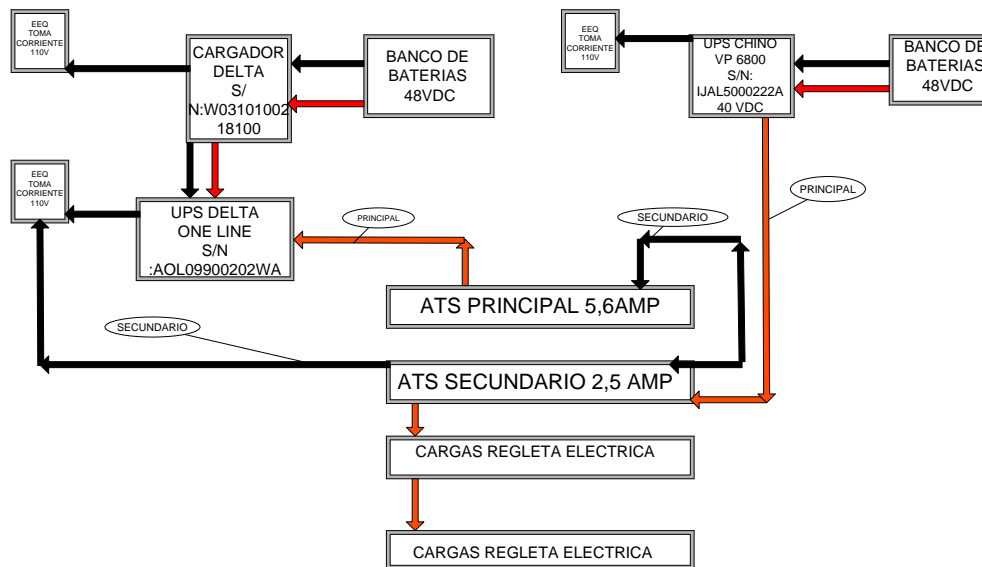


Figura. 3.48. Diagrama 2 de conexión de respaldo eléctrico

3.4.2.4 Desarrollo

Como se indicó en el desarrollo del sistema de protección contra descargas eléctricas debido a que en los tres lugares donde se van a montar los equipos, ya existe una infraestructura adecuada en cuanto al sistema de respaldo eléctrico, lo que se va a indicar dentro del capítulo de la implementación es como se encuentra la infraestructura de dicha protección en cada uno de los lugares.

CAPITULO IV

IMPLEMENTACIÓN DEL ENLACE

4.1 INTRODUCCIÓN

Una vez realizado el diseño del enlace de datos y determinado los equipos más apropiados para el buen funcionamiento de la red, se procede a realizar la implementación del equipamiento en los tres lugares destinados como puntos estratégicos para levantar el sistema a ser implementado tal y como se muestra en la figura 4.1.

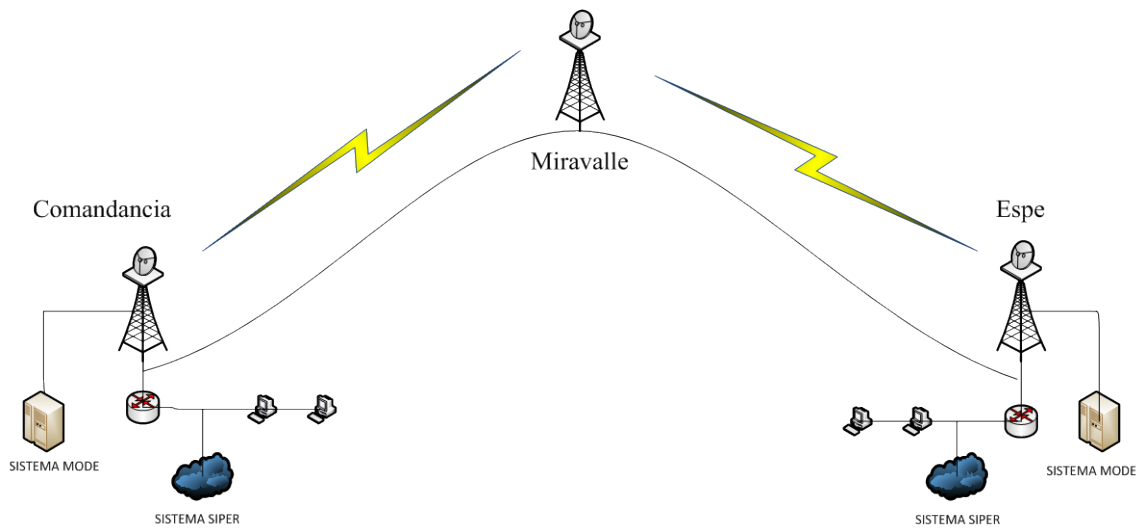


Figura. 4.1. Red de datos a ser implementada

4.2 MONTAJE DE EQUIPOS DE RADIO CON ANTENAS INTEGRADAS

Mediante las medidas de seguridad del caso en cuanto al montaje de equipos de radio en torres, se procede a ejecutar la implementación.

Miravalle

En el sector de Miravalle ubicado en la parte Sur - Oriental de la ciudad de Quito a una altura de 3200 metros sobre el nivel del mar, en las coordenadas $0^{\circ}16'6.0''$ Sur $78^{\circ}30'30.6''$ Oeste como se aprecia en la figura 4.2, se encuentra una torre autosortada de 30 metros de altura perteneciente a la Fuerza Terrestre, la cual tiene línea de vista con la Comandancia y la ESPE, ubicación estratégica que fue aprovechada para la instalación de los equipos de radio que apuntan hacia estos dos sitios, por lo que se realizaron los tramites pertinentes con la Dirección de Comunicaciones para solicitar los permisos de utilización de dicha torre ,así como de la caseta para el montaje de los equipos, puesto que existe la disponibilidad de energía eléctrica para alimentar los equipos y la seguridad proporcionada por el personal del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas.



Figura. 4.2. Torre en Miravalle donde se colocará el equipo de radio

Para direccionar el equipo de radio hacia la Comandancia de acuerdo a los diseños realizados en el capítulo anterior se determinó que los equipos deben ir instalados a 25 metros y de igual manera una altura similar direccionando a la ESPE, por lo que los equipos se instalaron a la misma altura, como se puede ver en la figura 4.3.



Figura. 4.3. Montaje de las antenas en Miravalle

Comandancia General del Ejército

En el sector de la Recoleta ubicada en el centro de la ciudad de Quito se encuentra el edificio de la Comandancia en las coordenadas $0^{\circ}13'54.7''$ Sur $78^{\circ}30'39.3''$ Oeste a una altitud de 2818 msnm, el cual dispone de una torre de 15 metros riendada como se aprecia en la figura 4.4, que tiene línea de vista con Miravalle y es ubicación estratégica para la instalación de los equipos de radio, de igual forma se realizaron los tramites pertinentes con la Dirección de Comunicaciones para solicitar los permisos de utilización de dicha torre y el montaje de los equipos de conectividad en el cuarto de equipos ubicado en los pasillos de noveno piso de dicho edificio, puesto que existe la disponibilidad de energía eléctrica para la alimentación.



Figura. 4.4. Torre en la Comandancia donde se instalará el equipo de radio

Para direccionar el equipo de radio hacia Miravalle de acuerdo a los diseños realizados se determinó que los equipos deben instalarse a 14 metros como se puede ver en la figura 4.5.

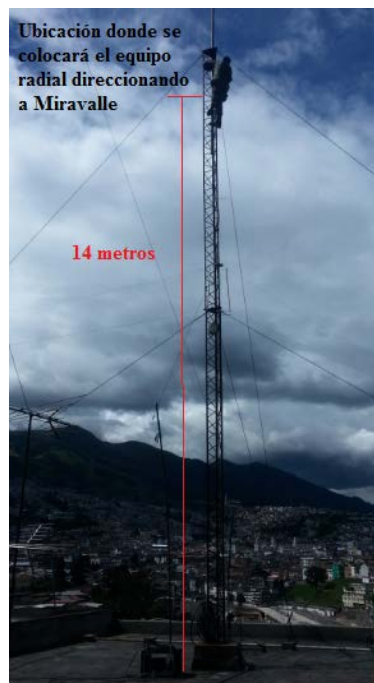


Figura. 4.5. Montaje del equipo Ubiquiti NanoStation5 en la Comandancia

Espe

La ESPE se encuentra ubicada en el sector Sur - Oriente de la ciudad de Quito en el sector de Santa Clara del Valle de los Chillos, en las coordenadas $0^{\circ}13'54.7''$ Sur $78^{\circ}30'39.3''$ Oeste; dentro de campus Politécnico como se muestra en la figura 4.6, en la terraza del edificio Académico se dispone de una torre de 18 metros riendada que tiene línea de vista con Miravalle, por lo que este punto constituyó una ubicación estratégica para la instalación de los equipos de radio ya que además están cerca del cuarto de servidores de la ESPE.



Figura. 4.6. Montaje del equipo Ubiquiti NanoStation5 en la Espe

A una altura de 6 metros se instaló el equipo de radio con dirección a Miravalle de acuerdo al diseño realizado para dar conectividad con la Comandancia, como se puede ver en la figura 4.7.



Figura. 4.7. Montaje del equipo Ubiquiti NanoStation5 en la Espe

4.3 MONTAJE DE LOS EQUIPOS EN LOS TRES PUNTOS

Montados los equipos de radio en los tres sitios destinados a ser los puntos de montaje del enlace, se procede a montar los equipos internos que proveerán de los Sistemas Mode y Siper a las instalaciones de la ESPE.

Miravalle

Para poder comunicar ambos enlaces Espe - Miravalle, Espe- Comandancia, se utilizó en las instalaciones de Miravalle un switch que permita la unión de las redes de ambos enlaces tal como se aprecia en el esquema de la figura 4.8. Las conexiones fueron, colocar el terminal de un enlace en un puerto del switch y del otro enlace en otro puerto del mismo switch y colocar este equipamiento en los racks que disponen la caseta de la Fuerza Terrestre en Miravalle.

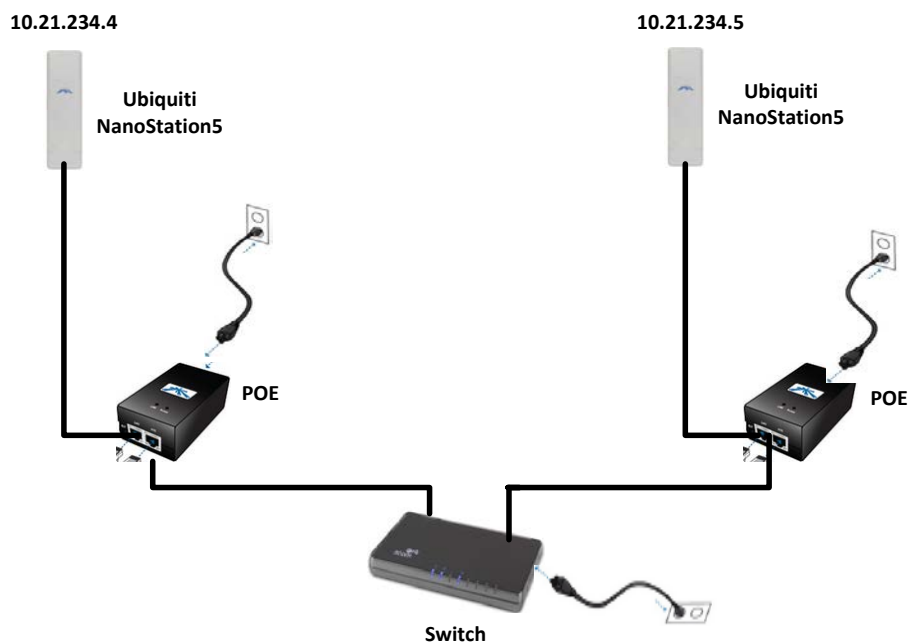


Figura. 4.8. Esquema de conexiones del enlace Espe – Miravalle, Comandancia – Miravalle por medio de un switch

Comandancia

El único dispositivo a ser instalado en esta localidad fue el terminal del radio Ubiquiti al switch de la red Lan de la Comandancia como se ilustra en la figura 4.9, con lo cual la red del enlace de radio ya podía ver a la red de la Comandancia y con esto tener conectividad con los dispositivos de dicha red.

Lo que se realizó fue abrir un puerto del switch de la red Lan y configurar a los radios del enlace con la misma red de la Comandancia.

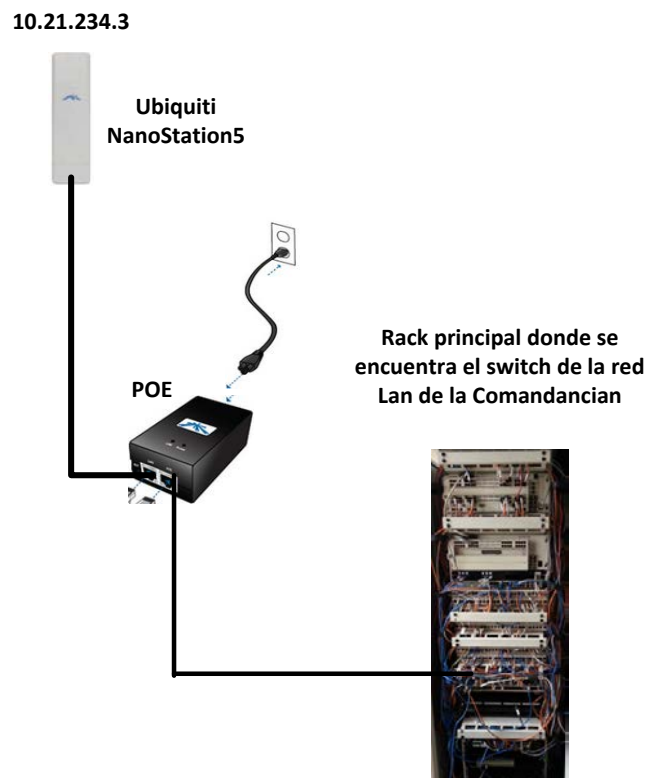


Figura. 4.9. Esquema de conexiones hacia el switch de la red Lan de la Comandancia

Espe

En el cuarto de servidores del edificio académico de la ESPE se colocaron los equipos que van a proporcionar los servicios del enlace ESPE – Comandancia; fue necesaria la colocación de un switch para conectar a la red a los teléfonos ips y dar servicio a los 8 líneas del Sistema Mode y a la maquina en la cual se va acceder al Sistema Siper tal como se puede ver en la figura 4.10.

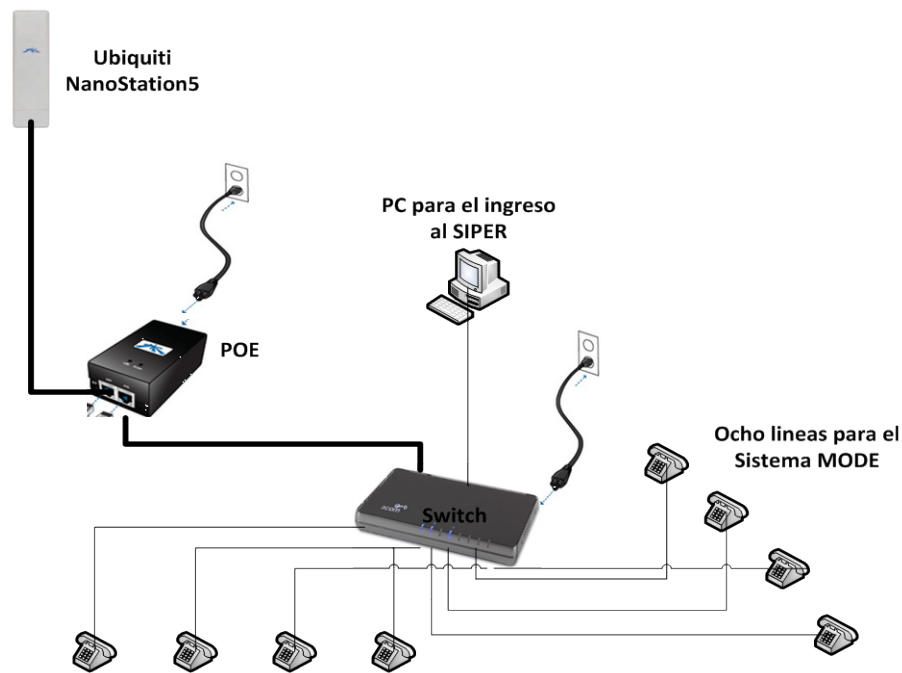


Figura. 4.10. Esquema de conexiones en las instalaciones de la ESPE

4.4 PROGRAMACIÓN DE LOS EQUIPOS

4.4.1 Ubiquiti NanoStation5³⁷

Para configurar tanto el enlace Miravalle – Espe como Miravalle – Comandancia lo que se realiza es una configuración Punto de Acceso – Estación, en cada uno de los dos enlaces. Antes de empezar con la configuración de los equipos de radio, se detalla a continuación en la tabla 4.1 la distribución de las ips a ser asignadas a los equipos.

³⁷ Ubiquiti NanoStation5, http://dl.ubnt.com/ns5_datasheet.pdf, 9/02/2013

Tabla. 4.1. Asignación de direcciones ips a los equipos de radio

Sitio de montaje	Punto de Acceso	Estación WDS
Miravalle	10.21.234.5	10.21.234.4
Comandancia	10.21.234.3	-----
Espe	-----	10.21.235.6

4.4.1.1 Configuración Punto de Acceso, Miravalle

Se debe conocer los siguientes parámetros para proceder con la configuración:

- En modo Punto de acceso WDS.
- Tener una IP conocida (para este ejemplo es 10.21.234.5).
- Tener un SSID conocido.

Primero se accede al dispositivo, por defecto tiene la IP 192.168.1.20, login: ubnt y como password: ubnt.

- **Network**

Una vez logeados, se cambia la Ip (Network > Network Settings) y le se asigna la que se desee, en este caso la 10.21.234.5 como se aprecia en la figura 4.11, clic en “CHANGE” para aplicar los cambios. Recordar de cambiar también el rango IP en la propiedades TCP/IP de la tarjeta de red.

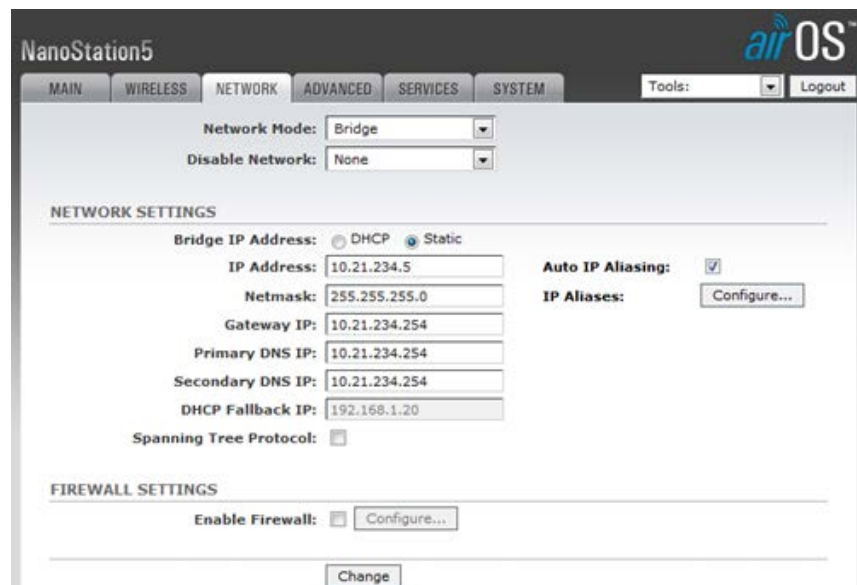


Figura. 4.11. Configuración Network Ubiquiti NanoStation5 Punto de Acceso

Colocada la IP del rango asignado, se procede a configurar los parámetros del dispositivo.

- **Wireless**

Se especifica los siguientes valores:

Wireless Mode: Access Point WDS.

SSID: ESPETN

Country Code: Dominican Republic

IEEE 802.11 Mode: A

Channel Spectrum Widh: 20 Mhz

Channel Shifting: Disable

Channel: 46 – 5230 Mhz

Outout Power: 24 dbm

Data Rate, Mbps: 54

Security: WPA

WPA Preshared Key: ESPETN

La figura 4.12 muestra la configuración dentro del parámetro Wireless del Ubiquiti NanoStation5 para que funcione como un Access Point.

The screenshot displays the configuration interface for a Ubiquiti NanoStation5. The top navigation bar includes tabs for MAIN, WIRELESS, NETWORK, ADVANCED, SERVICES, and SYSTEM. The current page is titled 'BASIC WIRELESS SETTINGS'. Key configurations include:

- Wireless Mode:** Access Point WDS
- WDS Peers:** Two empty input fields.
- SSID:** ESPETN
- Country Code:** DOMINICAN REPUBLIC
- IEEE 802.11 Mode:** A
- Channel Spectrum Width:** 20MHz
- Channel Shifting:** Disabled
- Channel:** 46 - 5230 MHz
- Output Power:** 24 dBm
- Data Rate:** 54 Mbps
- Enable DFS:** Checked

The **WIRELESS SECURITY** section is also visible, showing:

- Security:** WPA
- Authentication Type:** Open
- WEP Key Length:** 64 bit
- WEP Key:** [Empty field]
- WPA Preshared Key:** ESPETN123
- MAC ACL:** Enabled
- Key Type:** HEX
- Key Index:** 1
- Policy:** Allow

Figura. 4.12. Configuración Wireless Ubiquiti NanoStation5 Punto de Acceso

Los parámetros de las pestañas “Advanced” y “Service” se deja con los valores por defecto que vienen configurados. Cabe indicar que la polaridad se la configura en Horizontal.

- **System**

Host Name: MIRAVALLE-ESPE

Administrator Username: root

Current Password: *****

La figura 4.13 ilustra la configuración dentro del parámetro System del Ubiquiti NanoStation5.

The screenshot displays the 'SYSTEM' configuration page in the airOS interface. The page is organized into several sections, each with a title and a horizontal separator line. The sections and their contents are as follows:

- FIRMWARE:** Shows 'Firmware Version: XS5.ar2313.v4.0.2.4983.120420.1118' and an 'Upgrade...' button.
- HOST NAME:** 'Host Name: MIRAVALLE-ESPE' with a 'Change' button.
- ADMINISTRATIVE ACCOUNT:** Fields for 'Administrator Username: root', 'Current Password: *****', 'New Password:', and 'Verify New Password:', with a 'Change' button.
- READ-ONLY ACCOUNT:** 'Enable Read-Only Account:' checkbox (unchecked), 'Read-Only Username:', 'Password: *****', and a 'Change' button.
- DATE SETTINGS:** 'Timezone: (GMT) Western Europe Time' dropdown, 'Enable Startup Date:' checkbox (unchecked), 'Startup Date:' field with a calendar icon, and a 'Change' button.
- LOCATION:** 'Latitude:' and 'Longitude:' fields, and a 'Change' button.
- INTERFACE LANGUAGE:** 'Language: English' dropdown and a 'Set as default' button.
- LOGO CUSTOMIZATION:** 'Enable Custom Logo:' checkbox (unchecked), 'Logo Target URL: http://', 'Logo File:' field with a 'Browse...' button, and a 'Change' button.
- CONFIGURATION MANAGEMENT:** 'Backup Configuration: Download...' button, 'Upload Configuration:' field with a 'Browse...' button, and an 'Upload' button.
- DEVICE MAINTENANCE:** 'Reboot...', 'Reset to defaults...', and 'Support Info' buttons.

Figura. 4.13. Configuración System Ubiquiti NanoStation5 Punto de Acceso

Una vez configurado el primer dispositivo como “Punto de acceso WDS” se procede a configurar el segundo como “Estación WDS”.

4.4.1.2 Configuración Estación WDS

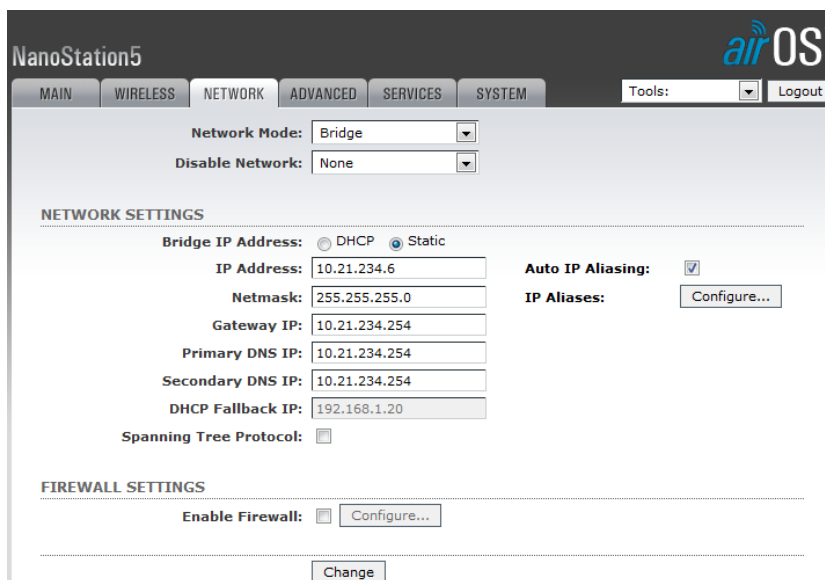
Se debe conocer los siguientes parámetros para proceder con la configuración:

- En modo Estación WDS.
- Tener una IP conocida (para este ejemplo es 10.21.234.6)
- Tener un SSID conocido al que conectar

Primero se accede al dispositivo, por defecto tiene la IP 192.168.1.20, login: ubnt y password: ubnt

- **Network**

Una vez logeados, se cambia la IP (Network -> Network Settings) y se asigna la que se desee, en este caso la 10.21.234.6 como se muestra en la figura 4.14, clic en “Change” para aplicar los cambios.



The screenshot displays the web management interface for a Ubiquiti NanoStation5. The top navigation bar includes tabs for MAIN, WIRELESS, NETWORK, ADVANCED, SERVICES, and SYSTEM. The NETWORK tab is selected. Below the navigation bar, there are dropdown menus for Network Mode (set to Bridge) and Disable Network (set to None). The main section is titled NETWORK SETTINGS and contains several fields: Bridge IP Address (radio buttons for DHCP and Static, with Static selected), IP Address (10.21.234.6), Netmask (255.255.255.0), Gateway IP (10.21.234.254), Primary DNS IP (10.21.234.254), Secondary DNS IP (10.21.234.254), DHCP Fallback IP (192.168.1.20), and Spanning Tree Protocol (checkbox, unchecked). To the right of these fields, there is an Auto IP Aliasing checkbox (checked) and an IP Aliases button (Configure...). Below the NETWORK SETTINGS section is the FIREWALL SETTINGS section, which includes an Enable Firewall checkbox (unchecked) and a Configure... button. At the bottom of the page, there is a large Change button.

Figura. 4.14. Configuración Network Ubiquiti NanoStation5 Estación WDS

Una vez colocada la IP del rango asignado, se procede a configurar los parámetros del dispositivo.

- **Wireless**

Wireless Mode: Station WDS

SSID: ESPETN

Country Code: Dominican Republic

IEEE 802.11 Mode: A

Channel Spectrum Width: 20 Mhz

Channel Shifting: Disable

Channel: 46 – 5230 Mhz

Outout Power: 24 dbm

Data Rate, Mbps: 54

Security: WPA

WPA Preshared Key: ESPETN

La figura 4.15 muestra la configuración dentro del parámetro Wireless del Ubiquiti NanoStation5 para que funcione como un Station.

The screenshot displays the configuration page for a Ubiquiti NanoStation5. The interface is titled "airOS" and has tabs for MAIN, WIRELESS, NETWORK, ADVANCED, SERVICES, and SYSTEM. The "WIRELESS" tab is selected, showing "BASIC WIRELESS SETTINGS" and "WIRELESS SECURITY".

BASIC WIRELESS SETTINGS:

- Wireless Mode: Station WDS
- ESSID: ESPETN
- Lock to AP MAC: 00:27:22:4A:33:E5
- Country Code: DOMINICAN REPUBLIC
- IEEE 802.11 Mode: A
- Channel Spectrum Width: 20MHz (Max Datarate: 54Mbps)
- Channel Shifting: Disabled
- Channel Scan List: Disabled
- Output Power: 24 dBm (Auto EIRP regulatory limiter is unchecked)
- Data Rate, Mbps: 54 (Auto is checked)
- Enable DFS: Unchecked

WIRELESS SECURITY:

- Security: WPA
- Authentication Type: Open (Selected), Shared Key
- WEP Key Length: 64 bit
- WEP Key: (Empty field)
- Key Type: HEX
- Key Index: 1
- WPA Authentication: PSK, EAP-TTLS, MSCHAPV2
- WPA Preshared Key: ESPETN123
- WPA Anonymous Identity: (Empty field)
- WPA User Name: (Empty field)
- WPA User Password: (Empty field)

A "Change" button is located at the bottom of the configuration area.

Figura. 4.15. Configuración Wireless Ubiquiti NanoStation5 Estación WDS

Los parámetros de las pestañas “Advanced” y “Service” se deja con los valores por defecto que vienen configurado. Cabe indica que la polaridad se la configura en Horizontal.

- **System**

Host Name: ESPE-MIRAVALLE

Administrator Username: root

Current Password: *****

La figura 4.16 ilustra la configuración dentro del parámetro System del Ubiquiti NanoStation5.

NanoStation5

MAIN WIRELESS NETWORK ADVANCED SERVICES SYSTEM Tools: Logout

FIRMWARE
Firmware Version: XS5.ar2313.v4.0.4974.110823.1731
Upgrade...

HOST NAME
Host Name: ESPE-MIRAVALLE
Change

ADMINISTRATIVE ACCOUNT
Administrator Username: root
Current Password:
New Password:
Verify New Password:
Change

READ-ONLY ACCOUNT
Enable Read-Only Account:
Read-Only Username:
Password: ****
Change

DATE SETTINGS
Timezone: (GMT) Western Europe Time
Enable Startup Date:
Startup Date:
Change

LOCATION
Latitude:
Longitude:
Change

INTERFACE LANGUAGE
Language: English Set as default

LOGO CUSTOMIZATION
Enable Custom Logo:
Logo Target URL: http://
Logo File: Browse...
Change

CONFIGURATION MANAGEMENT
Backup Configuration: Download...
Upload Configuration: Browse...
Upload

DEVICE MAINTENANCE
Reboot... Reset to defaults... Support Info

Figura. 4.16. Configuración System Ubiquiti NanoStation5 Estación WDS

Una vez configurado los dos equipos uno como “Punto Acceso WDS” y el otro como “Estación WDS” lo único que se hace es comprobar que se hayan enlazado y alinearlos para su correcto funcionamiento.

Para comprobar que se hayan enlazado y conectado se tiene que acceder a la pestaña de “Main” del NanoStation5 que se ha configurado como “Estación WDS” y observar los valores de potencia de señal como se aprecia en la figura 4.17.

Los valores para establecer un enlace operativo son de entre -85 dBm y -65 dBm, inferiores a -85 dBm causarían un posible corte en el enlace. Valores por encima de -65 dBm indican un exceso de señal y causarían un comportamiento anómalo en el dispositivo. Ajustar la potencia de salida hasta conseguir estos valores de enlace.

The screenshot shows the 'Main' tab of the Ubiquiti NanoStation5 web interface. The interface is divided into several sections: STATUS, LAN STATISTICS, WLAN STATISTICS, and WLAN ERRORS. The STATUS section displays various parameters such as Base Station SSID, Signal Strength, AirMax Quality, TX Rate, Frequency, Antenna, Security, Transmit CQ, Uptime, LAN Cable, LAN MAC, WLAN MAC, AP MAC, AirMax, AirMax Capacity, RX Rate, Channel, Noise Floor, ACK Timeout, QoS Status, Date, Host Name, LAN IP Address, and WLAN IP Address. The LAN and WLAN statistics sections show Bytes, Packets, and Errors for Received and Transmitted data. The WLAN ERRORS section shows Rx Invalid NWID, Rx Invalid Crypt, Rx Invalid Frag, Tx Excessive Retries, Missed Beacons, and Other errors.

STATUS

Base Station SSID:	ESPETN	AP MAC:	00:27:22:4A:33:E5
Signal Strength:	-72 dBm	AirMax:	Disabled
AirMax Quality:	- %	AirMax Capacity:	- %
TX Rate:	24 Mbps	RX Rate:	18 Mbps
Frequency:	5230 MHz	Channel:	46
Antenna:	Horizontal	Noise Floor:	-94 dBm
Security:	WPA	ACK Timeout:	93
Transmit CQ:	85%	QoS Status:	No QoS
Uptime:	01:27:47	Date:	2011-08-23 19:02:41
LAN Cable:	ON	Host Name:	ESPE-MIRAVALLE
LAN MAC:	00:27:22:8F:E7:ED	LAN IP Address:	10.21.234.6
WLAN MAC:	00:27:22:8E:E7:ED	WLAN IP Address:	10.21.234.6
Extra info:	---		

LAN STATISTICS

	Bytes	Packets	Errors
Received:	2100601	15241	0
Transmitted:	1591971	12680	0

WLAN STATISTICS

	Bytes	Packets	Errors
Received:	308885	3788	0
Transmitted:	710876	3697	0

WLAN ERRORS

Rx Invalid NWID:	0	Tx Excessive Retries:	0
Rx Invalid Crypt:	0	Missed Beacons:	0
Rx Invalid Frag:	0	Other errors:	0

Figura. 4.17. Main Ubiquiti NanoStation5 Estación WDS

Una vez comprobado que se hayan enlazado (Pestaña Main) y estén conectados los dos dispositivos únicamente quedará alinear las antenas lo mejor posible y comprobar que los dos dispositivos instalados y configurados funcionan correctamente.

El siguiente paso y último, es ajustar los parámetros para obtener los mejores rendimientos. Se ha de ajustar la distancia entre los puntos para un óptimo funcionamiento. Se mueve la barra de Distancia según nos convenga ajustándola a la distancia real.

Para comprobar la conectividad se abre una consola de cmd y desde uno de los dos dispositivos se realiza un ping a la dirección IP (10.21.234.5) del propio dispositivo y a la del otro dispositivo (10.21.234.6) y si todo funciona correctamente se obtiene respuesta por parte de los dos, en nuestro caso se realiza un ping desde el que se ha configurado como “Estación WDS” pero sería indiferente realizarlo de manera inversa pues el resultado sería el mismo ya que están enlazados entre sí, estas pruebas se las puede visualizar en la figura 4.18 y figura 4.19.

```
C:\Users\César Unda>ping 10.21.234.5 -t
Haciendo ping a 10.21.234.5 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 10.21.234.5: bytes=32 tiempo=3ms TTL=64
Respuesta desde 10.21.234.5: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 10.21.234.5: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 10.21.234.5: bytes=32 tiempo=3ms TTL=64
Respuesta desde 10.21.234.5: bytes=32 tiempo=3ms TTL=64
Respuesta desde 10.21.234.5: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 10.21.234.5: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 10.21.234.5: bytes=32 tiempo=4ms TTL=64
Respuesta desde 10.21.234.5: bytes=32 tiempo=3ms TTL=64
Respuesta desde 10.21.234.5: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 10.21.234.5: bytes=32 tiempo=3ms TTL=64
Respuesta desde 10.21.234.5: bytes=32 tiempo=3ms TTL=64
Respuesta desde 10.21.234.5: bytes=32 tiempo=3ms TTL=64
Respuesta desde 10.21.234.5: bytes=32 tiempo=3ms TTL=64
Respuesta desde 10.21.234.5: bytes=32 tiempo=4ms TTL=64
Respuesta desde 10.21.234.5: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
```

Figura. 4.18. Ping al radio de ip 10.21.234.5

Tabla. 4.2. Distribución de extensiones e Ips para los teléfonos del Sistema Mode

	IP	Número de Extensión
Telefono 1	10.21.234.8	27020
Telefono 2	10.21. 234.9	27021
Telefono 3	10.21. 234.10	27022
Telefono 4	10.21. 234.11	27023
Telefono 5	10.21. 234.12	27046
Telefono 6	10.21. 234.13	27047
Telefono 7	10.21. 234.14	27048
Telefono 8	10.21. 234.15	27049

Este equipo se lo puede configurar mediante el menú de opciones que brinda la pantalla del dispositivo que se ilustra en la figura 4.21 o mediante una interfaz gráfica a través de la conexión vía browser.

**Figura. 4.21. Pantalla que muestra menú de configuración del teléfono Grandstream**

Vía browser, el ingreso es mediante la ip que tenga configurado el dispositivo y una vez dentro se procede a configurar aspectos básicos para el funcionamiento del equipo.

La Figura. 4.22 muestra la configuración de la dirección Ip (ip dentro del rango de la red), además de la Máscara y del Gateway

End User Password: (purposely not displayed for security protection)

IP Address: dynamically assigned via DHCP (default) or PPPoE
(will attempt PPPoE if DHCP fails and following is non-blank)

 PPPoE account ID:

 PPPoE password:

 Host name (Option 12):

 Domain name (Option 15):

 Vendor Class ID (Option 60):

 Preferred DNS server: 0 .0 .0 .0

statically configured as:

 IP Address: 10 .20 .100 .20

 Subnet Mask: 255 .255 .255 .0

 Gateway: 10 .20 .100 .254

 DNS Server 1: 0 .0 .0 .0

 DNS Server 2: 0 .0 .0 .0

Time Zone: GMT-5:00 (US Eastern Time, New York)

Allow DHCP Option 2 to override Time Zone setting:

Figura. 4.22. Configuración de la dirección ip del teléfono

Adicional de la dirección Ip, se configura el número de 5 dígitos para acceder al Sistema Mode y poder de esta manera tener conectividad con los abanados de todo el Sistema.

Además se configura el Servidor SIP (en este caso el mismo para todos los teléfonos) y un ID de autenticación como se puede observar en la figura 4.23.

Grandstream Device Configuration	
STATUS	BASIC SETTINGS
	<p>Account Active: <input type="radio"/> No <input checked="" type="radio"/> Yes</p> <p>Account Name: 21718 <input type="text"/> (e.g., MyCompany)</p> <p>SIP Server: 10.20.4.31 <input type="text"/> (e.g., sip.mycompany.com, or IP address)</p> <p>Outbound Proxy: <input type="text"/> (e.g., proxy.myprovider.com, or IP address)</p> <p>SIP User ID: 21718 <input type="text"/> (the user part of an SIP address)</p> <p>Authenticate ID: 21718 <input type="text"/> (can be same or different from SIP UserID)</p> <p>Authenticate Password: <input type="text"/> (not displayed for security protection)</p> <p>Name: <input type="text"/> (optional, e.g., John Doe)</p> <p>Use DNS SRV: <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes</p> <p>User ID is phone number: <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes</p> <p>SIP Registration: <input type="radio"/> No <input checked="" type="radio"/> Yes</p> <p>Unregister On Reboot: <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes</p> <p>Support SIP Instance ID: <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes</p>

Figura. 4.23. Configuración del número de 5 dígitos para el ingreso al Sistema Mode

4.5 CONEXIÓN A LA CENTRAL DIGITAL DEL COMACO Y AL EQUIPO DESTINADO PARA EL SISTEMA SIPER EN LA ESPE

Debido a la migración de la telefonía a nivel Ip, la Central Telefónica de la Comandancia de igual manera fue migrada en su gran mayoría a Ip. Por tal motivo para el presente proyecto se tuvo que mediante la utilización de líneas telefónicas Ip, dar el servicio de las 8 líneas del sistema Mode a la Espe.

4.5.1 Conexión a la central digital del Comaco

Una vez obtenido el camino de transmisión por medio del cual Espe y Comandancia están comunicados, se procedió a configurar la Central Ip de la Comandancia para poder brindar el servicio de las 8 líneas del sistema Mode.

Antes de entrar de lleno a la configuración para tener conexión con la Central Telefónica de la Comandancia, se explicará a continuación las tres partes fundamentales del funcionamiento de esta Central.

Las tres partes que conforman la configuración dentro de la Central para brindar el servicio telefónico son:

- Abonado
- Troncales
- Dial Plan

Abonado: Es aquel usuario final que puede hacer llamadas a los diferentes usuarios dentro del Sistema Mode y de ser usuario con privilegios altos hacer llamadas fuera de la Red Mode y conectarse con centrales como por ejemplo empresas como CNT.

El abonado, adicionalmente es aquel que tiene un nombre de usuario y una contraseña para poder logonearse y poder formar parte del Sistema.

Troncales: Son aquellos enlaces que se conectan directamente con la Central Alcatel y de esta forma dar el paso para salir mediante esta central al Sistema Mode a nivel Nacional. Es un sistema que utiliza múltiples pares de frecuencias, en que las estaciones establecen comunicación mediante el acceso en forma automática a cualquiera de los canales que estén disponibles.

Dial Plan: Mediante sus permisos permite dar privilegios a los abonados, es la parte de control de la central.

En la figura. 4.24 se ilustra un diagrama de conexión de los tres elementos fundamentales dentro del funcionamiento de la Central Telefónica de la Comandancia.

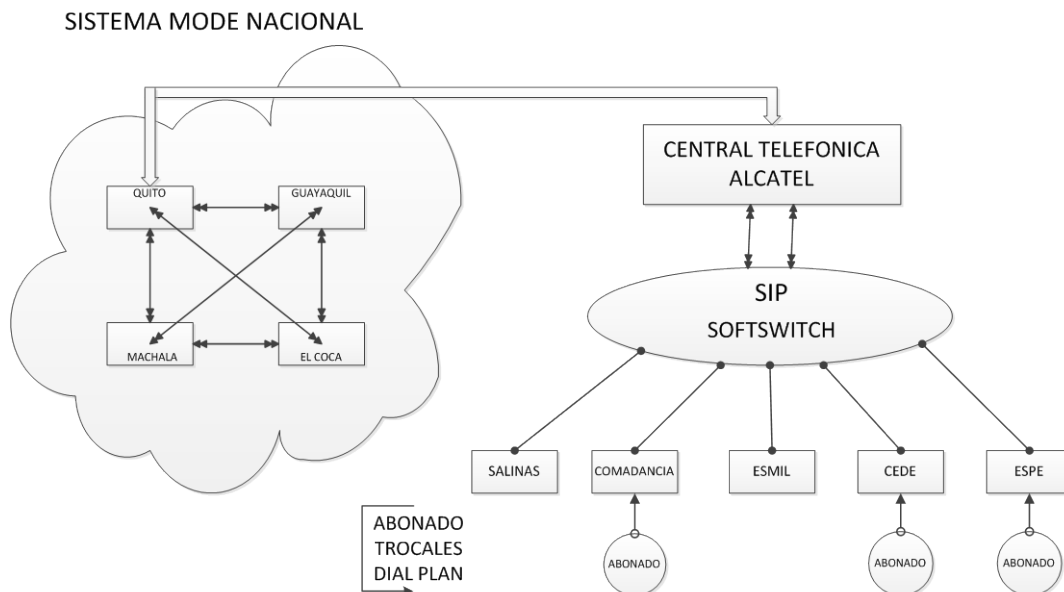


Figura. 4.24. Diagrama de conexión de los tres elementos fundamentales de la Central de la Comandancia

La figura 4.25 muestra la interfaz gráfica SIP de la Central Telefónica en la que se procede habilitar las 8 líneas que brindaran servicio a la Espe.



Figura. 4.25. Interfaz Gráfica de la Central Telefónica de la Comandancia General del Ejército

- Abonado

Como se puede observar en la figura. 4.26, se crea una cuenta con un número telefónico que contenga 5 dígitos mediante los cuales el abonado va a estar identificado dentro de la Central.



Figura. 4.26. Creación de cuentas por medio de la Central Telefónica

- **Troncales**

A nivel de Troncales, se da acceso a todo un grupo de abonado como se puede ver en la figura. 4.27. Dichos troncales permiten la salida al Sistema Mode Nacional.



Account	Type (Name)	Status	Edit	Delete
21718	Extension (RRHH BOD. ARCH. ESTADISTICA)	1 Regs		
21721	Extension (ENFERMERIA)	1 Regs		
21724	Extension (ODONTOLOGIA)	1 Regs		
21730	Extension (DBSFT PSICOLOGIA)	1 Regs		
21737	Extension (ESPE JEFATURA)	1 Regs		
21759	Extension (21759)	1 Regs		
21760	Extension (DFE CONTABILIDAD)	1 Regs		
21770	Extension (DFE CONTABILIDAD)	1 Regs		
21781	Extension (DFFT SECRET.TESOR)	1 Regs		
21802	Extension (E-4 CENTRO DATOS)	1 Regs		
21820	Extension (E-4 PROYECTO REC. INFRAESTRUCTURA)	1 Regs		
21821	Extension (E-4 JEFE PROYECTO REC. INFRAESTRUCTURA)	1 Regs		
21831	Extension (ASESORIA JURIDICA EC)	1 Regs		
21832	Extension (EC SEGURIDAD)	1 Regs		
21885	Extension (COT JEF. EDU. FISICA)	1 Regs		

Figura. 4.27. Configuración de la Troncal

- **Dial Plan**

Se observa en la figura 4.28 la configuración Dial Plan mediante un algoritmo telefónico que brindar los permisos de privilegio para los abonados, por ejemplo a un abonado se le puede dar el privilegio de llamadas a nivel nacional o llamadas a numero celulares.



Nombre: DIAL PLANS 21718

Global: si no

Prefijo: 100, 80, 100

Troncal: Desasignado, SOTFSWITCH FTT 21718, 3815890 - 3815899 CNT

Formato: xxxxxx, *[1,2,3,5,6,9][0-9]*@*

Reemplazo:

Guardar

Figura. 4.28. Dial Plan

4.5.2 Conexión del Sistema Siper en la ESPE.

Asignado la ip 10.21. 234.7 a la PC destinada para las pruebas en la Espe, se pudo tener conectividad hacia el servidor del Sistema Siper en el Comaco.

Accediendo a la base de datos Oracle y a la interfaz gráfica del Siper, se presentó la pantalla de inicio de dicho sistema como se ilustra en la figura 4.29. Dicha pantalla de inicialización requiere datos propios de cada personal Militar, en este caso datos de usuario y contraseña. Con la ayuda del Sgto. Milton Valencia, quien está encargado de la administración del Sistema Siper dentro de las instalaciones de la Espe, se logró ingresar al Sistema y verificar la información que brinda dicho servicio como se muestra en la figura 4.30.



Figura. 4.29. Interfaz gráfica de ingreso al Sistema Siper



Figura. 4.30. Ingreso de Personal Militar de la Espe al Sistema Siper

4.6 INSTALACIÓN DEL SISTEMA A TIERRA Y DE FUENTES DE RESPALDO

No fue necesaria la instalación del sistema a tierra ni del sistema de respaldo eléctrico como se indicó en el anterior capítulo, dichos sistemas ya se encontraban implementados en los tres sitios en los cuales se montaron los equipos. Por lo cual lo que se procedió a realizar es verificar dichos sistemas y a su vez conectar los equipos del enlace del presente proyecto a estos dos sistemas.

Luego de varias pruebas, se pudo comprobar que ambos sistemas en los tres sitios funcionan correctamente, esto debido a que en estos lugares se encuentran montados enlaces que funcionan todo el tiempo y necesariamente deben tener mantenimiento técnico.

4.6.1 Sistema de puesta a tierra y respaldo eléctrico en Miravalle

El sistema de respaldo eléctrico en las instalaciones de Miravalle es de vital importancia debido a que en caso de una falla eléctrica los diferentes equipos que funcionan en este lugar dejarían de operar y a su vez los sistemas que trabajan mediante estos equipos dejarían de

trabajar. Debido a esto, el repetidor consta de un sistema de respaldo eléctrico basado principalmente en baterías como se muestra en la figura 4.31.



Figura. 4.31. Sistema de respaldo eléctrico en Miravalle

Miravalle según el sitio donde se encuentra ubicada, es propenso a recibir una gran cantidad de descargas eléctricas especialmente en temporadas de invierno. Es por esto que el diseño y la infraestructura de protección contra rayos en este sitio es muy robusta.

La figura 4.32 muestra un esquema de la protección contra rayos y respaldo eléctrico implementado en la torre de Miravalle, mientras que en la figura 4.33 se ilustra un esquema de la protección contra rayos y respaldo eléctrico implementado en la caseta de Miravalle.

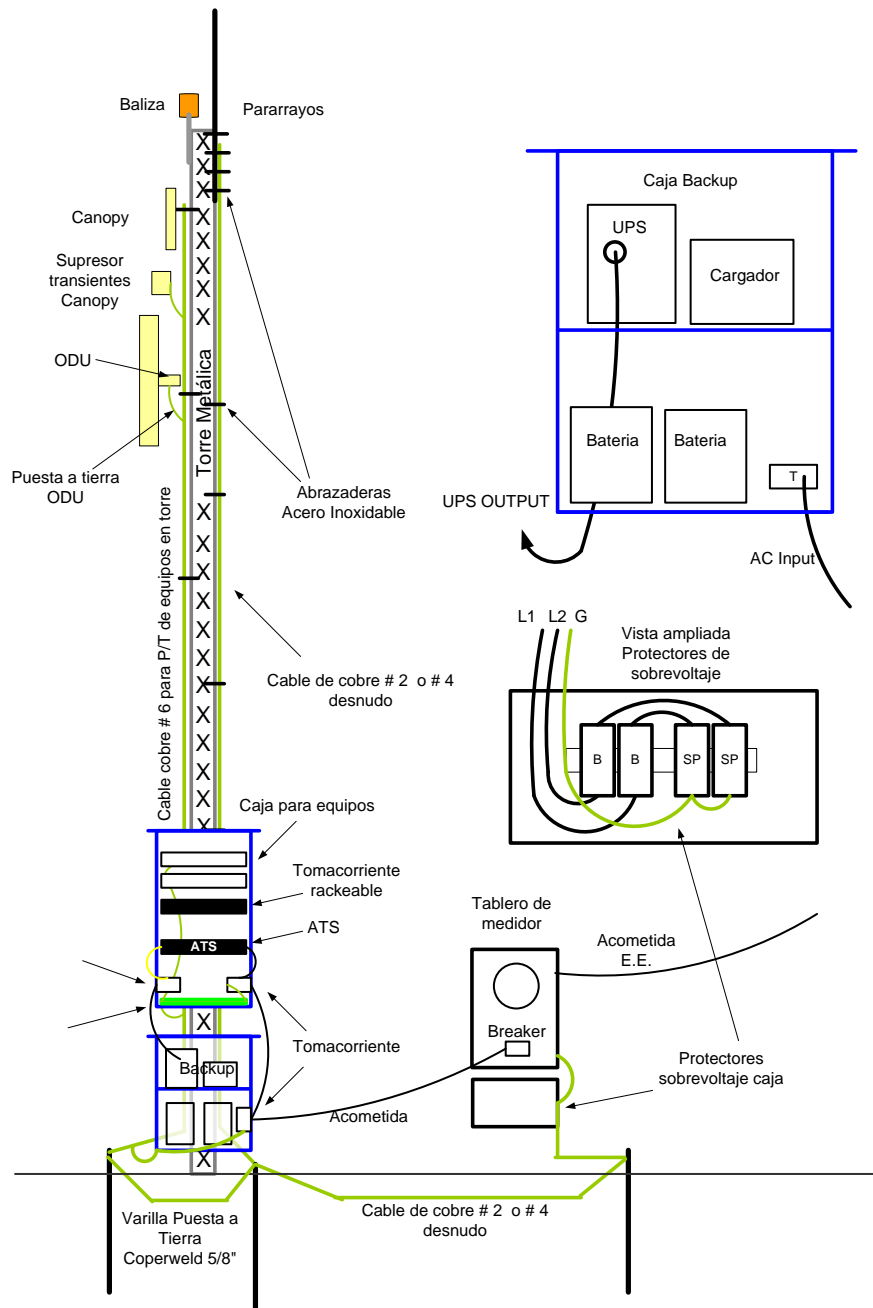


Figura. 4.32. Esquema de protección contra rayos y respaldo eléctrico en la torre de Miravalle

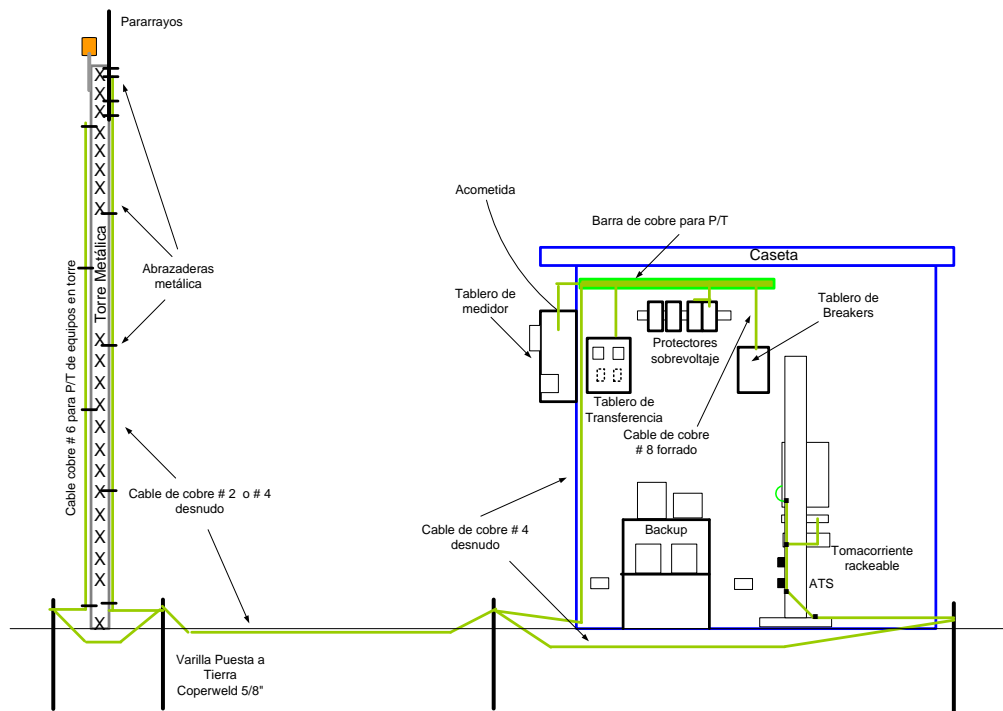


Figura. 4.33. Esquema de la protección contra rayos y respaldo eléctrico en la caseta de Miravalle

Al verificar las instalaciones de Miravalle, se pudo comprobar la existencia de un sistema de protección contra rayos que protegía a la totalidad de los equipos que se encontraban instalados tanto en la torre como en la caseta de equipos.

Dentro de la caseta de Miravalle como se puede observar en la figura 4.34, se encuentra instalada una placa de cobre a la que se conecta el sistema completo de protección y a su vez a este se conectan los equipos para la respectiva protección.

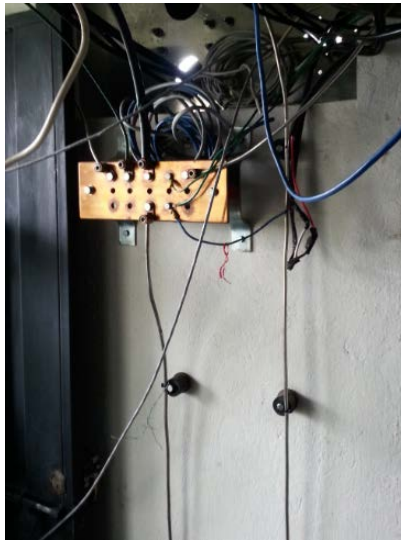


Figura. 4.34. Protección contra rayos instalada en el interior de la caseta de Miravalle

De igual manera en los exteriores de la caseta junto a la torre como se muestra en la figura 4.35, se encuentra otra placa de cobre que permite que los equipos que se encuentran montados en la torre sean protegidos por el sistema de protección contra descargas eléctricas.

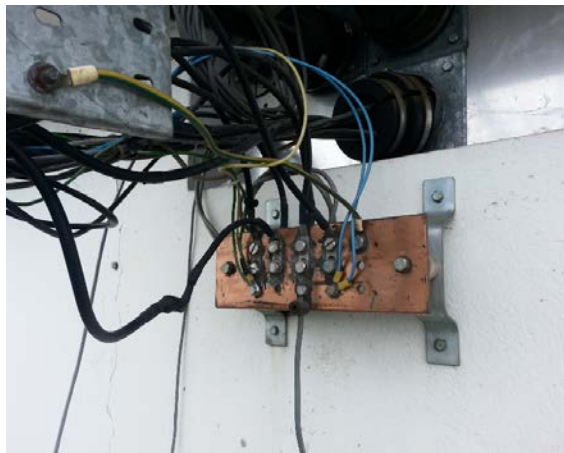


Figura. 4.35. Protección contra rayos instalada en el exterior junto a la torre de Miravalle

4.6.2 Sistema de puesta a tierra y respaldo eléctrico en la Comandancia

El funcionamiento del sistema eléctrico en las instalaciones de la Comandancia se basa en la utilización de Ups como se aprecia en la figura 4.36. Debido a que este sistema no solo respalda los equipos de radio que tiene el edificio sino a todas las unidades eléctricas de la Comandancia, este respaldo eléctrico consta de todo un cuarto de Ups como se indican en la figura 4.37, que incorporan una serie de generadores en caso de un corte eléctrico.

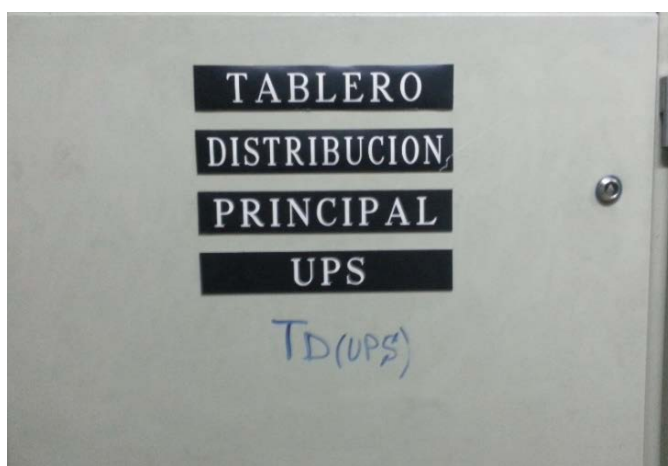


Figura. 4.36. Tablero de distribución principal de Ups dentro de las instalaciones de la Comandancia



Figura. 4.37. Cuarto de Ups y Generadores Eléctricos en las instalaciones de la Comandancia

En lo que se refiere al sistema de puesta a tierra ilustrado en la figura 4.38, todo el edificio de la Comandancia está protegido por una malla de tierra que se forma en uno de los lados de las instalaciones. Este sistema protege a todos los equipos eléctricos de este edificio.



Figura. 4.38. Cámara de puesta a tierra de la Comandancia

Este sistema es un conjunto de conductores desnudos que permiten conectar los equipos del edificio a un medio de referencia en este caso la tierra como se muestra en la figura 4.39.

Tres componentes constituyen la resistencia de la malla de tierra:

- La resistencia del conductor que conecta los equipos a la malla de tierra.
- La resistencia de contacto entre la malla y el terreno.
- La resistencia del terreno donde se ubica la malla.

La malla de tierra está formada por distintos elementos como:

- Barras enterradas.
- Conductores instalados horizontalmente formando diversas configuraciones.
- Un reticulado instalado en forma horizontal que tiene barras conectadas en forma vertical en algunos puntos de ella.



Figura. 4.39. Sistema de puesta a tierra de la Comandancia

4.6.3 Sistema de puesta a tierra y respaldo eléctrico en la Espe

El sistema de respaldo eléctrico en el edificio central de la Espe, se fundamenta en la utilización de Ups y generadores de electricidad. Debido a la gran cantidad de equipos que funcionan en estas instalaciones, este sistema es muy robusto y cumple con todas las normas que rigen a este tipo de sistemas. La protección contra rayos que tiene la torre de telecomunicaciones así como el sistema de puesta a tierra que se muestra en la figura 4.40 para el adecuado funcionamiento de los equipos eléctricos en las instalaciones de este edificio, son sistemas adecuados y que funcionan de correcta manera.

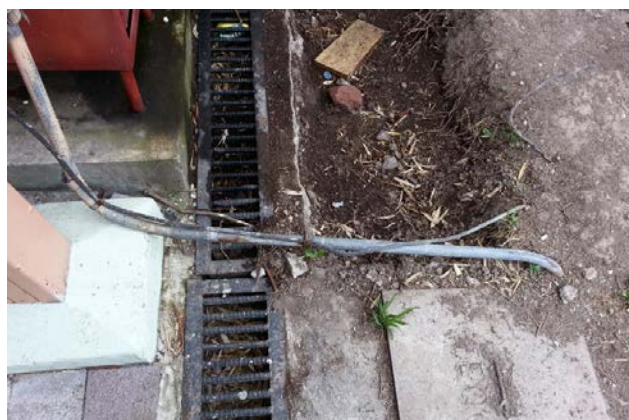


Figura. 4.40. Sistema de puesta tierra en el edificio central de la Espe

CAPITULO V

PRUEBAS Y EVALUACION DEL ENLACE

5.1 PRUEBAS Y EVALUACIÓN DE LA RED CON INYECTORES DE TRÁFICO PARA DETERMINAR BITRATE, THROUGHPUT, PACKETLOS, DELAY

5.1.1 Niveles de recepción del enlace Espe - Comandancia mediante interfaz de los Radios

La figura 5.1 muestra el escenario completo del enlace da datos sobre el cual se van a ejecutar las pruebas y evaluación.

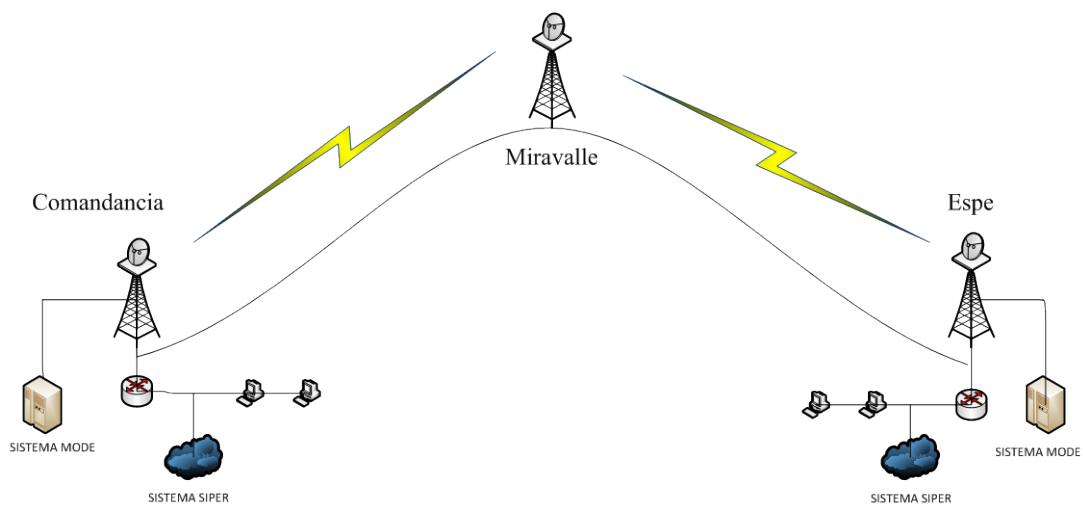


Figura. 5.1. Escenario completo del enlace de datos sobre el cual se realizan las pruebas y evaluación

Espe – Miravalle

Una vez montadas y alineadas de correcta manera los equipos de radio, se procedió a probar y evaluar el enlace. La figura 5.2 describe el aceptable nivel de potencia de enlace Espe – Miravalle, dicho valor están en lo -72dBm, es decir dentro del rango de entre -65 dBm y – 85 dBm que indica las especificaciones del Ubiquiti NanoStation5.

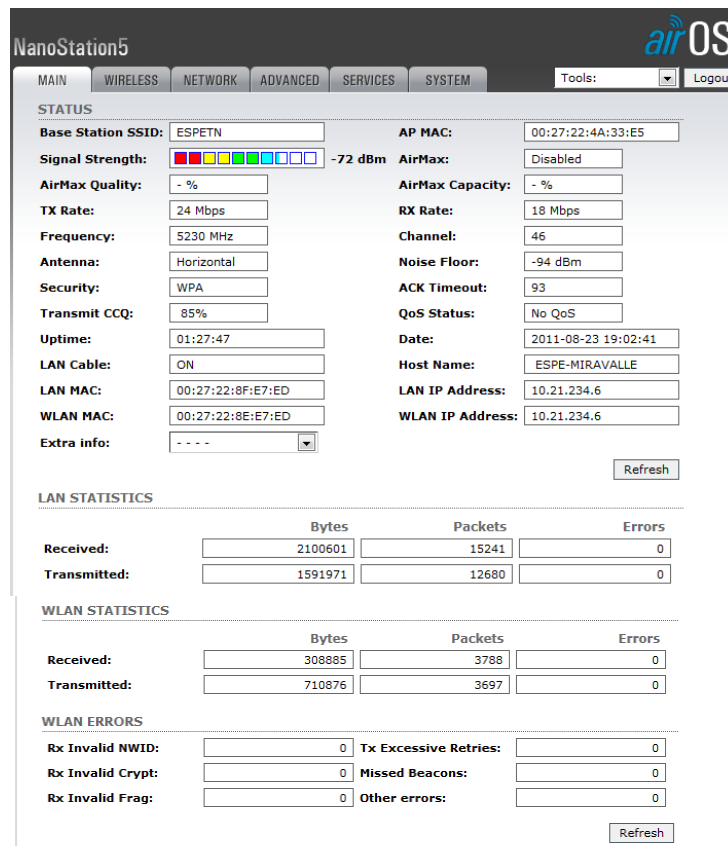


Figura. 5.2. Niveles de Recepción en el enlace Espe - Miravalle

Comandancia – Miravalle

El nivel de potencia en el enlace Comandancia - Miravalle como lo muestra la figura 5.3 es de -73dBm, es decir, cumple con las especificaciones del Ubiquiti NanoStation5 que indica una correcta operatividad dentro del rango de entre -65 dBm y – 85 dBm.

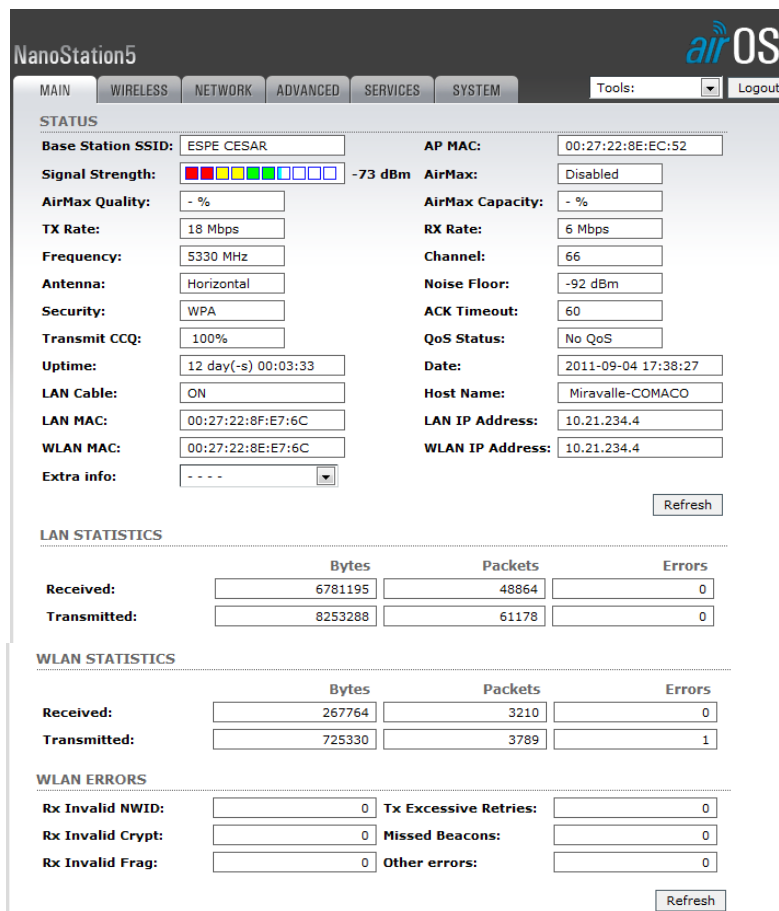


Figura. 5.3. Niveles de Recepción en el enlace Comandancia - Miravalle

Se realiza pruebas de ping de lado a lado en el enlace y se verifican tiempo de respuesta que permiten que los dos sistemas, tengan un buen funcionamiento.

El software de los Radios Ubiquiti NanoStation5 tiene una herramienta para verificar el Ancho de Banda que circula por el canal en tiempo real *Network Speed Test* es la herramienta que permite observar dicho tráfico. El único parámetro que se debe ingresar en un lado de enlace en este caso Comandancia, es la dirección ip del otro punto en este caso la ip asignada al radio de la Espe. Con esto se realiza un *speed test* del enlace, que para el presente proyecto se verifica un ancho de banda que llega a los 1.022 Mbps como muestra la figura 5.4, ancho de banda aceptable para transmitir los dos sistemas a ser transmitidos.

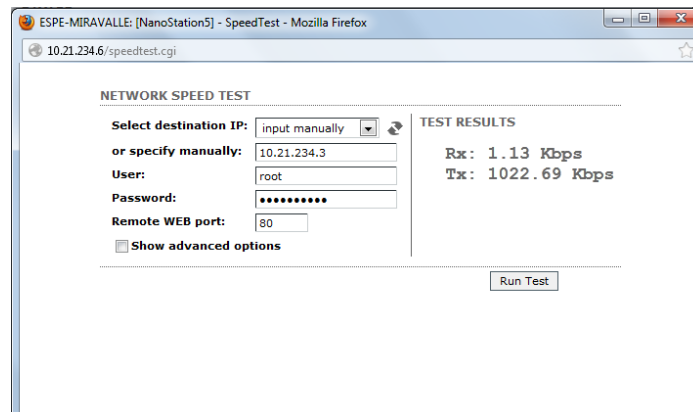


Figura. 5.4. Ancho de Banda en el enlace Comandancia - Miravalle

5.1.2 Pruebas del enlace Espe Comandancia mediante DITG

Para la determinación parámetros como Bitrate, Throughputs, Packetloss y Delay se utilizó el inyector de tráfico DITG.

DITG³⁸ (Distributed Internet Traffic Generator) es una plataforma de código abierto para la generación de tráfico, capaz de producir tráfico IPv4 e IPv6 para paquetes con tamaño y tiempo inter-salida variable. Está concebida para ser usada como una herramienta distribuida de medición de rendimiento, capaz de calcular el retardo de ida y de ida-y-vuelta, la tasa de pérdida de paquetes, el jitter y el throughput.

El inyector de tráfico DITG es una herramienta que se han creado para lograr simular comunicaciones de tiempo real por medio de una interfaz gráfica la cual permite al usuario una interacción con el programa mucho más fácil.

El DITG tiene la capacidad de enviar órdenes a fuentes y sumideros de tráfico remotos así como también de un servidor de log el cual facilita fichar el tráfico inyectado de una

³⁸ D-ITG, Distributed Internet Traffic Generator, <http://www.grid.unina.it/software/ITG/index.php>, 26/02/2013

manera estadística para lograr la QoS. Otra de las ventajas de dicho simulador es que los resultados aparecen a través de gráficas lo que hace el análisis del tráfico mucho más sencillo.

- **Parámetros**

- **Bitrate**

Es el número de bits que se transmiten por unidad de tiempo a través de un sistema de transmisión digital o entre dos dispositivos digitales. Se analiza el *throughput* que se define como medida de la tasa de transferencia de datos a través de un sistema de comunicaciones. Por lo tanto, las unidades del *throughput* son bits por segundo o bytes por segundo.

- **Jitter**

Se define técnicamente como la variación en el tiempo en la llegada de los paquetes, causada por congestión de red, pérdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino.

- **Packet Loss**

Es la probabilidad de pérdida de paquetes que puede darse en una red por diferentes causas como pueden ser las colisiones en un medio congestionado, inundaciones de red producidas por broadcast, o por la latencia que no es más que la suma de los retardos producidos en el medio de una red.

- **Delay**

El retardo es la diferencia que existe entre el momento en que una señal es transmitida y el momento que la señal llega a su destino.

- **Configuración de DITG**

Para realizar las diversas pruebas es necesario configurar los equipos que intervendrán en la comunicación correctamente, cada vez que se haga una prueba se debe copiar el *log* resultante y sus análisis obtenidos mediante la herramienta *Analyzer*, en una carpeta distinta a la original ya que la información se sobre escribe.

Emisor

➤ Define Flow

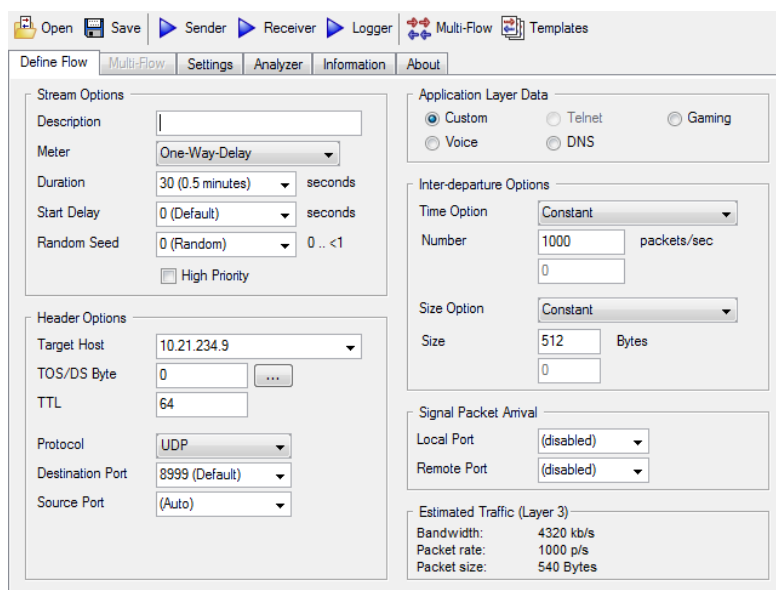


Figura. 5.5. Configuración de Define Flow en el emisor

En la pestaña Define Flow como ilustra la figura 5.5, se debe configurar la duración de tiempo en la que se realizara la inyección de tráfico, la dirección ip destino, el tipo de protocolo a utilizar en la transmisión y el número de paquetes a ser enviados.

➤ Settings

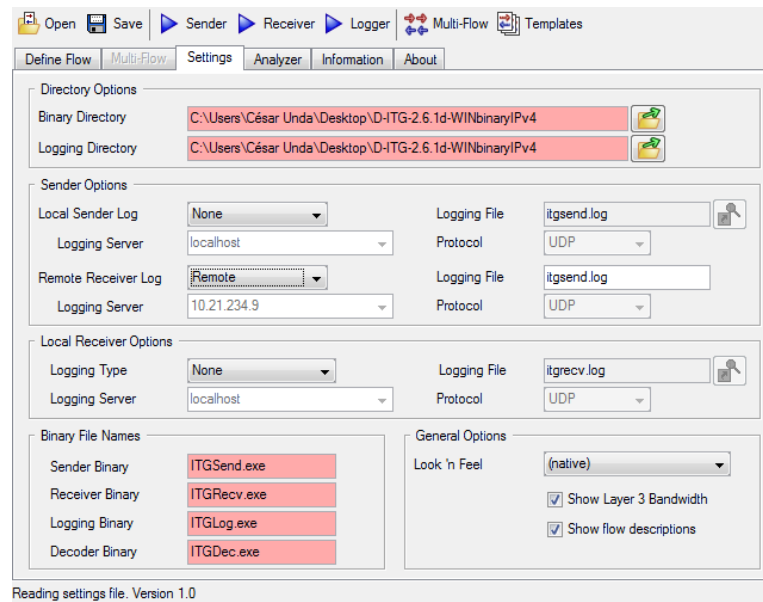


Figura. 5.6. Configuración de Settings en el emisor

En Settings se configura la ip destino y el nombre que se dará al archivo *.log* que se generará, esto se lo puede observar en la figura 5.6 y en la tabla 5.1 de parámetros.

Tabla. 5.1. Parámetros de Setting en el emisor

Parámetros	Valor
Remote Receiver Log	10.21.234.9
Logging File	nombre.log

Receptor

➤ Define Flow

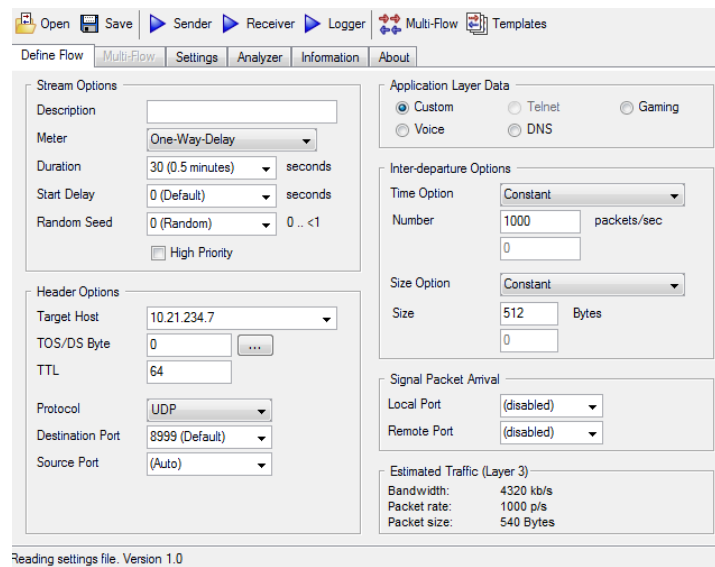


Figura. 5.7. Configuración de Define Flow en el receptor

La configuración en el receptor que se muestra en la figura 5.7 se asemeja a la del inyector en el equipo emisor, con la única diferencia que se configura en Target Host la ip del equipo emisor.

➤ Settings

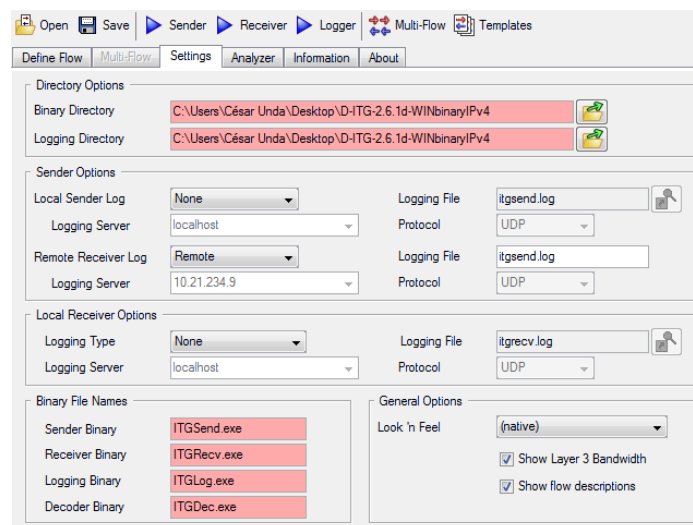


Figura. 5.8. Configuración de Settings en el receptor

En Settings como describe la figura 5.8 se configura la ip destino, en este caso del emisor.

➤ Analyzer

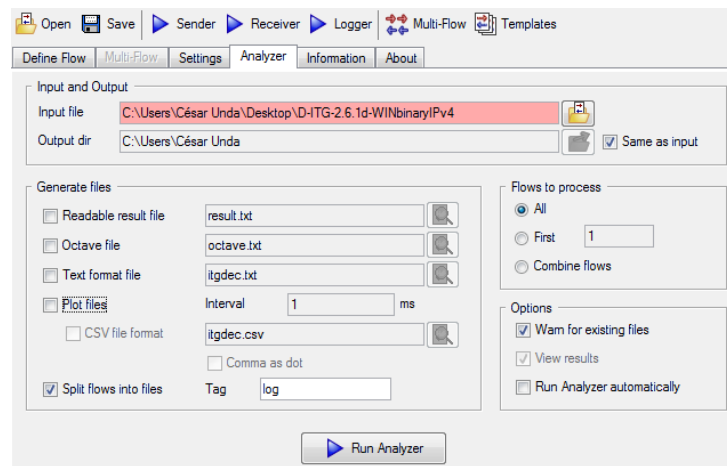


Figura. 5.9. Configuración de Analyzer en el receptor

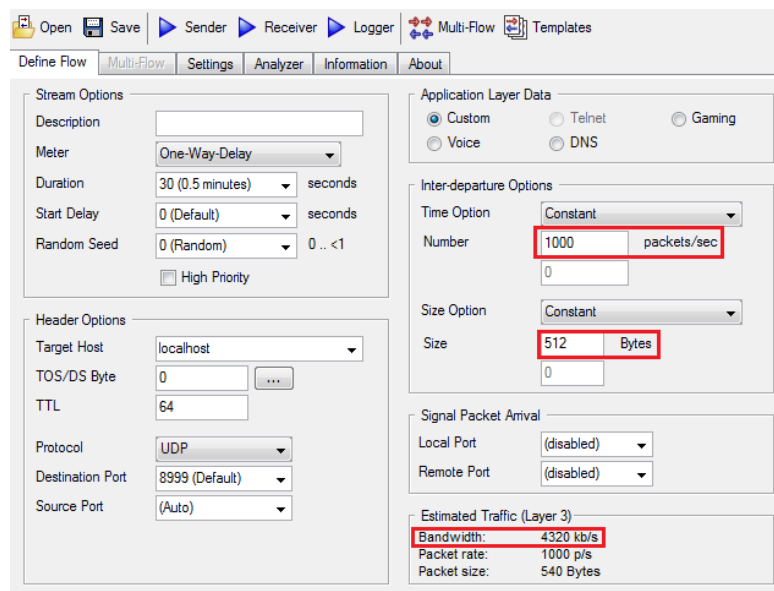
En la pestaña Analyzer como muestra la figura. 5.9, se determina las direcciones del archivo de entrada y de salida, además se señalan los ficheros que se desean generar, en este caso se obtuvieron archivos .txt que resumen los resultados de la simulación, y los archivos .dat que posteriormente servirán para obtener las gráficas de *delay*, *jitter*, *packet loss* y *throughput* con la herramienta *GNU PLOT*.

5.1.2.1 Envío de 1000 paquetes de datos

La tabla 5.2 muestra los parámetros de configuración necesaria para realizar el envío de 1000 paquetes de datos por el enlace implementado. El DIT-G es capaz de calcular el ancho de banda máximo que se requerirá para poder transportar los datos, en este caso como se observa en la figura 5.10 el valor es de 4320 Kbps.

Tabla. 5.2. Parámetros de configuración durante el envío de 1000 paquetes

Parámetros	Valor
Duration	30 (0.5 minutes)
Target Host (Dirección destino)	10.21.234.9
Protocol	UDP
Number (Paquetes por segundo)	1000 packets/sec
Size (Tamaño)	512 Bytes
Ancho de Banda requerido para transportar los datos	4320 Kbps

**Figura. 5.10. Configuración de parámetros para envío de 1000 paquetes por el enlace**

La tabla 5.3 muestra los resultados obtenidos al inyectar tráfico de 1000 paquetes con tamaño de 512 bytes.

Tabla. 5.3. Resultados totales al inyectar tráfico de 1000 paquetes por el canal

```

Unable to rename file '1-10.21.234.7-10.21.234.9.dat'
-----
Flow number: 1
From 10.21.234.7:58460
To 10.21.234.9:8999
-----
Total time           = 30.715000 s
Total packets        = 19350
Minimum delay        = 582.749000 s
Maximum delay        = 585.217000 s
Average delay        = 583.569632 s
Average jitter       = 0.002823 s
Delay standard deviation = 0.464627 s
Bytes received       = 9907200
Average bitrate      = 2580.419990 kbit/s
Average packet rate  = 629.985349 pkt/s
Packets dropped      = 280195 (93.54 %)
-----
***** TOTAL RESULTS *****
-----
Number of flows      = 1
Total time           = 30.715000 s
Total packets        = 19350
Minimum delay        = 582.749000 s
Maximum delay        = 585.217000 s
Average delay        = 583.569632 s
Average jitter       = 0.002823 s
Delay standard deviation = 0.464627 s
Bytes received       = 9907200
Average bitrate      = 2580.419990 kbit/s
Average packet rate  = 629.985349 pkt/s
Packets dropped      = 280195 (93.54 %)
Error lines          = 0
-----

```

➤ Bitrate

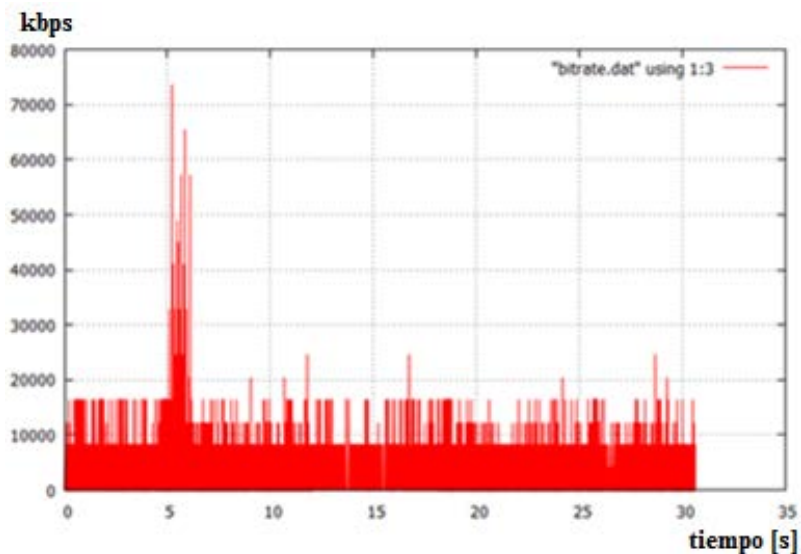


Figura. 5.11. Bitrate Comandancia – Espe con 1000 paquetes enviados

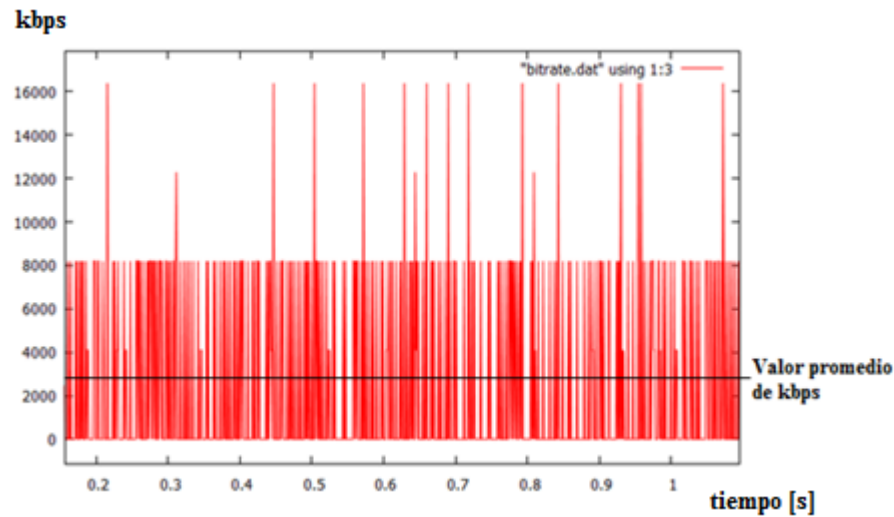


Figura. 5.12. Bitrate en escala de 1 segundo, Comandancia – Espe con 1000 paquetes enviados

Al realizar la inyección de tráfico UDP (no orientado a la conexión) con un flujo de datos de 1000 paquetes/s con un tamaño de paquetes de 512 bytes en un tiempo de 30 segundos, se puede apreciar en la figura 5.11 el tráfico generado pudiéndose notar que debido a la escala de tiempo 30 segundos en la que está la gráfica, a simple vista se podría indicar que el tráfico promedio es 8000 kbps pero ampliando la escala a 1 segundo como se puede ver en la figura 5.12 donde se visualiza que el promedio de tráfico es de 2500 kbps, valor que se aproxima con el entregado por el DITG y que se puede visualizar en la tabla 5.5 en el parámetro de Average Bitrate.

Cabe recalcar que en redes inalámbricas IEEE 802.11, la presencia de interferencias severas producen considerablemente la baja de las tasas de transmisión de datos hasta obtener resultados satisfactorios en el canal físico. El resultado de esa acción es que se disminuye considerablemente la capacidad de la red inalámbrica.

➤ **Delay**

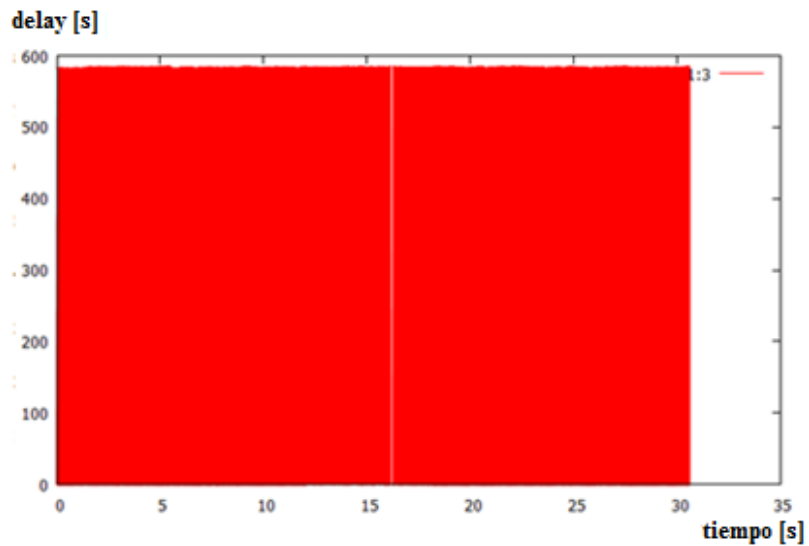


Figura. 5.13. Delay Comandancia – Espe con 1000 paquetes enviados

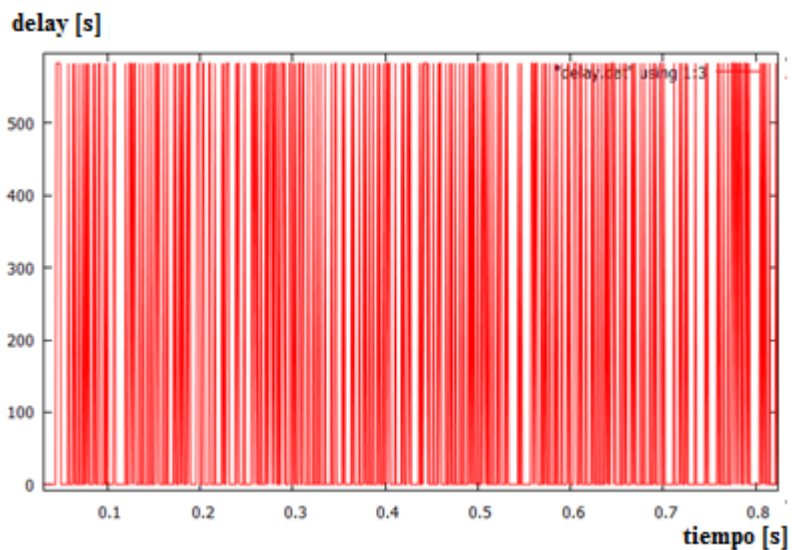


Figura. 5.14. Delay en escala de 1 segundo Comandancia – Espe con 1000 paquetes enviados

El retardo es la diferencia que existe entre el momento en que una señal es transmitida y el momento que la señal llega a su destino.

Después de realizar la inyección de tráfico de 1000 paquetes por el canal, se logró verificar que tanto el emisor como el receptor están sincronizados debido a que se obtuvieron valores positivos de delay tal y como se observa en la figura 5.13.

Durante un tiempo de prueba de 30 segundos se pudo establecer un valor mínimo de delay de 582.74 s, un valor máximo de 585.217s y un valor promedio de delay de 583.569s lo cual se puede apreciar de mejor manera en la figura 5.14 en una escala de 1 segundo. Analizando los resultados se verifica la existencia de un delay constantes y que no varía debido a que se tiene una trasmisión de datos que se mantiene. Además y como aspecto fundamental, se aprecia un valor de retardo elevado debido a que el canal está saturado por la excesiva cantidad de datos enviados.

➤ Jitter

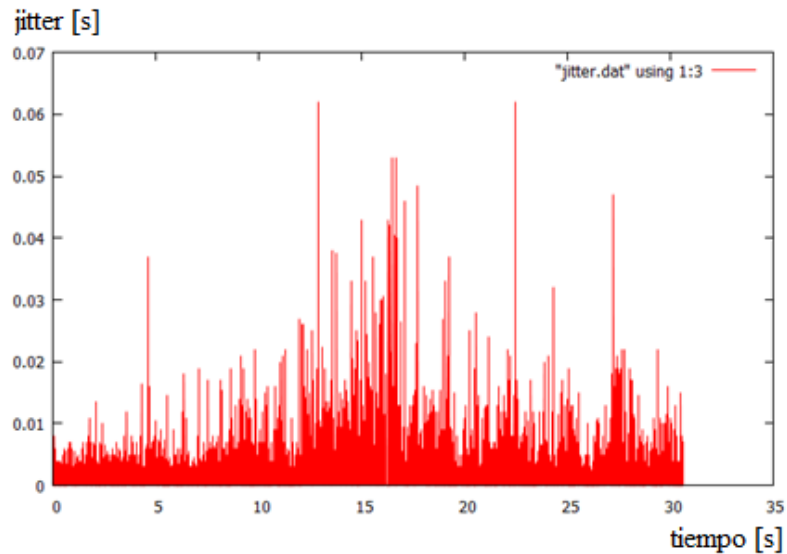


Figura. 5.15. Jitter Comandancia – Espe con 1000 paquetes enviados

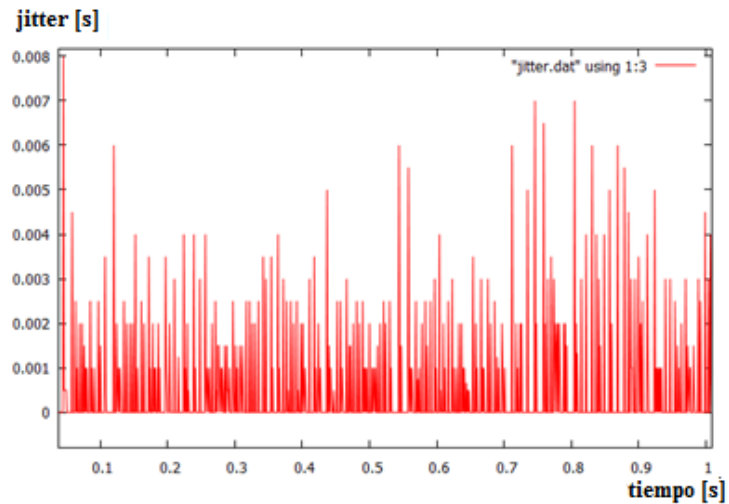


Figura. 5.16. Jitter en escala de 1 segundo Comandancia – Espe con 1000 paquetes enviados

Dada la saturación del enlace mostrada en la figura 5.15 el Jitter llegó a un valor máximo de 60 ms con promedio de 2,823 ms visualizado en la figura 5.16. Este máximo valor es inaceptable si la red se destina al tráfico de VoIP u otras aplicaciones sensibles al tiempo. Este efecto es especialmente molesto en aplicaciones como telefonía ip ya que provoca que algunos paquetes lleguen demasiado pronto o tarde para poder entregarlos a tiempo.

➤ **Packetloss**

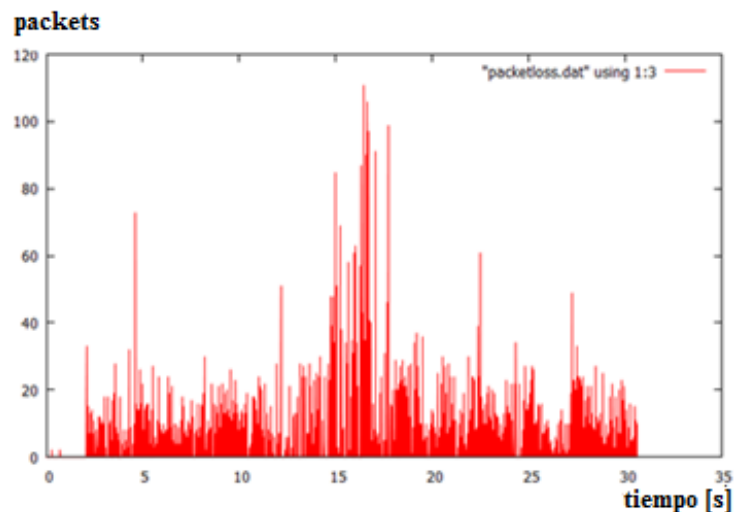


Figura. 5.17. Packetloss Comandancia – Espe con 1000 paquetes enviados

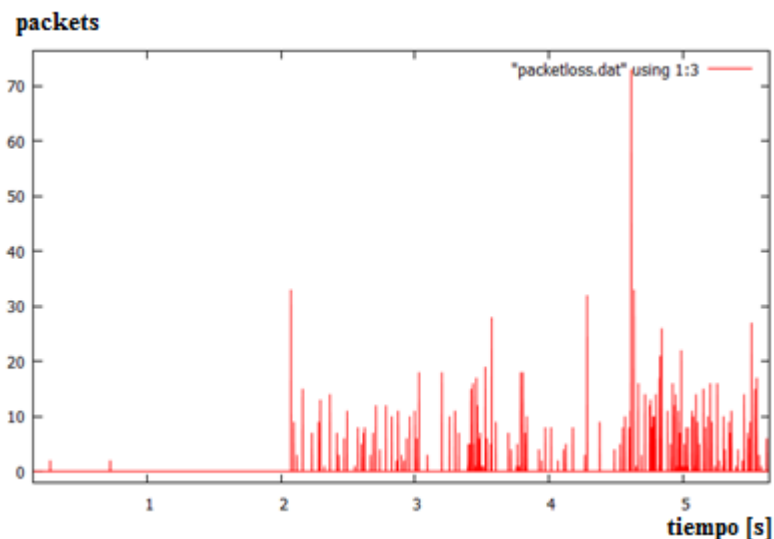


Figura. 5.18. Packetloss en escala de 5 segundos Comandancia – Espe con 1000 paquetes enviados

La gran cantidad de paquetes perdidos debido a la alta tasa de transferencia configurada, se la puede apreciar en la tabla 5.3 de resultados que indica un 93.54 % de pérdida de paquetes generado por la saturación del enlace, esto se puede apreciar de manera más gráfica en una escala de 5 segundos como muestra la figura 5.18.

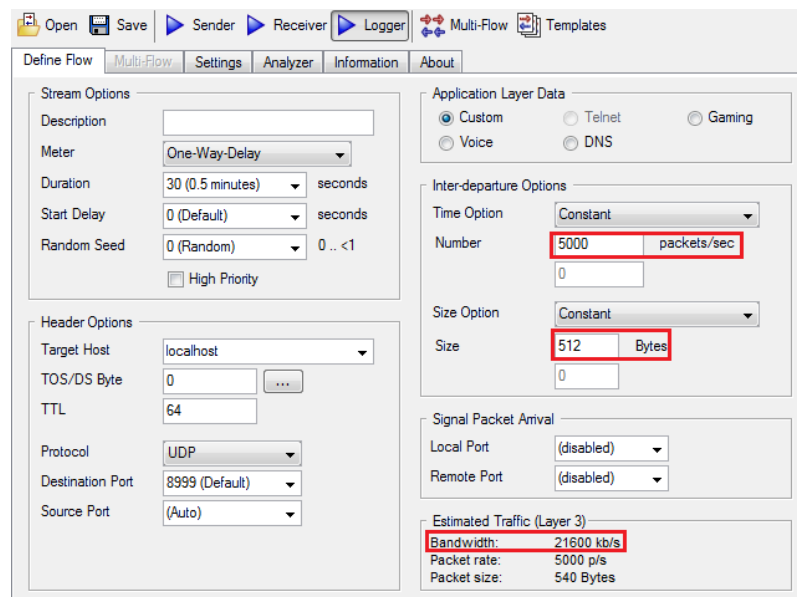
La figura 5.17 de resultados, muestra la gran cantidad de pérdida de paquetes en total 280195 por cada envío de bits efectuado.

5.1.2.2 Envío de 5000 paquetes de datos

La tabla 5.4 muestra los parámetros de configuración para realizar el envío de 5000 paquetes de datos por el enlace implementado.

Tabla. 5.4. Parámetros de configuración durante el envío de 5000 paquetes

Parámetros	Valor
Duration	30 (0.5 minutes)
Target Host (Dirección destino)	10.21.234.9
Protocol	UDP
Number (Paquetes por segundo)	1000 packests/sec
Size (Tamaño)	512 Bytes
Ancho de Banda requerido para transportar los datos	4320 Kbps

**Figura. 5.19. Configuración de parámetros para envío de 1000 paquetes por el enlace**

La tabla 5.5 muestra los resultados obtenidos al inyectar tráfico de 5000 paquetes con tamaño de 512 bytes.

Tabla. 5.5. Resultados totales al inyectar tráfico de 5000 paquetes por el canal

```

Unable to rename file '1-10.21.234.9-10.21.234.7.dat'
-----
Flow number: 1From 10.21.234.9:61429To 10.21.234.7:8999
-----
Total time           = 31.587000 s
Total packets        = 15600
Minimum delay        = -582.688000 s
Maximum delay        = -580.967000 s
Average delay        = -581.170296 s
Average jitter       = 0.003471 s
Delay standard deviation = 0.183450 s
Bytes received       = 2648064
Average bitrate      = 2067.415149 kbit/s
Average packet rate  = 504.740027 pkt/s
Packets dropped      = 293709 (98.27 %)
-----

***** TOTAL RESULTS *****
-----
Number of flows      = 1
Total time           = 31.587000 s
Total packets        = 15600
Minimum delay        = -582.688000 s
Maximum delay        = -580.967000 s
Average delay        = -581.170296 s
Average jitter       = 0.003471 s
Delay standard deviation = 0.183450 s
Bytes received       = 2648064
Average bitrate      = 2067.415149 kbit/s
Average packet rate  = 504.740027 pkt/s
Packets dropped      = 293709 (98.27 %)
Error lines          = 0
-----

```

➤ Bitrate

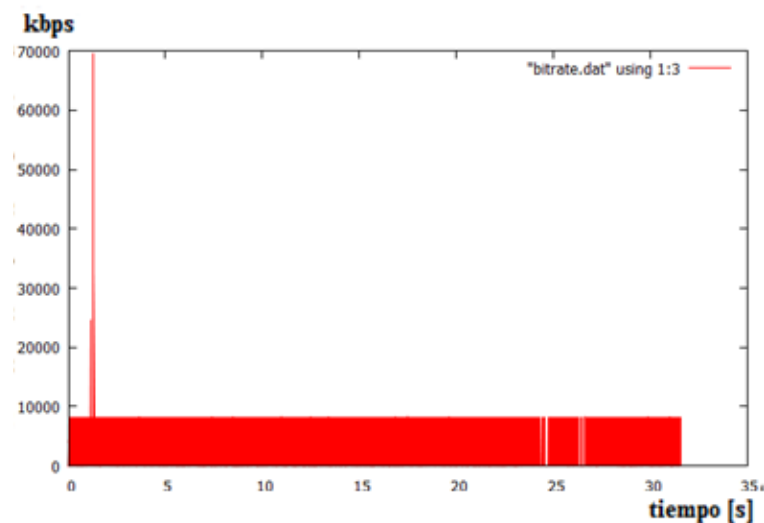


Figura. 5.20. Bitrate Comandancia – Espe con 5000 paquetes enviados

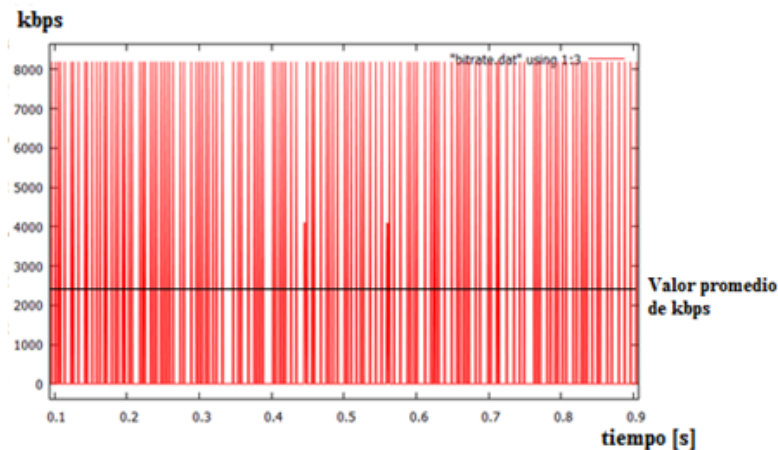


Figura. 5.21. Bitrate en escala de 1 segundo, Comandancia – Espe con 5000 paquetes enviados

Al realizar la inyección de tráfico con un flujo de datos de 5000 paquetes/s con un tamaño de 512 bytes en un tiempo de 30 segundos, se aprecia en la figura 5.20 que debido a la escala de tiempo de 30 s en la que está la gráfica, a simple vista se podría decir que el tráfico promedio es 8000 kbps pero ampliando la escala a 1 s como se puede ver en la figura 5.21 donde se visualiza que el promedio es de 2500 kbps, valor que se aproxima con el entregado por el DITG y que se puede visualizar en la tabla 5.5 en el parámetro de Average Bitrate.

➤ **Delay**

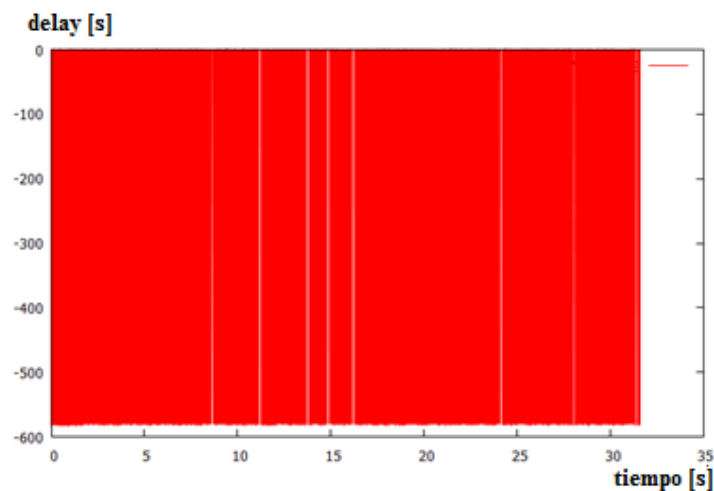


Figura. 5.22. Delay Comandancia – Espe con 5000 paquetes enviados

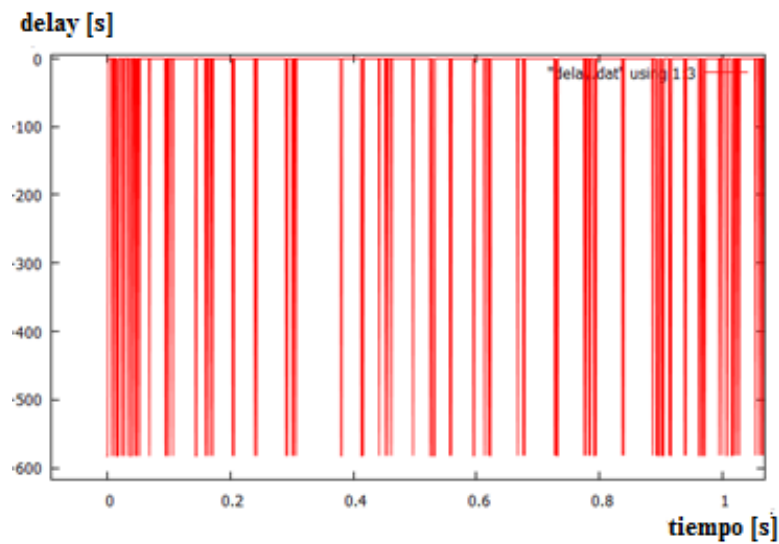


Figura. 5.23. Delay en escala de 1 segundo Comandancia – Espe con 5000 paquetes enviados

Después de realizar la inyección de tráfico de 5000 paquetes por el canal, se logró verificar en la figura 5.22 que el retardo muestra valores negativos ya que se obtuvieron valores tan altos que la herramienta DITG descarta al considerar absurdos, dando como resultado valores negativos. Esto demuestra que la saturación de la red produjo prácticamente la caída de la misma al punto de tener retardos inmanejables.

Durante un tiempo de prueba de 30 segundos se pudo establecer un valor mínimo de delay de -582.688s, un valor máximo de -580.967s y un valor promedio de delay de -581.170s lo cual se puede apreciar de mejor manera en la figura 5.23 en una escala de 1 segundo.

➤ **Jitter**

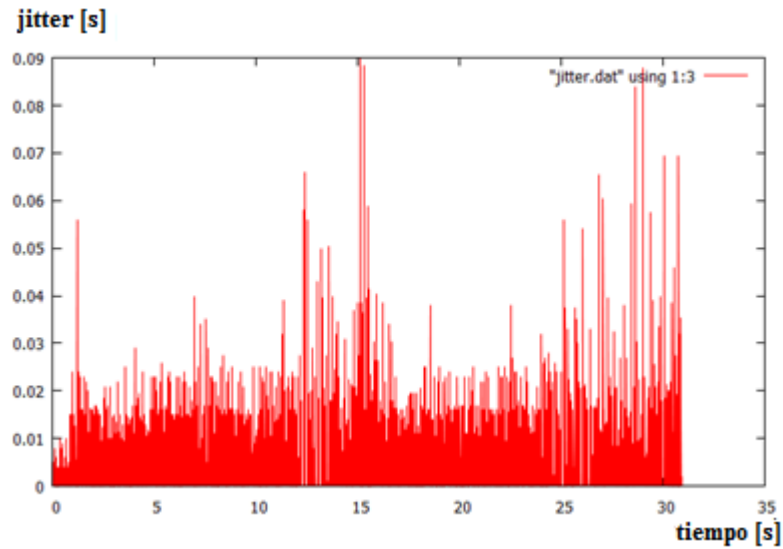


Figura. 5.24. Jitter Comandancia – Espe con 5000 paquetes enviados

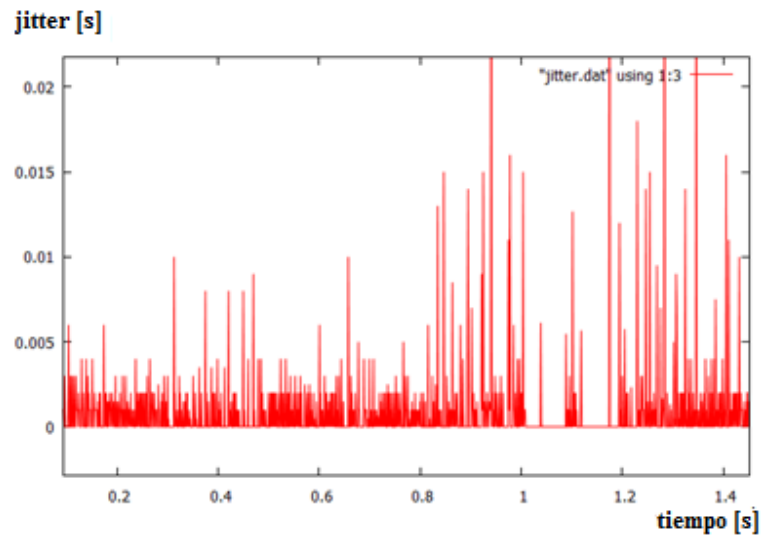


Figura. 5.25. Jitter en escala de 1 segundo Comandancia – Espe con 5000 paquetes enviados

Dada la saturación del enlace como muestra la figura 5.24 el Jitter llegó a un valor de 90 ms con un promedio de 3,471 ms visualizado de mejor manera en la figura 5.25. Este máximo valor es inaceptable si la red se destina al tráfico de VoIP u otras aplicaciones sensibles al tiempo.

➤ **Packetloss**

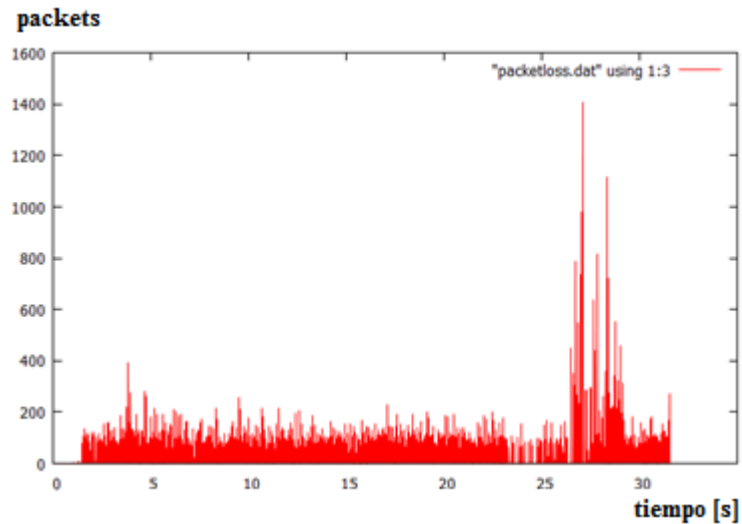


Figura. 5.26. Packetloss Comandancia – Espe con 5000 paquetes enviados

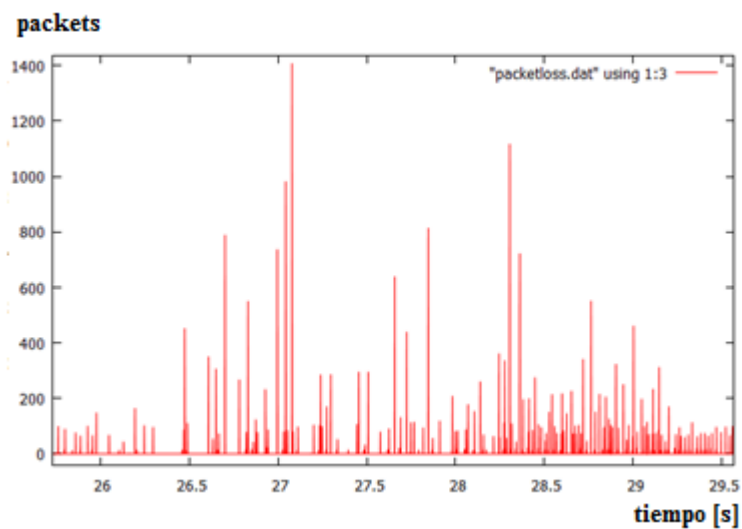


Figura. 5.27. Packetloss en escala de 5 segundos Comandancia – Espe con 5000 paquetes enviados

La gran cantidad de paquetes perdidos debido a la alta tasa de transferencia configurada, se la puede apreciar en la tabla 5.5 de resultados que indica un 98.27 % de pérdida de paquetes

generado por la saturación del enlace, esto se puede apreciar de manera más gráfica en una escala de 5 segundos como muestra la figura 5.27.

La figura 5.26 de resultados, muestra la gran cantidad de pérdida de paquetes en total 293709 por cada envío de bits efectuado.

5.1.2.3 Envío de paquetes de voz

El DITG tiene la opción de configurar envío de paquetes de voz, lo cual para el presente proyecto ayuda en gran dimensión debido a que se va a trabajar con sistema de voz ip.

La configuración en el receptor cambia y por tal motivo en vez de configurar un valor de paquetes lo que se realiza es elegir un códec de voz que simule al que se va a utilizar realmente. En este caso y el utilizado dentro de los equipos de telefonía IP de la Comandancia es el códec Voice G.711 @ 78 kbit/s como se puede verificar en la figura 5.28 y su vez los parámetros de configuración indicados en la tabla 5.6.

Tabla. 5.6. Parámetros de configuración utilizando VoIP codec G.711

Parámetros	Valor
Duration	30 (0.5 minutes)
Target Host (Dirección destino)	10.21.234.9
Protocol	UDP
Number (Paquetes por segundo)	50 packests/sec
Size (Tamaño)	200 Bytes
Ancho de Banda requerido para transportar los datos	80,1 Kbps

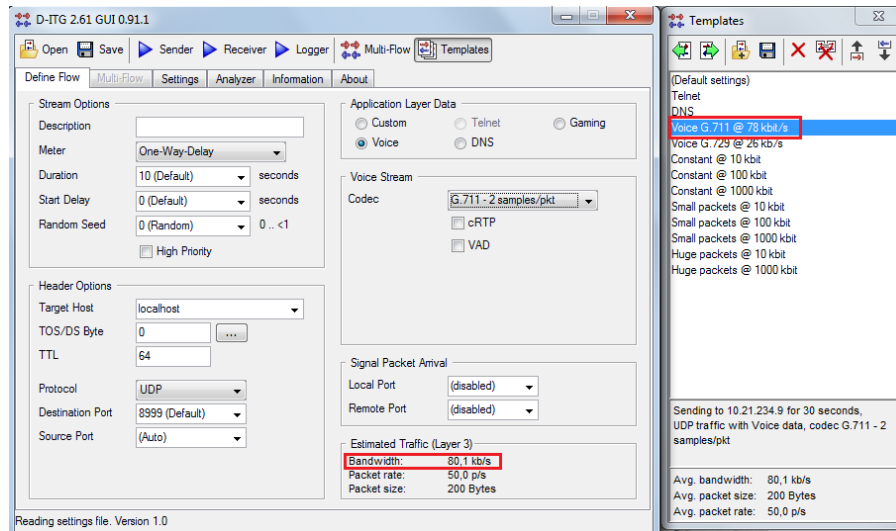


Figura. 5.28. Configuración del DITG con parámetros VoIP codec G.711

La tabla 5.7 muestra los resultados obtenidos al inyectar tráfico de VoIP utilizando el códec G.711.

Tabla. 5.7. Resultados totales al inyectar tráfico de voz por el canal

```
unable to rename file '1-10.21.234.7-10.21.234.9.dat'
-----
Flow number: 1
From 10.21.234.7:49289
To 10.21.234.9:8999
-----
Total time           = 29.991000 s
Total packets       = 2997
Minimum delay       = 582.816000 s
Maximum delay       = 582.856000 s
Average delay       = 582.819443 s
Average jitter      = 0.001793 s
Delay standard deviation = 0.002709 s
Bytes received      = 275724
Average bitrate     = 73.548465 kbit/s
Average packet rate = 99.929979 pkt/s
Packets dropped     = 3 (0.10 %)
-----

***** TOTAL RESULTS *****
-----
Number of flows     = 1
Total time         = 29.991000 s
Total packets      = 2997
Minimum delay      = 582.816000 s
Maximum delay      = 582.856000 s
Average delay      = 582.819443 s
Average jitter     = 0.001793 s
Delay standard deviation = 0.002709 s
Bytes received     = 275724
Average bitrate    = 73.548465 kbit/s
Average packet rate = 99.929979 pkt/s
Packets dropped    = 3 (0.10 %)
Error lines        = 0
-----
```

➤ **Bitrate**

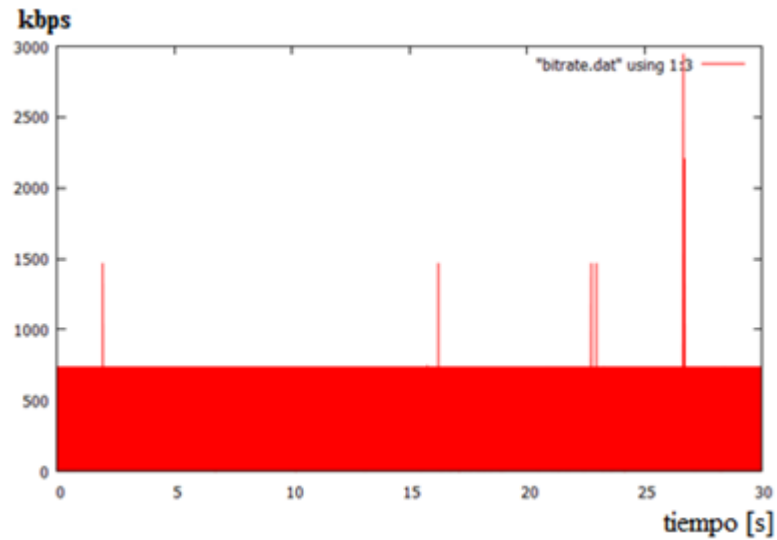


Figura. 5.29. Bitrate Comandancia – Espe con envío de tráfico de voz

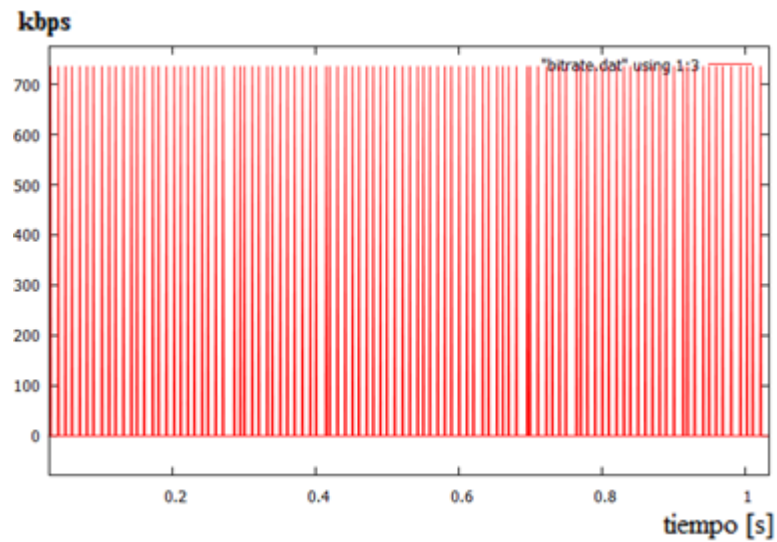


Figura. 5.30. Bitrate en escala de 1 segundo Comandancia – Espe con envío de tráfico de voz

Al realiza la inyección de tráfico de voz utilizando un códec G.711 con un flujo de datos de 50 paquetes/s con un tamaño de paquetes de 200 bytes en un tiempo de 30 segundos, se

puede apreciar en la figura 5.29 que no se genera un tráfico lo suficientemente elevando para que existiera una saturación en el enlace. Las pruebas de inyección mediante tráfico de datos de 1000 paquetes y 5000 paquetes con un tamaño de 512 bytes, indican que el ancho de banda máximo al que va a trabajar el enlace es 2500 kbps mientras que en la figura 5.29 se observa un valor máximo de 733 kbps.

En la figura 5.30 se ha expandido a una escala de 1 segundo la gráfica de bitrate pudiéndose notar en la misma que existen picos máximos que llegan a los 733 kbps los mismos que se generan en los instante que se transmiten todos los paquetes de voz en ráfaga por lo que después de este tiempo el canal queda libre en espera de otro grupo de paquetes. El ancho de banda promedio del bitrate es de 73 kbps, valor que coincide con el entregado por el DITG y que se puede visualizar en la tabla 5.7 en el parámetro de Average Bitrate el cual tiene un valor de 73,54 kbps.

➤ Delay

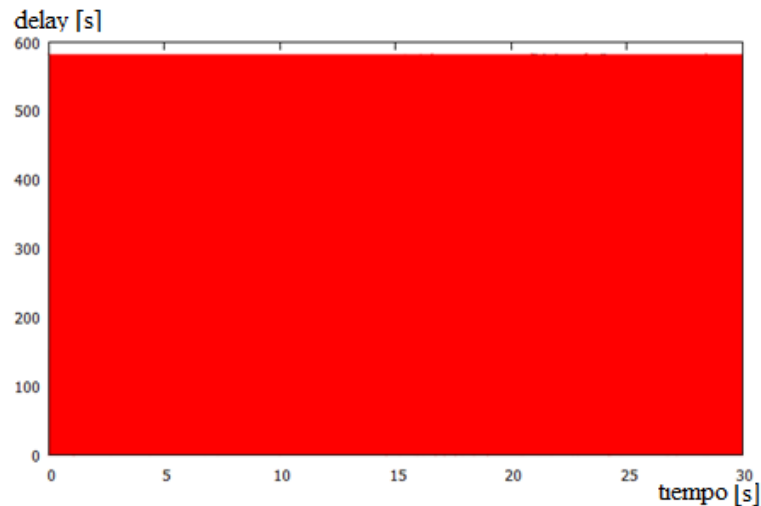


Figura. 5.31. Delay Comandancia – Espe con envío de tráfico de voz

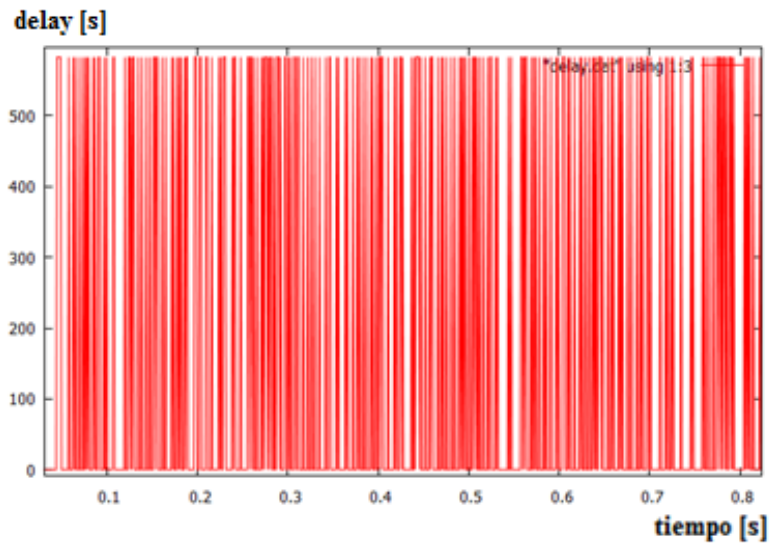


Figura. 5.32. Delay en escala de 1 segundo Comandancia – Espe con envío de tráfico de voz

Para el caso de la inyección de tráfico de voz, el retardo que es la diferencia que existe entre el momento en que una señal es transmitida y el momento que la señal llega a su destino, presenta valores positivos como ilustra la figura 5.31 e indica que tanto el emisor como el receptor están sincronizados.

Durante un tiempo de prueba de 30 segundos se pudo establecer un valor mínimo de delay de 582.816 s, un valor máximo de 582.856 s y un valor promedio de delay de 582.819 s lo cual se puede apreciar de mejor manera en la figura 5.32 en una escala de 1 segundo. Además se verifica un valor de retardo elevado debido a que es un enlace de radio y aparte consta el mismo de un punto de repetición, el mismo que hace que los tiempos se eleven y produzcan un mayor delay.

➤ **Jitter**

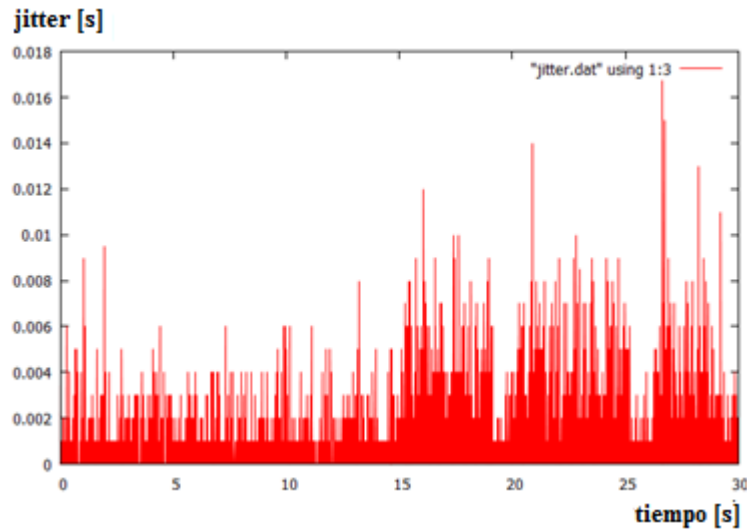


Figura. 5.33. Jitter Comandancia – Espe con envío de tráfico de voz

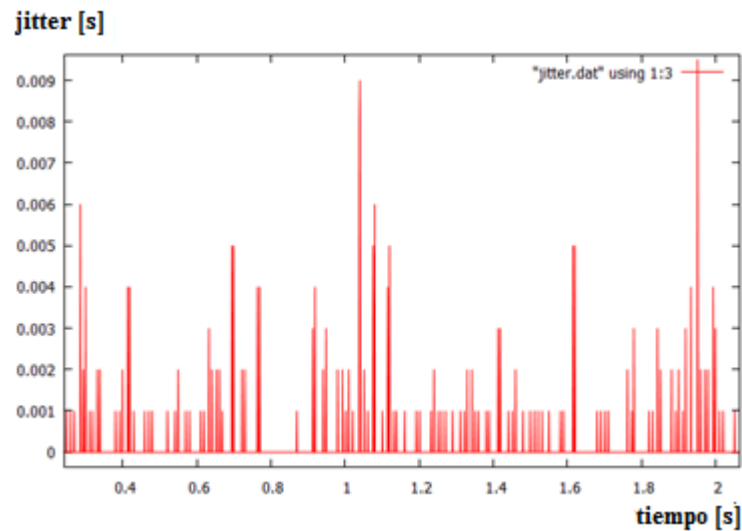


Figura. 5.34. Jitter en escala de 2 segundos Comandancia – Espe con envío de tráfico de voz

El Jitter, también conocido como variación de retardo, ocasiona que los paquetes de voz sean descartados por el receptor cuando este no recibe los paquetes a tiempo, en la práctica los usuarios perciben este problema como un entrecortado en la voz.

La variación en el tiempo en la llegada de los paquetes en la tabla 5.7, se puede observar que tiene un valor promedio de 1,79 ms y un valor máximo ilustrado en la figura 5.33 que llega a los 16 ms. En este caso como se puede verificar, el valor de Jitter es relativamente bajo, lo que quiere decir que no se presentará ningún problema el momento de realizar la transmisión real de la voz mediante la telefonía ip, esto se aprecia de mejor forma al presentar la gráfica a una escala de 2 segundos mostrado en la figura 5.34.

➤ Packetloss

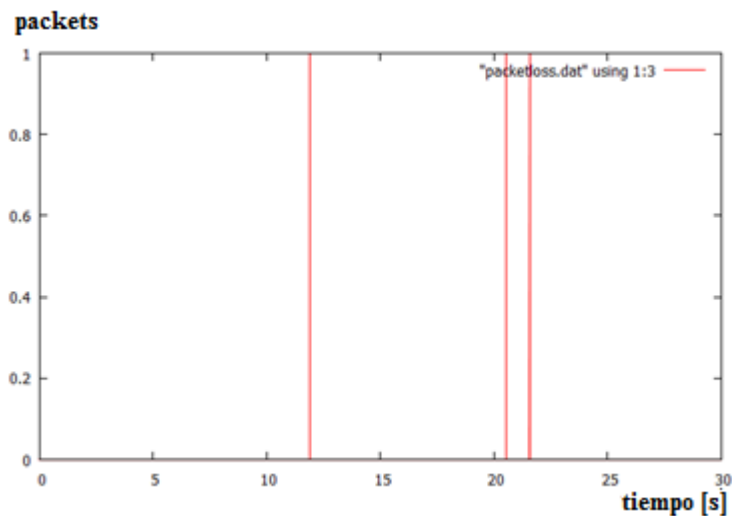


Figura. 5.35. Packetloss Comandancia - Espe

Se puede observar en la tabla 5.7 un valor de paquetes perdidos que llega al 0,01 %, esto debido a que el canal soporta la cantidad de datos enviados y por lo tanto la pérdida de paquetes es mínima como se la puede observar gráficamente en la figura 5.35.

La cantidad de información transmitida en este caso, permite tener un enlace libre de pérdidas con un rendimiento estable de la red.

5.2 PRUEBAS DE LAS LÍNEAS TELEFÓNICAS

Una vez que se tuvo conexión con la central telefónica del Comaco, se procedió a la habilitación de ocho números telefónicos para las respectivas pruebas. Los números telefónicos asignados a la Espe son: 27020, 27021, 27022, 27023, 27046, 27047, 27048, 27049, dichos números son de cinco dígitos debido a que la central telefónica funciona con ese rango de numeración, la figura 5.36 muestra lo antes indicado.

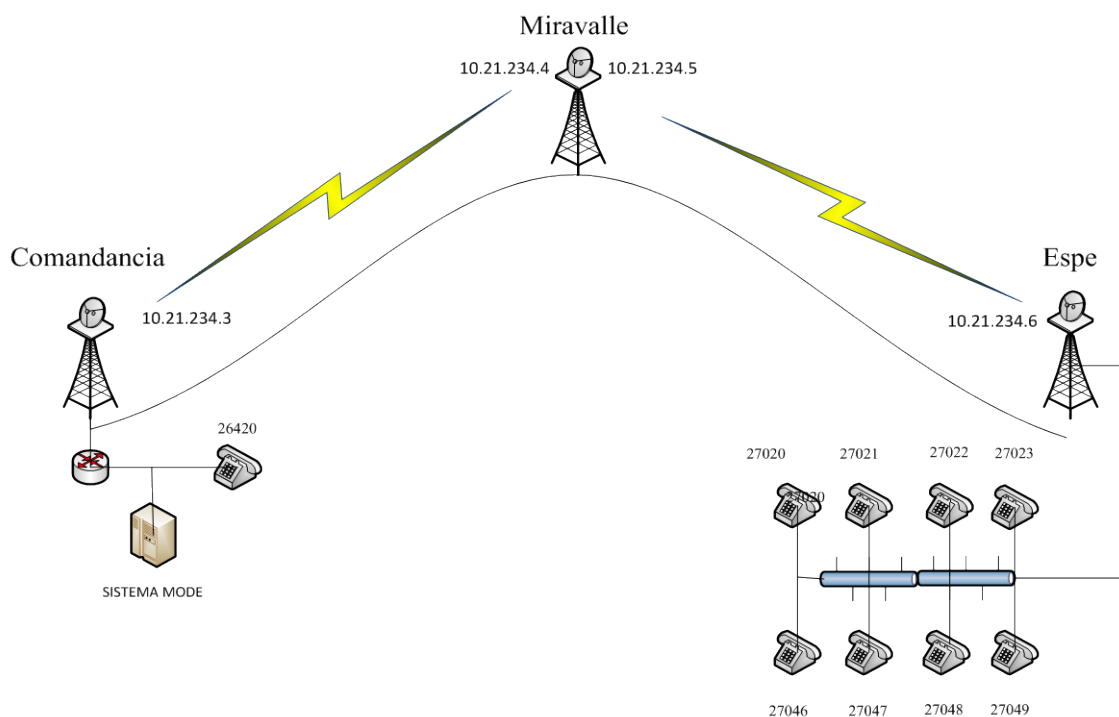


Figura. 5.36. Diagrama de conexión para acceder al Sistema Mode

Las pruebas de las líneas telefónicas se las hicieron a través de 8 teléfonos de marca Grandstream, los mismos que por medio de un switch se conectaban a la red del enlace de radio levantado con la Comandancia tal y como se presenta en la figura 5.37.



Figura. 5.37. Teléfonos Grandstream conectados a un switch para acceder al sistema Mode

Una vez configurados los teléfonos con las respectivas ips del rango asignado a la conexión en la Espe que se detalló en el capítulo anterior, se procede a realizar la llamada telefónica desde cualquiera de los ocho teléfonos hacia una extensión asignada dentro del Sistema Mode. Se llamó a la Ext. 26420 correspondiente al Centro del Control de la Comandancia desde los teléfonos ip instalados, estableciéndose la conexión en forma oportuna sin ecos ni interferencias.

Dicho procedimiento se realizó con las 7 líneas restantes probándose el estado de la comunicación de cada uno de ellos y el resultado en todas fue satisfactorio. Además se realizó una prueba en conjunto con las 8 líneas a las siguientes extensiones detalladas en la tabla 5.8.

Tabla. 5.8. Resultados de las pruebas a las ocho líneas de la Red MODE

	Direcciones IP asignados de la central de la red MODE	Numeración telefónica de la red MODE asignada a la ESPE	Extensiones de Prueba de la red MODE	Departamento al que pertenece la ext. de prueba	Resultado de la prueba
Teléfono 1	10.21.234.8	27020	26420	Centro de Control	Ok
Teléfono 2	10.21. 234.9	27021	26680	Sistemas	Ok
Teléfono 3	10.21. 234.10	27022	26677	Secretaria	Ok
Teléfono 4	10.21. 234.11	27023	26695	Telemática	Ok
Teléfono 5	10.21. 234.12	27046	26684	Planificación	Ok
Teléfono 6	10.21. 234.13	27047	26679	Administrativo	Ok
Teléfono 7	10.21. 234.14	27048	21708	Bodega	Ok
Teléfono 8	10.21. 234.15	27049	26423	Servicios Técnicos	Ok

5.3 PRUEBAS CON EL SISTEMA SIPER

Por medio de una Ip de la red de la Comandancia asignada para el enlace de la Espe como se la ilustra en la figura 5.38, se logró mediante la asignación de esta ip a una PC, la comunicación al Sistema Siper para de esta manera cumplir otro de los objetivos planteados dentro del proyecto.

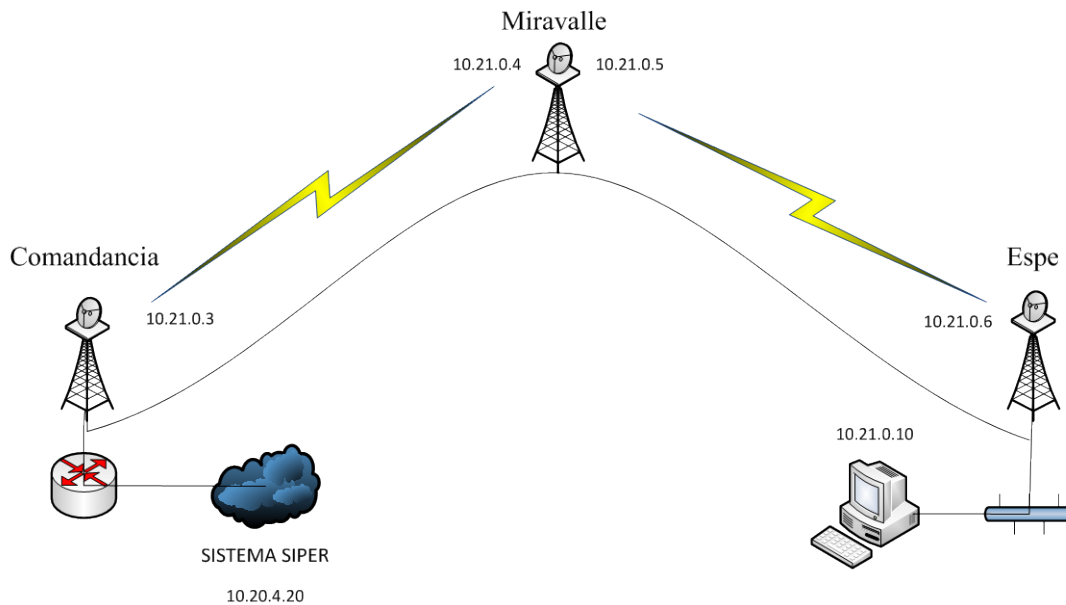


Figura. 5.38. Diagrama de conexión para acceder al Sistema Siper

Una vez ingresado al Sistema Siper, se logró verificar toda la información militar disponible que se encuentra en esta base de datos.

Una de las pruebas realizadas fue abrir la pestaña de PROCESOS/CONTROL DE PERSONAL /INFORMACIÓN PERSONAL, en la cual aparecerá una ventana de búsqueda tal y como muestra la figura 5.39.



Figura. 5.39. Ingreso a la Información Personal

Se puede localizar aquí a la persona mediante varias formas, las más principales son: por número de cédula, poniendo el primer apellido más el signo % (ALARCON %), colocando los

dos apellidos (ALARCON BAZN), buscar escribiendo las primeras letras del apellido seguido del signo % (ALARC%) o de la misma manera buscar por apellidos y un nombre más el signo % (ALARCON % JORGE %) como muestra la figura 5.40.

The screenshot displays the 'Administrativo para las Unidades (FUERZA TERRESTRE)' application. The 'Información personal' tab is active, showing the following data:

- Cédula:** 092273911-5
- Nombres:** ALARCON BAZAN JORGE LUIS
- Empleado:** MILITAR
- Clase:** TROPA
- Estado:** ACTIVO
- Grado:** SLDO
- Área:** ESPECIALISTAS
- Función:** M_IND
- Especialidad:** (empty)
- Unidad:** BATALLON DE APOYO LOGISTICO No.72 "SHYRIS" (BLN)
- Cargo:** ALBANIL

Below the personal information, there are sections for 'Información Militar', 'Fecha y Lugar de Nacimiento', 'Lugar de Residencia', 'Datos Financieros', and 'Características Físicas', each containing various dropdown menus and text input fields.

Figura. 5.40. Información del Personal Militar

Para observar datos de Licencias y Permisos como presenta la figura 5.41, se ingresa en la pestaña de PROCESOS/CONTROL DE PERSONAL/ASIGNAR DIAS DE LICENCIA, en donde aparecerá una ventana de búsqueda.



Figura. 5.41. Ingreso a la información de Licencias y Permisos del Personal Militar

De la misma manera la figura 5.42 indica que para buscar a una persona se sigue los pasos anteriormente descritos, luego clic derecho en la parte inferior del AÑO para seleccionar el año de licencia y por último se graba.

The screenshot shows a web form titled "Asignar días de licencia anual". The form contains the following fields:

- Cédula: 092273911-5
- Nombres: ALARCON BAZAN JORGE LUIS
- Empleado: MILITAR
- Clase: TROPA
- Estado: ACTIVO
- Grado: SLDO
- Área: ESPECIALISTAS
- Función: M_IND
- Especialidad:
- Unidad: BATALLON DE APOYO LOGISTICO No.72 "SHYRIS" (BLN)
- Cargo: ALBANIL

Below the form is a table with the following columns: Año, Tipo de Licencia, Dias Asignados al Año, Dias Disponibles en el año, and Dias Adicionales. The table contains one row for the year 2007, with "Con Sueldo (30 días)" selected and "Sin Sueldo" unselected. The values are 30 for assigned days, 30 for available days, and 0 for additional days.

Año	Tipo de Licencia	Dias Asignados al Año	Dias Disponibles en el año	Dias Adicionales
2007	<input checked="" type="checkbox"/> Con Sueldo (30 días) <input type="checkbox"/> Sin Sueldo	30	30	0

Figura. 5.42. Búsqueda del Año de Licencia

De la misma manera se da clic derecho en la parte inferior de LICENCIA/PERMISO en donde aparecerá una fila con datos que se debe llenar como se detalla en la figura 5.43.

The screenshot shows the same form as Figure 5.42, but with an additional table at the bottom for entering license and permission data. The table has the following columns: Licencia/Permiso, Salida, Motivo, Orden/General, Sueldo, Fecha Inicial, Dias Descuento, Fecha Present., Fecha Retorno, Fecha Aplic. Descuento, and Imputable. The first row is pre-filled with "Licencia", "Local", "Sin Sueldo", and "00/00/0000".

Licencia/Permiso	Salida	Motivo	Orden/General	Sueldo	Fecha Inicial	Dias Descuento	Fecha Present.	Fecha Retorno	Fecha Aplic. Descuento	Imputable
Licencia	Local			Sin Sueldo	00/00/0000	0	00/00/0000	00/00/0000	00/00/0000	

Figura. 5.43. Ingreso de datos para Licencias y Permisos

Al realizar todas las anteriores pruebas, se verificó el buen y óptimo funcionamiento del Sistema Siper. La red no presentaba ni caídas ni lentitud durante las actividades que se realizaban sobre esta.

Una vez realizadas las pruebas de ambos Sistemas de manera independiente, se procedió a realizar una evaluación de la red por medio del funcionamiento de los dos Sistemas de una manera conjunta. Esta evaluación consistió en realizar varias llamadas a la vez y en ese mismo instante utilizar el Siper, de esta forma se logró establecer que el enlace operaba de una manera tal que tanto las llamadas como la utilización del Siper tenían un excelente rendimiento.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Los equipos que conformaban el enlace entre la ESPE y la Comandancia del Ejército instalados en el año 2008, fueron desmontados completamente de las torres para revisión y mantenimiento técnico, en este proceso se detectó que las IDUs que estaban en Miravalle por descargas eléctricas estaban dañadas, se intentó repararlas pero el costo de reparación era muy elevado, comparado con otras tecnologías modernas y de costo bajo, por lo que se concluye que es necesario reemplazar los equipos del enlace instalado por equipos nuevos de bajo costo que permitan materializar nuevamente el enlace, es así que en el presente proyecto luego de un estudio comparativo de tecnologías, se emplea para las pruebas los equipos Ubiquiti, dejando de lado los equipos Airmux que fueron dados de baja.
- Al realizar la comparación de las dos tecnologías de radios que se disponían para la realización del presente proyecto, se logró establecer que la que ofrecía en cuanto a características técnicas y aspectos económicos más ventajas, son los Modelos Ubiquiti NanoStation5, esto debido a que los 6 Mbps que en teoría ofrece este equipo, son suficientes para cubrir el ancho de banda de 1.2 Mbps que requiere el enlace ESPE – Comandancia.

- Durante el proceso de rediseño de la red, se estableció que necesariamente se debía utilizar un punto de repetición, en este caso el lugar que cumplía con todas las características necesarias fue Miravalle, lugar donde se instalaron los equipos de radio direccionadas a la ESPE y la Comandancia a una altura de 25 metros, mientras que en la Espe el equipo de radio debía estar a una altura de 6 metros y del lado de la Comandancia a 14 metros para de esta forma cumplir la condición de que el margen de despeje sea mayor al radio de la primera zona de Fresnel para asegura que no exista obstrucción a lo largo del trayecto del enlace.
- Analizando las interferencias en el sitio de Miravalle donde se instalarán los equipos de repetición del enlace, se comprobó que existen muchos dispositivos de radio trabajando en la banda de frecuencias de 5.4 GHz – 5,8 GHz, banda en la cual trabajan los equipos del enlace, por lo que se concluye que estas transmisiones no generarán inferencias, debido a que los equipos Ubiquiti, emplean algoritmos muy robustos para buscar la frecuencia que tenga la menor interferencia para transmitir en la misma.
- La implementación del Sistema Siper y Mode empleando el enlace ESPE - Comandancia, dentro de las instalaciones de la Espe, es de gran ayuda para el personal Militar que ejerce sus funciones académicas y administrativas dentro de este centro educativo, la diferente información que generan estos sistemas es de alta relevancia para las labores diarias de cada Miembro Militar.
- En las pruebas de inyección de trafico mediante el DITG, se determinó que el ancho de banda del enlace ESPE - Comandancia es de 2.5 Mbps, ya que se inundó el canal con un tráfico de 4.320 Mbps con 1000 paquetes de 512 bytes y solo circuló un tráfico de 2.5 Mbps, generándose un valor alto de retardo y perdidas de paquetes.

- Los resultados del Delay al enviar 5000 paquetes con un tamaño de 512 bytes, muestra valores negativos debido a que se saturó el enlace y se perdió el sincronismo; ante lo cual la herramienta DITG genera resultados absurdos, como lo son los valores negativos del Delay. Por lo que se concluye que para evitar pérdida de paquetes en el enlace se debe enviar un tráfico que no sobrepase el ancho de banda disponible del enlace.
- Al realizar la inyección de tráfico de voz en el enlace con el códec G.711 que genera un tráfico de 80 Kbps equivalente al tráfico de una línea telefónica IP, se pudo comprobar la eficiencia del enlace ya que no produjeron retardos significativos ni pérdidas de paquetes, lo cual garantiza un correcto funcionamiento del enlace con las ocho líneas IP de la Red Mode.
- Una vez que se ha instalado el enlace ESPE - Comandancia y se han implementado sobre este, los servicios de telefonía Ip de la red Mode y el transporte de datos del sistema SIPER con resultados satisfactorios, se concluye que se han cumplido exitosamente todos los objetivos planteados en el presente proyecto

6.2 RECOMENDACIONES

- En vista de que el proyecto ejecutado logró enlazar a la Espe con la Comandancia, sería de gran factibilidad transmitir por el mismo canal de datos otro sistema que sea útil para los miembros del Ejército que cumplen sus labores en la Espe, para de esta forma no subutilizar este enlace.

- Una vez que se ha realizado en este proyecto un análisis comparativo de tecnologías y costos para el enlace, se recomienda que la implementación definitiva del mismo se lo realice con los equipos Ubiquiti NanoStation5, que tienen grandes prestaciones y son de bajo costo.
- Una vez que se implementado el proyecto se recomienda realizar un cronograma de mantenimiento para garantizar la disponibilidad del enlace y evitar daños en los equipos, como sucedió con los equipos Airmux-200 que fueron instalados en el año 2008 y que sufrieron daños por falta de mantenimiento.
- Debido a que no existe un sistema de respaldo eléctrico individual para los equipos que se encuentran instalados en la torre ubicada en la terraza del edificio académico de la ESPE, se recomienda la instalación de un sistema básico de Ups para garantizar el funcionamiento continuo de los equipos que conforman el enlace.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] *Airmux-200*. (2 de Febrero de 2013). Obtenido de http://www.bestdatasource.com/rad/data_sheets/AirMux-200_manual.pdf
- [2] *Anritzu*. (5 de Febrero de 2013). Obtenido de www.anritsu.com/training
Conceptos básicos Oracle 10g. (23 de Febrero de 2013). Obtenido de <http://www.orasite.com/administracion-de-oracle/conceptos-basicos-oracle-10g-introducción>
- [3] *Descripción del estandar para redes WiFi IEEE 802.11 n*. (27 de Enero de 2013). Obtenido de <http://www.laserwifi.com/estander802n.11.htm>
- [4] *D-ITG Distributed Internet Traffic Generator*. (26 de Febrero de 2013). Obtenido de <http://www.grid.unina.it/software/ITG/index.php>
- [5] *El estandar IEEE Std 802.16*. (25 de Enero de 2013). Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11539/fichero/Volumen1%252FCapitulo1.pdf>
- [6] *Espectro Electromagnético*. (21 de Enero de 2013). Obtenido de <http://www.slideshare.net/latiatuca/espectro-electromagnetico>
- [7] *Frecuencia y Longitud de Onda*. (21 de Enero de 2013). Obtenido de , http://ocw.unican.es/enseñanzas-tecnicas/contaminacion-electromagnetica-medioambiental/material-de-clase-2/complemento_3.pdf
- [9] *IEEE 802.11 i*. (23 de Enero de 2013). Obtenido de http://dns.bdat.net/seguridad_en_redes_inalambricas/x38.html
- [10] *IEEE 802.11 k*. (23 de Enero de 2013). Obtenido de <http://www.networkworld.es>
Introducción a la Física de la Radio. (21 de Enero de 2013). Obtenido de [ww.wilac.net/tricalcar](http://www.wilac.net/tricalcar)
- [11] *Jerarquía Digital Plesiocrona*. (24 de Febrero de 2013). Obtenido de , <http://www.scribd.com/doc/59128293/Jerarquia-Digital-Plesiocrona-PDH>
- [12] *Modelos de Propagación*. (22 de Enero de 2013). Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/vila_b_ca/capitulo1.pdf,
- [13] *Propagación de Ondas Electromagnéticas*. (21 de Enero de 2013). Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/vila_b_ca/capitulo1.pdf

- [14] *Sistema de Protección Contra Rayos*. (27 de Febrero de 2013). Obtenido de http://www.asep.gob.pa/electric/info_clientes/Rayos.pdf
- [15] *Sistema de Respaldo Ups*. (7 de Febrero de 2013). Obtenido de <http://www2.udec.cl/~nbahamon/ups/>
- [16] *Sistema Troncalizado*. (26 de Febrero de 2013). Obtenido de <http://francys08.blogspot.es/>
- [17] *Ubiquiti NanoStatio5*. (9 de Febrero de 2013). Obtenido de http://dl.ubnt.com/ns5_datasheet.pdf
- [18] *Zona de Fresnel*. (22 de Enero de 2013). Obtenido de <http://www.youblisher.com/p/163794-Zonas-de-Fresnel-en-redes-inalambricas/>
- [19] Flickenger, R. (28 de Enero de 2008). *Rede Inalambricas en los Países en Desarrollo* (Tercera ed.). España: Creative Commons. Obtenido de <http://www.ehas.org/wp-content/uploads/2012/01/redes-inalambricas-para-los-paises-en-desarrollo.pdf>
- [20] Forouzan, B. (2008). *Trasnmisión de Datos y Redes de Comunicaciones* (Cuarta ed.). España: McGraw-Hill.
- [23] Tomasi, W. (2003). *Sistema de Comunicaciones Electrónicas* (Cuarta ed.). (P. Hall, Ed.) México.
- [24] Villalon, J. (s.f.). *Estudio de QoS en WLANs IEEE 802.11e*. Recuperado el 21 de Enero de 2013, de https://investigacion.uclm.es/documentos/it_1135769841-Articulo_jose_villalon.pdf

FECHA DE ENTREGA

El día 11 de Abril del 2013, en la ciudad de Sangolquí, firman en constancia de la entrega del presente Proyecto de Grado titulado “REDISEÑO, LEVANTAMIENTO Y MANTENIMIENTO DEL ENLACE DE DATOS ENTRE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO Y LA COMANDANCIA GENERAL DE EJÉRCITO PARA PROVEER ACCESO AL SISTEMA SIPER Y A 8 LÍNEAS DEL SISTEMA MODE”, en calidad de Autor el Sr. César Augusto Unda Sánchez, estudiante de la carrera de Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones, y recibe por parte del Departamento de Eléctrica y Electrónica el Director de Carrera de Telecomunicaciones, el Señor Ing. Dario Duque Ms.

César Augusto Unda Sánchez

CC: 0201941028

Ing. Dario Duque Ms.

Director de Carrera en Telecomunicaciones