

INSTITUTO DE FORMACIÓN TÉCNICO SUPERIOR 24



Técnico Superior en Telecomunicaciones

PROYECTO FIN DE CARRERA

**Estudio y diseño de una red inalámbrica para
brindar servicios de Internet de Banda Ancha a 9
Instituciones públicas ubicadas en una zona rural**

Benjamín Chuquimango Chilón

benjaminchuq@gmail.com

Buenos Aires - Argentina

2017

**Estudio y diseño de una red inalámbrica para
brindar servicios de Internet de Banda Ancha a 9
Instituciones públicas ubicadas en una zona rural**

PROYECTO DE TRABAJO FINAL

Autor: L. Benjamín Chuquimango Chilón

Nº Matrícula: 00816

Materia: Seminario Proyecto

Código de Materia: 24

Dirigido Por: Ing. Alfonso Castelao

Tecnicatura Superior en Telecomunicaciones

Instituto de Formación Técnico Superior 24

Agosto 2017

Declaración

Yo Luis Benjamín Chuquimango Chilón, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ninguna calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes al Instituto de Formación Técnico Superior 24, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual.

Luis Benjamín Chuquimango Chilón

Agradecimientos

Un profundo agradecimiento a Dios por su amor incondicional, por la salud y las oportunidades que me da día a día; gracias a él he podido cumplir con esta meta.

A mis padres Julián y María, por sus oraciones y su apoyo incondicional, que siempre me motivaron y me animaron con sus consejos desde la distancia.

A mi compañera de la vida, Rubí Ramírez, por todo el amor que me da y el constante apoyo que me ha brindado durante toda mi carrera.

Dedicatoria

Dedico todo mi esfuerzo y trabajo a mis padres que me dieron la vida, por los valores que me inculcaron para ser cada día una mejor persona y la inspiración que me dan para luchar por mis sueños.

Al amor de mi vida Rubí Ramírez, por el amor incondicional que me dio en todos estos años y su apoyo constante.

Benjamín

Resumen

El presente proyecto “*Estudio y diseño de una red inalámbrica para brindar servicios de Internet de Banda Ancha a 9 Instituciones públicas ubicadas en una zona rural*” pretende dar una solución de telecomunicaciones para la Localidad de Tolhuin; ubicada en la Provincia de Tierra del Fuego, con aproximadamente 6.000 habitantes y con amplios sectores de la población que se encuentran aislados de la ciudad.

Nuestra propuesta consistió en realizar el análisis y diseño de una red, interconectando 9 instituciones con radioenlaces de larga distancia mediante el uso de dos tecnología inalámbricas; la IEEE802.11 WiFi y Satelital teniendo en cuenta que se debe tener línea de vista despejada entre los sitios a conectar.

Para comprobar que los enlaces fueron óptimos, se utilizó dos herramientas de simulación; El software Radio Mobile y Google Earth. Con estos se determinó su ubicación geográfica, coordenadas de los nodos, se simulo cada uno de los enlaces de la red, se los diseño y se hicieron cálculos para probar su eficiencia.

El diseño de la red comprende: Una Red Troncal, una Red de Backbone y una Red de Acceso. La red Troncal y de Backbone está conformada por enlaces Punto–Punto entre las diferentes radiobases por las que fluye todo el tráfico, donde el punto de partida de la red es el Municipio de Tolhuin. La Red de Acceso conforma enlaces Punto–Multipunto, donde fluye el tráfico desde las radiobases a cada una de las instituciones beneficiarias.

Adicionalmente se elaboró un diagrama de Gantt, la factibilidad económica, el flujo de caja, el TIR y un análisis de riesgos del proyecto.

Finalmente se aportaron las conclusiones del trabajo presentado, describiendo además algunas recomendaciones para las futuras etapas de diseño que quieran dar conectividad en una zona rural.

Organización de la memoria

La memoria está dividida en 10 capítulos

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS: En este capítulo se describe la justificación, objetivos del proyecto, metodología y el tipo de proyecto que se va a implantar

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO: Describe las tecnologías alámbricas e inalámbricas, realizando un estudio más detallado acerca de las tecnologías Wi-Fi y satelital. Dentro de cada tecnología hay un sin número de consideraciones y conceptos que se deben tomar para que el diseño de la red sea eficiente y eficaz.

CAPÍTULO 3. PLANIFICACIÓN: En este capítulo se detalla la planificación del proyecto como: WBS, los principales entregables del proyecto, registro de Interesados además del Diagrama de Gantt, PERT, Hitos del Proyecto y terminamos con los Recursos Humanos

CAPÍTULO 4. DISEÑO DE LA RED: Se describe el Diseño de la Red, en la cual primero se detallan las instituciones beneficiarias, se hace un estudio de sus necesidades y las condiciones en las que se encuentran, además se describe los requerimientos de los beneficiarios.

CAPÍTULO 5. INGENIERÍA DEL PROYECTO: Se desarrolla la Ingeniería del Proyecto, donde planificamos el Ancho De Banda Total Requerido y el AB para cada Institución, además hacemos una proyección para usuarios dentro de 5 años. Seguidamente diseñamos y dibujamos la topología de cada una de las sub-redes, detallando cada enlace; a ser la Red de Troncal, Red de Backbone, y Red de Acceso.

CAPÍTULO 6. APROBACIÓN DE INGENIERÍA: En dicho capítulo se hace la Aprobación de Ingeniería, donde hacemos los ajustes necesarios, cálculos y alineaciones de cada una de las Redes que son necesarias antes de hacer las compras de los equipos.

CAPÍTULO 7. FACTIBILIDAD ECONÓMICA: Se realiza una estimación económica, donde detallamos los equipos e infraestructura de cada una de las estaciones de la Red (Cliente, Repetidor, Pasarela), además seleccionamos los Proveedores y realizamos un inventario para la ejecución de las compras. Adicionalmente se presenta el OPEX (Costos de operación), Flujo de Caja, el TIR Y ROI.

CAPÍTULO 8. MANUAL DE INSTALACIÓN Y PRUEBA DE CAMPO: Para este capítulo se preparó un manual sobre instalación de redes de telecomunicaciones. Esta fase no se llevará a cabo, sin embargo se darán unas pautas y normas para la adecuada instalación.

CAPÍTULO 9. CAPACITACIÓN, MANTENIMIENTO Y ENTREGA: Se presentan ideas puntuales para la capacitación de los instaladores, los usuarios y de mantenimiento. Se indican además las herramientas necesarias para el monitoreo y funcionamiento del sistema de red.

CAPÍTULO 10. RIESGOS Y CALIDAD: Se planifica la gestión de riesgos, la estructura de desglose de riesgos y el análisis cualitativo del mismo. Además se detallan la gestión de calidad describiendo cada una de las normas relacionadas a nuestro trabajo.

CONCLUSIONES: Resume las conclusiones obtenidas y las posibles líneas de investigación que se podrían realizar una vez implementada la red de comunicaciones.

CAPITULO 11. REFERENCIAS: En este apartado se indican las bibliografías citadas, los anexos de estudio, características técnicas y data sheet de los equipos. Además se adjunta un listado de e-mail y archivos con los cuales hemos intercambiado constantemente con las distintas empresas nacionales e internacionales, que de alguna u otra manera esa información fue muy valioso y útil para poder terminar el proyecto.

Cabe destacar que este proyecto ha sido desarrollado en su totalidad por el autor del mismo.

Índice General

Declaración

Agradecimiento

Dedicatoria

Resumen

Organización De La Memoria

Índice General.....	i
Índice De Figuras.....	vii
Índice De Tablas.....	x
Acrónimos.....	xiii

CAPÍTULO I

1. introducción y Objetivos.....	1
1.1. Justificación.....	2
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Objetivos Específicos.....	2
1.3. Metodología.....	3
1.4. Tipo de Proyecto.....	4

CAPÍTULO II

2. Marco Teórico.....	5
2.1. Introducción a las redes de telecomunicaciones.....	6
2.1.1. Red de acceso.....	6
2.1.2. Red de transporte.....	7
2.2. Identificación de las alternativas tecnológicas posibles.....	7
2.2.1. Redes cableadas.....	7
2.2.2. Redes Inalámbricas.....	9
2.3. Selección de Tecnología de Acceso.....	11
2.4. Selección de tecnología de transporte.....	11
2.5. Tecnologías de Conectividad para el diseño de la Red.....	12
2.5.1. Tecnología WiFi.....	12
2.5.1.1. Estándares IEEE 802.11.....	13
2.5.1.2. Bandas de frecuencias de las redes WiFi	15
2.5.1.2.1. Banda 2.4GHz.....	15
2.5.1.2.2. Banda 5GHz.....	15
2.5.1.3. Modos de Operación de la Red.....	16
2.5.1.4. Seguridad en redes inalámbricas.....	17
2.5.1.5. Ataques pasivos.....	17
2.5.1.6. Ataques Activos.....	18
2.5.1.7. Seguridad de las redes WiFi	18
2.5.2. Tecnología Satelital.....	20

2.5.2.1. Conceptos de tecnología satelital.....	20
2.5.2.2. Tópicos de referencia para un enlace satelital.....	22
2.5.2.3. Elementos de una red satelital.....	23
2.5.2.4. Órbitas.....	24
2.5.2.5. Bandas de Frecuencia.....	24
2.5.3. Definición de Red VSAT.....	25
2.5.3.1. Aplicaciones de las redes VSAT.....	26
2.5.3.2. Topología de una red satelital VSAT.....	26
2.5.3.3. Elementos de las redes VSAT.....	28
2.5.3.4. Esquema de Acceso satelital de una red VSAT.....	31
2.5.3.5. Estándares para redes VSAT.....	31
2.6. Subsistema de Alimentación Eléctrica.....	32
2.6.1. Subsistema de Alimentación Eléctrica para S. Cliente.....	32
2.6.2. Subsistema de Alimentación Eléctrica para S Repetidora.....	33
2.7. Subsistema de Protección Eléctrica.....	33
2.7.1. Subsistema de Protección Eléctrica Estación Cliente.....	34
2.7.2. Subsistema de Protección Eléctrica Estación Repetidora.....	34
2.8. Capturar la descarga atmosférica.....	35
2.9. Simulación de radioenlaces RF mediante Radio Mobile.....	36

CAPÍTULO III

3. Planificación.....	39
3.1. WBS (Estructura de Desglose de Trabajo).....	40
3.2. Principales entregables del proyecto.....	42
3.3. Registro de Interesados.....	42
3.3.1. Matriz de Involucrados.....	43
3.3.2. Identificación de Compromisos	43
3.4. Diagrama de Gantt.....	44
3.4.1. Análisis del diagrama de Gantt.....	44
3.5. Diagrama PERT.....	48
3.6. Hitos del Proyecto.....	49
3.7. Recursos Humanos.....	49
3.7.1. Derechos del Trabajador.....	50
3.8. Matriz RACI.....	50
3.9. Organigrama del equipo de proyecto.....	51
3.10. Asignación de Recursos.....	51
3.10.1. Análisis de Diagrama de Recursos.....	52

CAPÍTULO IV

4. Diseño de la Red.....	55
4.1. Estudio de Necesidades.....	56
4.1.1. Análisis de la Situación Actual de la localidad de Tolhuin.....	56
4.1.1.1. Ubicación Geográfica.....	57
4.1.1.2. Población.....	57
4.1.1.3. Directorio de Autoridades de Tolhuin.....	58
4.1.1.4. Programas del estado y Desarrollo Social.....	58
4.1.1.5. Clima.....	58
4.1.1.6. Actividad Productiva.....	58
4.1.1.7. Turismo.....	59

4.1.1.8. Situación académica.....	59
4.1.2. Instituciones beneficiarias.....	59
4.1.3. Condiciones Preexistentes: Infraestructura física.....	62
4.1.3.1. Infraestructura civil.....	62
4.1.3.2. Infraestructura eléctrica.....	62
4.1.3.3. Infraestructura de telecomunicaciones.....	62
4.1.3.4. Equipamiento Informático.....	62
4.1.3.5. Recursos Humanos.....	63
4.2. Estudio de Campo.....	63
4.2.1. Herramientas Indispensables para el pre diseño.....	63
4.2.2. Levantamiento de datos.....	63
4.2.2.1. Puntos Clientes.....	64
4.2.2.2. Selección de posibles puntos repetidores de la red troncal.....	65
4.3. Definición de los Requerimientos.....	67
4.3.1. Interés de la municipalidad de Tolhuin.....	67
4.3.2. Requerimientos Técnicos.....	67

CAPÍTULO V

5. Ingeniería del Proyecto.....	69
5.1. Planificación del Ancho De Banda Requerido.....	70
5.1.1. Ancho de Banda para Datos.....	70
5.1.2. Ancho de Banda para Voz	74
5.1.3. Ancho de Banda para Video Llamada.....	76
5.2. Ancho de Banda por Institución.....	76
5.3. Proyección de Usuarios.....	78
5.3.1. Ancho de Banda Total Requerida para el 2022.....	80
5.4. Diseño del Subsistema de Telecomunicaciones.....	82
5.4.1. Descripción de la Red.....	82
5.4.2. Topología de la Red.....	83
5.4.2.1. Red de Troncal.....	83
5.4.2.2. Red de Backbone.....	85
5.4.2.2.1. Primera opción del diseño de la red.....	85
5.4.2.2.2. Segunda opción del diseño de la red.....	88
5.4.2.2.3. Tercera opción del diseño de la red.....	90
5.4.2.2.4. Cuarta opción del diseño de la red.....	92
5.4.2.2.5. Diseño definitivo de la Red de Backbone.....	93
5.4.2.2.5.1. Distancia entre Radios Base.....	93
5.4.2.3. Red de Acceso.....	94
5.4.2.3.1. Enlace de red de Acceso de RBS 2.....	94
5.4.2.3.2. Enlace de red de Acceso de RBS 3.....	95
5.4.2.3.3. Enlace de Red de Acceso de RBS 4.....	95
5.4.2.3.4. Enlace de Red de Acceso de RBS 5.....	96
5.4.2.3.5. Enlace de Red de Acceso de RBS 6.....	97
5.5. Diseño del Subsistema de Alimentación Eléctrica.....	97
5.5.1. Subsistema de alimentación eléctrica para la Estación Cliente.....	98
5.5.2. Subsistema de alimentación eléctrica para la Estación Troncal.....	98
5.6. Diseño del Subsistema de Protección Eléctrica.....	98
5.6.1. Subsistema de Protección Eléctrica para la Estación Cliente.....	98
5.6.2. Subsistema de Protección Eléctrica para la Estación Troncal.....	98
5.7. Diseño del Subsistema de Infraestructura.....	98

5.8. Seguridad de la Red.....	99
5.8.1. Seguridad de Acceso Físico.....	99
5.8.2. Seguridad contra descarga eléctrica y fallos de energía eléctrica....	99
CAPÍTULO VI	
6. Aprobación de Ingeniería.....	100
6.1. Ajuste del Diseño	101
6.1.1. Cálculos y alineación Red Troncal.....	101
6.1.2. Cálculos y alineación Red Backbone.....	103
6.1.2.1. Simulación de Enlace entre Radio Base 2 y Radio Base 4....	106
6.1.2.2. Simulación de Enlace entre Radio Base 2 y Radio Base 3....	108
6.1.2.3. Simulación de Enlace entre Radio Base 4 y Radio Base 5....	108
6.1.2.4. Simulación de enlace entre Radio Base 4 y Radio Base 6....	109
6.1.3. Cálculos y alineación Red de Acceso	
CAPÍTULO VII	
7. Factibilidad Económica.....	110
7.1. Listado aproximado de equipos y materiales.....	112
7.1.1. Equipos para la Estación Cliente.....	112
7.1.1.1. Subsistema de Telecomunicaciones.....	112
- Comparación de costos de Antenas Punto-Multipunto....	113
7.1.1.2. Subsistema Informático	114
7.1.1.3. Subsistema de Energía.....	114
7.1.1.4. Subsistema de Protección Eléctrica.....	115
7.1.2. Equipos para la Estación Repetidor.....	115
7.1.2.1. Subsistema de Telecomunicaciones.....	115
- Comparación de costos Antenas Punto-Punto.....	116
- Comparación de costos Antenas Punto-Multipunto...	116
7.1.2.2. Subsistema de Energía.....	118
7.1.2.3. Subsistema de Protección Eléctrica.....	118
7.1.2.4. Subsistema de Infraestructura.....	118
7.1.3. Equipos para la Estación Pasarela.....	119
7.2. Listado final de equipos y materiales.....	119
7.2.1. Equipos para la estación Cliente.....	119
7.2.2. Equipos para la estación Repetidor.....	120
7.2.3. Equipos para la estación Pasarela.....	120
7.2.4. Otros materiales.....	120
7.3. Selección de Proveedores.....	121
7.3.1. Proveedor de la Red Acceso.....	121
7.3.2. Proveedor de Red de Backbone	121
7.3.3. Proveedor de Red de Troncal.....	121
7.3.3.1. ARSAT.....	122
7.3.4. Proveedor de Infraestructura.....	123
7.4. Procedimiento de Compras.....	123
7.4.1. Productos Locales.....	123
7.4.2. Productos Importados.....	124
7.5. Inventario.....	124
7.6. Ejecución de Compras.....	124
7.6.1. Costos de equipos para la estación Cliente.....	124

7.6.2. Costos de equipos para la estación Repetidor.....	125
7.6.3. Costos de equipos para la estación Pasarela y NOC.....	126
7.6.4. Costos de Infraestructura.....	126
7.6.5. Otros costos indirectos y directos.....	126
7.6.6. Costos de mano de Obra	128
7.6.7. Costos de ART.....	128
7.7. Servicio de Internet.....	128
7.7.1. Costos de servicio de Internet.....	128
7.7.2. Elección del proveedor de Servicio de Internet.....	129
7.8. Costos Total.....	129
7.9. OPEX (Costos de operación).....	129
7.10. Venta y Margen de ganancia del proyecto.....	130
7.11. Flujo de Caja.....	131
7.11.1. TIR y ROI.....	132
7.12. Financiamiento del Proyecto.....	133

CAPÍTULO VIII

8. Instalación y pruebas de campo.....	135
8.1. Manual de Instalación de la Red.....	136
8.1.1. Envío del equipamiento.....	136
8.1.2. Instalación del equipamiento.....	136
8.1.2.1. Instalación de la Estación Cliente.....	137
8.1.2.1.1. Subsistema de Telecomunicaciones.....	137
8.1.2.1.2. Subsistema Informático.....	138
8.1.2.1.3. Subsistema de Energía.....	139
8.1.2.1.4. Subsistema de Protección Eléctrica.....	139
8.1.2.2. Instalación de la Estación Repetidor RBS.....	139
8.1.2.2.1. Subsistema de Telecomunicaciones.....	140
8.1.2.2.2. Subsistema de Energía.....	141
8.1.2.2.3. Subsistema de Protección Eléctrica.....	142
8.1.2.3. Subsistema de Infraestructura.....	143
8.2. Prueba de Campo.....	143

CAPÍTULO IX

9. Capacitación, mantenimiento y entrega.....	144
9.1. Capacitación.....	145
9.1.1. Capacitación para instaladores.....	145
9.1.2. Capacitación para Usuarios.....	145
9.1.3. Capacitación para Mantenimiento.....	146
9.2. Mantenimiento.....	146
9.3. Entrega.....	146

CAPÍTULO X

10. Riesgos y Calidad.....	147
10.1. Planificar la Gestión de Riesgos.....	148
10.1.1. Identificar los Riesgos.....	148
10.1.2. Estructura de Desglose de Riesgos (RBS).....	149
10.1.3. Análisis Cualitativo de los Riesgos	150
10.2. Planificar la Gestión de Calidad	151

10.2.1.	Normativa Legal.....	152
10.2.1.1.	Espectro Radioeléctrico.....	152
10.2.1.2.	Antenas.....	153
10.2.1.3.	Usuarios del Espectro.....	153
10.2.2.	Norma Técnica De Indumentaria.....	154
	Conclusiones.....	157
CAPÍTULO XI		
11.	Referencias.....	158
	Bibliografía.....	159
Anexo A	Sistema Integral de Protección Eléctrica.....	161
Anexo B	Diseño del subsistema de Infraestructura.....	166
Anexo C	Hoja de Datos.....	175
Email	ARSAT S.A.	
Email	TELESPAZIO ARGENTINA S.A.	
Email	SERVICIO SATELITAL	
Email	TORRE-MONT S.H.	
Email	TORREFE SRL	
Email	ENACOM	

Índice De Figuras

- Figura 2.1. Red de Acceso y Red de Transporte
Figura 2.2. Par Trenzado
Figura 2.3. Cable Coaxial
Figura 2.4. Fibra Óptica
Figura 2.5. Posicionamiento de Estándares Wireless
Figura 2.6. Logotipo WiFi
Figura 2.7. Marcas comerciales WiFi
Figura 2.8. Canales en la banda de 2.4 GHz
Figura 2.9. Canales en la banda de 5 GHz
Figura 2.10. Conexión Modo Ad-Hoc
Figura 2.11. Modo infraestructura
Figura 2.12. Proceso de cifrado y descifrado WEP
Figura 2.13. Proceso de encriptación utilizando TKIP o AES
Figura 2.14. Enlaces Uplink y Downlink
Figura 2.15. Modelo de subida del satélite
Figura 2.16. Transponder del satélite
Figura 2.17. Modelo de bajada del satélite
Figura 2.18. Angulo de elevación
Figura 2.19. Apuntamiento Horizontal
Figura 2.20. Angulo de azimut
Figura 2.21. Arquitectura de la red VSAT
Figura 2.22. Estructura de una red VSAT, punto de vista de la propiedad tecnológica.
Figura 2.23. Topología en Estrella de una Red VSAT
Figura 2.24. Topología en Malla de una Red VSAT
Figura 2.25. Instalación de una Estación VSAT
Figura 2.26. Unidad Interna
Figura 2.27. Componentes del VSAT
Figura 2.28. Diagrama de bloques de una estación VSAT
Figura 2.29. Configuración típica de un HUB VSAT
Figura 2.30. Ourbond e Inbound
Figura 2.31. Elementos del subsistema de energía.
Figura 3.1. Involucrados del Proyecto

- Figura 3.2. Diagrama de Gantt, tareas
Figura 3.3. Diagrama de Gantt, tiempos.
Figura 3.4. Diagrama PERT
Figura 3.5. Logo de la aseguradora TOBOAS
Figura 3.6. Organigrama del equipo de Proyecto
Figura 3.7. Sobreexplotación de Recursos Humanos en las tareas.
Figura 3.8. Sobreexplotación de Técnico en Telecomunicaciones 1, en 3 tareas.
Figura 3.9. Sobreexplotación de Técnico en Telecomunicaciones 2, en 3 tareas.
Figura 3.10. Sobreexplotación de Técnico Informático en 3 tareas.
Figura 3.11. Sobreexplotación de Recursos desplegado en el Gantt en las 3 tareas.
Figura 3.12. Recursos Humanos solucionados.
Figura 3.13. Recursos Humanos desplegados en el Gantt solucionado
Figura 4.1. Ubicación del Municipio de Tolhuin
Figura 4.2. Instituciones favorecidas del Proyecto
Figura 4.3. Centros Educativos de la localidad de Tolhuin
Figura 4.4. Instituciones Municipales de la localidad de Tolhuin
Figura 4.5. Torres de comunicación implementada a implementarse
Figura 5.1. Cuadro estadístico del Ancho de Banda 2017 y proyección año 2022 sin
Figura 5.2 Topología de diseño de la Red
Figura 5.3. Esquema de conexión Satelital
Figura 5.4. Imagen topográfica de la primera opción de la red con Radio Mobile.
Figura 5.5. De la Municipalidad de Tolhuin hacia la Prefectura
Figura 5.6. De la Municipalidad de Tolhuin hacia la Comisaría
Figura 5.7. De la Municipalidad de Tolhuin hacia la Escuela Laguna Indio
Figura 5.8. De la Municipalidad de Tolhuin hacia la Reserva Rio Valdez
Figura 5.9. Imagen topográfica de la segunda opción de la red con Radio Mobile.
Figura 5.10. De la Municipalidad de Tolhuin hacia la Radio Base
Figura 5.11. Del RBS 1 hacia la Reserva Rio Valdez
Figura 5.12. Del RBS hacia la Escuela Laguna de Indio
Figura 5.13. Imagen topográfica de la segunda opción de la red con Radio Mobile.
Figura 5.14. De la Prefectura Destacamento de F. hacia la Reserva Rio Valdez
Figura 5.15. De la Comisaría 1 K hacia la Escuela Laguna de Indio.
Figura 5.16. Imagen topográfica de la segunda opción de la red con Radio Mobile.
Figura 5.17. De la Prefectura Destacamento F. hacia la Escuela Laguna de Indio
Figura 5.18. Diseño de la red de Transporte y Backbone con las distancias entre los nodos

- Figura 5.19. Topología de la Red de Acceso en la RBS 2
Figura 5.20. Topología de la Red de Acceso en la RBS 3
Figura 5.21. Topología de la Red de Acceso en la RBS 4
Figura 5.22. Topología de la Red de Acceso en la RBS 5
Figura 5.23. Topología de la Red de Acceso en la RBS 6
Figura 6.1. Perfil y resultados de la simulación del radioenlace RBS 2 y RBS 4
Figura 6.2. Perfil y resultados de la simulación del radioenlace RBS 2 y RBS 4
Figura 6.3. Perfil y resultados de la simulación del radioenlace RBS 2 y RBS 4
Figura 6.4. Detalles de los datos anteriores: View, Details de RB2 y RB4
Figura 6.5. Perfil y resultados de la simulación del radioenlace RBS 2 y RBS 3
Figura 6.7. Perfil y resultados de la simulación del radioenlace RBS 4 y RBS 5
Figura 6.8. Perfil y resultados de la simulación del radioenlace RBS 4 y RBS 6
Figura 7.1. Diagrama de compras
Figura 7.2. Logo de la empresa *TORREFE SRL*
Figura 7.3. Logo de la empresa *SERVICIO SATELITAL*
Figura 7.4. Logo de la empresa *TELESPAZIO ARGENTINA S.A.*
Figura 7.5. Logo de la empresa *ARSAT S.A.*
Figura 7.6. Cobertura del ARSAT-1
Figura 7.7. Logo de la empresa *TORRE-MONT S.H.*
Figura 8.1. Caja Interior de Telecomunicaciones
Figura 8.2. Cableado RF del enrutador Linksys
Figura 8.3. Esquema de conexiones de un repetidor local con un servidor en una LAN
Figura 8.4. Subsistema de telecomunicaciones en una estación repetidora
Figura 8.5. Elementos del enrutador inalámbrico y caja de distribución con equipos
Figura 8.6. Esquema de conexiones en una estación repetidora
Figura 8.7. Elementos del subsistema de energía
Figura 8.8. Torre ventada y antenas
Figura 10.1. Logo del ENACOM
Figura 10.2. Dispositivo para sostener el cuerpo durante y después de la caída.

Índice De Tablas

- Tabla 2.1. Tabla comparativa entre los diferentes estándares del IEEE para WLAN
- Tabla 2.2. Evolución de la seguridad en el IEEE 802.11 y la WiFi Alliance
- Tabla 2.3. Características de las Orbitas LEO, MEO, GEO
- Tabla 2.4. Bandas de frecuencias satelitales
- Tabla 2.5. Ventajas y desventajas de las Bandas C y Ku
- Tabla 2.6. Control y Monitoreo.
- Tabla 3.1. WBS del proyecto
- Tabla 3.2. Entregables Principales del Proyecto
- Tabla 3.3. Matriz de involucrados
- Tabla 3.4. Hitos más importantes del proyecto
- Tabla 3.5. Plan de Gestión de los Recursos Humanos
- Tabla 3.6. Matriz RACI con Actividades y Roles
- Tabla 4.1. Límites del Municipio de Tolhuin
- Tabla 4.2. Población estimada del Municipio de Tolhuin
- Tabla 4.3. Resumen de los Centros Educativos de la localidad de Tolhuin
- Tabla 4.4. Resumen de las Instituciones Públicas de la localidad de Tolhuin
- Tabla 4.5. Número de equipos disponibles en los Centros Educativos de la localidad.
- Tabla 4.6. Número de equipos disponibles en Instituciones Públicas de la localidad
- Tabla 4.7. Coordenadas de los Centros Educativos beneficiarios
- Tabla 4.8. Coordenadas de las Instituciones Públicas beneficiarios.
- Tabla 4.9. Lista de las posibles Torres de comunicación implementadas
- Tabla 4.10. Coordenadas, altura m.s.n.m. y tamaño de las torres de comunicación
- Tabla 5.1. Tráfico que genera una computadora con el uso de internet
- Tabla 5.2. Velocidad de transmisión en Resolución Media
- Tabla 5.3. Ancho de Banda requerido por un usuario en una hora pico.
- Tabla 5.4. Características del Códec G.729
- Tabla 5.5. Erlang B Traffic Table
- Tabla 5.6. Ancho de Banda por Institución + Ancho de Banda VoIP
- Tabla 5.7. Desglose de crecimiento del número de alumnos y PCs para el año 2022
- Tabla 5.8. Desglose de crecimiento del número de administrativos y PCs para el 2022
- Tabla 5.9. Calculo del Ancho de Banda actual y para el año 2022

- Tabla 5.10. Distancias entre RBS
Tabla 5.11. Distancias y distribución de antenas a enlazar en la torre 2
Tabla 5.12. Distancias y distribución de antenas a enlazar en la torre 3
Tabla 5.13 Distancias y distribución de antenas a enlazar en la torre 4
Tabla 5.14. Distancias y distribución de antenas a enlazar en la torre 5
Tabla 5.15. Distancias y distribución de antenas a enlazar en la torre 6
Tabla 6.1. Coordenadas geográficas de dos Instituciones
Tabla 6.2. Resultados de la simulación para el transmisor RBS2
Tabla 6.3. Resultados de la simulación para el receptorRBS4
Tabla 6.4. Análisis de los resultados de la simulación del RBS2 y RBS4
Tabla 7.1. Especificaciones mínimas de las antenas para las Instituciones
Tabla 7.2. Comparación de antenas Punto-Multipunto
Tabla 7.3. Especificaciones mínimas de las antenas Punto-Punto
Tabla 7.4. Comparaciones de las antenas Punto-Punto
Tabla 7.5. Especificaciones mínimas de las antenas Punto-Multipunto
Tabla 7.6. Comparación de las antenas Punto-Multipunto
Tabla 7.7. Marcas de Servidores de Internet y Telecomunicaciones
Tabla 7.8. Descripción de los equipos de estación Cliente
Tabla 7.9. Descripción de los equipos de estación Repetidor
Tabla 7.10. Descripción de los equipos de VSAT
Tabla 7.11. Descripción De materiales extras
Tabla 7.12. Costos de los equipos de estación Cliente
Tabla 7.13. Costos de los equipos de estación Cliente
Tabla 7.14. Costos del Sistema de Telecomunicaciones y energía
Tabla 7.15. Costos de los equipos VSAT de la empresa SERVICIO SATELITAL
Tabla 7.16. Costos de los equipos VSAT de la empresa TELESPAZIO ARGENTINA S.A.
Tabla 7.17. Costos de NOC y otros materiales
Tabla 7.18. Costos de los equipos de protección eléctrica
Tabla 7.19. Otros costos Indirectos y directos
Tabla 7.20. Costos de la mano de Obra
Tabla 7.21. Costos del ART
Tabla 7.22. Comparación de costos de servicio de Internet
Tabla 7.23. Costos de los equipos de estación Cliente
Tabla 7.24. Costos totales del Proyecto
Tabla 7.25. Costos de Operación y Mantenimiento

Tabla 7.26. Venta del proyecto

Tabla 7.27. Flujo de Caja del proyecto

Tabla 7.28. ROI Y TIR

Tabla 9.1. Programa de capacitacion para los instaladores de la localidad de Tolhuin

Tabla 9.2. Programa de apacitacion para los usuarios de los beneficiarios de Tolhuin

Tabla 10.1. Estructura de subdivisión de Riesgos

Tabla 10.2. Probabilidad de ocurrencia de los riesgos

Tabla 10.3. Nivel de impacto de los riesgos

Tabla 10.4. Matriz de Probabilidad e Impacto de los riesgos

Tabla 10.5. Bandas de Frecuencias de la República Argentina

Acrónimos

GTR-PUCP	Grupo de Telecomunicaciones Rurales
EHAS	Enlace Hispano Americano de Salud
VoIP	Voz sobre Protocolo de Internet o Telefonía IP
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
DS	Secuencia Directa
WEP	Privacidad equivalente por cable
WPA	Acceso Wi-Fi protegido»
VSAT	Terminal de Apertura Muy Pequeña
ODU	Unidad Externa
IDU	Unidad Interna
ITM	Modelo de Longley-Rice
GLOBE	Proyecto Tierra global 1 km de elevación de la base
WOTL	Cargador Topográfico Mundial
ITS	Instituto de Ciencias de las Telecomunicaciones
DS	Secuencia Directa
SRTM	Misión de la topografía del radar de la lanzadera
WECA	Alianza de Compatibilidad Ethernet Inalámbrica
OFDM	Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal
CSMA/CA	Múltiple acceso por detección de portadora evitando colisiones
MIMO	Múltiple Entrada Múltiple Salida
NIST	Instituto Nacional de Estándares y Tecnología
AES	Estándar de Encriptación Avanzado
NMS	Sistema de Gestión de Redes
UPS	Sistema de Alimentación Ininterrumpida

UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
CABFRA	Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencia de la República Arg.
CAUER	Centro de Atención al Usuario del Espectro Radioeléctrico
UNE	Una Norma Española
CTN	Comités Técnicos de Normalización
NTP	Notas Técnicas de Prevención
INSHT	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. Justificación

La iniciativa del presente proyecto nace como respuesta a la necesidad de acceso a la información por parte de la ciudadanía de Tolhuin; Provincia de Tierra del Fuego, principalmente por la deficiencia del sistema de telecomunicaciones. Para enfrentar la necesidad se propone utilizar un enlace satelital como medio troncal y para el medio de acceso el diseño de una red inalámbrica que proporcione una interconexión de banda ancha entre los principales edificios de esta localidad rural, que además proporcionará acceso a Internet a los habitantes de ciertos núcleos de dicha localidad.

Los puntos de la localidad elegida existen geográficamente, pero el servicio que se quiere dar no es un servicio real ni requerido por ninguno de las autoridades correspondientes, sino que es completamente ideado para realizar este trabajo, siempre pensando en situaciones reales y cotidianas, por lo que podría tratarse de servicios que en algún futuro pudieran solicitarse en dichas localidades.

En este proyecto de investigación incorporamos diversas tecnologías como: redes satelitales, redes WiFi, redes LAN, servidores, así como diseño de redes, seguridad, gestión de red, etc. Por lo que se requieren un alto grado de comprensión y entendimiento para poder integrarlas y dar una solución óptima y sobre todo de bajo coste.

Este trabajo final de carrera que describimos no es un proyecto que tendremos que implementarlo en el futuro, sino que servirá como base para que después otras empresas o instituciones implementen sus proyectos tomando como ejemplo lo que se plantea aquí. Procuramos a la vez que este trabajo sirva como material de estudio para futuros trabajos.

En concreto, el presente trabajo resulta de gran importancia en términos **técnico-prácticos** que servirá de guía para otras municipalidades del país que quieran en un futuro implementar un sistema de telecomunicaciones.

1.2. Objetivos

Entre los objetivos que se desea llegar tenemos el objetivo general y los específicos.

1.2.1. Objetivo General

- Diseño de una red de enlace satelital que brinde servicios de voz y datos a 9 instituciones públicas para contribuir con el desarrollo de las Tecnologías de Información y Comunicación en la localidad de Tolhuin.
- Realizar gestiones con las autoridades, con fines de dar a conocer tal proyecto y obtener fondos para su implementación.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Planificar y cotizar una red satelital que brinde servicios de voz y datos para las diferentes instituciones educativas de una localidad.

- Diseñar y simular una red de acceso inalámbrica con un software adecuado, bajo el estándar IEEE802.11n, que permita proveer internet a los diferentes núcleos del municipio mencionado.
- Buscar la tecnología más adecuada para satisfacer las necesidades de la localidad de Tolhuin.
- Diseñar un manual de ágil manejo con todos los procedimientos para la elaboración, ejecución y desempeño de la red.
- Satisfacer la necesidad de estar comunicados con el resto de comunidades cercanas y con el resto del país.
- Contribuir y reducir la brecha tecnológica que existe entre la población rural y la urbana mejorando sus capacidades.

1.3. Metodología

Para conseguir estos objetivos se realizaron las siguientes actividades:

Tiempo de Ejecución: Se pretende terminar el proyecto en un plazo de 160 días.

Recopilación y lectura de información: La bibliografía estudiada fue relacionada con redes inalámbricas en entornos rurales y documentos de proyectos ya implementados como por ejemplo; del programa GTR-PUCP y el Programa EHAS.

Entrevistas y asistencia a reuniones: No se entrevistó a ninguno de los miembros activos del programa ni se acordaron reuniones, sino que se recopiló información de los sitios oficiales y se intercambió información con las autoridades competentes.

Diseño y Simulación: Con la información disponible, se utilizó dos herramientas informáticas de simulación: el de radioenlaces como el *software Radio Mobile*, y el *Google Earth* quienes proporcionan la ubicación de los sectores involucrados del proyecto. Los resultados concluyen que si existe factibilidad técnica en la simulación del enlace, se ejecutará al casi 100% en la vida real.

Levantamiento Técnico. En este apartado se procede a inspeccionar y comprobar en terreno los datos obtenidos anteriormente por el software. Durante esta etapa no se conocieron las zonas en las que se tenía que implementar el proyecto. Solamente se Simulo, debido a que este diseño solo es un prototipo de un proyecto real.

Evaluación: Con la información recogida de la simulación Radio Mobile se probaron cuatro soluciones diferentes posibles de enlaces, para que al final se logre establecer la mejor solución.

Elaboración de una guía: Se redactó dos manuales:

- Un manual sobre “*instalación e implementación de sistemas de telecomunicaciones*”, para su correcta instalación. *Ver Capítulo 8*
- Un manual del “*software Radio Mobile*” para la simulación y diseño de radio enlaces. *Ver capítulo 6*

1.4. Tipo de Proyecto

El tipo de proyecto que vamos a realizar es: *Proyecto determinado por la subvención de una entidad (Proyecto de cooperación)*.

El proceso cronológico que hemos seguido es: primero se determinó la zona, luego se hizo un estudio de pre-factibilidad, analizando los costos. Después se identificó los recursos que la localidad dispone, si se puede financiar con recursos propios o se debe ayudar a encontrar financiación.

Con este trabajo no buscamos competir con las otras operadoras de telecomunicaciones sino que queremos llegar a donde no existan operadoras.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Introducción

En este capítulo se estudiarán las diferentes tecnologías para nuestro diseño de red, se estudiarán sus ventajas y desventajas, como también una selección de proveedores de ambas tecnologías. Además mostraremos imágenes de las arquitecturas de red propias de estas tecnologías capítulo.

Las condiciones particulares de muchas regiones rurales carecen de infraestructuras y recursos, esto conlleva a que las redes de operador y las redes cableadas sean inapropiadas. La inaccesibilidad de muchos lugares y la dispersión de la población hacen que lo mejor sea el uso de tecnologías inalámbricas de largo alcance.

2.1. Introducción a las redes de telecomunicaciones

Una red de telecomunicaciones es aquella que está compuesta por elementos que proporcionan capacidad para la transmisión y recepción de información a largas distancias. Esta información puede estar en forma de voz, datos, videos o una combinación de los anteriores.

La red de comunicaciones se puede dividir en dos partes: a) La red de acceso; para que los puntos finales se conecten a la red, y b) red de transporte; por donde viaja toda la información que intercambian los puntos.

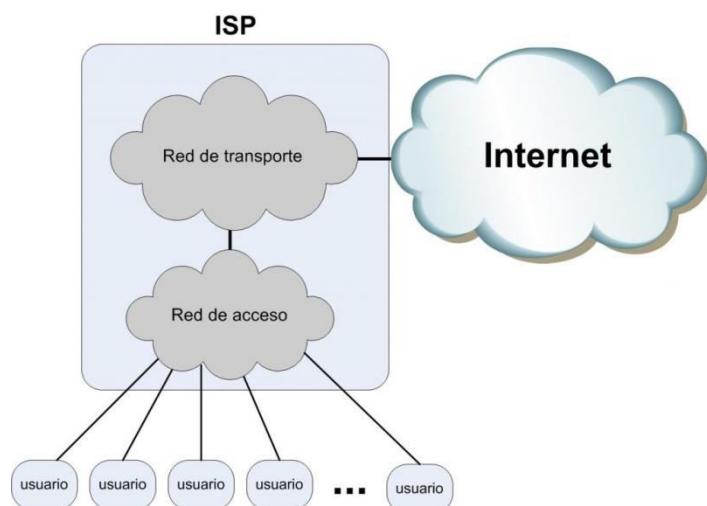


Figura 2.1. Red de Acceso y Red de Transporte

2.1.1. Red de acceso

La red de acceso comprende el tramo entre los usuarios finales y el último nodo de la red de telecomunicaciones, a menudo se denomina como “**última milla**”. A esta conexión también se la conoce como **bucle de abonado**.

2.1.1.1. Tecnologías de red de acceso

Sus principales tecnologías son: Redes cableadas y redes inalámbricas. Dentro de las redes cableadas tenemos a la fibra óptica (FTTx), cable coaxial y el par trenzado. Dentro de las redes inalámbricas tenemos las tecnologías Wi-Fi, Wi-Max, satelital, etc. además de los elementos necesarios para adecuar la señal.

2.1.2 Red de transporte

La red de transporte también conocida como enlace troncal o Backbone, tiene como función transportar a mayores distancias el tráfico de información que proviene de las redes de acceso.

2.1.2.1. Tecnologías de Red de Transporte

Sus principales tecnologías son de tres tipos: Fibra óptica, Microondas y Satelital.

2.2. Identificación de las alternativas tecnológicas posibles

Los datos pueden ser enviados por tres medios de transmisión que son: medio guiado (alambres), medio inalámbrico (aire) y satélite, estos medios se pueden usar tanto en Redes de Acceso como en Redes de Transporte. En este apartado se va a estudiar las diferentes tecnologías y se va a presentar sus ventajas y desventajas, comparándolas entre sí con el propósito de escoger la mejor y más apropiada tecnología para el Diseño de la Red. Es posible combinar estas tres tecnologías para solucionar de mejor manera los requerimientos de la red si esta así lo necesita.

2.2.1. Redes cableadas

Los cables son el componente básico de las comunicaciones no inalámbricos, existen varios tipos diferentes de cables y lo que les diferencia entre ellos es que el Ancho de Banda de los sistemas cableados es mayor que el de los sistemas inalámbricos.

2.2.1.1. Par trenzado

Constituye el modo más simple y económico de todos los medios de transmisión existentes, además de la facilidad de instalación, así como las constantes mejores tecnológicas introducidas. Para la transmisión de señales analógicas se necesitan amplificadores cada 5 o 6 Km. mientras que para señales digitales se requieren repetidores de cada 2 o 3 Km.



Figura 2.2. Par Trenzado

El par trenzado es el más simple y más barato en cuanto a su precio de compra y de instalación, además brinda una mayor facilidad de manejo. Para las distintas tecnologías

de red local este tipo de cable se ha convertido en el sistema de cableado más ampliamente utilizado.

Las mayores desventajas son su mayor tasa de error respecto a otros tipos de cable, así como sus limitaciones para trabajar a distancias elevadas. El conector más frecuente en este tipo de cable es el denominado RJ-45.

2.2.1.2. Cable coaxial

Es un excelente transmisor de señales de alta frecuencia, permite mínimas perdidas por radiación por lo que presenta una excelente inmunidad al ruido. El ancho de banda que se puede obtener depende de los diámetros de los conductores y de la longitud del cable. Su frecuencia esta entre los 500Mhz, esto hace que el cable coaxial sea ideal para transmisión de televisión por cable por múltiples canales.

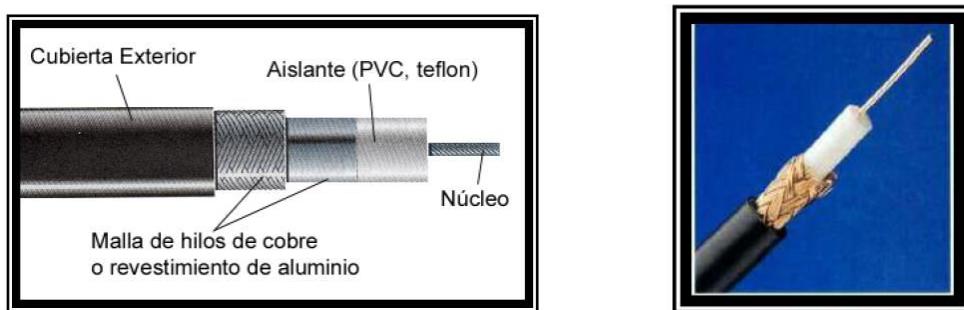


Figura 2.3. Cable Coaxial

Sus aplicaciones son: distribución de televisión, telefonía a larga distancia y redes de área local, distribución de TV por cable hasta el domicilio y oficinas de los usuarios como el actual sistema telefónico.

Cuando se usa Multiplexación por División de Frecuencia (FDM) el cable coaxial puede transmitir más de 10000 canales de voz simultáneamente.

2.2.1.3. La fibra óptica (FTTx)

Es un hilo muy fino de material transparente que transmite datos a velocidades muy superiores a las velocidades de las otras tecnologías actuales. Además la misma fibra puede también simultáneamente suministrar servicios de telefonía por internet (VoIP) y de video.



Figura 2.4. Fibra Óptica

Las redes de fibra óptica son el medio por excelencia para las telecomunicaciones y comunicación digital ya que permite el envío de grandes volúmenes de información a velocidades similares a las utilizadas en radio o cable. Son inmunes a las interferencias electromagnéticas ya que el medio de transmisión son pulsos de luz. Los cables son delgados, flexibles y ligeros, lo que permite un alto grado de satisfacción en las instalaciones.

2.2.2. Redes Inalámbricas

Las redes inalámbricas son conexiones entre nodos a través de ondas electromagnéticas, sin necesidad de conexiones físicas. Una de las principales ventajas de las redes inalámbricas es el costo ya que no hay necesidad de cable Ethernet y una de sus principales desventajas es que debe tener un sistema de seguridad mucho más exigente para así poder evitar intrusos.

2.2.2.1. Redes microondas

Se denomina microonda ya que la longitud de onda de esta banda es muy pequeña, resultando de dividir la velocidad de la luz entre la frecuencia en Hertz. Las redes microondas son ondas de radio generadas a muy altas frecuencias, su efectividad y su rápida instalación ha permitido que empresas telefónicas, bancos, mercados, tiendas, departamentos, radios base de celulares hayan utilizado esta tecnología para construir sus infraestructuras de Backbone. Estas redes terrestres han brindado solución a los problemas de transmisión de datos sin importar cuales sean,

2.2.2.2. Redes Satelitales

Las redes VSAT son redes de comunicaciones de datos vía satélite para el intercambio de información punto-punto, o punto-multipunto.

El componente principal de este sistema es el HUB, que es la estación central terrestre de la red. Éste permite realizar la comunicación entre dos terminales VSAT, es decir, que todo intercambio de información tiene que pasar por el HUB. Esta estructura de red logra que las estaciones terminales sean simples, baratas y fáciles de instalar. Las antenas usadas tienen menor diámetro (menores de 2.4 m, típicamente 1.3 m) y los sistemas un bajo consumo de energía.

Con esta tecnología se consiguen diseñar redes muy densas con altas velocidades de transmisión si hay pocos usuarios conectados simultáneamente, permitiendo la transferencia de voz, datos y vídeo.

2.2.2.3. Redes de acuerdo con su alcance

Definido como la distancia máxima a la que pueden situarse las dos partes de la comunicación inalámbrica.

Las redes inalámbricas de área personal o WPAN (Wireless Personal Area Network) son aquellas que tienen un área de cobertura de unos pocos metros. La finalidad de estas redes es la comunicación entre cualquier dispositivo personal (por ejemplo, el ordenador con la impresora). Algunas tecnologías que se utilizan en este tipo de redes son Bluetooth, DECT y los infrarrojos. El estándar más representativo es el IEEE 802.15.1 (Bluetooth).

Las redes inalámbricas de área local o WLAN (Wireless Local Area Network) cubren distancias de unos cientos de metros. Estas redes están pensadas para crear un entorno de red local un mismo edificio o grupo de edificios. La tecnología que mayor impulso a tenido es el WiFi y sus numerosas variantes. El estándar más representativo es el IEEE 802.11 (WiFi).

Las redes inalámbricas de área metropolitana o WMAN (Wireless Metropolitan Area Network) pretenden cubrir el área de una ciudad o entorno metropolitano. Tienen una cobertura desde cientos de metros hasta 50-60 Kilómetros. Los protocolos WiMax o LMDS ofrecen soluciones de este tipo. El estándar más destacado es el IEEE 802.16 (WiMax)

Las redes inalámbricas de área global o WWAN (Wireless Wide Area Network) son los sistemas basados en la tecnología celular y tienen la posibilidad de cubrir un país entero o un grupo de países. Las tecnologías WWAN se conocen también como sistemas de segunda generación (2G), de tercera generación (3G) o los actuales sistemas (4G) definidos como un estándar de la norma 3GPP. El estándar más destacado es el IEEE 802.20 o UMTS son los más representativos de este tipo de redes. En la figura 2.5. Se puede observar un esquema de estos tipos de redes.



Figura 2. 5. Posicionamiento de Estándares Wireless

2.3. Selección de Tecnología de Acceso

Como primera tecnología de acceso a analizar, tenemos las redes cableadas como cables coaxiales, par trenzado o las fibras ópticas. La principal ventaja de estos medios cableados es su mayor invulnerabilidad sobre interferencias de señales externas. Sin embargo; su implementación troncal en algunas zonas rurales de la Argentina se hace costosa porque para ello se requiere abrir trochas, instalar postes, vías de acceso para el transporte del material y al encontrarnos en un entorno rural hace que su instalación sea menos factible que una red microondas o enlace satelital.

Por otro lado, tenemos las comunicaciones inalámbricas que se producen mediante la transmisión de las señales usando como medio el aire. En este caso, las señales están expuestas a cualquier variación del exterior, son más vulnerables a la interferencia y a la atenuación.

Tanto las redes cableadas como las inalámbricas son ventajosas. Pero el modelo puede cambiar cuando se trata de zonas rurales, debido a que en las zonas rurales hay menor o casi nula presencia de otras señales electromagnéticas, las redes inalámbricas ganan fuerza debido a que tendrán menos problemas a interferirse, y además será menos costoso. Además las soluciones de acceso inalámbrico de banda ancha soportan múltiples topologías y funciones de administración de red para un envío de datos confiables y constante.

En pocas palabras, se puede aseverar que la tecnología inalámbrica es la mejor alternativa para proveer servicios de acceso inalámbrico y cubrir espacios geográficos rurales, ya que es de menor costo y más sencilla de implementar en la actualidad para la última milla.

2.4. Selección de tecnología de transporte

La fibra óptica posee una gran ventaja considerable en cuanto a ancho de banda e inmunidad a la frecuencia. Sin embargo, el costo de instalar una infraestructura troncal en zonas rurales constituye un gran desafío y se vuelve una misión muy difícil, ya que el costo por usuario es mucho más alto que en zonas urbanas debido a que la población se encuentra dispersada, razón por las cuales los operadores no están muy interesados en ofrecer cobertura en este tipos de zonas, además que la concentración económica y de comercio tienden a generar una mayor demanda en las zonas urbanas.

Lo mismo sucede con los enlaces de microondas en las cuales se necesita la instalación de varios enlaces y repetidoras. Además, esta última tecnología no es tan robusta debido a su sensibilidad de interferencias y a que cada enlace depende de su antecesor.

Ante ello, la tecnología satelital se convierte en una opción adecuada para nuestra solución. Solo es necesaria una estación instalada en una localidad con una antena apuntando al satélite. Dentro de esta tecnología tenemos las redes VSAT en las cuales las estaciones son de pequeño tamaño y fácil de instalar.

2.5. Tecnología de conectividad para el Diseño de la Red

En este apartado pretendemos guiar al lector con el estudio de las tecnologías de conectividad rurales y la selección del software que se utilizara para el diseño. Para esto debemos tomar los siguientes parámetros:

- La red tiene que ser de fácil instalación, administración y de mantenimiento.
- La tecnología usada debe ser de punta (última generación).
- Que tenga la capacidad de aumentar su capacidad, que no involucre cambios bruscos de equipos.
- Que funcione correctamente en climas adversos.
- Que los costos de los equipos, servicios y costos operacionales sean sustentables

3.5.1. Tecnología WiFi

WiFi es una marca de la Wi-Fi Alliance, la organización comercial que adopta, certifica y prueba que los equipos cumplen los estándares 802.11 del IEEE.

Inicialmente era muy habitual que los puntos de acceso inalámbricos se lleven a cabo utilizando soluciones particulares de cada fabricante, ya que los distintos dispositivos que existían en el mercado eran incompatibles entre si. Estos suponía estar sometido siempre a las limitadas soluciones que solo un fabricante puede ofrecer.

Para normalizar la situación, se creó la asociación WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance), actualmente conocida como Wi-Fi Alliance. Esto quiere decir que el usuario tiene la garantía de que todos los equipos que tengan el sello WiFi puedan trabajar juntos sin problemas, independientemente del fabricante.

La Web de esta alianza es: www.wi-fi.org o www.wifi-alliance.net



Figura 2.6. Logotipo WiFi



Figura 2.7. Marcas comerciales WiFi

3.5.1.1. Estándares IEEE 802.11

El IEEE 802 es un estudio de estándares elaborado por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) que actúa sobre Redes de ordenadores. Concretamente y según su propia definición sobre Redes de Área Local (RAL, en inglés LAN) y Redes de Área Metropolitana (MAN en inglés).

El estándar 802.11 fue aprobado por el IEEE en 1997, permitiendo trabajar con velocidades de transmisión de 1Mbps y 2Mbps. El primer estándar fue IEEE802.11b y luego los estándares IEEE802.11a y IEEE802.11g añadiendo nuevas técnicas de modulación en la capa física logrando mayores velocidades de transmisión y una mayor robustez en la conectividad.

A continuación se analizan con más detalle las especificaciones más usadas hasta la actualidad.

IEEE 802.11a

Permite velocidades teóricas máximas de hasta 54 Mbps e incluso es posible alcanzar los 72 y 108 Mbps con versiones propietarias de esta tecnología. Trabaja en la banda de 5GHz, y utiliza la técnica de transmisión OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) con 52 subportadoras. El estándar 802.11 tiene doce canales sin solapa

Esta banda de frecuencia está menos saturada y elimina el problema de las interferencias múltiples que existen en la banda de 2.4GHz, lo cual es una ventaja.

El hecho de que no pudiera interoperar con equipos del estándar 802.11b supuso una desventaja que limitó su aceptación en la industria.

IEEE 802.11b

También conocido comúnmente como Wi-Fi (Wireless Fidelity), es el estándar más utilizado en las comunidades inalámbricas. Tiene una velocidad máxima de transmisión de 11 Mbps y utiliza el método de acceso definido en el estándar original CSMA/CA (Múltiple acceso por detección de portadora evitando colisiones).

El estándar 802.11b funciona en la banda de frecuencia de 2.4 GHz, la cual, al no necesitar licencia de uso, puede ser utilizada por cualquier tecnología inalámbrica y producir interferencias.

Es usualmente usado en configuraciones punto y multipunto como en el caso de los AP que se comunican con una antena omnidireccional con uno o más clientes que se encuentran ubicados en un área de cobertura alrededor del AP. El rango típico en interiores es de 32 metros a 11 Mbps y 90 metros a 1 Mbps. Con antenas de alta ganancia externas el protocolo puede ser utilizado en arreglos fijos punto a punto típicamente rangos superiores a 8 Km. siempre que haya línea de visión.

Este estándar ha ganado la aceptación en el mercado a pesar de sus desventajas. Esto se debe a su coste bajo, su velocidad aceptable y la compatibilidad ganada al ser certificado por la WiFi Alliance.

IEEE 802.11g

Esta norma trabaja en la banda de frecuencia de 2.4GHz, permite transmitir datos a 54 Mbps que en promedio es de 22 Mbps de velocidad real de transferencia. Es compatible con el protocolo 802.11b y puede trabajar con el protocolo 802.11a cambiando la configuración de los equipos. Esto es debido a que 802.11g, puede operar con las tecnologías OFDM y DSSS.

Los equipos que trabajan bajo este estándar llegaron al mercado muy rápidamente, incluso antes de su ratificación. A pesar de su mayor aceptación 802.11g sufre de la misma interferencia de 802.11b en el rango ya saturado de 2.4 GHz por dispositivos como hornos microondas, dispositivos bluetooth y teléfonos inalámbricos.

IEEE 802.11n

El estándar 802.11n fue ratificado en Septiembre de 2009 por la organización IEEE. La base de su funcionamiento es la incorporación de varias antenas, que permiten utilizar varios canales para enviar y recibir datos simultáneamente, mejorando de forma sustancial la señal recibida por el receptor y multiplicándose de esta forma el ancho de banda utilizado. Esto es lo que se conoce como la tecnología MIMO (Multiple Input Multiple Output).

WiFi 802.11n puede trabajar tanto en la banda de frecuencia de 2.4 GHz como en la de 5 GHz, lo que hace que sea compatible con las tres tecnologías anteriores (a, b y g).

El estándar es muy complejo y existen múltiples referencias donde se explican sus principales características. A continuación se enumeran algunos miembros de la familia 802.11 indicando sus principales características

Estándar	Ancho de Banda	Banda de Frecuencia	Velocidad (Teórica)	Velocidad (Práctica)	Alcance (metros)	Año
802.11	22 MHz	2,4GHz	2Mbps	1 Mbps	330	1997
802.11a	20 MHz	5,4 GHz	54 Mbps	22 Mbps	390	1999
802.11b	22 MHz	2,4 GHz	11 Mbps	6 Mbps	460	1999
802.11g	20 MHz	2,4 GHz	54 Mbps	22 Mbps	460	2003
802.11n	20/40 MHz	2,4 / 5 GHz	600 Mbps	100 Mbps	820	2009
802.11ac	80 hasta 160 MHz	5,4 GHz	6,93Gbps	100 Mbps		2013
802.11ad	2MHz	60 GHz	7,13Gbps	Hasta 6Gbps	300	2012
802.11ah		0,9 GHz			1000	2016

Tabla 2.1. Tabla comparativa entre los diferentes estándares del IEEE para WLAN

3.5.1.2. Bandas de frecuencias de las redes WiFi

Se ha hablado de que las redes WiFi funcionan en dos bandas de frecuencias. Ninguna de las dos bandas requiere licencia para su utilización, pero se encuentran sujetas a la regulación fijada por la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información

- Banda de 2.4 GHz
- Banda de 5GHz

3.5.1.2.1. Banda 2.4GHz

La banda de 2.4GHz para uso en redes WiFi consta del siguiente rango de frecuencias 2.4 – 2.483 GHz.

Existen un total de 14 canales de Secuencia Directa (DS). Cada canal DS transmite en 22 MHz, aunque cada país y zona geográfica aplica sus propias restricciones al número de canales disponibles. La separación entre ellos es de 5MHz. Esto hace que se produzca un solapamiento de todos los canales con sus adyacentes como se puede observar en la Ilustración 2.

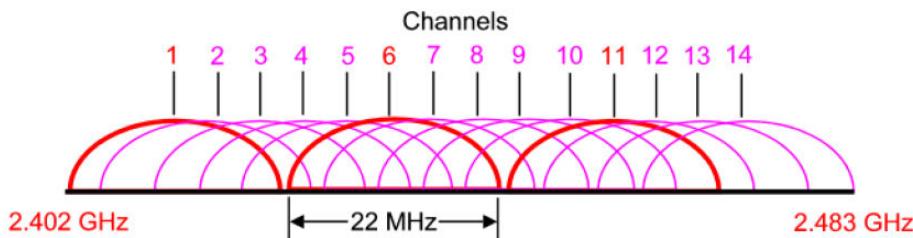


Figura 2.8. Canales en la banda de 2.4 GHz

Aparece un concepto importante a tener en cuenta a la hora de asignar las frecuencias: el solapamiento. Como puede observarse en la figura, el canal 1 se superpone con los canales 2, 3 ,4 y 5, y por lo tanto los dispositivos que emitan en ese rango de frecuencias pueden generar interferencias. Lo mismo ocurre con el canal 6 que se superpone con los canales 7, 8, 9 y 10, y el canal 11 con los canales 12, 13 y 14. Por lo tanto, para obtener un rendimiento óptimo de la red inalámbrica WiFi, nuestros equipos Access Point (AP) se deben configurar en los canales que están más separados, bien sea el canal 1, el canal 6 o el canal 11 (de los 14 canales solamente 3 no se solapan: el 1, 6 y el 11), dependiendo del nivel de saturación de nuestra zona de cobertura

3.5.1.2.2. Banda 5GHz

La banda de 5GHz dispone de un mayor ancho de banda que la de 2.4 GHz y presenta un menor nivel de interferencias ya que en la banda de 5 GHz existen menos servicios que los que se pueden encontrar en la banda ICM.

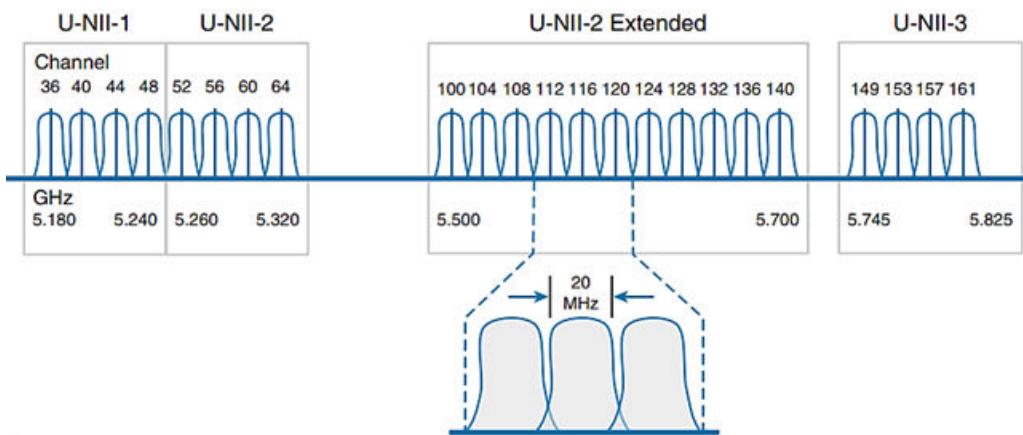


Figura 2.9. Canales en la banda de 5 GHz

Los canales tienen un ancho de banda de 16.6 MHz y están separados por 20 MHz, los 24 canales no se superponen; en este caso, el espectro de ningún canal solapa con algún otro colindante, por lo que pueden ser utilizados todos al mismo tiempo para planificar una red inalámbrica.

3.5.1.3. Modos de Operación de la Red

Las redes inalámbricas WiFi admiten dos tipos de configuraciones desde el punto de vista del tipo de equipamiento:

- **Modo Ad Hoc:** Se trata de una configuración en la cual sólo se necesita disponer de tarjetas o dispositivos inalámbricos WiFi en cualquier equipo susceptible de ser conectado a la red. La red es ad hoc porque no depende de una infraestructura pre-existente, como AP (Puntos de Accesos) en redes inalámbricas administradas. Sino que crea una red multipunto a multipunto, donde cada nodo debe estar dentro del alcance de los otros para comunicarse, y deben concordar en un nombre y un canal de red.



Figura 2.10. Conexión Modo Ad-Hoc

- **Modo Infraestructura:** También llamado Modo Maestro. En esta configuración, además de las tarjetas WiFi se necesita disponer de un equipo conocido como Punto de Acceso (AP). Cada estación informática (EST) se conecta a un punto de acceso a través de un enlace inalámbrico. La configuración formada por el punto de acceso y las estaciones ubicadas dentro del área de cobertura se llama conjunto de servicio básico o BSS. Estos forman una célula.

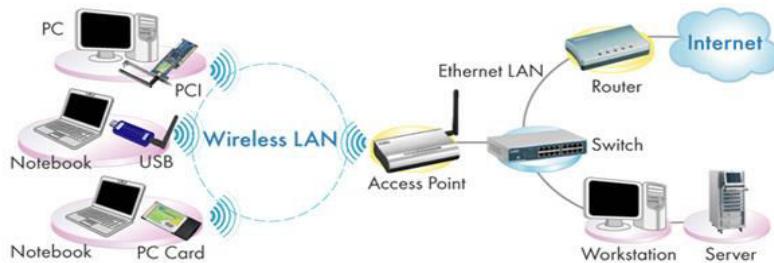


Figura 2.11. Modo infraestructura

Las comunicaciones ad hoc son muy fáciles de configurar y resultan muy interesantes cuando se necesita establecer una comunicación temporal entre dos equipos. Por otro lado, el modo infraestructura es el más adecuado para crear redes permanentes.

3.5.1.4. Seguridad en redes inalámbricas

Antes de desarrollar este punto hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Todos los que estén en un radio de 100 metros aproximadamente son intrusos potenciales.
- La información se transmite por el aire y, por lo tanto, puede ser “vista” por cualquiera que esté dentro de un radio de 100 metros.
- Nuestros usuarios pueden conectarse a redes que se encuentren abiertas, por confusión o voluntariamente, en el radio de 100 metros y esto puede ser muy peligroso para la seguridad de nuestra organización.
- Cualquier “vecino” puede captar los login y las contraseñas cuando los usuarios intentan conectarse.

El primer paso para asegurar una red WiFi es conocer cuáles son las amenazas y ataques que puede sufrir. Existen diferentes métodos para interceptar, atacar y descubrir una red inalámbrica. Estas amenazas pueden ser divididas en dos grandes grupos: Ataques Pasivos y Ataques Activos.

3.5.1.5. Ataques pasivos

El principal objetivo del atacante es obtener información. Se trata de un método en el que no se altera la comunicación, sino que únicamente la escucha o monitoriza, para obtener la información que está siendo transmitida. Sus objetivos son la intercepción de datos y el análisis de tráfico.

- ✓ Espionage (Surveillance)
- ✓ Escuchas (Sniffing)
- ✓ Wardriving()
- ✓ Warchalking()
- ✓ Ataques de descubrimiento de contraseña

3.5.1.6. Ataques Activos

Los ataques activos suponen una modificación en el flujo de datos o la creación de falsos flujos en la transmisión de datos. Pueden tener dos objetivos diferentes: pretender ser alguien que en realidad no es para obtener información o colapsar los servicios que puede prestar la red.

- ✓ Puntos de acceso no autorizados/Rogue APs
- ✓ Spoofing
- ✓ Man In The Middle:
- ✓ Secuestro de sesiones/ Hijacking
- ✓ Denegación de servicio

3.5.1.7. Seguridad de las redes WiFi

Existen varios métodos para proporcionar seguridad:

- **Filtrado de direcciones MAC/ MAC Address:**

Consiste en suministrar a cada Punto de Acceso Inalámbrico un listado de las direcciones MAC de los equipos que están autorizados a conectarse a la red. De esta manera los equipos que no figuren en la lista serán rechazados.

- **Protocolo de seguridad WEP (Wired Equivalent Privacy Algorithm).**

WEP se basa en proteger los datos transmitidos en el enlace radio, usando una clave de 64 bits o 128 bits y el algoritmo de encriptado es RC4.

El RC4 es un algoritmo que se basa en generar claves de cifrado arbitrarias empleando la función lógica XOR. La longitud de RC4 no es fija, puede ser de 64 bits (40 bits de clave con un vector de inicialización (IV) de 24 bits), o de 128 (104 bits con un vector de inicialización de 24 bits).

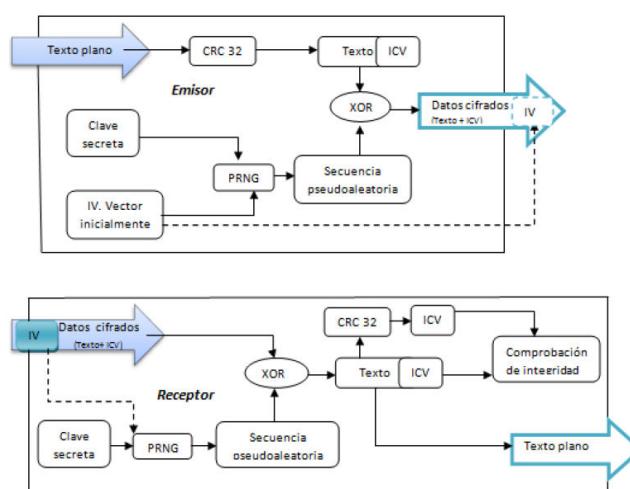


Figura 2.12. Proceso de cifrado y descifrado WEP

WEP no ofrece servicio de autenticación. El cliente no puede autenticar la red, ni al contrario; basta con que el equipo móvil y el Punto de Acceso comparten la clave WEP para que la comunicación pueda llevarse a cabo.

Se puede crackear un cifrado WEP en pocos minutos usando las herramientas adecuadas

- **Protocolo de seguridad WPA (Wi-Fi Protected Access)**

Utiliza un vector de inicialización de 48 bits y una clave de cifrado de 128 bits en lugar de 40 bits como WEP

Lo más importante, es que WPA, utiliza lo que se llama TKIP (Protocolo de Clave Temporal de Integridad). Este protocolo emplea el algoritmo de cifrado RC4, al igual que WEP, pero elimina el problema de las claves estáticas compartidas.

Considerando que WEP usa la misma clave para cifrar todos los paquetes que fluyen a través de la red, WPA con TKIP cambia la clave de cifrado cada vez que un paquete se transmite.

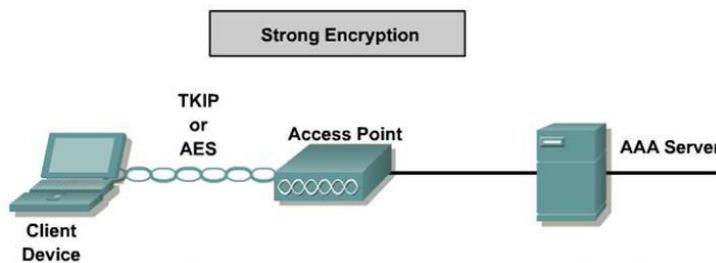


Figura 2.13. Proceso de encriptación utilizando TKIP o AES

- **WPA2**

Es el estándar más moderno para proteger redes inalámbricas. La seguridad es muchísimo más robusta que la que ofrece WPA. WPA2 cuenta con la versión certificada del estándar de la IEEE con algunas actualizaciones como el uso de cifrado AES (Advanced Encryption Standard) - desarrollado por el NIST (Instituto Nacional de Estandares y Tecnología). Este algoritmo de encriptación requiere un hardware potente.

Desde marzo del 2006 utilizar WPA2 es requisito obligatorio para todos los productos WiFi. WPA2 es compatible con WPA, WPA2 no es compatible con sistemas WEP.

Con ese objetivo, los protocolos del nivel de enlace fueron desarrollando y evolucionando en temas de la seguridad en el estándar IEEE 802.11 y la WiFi Alliance como se muestra en la tabla siguiente.

Fecha	Hitos
Septiembre 1997	Estándar IEEE 802.11 ratificado, incluyendo WEP.
Abril 2000	Lanzamiento del programa de certificación (WiFi CERTIFIED), con soporte para WEP.
Mayo 2001	Se crea el grupo de trabajo IEEE 802.11i
Abril 2003	Se introduce WPA con: <ul style="list-style-type: none"> • Autenticación IEEE 802.11X • Encriptación <i>Temporal Key Integrity Protocol</i> (TKIP) • Compatible con <i>EAP-Transport Layer Security</i> (EAP-TLS)
Septiembre 2003	Obligatorio WPA para todos los equipos WiFi CERTIFIED
Junio 2004	Rectificación IEEE 802.11i ratificada
Septiembre 2004	Se introduce WPA2 con: <ul style="list-style-type: none"> • Autenticación IEEE 802.11X • Encriptación AES • Compatible con EAP-TLS
Abril 2005	Apoyo a cuatro tipos EAP adicionales: <ul style="list-style-type: none"> • <i>EAP Tunneled TLS Microsoft Challenge Handshake Authentication Protocol Version 2</i> (EAP-TTLS/MSCHAPv2) • <i>Protected EAP Version 0</i> (PEAPv0)/EAP-MSCHAPv2 • <i>Protected EAP Version 1</i> (PEAPv1)/EAP Generic Token Card (EAP-GTC) • <i>EAP-Subscriber Identity Module</i> (EAP-SIM)
Marzo 2006	Obligatorio WPA2 para todos los equipos WiFi CERTIFIED
Enero 2007	Lanzamiento <i>WiFi Protected Setup</i> (WPS)
Noviembre 2007	Se crea el grupo de trabajo IEEE 802.11w
Mayo 2009	Apoyo para EAP-AKA y EAP-FAST añadido

Tabla 2.2. Evolución de la seguridad en el IEEE 802.11 y la WiFi Alliance

3.5.2. Tecnología Satelital

A un satélite se lo puede definir como un repetidor radioeléctrico ubicado en el espacio, el cual recibe señales generadas en la tierra, las amplifica y las devuelve a la tierra. Es decir en un centro de comunicaciones que procesa datos recibidos desde nuestro planeta y los envía de regreso, hacia otro punto distante del inicial.

2.5.2.1. Conceptos de tecnología satelital

El área cubierta por una única antena satelital se denomina “huella”, según donde se halle ubicado el VSAT en la “huella” se halla el retardo de transmisión para un salto (ida y vuelta de la señal).

Los VSAT (Very Small Aperture Terminal) son, por tanto, pequeñas estaciones terrenas de comunicaciones por satélite. Se pueden considerar pequeñas puesto que el tamaño máximo de la antena es de 1,8 m en la banda Ka, 3,8 m en la banda Ku y 7,8 m en la banda C.

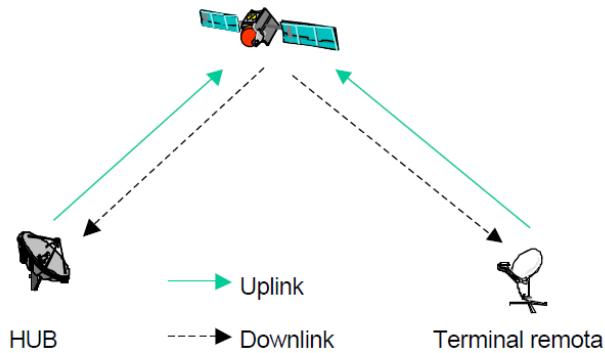


Figura 2.14. Enlaces Uplink y Downlink

Para lograr la comunicación entre el satélite y las estaciones terrenas se tiene un modelo de subida, un transponder y un modelo de bajada.

- **Modelo de subida:** es el transmisor de la estación terrena al satélite (trasponder). En la siguiente figura se muestra un diagrama de bloques de un transmisor de estación terrena.

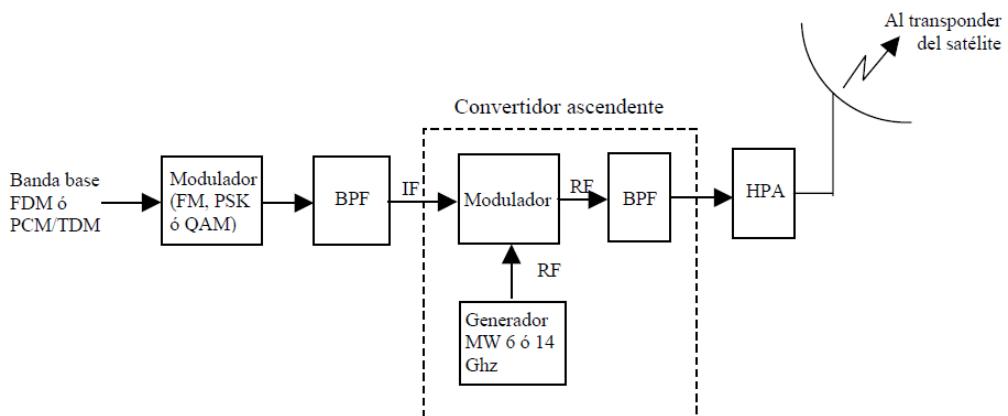


Figura 2.15. Modelo de subida del satélite

- **El transponer:** su papel es recibir la señal de la estación terrena, amplificar y retransmitirla por medio de la bajada a los receptores de la estación terrena. En la siguiente figura se muestra el esquema del transponer.

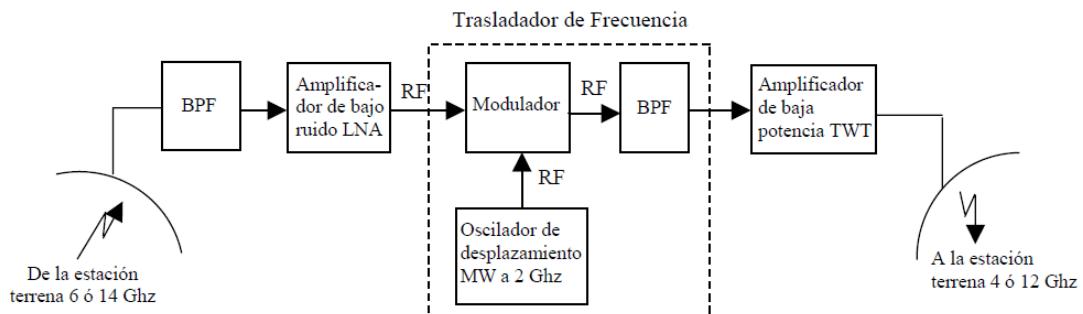


Figura 2.16. Transponer del satélite

- **Modelo de bajada:** El modelo de bajada es el transmisor del satélite (transponder) a la estación terrena. La siguiente figura muestra un diagrama del modelo de bajada.

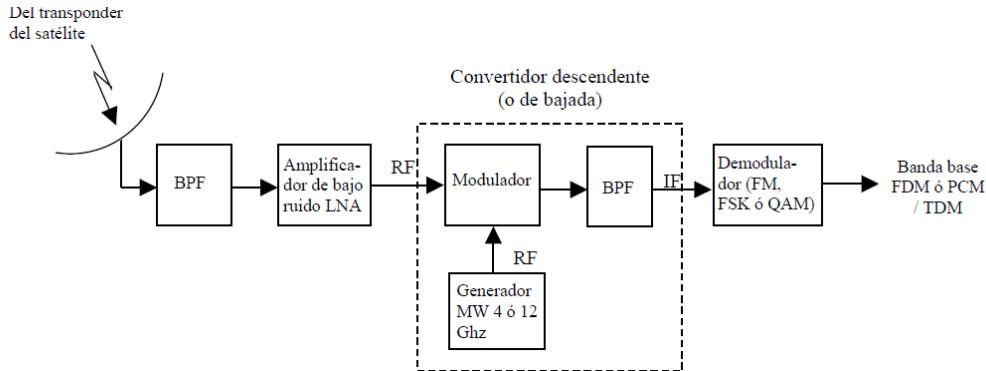


Figura 2.17. Modelo de bajada del satélite

2.5.2.2. Tópicos de referencia para un enlace satelital

Ángulos de vista: Las antenas son las encargadas de recibir y transmitir la comunicación entre el satélite y la estación terrena. Para lograr la orientación de la antena hacia el satélite es necesario conocer los ángulos de azimut y elevación de acuerdo a la posición en la cual la antena tiene la máxima ganancia.

a) Angulo de elevación

El ángulo de elevación es el ángulo formado entre la señal recibida por la antena desde el satélite y la horizontal. En la siguiente figura se muestra el ángulo descrito

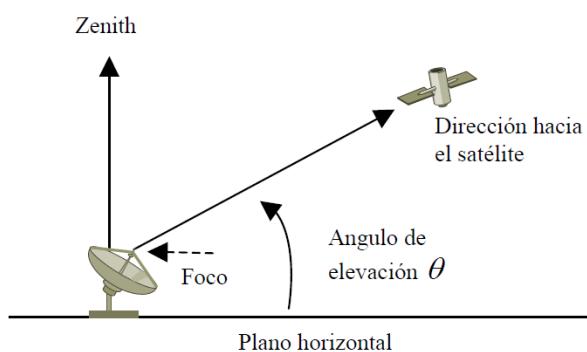


Figura 2. 18. Angulo de elevación

b) Angulo de Azimut

Es el ángulo de apuntamiento horizontal de la antena se mide en el sentido de las manecillas del reloj. El Angulo de azimut ϕ se encuentra entre 0° y 360° . Dependiendo de la localización de la estación con respecto al punto del satélite (Neri Vela, 2003), ángulo de azimut ϕ está dado por:

- Hemisferio sur:
 - Estación terrena al oeste del satélite: $\phi = \phi'$
 - Estación terrena al este del satélite: $\phi = 360^\circ - \phi'$

- Hemisferio norte:
 - Estación terrena al oeste del satélite: $\phi = 180^\circ - \phi'$
 - Estación terrena al este del satélite: $\phi = 180^\circ + \phi'$

Figura 2. 19. Apuntamiento Horizontal

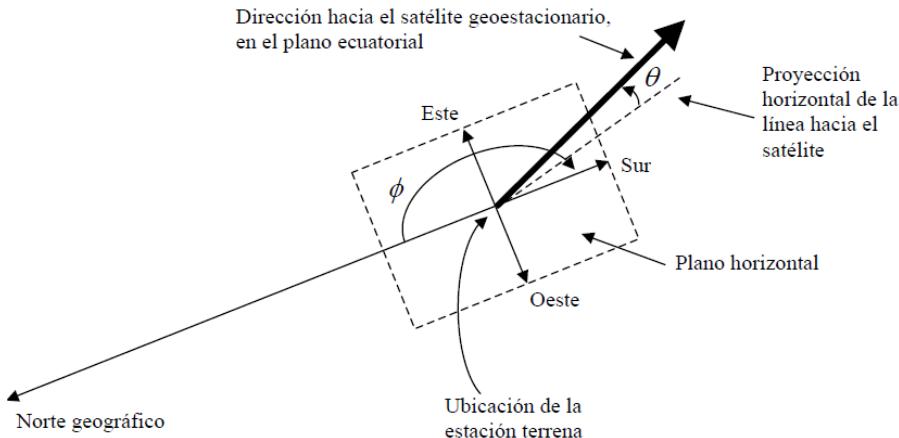


Figura 2. 20. Angulo de azimuth

2.5.2.3. Elementos de una red satelital

La red satelital está compuesta por 4 elementos:

- Transpondedor
 - Antena
 - Estación emisora
 - Estación receptora
-
- **Transpondedor:** Es el elemento más importante del satélite y es el encargado de recibir la señal, procesarla y amplificarla para finalmente retransmitirla. Usualmente un transpondedor posee 72 MHz de ancho de banda.
 - **Antena:** Se encarga de captar las señales del satélite y concentrarla en un foco donde está ubicado el alimentador. De acuerdo a sus dimensiones podrá recibir y/o emitir mayor intensidad de la señal.

- **Estación receptora:** Recibe y procesa toda la información generada en la estación transmisora y retransmitida por el satélite.
- **Estación emisora:** Está compuesta por el transmisor y la antena de emisión. La potencia emitida es alta para que la señal del satélite sea buena. Esta señal debe ser captada por la antena receptora. Para cubrir el trayecto ascendente envía la información al satélite con la modulación y portadora adecuada.

2.5.2.4. Órbitas

Las órbitas en las cuales se encuentran los satélites se clasifican de acuerdo a la distancia que los separa de la tierra. Esta característica, define la capacidad de cobertura de cada uno de los satélites, pero también el retardo y la pérdida de propagación de las señales. En la siguiente tabla podemos observar las diferencias entre estas órbita.

CARACTERISTICAS DE LAS ORBITAS			
ORBITAS	LEO	MEO	GEO
Altitud (Km.)	700 a 1400	10000 a 15000	36,000
Retardo	20-40 ms 0,05 segundo	0,10 segundos	. 0,25 segundos
Angulo de elevación	Bajo	Medio a alto	Bajo a medio
Pérdidas de llamadas	Frecuente	Frecuente	Nunca
Nivel de Operaciones	Compleja	Media	Simple
Costo del segmento espacial	Alto	Bajo	Medio
Tiempo de vida del satélite	3 a 7 años	10 a 15 años	10 a 15 años
Costo de la estación terrena	Alto	Medio	Bajo
Conexión punto a punto	Si	Si	Si
Posibilidad de redes VSAT	Si	Si	Si
Cobertura	Corta	Media	Todo el tiempo
Servicios	Imágenes	GPS	Voz, Datos, Internet

Tabla 2.3. Características de las Órbitas LEO, MEO, GEO

2.5.2.5. Bandas de Frecuencia

Dentro de las bandas de frecuencia especificadas por la ITU para los diferentes servicios en comunicaciones satelitales, las bandas de frecuencia utilizadas en sistemas VSAT son: la banda C; la banda Ku y la banda Ka.

BANDA	A B	ENLACE DESCENDENTE	ENLACE ASCENDENTE
C	500 MHz	3.700 GHz a 4.200 GHz	5.925 GHz a 6.425 GHz
C Extendida		4,5000 GHz a 4,8000 GHz	6,725 GHz a 7,025 GHz
Ku (Europa)		10,700 GHz a 12,750 GHz	14,000 GHz a 14,800 GHz. 17,300 GHz a 18,100 GHz
Ku (America)	500 MHz	11.700 GHz a 12.200 GHz	14,000 GHz a 14,500 GHz 17.300 GHz a 17,800 GHz
Ka	3500 MHz	17.700 GHz a 21.700 GHz	27.5 GHz a 30.5 GHz

Tabla 2.4. Bandas de frecuencias satelitales

La selección de la banda de frecuencia para una red VSAT depende principalmente de la cobertura de los satélites en la región donde la red VSAT está instalada. La banda C es usada en la mayoría de las regiones del mundo (sólo latitudes mayores a 70° no están

cubiertas). Mientras la banda Ku solamente cubre las regiones de Norte América, Europa, Asia Este, Australia y territorios pequeños de Sudamérica.

	BANDA C	BANDA KU
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> - Tiene disponibilidad mundial, salvo en regiones cuya latitud es mayor a 70°. - En algunos lugares de Sudamérica es la única banda disponible. - Tecnología bastante económica. - Robustez contra la atenuación por lluvia. - Usa transmisiones de más baja potencia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso más eficiente de la capacidad satelital. - Uso de antenas más pequeñas (0,6 a 1,8 metros) - Inmunidad a las interferencias terrestres. - Se intenta preservarla exclusivamente a servicios de VSAT.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza antenas relativamente más grandes (1 a 3 metros). - Es susceptible de recibir y causar interferencia de satélites adyacentes y sistemas terrestres que comparten la misma banda. - Tiene mayor margen de error de apuntamiento. - Se comparte con otros servicios, especialmente microondas terrestres. 	<ul style="list-style-type: none"> - Usa más potencia para la transmisión. - No está disponible en todo el mundo, sobre todo en Sudamérica. - Es muy sensible a la atenuación y desvanecimiento por lluvia - Tecnología más costosa. - Presenta mayor interferencia intersatelital (PIRE fuera del eje).

Tabla 2.5. Ventajas y desventajas de las Bandas C y Ku

2.5.3. Definición de Red VSAT

Se llama terminal de apertura muy pequeña, o VSAT (Very Small Aperture Terminal) a una estación terrestre que se utiliza para enviar y recibir transmisiones desde un satélite. La expresión “muy pequeña” como parte de la sigla VSAT, se refiere al tamaño de la antena de plato de estas estaciones, por lo general entre 3 y 6 pies (90 y 180cm) de diámetro.

Las redes VSAT están comprendidas por estaciones VSAT terrestres que pueden estar dispersadas geográficamente, y una estación central (HUB) desde donde se gestiona todas las estaciones remotas. En esta estación central es donde se interconectan los servicios de voz, datos y/o internet.

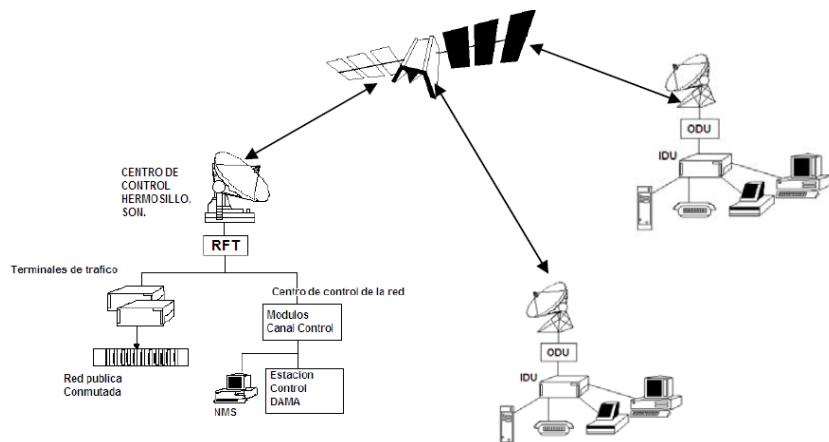


Figura 2. 21. Arquitectura de la red VSAT

Económicamente una red VSAT empieza a ser más rentable en la medida que aumente el número de nodos (terminales terrestres). Puede ofrecer costos fijos por segmento de la red; es decir los costos de operación se mantienen constantes durante un largo período de tiempo; pudiendo así implantar redes corporativas insensibles a las fluctuaciones tarifarias.

En cuanto a las desventajas, la principal es el retardo de propagación de señal (un valor típico de 0,5 segundos en doble salto, generalmente para una configuración en estrella), debido a la gran distancia que tiene que viajar la información.

2.5.3.1. Aplicaciones de las redes VSAT

Los usos satelitales están siendo retomados, tal vez alguna limitación sea su alto costo, sin embargo en mucho países, como Estados Unidos, las redes VSAT están siendo utilizados para la enseñanza educativa en áreas rurales. En España se está trabajando en proyectos de formación vía satélite. En México, una de las instituciones de mayor prestigio en el país ITESM, cuenta con una Universidad Virtual con dos emisoras vía satélite, etc. En este punto mencionamos los beneficios del sistema VSAT, las cuales se ofrecen a bajos costos tanto para áreas públicas como también para las privadas.

- ✓ Internet por satélite
- ✓ Televisión digital
- ✓ Educación a distancia
- ✓ Videoconferencias
- ✓ Telecomunicaciones rurales
- ✓ Telemedicina
- ✓ Asistencia en caso de desastres
- ✓ Telemetría y telecontrol de procesos distribuidos
- ✓ Respaldo en caso de interrupciones en las transmisiones con fibra óptica
- ✓ Transmisiones de alerta en vehículos tales como aviones, barcos, automóviles o personales.
- ✓ Teledetección y prevención de catástrofes naturales.
- ✓ Debido a su flexibilidad, han sido adoptadas por diferentes gobiernos para formar parte del sistema de telecomunicaciones de sus respectivas fuerzas armadas para su servicio de voz y datos principalmente, etc.

2.5.3.2. Topología de una red satelital VSAT

Se puede configurar de 3 formas diferentes, según las aplicaciones y/o requerimientos de los usuarios: Topología en Estrella, Malla e Hibrida. Dentro de estas estructuras, tenemos: el proveedor de la capacidad satelital (propietario del satélite); el proveedor de la red VSAT (que puede ser una entidad pública de telecomunicaciones o un operador privado); el operador de la red VSAT; el proveedor del equipamiento tecnológico; y finalmente los usuarios.

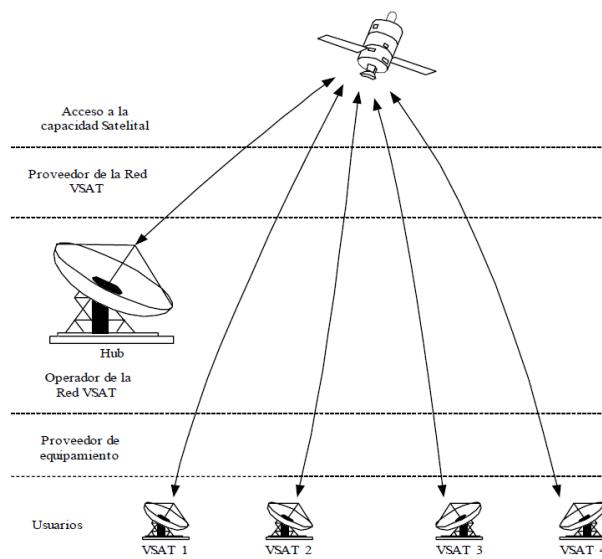


Figura 2. 22. Estructura de una red VSAT desde el punto de vista de la propiedad tecnológica.

- Topología en Estrella

Cada terminal VSAT transmite y recibe solamente hacia y desde la estación central. La mayoría de las redes VSAT utilizan esta topología debido a que la gran ganancia de la antena central puede optimizar el uso del segmento especial y a la vez minimizar el tamaño de las terminales VSAT.

La desventaja de la topología en estrella es que el retardo para las comunicaciones de VSAT a VSAT se duplica debido al doble salto, en comparación con una transmisión de salto único. Asimismo, se requiere un HUB de alta eficiencia con una antena de gran tamaño y transmisores de alta potencia.

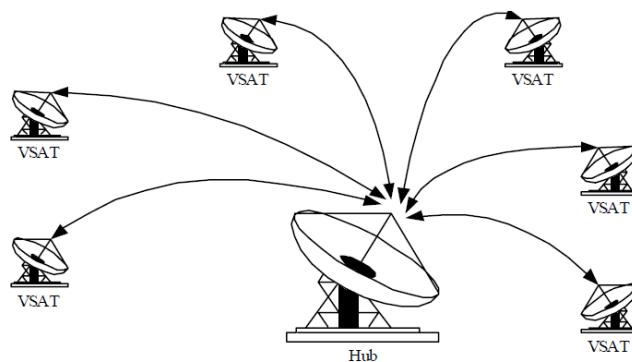


Figura 2. 23. Topología en Estrella de una Red VSAT

- Topología en Malla

Aunque esta topología es más costosa que la topología en estrella, se utiliza cuando se requiere establecer un enlace directo entre dos VSAT; permitiendo a todas las terminales comunicarse entre sí mediante un solo salto de satélite, reduciendo a la mitad el retardo producido por el salto al satélite.

Como cada VSAT debe tener suficiente potencia y sensibilidad de recepción como para comunicarse con las demás VSAT, la topología en malla requiere transmisores más potentes que los de topología en estrella.

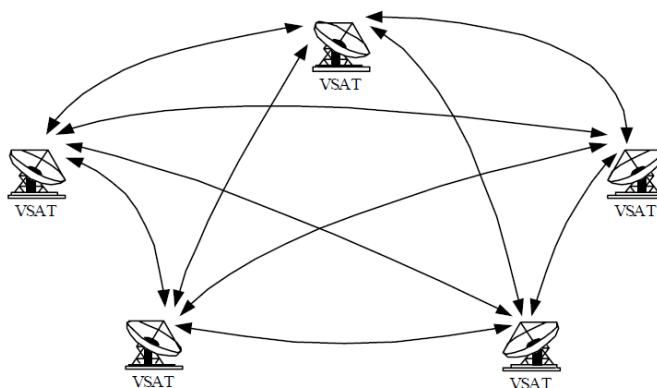


Figura 2.24. Topología en Malla de una Red VSAT

- Topología Híbrida

La topología híbrida permite que un grupo de terminales VSAT se comunique en topología malla, mientras que otras lo hacen en estrella. Esta topología sirve para redes en las que algunas terminales tienen mayor demanda de tráfico entre sí que otras.

2.5.3.3. Elementos de las redes VSAT

Las redes VSAT están comprendidas por las siguientes estaciones: a) Estaciones VSAT terrestres y b) Estación central (HUB); desde donde se gestiona todas las estaciones remotas.

2.5.3.3.1. Estaciones VSAT terrestres

El equipo de la unidad terrestre está conformado por dos unidades que se encargan de recibir, codificar y transmitir las señales hasta su destino

- Unidad Externa (ODU) ó outdoor unit.
- Unidad Interna (IDU) ó indoor unit.

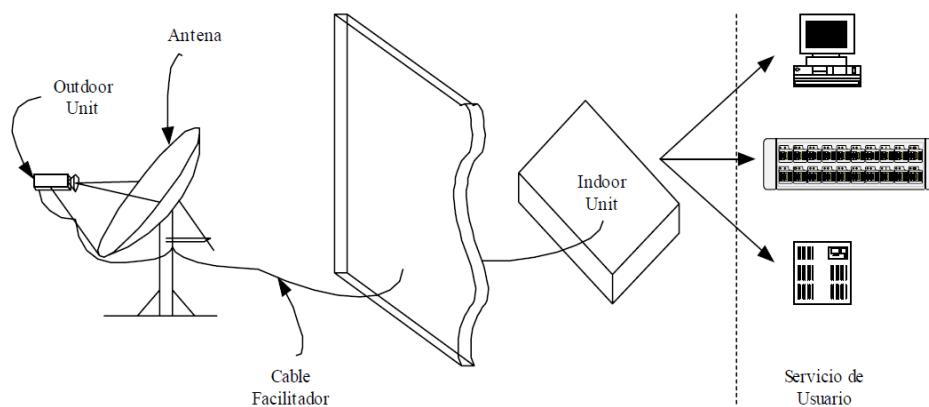


Figura 2.25. Instalación de una Estación VSAT

A. Unidad Interna (IDU): También llamado Modem Satelital. Es la interfaz entre la VSAT y el terminal de usuario. Se encarga de procesar las señales y las envía a los equipos terminales de los usuarios, que puede ser desde una terminal PC y/o un teléfono hasta un switch y/o router de una red LAN o una PBX, etc.

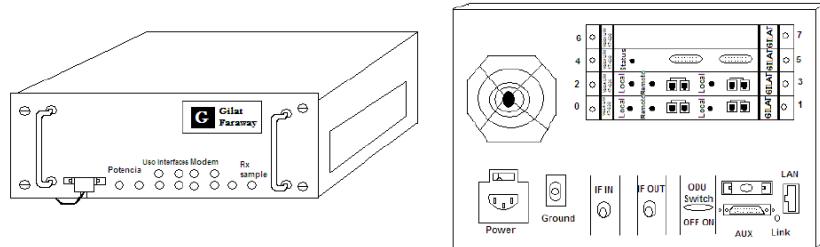


Figura 2.26. Unidad Interna

El principal parámetro de medida en esta etapa es el BER, que típicamente debe ser de un valor no mayor de 10-7.

Debido a que la principal utilidad de las estaciones VSAT es establecer comunicaciones en sitios remotos, la energía que se requiere para el funcionamiento del sistema en esas zonas es escasa o nula; por lo que en algunos casos es necesario utilizar paneles solares para obtener la energía necesaria.

B. Unidad Externa (ODU): Es la interfaz entre el satélite y la VSAT, su función es amplificar la señal que se transmite al satélite, básicamente está conformado por:

- La antena
- Sistema electrónico: Convertidor de alta potencia y amplificador para señal de transmisión (HPC), Convertidor del Bloque de Bajo Ruido para la señal de recepción (LNB), Sintetizador de frecuencia, Osciladores para variar la frecuencia. Duplexor o OMT para conectar el transmisor del convertidor ascendente al LNB



Figura 2.27. Componentes del VSAT

Los parámetros utilizados para evaluar una ODU son principalmente la finura espectral del transmisor y del receptor para el ajuste de la portadora en transmisión y para sintonizar adecuadamente la portadora en recepción; el PIRE que condiciona la frecuencia del enlace de subida y la temperatura de ruido del receptor (LNA o LNB). El PIRE, como sabemos, depende de la ganancia de antena, la potencia de salida y de las pérdidas en las líneas de transmisión y de cables.

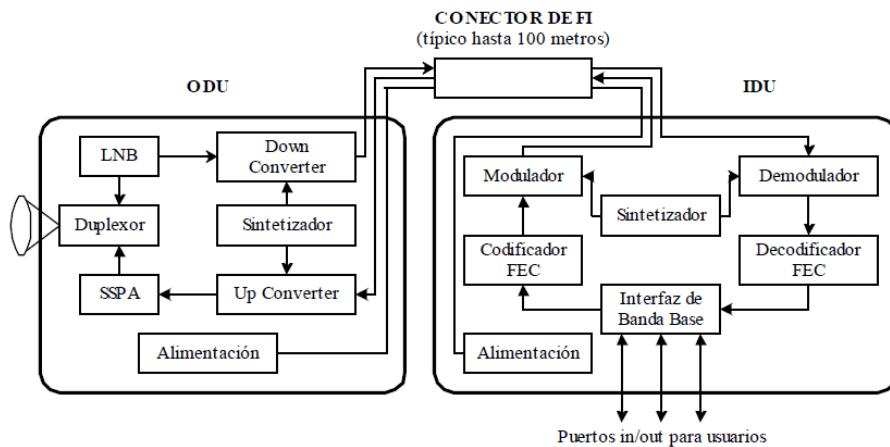


Figura 2.28. Diagrama de bloques de una estación VSAT

2.5.3.3.2. Estación central (HUB)

La estación HUB cuenta con un equipo llamado NMS (Network Management System) desde el cual se administra los componentes de la red, incluyendo los terminales VSAT, pero con la particularidad de que es una estación con una antena de diámetro mayor (entre 4 y 10 metros) y con un equipamiento más complejo. La característica fundamental de una estación HUB VSAT es que ésta tiene la capacidad de actuar como nexo con otro host, o con otra red de conmutación, tanto pública como privada utilizando para ello interfaces de enrutamiento multiprotocolo (routers), así como interfaces con redes de fibra óptica, de microondas, etc., que permiten la interconexión de la red VSAT con otras redes.

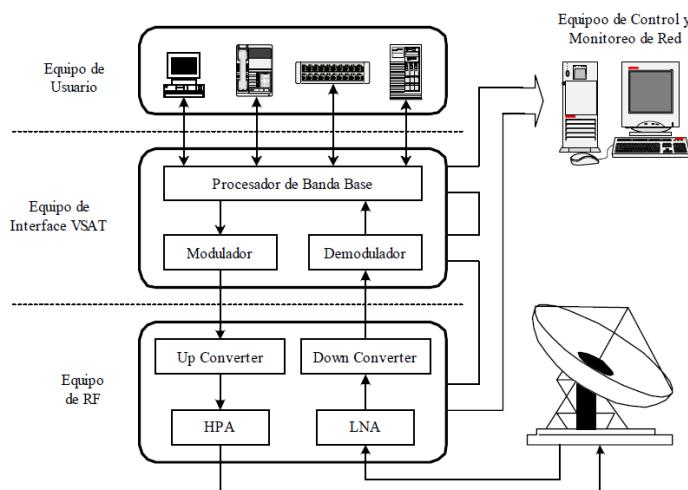


Figura 2.29. Configuración típica de un HUB VSAT

2.5.3.4. Esquema de Acceso satelital de una red VSAT

En una red VSAT se busca que el máximo aprovechamiento de los recursos de tiempo y frecuencia. Para empezar, definiremos dos conceptos básicos para el esquema de acceso de una red VSAT: Outbound (OB) e Inbound (IB).

- **Outbound:** Señal que se transmite desde el HUB y que es recibida por todos los VSATs en una frecuencia fija.
- **Inbound:** señales que son transmitidas desde los VSATs hacia el HUB.

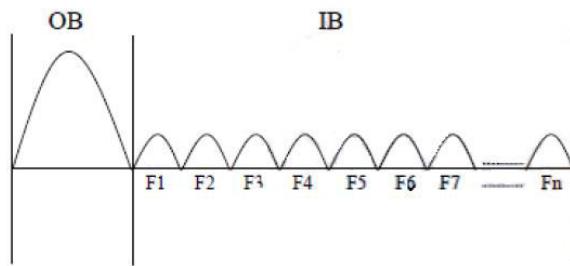


Figura 2.30. Outbond e Inbound

En el Outbound se suele usar un esquema de acceso de multiplexación por división en el tiempo o TDMA. Por su parte, en el Inbound se utiliza DAMAFTDMA que es multiplexación por división de tiempo y frecuencia, bajo un protocolo de acceso en demanda.

2.5.3.5. Estándares para redes VSAT

En este ámbito, existen pocos estándares aprobados y normados por los diferentes organismos internacionales relacionados con las telecomunicaciones. Si bien es cierto hay cada vez mayores esfuerzos por normalizar el mercado de las VSAT en el ámbito de las aplicaciones y protocolos; estos no han prosperado del todo.

PIRE fuera del eje

La recomendación S.728 de la ITU-R menciona los valores de reducción del valor de PIRE fuera del eje con la intención de proteger aún más los servicios cursados en los satélites adyacentes. Sin embargo, pese a ser un estándar, la recomendación S.728 sólo cubre los sistemas VSAT que trabajan en banda Ku.

Densidad de la PIRE fuera del eje.

ANGULO FUERA DEL EJE	DENSIDAD MAXIMA DE PIRE POR CADA 40 KHZ
$2,5^\circ \leq \varphi \leq 7^\circ$	$33 - 25 \log \varphi$ (dBW/40 KHz)
$7^\circ < \varphi \leq 9,2^\circ$	12 (dBW/40 KHz)
$9,2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$	$36 - 25 \log \varphi$ (dBW/40 KHz)
$\varphi > 48^\circ$	-6 (dBW/40 KHz)

Tabla 2.6. Control y Monitoreo

La recomendación S.729 ITU-T propone el uso de un centro de control de la red que impida la transmisión de las VSAT durante el arranque inicial, después de una instrucción para efectuar un “cambio de parámetro”, o cuando se detecta una avería o un defecto. Además, el centro de control de la red debe monitorear el desempeño de las VSAT durante las operaciones normales y detectar en qué estado se encuentran.

2.6. Subsistema de Alimentación Eléctrica

Los sistemas instalados tiene la función de generar la energía necesaria para el funcionamiento de todos los equipos instalados. Vamos a distinguir entre el subsistema de energía para un nodo cliente y un sistema de energía para un nodo Troncal

2.6.1. Subsistema de Energía para una Estación Cliente

Consta de 3 partes: Sistema Fotovoltaico, Tablero e Inversor.

a) Sistema Fotovoltaico

Comprende a los siguientes elementos:

- **Regulador:** Su misión es evitar sobrecargas o descargas excesivas en las baterías.
- **Banco de baterías:** Son la fuente de la energía que consumen el enrutador inalámbrico, la computadora, la impresora y cualquier otro dispositivo electrónico instalado.
- **Paneles solares:** Captan la energía del sol y la traducen en corriente eléctrica que envían a las baterías por intermedio del controlador

b) Tablero de Energía (Caja de Distribución)

En este elemento se realiza la distribución del cableado y conexiones para los diferentes equipos conectadas e incluye un interruptor termo-magnético como protección contra descargas eléctricas.

En esta caja de distribución también se instala el regulador, el ATA y el enrutador. Además se instala un conversor que transforma la alimentación eléctrica de 12 V que llega de los paneles a una señal de 5 V necesaria para alimentar al ATA.

Durante el día, la corriente generada por los paneles solares llega hasta el regulador y éste la distribuye a los distintos dispositivos, lo que restante lo envía a la batería para almacenarla. Durante la noche, el regulador obtiene corriente de la batería para abastecer a los equipos que estén encendidos.

c) Inversor

Este equipo se conecta al regulador y su función principal es proveer el tipo adecuado de voltaje y corriente al monitor y a la impresora, pues ambos funcionan con corriente alterna y las baterías brindan corriente continua. Por tanto, como su nombre lo indica, el inversor transforma el voltaje continuo (12 V que entrega el banco de baterías) en un voltaje alterno de 110 V que es el que utilizan los equipos mencionados.

2.6.2. Subsistema de Energía para una Estación Repetidora

Este subsistema es el encargado de proporcionar energía a los equipos instalados en los repetidores debido a que en los cerros no se cuenta con líneas de suministro de energía eléctrica, entregando en su salida un voltaje de 12 voltios DC. Además proporciona energía eléctrica al enrutador inalámbrico. Sus elementos son los siguientes:

- Panel Solar.
- Llaves termo magnéticas.
- Controlador de corriente.
- Batería de 12V
- Cables de interconexión internos y externos.

El panel solar se encuentra montado sobre un soporte metálico en la torre. El controlador, las llaves termo magnéticas, la batería y los cables de interconexión internos se colocaron en una caja metálica con aislamiento térmico. Los modelos de estos dispositivos son los mismos que los descritos para la estación cliente. Ver la siguiente figura.

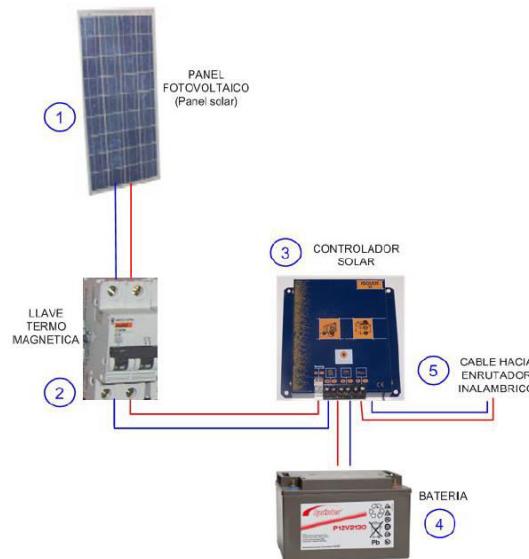


Figura 2.31. Elementos del subsistema de energía.

2.7. Subsistema de Protección Eléctrica

Este subsistema tiene el objetivo de brindar protección a las personas y los equipos, evitando que descargas indeseadas lleguen hasta los mismos. El sistema de protección eléctrica debe cumplir los siguientes objetivos:

- Protección y seguridad para la vida humana.
- Protección y seguridad en la operación electrónica.
- Continuidad de operación.
- Compatibilidad electromagnética (mínimos niveles de interferencia y contaminación entre equipos, aparatos, componentes y seres humanos).

Vamos a distinguir entre los sistemas de Protección para la Estación Cliente y el Sistema de Protección para el Nodo Troncal.

2.7.1. Subsistema de Protección Eléctrica para la estación Cliente

Los sistemas de protección eléctrica constan de los siguientes elementos:

- a) **Pozo de puesta a tierra:** Las estaciones cliente se encuentran ubicadas en zonas de baja o media resistividad, por lo general se instalan pozos PAT con una longitud de 10 m y una profundidad de 50 cm.
- b) **Barra Máster:** Es una platina de cobre que sirve para conectar los diferentes cables de cobre usados para la puesta a tierra de los equipos y también para conectarlos a los pozos PAT. Se instala en el interior pero aislada de la estructura del establecimiento, como se aprecia en la Figura.



Figura 2.32. Platina de cobre

- c) **Protectores de línea:** Son elementos especialmente diseñados para prevenir que descargas eléctricas puedan llegar al equipo radio y dañarlo. Se colocan en la barra Master y se conectan a dos cables coaxiales: uno llega al equipo radio y el otro a la antena.

2.7.2. Subsistema de Protección Eléctrica para un Nodo Repetidor

Al igual que en la estación cliente; este subsistema tiene el objetivo de brindar protección a los equipos, evitando que descargas atmosféricas produzcan daños en los mismos. El subsistema de protección eléctrica en los repetidores consta de los siguientes elementos:

- a) **Pozo de puesta a tierra:**

Para una adecuada derivación de las posibles descargas atmosféricas que puedan ocurrir, se construyen dos pozos PAT: Un pozo PAT para los equipos de telecomunicaciones y un pozo PAT para los pararrayos.

La diferencia con los pozos de las estaciones cliente se encuentran en la longitud, hasta 30 m en el caso de torres elevadas en zonas de resistividad baja o media y hasta 60 m en zonas de resistividad alta, y la forma geométrica que en este caso forma un cuadrado que rodea la base de la torre.

b) Protectores de línea:

En las terminaciones de los cables coaxiales que conectan los equipos, también se instalan protectores de línea, en forma similar a la estación cliente.

c) Pararrayos:

Este elemento, instalado en el punto más elevado de la torre, es el que recibe directamente las posibles descargas eléctricas atmosféricas, transmitiendo la misma hacia el pozo PAT mediante un cable de cobre desnudo de 50 mm^2 que se instala separado de la estructura de la torre mediante brazos de apoyo aislados.

Éste proporciona una protección que cubre un volumen cónico con una altura de 9 m2 y un ángulo de 45 grados. Un ejemplo de este dispositivo se muestra en la siguiente Figura.



Figura 2.33. Pararrayos Cinco puntas.

2.8. Capturar la descarga atmosférica

El rayo es el principal y más peligroso de los fenómenos eléctricos transitorios que causa daños impredecibles en instalaciones eléctricas por la magnitud de las cargas que acumula. En general, el punto más vulnerable en una descarga directa del rayo se encuentra en la parte superior de la torre metálica o las antenas que sobresalen de la estructura. La forma de capturar la descarga atmosférica es utilizando un pararrayos. Los hay de diversos tipos:

- Pararrayos ionizantes pasivos (ejemplo: puntas simple Franklin).
- Pararrayos ionizantes semiactivos (ejemplo: pararrayos de cebado).
- Pararrayos desionizantes pasivos (ejemplo: pararrayos con sistema de transferencia de carga).
- Pararrayos desionizantes activos.

Hasta el momento, y pese a su simplicidad, las prestaciones de los pararrayos ionizantes pasivos no han sido superadas por los otros modelos, técnicamente más sofisticados, por lo que siguen siendo los más usados.

2.8.1. Derivar el rayo hacia tierra en forma segura

Una vez que el rayo es capturado, es necesario trasladar la corriente de descarga sin peligro hacia tierra. La solución es emplear cables de cobre desnudo de 50 mm^2 , que bajan aislados de la estructura de la torre mediante separadores laterales.

2.8.2. Proteger los equipos contra los transitorios de las líneas de comunicaciones

Cuando se produce una descarga eléctrica ocasionada por un rayo, se crean campos electromagnéticos que inducen corrientes en las superficies conductoras próximas. En el caso de los sistemas radiantes que se han diseñado, las corrientes se pueden generar en el cable coaxial y de esta forma dañar los equipos electrónicos. La solución es emplear protectores de línea, que van ubicados entre el cable coaxial y los equipos electrónicos del sistema de radio. Cuando el protector de línea detecta un cambio de voltaje importante, deriva la corriente a tierra, mediante uno de sus terminales que se encuentra conectado al sistema de puesta a tierra.

2.9. Simulación de radioenlaces RF mediante Radio Mobile

Con el objetivo de establecer una aproximación inicial del comportamiento y factibilidad de la red proyectada, se recurre a la utilización del software de simulación de radioenlaces denominado Radio Mobile

Este programa es una herramienta para analizar y planificar el funcionamiento de un sistema de radiocomunicaciones fijo o móvil. Utiliza mapas con datos digitales de elevación del terreno y permite operar en dos modalidades de trabajo: el modo de predicción de área y el modo punto a punto. Este último es capaz de predecir estadísticamente las pérdidas de propagación sobre un trayecto de propagación determinista a partir de los datos característicos de radio y del entorno.

2.9.1. Origen del Software

Radio Mobile es un software de simulación de radioenlaces desarrollado por *Roger Coudé* con la finalidad de experimentación para radio aficionados y usos humanitarios. No fue prevista para el uso comercial pero tampoco se encuentra restringido en este aspecto y por lo tanto, es de libre uso.

El software se basa en la utilización del modelo de terreno irregular de Longley-Rice o también denominado ITM Irregular Terrain Model el cual fue desarrollado en el Institute for Telecommunications Sciences (ITS).



Figura 2.31. Pantalla principal del software Radio Mobile

El modelo original fue escrito en forma de algoritmo de tal manera de facilitar la programación de software de procesamiento de datos. El software puede utilizar las bases de datos de elevación de terrenos GLOBE (Global Land One-km Base Elevation) y WOTL (Worldwide Topographical Loader).

2.9.2. ¿Por qué Radio Mobile?

Porque tiene compatibilidad con las bases de datos de elevación de terreno SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Se escogió trabajar con los mapas de tipo SRTM, por ser los que ofrecen mayor resolución (cuadros de 90 metros cuadrados) en la información del relieve de los terrenos bajo estudio. Otra de las características es la flexibilidad a la hora de configurar la simulación.

Para efectuar la simulación son necesarios ciertos datos:

- Coordenadas y elevación de todos los puntos de red.
- Características radio. Estas son: altura de la antena, ganancia de la antena, pérdidas del cable y conectores, potencia de transmisión, frecuencia de operación y sensibilidad del receptor.
- Parámetros iniciales del modelo ITM.

Y posteriormente se realizarán las siguientes tareas:

- Definir la topología de las redes, las unidades de red.
- Asociar los miembros de cada red.
- Obtener el mapa y los datos de elevación del terreno. Esta tarea se puede realizar a través del software Radio Mobile, que descarga los archivos de Internet.

Finalmente se ejecuta la simulación, obteniéndose los resultados en forma de mapas y figuras con información numérica. *Ver capítulo 6*

CAPÍTULO III

PLANIFICACIÓN

Plan de Trabajo

En este capítulo se presentara el plan de trabajo del proyecto como: La estructura de Desglose de Trabajo, el registro de Interesados además del Diagrama de Gantt, PERT, Hitos del Proyecto, diagrama RACI y análisis detallado de los Recursos Humanos.

3.1. WBS (Estructura de Desglose de Trabajo)

Para describir la EDT del proyecto se tuvo en cuenta que el trabajo en campo es muy duro, y se trabaja en zonas muy difíciles y eso obliga a tener a las personas por tiempo limitado en el campo de trabajo. Se considera que solo se trabajará 20 días al mes.

Para alcanzar el objetivo principal el proyecto se va a seguir una estructura ordenada en 5 fases principales.

ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE TRABAJO		
Nº Fase	Descripción	Duración
Fase I	Formulación y documentación	15 días
Fase II	Diseño de la Red	57 días
Fase III	Compras	35 días
Fase IV	Instalación y pruebas de Campo	48 días
Fase V	Fase de capacitación, mantenimiento y entrega	5 días

Tabla 3.1. WBS del proyecto

Fase I: Documentación y Requisitos

En esta fase se describirá el tipo de proyecto que es, se realizará un Estudio del Arte de las principales tecnologías inalámbricas. Se hará un estudio más exhaustivo de las tecnologías WiFi y Satelital que son las que se llevarán a cabo en la implementación de nuestra red.

Además se realizara el estudio de necesidades ajustándonos a los requerimientos que transmite el cliente para poder alcanzar el objetivo del proyecto.

Fase II: Diseño de la Red

En esta fase se realizará el estudio del campo y los beneficiarios del proyecto, donde se seleccionaran los posibles nodos de la red.

Además se realizara la ingeniería de detalle donde se describe el Ancho de Banda total y las topologías, líneas de vista de la red proporcionada por Google Earth y Radio Mobile así como los puntos de acceso necesarios para cubrir la zona requerida a través de mapas y el equipamiento a utilizar. Se hacen todas las simulaciones y cálculos de la red Troncal,

red de Backbone y de Acceso, al final se hace un último ajuste de diseño para obtener mejores resultados.

Como documentación se deberá entregar la prueba de simulación, para así después hacer el listado final de compras.

Fase III: Compras

Se definirá el listado de materiales y equipamiento de acuerdo a nuestro diseño, donde distinguimos los productos locales e importados.

En este lapso de tiempo se realizará la instalación Civil y de Infraestructura que estará a cargo de una empresa nacional y una empresa extranjera que se encuentra en territorio Argentino, la cual deberán terminar su trabajo antes de empezar la siguiente fase.

Dicha fase no se ejecutará en tiempo real, solo se explicarán los pasos a seguir y la metodología que habría que emplear si se llevase a cabo el proyecto.

Fase IV: Instalación de la red y pruebas de Campo

Una vez que los equipos están disponibles se realizará el envío de equipamiento al campo de trabajo y de ahí hay que repartirlo en los puntos finales, en el cual describimos el tipo de transporte que se usará.

Para la instalación de las torres, instalación de la infraestructura y obra civil participará el personal más especializado, estará a cargo de 2 empresas subcontratadas. Para la instalación de los equipos de telecomunicaciones, antenas directivas, routers, etc.; está a cargo de nuestro equipo de trabajo.

Fase V: Capacitación mantenimiento y entrega

En ésta última fase se efectuarán las respectivas capacitaciones para los instaladores, usuarios y encargados del mantenimiento. Se describirá cómo será el mantenimiento necesario que se realizará una vez terminado el proyecto, mediante coordinación con los beneficiarios.

3.2. Principales entregables del proyecto

ENTREGABLES DEL PROYECTO	
Nº de Entregable	Descripción
Entregable 1	<p><i>Comunicación de las instituciones rurales con internet</i></p> <p>Estudio de campo.</p> <p>Ingeniería de Detalle.</p> <p>Promoción del Servicio para los Establecimientos Rurales.</p> <p>Verificación de la Instalación de las instituciones Rurales.</p> <p>Capacitación Técnica a responsables de las instituciones beneficiarias</p>
Entregable 2	<p><i>Infraestructura de telecomunicaciones</i></p> <p>Instalación de antena satelital</p> <p>Instalación de Torres</p> <p>Adquisición de Muebles y equipos</p>
Entregable 3	<p><i>Operación Eficiente de la Red</i></p> <p>Cooperación con otras Instituciones.</p> <p>Promoción en la educación a través de Internet</p> <p>Operación y Mantenimiento de la Red de Telecomunicación</p>
Entregable 4	<p><i>Desarrollo de capacidades en uso de internet</i></p> <p>Elaboración de Material de Capacitación</p> <p>Capacitación a Usuarios.</p> <p>Formación de tutores informáticos para la localidad</p>
Entregable 5	<i>Supervisión y Evaluación del Proyecto</i>

Tabla 3.2. Entregables Principales del Proyecto

3.3. Registro de Interesados



Figura 3.1. Involucrados del Proyecto

En este punto enumeramos una lista de los actores involucrados del proyecto. Los cuales manifiestan su total apoyo y aceptación, se estima que los involucrados participarán activamente en la ejecución del proyecto.

3.3.1. Matriz de Involucrados

Tabla de matriz de involucrados, con sus intereses y problemas.

INVOLUCRADOS		
Instituciones	Problemas percibidos	Interés
Población de la localidad de Tolhuin	Limitado acceso a tecnologías de comunicación e información.	Tener acceso a las tecnologías de comunicación con las demás localidades, región, país.
Municipalidad de Tolhuin	Deficiencia en la comunicación con los demás ministerios como: transporte, salud, agricultura, etc.	Poder implementar el Local municipal con una red de datos para un mejor desarrollo y gestión municipal.
Centro Educativos	Bajo nivel educativo	mejorar el nivel educativo en la localidad
Centros de Salud	Escasa comunicación entre los centros de salud y la Dirección de Salud	Mejorar la comunicación entre los centros de salud
Gobierno Central	Limitado desarrollo de las tecnologías de información en la localidad	Cumplir con las metas previstas en los programas de desarrollo a través de la información.
Min. de Transporte y Comunicaciones	Limitado acceso de la población al servicio de telefonía e Internet	Tener un programa de Implementación de Telecomunicación – Internet
Entidades Privadas de telecomunicaciones	Baja rentabilidad para invertir en zonas rurales	Tener cobertura del servicio en las zona

Tabla 3.3. Matriz de involucrados

3.3.2. Identificación de Compromisos

Población del Distrito de Tolhuin: La población de Distrito está muy interesada con la ejecución del presente proyecto, ya que tendrán acceso a las tecnologías de información para toda la comunidad.

Gobierno Central: Dentro de las políticas del Gobierno central, cuentan con programas de implementación de tecnologías de información y comunicación a nivel rural.

Municipalidad de Tolhuin: Es la institución encargada de formular, ejecutar y poner en funcionamiento el presente proyecto, el compromiso formal de la Municipio es: financiar y ejecutar dicho proyecto.

Centros Educativos: La población educativa es uno de los principales beneficiarios, ya que accediendo a las tecnologías de información y comunicación podrán ser más competitivos.

Centros de Salud: Muestran total interés por la ejecución del presente proyecto.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones: Este organismo también apoya este tipo de proyectos, dando iniciativa y llevando las tecnologías de Información y Comunicación a las zonas rurales.

3.4. Diagrama de Gantt

A continuación se muestra el diagrama de Gantt donde mostramos las Fases, Hitos y tareas necesarias para la realización del proyecto.

Fecha Inicio:	06-03-2017
Fecha de fin:	23-10-2017
Duración:	160 días, aproximadamente 7 meses y 1/2 días
Tareas.	17 + 6 Hitos en 5 Fases

En la figura 3.2. Se presenta el Diagrama de Gantt

3.4.1. Análisis del diagrama de Gantt

Como hemos podido ver en el Diagrama de Gantt, la planificación de las diferentes tareas del proyecto se ha programado sin tener en cuenta posible retrasos originados por diferentes causas y se debe tomar en cuenta a lo largo del proyecto. En la Figura 3.2. se muestra el Diagrama de Gantt.

También aclaramos que la planificación inicial no incluye fines de semana ni feriados:

- 24 de Marzo, Día Nacional de la Memoria por la Verdad y la Justicia
- 2 de Abril, Día del Veterano y de los Caídos en la Guerra de Malvinas.
- 13 y 14 de Abril, jueves y viernes Santo.
- 1° de Mayo, Día del trabajador.
- 25 de Mayo, Día de la Revolución de Mayo.
- 17 de Junio, Día Paso a la Inmortalidad del Gral. Martín Miguel de Güemes.
- 20 de Junio, Día Paso a la Inmortalidad del General Manuel Belgrano.
- 9 de Julio, Día de la Independencia.

En la figura 3.3. Se presenta el Diagrama de Gantt con los tiempos desplegables

Diagrama de Gantt con las Tareas desplegables

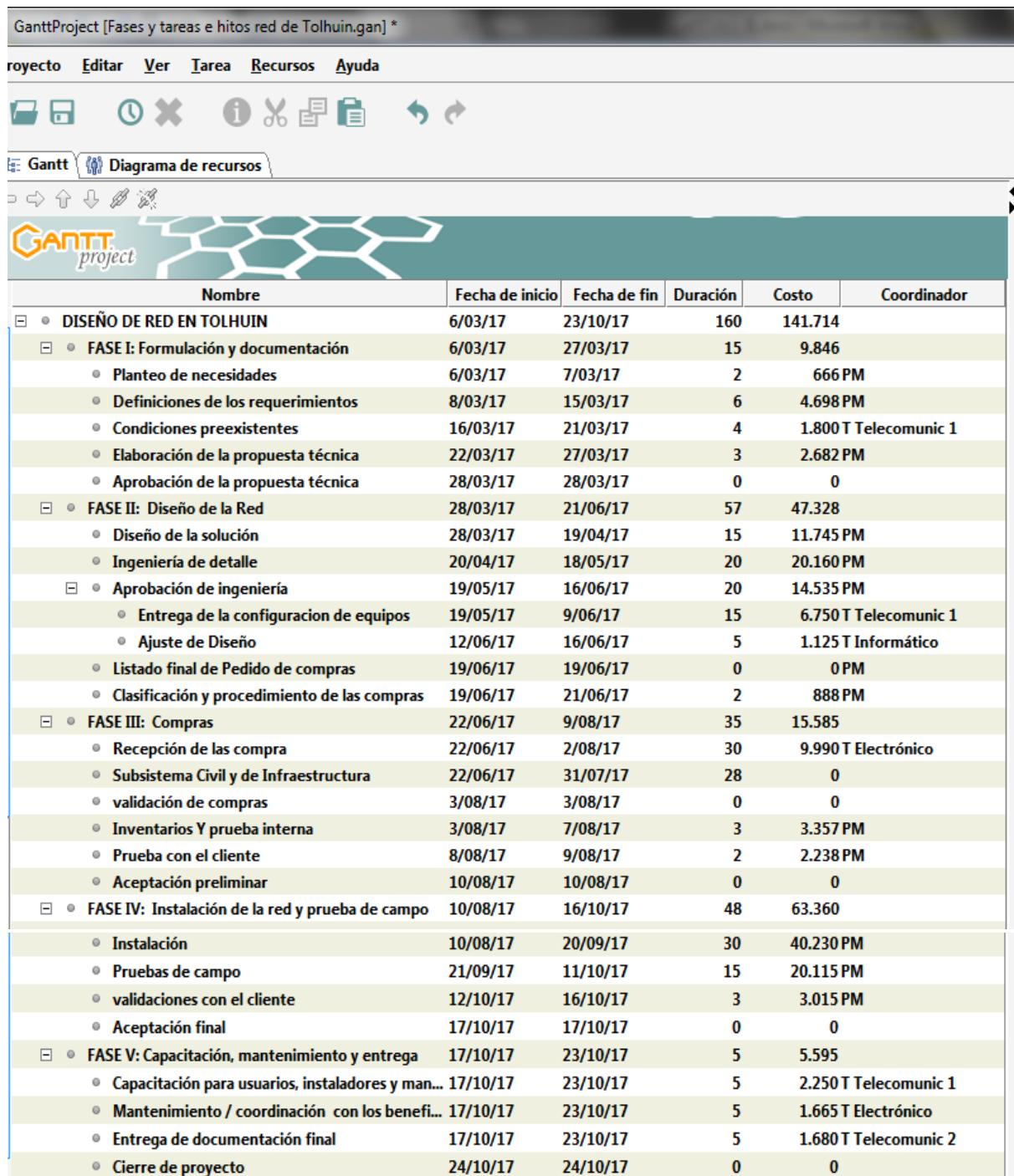


Figura 3.2. Diagrama de Gantt, Tareas

Lista de Tareas desplegables y tiempos de cada tarea.

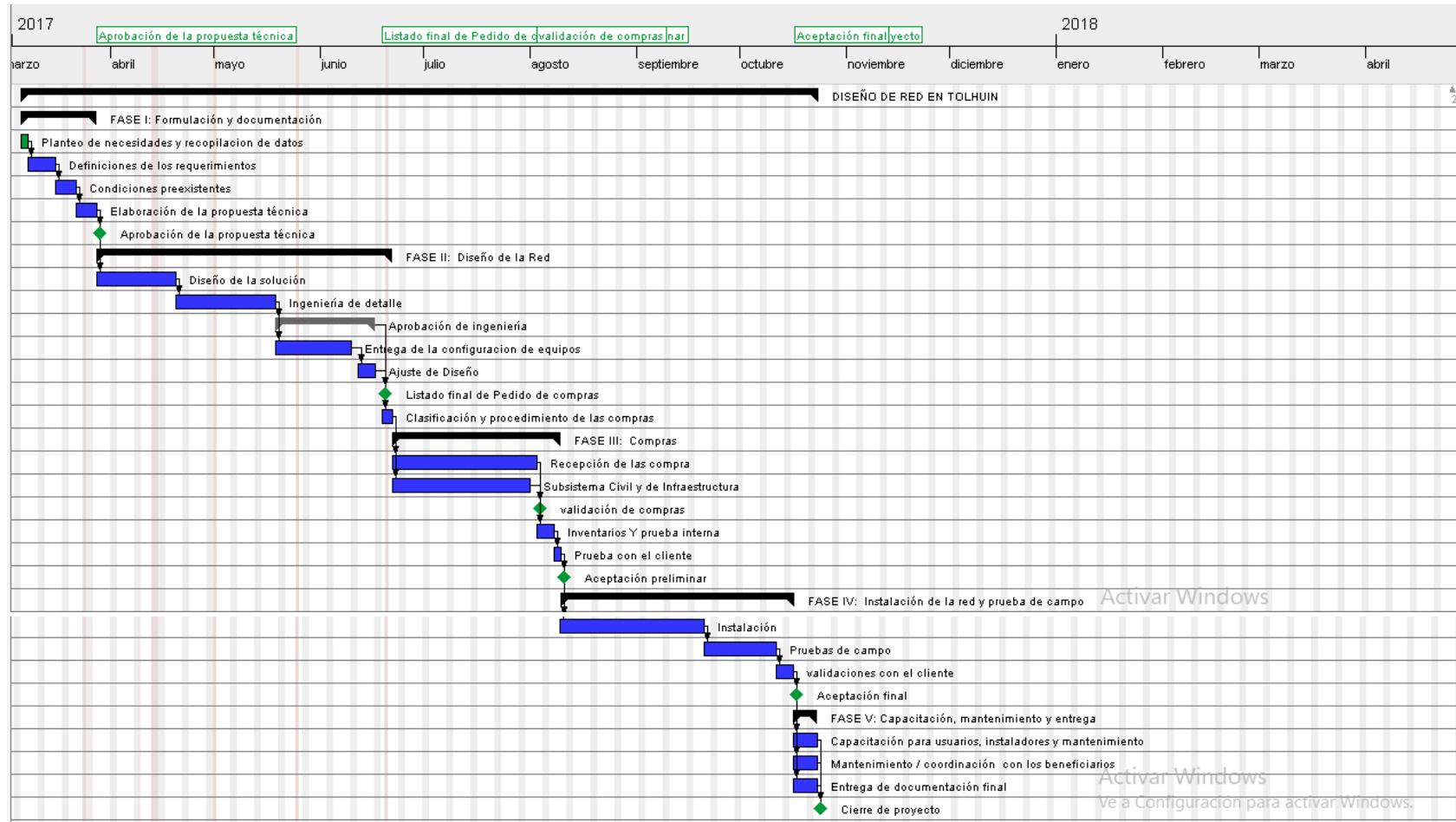
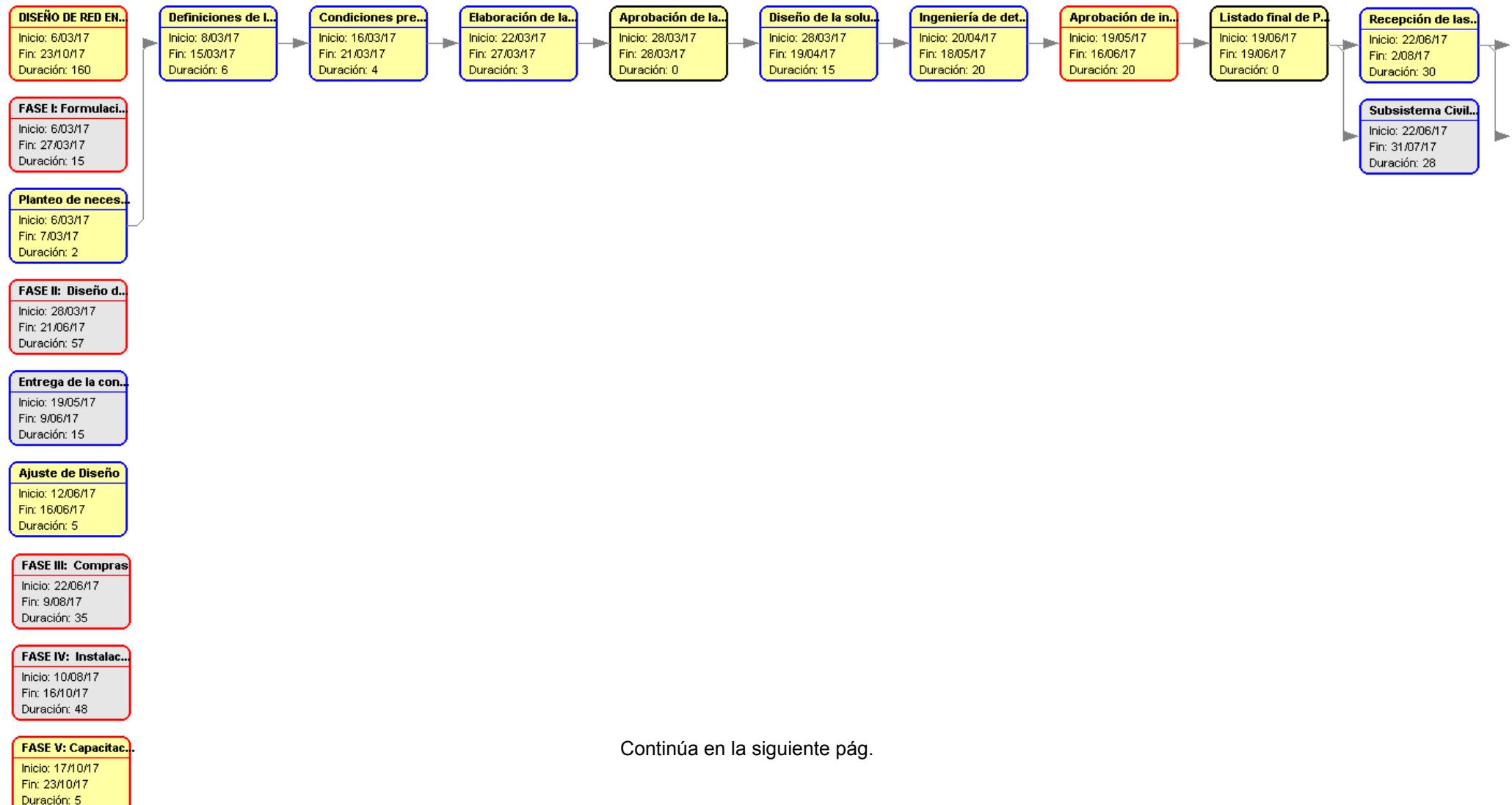
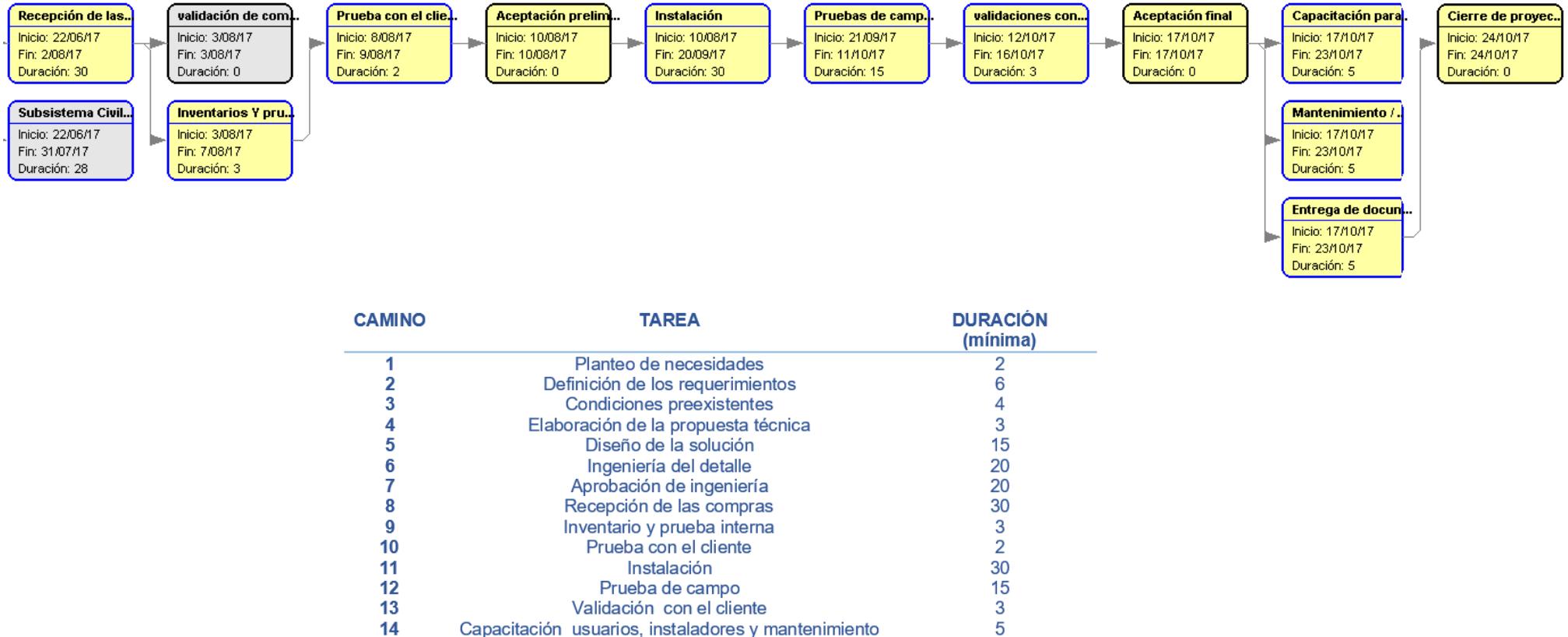


Figura 3.3. Diagrama de Gantt, Tiempos

3.5. Diagrama PERT





Tiempo mas breve en que se podria terminar el proyecto = 158 dias

Figura 3.4. Diagrama PERT Y CPM

3.6. Hitos del Proyecto

En este punto vamos a detallar los hitos o fechas parciales más importantes del proyecto.

HITOS DEL PROYECTO		
Nº Hito	Descripción de Hito	Fecha de Término
Hito 1	Recopilación de datos/ planteo necesidades	06/03/2017
Hito 2	Aprobación de la propuesta técnica	28/03/2017
Hito 3	Listado final de Pedido de compras	19/06/2017
Hito 4	Validación de compras	03/08/2017
Hito 5	Aceptación preliminar	10/08/2017
Hito 6	Aceptación final	17/10/2017
Hito 7	Cierre de proyecto	24/10/2017

Tabla 3.4. Hitos más importantes del proyecto

3.7. Recursos Humanos

ID	Cargo	Código	Correo electrónico	Tarifa estándar \$
1	Jefe de Proyecto	PM	pm@diseño-red.com	333
2	Técnico Electrónico	TE	te@diseño-red.com	222
3	Técnico Telecomunicaciones 1	TT1	tt1@diseño-red.com	225
4	Técnico Telecomunicaciones 2	TT2	tt2@diseño-red.com	225
5	Técnico Informático	TI	ti@diseño-red.com	225
6	Administrativo 1	A1	a1@diseño-red.com	111
7	Administrativo 2	A2	a2@diseño-red.com	111

Tabla 3.5. Plan de Gestión de los Recursos Humanos

Jefe de proyecto

- **Responsabilidades:** Es el PM del proyecto, tiene como misión gestionar y organizar el equipo de trabajo, intentando que se cumpla con los objetivos, plazos y costes previstos. También se encargará de afrontar asuntos legales y en coordinación con diferentes áreas de la compañía e interactuar con proveedores de la infraestructura civil y servicios.
- **Conocimientos:** Es ingeniero Electrónico con conocimientos en transmisiones satelitales, cálculos de enlace, conocimientos en seguridad informática, WiFi, etc.

Técnicos en Telecomunicaciones 1 y 2

- **Responsabilidades:** Estudiar la viabilidad técnica del proyecto, los estudios de cobertura y la topología de red que mejor se adapten, redes NOC, etc.
- **Conocimientos:** Tienen conocimientos en tecnologías de comunicaciones Ethernet, redes Wifi, telefonía IP, soporte, software y hardware de equipos de telecomunicaciones, enlaces de comunicaciones, monitoreo de servicios en tiempo real, enlaces satelitales, etc.

Técnico Informático

- **Responsabilidades:** Realizar las configuraciones de los equipos de red y de seguridad, así como las pruebas de equipos y documentación.

- **Conocimientos:** Tiene conocimientos en programación, Base de Datos, desarrollador NET, Linux, Net Working, seguridad informática, etc.

Técnico Electrónico

- **Responsabilidades:** Llevar a cabo el cableado, mantenimiento de antenas, calibración e instalaciones eléctricas.
- **Conocimientos:** Instalación y mantenimientos de antenas satelitales, nodos y estaciones. Seguimiento de infraestructuras electrónicas, conocimientos en rectificadores, UPS, seguridad e higiene, seguimientos de equipos, etc.

Administrativos 1 y 2

- **Responsabilidades:** Se encargarán de la evaluación de los costes de la mano de obra, compras y gastos, además de la contabilidad analítica para determinar el precio total y las ganancias generadas.
- **Conocimientos:** Tiene conocimientos en entorno Office, manejo de Excel, uso de las TICS, etc.

3.7.1. Derechos del Trabajador

- Trabajar en un ambiente sano y seguro.
- Estar cubierto por una ART a través de la afiliación de su empleador.

Aseguradora de riesgos

La ley de Riesgos del Trabajo establece que todos los empleadores deben afiliarse a una Aseguradora de Riesgos del Trabajo, en el caso de que se produzca un siniestro (enfermedades, accidentes).

El personal de Nuestro Proyecto estará afiliada la Aseguradora de Riesgos de Trabajo (ART) de la empresa TOBOAS.



Figura 3.5. Logo de la aseguradora TOBOAS

Para informarse sobre esta empresa puede ver el siguiente link. <http://www.taboasyasociados.com.ar/>.

A esta institución se le pagará un aproximado de 8,6% del sueldo bruto de los 7 empleados de cada mes. Este tema detallaremos en el capítulo de Costos.

3.8. Matriz RACI

Matrices de Asignación de Responsabilidad, o RACI, denominadas por las cuatro letras con las que se codifica el tipo de relación con un proceso que tiene cada agente.

Roles		Jefe de Proyecto	Técnico Telecomunicaciones 1	Técnico Telecomunicaciones 2	Técnico Informático	Técnico Electrónico	Administrativo 1	Administrativo 2
Actividades								
Planteo de necesidades	A							
Definiciones de los requerimientos	A	R	C	R				
Condiciones preexistentes	C	A	C	R				
Elaboración de la propuesta técnica	A	R	R	C			R	C
Diseño de la solución	A	R		R				
Ingeniería de detalle	A	R	R	R		C		
Aprobación de ingeniería	A	R	R	R				
Entrega de la configuración de equipos	I	R	R	A				
Ajuste del diseño	I	R	R	A	C			
Clasificación y procedimiento de compras	A	I		C	C	R	C	
Recepción de las compra	I	C	A			R	C	
Inventarios y prueba interna	A	R	R	R		R	C	
Prueba con el cliente	A	R	R	R		R	C	
Instalación	I	A	R	R		R	R	C
Pruebas de campo	A	R	R	R		R	R	C
Prueba con el cliente	R	R	A	R	C			
Capacitación usuarios, instaladores y mant.	C	A		R	R			
Mantenimiento en coord. con beneficiarios	C		A	R	R			
Entrega de documentación final	I	A						R

Tabla 3.6. Matriz RACI con Actividades y Roles

R: Responsable: Es el que se encarga de hacer la tarea o actividad.

A: Persona a cargo: Es la persona que es responsable de que la tarea esté hecha. Sin embargo, si es quien debe asegurarse de que la tarea sea haga, y se haga bien.

C: Consultar: Personas con las que hay consultar datos o decisiones con respecto de la realización de una tarea.

I: Informar: A estas personas se las informa de las decisiones que se toman, resultados que se producen, estados del servicio, grados de ejecución respecto de la realización de una tarea.

3.9. Organigrama del equipo de proyecto

Más allá de las responsabilidades impuestas y el orden jerárquico establecido, los 7 trabajadores se presentarán siempre como un equipo constituido e integrado para la ejecución de todas las actividades previas y posteriores a la elaboración del proyecto.

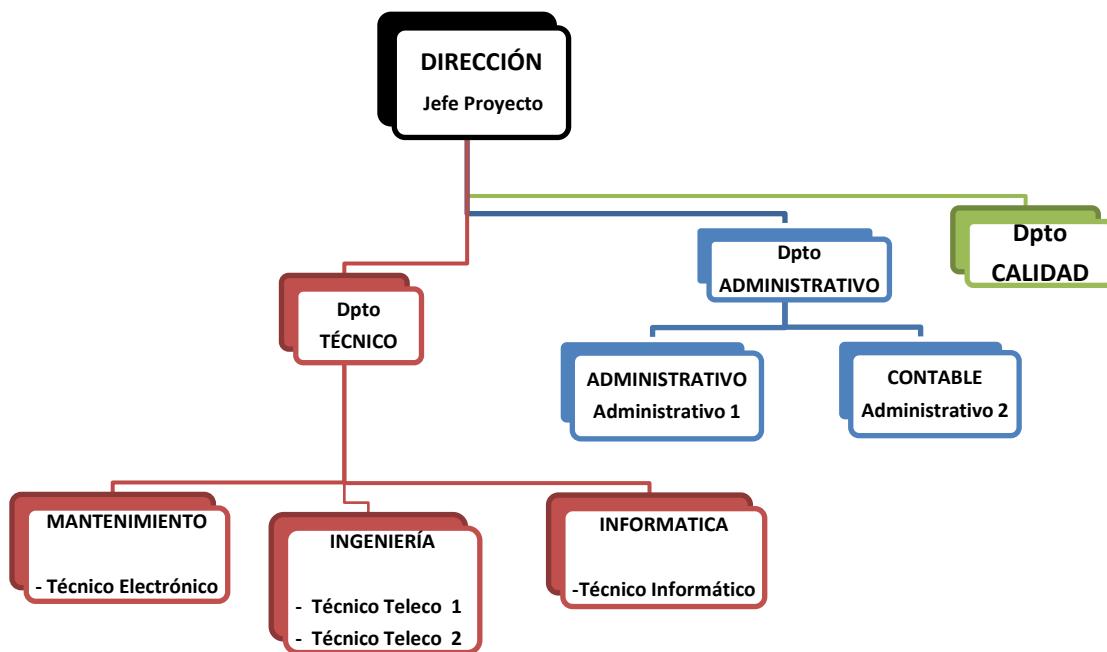


Figura 3.6. Organigrama del equipo de Proyecto

3.10. Asignación de Recursos

Después de exportar la imagen de Asignación de Recursos, ocurre sobreexplotaciones, esto quiere decir que los trabajadores se están dedicando al 200% o 300% de su tiempo, dedicándose así a dos o tres tareas distintas en diferentes lugares tarea al mismo tiempo, lo cual es imposible.

3.10.1. Análisis de Diagrama de Recursos

En el siguiente grafico podemos observar los tiempos que están de color rojo, esto significa que el responsable R.H. está trabajando en todas las tareas, lo cual es una sobreexplotación de trabajo. Éste caso es para los 3 Responsables: Técnico Telecomunicaciones 1, Técnico Telecomunicaciones 2 y Técnico Informático.

El coste total en este momento es 160.839 pesos = 10.052 Dólares

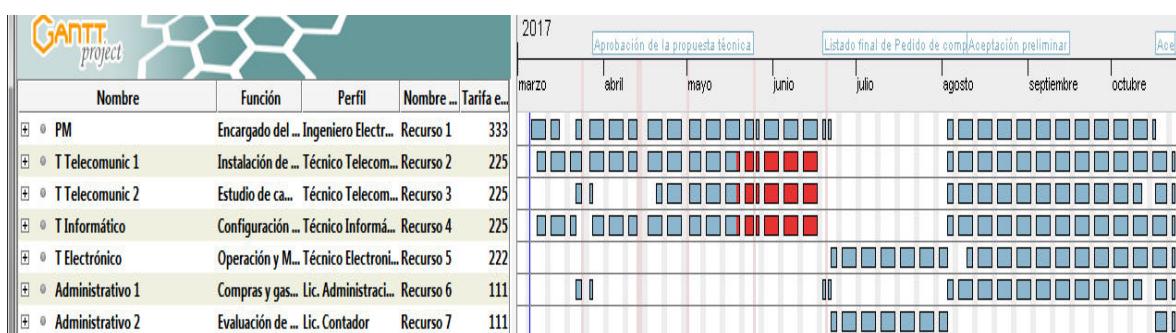


Figura 3.7. Sobreexplotación de Recursos Humanos en las tareas.

Técnico Telecomunicaciones 1

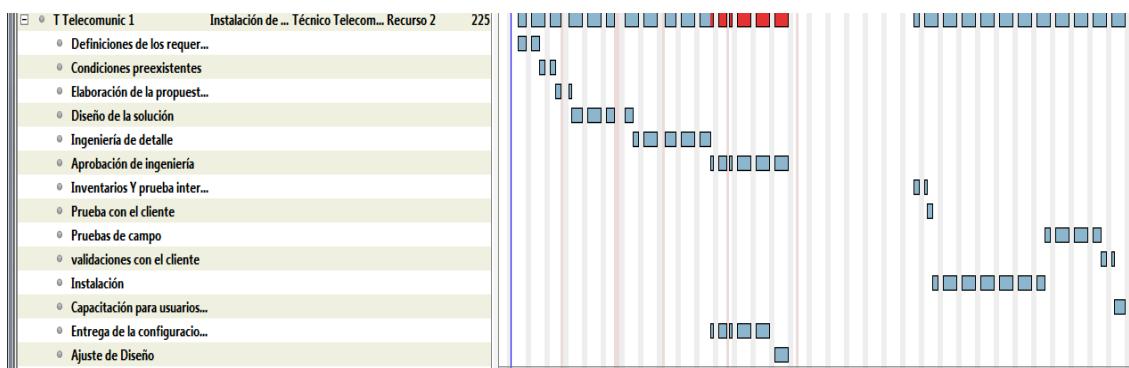


Figura 3.8. Sobreexplotación de Técnico en Telecomunicaciones 1, en 3 tareas.

Técnico Telecomunicaciones 2

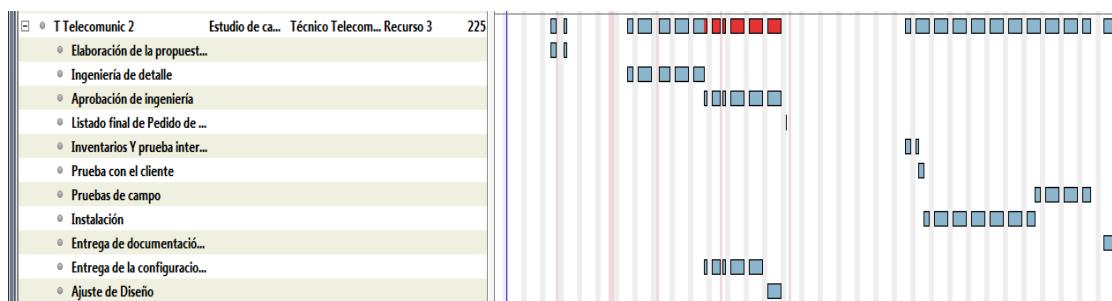


Figura 3.9. Sobreexplotación de Técnico en Telecomunicaciones 2, en 3 tareas.

Técnico Informático

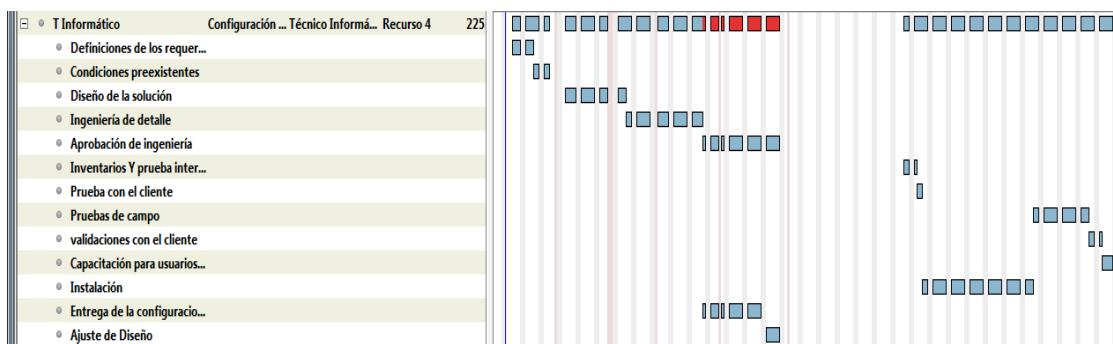


Figura 3.10. Sobreexplotación de Técnico Informático en 3 tareas.

Detalle de las tareas donde hay sobreexplotación

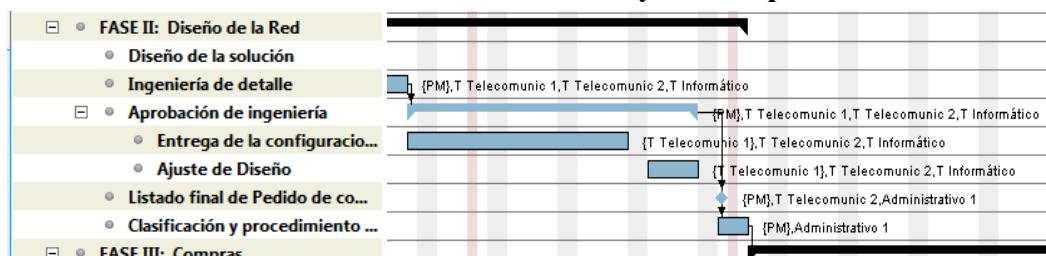


Figura 3.11. Sobreexplotación de Recursos desplegado en el Gantt en las 3 tareas.

Para esto tenemos dos soluciones: ***La primera solución*** es repartir su tiempo entre las tareas que está trabajando simultáneamente, modificando sus porcentajes y ***la segunda solución*** es asignar nuevos recursos, nuevas personas trabajando en el proyecto, le asociamos a una nueva tarea y al técnico que estaba en su tarea le borramos.

Nosotros no vamos a modificar los porcentajes de dedicación a la tarea sino que vamos a asignar nuevos recursos haciendo una *redistribución de técnicos*. Para esto cambiamos de responsabilidades, la tarea del Técnico 1 le asignamos al Técnico 2 por ejemplo y con esto solucionamos la sobreexplotación.

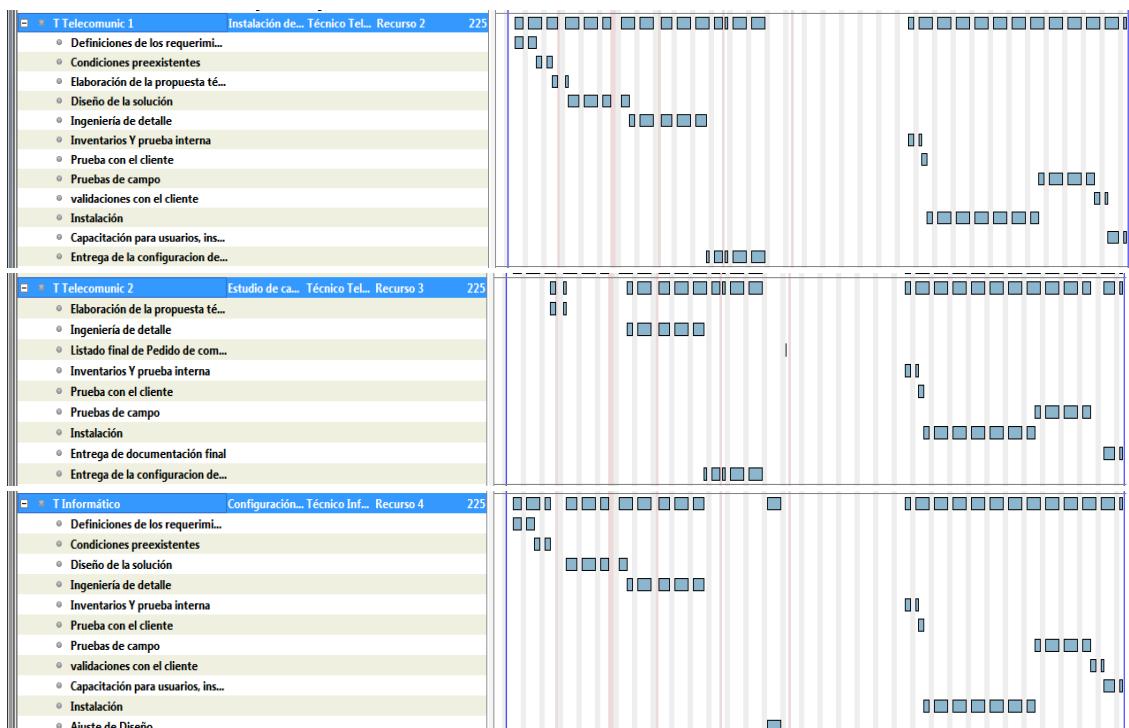


Figura 3.12. Recursos Humanos solucionados.

Como podemos ver ya está solucionado, no se produjo alargue en el tiempo, no modificaremos los porcentajes de dedicación a la tarea, tampoco reorganizamos las tareas sino que modificaremos la planificación, y el coste se redujo debido a que se cambió responsabilidades. El Costo se redujo de 10.052 Dólares a $141.714 = 8.857$ Dólares. ¿Porque? Dejamos que el lector saque una conclusión.

Detalle de tareas solucionadas en el Gantt

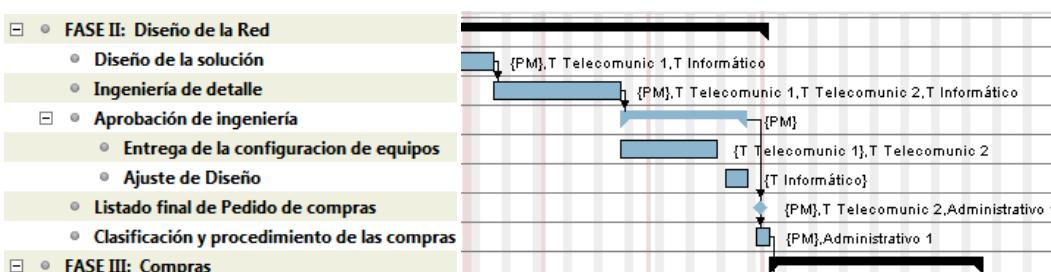


Figura 3.13. Recursos Humanos desplegados en el Gantt solucionado.

CAPITULO IV

DISEÑO DE LA RED

4.1. Estudio de Necesidades

En esta capítulo presentamos los datos geográficos actuales de la ciudad de Tolhuin, se recopila información sobre la ubicación exacta de las instituciones beneficiarias, infraestructura física, sistema eléctrico, línea de vista y cualquier otro dato útil. Además mostramos las problemáticas como también las necesidades y las posibles soluciones a desarrollar. De acuerdo a esto, se plantea una hipótesis sobre la mejor solución considerando un equilibrio entre eficiencia y costo, para así proporcionar un útil y óptimo servicio.

4.1.1. Análisis de la Situación Actual de la localidad de Tolhuin

La ubicación geográfica de la localidad de Tolhuin es sin lugar a duda una de las causas del limitado acceso a las tecnologías de información y comunicación, esto debido a su accidentada geografía y lejanía de las zonas urbanas así como también al bajo índice poblacional (3004 habitantes / año 2010) lo que repercute una baja disponibilidad del sector privado de invertir.

Debemos señalar que actualmente existen problemas de comunicación telefónica entre los diversos órganos municipales que se encuentran en Tolhuin, esto se debe a que se cuenta con una implementación deficiente.

Otra problemática que genera la inexistente conectividad es que como sabemos existen órganos funcionales de Río Grande (Administración Municipal), las cuales no disponen de información real con el Municipio de Tolhuin, provocando así retraso y una deficiente prestación de servicios a la población.

4.1.1.1. Ubicación Geográfica

La localidad de Tolhuin pertenece al municipio de la Provincia de Tierra de Fuego, Argentina. Su nombre en lengua Selknam significa 'corazón' por lo que es denominado "el corazón de la isla".

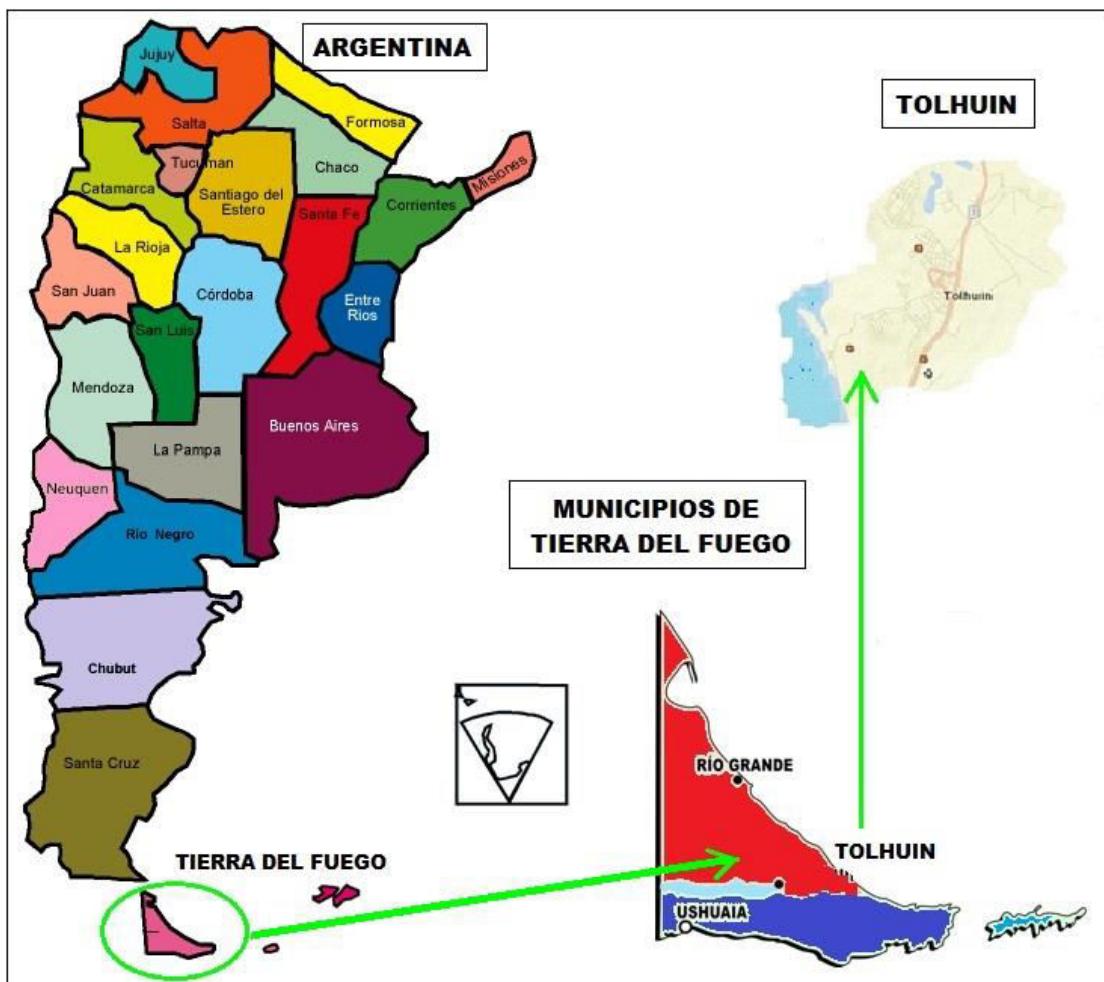
El poblado reposa en la cabecera oriental del lago Fagnano, se trata de una región de paisajes de bosque andino patagónico y lagos de origen glacial, volviéndose un paso obligado para todos los que transitan la Ruta Nacional N° 3 que cruza toda la Provincia. Su delimitación se encuentra en la siguiente tabla

Ubicación	Vecino	Distancia	Símbolo
Sur	Ushuaia	100Km	S
Norte	Río Grande	105Km	N
Norte	San Sebastián	183 Km	N

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 4.1. Límites del Municipio de Tolhuin

En el año 2012, la Comuna de Tolhuin adquirió su categoría de Municipio, teniendo en cuenta que en el Censo Nacional de Población del año 2010 contaba con una población de 3004 habitantes.



Fuente: Elaborado por el autor

Figura 4.1. Ubicación del Municipio de Tolhuin

4.1.1.2. Población

Población	Hombres	Mujeres	Total
1982	-	-	250
1991	-	-	452
1997	-	-	968
2001	752	630	1.382
2010	1556	1393	2.949
actualidad	-	-	6.500

Fuente: DGEyC en base a INDEC, Censos Nacionales de Población, Hogares y Viviendas 2001 y 2010.

Tabla 4.2. Población estimada del Municipio de Tolhuin

Tolhuin fue creada mediante el Decreto de Ley N°31 siendo aún territorio Nacional. Diez años después, en 1982, Tolhuin contaba con 250 habitantes. Ese año fue puesto en funciones el primer delegado municipal y más tarde se constituirán las comisiones de fomento. En 1991 tenía 452 habitantes y se formó el primer Concejo Deliberante con cinco integrantes. En el año 1995 se crea la intendencia con el rango de Comuna con su primer intendente Raúl Gerardo Pérez.

4.1.1.3. Directorio de Autoridades de Tolhuin

- Intendente: *Claudio Eduardo Queno*
- Secretario de Gobierno: *Gabriel Alejandro Nuñez*
- Secretario de Hacienda: *Alejandro Javier Arralde*
- Secretario de Planificación y Desarrollo: *Jose Marcos Martinez*
- Secretario de Coordinación: *Aldo Rodolfo Dettoni*

4.1.1.4. Programas del estado y Desarrollo Social

Dentro de las actividades más relevantes que se realizan en forma diaria se encuentran:

- Entrega domiciliaria de leña a familias de bajos recursos.
- Traslado a través de los vehículos de discapacidad hacia todos los centros educativos de la Localidad, como así también trasladados a las Ciudades de Ushuaia y Rio Grande para atención y rehabilitación médica.
- Tramites de Pensiones Nacionales (pensiones no constructivas-madres de 7 hijos-discapacidad-trasplante).
- Inicio de tramitación de tarjeta social.

4.1.1.5. Clima

El clima es Subpolar Oceánico, las temperaturas en verano no superan los 18°C. Mientras que el invierno no bajan de -10°C. Las precipitaciones son escasas en primavera y en otoño pero en verano son frecuentes las lluvias y en el invierno las nevadas.

4.1.1.6. Actividad Productiva

Una de las actividades principales es la forestal con trabajos primarios y secundarios que permiten darle valor agregado a la materia prima por excelencia que es la madera de Lenga. Nuestro bosque subantártico u andino ocupa el 30% de la superficie y se encuentra desde el paralelo 54 hasta el extremo sur de la isla.

Otra actividad importante es la explotación de la turba. La turba es un material orgánico, de color pardo oscuro y rico en carbono. Está formada por una masa esponjosa y ligera en la que aún se aprecian los componentes vegetales que la originaron. Se emplea como combustible y en la obtención de abonos orgánicos. Los productores de Tolhuin la comercializan a diferentes puntos del país y es considerada una gran fuente de trabajo en la actualidad.

4.1.1.7. Turismo

El Municipio de Tolhuin presenta las características propias para convertirse en un atractivo destino turístico, aprovechando sus montañas, glaciares, bosques, ríos, etc. hacen de esta localidad un polo turístico de relevancia internacional.

Entre los atractivos turísticos se destacan:

- Lago Fagnano, posee un punto panorámico sobre la ruta nacional 3, ingresando a la Hostería Kaiken.
- Mirador del cerro Jeujepen.
- Reserva Rio Valdez.
- Antigua comisaría de Tolhuin, sobre la cabecera del lago Fagnano.
- Bahía Torito, se accede por vía lacustre.

En los últimos años se está trabajando en el desarrollo Turístico impulsado por los emprendedores privados que. De manera aguerrida luchan contra las inclemencias del clima para llevar adelante sus proyectos soñados, la Municipalidad acompaña en gran parte este empuje para la promoción de los atractivos naturales.

4.1.1.8. Situación académica

El acceso a internet en las localidades rurales de Tolhuin es inexistente; existe solamente en el sector urbano un porcentaje muy bajo. A pesar de los grandes esfuerzos realizados por el Municipio, la brecha digital sigue siendo grande y los establecimientos educativos del sector rural no tienen acceso a los servicios de internet, peor aún al desarrollo de herramientas informáticas virtuales.

4.1.2. Instituciones beneficiarias

Los establecimientos favorecidos del proyecto son 9 Instituciones y se encuentran ubicadas dentro de la localidad de Tolhuin, municipio de Tierra del fuego. Todos éstos establecimientos son públicos y han recibido poca o ninguna atención por parte de los distintos gobiernos municipales, razón por la que cuentan con muy pocos recursos para desempeñar su trabajo. En el siguiente grafio se muestran los 9 establecimientos favorecidos del proyecto.



Fuente: Elaborado por el autor a través del Software Radio Mobile

Figura 4.2. Instituciones favorecidas del Proyecto

Para hacer un mejor detalle del estudio dividimos estas 9 instituciones en dos grupos: 4 Centros Educativos y 5 Instituciones Municipales, para los cuales presentamos una tabla para cada grupo. *En la Tabla 4.3* presentamos un resumen de los Centros Educativos de la localidad de Tolhuin, donde mostramos los números de alumnos y profesores de cada Centro. Muchos de los Centros Educativos cuentan con profesores que valen por dos o tres profesores ya que preparan actividades para todos los grado de estudio.

En la Tabla 4.4 presentamos un resumen de las Instituciones Municipales de la localidad de Tolhuin, donde mostramos los números de departamentos y número de empleados.

Como se observa en las tablas N° 4.3 y N° 4.4 , este proyecto beneficiará a 218 personas, de los cuales: 143 estudiantes, 25 docentes distribuidos en los 4 Centros Educativos y 50 trabajadores públicos distribuidos en las 5 Instituciones Municipales.

Aclaramos que no solo los miembros de una institución, alumnos o maestros, pueden beneficiarse del servicio; este también estará disponible para los vecinos o cualquier persona que cuente con un dispositivo que pueda conectarse inalámbricamente a la red. Por supuesto que está sujeto a convenios entre profesores y miembros de las Instituciones para que todos puedan hacer uso del servicio sin afectar el objetivo principal de este proyecto.

Tablas de los Centros Educativos e Instituciones Municipales

CENTROS EDUCATIVOS						
Nº	Escuela	Lugar	Dirección	Modalidad	Nº de Profesores	Nº de Alumnos
1	Escuela Provincial Nº 5 - José María Beauvoir	Tolhuin	Lucas Bridges 542	Primario	6	40
2	Colegio Provincial Ramón Alberto Trejo Noel	Tolhuin	Sant. Rupatini 379	secundario	7	60
3	Centro de Artes y Oficios de Tolhuin	Tolhuin	Lucas Bridges 640	Terciario	8	30
4	Escuela Laguna del Indio	Tolhuin	Ruta n°3 Km	Primario	4	13
TOTAL					25	143

Fuente: El listado de número de profesores y alumnos fue obtenido a modo de ejemplo

Tabla 4.3. Resumen de los Centros Educativos de la localidad de Tolhuin

INSTITUCIONES PUBLICAS					
Nº	Institución Pública	Lugar	Dirección	Departamentos	Nº de trabajadores
1	Municipalidad de Tolhuin	Tolhuin	Santiago Rupatini 285	6	20
2	Centro Asistencial de Salud	Tolhuin	Av. Los Shelknam 243	3	7
3	Comisaría Primera khami	Tolhuin	Cabecera de Lago Fagnano	3	5
4	Prefectura del Destacamento de Fagnano	Lago Fagnano	S/N	3	12
5	Reserva Provincial Rio Valdés	Rio Valdés	Ruta N°3 Km 3010 aprox.	1	6
TOTAL					50

Fuente: El listado de número de departamentos y trabajadores administrativos fue obtenido a modo de ejemplo

Tabla 4.4. Resumen de las Instituciones Públicas de la localidad de Tolhuin

4.1.3. Condiciones Preexistentes (Infraestructura física)

4.1.3.1. Infraestructura civil

Las instituciones de la localidad de Tolhuin, cuentan actualmente con su propio local físico, dichos locales son de material noble y son propiedad de la municipalidad. Como es de esperarse la infraestructura de estos establecimientos no es la mejor; hay paredes húmedas, pisos empozados de agua resultado del clima. Y esto conlleva a continuos cortes de flujo eléctrico, fusibles quemados debido a la sobrecarga; producto de un sistema de energía eléctrica muy deficiente.

4.1.3.2. Infraestructura eléctrica

Tanto las instituciones de las zonas urbanas como las rurales cuentan en su totalidad con infraestructura y servicio de energía eléctrica las 24 horas del día, necesario para el desarrollo de cualquier actividad. Sin embargo carecen de un sistema de protección a sobrecargas eléctricas.

Las torres de comunicación para las instituciones más lejanas no cuentan con energía eléctrica, para los cuales usaremos paneles solares.

4.1.3.3. Infraestructura de telecomunicaciones

Físicamente la localidad de Tolhuin cuenta con una oficina de telecomunicaciones, pero no es capaz de dar soporte en el ámbito de internet y telefonía a toda la localidad; peor aún, su proveedor de servicios de telecomunicaciones no tienen oficinas en la localidad y no cuentan con técnicos de mantenimiento.

4.1.3.4. Equipamiento Informático

Todos los Establecimientos cuentan con equipos de computación y se encuentran en buenas condiciones, sin embargo no tienen un buen cableado de la red por tal razón no se puede compartir recursos ni tener sistema en red.

En la tabla 4.5 y tabla 4.6 se muestra el equipamiento de informática de los Centros Educativos y de las Instituciones Municipales.

Unidad de Informática de los Centros Educativos.

Nº	Centro Educativo	Número de Computadoras	
		Alumnos	Profesores
1	Escuela Provincial N° 5 - José María Beauvoir	3	1
2	Colegio Provincial Ramón Alberto Trejo Noel	7	1
3	Centro de Artes y Oficios de Tolhuin	10	2
4	Escuela Laguna del Indio	2	1
	SUB TOTAL	22	5
	TOTAL		27

Fuente: Los números de computadoras se obtuvieron a modo ilustrativo

Tabla 4.5. Número de equipos disponibles de los Centros Educativos de la loc. de Tolhuin.

Unidad de Informática de las Instituciones Públicas

N°	Institución Pública	N° de computadoras
1	Municipalidad de Tolhuin	12
2	Centro Asistencial de Salud	2
3	Comisaría Primera khami	4
4	Prefectura del Destacamento de Fagnano	4
5	Reserva Provincial Río Valdés	2
TOTAL		24

Fuente: Los números de computadoras se obtuvieron a modo ilustrativo

Tabla 4.6 Número de equipos disponibles en Instituciones Públicas de la localidad de Tolhuin

4.1.3.5. Recursos Humanos

La población de Tolhuin no tiene conocimiento en tecnologías de información y comunicación.

4.2. Estudio de Campo

En esta actividad verificamos los posibles puntos clientes y los puntos repetidores, se describe además la ubicación geográfica; latitud y longitud de las institución beneficiarias y después se comprueba la localización de los puntos obtenidos con Radio Mobile. Describiremos además las características y requerimientos del proyecto. Una vez terminada esta etapa habremos creado un prediseño.

4.2.1. Herramientas Indispensables para el pre diseño

- ✓ Software Radio Mobile
- ✓ Software Google Earth Pro
- ✓ Herramientas básicas como: mapas, dibujos, etc.

4.2.2. Levantamiento de datos

Para la obtención de las coordenadas y los parámetros de diseño se utilizó el siguiente procedimiento:

- ❖ Las coordenadas de las Centros Educativo y las Instituciones Públicas se obtuvieron a través del Software Google Earth; en donde se buscaron los posibles puntos clientes para la ubicación de las torres de comunicación.
- ❖ Se eligió como repetidor local a los puntos cliente, siempre que tenga línea de vista hacia los demás y que sea el más adecuado.
- ❖ No se visitaron personalmente los puntos de acceso, sino que se tomaron las coordenadas de Latitud y Longitud utilizando Radio Mobile y Google Earth.
- ❖ Gracias a Radio Mobile un Software especializado se simuló el posible diseño de la red, ajustándose a los parámetros básicos del diseño tales como: distancia, frecuencia, altura de torres, tipo de antenas, etc.

4.2.2.1. Puntos Clientes

Ubicación de los Centros Educativos



Fuente: Elaborado por el autor a través del Software Google Earth Pro

Figura 4.3. Centros Educativos de la localidad de Tolhuin

Coordenadas Geográficas de los puntos cliente de cada Centro Educativo

Nº	Centro Educativo	Latitud	Longitud
Tolhuin			
1	Escuela Provincial N° 5 - José María Beauvoir	54°30' 39.55" S	67°11' 45.20" O
2	Colegio Provincial Ramón Alberto Trejo Noel	54°30' 30.72" S	67°11' 33.70" O
3	Centro de Artes y Oficios de Tolhuin	54°30' 43.79" S	67°11' 46.56" O
4	Escuela Laguna del Indio	54°34' 30.23" S	67°15' 07.20" O

Fuente: Elaborado por el autor. Datos obtenidos de Google Earth

Tabla 4.7. Coordenadas de los Centros Educativos beneficiarios

Ubicación de las Instituciones Públicas



Fuente: Elaborado por el autor a través del Software Google Earth Pro

Figura 4.4 Instituciones Municipales de la localidad de Tolhuin

Coordenadas Geográficas puntos cliente de cada Institución Municipal

Nº	Institución Pública	Latitud	Longitud
Tolhuin			
1	Municipalidad de Tolhuin	54°30'39,20" S	67°11'34,76" O
2	Centro Asistencial de Salud	54°30'37,02" S	67°11'42,35" O
3	Comisaría Primera khami	54°31'36,78" S	67°13'52,47" O
4	Prefectura del Destacamento de Fagnano	54°31'30,55" S	67°17'56,74" O
5	Reserva Provincial Río Valdés	54°37'09,28" S	67°14'08,58" O

Fuente: Elaborado por el autor. Datos obtenidos de Google Earth

Tabla 4.8 Coordenadas de las Instituciones Públicas beneficiarios.

4.2.2.2. Selección de posibles puntos repetidores de la red troncal

Todas las Instituciones se enlazarán a una estación de radio base RBS (Radio Base Station) en donde está ubicado el transmisor y receptor. Los propietarios de estas Torres y el espacio físico son propiedad de la Municipalidad de Tolhuin.

Uno de los aspectos fundamentales es la Línea de Vista entre antenas. Además aclaramos que tanto las torres como los equipos de las antenas deberían contar con energía eléctrica garantizada las 24 horas todos los días, esto es fundamental para el funcionamiento de los equipos. Se deberá tratar de que los enlaces no superen los 50 km.

Posibles torres de comunicación a implementarse o implementadas

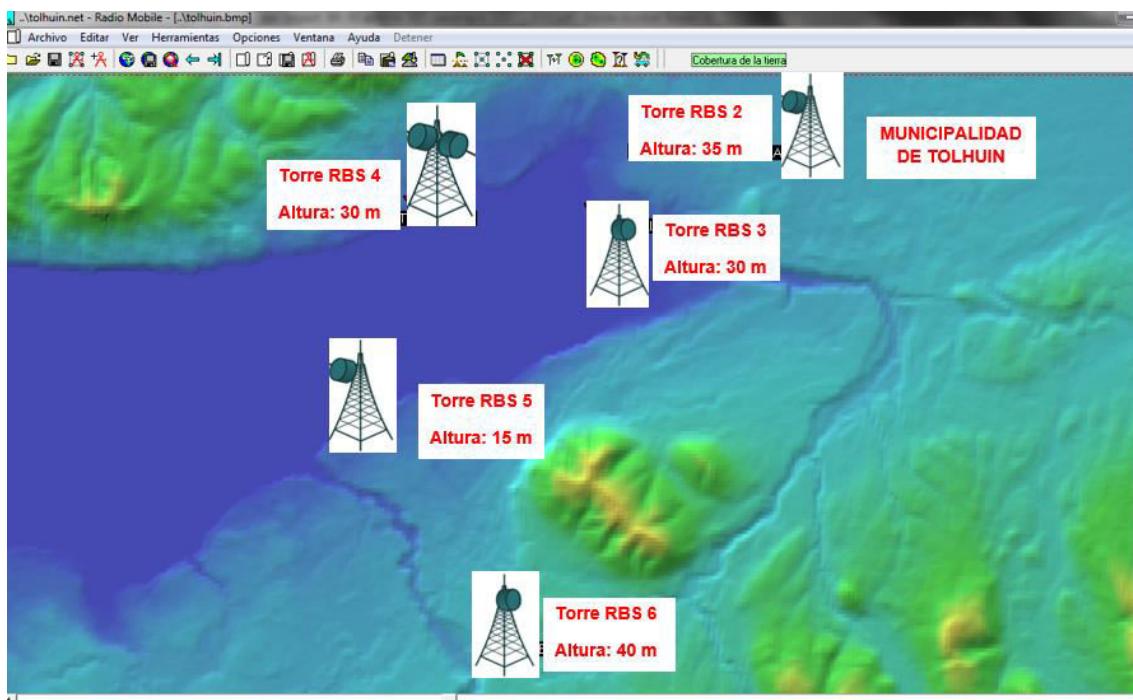
Nº	Ubicación	Nombre	Estado	Paneles Solares
1	Cerro	RBS 1	Por implementar	Si
2	Municipalidad Tolhuin	RBS 2	Por implementar	Si
3	Comisaría P.K.	BBS 3	Por implementar	Si
4	Prefectura D.F.	RBS 4	Por implementar	Si
5	Laguna de Indio	RBS 5	Por implementar	Si
6	Río Valdez	RBS 6	Por implementar	Si

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 4.9. Lista de las posibles Torres de comunicación implementadas o a implementarse

En la siguiente imagen se muestran las RBS juntamente con la altura de las torres, cabe mencionar que durante la simulación del software Radio Mobile el diseño del gráfico puede cambiar.

RBS Distribuidas a lo largo de la localidad de Tolhuin



Fuente: Elaborado por el autor a través del Software Radio Mobile y Google Earth

Figura 4.5. Torres de comunicación implementada o a implementarse

Como se puede observar las torres se encuentran distribuidas a lo largo de localidad de Tolhuin, algunos se encuentran en lugares muy cercanos a la carretera, sin embargo; otras están ubicadas en zonas donde hay mucho bosque donde el único acceso es a caballo o caminando.

Coordenadas, tamaño y altura m.s.n.m de las RBS

ID	Coordenadas		Altura torre [m]	Altitud [m.s.n.m]
	Latitud	Longitud		
RBS 1	54°34'58,15" S	67°13'53,39" O	40	698
RBS 2	54°30'39,20" S	67°11'34,76" O	35	122
RBS 3	54°31'36,78" S	67°13'52,47" O	30	29
RBS 4	54°31'30,55" S	67°17'56,74" O	30	56
RBS 5	54°34'30,23" S	67°15'07,20" O	15	129
RBS 6	54°37'09,28" S	67°14'08,58" O	40	378

Fuente: Elaborado por el autor. Datos obtenidos de Google Earth

Tabla 4.10. Coordenadas, altura m.s.n.m y tamaño de las posibles torres de comunicación

4.3. Definición de los Requerimientos

4.3.1. Interés de la municipalidad de Tolhuin

Aclaramos que estos requerimientos no fueron solicitados ni requeridos por las autoridades, sino que lo usamos como modelo o base para posteriores proyectos.

Tomando en cuenta que se trata de implementar una red totalmente nueva es decir no existe una red anterior de la cual se pueda extraer información, por este motivo se creyó conveniente recopilar información que esté relacionada con los hábitos reales.

Red inalámbrica: La red debe garantizar la conexión de internet a lo largo de la localidad, debe soportar Voz y datos. Además debe estar planificado a futuro.

Equipamiento: Los laboratorios de informática de las Instituciones y Escuelas Educativa debe tener el Hardware y Software adecuado para el buen funcionamiento de la red, además deben estar equipado con computadoras, cableado estructurado y sistemas de protección a tierra.

Conectividad: Los equipos de informática deben asegurar el ancho de banda necesario para navegar sin interrupciones durante mejor uso y desempeño de su trabajo. Además debe de contar con una línea telefónica para cada institución.

Capacitación: Gran parte de los docentes están desactualizado en el área de informática, por lo tanto se solicita al director del proyecto, realizar capacitaciones para los trabajadores municipales, docentes y alumnos para actualizar sus conocimientos y adquirir herramientas para desarrollar mejor su trabajo dentro del trabajo y dentro de las aulas.

4.3.2. Requerimientos Técnicos

Antes de describir detalladamente los requerimientos del proyecto solicitados por el Municipio de Tolhuin, aclaramos que durante la ejecución de proyecto las necesidades pueden ir cambiando, y hay que saber adaptarse a los posibles escenarios.

a) Red inalámbrica

- Instalación e implementación de una red de acceso Satelital con conexión a Internet y Telefonía.

Para llevar esto a cabo, es necesario implementar e instalar un sistema satelital en el predio de la municipalidad de Tolhuin, el cual permitirá desplegar la red a los 9 nodos.

- La red debe garantizar la zona de cobertura a lo largo de todos las Instituciones.
- La red debe ser segura y que soporte transmisiones de datos y VoIP.
- La red debe ser escalable

Debido a que cada año se acogen más estudiantes, docentes y trabajadores administrativos. La red debe garantizar el servicio hasta 5 años, después se solicitará nuevamente el rediseño de la red.

b) Equipamiento

Hardware:

- Las características de hardware son estándares para un computador ya sea si usa Windows o Linux, además son características más comunes que se encuentran en el mercado.
- Cámara Web para servicio de video llamada
- Un teléfono como mínimo para cada institución.

Software:

- Sistema Operativo Microsoft Windows versión XP o superior.
- Antivirus
- Navegador de Internet.

c) Conectividad

- Para las computadoras de los docentes y administrativos públicos se requiere un ancho de banda aproximado de 1041Kbps.
- Para las computadoras de los alumnos se requiere un Ancho de Banda aproximado de 127Kbps.
- Línea telefónica: Se comenzara con una extensión telefónica para cada institución, si más adelante la institución requiere de una línea más, deberá solicitarla al administrador de red. El Ancho de Banda requerida por teléfono debe tener un aproximado de 31Kbps.

d) Capacitación

- Se requiere un Programa de Capacitación sobre las TIC a los usuarios, ya que después de concluir el proyecto los usuarios no tendrán la capacidad de usar las TIC dentro de sus actividades. Y un programa de capacitación para técnicos, para el mantenimiento de la red una vez terminado el proyecto.

CAPÍTULO V

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Introducción

En este capítulo se realizara el diseño de la red satelital con cada uno de sus enlaces ubicados a lo largo de la localidad de Tolhuin. Todos los enlaces deben cubrir las necesidades de cada institución.

Primero empezamos calculando el Ancho de Banda (AB) requerida para las diferentes aplicaciones, calculamos el AB Total que se usara para toda la red. Después describimos las tecnologías a usarse, elegimos las frecuencias a usarse y diseñamos los enlaces de cada red utilizando el software Radio Mobile junto con los equipos más adecuados para la Red.

5.1. Planificación del Ancho De Banda Requerido

En la Internet existen muchos recursos educativos en diferentes formatos como: texto, imágenes, video, sonido, multimedia y programas de descarga, etc. lo cual representa un ancho de banda. Cuando hablamos de AB, podemos distinguir 3 clases de aplicaciones que el usuario utiliza: datos, audio y video.

Como uno de los requerimientos de las autoridades es: la red debe ser escalable, se debe dimensionar el canal para soportar el crecimiento de los usuarios en el futuro. En base a este dato debemos calcular el Ancho de Banda actual y el Ancho de Banda 5 años posteriores a este, considerando que cada año hay un crecimiento en el alumnado y en las computadoras.

5.1.1. Ancho de Banda para Datos

La velocidad de transmisión de un computador es generada por aplicaciones como: correo electrónico, navegación web, descarga de documentos y transferencia de archivos.

De la información que se recopilo podemos concluir que: las personas que ingresan a internet y que se encuentran en una zona rural, utilizan más de la mitad del tiempo en educación y aprendizaje, el resto del tiempo lo utilizan para buscar información, comunicación y otras razones. Para estimar el tiempo que un estudiante dedica al internet, vamos a dibujar una tabla donde un estudiante o un docente utilizan el internet en una hora como mínimo todos los días.

Tiempo que una persona dedica al internet y el tráfico generado			
Motivos de uso de internet	Tipo de trafico	Tiempo de uso (minutos)	Porcentaje (%)
Navegación web	Educación y aprendizaje	30	50%
Correo electrónico	Comunicación general	15	25%
Descarga de documentos	Información	9	15%
Transferencia de archivos	Trabajo y otros	6	10%
		Total	60 min (1hora)
			100%

Tabla 5.1. Tráfico que genera una computadora con el uso de internet

La diferencia que podemos encontrar entre los estudiantes, docentes y administrativos es que los docentes y los administrativos generan mayor tráfico de datos, esto se debe a que descargan más documentos, revisa más correos, realizan cursos a distancia y que realizan ven contenidos streaming de video.

➤ Navegadores WEB

Los navegadores web solo consumen la red cuando solicitan datos, la comunicación es asincrónica, por lo que se puede tolerar una buena cantidad de demora. Cuando los navegadores buscan imágenes pesadas o descargas largas, la utilización del Ancho de Banda aumenta.

Para determinar la velocidad de transmisión al navegar en la Web se debe conocer el tamaño promedio de una página web y el tiempo de carga de la página. Tiempo de carga de una página Web estimada=12 segundos, Tamaño promedio de una página Web = 100KBytes

$$AB_{navegación\ Web} = \frac{100\text{KBytes}}{12\text{seg}} * \frac{8\text{bits}}{1\text{Byte}} = 66.7\text{Kbps}$$

➤ Descarga de documentos

De la tabla tenemos que un estudiante o docente utiliza 15 minutos para obtener información. Un documento PDF en promedio tiene un tamaño de 3MB. Se estima que un estudiante bajara de internet 1 documento en formato PDF, mientras que un docente y un administrativo debido por sus capacitaciones bajará 3 documentos.

$$AB_{descargas\ PDF\ alumno} = \frac{3\text{MB}}{15\ min} * \frac{1024\text{KByte}}{1\text{MB}} * \frac{8\text{bits}}{1\text{Byte}} * \frac{1\ min}{60\ seg} = 27.31\text{Kbps}$$

Mientras que el AB necesario para que un docente descargue el triple de PDF será:

$$AB_{descargas\ PDF\ docente} = 27.31\text{Kbps} * 3 = 81.93\text{Kbps}$$

➤ Correo electrónico

El correo electrónico es una aplicación asincrónica e intermitente, es decir no usa el canal de forma continua por lo tanto no requiere demasiado ancho de banda. El tamaño promedio es de 100Kbits. Si se quiere enviar mayor información se utilizan archivos adjuntos. El tamaño de un archivo adjunto es aproximado a 450KBytes

Cálculo de 4 correos electrónicos con archivos adjuntos para un alumno:

$$\text{tamaño}_{\text{correo alumno}} = \left(450 \text{KByte} * \frac{8 \text{bits}}{1 \text{Byte}} + 100 \text{Kb} \right) * 4_{\text{correos}} = 14800 \text{Kb}$$

AB necesario para que un estudiante revise 4 correos con archivos adjuntos en 9 minutos es:

$$AB_{\text{correo alumno}} = \frac{14800 \text{Kb}}{9 \text{ min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 27.41 \text{Kbps}$$

Se estima que un docente y un administrativo recibirá el doble de correos debido a sus funciones realizadas, para lo cual hacemos el cálculo para 8 correos con archivos adjuntos.

$$\text{tamaño}_{\text{correo docente}} = \left(450 \text{KByte} * \frac{8 \text{bits}}{1 \text{Byte}} + 100 \text{Kb} \right) * 8 = 29600 \text{Kb}$$

Mientras que AB necesario para que un docente revise 8 correos electrónicos con archivos adjuntos en 9 minutos es:

$$AB_{\text{correo docente}} = \frac{29600 \text{Kb}}{9 \text{ min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 54.82 \text{Kbps}$$

➤ Transferencia de archivos

De acuerdo a la tabla, se utilizan 6 minutos para transferir información ya sea para entregar trabajos u otras razones. El tamaño promedio de un archivo comprimido es 287KB

Se estima que un estudiante compartirá 1 archivo comprimido, Mientras que un docente y un administrativo debido a sus funciones como calificaciones, cronogramas, trabajos prácticos compartirán 6 archivos.

El cálculo de la AB para un estudiante que comparte 1 archivo comprimido.

$$AB_{\text{transferencia archivo alumno}} = \frac{287 \text{KB}}{6 \text{ min}} * \frac{8 \text{bits}}{1 \text{Byte}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 6.38 \text{Kbps}$$

Mientras que un docente y un administrativo compartirá 6 archivos comprimidos

$$AB_{\text{transferencia archivo docente}} = 6.38 \text{Kbps} * 6 \text{Kbps} = 38.28 \text{Kbps}$$

➤ Streaming de Video

Al igual que el flujo de audio, el flujo de video requiere de alto rendimiento y baja latencia para trabajar correctamente. Como referencia se tomará una página de YouTube, por ser más conocido. Existen 5 tipos de resolución de video, pero solo vamos hacer el cálculo

con la Resolución 854 x 480 de 480 píxeles que es de calidad Media y tiene un Bit rate de 800Kbps. La calidad baja no es conveniente ya que se ve muy borroso y no es ideal para el aprendizaje.

Considerando que son 20 docentes incluidos los trabajadores administrativos, hacemos los cálculos:

Resolución	Bit rate (Kbps)	Nº de docentes y Administrativo	Vtx. Streaming video
480p	800	20	16Mbps

Fuente: Elaborado por el Autor

Tabla 5.2. Velocidad de transmisión en Resolución Media

A continuación presentamos un resumen del Ancho de Banda que necesita un estudiante, un docente y un administrativo para acceder a internet

APLICACIÓN	AB por Estudiante (Kbps)	AB por docente y administrativo (Kbps)
Navegación Web	66.67	66.67
Correo electrónico	27.41	54.82
Descarga de documentos	27.31	81.93
Transferencia de archivos	6.38	38.28
Streaming de video	0	800
TOTAL	127.77	1041.7

Fuente: Elaborado por el Autor

Tabla 5.3. Ancho de Banda requerido por un usuario en una hora pico.

Por lo tanto la capacidad requerida para un estudiante y un docente es:

$$\text{AB}_{\text{datos estudiante}} = 127.77 \text{ Kbps}$$

$$\text{AB}_{\text{datos docente}} = 1041.7 \text{ Kbps}$$

ó

Sin considerar Streaming de video:

$$\text{AB}_{\text{datos docente}} = 241.7 \text{ Kbps}$$

5.1.2. Ancho de Banda para Voz

Para la transmisión de voz sobre una red Ethernet se emplea la tecnología VoIP, este dedica una cantidad constante de Ancho de Banda mientras dure la llamada y depende del códec que se utilice.

El códec que utilizaremos en este proyecto es el G.729 por tener buena calidad de voz, poco retardo y consume poca velocidad de transmisión

Códec	Tamaño de la muestra	Intervalo de muestreo	Tasa de Bits	Tamaño Payload	Paquete por segundo
G.729	10bytes	10ms	8Kbps	20bytes	50pps

Fuente: Voice Over IP- Per Call Bandwidth Consumption [50]

Tabla 5.4. Características del Códice G.729

Para calcular la velocidad de transmisión se lo hace mediante la fórmula:

$$AB_{VoIP} \text{ (bps)} = \text{Tamaño Total del paquete[bits]} * \text{Tasa paquetes[pps]}$$

La tasa por paquetes en (PPS) representa el número de paquetes que se deben ser transmitidos cada segundo y se calcula mediante la siguiente formula

$$\text{Tasa Paquetes}_{\text{[pps]}} = \frac{\text{tasa de bit}}{\text{tamaño payload}}$$

El códec G.729 tiene un tamaño de carga útil de 20 bytes, con una tasa de 8Kbps, remplazando tenemos:

$$\text{Tasa Paquetes}_{\text{[pps]}} = \frac{8\text{Kbps}}{160\text{bits}} = 50\text{pps}$$

Entonces se tiene que para realizar una llamada utilizando el códec G.729 el tamaño total del paquete es de 78 Bytes (624bits) con una tasa por paquetes de 50pps tenemos:

$$AB_{VoIP} \text{ (bps)} = 624[\text{bits}] * 50[\text{ pps}] = 31.2\text{Kbps}$$

En la fase anterior se definió que cada Institución tendrá como mínimo una extensión telefónica como medio de comunicación independiente del servicio de internet. Hacemos el cálculo para 12 teléfonos, 4 teléfonos para la municipalidad y 1 teléfono para cada institución.

Calculo del Ancho de Banda total de VoIP necesarias para las 9 Instituciones:

$$AB_{VoIP\ Total} = 31.2\text{Kbps} * 12 = 374.4\text{Kbps}$$

$$\mathbf{AB_{VoIP\ Total} = 0.37\ Mbps}$$

Para conectar los a la Red Pública de Telefonía Comutada PSTN, se lo realizara mediante líneas telefónicas.

Como se trata de una nueva central telefónica, no existen datos históricos que permitan dimensionar la central telefónica, por lo tanto asumimos un aproximado del tráfico de la nueva central.

$$\text{Trafico Total PSTN} = \text{Trafico entrada} + \text{Trafico salida}$$

$$\mathbf{\text{Trafico Total PSTN} = 0.45\ Erlang}$$

Erlang B Traffic Table

N/B	Maximum Offered Load Versus B and N B is in %											
	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111	.1765	.2500	.4286	.6667
2	.0142	.0321	.0458	.1054	.1526	.2235	.3813	.5954	.7962	1.000	1.449	2.000
3	.0868	.1517	.1938	.3490	.4555	.6022	.8994	1.271	1.603	1.930	2.633	3.480
4	.2347	.3624	.4393	.7012	.8694	1.092	1.525	2.045	2.501	2.945	3.891	5.021
5	.4520	.6486	.7621	1.132	1.361	1.657	2.219	2.881	3.454	4.010	5.189	6.596
6	.7282	.9957	1.146	1.622	1.909	2.276	2.960	3.758	4.445	5.109	6.514	8.191
7	1.054	1.392	1.579	2.158	2.501	2.935	3.738	4.666	5.461	6.230	7.856	9.800
8	1.422	1.830	2.051	2.730	3.128	3.627	4.543	5.597	6.498	7.369	9.213	11.42
9	1.826	2.302	2.558	3.333	3.783	4.345	5.370	6.546	7.551	8.522	10.58	13.05
10	2.260	2.803	3.092	3.961	4.461	5.084	6.216	7.511	8.616	9.685	11.95	14.68
11	2.722	3.329	3.651	4.610	5.160	5.842	7.076	8.487	9.691	10.86	13.33	16.31
12	3.207	3.878	4.231	5.279	5.876	6.615	7.950	9.474	10.78	12.04	14.72	17.95
13	3.713	4.447	4.831	5.964	6.607	7.402	8.835	10.47	11.87	13.22	16.11	19.60
14	4.239	5.032	5.446	6.663	7.352	8.200	9.730	11.47	12.97	14.41	17.50	21.24
15	4.781	5.634	6.077	7.376	8.108	9.010	10.63	12.48	14.07	15.61	18.90	22.89
16	5.339	6.250	6.722	8.100	8.875	9.828	11.54	13.50	15.18	16.81	20.30	24.54
17	5.911	6.878	7.378	8.834	9.652	10.66	12.46	14.52	16.29	18.01	21.70	26.19
18	6.496	7.519	8.046	9.578	10.44	11.49	13.39	15.55	17.41	19.22	23.10	27.84
19	7.093	8.170	8.724	10.33	11.23	12.33	14.32	16.58	18.53	20.42	24.51	29.50
20	7.701	8.831	9.412	11.09	12.03	13.18	15.25	17.61	19.65	21.64	25.92	31.15
21	8.319	9.501	10.11	11.86	12.84	14.04	16.19	18.65	20.77	22.85	27.33	32.81
22	8.946	10.18	10.81	12.64	13.65	14.90	17.13	19.69	21.90	24.06	28.74	34.46
23	9.583	10.87	11.52	13.42	14.47	15.76	18.08	20.74	23.03	25.28	30.15	36.12

Fuente: <http://www.sis.pitt.edu/~dtipper/erlang-table.pdf>

Tabla 5.5. Erlang B Traffic Table

En la figura anterior se presenta la Tabla de Erlang-B, la primera columna es el número de enlaces, la primera fila es la probabilidad de bloqueo, que van desde el 0,001% hasta el 40%.

En la sexta columna se observa una probabilidad de 1%, luego se busca el valor de 0.45, como no existe este valor se escoge el valor próximo superior a éste, siempre se debe escoger el valor próximo superior. Por lo tanto para un valor de 0.45 Erlang se requiere 3 enlaces.

Por lo tanto con este dato y guiándonos la Tabla de Trafico Erlang B, la central telefónica necesita 3 líneas telefónicas para conectar las 12 extensiones con la PSTN

5.1.3. Ancho de Banda para Video Llamada

Para determinar la velocidad de transmisión necesaria para una video llamada se debe establecer el códec de video que se utilizara, la resolución y los fotogramas por segundo (FPS). En lo cual no usaremos para hacer cálculos.

5.2. Ancho de Banda por Institución

Para determinar el AB que se requiere en la red se determina el número de computadoras de cada una de las instituciones. Las escuelas tienen en su totalidad funcionan en horarios por las mañanas. Sin embargo, por las tardes los alumnos realizan sus consultas y reciben cursos de computación donde se requiere el servicio de Internet. Los Profesores y administrativos usan el servicio de Internet en la mañana, tarde y mayormente por las noches para completar sus deberes. Usando las mismas ecuaciones calculamos el AB de cada institución. Tener en cuenta que AB VoIP por teléfono = 31.2Kbps.

A continuación presentamos un ejemplo de cálculo para la *Escuela Primaria Provincial N° 5*. Este mismo cálculo se realizará para todas las instituciones restantes, en la Tabla 5.6 se detalla el resumen del AB Total.

$$AB_{Escuela Provincial} = (AB_{Alumnos} * PC + AB_{Docentes} * PC) + AB_{VoIP/1\ telef.}$$

$$AB_{Escuela Provincial} = (127.77 \text{ Kbps} * 3 + 1041.7 \text{ Kbps} * 1) + 31.2 \text{ Kbps}$$

$$AB_{Escuela Provincial} = (383.31 \text{ Kbps} + 1041.7 \text{ Kbps}) + 31.2 \text{ Kbps}$$

$$AB_{Escuela Provincial} = 1456.21 \text{ Kbps}$$

Ancho de Banda por cada Institución

Nº	Institución	Nº PCs		AB mínimo [Kbps]	Nº Teléfonos	AB mínimo + VoIP [Kbps]
		Alumnos	Docentes			
1	Escuela Provincial N° 5 J. María B.	3	1	1425.01	1	1456.21
2	Colegio Provincial R. Alberto Trejo	7	1	1936.09	1	1967.29
3	Centro de Artes y Oficios de T.	10	2	3361.1	1	3392.3
4	Escuela Laguna del Indio	2	1	1297.24	1	1328.44
5	Municipalidad de Tolhuin		12	12500.4	3	12594
6	Centro Asistencial de Salud		2	2083.4	1	2114.6
7	Comisaría Primera khami		4	4166.8	1	4198
8	Prefectura del Destacamento de F.		4	4166.8	2	4229.2
9	Reserva Provincial Rio Valdés		2	2083.4	1	2114.6
TOTAL		51		33020.24	12	33394.64

Fuente: Elaborado por el autor. Datos obtenidos por la ecuación de AB

Tabla 5. 6. Ancho de Banda por Institución + Ancho de Banda VoIP

$$AB_{Datos\ Total} = 33020.24 \text{ Kbps}$$

$$AB_{VoIP\ Total} = 31.2 \text{ Kbps} * 12$$

$$AB_{TOTAL\ RED} = AB_{Datos\ Tola} + AB_{VoIP\ Total}$$

$$AB_{TOTAL\ RED} = 33020.24 \text{ Kbps} + 374.4 \text{ Kbps}$$

$$\textcolor{blue}{AB_{TOTAL\ RED} = 33394.64 \text{ Kbp}}$$

Ancho de Banda Total de la Red

$$AB_{TOTAL\ RED} = 33394.64\ Kbp = 33.39\ Mbps$$

5.3. Proyección de Usuarios

Una vez determinada el AB de cada institución, en este apartado realizamos un análisis del crecimiento de usuarios y el crecimiento de computadoras estimado para el año 2022.

Según las Normas Internacionales de Contabilidad (*NIC*) , la vida útil de los equipos de computación y de redes es por 5 años, por lo tanto durante este tiempo se deben garantizar el servicio de Internet, voz y video. Por lo tanto:

- Para el crecimiento del número de computadoras en los 5 años estimamos que crezca el 50 % más del total. Pasado este tiempo debería hacerse otra vez un nuevo estudio.
- Para el crecimiento del alumnado durante estos 5 años se usamos la fórmula de Crecimiento Poblacional Compuesto que se describe en la siguiente ecuación.

$$Pf = P_0(1 + r)^t$$

Pf = Población final

Po = Población inicial

r = Tasa de crecimiento

t = Periodo de tiempo (años)

Según el INDEC y el BM (Banco Mundial) la tasa de crecimiento (r) de Argentina es del 1,04 % aproximadamente por año. En nuestro proyecto a modo de ejemplo vamos a trabajar con la tasa de crecimiento de 10 %, ya que contamos con pocas personas.

A continuación presentamos un ejemplo del cálculo para el alumnado de la *Escuela Provincial N° 5 José María Beauvoir*, el resultado es el siguiente

$$Pf = 46(1 + 10 \%)^5$$

$$Pf = 74$$

Pf = Población final = 74

Po = Población inicial = 46

r = Tasa de crecimiento = 10 %

t = Periodo de tiempo = 5 años

En la tabla 5.7 y Tabla 5.8 se resumen estos parámetros, donde presentamos el número de PCs y población inicial en el 2017 y la proyección dentro de 5 años de todas las instituciones.

Proyección para el año 2022 de los Centros Educativos

LOCALIDAD	NOMBRE DEL CENTRO EDUCATIVO	2017			PROYECCION AÑO 2022		
		Nº Alumnos y Docentes	Nº PCS Alumnos	Nº PCS Docentes	Nº Alumnos y Docentes	Nº PCS Alumnos	Nº PCS Docentes
TOLHUIN	Escuela Provincial N° 5 José María Beauvoir	46	3	1	74	5	1
	Colegio Provincial R. Alberto Trejo Noel	67	7	1	107	10	2
	Centro de Artes y Oficios de Tolhuin	38	10	2	61	14	4
	Escuela Laguna del Indio	17	2	1	27	3	1
	SUB TOTAL		22	5		31	8
	TOTAL	168	27		269		39

Fuente: Elaborado por el Autor. Datos obtenidos con la ecuación de la Tasa de Crecimiento para el alumnado y Un aumento del 50 % para las PCs.

Tabla 5.7. Desglose de crecimiento del número de alumnos y computadoras para el año 2022

Proyección para el año 2022 de las Instituciones Publicas

LOCALIDAD	NOMBRE DEL CENTRO EDUCATIVO	2017		PROYECCION AÑO 2022	
		Nº Administrativos	Nº PCS	Nº Administrativos	Nº PCS
TOLHUIN	Municipalidad de Tolhuin	20	12	32	18
	Centro Asistencial de Salud	7	2	11	3
	Comisaria Primera khami	5	4	8	6
	Prefectura del Destacamento de Fagnano	12	4	19	6
	Reserva Provincial Rio Valdés	6	2	10	3
	TOTAL	50	24	80	36

Fuente: Elaborado por el Autor. Datos obtenidos con la ecuación de la Tasa de Crecimiento para el personal administrativo y Un aumento del 50 % para las PCs.

Tabla 5.8. Desglose de crecimiento del número de administrativos y computadoras para el año 2022

5.3.1. Ancho de Banda Total Requerida para el 2022

$$AB_{TOTAL RED 2022} = AB_{Total Datos 2022} + AB_{Total VoIP 2022}$$

$$AB_{Total Datos 2022} = AB_{alumnos 2022} + AB_{docentes 2022} + AB_{administrativos 2022}$$

El Ancho de Banda de datos total de los estudiantes es: lo que necesitará un estudiante por cada computador 127.77Kbps por las 31 computadoras estimadas para el año 2022, sin considerar el Ancho de Banda de VoIP, Se tiene:

$$AB_{alumnos 2022} = \#PC * AB_{PC}$$

$$AB_{alumnos 2022} = 31 * 127.77\text{Kbps}$$

$$AB_{alumnos 2022} = 3960.87\text{Kbps} = 3.96\text{Mbps}$$

El Ancho de Banda de datos total de los docentes es: 1041.7Kbps, por las 8 computadoras estimadas para el año 2022. Se tiene:

$$AB_{docentes 2022} = \#PC * AB_{PC}$$

$$AB_{docentes 2022} = 8 * 1041.7\text{Kbps}$$

$$AB_{docentes 2022} = 8333.6\text{Kbps} = 8.33\text{ Mbps}$$

El Ancho de Banda de datos total de los administrativos es: 1041.7Kbps, por las 24 computadoras estimadas para el año 2022. Se tiene:

$$AB_{administrativo 2022} = \#PC * AB_{PC}$$

$$AB_{administrativo 2022} = 36 * 1041.7\text{Kbps}$$

$$AB_{administrativo 2022} = 37501.2\text{Kbps} = 37.50\text{ Mbps}$$

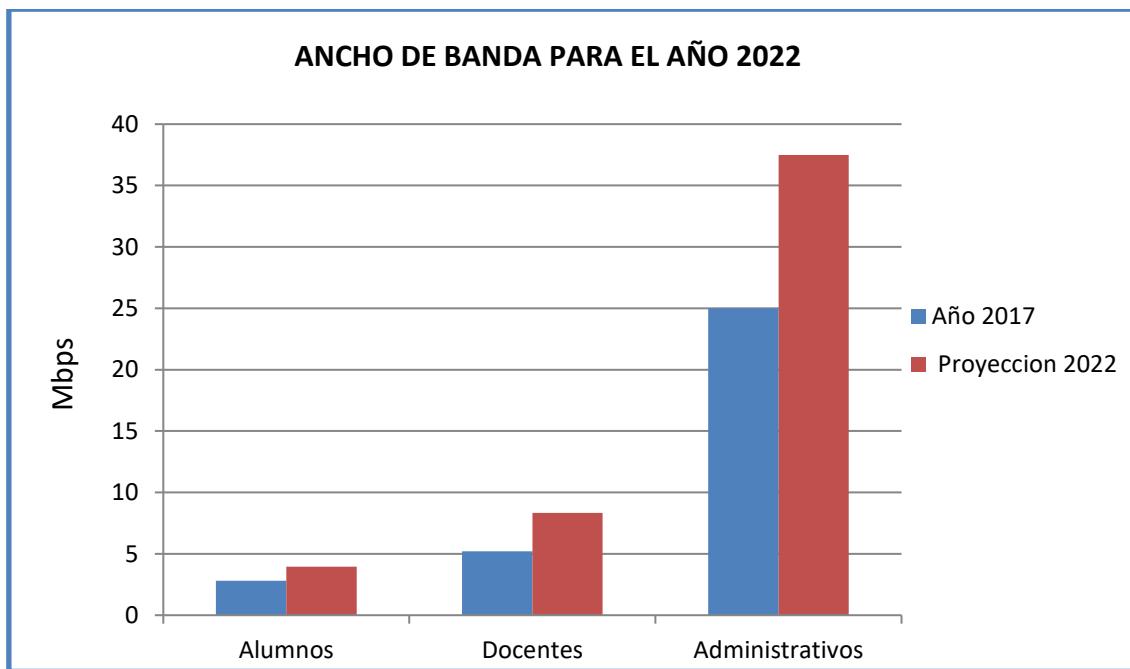
En la siguiente tabla presentamos un resumen del Ancho de Banda actual (2017) y para el año 2022.

ANCHO DE BANDA	AÑO 2017		AÑO 2022	
	# Computadoras (unidades)	Ancho Banda (Mbps)	# Computadoras (unidades)	Ancho de Banda (Mbps)
Alumnos 261.1Kbps/pc	22	2.81	31	3.96
Docentes 1175.03Kbps/pc	5	5.21	8	8.33
Administrativos 1175.03Kbps/pc	24	25	36	37.50
TOTAL	51	33.02	75	49.79

Fuente: Elaborado por el Autor

Tabla 5.9. Calculo del Ancho de Banda actual y para el año 2022

Cuadro estadístico del Ancho de Banda de los usuarios



Fuente: Elaborado por el Autor

Figura 5.1. Cuadro estadístico del Ancho de Banda 2017 y proyección año 2022 sin considerar VoIP

El ancho de Banda total de datos es igual a la suma de los Anchos de Banda de los alumnos, docentes y personal administrativo, entonces se tiene:

$$AB_{Datos\ Total\ 2022} = AB_{alumnos\ 2022} + AB_{docentes\ 2022} + AB_{administrativos\ 2022}$$

$$AB_{Datos\ Total\ 2022} = 3.96\ Mbps + 8.33\ Mbps + 37.50\ Mbps$$

$$\mathbf{AB_{Datos\ Total\ 2022} = 49.79\ Mbps}$$

Ahora calculamos el Ancho de Banda Total de la Red incluyendo el Ancho de Banda de VoIP para el año 2022.

$$AB_{TOTAL\ RED\ 2022} = AB_{Total\ Datos\ 2022} + AB_{Total\ VoIP\ 2022}$$

$$AB_{TOTAL\ RED\ 2022} = 49.79\ Mbps + 0.374\ Mbps$$

$$\mathbf{AB_{TOTAL\ RED\ 2022} = 50.1644\ Mbps}$$

El Ancho de Banda que debe soportar la red es:

$$AB_{RED\ TOTAL\ 2022} = AB_{Total\ Datos\ 2022} + AB_{Total\ VoIP\ 2022} + AB_{Total\ Videollamada\ 2022}$$

$$AB_{RED\ TOTAL\ 2022} = 49.79\ Mbps + 0.37\ Mbps + 0\ Mbps$$

$$\mathbf{AB_{RED\ TOTAL\ 2022} = 50.16\ Mbps}$$

Si bien se ha calculado un Ancho de Banda considerando las necesidades de cada Institución, la decisión final la toma el cliente, en este caso es la Municipalidad de Tolhuin.

5.4. Diseño del subsistema de Telecomunicaciones

En este punto se describirán las zonas involucradas y las posibles ampliaciones futuras, se describirá además el tipo de enlace inalámbrico, la tecnología de red que se empleara y su topología. Se crearan gráficos con coordenadas de los puntos que comprenden la red troncal, repetidores locales y puntos clientes.

5.4.1. Descripción de la Red

La red está distribuida entre 9 instituciones, la Municipalidad de Tolhuin será el nodo principal y el punto de partida del despliegue de la red inalámbrica, ya que contará con un punto de interconexión de Internet satelital.

El despliegue de la red se realizará con la tecnología Wi-Fi, en cada torre se instalará un Access Points (AP). Cada AP se ubicará en los puntos finales de los enlaces. Cada uno de estos puntos finales alumbrados por los AP requerirá de un router, los cuales cuentan con los puertos RJ45 suficientes para conectar 4 computadoras (de requerirse más puede usarse un switch).

Para la parte no guiada de la red se utilizará el estándar IEEE 802.11n que es la que llegará hasta los clientes y además deberá extenderse a lo largo de varios kilómetros. Mientras que para la parte guiada de la red se utilizará cableado estructurado utilizando el estándar TIA/EIA-568-B.

Es necesario recordar que se deben tomar las precauciones del caso como son: paneles solares para los repetidores que no cuenten con energía eléctrica, pozos a tierra y todas las medidas de seguridad correspondientes para la instalación de las torres en cada punto.

Topología de diseño de la Red

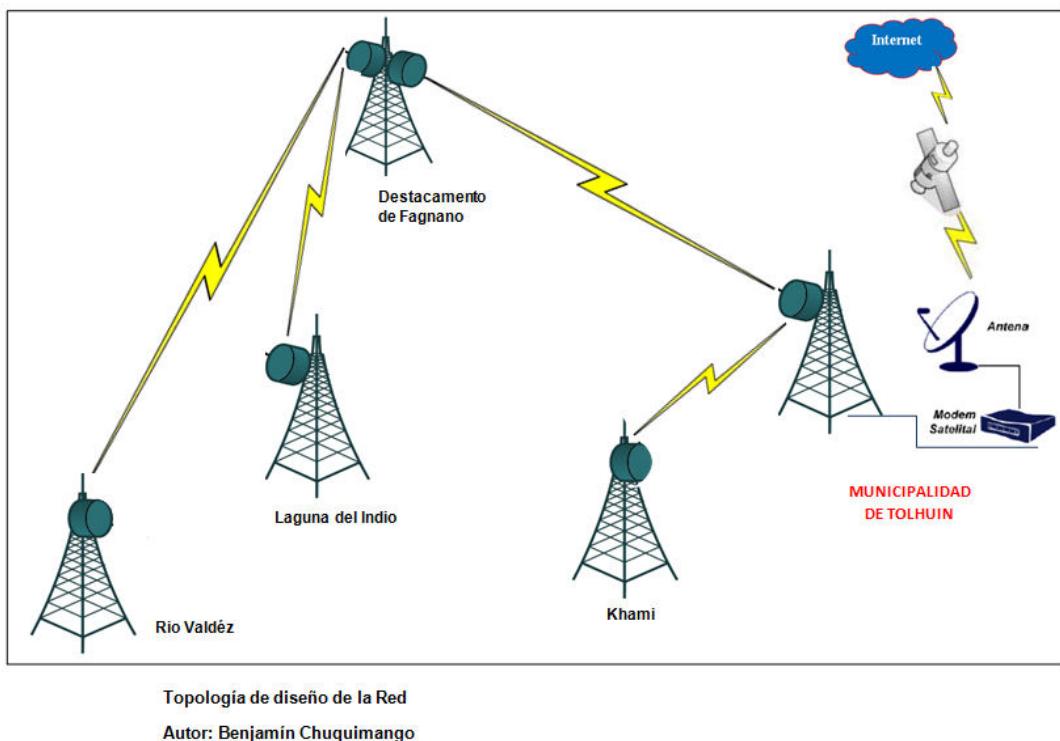


Figura 5. 2 Topología de diseño de la Red

5.4.2. Topología de la Red

Una vez obtenidos los resultados del estudio de campo, determinamos el sitio más adecuado para la ubicación de los RBS con la finalidad de tener línea de vista con las otras antenas o en todo caso se instalara una RBS apropiada para el diseño.

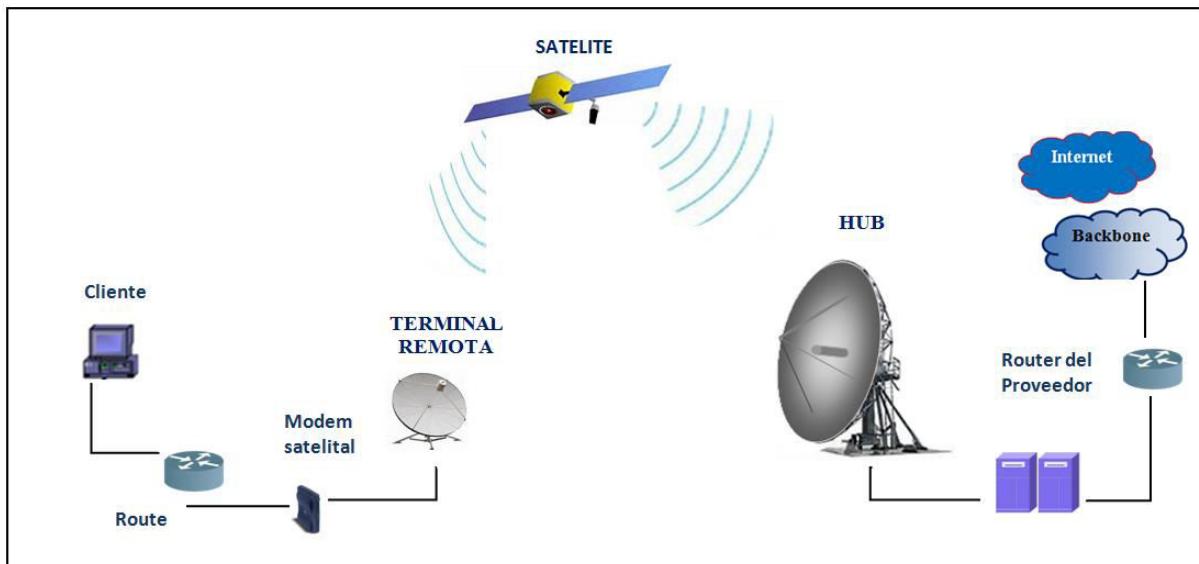
El diseño completo de la red inalámbrica consta de lo siguiente:

- Un enlace vía satélite, para el acceso a Internet, este enlace se realizará hasta el proveedor de Internet. El acceso a internet es provisto desde el Nodo de Servicios y Conexiones (NOC) el cual se encuentra ubicado en las instalaciones del Municipio.
- Una red de Transporte y de Backbone con conexiones punto - punto para llegar hasta los RBS, se utilizará la frecuencia 5.8Ghz.
- Una red de acceso para permitir la conexión de los clientes a la red, se utilizara las frecuencias 2,4 GHz y 5,8 GHz mediante enlaces punto - multipunto.

5.4.2.1. Red de Troncal

Este sistema está formado por el HUB (estación equipada con una antena parabólica orientada al satélite y conectada al proveedor de servicios de Internet), el satélite (plataforma que actúa de puente entre el proveedor de servicios de Internet y la zona se dará el servicio) y el DVB (terminal de satélite situado en la zona del enlace, a través del cual se conecta a las redes de acceso terrestre).

La conexión vía satélite será provista por el satélite ARSAT 1 de banda Ku, éste satélite proporciona conexión de banda ancha. El sistema de satélites ARSAT actúa como red de transporte hasta la zona del enlace. A continuación se muestra el esquema de la conexión satelital.



Autor: Benjamín Chuquimango

Figura 5.3. Esquema de conexión Satelital

5.4.2.1.1. NOC

El NOC se encuentra ubicado en las instalaciones del Municipio de Tolhuin, al cual le llega un Ancho de Banda de 33.76Mbps para brindar un servicio de aproximadamente 3Mbps por cada institución.

Para tener un control en la red, nuestro NOC debe contar con un Servidor de Internet y Comunicaciones y un Servidor de Gestión y Monitoreo.

a) Servidor de Internet y Comunicaciones

Las funciones principales que debe cumplir son:

- Correo electrónico
- Servidor Proxy
- FIREWALL
- Servicio de traslación de direccionamiento IP
- Aplicaciones QoS
- Servidores de página Web
- Administración

b) Servidor de Gestión y Monitoreo

Las funciones principales que debe cumplir son:

- Gestión de Ancho de Banda
- Monitorear disponibilidad de enlace
- Medición de los tráficos de datos transmitidos
- Manejo de fallas
- Manejo de tráfico
- Estadísticas de calidad en los enlaces

5.4.2.2. Red de Backbone

La red de Backbone está compuesto por enlaces Punto-Punto, estos enlaces también se les conoce como enlaces troncales por transportar un mayor flujo de datos.

En la siguiente figura se presentan los RBS que va a permitir interconectar la torre principal con cada uno de los nodos, donde cada torre tiene que tener línea de vista con la otra torre y cada escuela deberá conectarse inalámbricamente a un nodo. *Para lograr esto proponemos 4 opciones, además usamos el Radio Mobile para tomar la mejor decisión y comprobar su factibilidad.*

5.4.2.2.1. Primera opción del diseño de la red

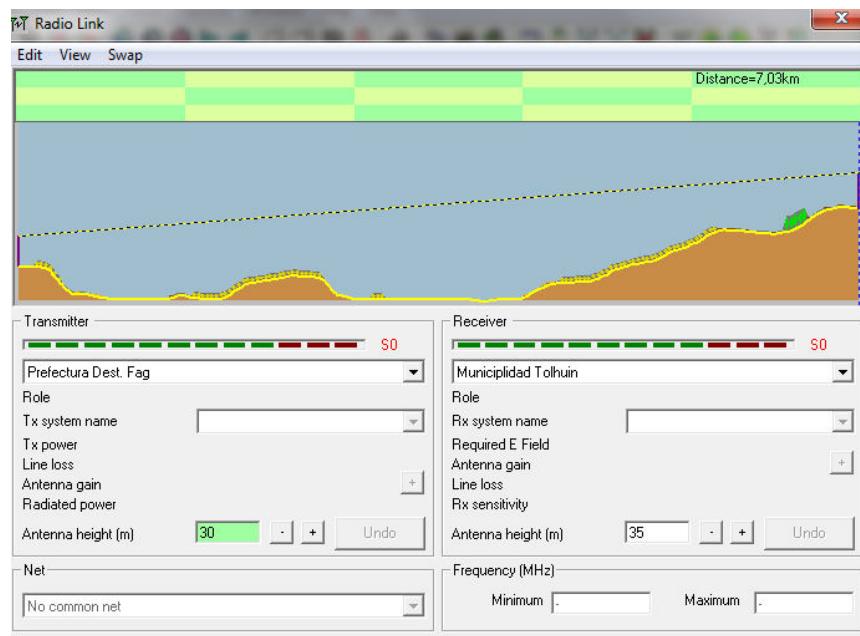


Fuente: Elaborado por el autor a través del Software Google Earth

Figura 5.4. Imagen topográfica de la primera opción de la red con Radio Mobile.

ANÁLISIS DE LA PRIMERA OPCIÓN.

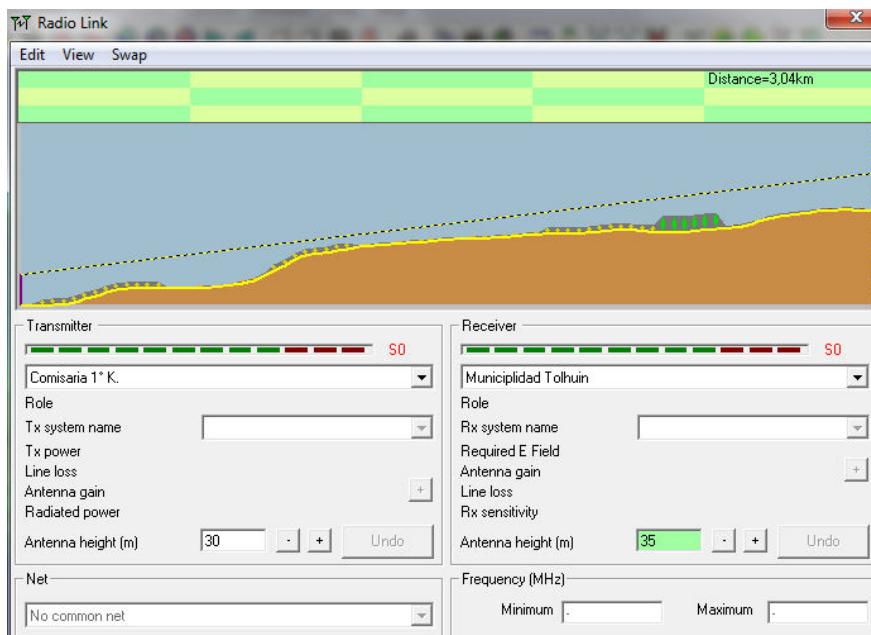
Enlace desde RBS 2 hacia RBS 4



Fuente: Elaborado por el Autor a través de Radio Mobile

Figura 5.5. De la Municipalidad de Tolhuin hacia la Prefectura

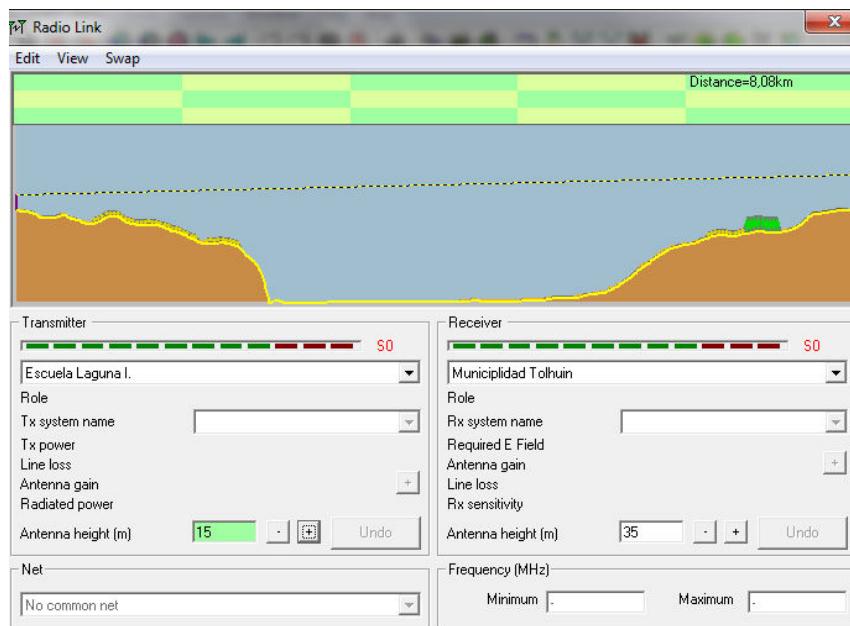
Enlace desde RBS 2 hacia RBS 3



Fuente: Elaborado por el Autor a través de Radio Mobile

Figura 5.6. De la Municipalidad de Tolhuin hacia la Comisaria 1 K

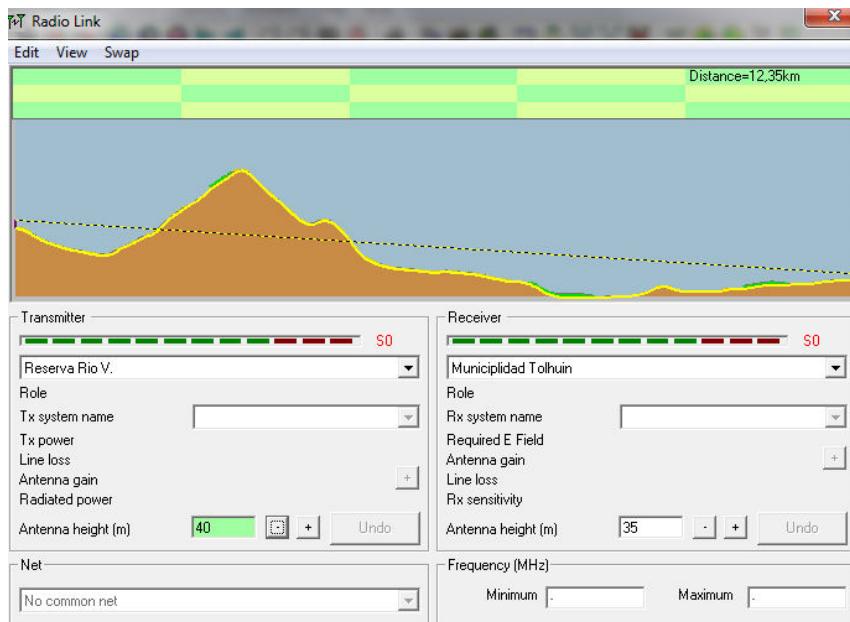
Enlace desde RBS 2 hacia RBS 5



Fuente: Elaborado por el Autor a través de Radio Mobile

Figura 5.7. De la Municipalidad de Tolhuin hacia la Escuela Laguna Indio

Enlace desde RBS 2 hacia RBS 6



Fuente: Elaborado por el Autor a través de Radio Mobile

Figura 5.8. De la Municipalidad de Tolhuin hacia la Reserva Rio Valdez

En los gráficos anteriores se mostraron enlaces individuales entre puntos y nodos con Radio Mobile. Como se puede observar existe línea de vista entre los distintos nodos excepto en la Figura 5.8 que va desde la Municipalidad hacia la Reserva Provincial. Para solucionar este inconveniente implementamos un RBS y simulamos el diseño.

5.4.2.2.2. Segunda opción del diseño de la red

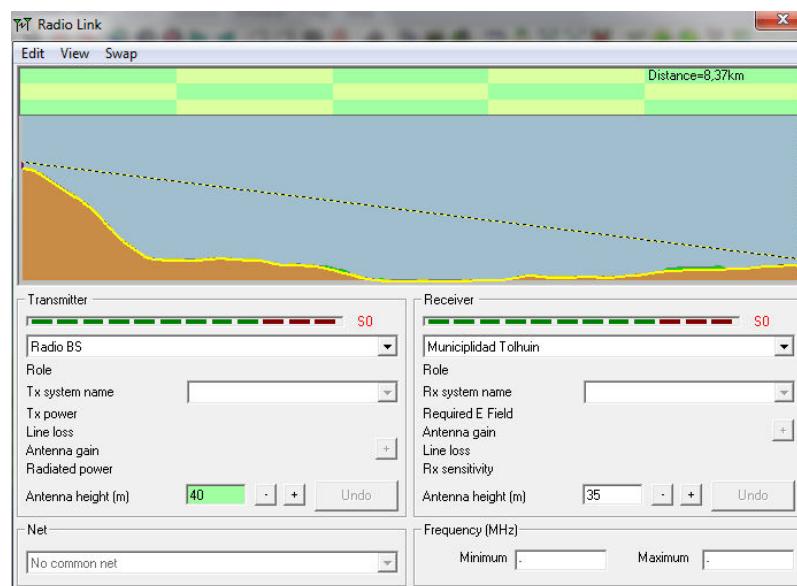


Fuente: Elaborado por el autor a través del Software Google Earth

Figura 5.9. Imagen topográfica de la segunda opción de la red con Radio Mobile.

ANÁLISIS DE LA SEGUNDA OPCIÓN.

Enlace desde RBS 2 hacia RBS 1

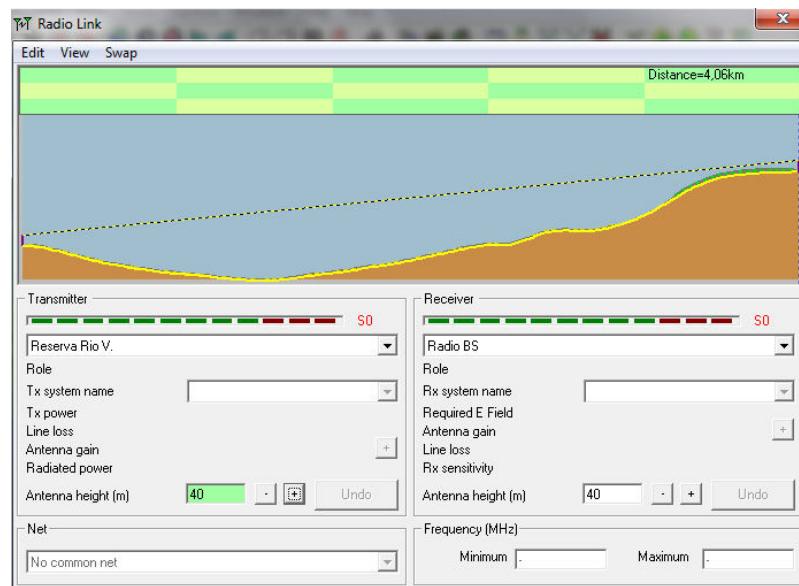


Fuente: Elaborado por el Autor a través de Radio Mobile

Figura 5.10. De la Municipalidad de Tolhuin hacia la Radio Base

Como se puede ver en el grafico n° 5.9 se puede implementar una RBS para poder solucionar la línea de vista y corregir errores.

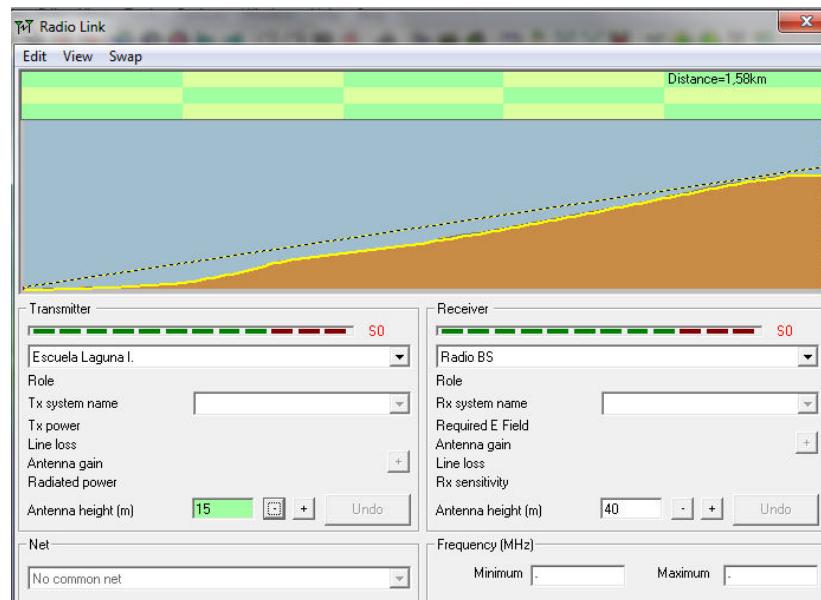
Enlace desde RBS 1 hacia RBS 6



Fuente: Elaborado por el Autor a través de Radio Mobile

Figura 5.11. Del RBS 1 hacia la Reserva Rio Valdez

Enlace desde el RBS 1 hacia RBS 5



Fuente: Elaborado por el Autor a través de Radio Mobile

Figura 5.12. Del RBS hacia la Escuela Laguna de Indio

Como se puede ver en la figurara anterior la solución del diseño no es eficiente. Existen línea de vista desde la RBS 1 hacia los dos nodos: estos son La Escuela Laguna de Indio y la Reserva Rio Valdez, pero están muy dudosos por estar al nivel del suelo. La solución sería levantar una torre de aproximadamente 120 metros, lo cual sería casi imposible debido a los elevados costos.

5.4.2.2.3. Tercera opción del diseño de la red



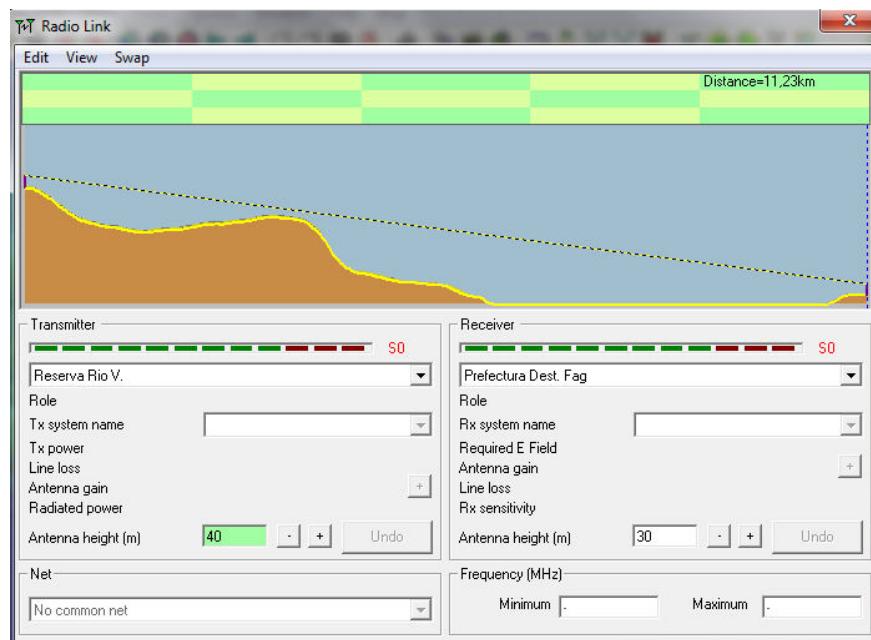
Fuente: Elaborado por el autor a través del Software Google Earth

Figura 5.13. Imagen topográfica de la segunda opción de la red con Radio Mobile.

ANÁLISIS DE LA TERCERA OPCIÓN.

Al cambiar la topología de la red parece ser más atractivo al no tener tantas dificultades en la línea de vista, como es el caso de la RBA 4 (Prefectura del Destacamento F) hacia la RBS 6 (Reserva Rio Valdez). Sin embargo la solución de la red puede ser mejorada. Aclaramos que los otros nodos de enlace ya están analizados en la Primera opción.

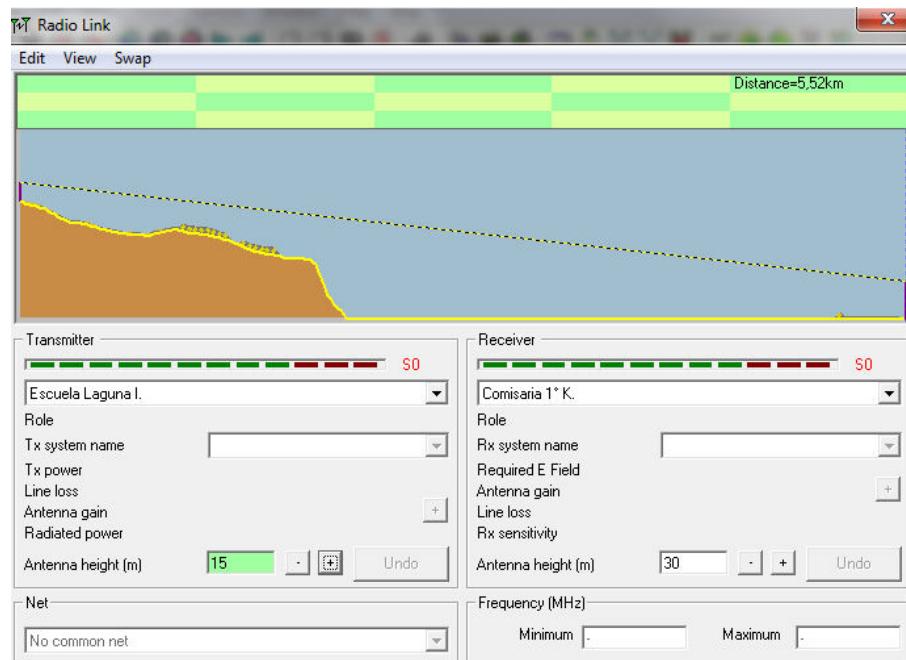
Enlace desde RBS 4 hacia RBS 6



Fuente: Elaborado por el Autor a través de Radio Mobile

Figura 5.14. De la Prefectura Destacamento de F. hacia la Reserva Rio Valdez

Enlace desde el RBS 3 hacia RBS 5



Fuente: Elaborado por el Autor a través de Radio Mobile

Figura 5.15. De la Comisaria 1 K hacia la Escuela Laguna de Indio.

5.4.2.2.4. Cuarta opción del diseño de la red

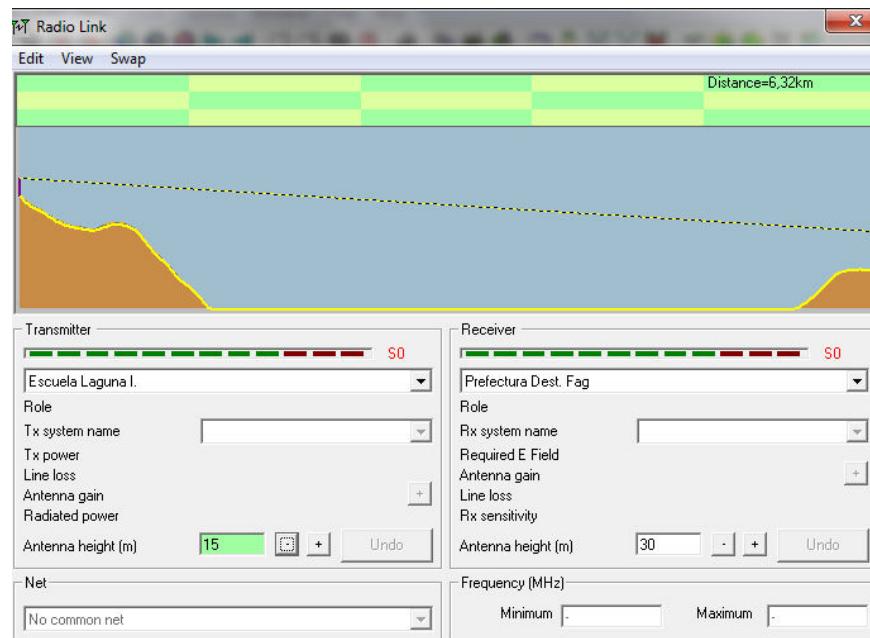


Fuente: Elaborado por el autor a través del Software Google Earth

Figura 5.16 Imagen topográfica de la segunda opción de la red con Radio Mobile.

ANÁLISIS DE LA CUARTA OPCIÓN.

Enlace desde RBS 4 hacia RBS 5



Fuente: Elaborado por el Autor a través de Radio Mobile

Figura 5.17. De la Prefectura Destacamento de F. hacia la Escuela Laguna de Indio

Al parecer esta opción es el mejor debido a las ventajas de la línea de vista. Aclaramos que los otros puntos del diseño ya están diseñados en las opciones anteriores.

Gracias a las topografías del terreno proporcionadas por Radio Mobile, somos capaces de utilizar las mejores alternativas y tomar las mejores decisiones del caso.

5.4.2.2.5. Diseño definitivo de la Red de Backbone

Después de haber analizado y comprobado todas las opciones de red, presentamos el diseño final de la Red de Transporte y Backbone, incluyendo las distancias entre torres y la altura de las mismas.

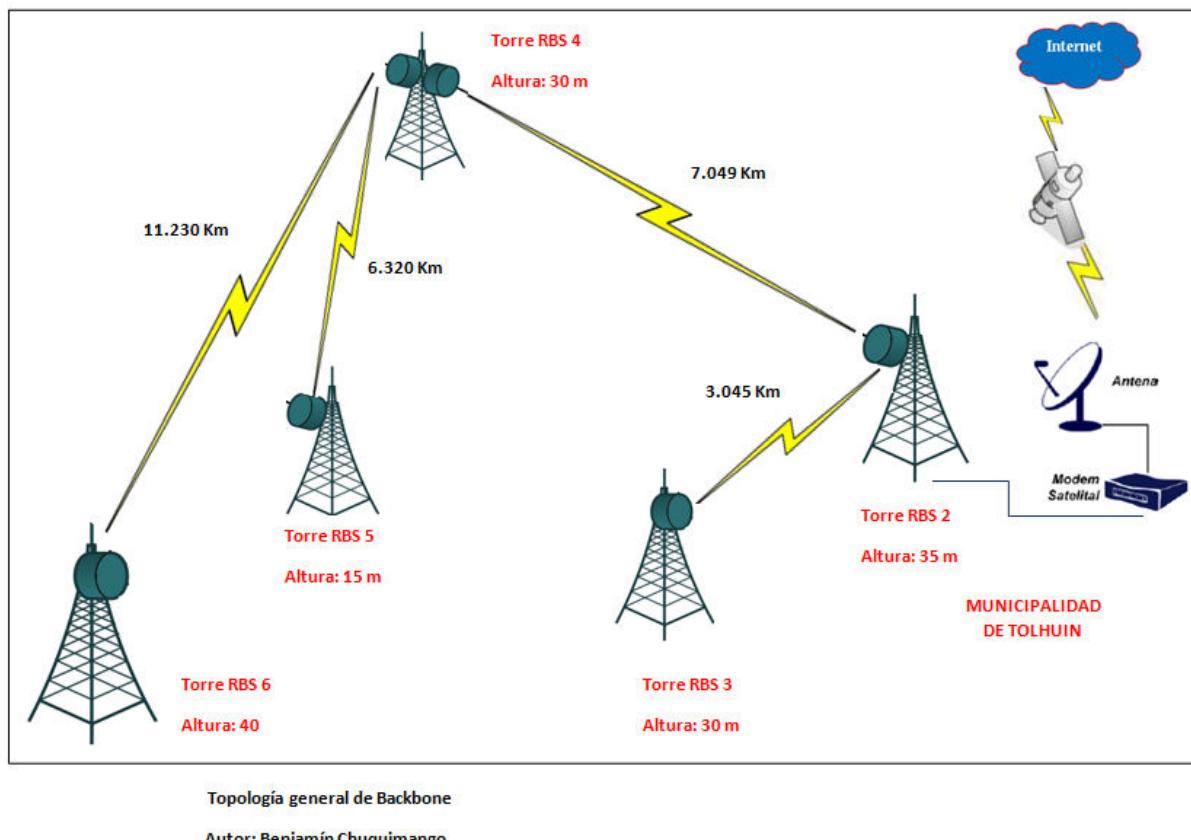


Figura 5.18 Diseño de la red de Transporte y Backbone con las distancias entre los nodos

5.4.2.2.5.1. Distancia entre Radios Base

La distancia entre las instituciones y los nodos a los que se enlazan son muy importantes en el diseño, pues una vez que se conozca al Ancho de Banda necesario de cada enlace, la distancia nos define el tipo de equipos que se van a utilizar.

Nº	Desde	Hasta	Distancia
1	RBS 2	RBS 3	3.045 m
2	RBS 2	RBS 4	7.049 m
3	RBS 4	RBS 5	6.320 m
4	RBS 4	RBS 6	11.230 m

Fuente: Elaborado por el Autor a través de Google Earth

Tabla 5.10. Distancias entre RBS

5.4.2.3. Red de Acceso

La red de Acceso o también conocida como última milla, está compuesta por los enlaces entre las instituciones y las torres de comunicación. Para ello instalamos antenas omnidireccionales en las RBS radio base.

5.4.2.3.1. Enlace de red de Acceso de RBS 2

La radio base RBS 2 está ubicada en la municipalidad de Tolhuin y asocia a 5 instituciones, su topología se observa en la figura siguiente.

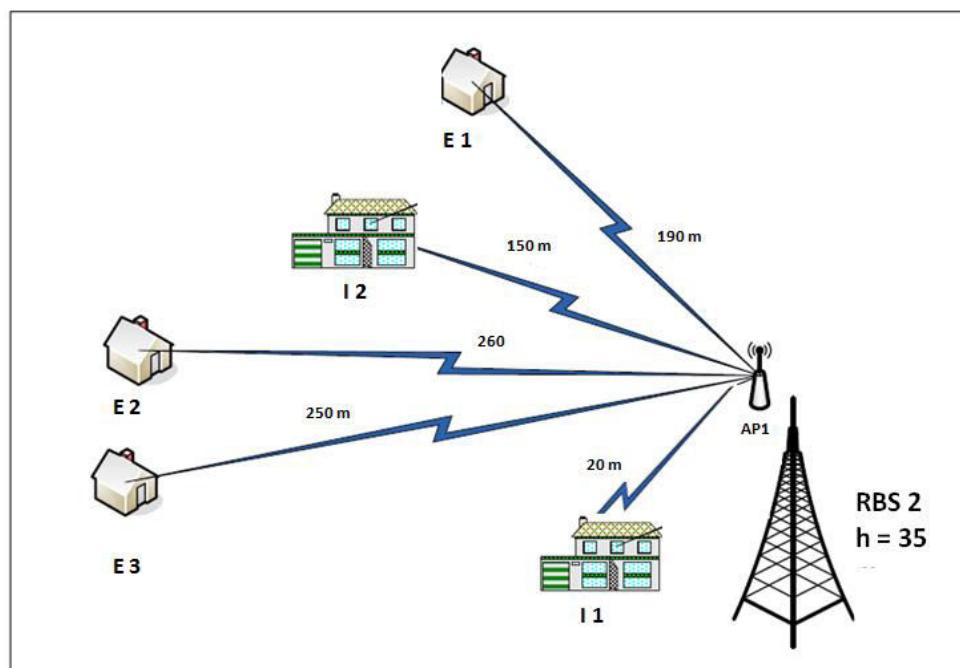


Figura 5.19. Topología de la Red de Acceso en la RBS 2

Distancias y distribución de antenas

Torre	ID	Número de Puntos a enlazarse	Distancias	Distribución de Antenas
RBS 2	E 1	Escuela Provincial N° 5 J. M.	190 m	1 antena omnidireccional
	E 2	Colegio Provincial R. Alberto	260 m	
	E 3	Centro de Artes y Oficios T.	250 m	
	I 1	Municipalidad de Tolhuin	20 m	
	I 2	Centro Asistencial de Salud	150 m	

Fuente: Elaborado por el Autor. Datos obtenidos a través de Google Earth

Tabla 5.11. Distancias y distribución de antenas a enlazar en la torre 2

Aclaramos que cada institución requiere de diferente ancho de banda porque no tienen la misma cantidad de computadoras.

5.4.2.3.2. Enlace de red de Acceso de RBS 3

La radio base RBS 3 está ubicada en la cabecera de Lago Fagnano y asocia a una institución, su topología se observa en la figura siguiente.

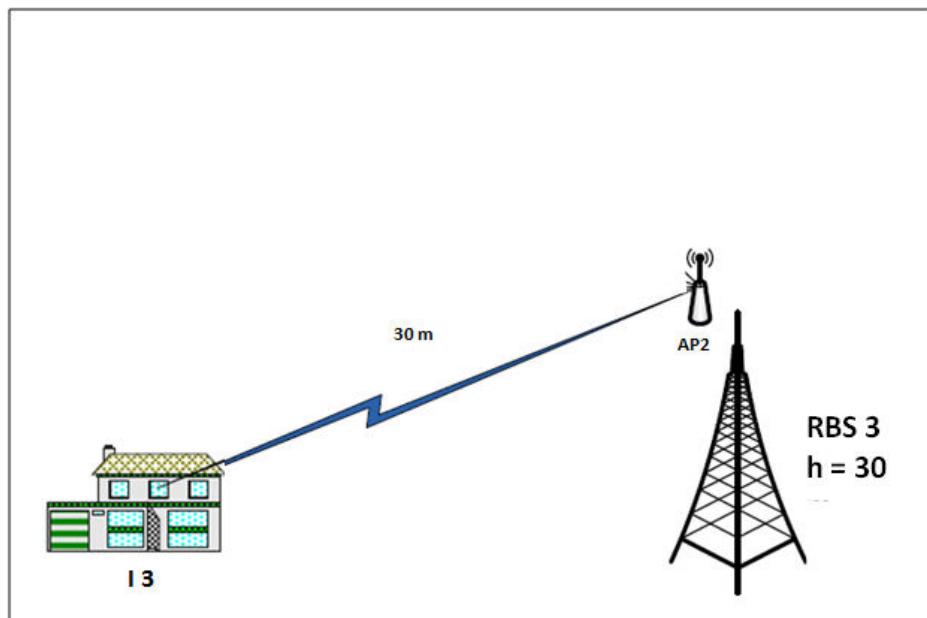


Figura 5.20. Topología de la Red de Acceso en la RBS 3

Distancias y distribución de antenas

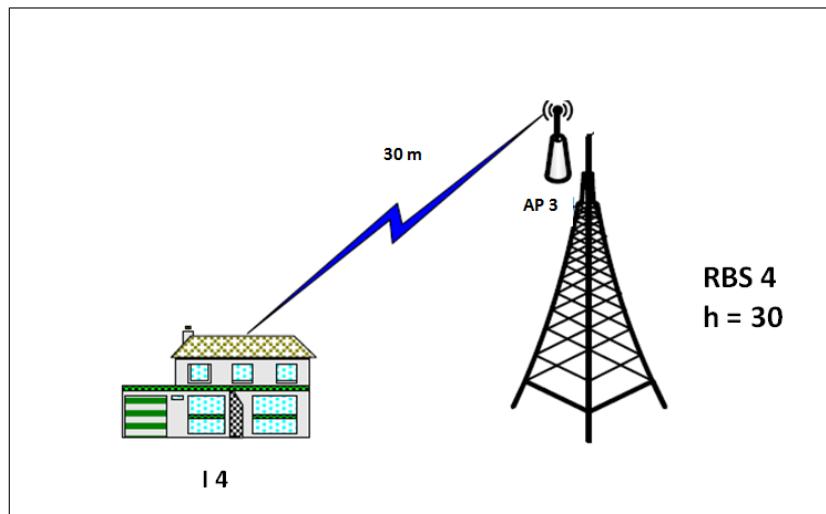
Torre	ID	Número de Puntos a enlazarse	Distancias	Distribución de Antenas
RBS 3	I 3	Comisaría Primera khami	30 m	1 antena omnidireccional

Fuente: Elaborado por el Autor. Datos obtenidos a través de Google Earth

Tabla 5.12. Distancias y distribución de antenas a enlazar en la torre 3

5.4.2.3.3. Enlace de Red de Acceso de RBS 4

La radio base RBS 4 está ubicada al borde del Lago Fagnano, cerca de la Reserva Provincial Laguna negra y asocia a una institución, su topología se observa en la figura siguiente.



Topología física de la Red de Acceso en RBS 4

Autor: Benjamín Chuquimango

Figura 5.21. Topología de la Red de Acceso en la RBS 4

Distancias y distribución de antenas

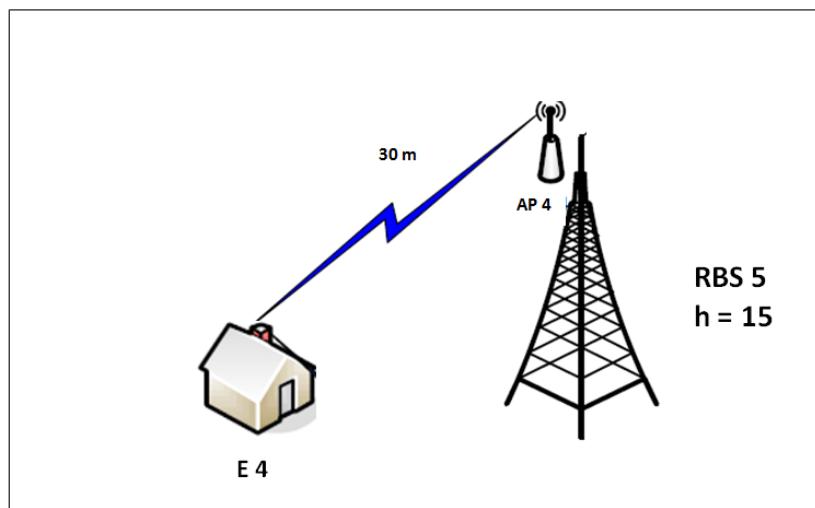
Torre	ID	Número de Puntos a enlazarse	Distancias	Distribución de Antenas
RBS 4	I 3	Prefectura del Destacamento F.	30 m	1 antena omnidireccional

Fuente: Elaborado por el Autor. Datos obtenidos a través de Google Earth

Tabla 5.13. Distancias y distribución de antenas a enlazar en la torre 4

5.4.2.3.4. Enlace de Red de Acceso de RBS 5

La radio base RBS 5 está ubicada a una distancia de 12 Km de la carretera a Tolhuin y asocia a una institución, su topología se observa en la figura siguiente.



Topología física de la Red de Acceso en RBS 5

Autor: Benjamín Chuquimango

Figura 5.22. Topología de la Red de Acceso en la RBS 5

Distancias y distribución de antenas

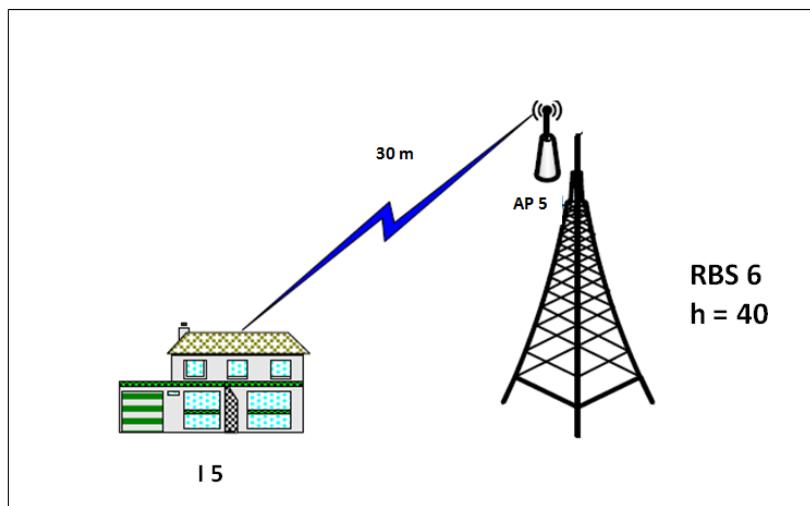
Torre	ID	Número de Puntos a enlazarse	Distancias	Distribución de Antenas
RBS 5	E 4	Escuela Laguna del Indio	30 m	1 antena omnidireccional

Fuente: Elaborado por el Autor. Datos obtenidos a través de Google Earth

Tabla 5.14. Distancias y distribución de antenas a enlazar en la torre 5

5.4.2.3.5. Enlace de Red de Acceso de RBS 6

La radio base RBS 6 está ubicada en las espaldas de la montaña y asocia a una institución, su topología se observa en la figura siguiente.



Topología física de la Red de Acceso en RBS 6

Autor: Benjamín Chuquimango

Figura 5.23. Topología de la Red de Acceso en la RBS 6

Distancias y distribución de antenas

Torre	ID	Número de Puntos a enlazarse	Distancias	Distribución de Antenas
RBS 6	I 5	Reserva Provincial Rio Valdez	30 m	1 antena omnidireccional

Fuente: Elaborado por el Autor. Datos obtenidos a través de Google Earth

Tabla 5.15. Distancias y distribución de antenas a enlazar en la torre 6

5.5. Diseño del subsistema de alimentación eléctrica

En las zonas rurales la mayoría de comunidades no cuenta con sistema eléctrico y en algunos caso se utilizan motores cuyo funcionamiento está sujeto a un suministro de

combustible externo, a veces estos motores suelen estar normalmente fuera de control (variaciones de voltaje sumamente extremas).

Las características del sistema de energía son similares en todos los establecimientos independientemente del tipo de comunicación que tengan.

5.5.1. Subsistema de alimentación eléctrica para la Estación Cliente

Los beneficiarios de este Subsistema son 2 instituciones: La escuela Laguna de Indio y la Reserva Rio Valdez quienes no cuentan con energía eléctrica. A estas dos, vamos a implementarlos con dispositivos que suministren su propio sistema de energía eléctrica. La solución más popular es el uso de paneles solares, baterías y accesorios.

5.5.2. Subsistema de alimentación eléctrica para la Estación Troncal

Los beneficiarios de este Subsistema son las 5 RBS, ya que se encuentran en lugares de altura y distantes de la localidad, los mismos no cuentan con energía eléctrica. En estas Torres irán instalados los paneles solares y demás accesorios para suministrar energía.

5.6. Diseño del Subsistema de Protección Eléctrica

En las zonas rurales hay gran diversidad de fenómenos eléctricos de origen atmosférico que pueden afectar a la salud de las personas y al buen funcionamiento de los equipos electrónicos. Las estaciones de radio son particularmente vulnerables a las descargas de rayos y transitorios, pues están situadas en lugares elevados para la mejor propagación de la señal.

5.6.1. Subsistema de Protección Eléctrica para la estación Cliente

Los beneficiarios de este Subsistema son las 9 instituciones en donde se realizará el Pozo de puesta a tierra PAT (10m x 50cm) y una protección de línea para cada uno.

5.6.2. Subsistema de Protección Eléctrica para la estación Troncal

Cada Torre RBS además de suministrarse energía eléctrica con los paneles solares, deben de estar protegidos por un Pozo de puesta a Tierra PAT, un protector de línea y un pararrayos, para evitar cualquier daño a los equipos de telecomunicaciones como a las personas que están al control de los equipos.

5.7. Diseño del subsistema de Infraestructura

En esta sección se describen las características generales de las torres y los pasos a seguir en el proceso de montaje de las mismas. Asimismo se detalla el proceso de instalación del pararrayos. La altura de las torres se encuentran entre los 30 y 40 metros de altura, además de un mástil de 15 metro de altura.

5.8. Seguridad de la Red

5.8.1. Seguridad de Acceso Físico

Tanto en las Instituciones como en los sitios donde se instalen los RBS se implementaran soportes para antenas, tensores anclados al suelo para sujetar la torre y un cerco mallado para evitar el ingreso tanto a personas no autorizadas como animales, disminuyendo el riesgo de algún accidente.

5.8.2. Seguridad contra descarga eléctrica y fallos de energía eléctrica

Se utilizaran protectores anti rayos para evitar cualquier descarga electricas sobre las antenas y dañen los equipos.

Se instalara un UPS (Uninterruptible Power Supply) en cada escuela para evitar cualquier fallo de energía.

Capítulo VI

Aprobación de Ingeniería

Introducción

Antes de pasar a la siguiente Etapa “Compras”, debemos realizar todas las simulaciones y cálculos necesarios del diseño. Una vez terminado esta tarea y debidamente aprobado por el departamento de ingeniería, los documentos deberán entregarse al departamento de administración para hacer el pedido de las compras. En nuestro Diagrama de Gantt le encontramos como tarea con el nombre de “Ajuste del Diseño”.

6.1. Ajuste del diseño

Para esta tarea vamos a necesitar información del Ángulos de elevación y Ángulos de Acimut; para el caso de la Antena Parabólica. Y Zona de Fresnel, distancias, altura de antenas; para el caso de las Antenas directivas. Para dar con las pruebas vamos a emplear cálculos matemáticos y herramientas de simulación necesarios para tomar la mejor decisión al momento de comprar los equipos.

▪ Simulación de Cálculos para la Red Troncal

Para hacer los cálculos del enlace satelital de nuestra Red, tenemos dos opciones: por cálculos matemáticos o por simulación a través de aplicaciones. En Internet podemos encontrar múltiples aplicaciones que nos proporcionan resultados de Angulo de Acimut y Angulo de Elevación. Nosotros vamos calcular estas medidas manualmente; es decir, mediante cálculos matemáticos.

▪ Simulación de Cálculos para la Red de Backbone

Para los cálculos de esta Red usamos 2 herramientas de simulación: Radio Mobile y Google Earth, ellos nos proporcionaran información de Zona de Fresnel, distancias, efectividad de enlace, altura de torres, etc.

Zona de Fresnel: es una zona de despeje de un enlace para su correcto desempeño, existen varias Zonas de Fresnel, la más importantes es la primera (F_1) En el simulador un enlace es válido cuando el cálculo muestra un valor por encima del $0.6F_1$.

Existen varias fórmulas para hallar los cálculos requeridos, nosotros vamos a realizar un ejemplo a través del cálculo manual con todas las formulas necesarias y luego vamos a hacer una comparación con la simulación.

6.1.1. Cálculos y alineación Red Troncal

Apuntamiento al satélite

Satélite: ARSAT-1

Ubicación: Posición 72° de longitud Oeste

Municipio de Tolhuin

Ubicación: Posición $54^{\circ}30'39,20''$ de latitud Sur
 Posición $67^{\circ}11'34,76''$ de longitud Oeste

Calculo del Acimut

$$\alpha = \arctan\left(\frac{\tan G}{\sin L}\right)$$

Siendo,

S = Longitud del satélite en el espacio

N = Longitud de la estación

G = Longitud relativa de la estación terrena= S-N

L = Latitud de la estación

$$\alpha = \arctan\left(\frac{\tan 5}{\sin 54}\right)$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{0,087}{0,809}\right)$$

$$\alpha = 6.17^\circ$$

Calculo de la Elevación

$$E = \arctan\left[\frac{\cos\beta - \frac{R_e}{R_e + R_o}}{\sqrt{1 - \cos^2\beta}}\right]$$

Siendo,

$$\cos\beta = \cos G \cdot \cos L$$

Re: Radio de la Tierra = 6378 Km

Ro: Altura del satélite = 35786 Km

$$E = \arctan\left[\frac{\cos 5 \cdot \cos 54 - \frac{6378}{6378 + 35786}}{\sqrt{1 - \cos^2(\cos 5 \cdot \cos 54)}}\right]$$

$$E = \arctan\left[\frac{0.5855 - 0.1513}{\sqrt{1 - \cos^2(0.5855)}}\right]$$

$$E = \arctan\left[\frac{0.4342}{\sqrt{1 - 0.9999}}\right]$$

$$E = \arctan\left[\frac{0.4342}{\sqrt{0.0001}}\right]$$

$$E = \arctan\left[\frac{0.4342}{0.01}\right]$$

$$E = 88.68^\circ$$

6.1.2. Cálculos y alineación Red Backbone

A continuación describimos paso a paso un ejemplo para el cálculo del desempeño de un radioenlace, desde un nodo hasta otro nodo.

Paso 1: Concíte en determinar la posición geográfica de las estaciones, para luego construir el perfil topográfico con la ayuda de los mapas.

Paso 2: Se determina la distancia existente entre la estación de transmisión y de recepción.

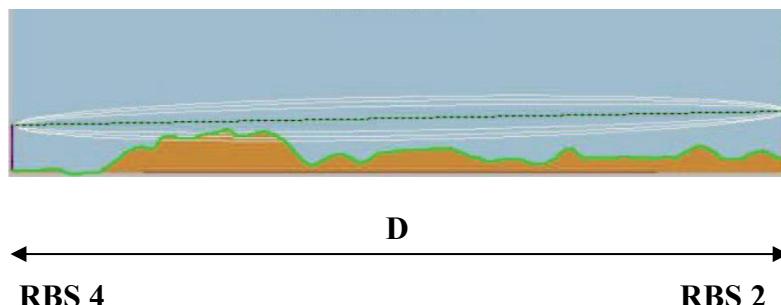


Figura 6. 1. Perfil y resultados de la simulación del radioenlace RBS 2 y RBS 4

$$D_{(Km)} = \sqrt{(\Delta longitud * 111)^2 + (\Delta latitud * 111)^2 + (\Delta h)^2}$$

Paso 3: Una vez determinada la distancia del radioenlace se escoge la altura del obstáculo más alto del trayecto para determinar si la primera Zona de Fresnel está despejada.

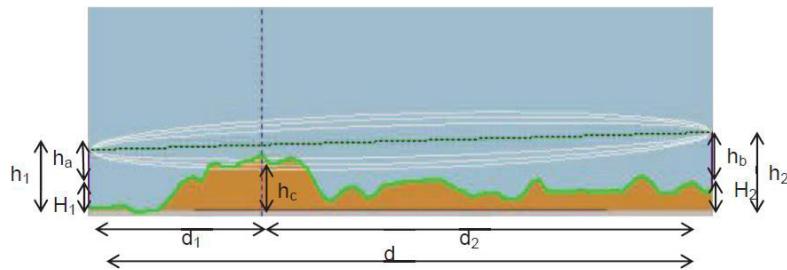


Figura 6. 2. Perfil y resultados de la simulación del radioenlace RBS 2 y RBS 4

$$h_{desp} = h_1 + \frac{d_1}{d} (h_2 - h_1) - \left(h_c + 0,0785 \frac{d_1 d_2}{k} \right)$$

Paso 4: Se determina las perdidas por obstrucción en caso de que la primera Zona De Fresnel no este despejada mínimo el 60%. En [dB].

$$\nu = \sqrt{2} \left(\frac{-h_{des}}{R_{F1}} \right)$$

Paso 5: Se determina las pérdidas de propagación libre. En [dB].

$$L_f(dB) = 32,45 + 20\log_{10}(d)_{Km} + 20\log_{10}(f)_{MHz}$$

Paso 6: Se calcula la potencia de recepción a partir de la ecuación de balance de la potencia.

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} - L_{TX} - L_f - L_M + G_{RX} - L_{RX}$$

Paso 7: Se determina el margen de desvanecimiento. En [dB].

$$MD = P_{RX} - U_{RX}$$

Paso 8: Se determina la indisponibilidad y confiabilidad del radioenlace aplicando la siguiente ecuación. En [segundos]

$$Undp = 2,5 * a * b * 10^{-6} * f * D^3 * 10^{-MD/10}$$

Paso 9: Se determina el EIRP, el nivel de voltaje recibido por el receptor y la intensidad de campo eléctrico. En [Watt]

$$EIRP_{(W)} = P_{ent(W)} * A_t$$

Paso 10: Finalmente se alinean las antenas de transmisión y recepción, para ello se determina el Angulo de elevación, apuntamiento y azimut.

Ángulo de elevación

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{\Delta H}{D}$$

Ángulo de apuntamiento

$$\theta = \arctan \left(\frac{\Delta \text{latitud}}{\Delta \text{longitud}} \right)$$

Ángulo de Azimut

$$\text{Azimut}_{BS1} = 270^\circ + |\theta|$$

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DEL MODELO TEÓRICO DEL SOFTWARE RADIO MOBILE

El software Radio Mobile permite obtener resultados de enlace de forma muy rápida, los datos que el usuario debe introducir son:

- Ubicación del transmisor y receptor, esta expresada en longitud y latitud
- Rango de frecuencias de operación en MHz.
- Polarización de la antena, ya sea vertical u horizontal.
- Potencia de transmisión en Watt o dBm.
- Perdida por líneas de transmisión.
- Tipo de antena, ya sea omnidireccional o direccional.
- Ganancia de antena en dBi, tanto para el transmisor y receptor.
- Altura de la torre en metros, para transmisor y receptor.

Para más detalles de la forma de utilizar el Software Radio Mobile, se dispone un “**Materiales de apoyo para entrenadores en redes inalámbricas**” del libro **Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo**.

6.1.2.1. Simulación de Enlace entre Radio Base 2 y Radio Base 4

Para explicar los resultados del software Radio Mobile se presenta como ejemplo el enlace entre Radio Base 2 (Municipio de Tolhuin) y Radio Base 4 (Prefectura del Destacamento Fagnano).

El primer paso consiste en determinar la posición geográfica de las estaciones, para luego construir el perfil topográfico con la ayuda de los mapas.

Institución	Radio Base	Latitud	Longitud
Municipalidad de Tolhuin	RB2	54°30'39,20" S	67°11'34,76" O
Prefectura del Destacamento	RB4	54°31'30,55" S	67°17'56,74" O

Fuente: Elaborado por el autor. Datos obtenidos de software Google Earth

Tabla 6. 1. Coordenadas geográficas de dos Instituciones

Ingresamos los datos para el Transmisor RBS2 y datos para el Receptor RBS4

Datos Ingresados Para El Transmisor RBS2			
Ubicación	Transmisor	=	Latitud: 54°30'39,20" S = Longitud: 67°11'34,76" O
Potencia de transmisión	Tx power	=	22dBm ó 0,1585
Perdida por líneas de transmisión	Line Loss	=	2dB
Ganancia de antena	Antenna gain	=	27dBi
Potencia isotrópica efectiva irradiada "EIRP"	Radiated power	=	50,12W
Altura de la antena	Antenna height	=	35m

Fuente: Elaborado por el autor. Datos obtenidos de la hoja de datos de antena transmisora

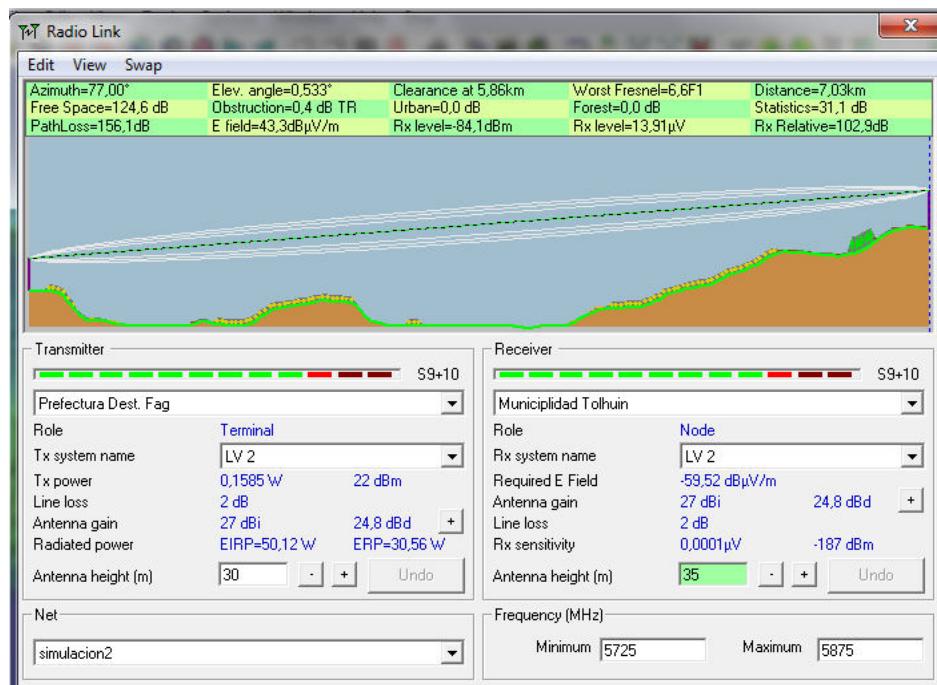
Tabla 6. 2. Resultados de la simulación para el transmisor RBS2

Datos Ingresados Para El Receptor RBS4			
Ubicación	Transmisor	=	Latitud: 54°31'30,55" S = Longitud: 67°17'56,74" O
Intensidad de campo eléctrico requerido	Required E field	=	0,0001uV/m
Perdida por líneas de transmisión	Line Loss	=	2dB
Ganancia de antena	Antenna gain	=	27dBi
Sensibilidad del equipo	Rx Sensitivity	=	-75dBm
Altura de la antena	Antenna height	=	30m
Frecuencia de operación	Frequency	=	5725 - 5875

Fuente: Elaborado por el autor. Datos obtenidos de la hoja de datos de antena receptora

Tabla 6. 3. Resultados de la simulación para el receptor RBS4

Luego de introducir estos datos se obtiene una ventana donde está el perfil topográfico entre el transmisor y receptor, además presenta el resultado del enlace.



Fuente: Elaborado por el autor a través del Software Radio Mobile

Figura 6. 3. Perfil y resultados de la simulación del radioenlace RBS 2 y RBS 4

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS SIMULADOS

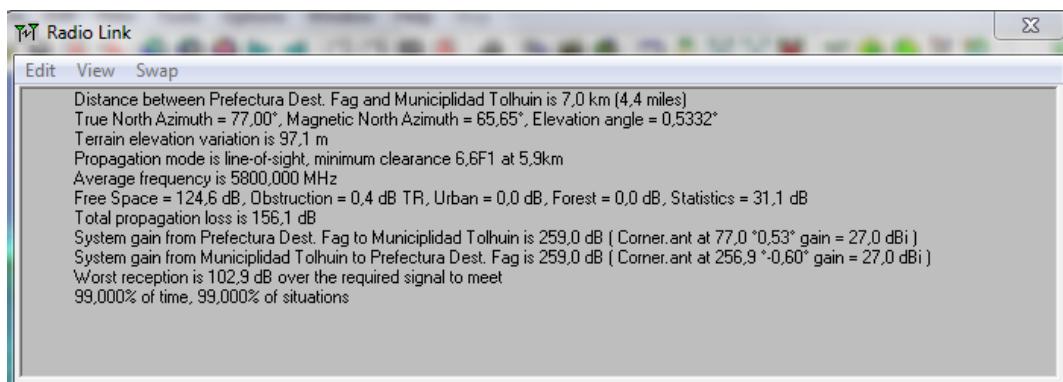
Después de simular los enlaces se obtienen los siguientes datos, que se encuentran encima del grafico anterior.

Azimut	77°	
Perdida por espacio libre	Path Loos	156,1dB
Angulo de elevación	Elev. Angle	0,533°
Intensidad de campo eléctrico	E field	43,3dB μ V/m
Distancia a la cumbre más elevada	Crearence	5,86Km
Potencia de recepción	Rx level	-84,1dBm
Margen de despeje	Worst Fresnel	6,6 F1
Nivel de voltaje recibido en el receptor	Rx level	13,91 μ V
Distancia entre las dos radios base	Distance	7,03Km
Margen de desvanecimiento	Rx relative	102,9dB

Fuente: Elaborado por el autor. Datos obtenidos de software Radio Mobile

Tabla 6. 4. Análisis de los resultados de la simulación en Radio Mobile RB2 y RB4

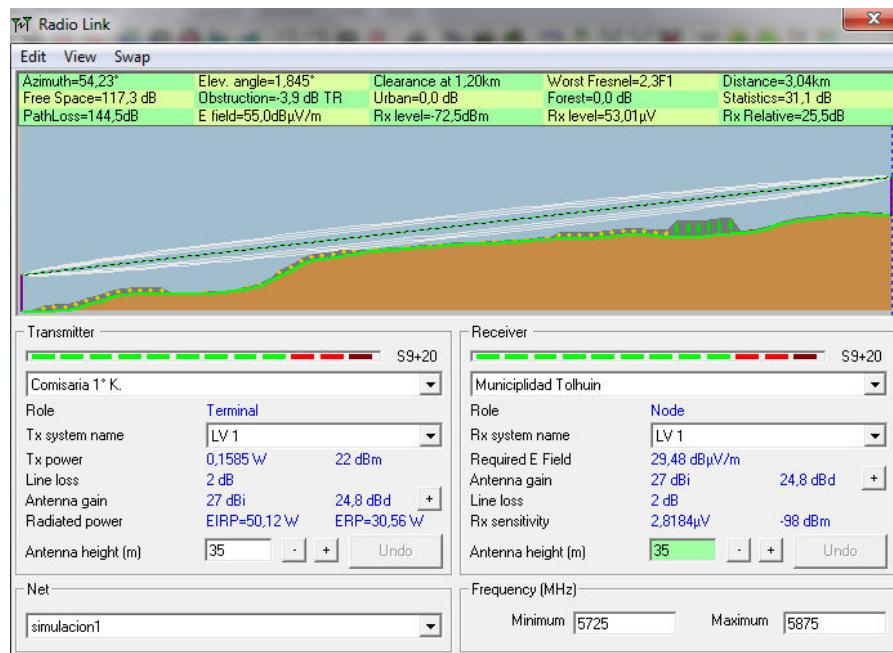
En la siguiente figura se muestra una barra de menú, al entrar a la opción View, Details, se genera un resumen de los datos anteriores.



Fuente: Elaborado por el autor a través del Software Radio Mobile

Figura 6.4. Detalles de los datos anteriores: View, Details de RB2 y RB4

6.1.2.2. Simulación de Enlace entre Radio Base 2 y Radio Base 3



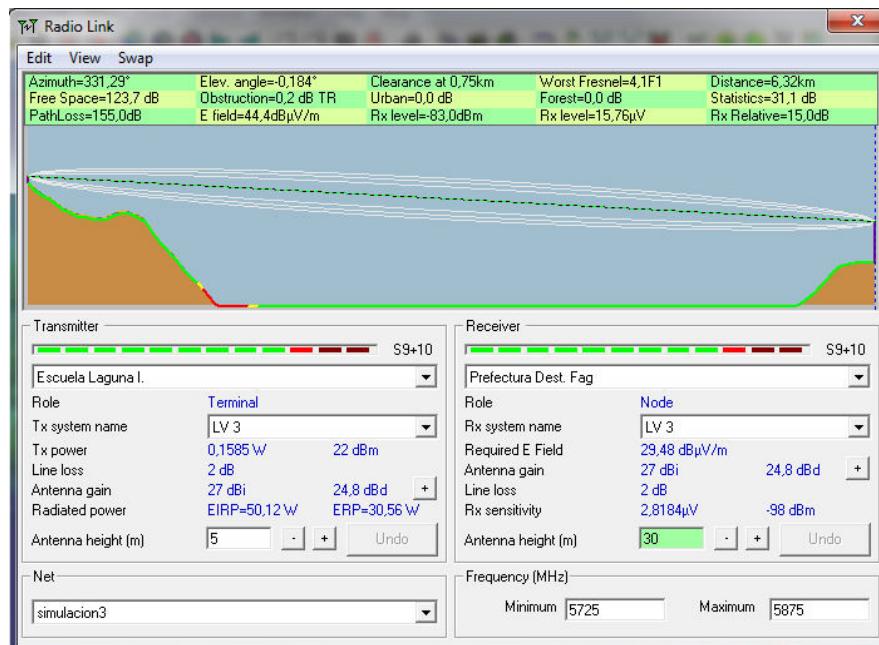
Fuente: Elaborado por el autor a través del Software Radio Mobile

Figura 6.5. Perfil y resultados de la simulación del radioenlace RBS 2 y RBS 3

Para mejorar el enlace y no tener dudas fue necesario aumentar 5 metros a la altura de la torre RB3.

6.1.2.3. Simulación de Enlace entre Radio Base 4 y Radio Base 5

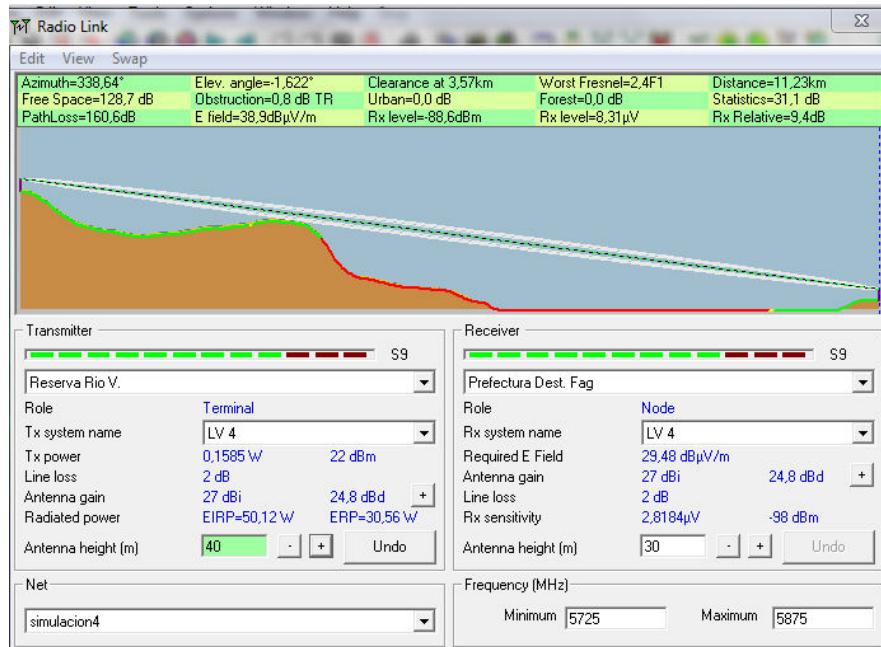
Podemos garantizar que con un mástil de la altura de 5 metros en la Escuela Laguna de Indio, es suficiente para tener una buena línea de vista y una excelente señal.



Fuente: Elaborado por el autor a través del Software Radio Mobile

Figura 6. 7. Perfil y resultados de la simulación del radioenlace RBS 4 y RBS 5

6.1.2.4. Simulación de enlace entre Radio Base 4 y Radio Base 6



Fuente: Elaborado por el autor a través del Software Radio Mobile

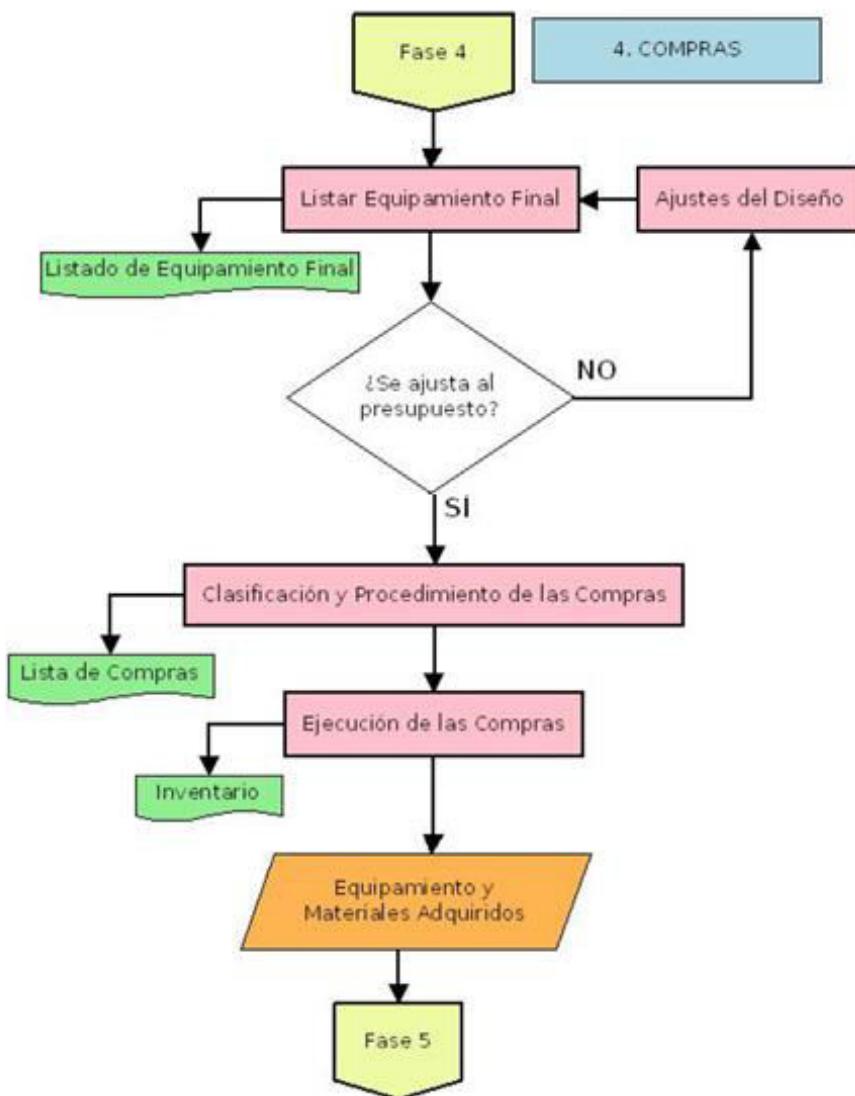
Figura 6. 8. Perfil y resultados de la simulación del radioenlace RBS 4 y RBS 6

CAPÍTULO VII

FACTIBILIDAD ECONÓMICA

Introducción

Después de haber calculado el Ancho de Banda mínimo y simulado cada enlace de la red, vamos a describir la lista de los equipos y materiales que se van a utilizar, seleccionamos los proveedores, después detallamos el costo total de los equipos, el costo total del proyecto y el costo Operativo. Por último presentamos detalladamente la caja de flujo y las variables económicas VAN y el TIR.



Fuente: Guía para el Diseño e Implementación de Redes Inalámbricas en Entornos Rurales

Figura 7.1. Diagrama de compras

Los requerimientos mínimos de cada equipo y las características que los equipos que deben cumplir para nuestro proyecto son:

- Bajo consumo
- Bajo coste.
- Reducido tamaño.
- Robusto ante condiciones meteorológicas adversas. Ya que el router se suele instalar en zonas montaña es necesario que tenga cierta robustez extrema de temperatura y humedad.
- Rangos y tipos de alimentación. Valores alrededor de 12V resultan ser muy útiles, ya que de esta forma se pueden alimentar de forma directa con el sistema de energía solar.

7.1. Listado aproximado del equipos y materiales

El rendimiento en los enlaces dependerá de la distancia de los enlaces como de los equipos utilizados. Para esto le dividimos en 3 tipos de nodos.

- Estación Cliente
- Estación Repetidor
- Estación Pasarela

7.1.1. Equipos para la Estación Cliente

Las estaciones clientes, en este caso las escuelas y las instituciones se componen de 4 subsistemas

- Subsistema de Telecomunicaciones
- Subsistema Informático
- Subsistema de Energía
- Subsistema de Protección eléctrica

No todas las instituciones contarán con el mismo subsistema, pero se hablará en general y más adelante se detallará el equipamiento de cada establecimiento.

7.1.1.1. Subsistema de Telecomunicaciones

En este subsistema se incluyen todos los equipos y componentes que intervienen en la transmisión de la información (voz o datos). Sus elementos son:

a) Enrutador inalámbrico

Brinda acceso a los usuarios de las 9 entidades. Por medio de una antena instalada en el techo de la edificación se enlazan de forma inalámbrica a otro equipo similar ubicado en la torre.

La marca del equipo es LinkSys, modelo WRT54GL.

b) Antena , cable coaxial, protector de línea y pigtail

Para hacer una mejor elección hacemos una comparación entre equipos, además de estos elementos.

Comparación de costos de Antenas Punto-Multipunto para la red Cliente

Estas bases técnicas son las mínimas requeridas para las antenas que funcionaran como clientes en cada institución.

ESPECIFICACIONES DEL HARDWARE	
Frecuencia de Operación	Banda ISM 2.4 ó 2,5 GHz
Protocolos para la conexión inalámbrica	802.11 b/g
Modos de operación	Access Point, Cliente
Potencia de transmisión	>= 18dBm
Ganancia de antena	>= 11dBi
Encriptación	WEP, WPA, WPA2
Resistencia al agua	Si
Interfaces	2 x SMA 1 x RJ-45 10/100

Fuente: Elaborado por el Autor

Tabla 7.1. Especificaciones mínimas de las antenas para las Instituciones

Comparación de equipos Punto-Multipunto

CARACTERÍSTICAS	ANTENAS PUNTO A MULTIPUNTO		
	MARCA	Ubiquiti Nano Station	AP Engenius
Modelo	NSM2	EOC5610	TR- 6000
Frecuencia de Operación	2.4 – 2.5 Ghz	2.4 – 2.5 Ghz	cumple
Protocolos conexión inalámbrica	802.11 b/g	802.11 b/g	802.11 b/g
Modos de operación	A P, Cliente	Cumple	cumple
Potencia de transmisión	22dBm – 54Mbps	26dBm	23dBm
Ganancia de antena	Cumple	Cumple	15dBi
Encriptación	WEP, WPA, WPA2	WPA, WPA2	Cumple
Resistencia al agua	Cumple	Cumple	Cumple
Interfaces	Cumple	Cumple	Cumple
Precio	\$ 139	\$ 223	\$ 152

Fuente: Elaborado por el Autor

Tabla 7.2. Comparación de antenas Punto a Multipunto

- Los precios de las marcas varían, sin embargo la marca Ubiquiti NanoStation de 11 dBi, modelo NSM2 es el más económico. Por lo tanto se tomará esta antena para la estación cliente. Este equipo posee un sistema altamente desarrollado Air OS, El cable coaxial utilizado para la conexión de equipos es el WBC400, que se caracteriza por ser de bajas pérdidas, aproximadamente de 0,2 dB/m.

c) Adaptador para Teléfono Analógico (ATA)

El modelo utilizado es el Handy Tone 486 de Grandstream. Al igual que el enrutador, este equipo está ubicado dentro de la caja de distribución de energía.

d) Teléfono analógico

Este teléfono se encuentra conectado al ATA que es quien realmente tiene las funcionalidades para telefonía IP. Estos teléfonos IP deben tener el códec G.729 con el cual se calculó el Ancho de Banda requerida en la red.

e) Servidor

En nuestra red vamos a implementar 3 servidores locales de voz sobre IP (servidor Asterix), de bajo consumo de energía, placa ALIX 2d1. El máximo número de llamadas que puede soportar en simultáneo es de aproximadamente quince.

Uno será implementado en la municipalidad de Tolhuin, el otro en la Comisaría y el tercero en la Prefectura.

7.1.1.2. Subsistema Informático

Todas las instituciones cuentan con los siguientes equipos informáticos.

- Monitor LG.
- Teclado BTC multimedia
- Mouse Microsoft
- Computadora
- Impresora.

7.1.1.3. Subsistema de Energía

Este es el caso de la Escuela Laguna de Indio y la Reserva Provincial R quienes no cuentan con energía. De los cuales se enumeraran los componentes a comprar.

d) Sistema Fotovoltaico

Comprende a los siguientes elementos:

- **Regulador:** Los reguladores que se utilizará en los establecimientos clientes son marca Isofoton modelo Isoler 20.
- **Banco de baterías:** Las baterías (marca Trojan de 6 voltios, se colocan dos por establecimiento cliente)
- **Paneles solares:** Comúnmente se instalaran 2 ó 3 paneles por estación. En nuestra red se instalarán paneles marca Isofoton I-75.

e) Tablero de Energía (Caja de Distribución)

En este elemento se realiza la distribución del cableado y conexiones para los diferentes equipos conectadas e incluye un interruptor termo-magnético como protección contra descargas eléctricas. Además, se instala el regulador, el ATA, el enrutador LinkSys) y un

conversor que transforma la alimentación eléctrica de 12 V que llega de los paneles a una señal de 5 V necesaria para alimentar al ATA.

f) Inversor

En nuestra Red usaremos el inversores marca XANTREX modelos Prowatt y PortaWattz, ambos de 150W.

7.1.1.4. Subsistema de Protección Eléctrica

Los beneficiarios de este subsistema son las 9 instituciones. Constan de los siguientes elementos:

- a) **Pozo de puesta a tierra:** Para las estaciones cliente se instalaran pozos PAT con una longitud de 10 m y una profundidad de 50 cm.
- b) **Barra Máster:** Es una platina de cobre que sirve para conectar los diferentes cables de cobre usados para la puesta a tierra de los equipos y también para conectarlos a los pozos PAT.
- c) **Protectores de línea:** Se colocan en la barra Master y se conectan a dos cables coaxiales: uno llega al equipo radio y el otro a la antena.

7.1.2. Equipos para la Estación Repetidor RBS

El repetidor o estación repetidora está conformado por los mismos subsistemas instalados en las estaciones cliente (salvo el subsistema informático, ya que estos equipos están instalados en las torres). A continuación describiremos el subsistema de Infraestructura.

- Subsistema de telecomunicaciones
- Subsistema de energía
- Subsistema de protección eléctrica
- Subsistema de infraestructura

7.1.2.1. Subsistema de Telecomunicaciones

La estación repetidora cumple la siguiente secuencia: enrutador inalámbrico Wrap, protector de línea, cable coaxial y antena. Para el caso de las antenas se usarán las antenas directivas de grilla.

a) Enrutadores Wrap

Las estaciones repetidoras RBS2 Y RBS4 (Municipalidad y Prefectura) están formadas por 2 enrutadores Wrap que enumeraremos como el enrutador Wrap 1 y enrutador Wrap.

b) Antenas

Comparación de costos de Antenas Punto-Punto para la red de Backbone

Los requerimientos mínimos de cada equipo, así como las características y especificaciones que deben cumplir son:

ESPECIFICACIONES DEL HARDWARE	
Frecuencia de Operación	Banda ISM en 5.7 y/o 5.8 GHz
Protocolos para la conexión inalámbrica	802.11 a/b/g/n
Throughput	>= 20Mbps
Potencia de transmisión	>= 23dBm
Ganancia de antena	>= 7dBi
QoS	Si
Resistencia al agua	Si
Resistencia al viento	>= 100Km/h
Temperatura de operación	-10°C <=T <= 50°C

Fuente: Elaborado por el Autor

Tabla 7.3. Especificaciones mínimas de las antenas Punto a Punto

Para los enlaces de la red de Backbone los fabricantes de las marcas Hyperlink, Motorola y Ubiquiti ofrecen soluciones interesantes.

CARACTERÍSTICAS	ANTENAS PUNTO A PUNTO		
	Ubiquiti	Hiperlynk	Motorola Wi4Fixed
Modelo	RD 5G 30	HG2424G	Serie PTP500
Frecuencia de Operación	Cumple	5.8 Ghz	cumple
Protocolos conexión inalámbrica	Cumple	cumple	No cumple
Throughput	Cumple	cumple	cumple
Potencia de transmisión	Cumple	100 Watts	27dBm
Ganancia de antena	Cumple	27 dBi.	23dBi
QoS	Cumple	cumple	Cumple
Resistencia al agua	Cumple	cumple	Cumple
Resistencia al viento	Cumple	cumple	Cumple
Temperatura de operación	Cumple	cumple	cumple
Precio	\$ 249,99	\$ 259,99	\$ 250,99

Fuente: Elaborado por el Autor

Tabla 7.4. Comparaciones de las antenas Punto a Punto

- Los precios de las marcas son prácticamente los mismos, sin embargo la marca Motorola no cumple con los requerimientos mínimos, por lo tanto elegimos la antena de grilla de 24dBi, modelo HG2424G de Hyperlink, para los enlaces troncales.

Comparación de costos de Antenas Punto-Multipunto para la red de Acceso

Para la selección de las antenas de la red de acceso, los parámetros más importantes que se deben tomar en cuenta son: la frecuencia de operación, la ganancia de la antena y ancho de haz que soporte 360°. Igualmente se elaboró una tabla comparativa entre las

características de las antenas de distintos fabricantes que cumplen los requerimientos mínimos.

ESPECIFICACIONES DEL HARDWARE	
Frecuencia de Operación	Banda ISM 2.4 ó 2,5 GHz
Protocolos para la conexión inalámbrica	802.11 a/b/g/n
Modos de operación	Access Point, Cliente
Potencia de transmisión	>= 15dBm
Ganancia de antena	>= 12dBi omnidireccional
Ancho de lóbulo Horizontal	360°
Resistencia al agua	Si
Conector	N-hembra

Fuente: Elaborado por el Autor

Tabla 7.5. Especificaciones mínimas de las antenas Punto a Multipunto

Para los enlaces de la red de Backbone los fabricantes de las marcas Hyperlink, Cisco y TP Link ofrecen soluciones interesantes.

ANTENAS PUNTO A MULTIPUNTO		MARCA		
CARACTERÍSTICAS	Modelo	Cisco Aironet	Hiperlynk	TP Link
Frecuencia de Operación	1242 AG	Cumple	2.4 – 2.5 Ghz	cumple
Protocolos conexión inalámbrica		Cumple	Cumple	a/b
Modos de operación		A P, Cliente	Cumple	cumple
Potencia de transmisión		Hasta 20dBm	100 Watts	50Watts
Ganancia de antena		Cumple	15 dBi.	15dBi
Ancho de lóbulo Horizontal		Cumple	360°	360°
Resistencia al agua		Cumple	Cumple	Cumple
Conector N-hembra		Cumple	Cumple	Cumple
Precio		\$ 199,99	\$ 185,99	\$ 135,99

Fuente: Elaborado por el Autor

Tabla 7.6. Comparación de las antenas Punto a Multipunto

- Los precios de las marcas varían, sin embargo la marca TP Link no cumple con los requerimientos mínimos, y el equipo Cisco es más cara. Por lo tanto elegimos la antena de grilla de 15dBi, modelo HG2415U-PRO Hyperlink, para los enlaces de Acceso.

c) Cables coaxiales

El tipo de cable coaxial usado es el Belden 9913. Entre sus principales características están:

- Impedancia característica: 50
- Perdida por metro: 0.24dB
- Conectores: N macho

7.1.2.2. Subsistema de Energía

Vamos a implementar 5 nodos: RBS2, RBS3, RBS4, RBS5 y RBS6. Este subsistema proporciona energía eléctrica a los equipos instalados en los repetidores, debido a que en los cerros no se cuenta con líneas de suministro de energía eléctrica, entregando en su salida un voltaje de 12 voltios DC. Consta de los siguientes elementos:

- Panel Solar
- Llaves termo magnéticas.
- Controlador de corriente.
- Batería de 12V.
- Cables de interconexión internos y externos.

7.1.2.3. Subsistema de Protección Eléctrica

Los beneficiarios de este Subsistema son las 5 torres descritas en el punto anterior. Que consta de los siguientes elementos:

- a) Pozo de puesta a tierra:** Un pozo PAT para los equipos de telecomunicaciones y un pozo PAT para los pararrayos. Ambos para cada una de las RBS.
- b) Protectores de línea:** También se instalan protectores de línea, en forma similar a la estación cliente.
- c) Pararrayos:** Un pararrayo para cada RBS, La misma va instalada hacia el pozo PAT mediante un cable de cobre desnudo de $50\ mm^2$ que se instala separado de la estructura de la torre mediante brazos de apoyo aislados.

7.1.2.4. Subsistema de Infraestructura

Los principales elementos de la infraestructura son la torre metálica, con sus cables de sujeción (vientos) y bases de concreto, los soportes metálicos para la fijación de los paneles solares tanto en la torre como en la estación cliente. En nuestra Red la altura de las torres instaladas varían desde los 15 hasta los 40 m.

7.1.3. Equipos para la Estación Pasarela

a) La estación remota VSAT

Equipos de Exteriores (Outdoor):

- 01 Reflector parabólico tipo off-set (antena de 1.80 m de diámetro)
- 01 ODU, conformada por un amplificador de potencia RF (de 1W y 2W de potencia), un LNB, un OMT y un alimentador (Horn).
- Cable coaxial RG11
- Soporte de antena.

Equipos de Interiores (Indoor):

- 01 Módem Satelital, cuyos modelos pueden ser: Direcway DW6000, DW7000, HN7000S y HN7700S, marca Hughes, incluye fuente de alimentación (Adaptador AC/DC).
- 01 Splitter de alta frecuencia (de 02 salidas con 01 puerto de paso DC, 950 – 2150 Mhz)

b) Servidor de Internet y Telecomunicaciones

Los equipos y marcas que pueden utilizarse para el Servidor son:

EQUIPOS			
Marca	HP	HP	FUJITSU
Modelo	DL360 G6	DL160 G6	PRIMERGY RX200 S5
Características Técnicas	cumple	No cumple	Cumple
Precio	\$ 3211	\$ 2325	Alto

Fuente: Elaborado por el Autor

Tabla 7.7. Marcas de Servidores de Internet y Telecomunicaciones

- El modelo de servidor elegido es el PH DL360 G6, ya que cumple con las características técnicas adecuadas a pesar de que tiene un precio alto.

7.2. Listado final de equipos y materiales

Una vez obtenido el listado aproximado de los equipos, vamos hacer un listado final de los equipos a comprar. La tarea de Compras estará a cargo de la Municipalidad de Tolhuin, quienes además se encargarán de la recepción.

7.2.1. Equipos para la estación Cliente

Subsistema de Telecomunicación		
ídem	Descripción	Cantidad
1	Antena estación final AP Ubiquiti NanoStation NS2 10dBi	9
2	Enrutador WiFi LinkSys, modelo WRT54GL.	9
3	Switch DLINK, 8 puertos FastEthernet	8
4	ATA GrandStream HT502 modelo Handy Tone 486	10
5	UPS Tripp - Lite BR1000VA	9
6	Tomacorriente	9
7	Caja de plástico con aislamiento para equipos	9
Subsistema de energía (sistema fotovoltaico)		
8	Regulador: Isofoton modelo Isoler 20	2
9	Baterías: Trojan de 6 voltios	2
10	Paneles: solares marca Isofoton I-75	2
11	Inversor XANTREX modelos Prowatt y PortaWattz, de 150W	2
Subsistema de Protección eléctrica		
12	Pozo de puesta a tierra PAT (10m x 50cm)	9
13	Protección de línea	9

Tabla 7.8. Descripción de los equipos de estación Cliente

7.2.2. Equipos para la estación Repetidor

Subsistema de Telecomunicación		
ídem	Descripción	Cantidad
1	Antena de grilla, 27 dBi, modelo HG2424G Hyperlink	8
2	Antena omnidireccional modelo HG2415U-PRO Hyperlink	5
3	Router Cisco 1841	5
4	Caja de exterior metálica impermeable 40x60x20 (switch)	5
5	Caja de exterior metálica impermeable 40x40x20 (eléctricas)	5
6	UPS Tripp – Lite SMART 1500 SLT	5
Subsistema de Energía para Nodos de torre		
7	Panel Solar.	5
8	Llaves termo magnéticas.	5
9	Controlador de corriente.	5
10	Batería de 12V.	5
Subsistema de Protección Eléctrica		
11	Pozo de puesta a tierra PAT	5
12	Barra máster	5
13	Protector de línea	5
14	juego de baliza a leed	5
15	Pararrayos Franklin 5 puntas	5
Subsistema de Infraestructura		
16	Torre 30m	1
17	Torre 35m	2
18	Torre 40m	1
19	Mástil 15m	1

Tabla 7.9. Descripción de los equipos de estación Repetidor

7.2.3. Equipos para la estación Pasarela

NOC		
ídem	Descripción	Cantidad
1	Router Cisco 3800	1
2	Switch Cisco SGE 2000P	1
3	Servidor de Telecomunicaciones e Internet PH DL360 G6	1
4	Servidor VoIP	1
5	Gateawai de voz	1
1 VSAT		
6	Equipo completo = Outdoor + Indoor	1

Tabla 7.10. Descripción de los equipos de VSAT

7.2.4. Otros materiales

ídem	Descripción
1	Rollo cable UTP Cat. 6 100m.
2	Rollo de Cable coaxial WBC400
3	Rollo de Cables coaxiales Impedancia 50, Perdida/m: 0.24dB
4	Rollo de Cable de energía
5	Rollo de Cable de red cruzado
6	Rollo de Cable TW6 (batería a controlador).
7	Rollo de Cable NLT 2x10 (panel solar a controlador)
8	Rollo de Cable coaxial RG11
9	Rollo de Pigtail TNC – N y UFL-N macho
10	Rollo de Pigtail UFL-N hermbra
11	Caja de 100 conectores RJ45

Tabla 7.11. Descripción De materiales extras

7.3. Selección de Proveedores

Para seleccionar los proveedores hemos trabajado con empresas nacionales, a éstas empresas se los buscaron por internet. Con ellos nos contactemos mediante correo electrónico y por teléfono. Se preguntó por la disposición de un determinado producto, si lo tienen se solicitó que envíen las cotizaciones y en caso que no trabajaban con una marca o modelo específico se buscó el precio por Internet (que bien no pueden ser precios reales sino un precio referencial parecidos a los del mercado).

7.3.1. Proveedores de Red de Acceso

No vamos a describir todas las empresas proveedoras, pero si la más importante. La empresa proveedora de estos equipos es una empresa Nacional dedicada a la fabricación y comercialización de mástiles, torres y accesorios para telecomunicaciones. Se puede encontrar más información acerca de esta empresa en su página web <http://www.torrefe.com.ar>



Figura 7.2. Logo de la empresa *TORRE FE*

7.3.2. Proveedores de la Red de Backbone

La empresa proveedora de los equipos también es TORRE FE, como se describió en el punto anterior. Esta empresa tiene amplia experiencia en instalaciones de enlaces de Acceso y Troncales y ha venido trabajando desde hace muchos años atrás. Por estos motivos ha sido elegida como la proveedora de este servicio.

7.3.3. Proveedores de Red Troncal

Para este servicio tenemos dos opciones; 1) La Empresa “*Servicio Satelital*”; una empresa nacional, y 2) La empresa “*Telespazio*”; una empresa extranjera. Hacemos la comparación de éstas dos empresas y al final sacamos una conclusión para elegir al proveedor que mejor se adecue a las necesidades y requerimientos de nuestro proyecto.

Empresa 1: “SERVICIO SATELITAL S.A.”

Es líder en el mercado argentino de provisión de Banda Ancha Satelital, operando redes satelitales desde 1998. La empresa opera con tecnología de última generación, siendo su principal proveedor de equipos Gilat Satellite Networks y Hughes.



Figura 7.3. Logo de la empresa *Servicio Satelital*

Se puede encontrar más información acerca de esta empresa en su página web <http://www.satelital.com.ar>

Empresa 2: “TELESPAZIO”

Esta compañía tiene su dirección general en Roma. Una de sus sucursales se encuentra en Argentina.

Telespazio Argentina crea, diseña y construye redes de telecomunicaciones integrando avanzados sistemas satelitales con un moderno soporte terrestre. A través de su plataforma tecnológica, la compañía brinda servicios de conectividad a toda Latinoamérica. Se puede encontrar más información acerca de esta empresa en su página web www.telespazio.com.ar



Figura 7.4. Logo de la empresa *TELESPAZIO ARGENTINA*

La empresa de Telecomunicaciones TELESPAZIO posee Licencia de Valor Agregado y está Inscrita en el Ente ENACOM y es prestadora de servicios de ARSAT; una empresa nacional de telecomunicaciones. Por estos motivos nosotros tomaremos a ésta empresa como proveedor de servicios y equipos ya que trabaja con el satélite nacional ARSAT-1 (en el capítulo anterior se ha informado de este satélite para hacer cálculos de ángulos de azimut y elevación).

7.3.3.1. ARSAT

ARSAT (Empresa Argentina de Soluciones Satelitales Sociedad Anónima) Es una empresa estatal Argentina, que tiene los derechos exclusivos para operar y comercializar los satélites de comunicaciones geoestacionario. Se puede encontrar más información acerca de esta empresa en su página web <http://www.arsat.com.ar>



Figura 7.5. Logo de la empresa *ARSAT*

Esta empresa tiene amplia experiencia en instalaciones de enlaces satelitales y ha venido trabajando en muchos proyectos desde hace muchos años atrás. Arsat trabaja con las siguientes marcas de equipos: IDirect, Hughes y Gilat.

El ARSAT-1 tiene por objetivo brindar servicios de TV, Internet, telefonía y datos. Además los servicios incluyen Internet en lugares remotos, transporte de redes de datos para organismos públicos y privados, da conectividad en radiobases para operadores celulares y telefonía corporativa, entre otros.

Características del satélite ARSAT-1

- Ubicación: Posición 72° de longitud Oeste
- Altura: 35.786 km de altura
- Vida útil 15 años.

► Cobertura del ARSAT-1

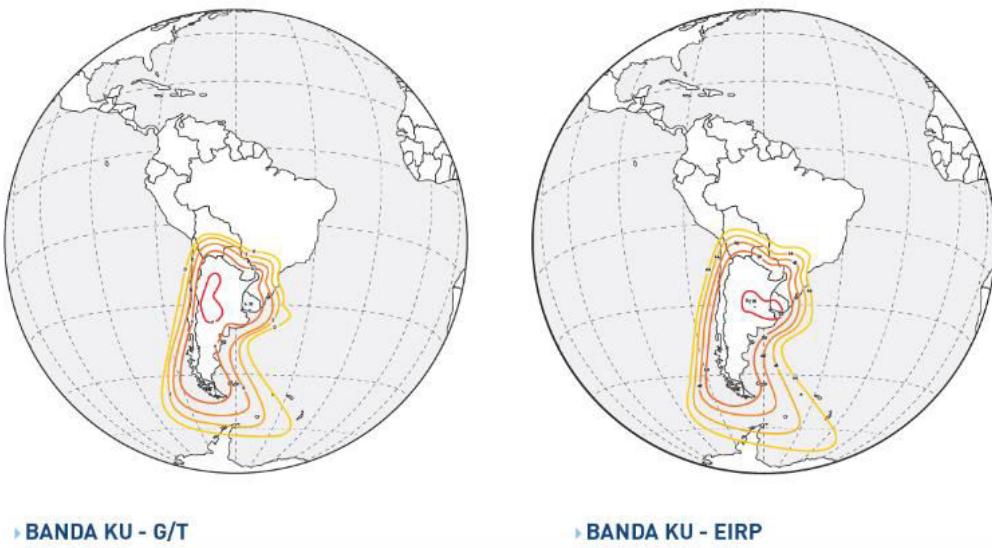


Figura 7.6. Cobertura del ARSAT-1

7.3.4. Proveedor de Infraestructura

La empresa proveedora de estos equipos es una empresa joven de confianza, que se preocupa mucho por sus clientes. Se dedicada al diseño y fabricación de sistemas de antenas de telecomunicaciones, mástiles y torres. Se puede encontrar más información acerca de esta empresa en su página web <http://torre-mont.com.ar>



Figura 7.7. Logo de la empresa *TORRE MONT*

7.4. Procedimiento de compras

7.4.1. Productos Locales

Para elegir los equipamientos, damos prioridad a los proveedores nacionales con tal de evitar demoras en la entrega, aunque a veces el precio es muy elevado. Este es el caso del proveedor “*Torre Fe*”, de quipos de telecomunicaciones y “*Torre-Mont*”; que se encarga de la infraestructura eléctrica y civil del proyecto; ambas se encuentran en Buenos Aires.

7.4.2. Productos Importados

El equipamiento como las placas, los Routers y las antenas VSAT, etc. son de origen extranjero, sin embargo podemos comprarlos en el mercado local, ya que el proveedores de Internet satelital trabajan con equipos importados, es el caso de la empresa “*Arsat*” y “*Telespazio*”.

7.5. Inventario

Una vez comprado las cosas, se deberá realizar un inventario de todos equipos recibidos. Los equipos que haya que manipular se llevarán al laboratorio de informática. Los equipos que no necesitan manipulación se enviarán directamente a la zona de intervención, donde se guardarán en algún almacén.

Nosotros elegimos como laboratorio de informática a un cuarto que se preparará dentro del municipio, y para el almacén se preparará un cuarto en cada nodo respectivo. Al final de esta actividad, se detallará una lista final de equipamiento, las cotizaciones con sus respectivos proveedores.

7.6. Ejecución de compras

7.6.1. Costos de equipos para la estación Cliente

Subsistema de Telecomunicación				
ídem	Descripción	Cantidad	Precio USD	Precio total
1	Antena AP Ubiquiti NanoStation NS2 10dBi	9	\$ 139	\$ 1.251
2	Enrutador WiFi LinkSys, modelo WRT54GL	9	\$ 300	\$ 2.700
3	Switch DLINK, 8 puertos FastEthernet	8	\$ 39	\$ 312
4	ATA GrandStream HT502 modelo Handy Tone 486	10	\$ 73	\$ 730
5	UPS Tripp - Lite BR1000VA	9	\$ 270	\$ 2.430
6	Tomacorriente	9	\$ 10	\$ 90
7	Caja de plástico con aislamiento para equipos	9	\$ 15	\$ 135
TOTAL				\$ 7.648
Subsistema de Protección eléctrica				
1	Pozo puesta a tierra y Protección de línea	9	\$ 840	\$ 7.560
TOTAL				\$ 7.560

Tabla 7.12. Costos de los equipos de estación Cliente

Subsistema de energía para 2 escuelas					
ídem	Descripción	Cantidad	Precio / p	Precio USD	Precio total
1	Regulador: Isofoton modelo Isoler 20	2	1.280	\$ 85	\$ 170
2	Baterías: Trojan de 6 voltios	2	5.218	\$ 347	\$ 694
3	Paneles: solares marca Isofoton I-75	2	4.200	\$ 280	\$ 560
4	Inversor XANTREX PortaWattz, 150W	2	3.349	\$ 223	\$ 446
TOTAL				\$1.870	

Tabla 7.13. Costos de los equipos de estación Cliente

7.6.2. Costos de equipos para la estación Repetidor

Subsistema de Telecomunicación					
ídem	Descripción	Cant.	Precio USD	Precio total	
1	Antena de grilla, 27 dBi, Hyperlink	8	\$ 259	\$ 2.072	
2	Antena omnidireccional, Hyperlink	5	\$ 220	\$ 1.100	
3	Router Cisco 1841	5	\$ 940	\$ 4.700	
4	Caja de exterior metálica impermeable 40x60x20 (switch)	5	\$ 75	\$ 375	
5	Caja de exterior metálica impermeable 40x40x20 (eléctricas)	5	\$ 45	\$ 225	
6	UPS Tripp – Lite SMART 1500 SLT	5	\$ 450	\$ 2.250	
TOTAL					\$10.722
Subsistema de energía					
ídem	Descripción	Cantidad	Precio	Precio USD	Precio total
1	Panel Solar.	5	4.200	\$ 280	\$ 1.400
2	Llaves termo magnéticas.	5	248	\$ 17	\$ 68
3	Controlador de corriente.	5	3.500	\$ 233	\$ 1.165
4	Batería de 12V.	5	6.250	\$ 416	\$ 2.080
TOTAL					\$4.713

Tabla 7.14. Costos del Sistema de Telecomunicaciones y energía

7.6.3. Costos de equipos para la estación Pasarela y NOC

Para la instalación de la infraestructura VSAT, hacemos una comparación entre 2 proveedores, después de ello elegiremos al que mejor se adapte al proyecto.

Instalación de VSAT “SERVICIO SATELITAL”				
ídem	Descripción	Cantidad	Precio / unidad	Precio total
1	Equipo completo = Outdoor + Indoor	10	\$ 2.100	\$ 21.000
2	Instalación	10	\$ 970	\$ 9.700
	IVA	27%	\$ 829	\$ 8.289
TOTAL				

Tabla 7.15. Costos de los equipos VSAT de la empresa SERVICIO SATELITAL

- **NO INCLUYE IVA:** 27%
- **FORMA DE PAGO:** 100% adelantado a la firma de la solicitud
- **TIEMPO / EJECUCION:** A convenir

Instalación de VSAT “TELESPAZIO”				
ídem	Descripción	Cantidad	Precio USD	Precio total
1	Equipo completo = Outdoor + Indoor	10	\$ 2.200	\$ 22.000
2	Instalación	10	\$ 1.000	\$ 10.000
	IVA	27%	\$ 864	\$ 8.640
TOTAL				\$ 40.640

Tabla 7.16. Costos de los equipos VSAT de la empresa TELESPAZIO

- **NO INCLUYE IVA:** 27%
- **FORMA DE PAGO:** 100% adelantado a la firma de la solicitud
- **TIEMPO / EJECUCION:** A convenir

Costo de equipos para la estación NOC

NOC				
ídem	Descripción	cantidad	Precio UDS	Precio Total
1	Router Cisco 3800	1	\$ 1.850	\$ 1.850
2	Switch Cisco SGE 2000P	1	\$ 1.355	\$ 1.355
3	Servidor de Internet PH DL360 G6	1	\$ 3.211	\$ 3.211
4	Servidor VoIP	1	\$ 963	\$ 963
5	Gateawai de voz	1	\$ 200	\$ 200
TOTAL				\$ 7.579
Otros materiales				
1	Cables + conectores + tornillos + protectores, etc		\$ 800	
	TOTAL			\$ 800

Tabla 7.17. Costos de NOC y otros materiales

7.6.4. Costos de Infraestructura

Subsistema de Infraestructura + puesta tierra + pararrayo, incluye:	
ídem	Fabricación e Instalación
1	• Instalación de la torre
2	• Obra civil completa
Subsistema de Protección eléctrica	
3	• Instalación descarga a tierra PAT
4	• juego de baliza a lead
5	• pararrayo tipo franklin 5 puntas
6	• personal destinado para dicha obra

Instalación Torre + pararrayo + puesta a tierra					
ídem	Descripción	Cantidad	Precio /pesos	Precio USD	Precio total
1	Torre 40m	1	140.580	\$ 9.372	\$ 9.372
2	Torre 35m	2	105.000	\$ 7.000	\$ 14.000
3	Torre 30m	1	70.290	\$ 4.686	\$ 4.686
4	Mástil 15m	1	14.400	\$ 960	\$ 960
	IVA	21%			\$ 6.094
					\$ 35.112

Tabla 7.18. Costos de los equipos de protección eléctrica

- **NO INCLUYE IVA:** Alícuota 21%
- **FORMA DE PAGO:** 50% del total del presupuesto y 50 % restante dentro de los 15 días corridos de terminados los trabajos
- **VALIDES DE OFERTA:** Quince (15) días hábiles
- **TIEMPO / EJECUCION:** A convenir, aprox. 4 semanas

7.6.5. Otros Costos del Proyecto

Otros costos Indirectos del nuestro proyecto:

- Gastos de oficina
- PC del Ingeniero y empleados
- Traslado de personal
- Flete y acarreo
- Combustible
- Comunicación para personal
- Edificio de la empresa
- Luz, agua, gas
- Depreciación de equipos
- Reparaciones
- Guardias de vigilancia, etc.

Costos Indirectos	Descripción	Total
Otros costos	Gastos de oficina Comunicación Combustible Reparaciones	\$ 3.450
TOTAL		\$ 3.450

Los costos como: PC, traslado de personal, flete, luz y agua son proporcionados por el municipio.

Otros costos Directos de nuestro proyecto:

- Alimentación
- Viáticos
- Hospedaje
- Vestimenta
- Indemnización, etc.

Costos Directos	Descripción	Total
Otros costos	Alimentacion Viaticos Vestimenta	\$ 2.000
TOTAL		\$ 2.000

Los costos como: Hospedaje son proporcionados por el municipio.

En resumen tenemos la siguiente tabla

Otros Costos del proyecto	Total
Costo indirectos	\$ 3.450
Costos directos	\$ 2.000
TOTAL	\$ 5.450

Tabla 7.19. Otros costos Indirectos y Directos

7.6.6. Costos de mano de Obra

En la mano de obra se considera el trabajo de los 7 técnicos que realizan todo el trabajo durante los 160 días, incluye aportes, vacaciones, licencia de enfermedad, etc.

ídem	Cantidad	Dias	Costo total pesos	Total USD
Técnicos	7	160	141.714	\$ 9.448
Costo total				\$ 9.448

Tabla 7.20. Costos de la mano de Obra

7.6.7. Costos de ART

Como se mencionó en capítulos anteriores el personal del Proyecto estará afiliada la Aseguradora de Riesgos de Trabajo (ART) de la empresa “TOBOAS”.

ídem	Técnicos	Descuento	Costo x mes	Total 6 y ½ meses
ART	7	Aprox 7.6%	\$ 108,00	\$ 705,00
Costo total				\$ 705,00

Tabla 7.21. Costos del ART

7.7. Servicio de Internet

En el Capítulo 5 se determinó que el ancho de Banda para el acceso a datos (Internet) y voz (VoIP) es aproximadamente de 33Mbps. Sin embargo las empresas satelitales en zonas rurales ofrecen un Ancho de Banda solamente de 2Mbps por enlace.

Debido a que en las escuelas existen dos turnos de estudio: diurna y vespertina, y en las instituciones también existen diferentes jornadas de trabajo. Esto quiere decir que no todas las computadoras estarán conectadas al mismo tiempo, por lo tanto estimamos que una velocidad de 20Mbps es suficiente para cumplir con los objetivos del proyecto.

7.7.1. Costos del Servicio de Internet

Comparacion del abono mensual que se debe pagar al contratar los servicio de internet de las empresas SERVICIO SATELITAL y TELEZPACIO ARGENTINA

SERVICIO DE INTERNET

EMPRESA TELESPAZIO ARGENTINA					
Equipamiento	Down (Kbps)		Up (Kbps)		Abono Mensual
	PIR	CIR	PIR	CIR	
Comodato	1.024,00	512,00	256,00	128,00	USD 1.695
Comprado	2.048,00	1.024,00	1.024,00	512,00	USD 4.185
EMPRESA SERVICIOS SATELITAL					
Equipamiento	Down (Kbps)		Up (Kbps)		Abono Mensual
	PIR	CIR	PIR	CIR	
Comodato	1.024,00	256,00	1024,00	256,00	USD 897
Comprado	1.024,00	256,00	1024,00	256,00	USD 817

No incluyen IVA: 27%

Tabla 7.22. Comparación de costos de servicio de Internet

Una de las ventajas de la empresa TELESPAZIO es que se encuentra en la Provincia de Tierra de Fuego y la empresa SERVICIOS SATELITAL reside en Buenos Aires.

7.7.2. Elección del proveedor de servicio de internet

El servicio de navegación se contratará a TELESPAZIO por ofrecer más capacidad en el Ancho de Banda y por encontrarse sus oficinas cerca de la localidad, siendo más favorable si es que en el futuro se necesite sus servicios para dar mantenimiento a los equipos.

Servicio de Internet en un mes			
Descripción	costo x enlace	Costo x 10 enlaces	Costo total
Costo de servicio a Internet	USD 4.185	USD 41.850	USD 41.850
IVA	27%:	USD 11.300	USD 11.300
TOTAL			USD 53.150

Tabla 7.23. Costos de los equipos de estación Cliente

7.8. Costos Totales

En la siguiente tabla presentamos una lista de los Costos Totales del Proyecto. Los presupuestos descritos incluyen el IVA.

COSTOS TOTALES		
Ídem	Descripción	Valor USD
Equipos para la estación Cliente		
1	Subsistema de Telecomunicación	\$ 7.648
2	Subsistema de energía para 2 escuelas	\$ 1.870
3	Subsistema de Protección eléctrica	\$ 7.560
Equipos para la estación Repetidor		
4	Subsistema de Telecomunicación	\$ 10.722
5	Subsistema de energía	\$ 4.713
Equipos para la estación Pasarela y NOC		
6	Equipo VSAT + Instalación	\$ 40.640
7	NOC	\$ 7.579
Equipos de Infraestructura		
8	Subsistema de Infraestructura+ puesta a tierra + pararrayo	\$ 35.112
Otros materiales		
9	Cables + conectores + tornillos + protectores, etc.	\$ 800
Recursos Humanos y ART		
10	Recursos Humanos	\$ 9.448
11	ART	\$ 983
Otros costos Indirectos y directos		
12	Otros costos indirectos	\$ 3.450
13	Otros costos directos	\$ 2.000
TOTAL		\$ 132.240

Tabla 7.24. Costos totales del Proyecto

7.9. OPEX (Costos de operación)

Dentro de estos costos de operación se incluyen el servicio de Internet y el mantenimiento de los equipos inalámbricos y satelital. Dicho cálculo nos permite conocer el flujo de dinero que será utilizado anualmente para que el proyecto se encuentre activo y funcionando de manera satisfactoria una vez que se haya implementado.

- Los costos de servicio a Internet se debe pagar cada mes, estos costos corren a la cuenta del Municipio y deben pagar 10 días antes de terminar cada mes.
- Los costos del mantenimiento de la estación remota VSAT es sin cargo, el proveedor de Internet dará el mantenimiento necesario cada vez que se requiera.

Ídem	Costos de Operaciones y Mantenimiento			Costo en 5 años USD
	Descripción	Costo mes USD	Costo anual USD	
1	Pago de enlace satelital 2 Mbps (10 enlaces)	\$ 53.150	\$ 637.800	\$ 3189.000
2	Mantenimiento de Torres y antenas	\$ 1.000	\$ 12.000	\$ 60.000
3	Personal que monitorea el control de la red	\$ 1.000	\$ 12.000	\$ 60.000
4	Movilizaciones del personal	\$ 500	\$ 6.000	\$ 30.000
5	Otros (Llamadas, materiales, etc.)	\$ 1.500	\$ 18.000	\$ 90.000
TOTAL		\$ 57.150	\$ 685.800	\$ 3429.000

Tabla 7.25. Costos de Operación y Mantenimiento

Es decir, se requiere de una inversión de **\$685.800** Dólares Americanos anuales y **\$ 3.429.000** Dólares Americanos en 5 años. Estos costos los cubrirá la municipalidad de Tolhuin una vez implementado el proyecto.

7.10. Venta y Margen de ganancia del proyecto

Para obtener una ganancia, el proyecto se venderá en un 25,92% más del total de la inversión. El costo de venta del proyecto se resume en la siguiente tabla

VENTA:	USD 178.524	
Egreso	Margen	Ganancia
USD 132.240	USD 46.284	25,92%

Tabla 7.26. Venta del proyecto

7.11. Flujo de Caja

En la Tabla 7.27. Se presenta el flujo de caja con los detalles de ingresos y egresos, costo directo e indirecto, además de los hitos de pago.

7.12. ROI & TIR

En la Tabla 7.28. Se presenta el ROI Y TIR

Flujo de Caja del proyecto

COSTOS EN GENERAL	COSTO TOTAL	MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIMBRE		OCTUBRE	
		22 d	9 d	30 d	31 d	13 d	17 d	28 d	7 d	24 d	30 d	11 d	7 d	10 d	6/10/2017	17/10/2017	24/10/2017
				6/3/2017	28/3/2017	6/4/2017	6/5/2017	6/6/2017	19/6/2017	6/7/2017	3/8/2017	10/8/2017	6/9/2017	6/10/2017	17/10/2017	24/10/2017	
Costos Directo RR. HH mensual	9448,00	656,40	261,40	1194,00	1156,50	484,50	725,20			373,00	2682,00	1341,00	201,00	300,00		73,00	
Costos Directo de ART	705,00	108,00		108,00		108,00			108,00		108,00	108,00	57,00				
Costos Directo Materiales	40885,00						40885,00										
Costos Directo de subcontratistas	75752,00							17556,00	58196,00								
Costo Directo alimentacion,Viaticos y	2000,00	125,00	125,00	250,00	250,00	125,00	125,00	250,00	250,00	250,00	250,00	125,00			125,00		
Costos indirectos oficina y otros	3450,00	250,00	250,00	500,00	500,00	250,00	250,00	250,00	100,00	150,00	500,00	250,00	100,00	100,00			
COSTOS TOTALES DIRECTOS	128790,00	889,40	386,40	1552,00	1406,50	717,50	41735,20	17914,00	58819,00	2790,00	1699,00	383,00	300,00	198,00			
COSTOS TOTALES INDIRECTOS	3450,00	250,00	250,00	500,00	500,00	250,00	250,00	250,00	100,00	150,00	500,00	250,00	100,00	100,00			
Egresos totales	132240,00	1139,40	636,40	2052,00	1906,50	967,50	41985,20	18164,00	58919,00	2940,00	2199,00	633,00	400,00	298,00			
Egresos Mensuales	132240,00	1775,80	2052,00	1906,50			42952,70			80023,00	2199,00			1331,00			
Costos /Egresos Acumulados	132240,00	1139,40	1775,80	3827,80	5734,30	6701,80	48687,00	66851,00	125770,00	128710,00	130909,00	131542,00	131309,00	132240,00			
HITOS DE PAGO	178524,00	26778,60	35704,80				62483,40		17852,40	8926,20			8926,20	17852,40			
PORCENTAJE HITOS DE PAGO	1,00	0,15	0,20				0,35		0,10	0,05			0,05	0,10			
Ingresos / Pago Acumulado	178524,00	26778,60	62483,40	62483,40	62483,40	62483,40	124966,80	124966,80	142819,20	151745,40	151745,40	151745,40	160671,60	178524,00	VENTA		
FLUJO DE CAJA /NETO	0,00	25639,20	60707,60	58655,60	56749,10	55781,60	76279,80	58115,80	17049,20	23035,40	20836,40	20203,40	29362,60	46284,00	GANANCIA		



Tabla 7.27. Flujo de Caja del proyecto

ROI Y TIR

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	Total
	INVERSION	Pago Dividendos	Dividendos						
	-132.240,00	26.778,60	35.704,80	62.483,40	17.852,40	8.926,20	8.926,20	17.852,40	178.524,00
TCO		1/(1+TCO)^1	1/(1+TCO)^2	1/(1+TCO)^3	1/(1+TCO)^4	1/(1+TCO)^5	1/(1+TCO)^6	1/(1+TCO)^7	
5,00%	Descuentos:	25.503,43	32.385,31	53.975,51	14.687,21	6.993,91	6.660,87	12.687,37	
	12.687,37	13.321,74	13.987,82	14.687,21	15.421,57	16.192,65	17.002,29	17.852,40	
	6.660,87	6993.911267	7343.60683	7710.787172	8096.326531	8501.142857	8926,2		
	6.993,91	7.343,61	7.710,79	8.096,33	8.501,14	8.926,20			
	14.687,21	15.421,57	16.192,65	17.002,29	17.852,40				
	53.975,51	56.674,29	59.508,00	62.483,40					
	32.385,31	34.004,57	35.704,80						
	25.503,43	26.778,60							
VA	152.893,61								
		26.778,60	35.704,80	62.483,40	17.852,40	8.926,20	8.926,20	17.852,40	178.524,00
	160.538,29	140.447,68	109.980,02	49.871,45	33.620,00	25.928,49	17.852,41		
	26.778,60	35.704,80	62.483,40	17.852,40	8.926,20	8.926,20	17.852,40	178.524,00	
VA	152.893,61	133.759,69	104.742,88	47.496,62	32.019,05	24.693,80	17.002,29	0,01	
VAN	20.653,61								
		TCO	VAN						
		5,00%	20.653,61						

TIR	TCO	VA	VAN
10,1376%	2,00%	\$ 167.496,76	35.256,76
	5,00%	\$ 152.893,61	20.653,61
	10,00%	\$ 132.732,59	492,59
	18,00%	\$ 108.386,34	-23.853,66
	20,00%	\$ 103.438,13	-28.801,87
	25,00%	\$ 92.586,60	-39.653,40
	30,00%	\$ 83.515,43	-48.724,57

Aquí pueden ver como el VA se puede interpretar como sumas que se depositan (en interés compuesto) para obtener el valor deseado de retiro en cada periodo

Aquí pueden observar como a partir del VA y con TCO cada mes se genera el valor necesario del cual puedo retirar el monto deseado y disponer del capital requerido para continuar con la inversión durante el plazo establecido

Tabla 7.28. ROI Y TIR

7.13. Financiamiento del Proyecto

Como este proyecto está pensado a futuro, para el funcionamiento de la red durante los 5 años próximos, estará financiada por la Municipalidad de Tolhuin conjuntamente con el Gobierno Provincial de Tierra de fuego, lo que significa que para que el funcionamiento sea indefinido deben aplicarse planes de sostenibilidad. Nosotros dejamos algunas recomendaciones:

- Alquilar las aulas y computadoras a las empresas privadas a un costo fijo para acceder a Internet u otras actividades.
- Los estudiantes pueden aportar una cooperadora mensual
- Pedir auspicio y donaciones, o crear convenios con otras empresas o con el Gobierno provincial para generar fondos.

CAPÍTULO VIII

INSTALACIÓN Y PRUEVA DE CAMPO

Introducción

En este capítulo hemos armado un Manual de Redes Inalambricas, donde vamos a dar algunas pautas sobre la instalación de equipos para nuestra red. Esta fase no la ejecutaremos en la vida real, sin embargo vamos a dar algunas pautas y recomendaciones puntuales.

8.1. Manual de Instalación de Redes Inalambricas

Con la debida autorización del ENACOM y las instituciones responsables. Primero se instalan los equipos de la red Troncal, después seguiremos con la red de Backbone y terminaremos con la instalación de la red de acceso.

8.1.1. Envío del equipamiento

Consiste en la preparación del transporte para enviar los equipos hasta el sitio de trabajo. Para esta tarea la municipalidad de Tolhuin se encargara de llevar los equipos hasta el lugar de trabajo, éste deberá ofrecer la seguridad y la garantía de que el producto llegará en buenas condiciones a la zona. Nuestros técnicos se encargarán de hacer una logística adecuada para que llegue cada equipo a su lugar, en el momento oportuno y definir la persona que lo recibe.

Lo primero que se enviará será los equipos robustos. Este trabajo está previsto demorarse de 3 a 5 días.

8.1.2. Instalación del equipamiento

Los equipos se probarán y se ensamblarán antes de subir a las torres, por ejemplo, que no haya problemas de conectividad entre los equipos. Una vez probado todo, se subirán los equipos a la torre. Primero la caja de enruteadores, luego la caja de baterías y luego se conectarán a los paneles solares con su soporte. Los paneles estarán empotrados en los techos y en las torres. Por último, se instalarán las antenas y los cables coaxiales y al final se harán todas las conexiones de energía de los equipos.

Se deberá contar con los planos de las bases, la lista de materiales, equipos que se van a instalar, planos de instalación y también se deberá disponer de diagramas básicos de la red. En esta fase se deberán firmar documentos sobre instalación de equipos, donde se deberá reflejar todo lo que se está dejando instalado.

La Instalación del equipamiento comprende 3 tipos de nodos.

- Estación Cliente
- Estación Repetidor
- Estación pasarela

8.1.2.1. Instalación de la Estación Cliente

Se componen de 4 subsistemas:

- Subsistema de Telecomunicaciones
- Subsistema Informático
- Subsistema de Energía
- Subsistema de Protección eléctrica

8.1.2.1.1. Subsistema de Telecomunicaciones

A continuación se describe cada uno de sus elementos.

- c) **Enrutador inalámbrico:** Este equipo se encuentra dentro de una caja de plástico y brinda acceso a los usuarios de las 9 entidades. Por medio de una antena instalada en el techo de la edificación se enlazan de forma inalámbrica a otro equipo similar ubicado en la torre.

- **Caja de equipos de telecomunicaciones**

Los componentes necesarios se enumeran a continuación:

1. Placa Soekris NET4511 con fuente de 12V.
2. Memoria
3. Tarjeta inalámbrica
4. Pigtail MMCX macho - N macho.
5. ATA con fuente de 5V.
6. Tomacorriente de 220VAC para alimentar a la fuente de la placa del ATA
7. Cables Ethernet desde el ATA y la computadora hacia la placa.
8. Cable de línea entre ATA y el teléfono analógico.

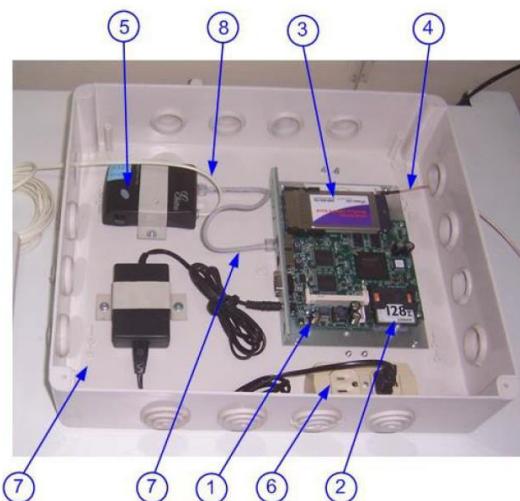


Figura 8.1. Caja Interior de Telecomunicaciones.

- d) **Antena, cable coaxial, protector de línea y pigtail:** Las antenas Punto a Multipunto se conectan al router Linksys a través de un cable coaxial, un protector de línea y un pigtail. Observe el esquema que se presenta en la Figura



Figura 8.2. Cableado RF del enrutador Linksys

- c) **Adaptador para Teléfono Analógico:** Al igual que el enrutador, este equipo está ubicado dentro de la caja de distribución de energía.

- d) **Servidor:** Uno será implementado en la municipalidad de Tolhuin, el otro en la Comisaría y el tercero en la Prefectura. En la siguiente figura se muestra el diseño a modo de ejemplo.

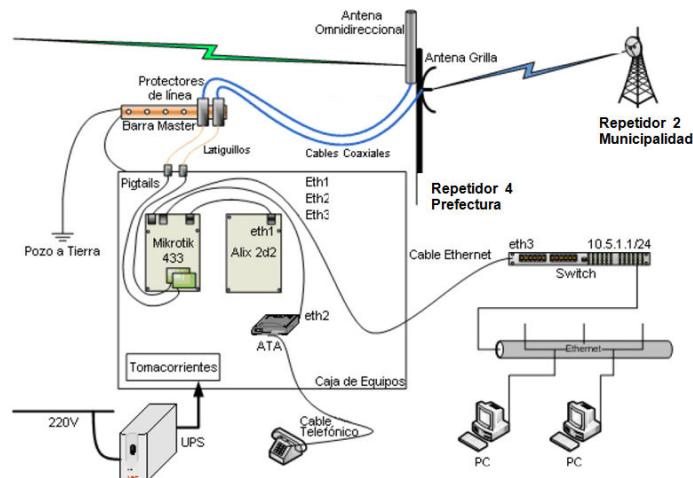


Figura 8.3. Esquema de conexiones de un repetidor local con un servidor en una LAN.

8.1.2.1.2. Subsistema Informático

Lo conforman los equipos informáticos que se utilizan en cada establecimiento. Cada computadora se conecta al puerto ethernet de la placa Soekris (caja interior de telecomunicaciones) a través de un cable cruzado, para así conectarse a la red inalámbrica.

8.1.2.1.3. Subsistema de Energía

Comprende a los siguientes elementos:

- Sistema fotovoltaico
- Tablero de energía
- Inversor

- a) **Sistema Fotovoltaico:** Comprende a los siguientes equipos: Regulador, Banco de baterías y Paneles solares.
- b) **Tablero de Energía (Caja de Distribución):** En esta caja se realiza la distribución del cableado y conexiones para los diferentes equipos conectadas e incluye un interruptor termo-magnético como protección contra descargas eléctricas. También se instala el regulador, el ATA y el enrutador LinkSys. Además se instala un conversor que transforma la alimentación eléctrica de 12 V que llega de los paneles a una señal de 5 V necesaria para alimentar al ATA.
- c) **Inversor:** El inversor transforma el voltaje continuo (12 V que entrega el banco de baterías) en un voltaje alterno de 110 V que es el que utilizan los equipos mencionados.

8.1.2.1.4. Subsistema de Protección Eléctrica

Los sistemas de protección eléctrica constan de los siguientes elementos:

- a) **Pozo de puesta a tierra:** Para las estaciones cliente se instalarán pozos PAT con una longitud de 10 m y una profundidad de 50 cm.
- b) **Barra Máster:** Es una platina de cobre que sirve para conectar los diferentes cables de cobre usados para la puesta a tierra de los equipos y también para conectarlos a los pozos PAT.
- c) **Protectores de línea:** Se colocan en la barra Master y se conectan a dos cables coaxiales: uno llega al equipo radio y el otro a la antena.

8.1.2.2. Instalación de la Estación Repetidor RBS

Comprende 4 subsistemas:

- Subsistema de telecomunicaciones
- Subsistema de energía
- Subsistema de protección eléctrica
- Subsistema de infraestructura

8.1.2.2.1. Subsistema de Telecomunicaciones

En la siguiente figura se presenta un esquema típico del subsistema de telecomunicaciones en la estación repetidora, y sigue la siguiente secuencia: enrutador inalámbrico Wrap, protector de línea, cable coaxial y antena. Para el caso de los enlaces troncales se usar antenas directivas de grilla.

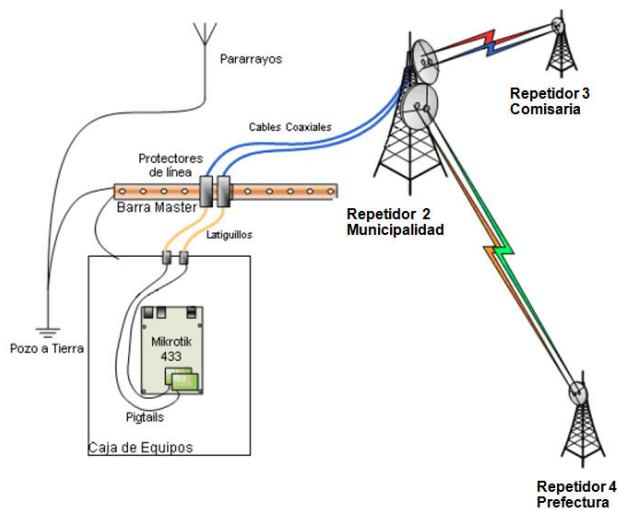


Figura 8.4. Subsistema de telecomunicaciones en una estación repetidora

d) Enrutadores Wrap: Los enrutadores inalámbricos cuentan con el siguiente equipamiento:

- | | |
|--|----------------------------|
| 1. Placa Wrap Soekris | 6 y 7. Pigtail uFL-N macho |
| 2. Caja de exterior metálica impermeable | 8. Cable de energía |
| 3. Memoria | 9. Cable de red cruzado |
| 4. Tarjeta inalámbrica SR2 (400mW) | 10 y 11. Prensa estopa |
| 5. Tarjeta inalámbrica CM9 (80mW) | |

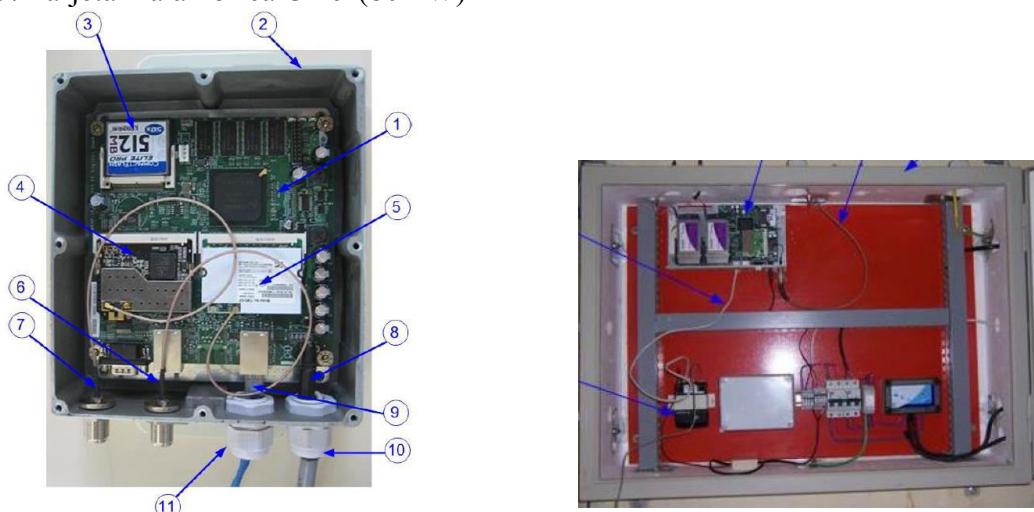


Figura 8.5. Elementos del enrutador inalámbrico y caja de distribución con equipos

Las estaciones repetidoras RBS2 Y RBS4 están formadas por 2 enruteadores Wrap que enumeraremos como el enruteador Wrap 1 y enruteador Wrap 2. En la Figura podemos apreciar el esquema de conexiones entre ambos

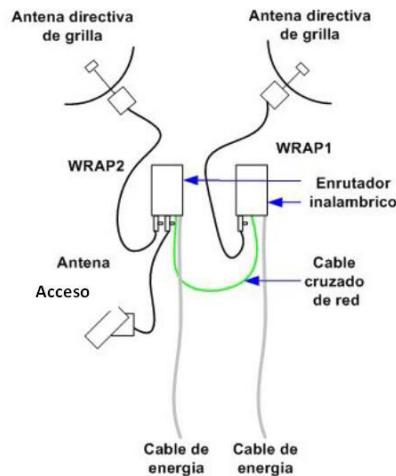


Figura 8.6. Esquema de conexiones en una estación repetidora.

- e) **Antenas y cable coaxiales:** Se instalan antenas punto a punto para el Backbone y antenas Punto a Multipunto para red de Acceso. Los parámetros más importantes que se deben tomar en cuenta son: la frecuencia de operación, la ganancia de la antena y ancho de haz que soporte 360°.

8.1.2.2.2. Subsistema de Energía

Este subsistema es el encargado de proporcionar energía a los equipos instalados en los repetidores, entregando en su salida un voltaje de 12 voltios DC. Además proporciona energía eléctrica al enruteador inalámbrico. Consta de los siguientes elementos:

- Panel Solar.
- Llaves termo magnéticas.
- Controlador de corriente.
- Batería de 12V.
- Cables de interconexión internos y externos.

El panel solar se encuentra montado sobre un soporte metálico en la torre. El controlador, las llaves termo magnéticas, la batería y los cables de interconexión internos se colocaron en una caja metálica con aislamiento térmico. Los modelos de estos dispositivos son los mismos que los descritos para la estación cliente. En la siguiente Figura se presenta el esquema del subsistema de energía

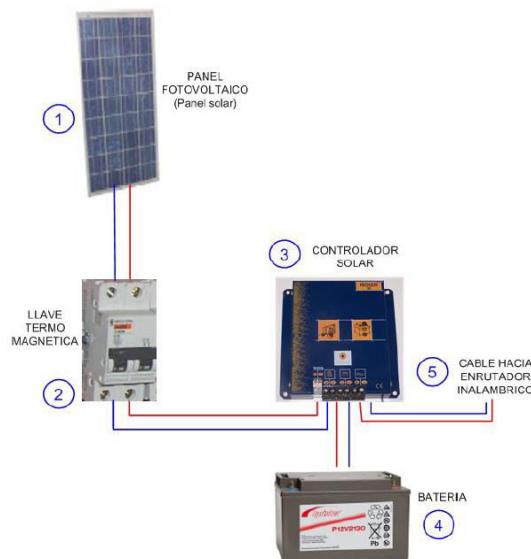


Figura 8.7. Elementos del subsistema de energía.

Además de los equipos que conforman el subsistema llevan los siguientes elementos:

- Cable NLT 2x10 (panel solar a controlador)
- Protectores de línea DC.
- Borneras de conexiones.
- Cable TW6 (batería a controlador).

8.1.2.2.3. Subsistema de Protección Eléctrica

El subsistema de protección eléctrica en los repetidores consta de los siguientes elementos:

- a) **Pozo de puesta a tierra:** Se construyen dos pozos PAT: Un pozo PAT para los equipos de telecomunicaciones y un pozo PAT para los pararrayos.

La diferencia con los pozos de las estaciones cliente se encuentran en la longitud, hasta 30 m en el caso de torres elevadas en zonas de resistividad baja o media y hasta 60 m en zonas de resistividad alta, y la forma geométrica que en este caso forma un cuadrado que rodea la base de la torre.

- b) **Protectores de línea:** En las terminaciones de los cables coaxiales que conectan los equipos, también se instalan protectores de línea, en forma similar a la estación cliente.

- c) **Pararrayos:** Este elemento es instalado en el punto más elevado de la torre, transmitiendo las descargas eléctricas hacia el pozo PAT mediante un cable de cobre desnudo de 50 mm^2 .

Éste proporciona una protección que cubre un volumen cónico con una altura de 9 m² y un ángulo de 45 grados. En nuestra Red se instalará un pararrayos del tipo Franklin de 5 puntas.

Ver con más detalle en **ANEXO A.**

8.1.2.3. Subsistema de Infraestructura

Los principales elementos de la infraestructura son la torre metálica, con sus cables de sujeción (vientos) y bases de concreto y los soportes metálicos para la fijación de los paneles solares tanto en la torre como en la estación cliente. En nuestra Red la altura de las torres instaladas varían desde los 15 hasta los 40 m. Un ejemplo de esta torre se presenta en la Figura.

Ver con más detalle en **ANEXO B.**



Figura 8.8. Torre ventada y antenas.

8.2. Prueba de Campo

El protocolo de pruebas se realizó en la tarea Ingeniería de detalle, en la sub-tarea de Simulación. Sin embargo las configuraciones de los equipos se los realizarán en el laboratorio de informática, que se encuentra en el Municipio.

Estas pruebas de campo se refieren a las realizadas sobre los equipos de telecomunicaciones, así como las pruebas de conectividad, energía, niveles de voltaje, etc. Se deberá monitorizar el nivel de señal, el ancho de banda y el rendimiento, así como todos los servicios.

CAPÍTULO IX

CAPACITACIÓN, MANTENIMIENTO Y ENTREGA

Introducción

En esta tarea describimos los cursos de capacitación que se desarrollarán de forma presencial antes de las instalaciones del proyecto e inmediatamente después de las instalaciones.

9.1. Capacitación

El mecanismo que nosotros vamos a usar es ofrecer mucha información, ya que nos estamos refiriendo a zonas aisladas, con poco acceso a la información.

Un gran problema cuando se trabaja en zonas rurales, es pensar que la capacidad es poca en temas técnicos. En muchos casos existen problemas de lectura-escritura y problemas con el lenguaje, pero se deberá tener claro que son personas inteligentes. Por lo que se deberán dar las herramientas para que puedan construir un conocimiento correcto.

Para esto definimos 3 tipos de capacitaciones

- Capacitación para Instaladores
- Capacitación para Usuarios
- Capacitación para Mantenimiento

9.1.1. Capacitación para instaladores

Esta tarea se deberá llevar a cabo antes de las instalaciones. El número de personal a capacitar será en función de la magnitud del proyecto, y será muy acotada la actividad a desarrollar.

Para esto vamos a elegir personal local de la propia institución beneficiaria que estén presentes durante la instalación, con el fin de que en el momento de la capacitación para el mantenimiento, posean conocimientos y se formen mejor y más rápido.

	Programa de capacitación
MODULO 1	Ley de ohm, uso del ohmetro, multímetro y amperímetro
MODULO 2	Cálculo e interpretación de código de colores de resistencias.
MODULO 3	Teoremas de circuitos, focos en paralelo
MODULO 4	Reparación de fallas y construcción de circuitos
MODULO 5	Cálculos y mediciones de enlace
MODULO 6	Instalación de sistemas telefónicos domiciliarios
MODULO 7	Instalar y configurar equipos

Tabla 9.1. Programa de capacitacion para los instaladores de la localidad de Tolhuin

9.1.2. Capacitación para Usuarios

Lo ideal es que esta capacitación se desarrolle inmediatamente después de las instalaciones para que puedan usar los equipos ya instalados.

La elección del personal que será capacitado deberá cumplir con los requerimientos mínimos de dedicación que deben cumplir. El curso se lo dictara en una de las escuelas del municipio para evitar distracciones en campo.

La formación de los usuarios tendrá como objetivo principal el uso de los recursos y herramientas tecnológicas que se instalan, para que los usuarios sean más eficientes en las actividades.

Programa de capacitación	
MODULO 1	Capacitación en Computación – Office
MODULO 2	Alfabetización digital. Usos pedagógicos de las TIC.
MODULO 3	Aplicación general de Internet, correo electrónico y herramientas de Internet, foros de discusión relacionado a la asignatura
MODULO 4	Plataformas educativas, blogs, videos educativos, canales de Chat
MODULO 5	Mantenimiento de redes, instalación de equipos informáticos.
MODULO 6	Diseño de páginas Web y base de datos

Tabla 9.2. Programa de apacitacion para los usuarios de los beneficiarios de Tolhuin

9.1.3. Capacitación para Mantenimiento

Las capacitaciones de los encargados de mantenimiento se realizarán también en un periodo posterior a la instalación. El perfil de los encargados de mantenimiento será diferente que el de los usuarios. Antes de las instalaciones se identificará quiénes potencialmente podrán asumir esa responsabilidad.

La capacitación de los encargados de mantenimiento al igual que la capacitación de usuarios, se desarrollará por grupos diferenciados, por zonas y por niveles. Para esta tarea se le designa a nuestros 2 Técnicos; T. Electrónico y T Informático.

9.2. Mantenimiento

En esta tarea final se deberán entregar las normas básicas, documentos, manuales sobre operación y mantenimiento donde se detalle las típicas fallas y soluciones de los equipos.

Una estimación de la periodicidad de las visitas podría ser de al menos dos veces al año.

Esas visitas las realizará un personal capacitado o terceros, cumpliendo de forma ordenada una serie determinada de tareas. El coste que tendrá el mantenimiento dependerá de la realidad de la zona, de la tecnología instalada y de los servicios implementados.

9.3. Entrega

Antes de hacer la entrega detallaremos un inventario riguroso de los equipos que se instalaron, su ubicación, costo, incluyendo comprobantes de compra, etc. para que acepten cada equipo como propio. Además se entregará información sobre la red, la tecnología y los servicios implementados.

CAPÍTULO X

GESTIÓN DE RIESGOS Y CALIDAD

10.1. Planificar la gestión de riesgos

El Project Manager está a cargo de la identificación de riesgos, conjuntamente con el personal experto en el tema, y se lo realiza a lo largo de la ejecución del proyecto a través de un monitoreo continuo. Su primer inicio lo tuvo en la fase de planificación.

Visualización temprana para Controlar los Riesgos

Todos los trabajadores deben contribuir en la gestión de riesgos del proyecto; los ojos de todo un equipo siempre verán mucho más que los del Project Manager, por cuanto es preferible involucrarlos.

- Se acudirá a proyectos similares que se han realizado anteriormente, que se utilizan como precedentes históricos. Como también apoyarse de la información que podamos encontrar de otras empresas similares.
- Se debe dejar constancia de todo lo que hagamos para que podamos utilizarlo como archivo documental en el futuro, cuando vayamos a planificar nuevas tareas. Así no repetiremos los errores pero sí que repetiremos los aciertos.

10.1.1. Identificar los riesgos

A continuación presentamos una lista de riesgos que fueron detectados antes de la ejecución del proyecto, lo que quiere decir que podría existir la posibilidad que se puedan dar más riesgos en el transcurso y para ello se realizará un monitoreo y gestión continua.

- Demoras en la instalación por problemas técnicos
 - Riesgos surgidos desde el proveedor, ejemplo: proveedores no confiables
 - Desacuerdos entre los involucrados sobre temas técnicos
 - Demoras en los trámites de requerimientos
 - Problemas de software o quejas por fallas de la nueva red diseñada
 - Enfermedades y accidentes
 - Recorte presupuestal
 - Problemas climáticos, desastres naturales, lluvias.
 - Una gran cantidad de usuarios se nieguen a la implementación del proyecto
 - Colisión de entrega de equipos por parte del proveedor
-
- **Demoras en la instalación por problemas técnicos:** Cuando el tiempo de ejecución de las instalaciones excede el tiempo calculado, debido a cualquier tema técnico que pueda surgir.
 - **Riesgos surgidos desde el proveedor:** Cuando la empresa subcontratada no cumple con las fechas previstas, si llegan a tener fallos técnicos durante del desarrollo del proyecto o si hay colisión de entregas de los equipos. En caso que la comunicación entre departamentos de la empresa y el proveedor no sea adecuada, se producen demoras en actividades y aumentan los costos excesivos.

- **Desacuerdos entre técnicos en la toma de decisiones:** Puede darse el caso que los técnicos profesionales no se lleguen a poner de acuerdo al momento de tomar decisiones importantes sobre temas técnicos cuando están realizando la implementación del proyecto.
- **Demoras en los trámites de requerimientos:** Todas las peticiones o requerimientos que se hacen al proveedor corre el riesgo de demorar más de lo calculado, esto puede generar repercusiones en el desarrollo del proyecto.
- **Problemas de software o quejas por fallas de la nueva red diseñada:** Si hay llamadas o avisos por parte de los usuarios sobre el fallo del nuevo software informando que éste no se está prestando correctamente, o se detectan fallos en las características del servicio final.
- **Enfermedades y accidentes:** Es posible que en algún momento los técnicos se enfermen, esto puede alterar el desarrollo del proyecto según los tiempos y plazos marcados.
- **Recorte presupuestal:** Involucrar y concientizar a los demás trabajadores sobre los gastos y hacer un plan de reducción de costes, debido a que nadie conoce mejor una tarea que la persona que la realiza, de esta manera cada persona hará un aporte a través de sus funciones.

10.1.2. Estructura de Desglose de Riesgos (RBS)

Después de haber analizado los posibles riesgos, realizamos un análisis más detallado de cada riesgo. Para esto identificamos y organizamos por categoría y subcategoría los posibles riesgos

Ídem.	Riesgo	Descripción
1	Riesgo Técnico	Complejidad e interfaces: Demoras en la instalación por problemas técnicos Desempeño y fiabilidad: Problemas de software o quejas por fallas de la nueva red diseñada
2	Riesgos Externo	Empresas subcontratadas: Riesgos surgidos desde el proveedor Normativa: Demoras en los trámites de requerimientos Problemas climáticos: Lluvias, desastres naturales.
3	Riesgo de Administración	Planificación: Desacuerdos entre los involucrados sobre temas técnicos
4	Riesgos Organizacionales	Recorte presupuestal Enfermedades y accidentes

Tabla 10.1. Estructura de subdivisión de Riesgos

10.1.3. Análisis cualitativo de los riesgos

Para determinar la probabilidad de ocurrencia designamos valores del 1 al 100%. Para la designación de cada porcentaje se tiene en cuenta la opinión de expertos en el tema, la experiencia previa del equipo y los documentos de implementación de proyectos anteriores.

Probabilidad de Ocurrencia de Riesgos

Ídem	Riesgo	Ocurrencia (%)
1	Demoras en la instalación por problemas técnicos	85%
2	Demoras en los trámites de requerimientos	80%
3	Riesgos surgidos desde el proveedor	70%
4	Desacuerdos entre los involucrados sobre temas técnicos	49%
5	Problemas de software o quejas por fallas de la nueva red diseñada	45%
6	Problemas climáticos, desastres naturales, etc.	40%
7	Enfermedades y accidentes	20%
8	Falta de comunicación efectiva	10%

Tabla 10.2. Probabilidad de ocurrencia de los riesgos

De la tabla anterior se puede ver que tan solo 3 variables de los 8 riesgos superan el 50 por ciento. Los 5 riesgos que se encuentran por debajo del 50% son tomados en cuenta para monitorearlos con el fin de controlar el impacto.

Nivel de Impacto

Para materializar la importancia, traducimos numéricamente el nivel de impacto mediante un análisis que consta de un valor de escala.

- Escala del Nivel de Impacto acordado por el equipo del Proyecto es de: 0 al 40.

Ídem	Riesgo	Nivel Impacto
1	Demoras en la instalación por problemas técnicos	34
4	Demoras en los trámites de requerimientos	32
2	Riesgos surgidos desde el proveedor	28
3	Desacuerdos entre los involucrados sobre temas técnicos	20
5	Problemas de software o quejas por fallas de la nueva red diseñada	18
6	Problemas climáticos, desastres naturales,etc.	16
7	Enfermedades y accidentes	8
8	Falta de comunicación efectiva	4

Tabla 10.3. Nivel de impacto de los riesgos

Matriz de Priorización de Riesgos

	Riesgo muy grave. Requiere medidas preventivas urgentes. No se debe iniciar el proyecto sin la aplicación de medidas preventivas urgentes y sin acotar sólidamente el riesgo.
	Riesgo importante. Medidas preventivas obligatorias. Se deben controlar fuertemente las variables de riesgo durante el proyecto.
	Riesgo apreciable. Es posible introducir medidas preventivas para reducir el nivel de riesgo. Si no fuera posible, mantener las variables controladas.
	Riesgo marginal. Se vigilará aunque no requiere medidas preventivas de partida.

Nivel de Riesgo = Probabilidad de Ocurrencia X Nivel de Impacto

		AMENAZAS				
PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	0.85	3.4	10.2	17	22.95	28.9
	0.80	3.2	9.6	16	21.6	27.2
	0.70	2.8	8.4	14	18.9	23.8
	0.50	2	6	10	13.5	17
	0.45	1.8	5.4	9	12.15	15.3
	0.40	1.6	4.8	8	10.8	13.6
	0.20	0.8	2.4	4	5.4	6.8
	0.10	0.4	1.2	2	2.7	3.4
		INSIGNIFICANTE 4	MENOR 12	MODERADA 20	MAYOR 27	CATASTROFICA 34
N I V E L D E I M P A C T O						

Tabla 10. 4. Matriz de Probabilidad e Impacto de los riesgos

10.2. Gestión de Calidad

En la Argentina el único organismo que tiene a su cargo el otorgamiento de autorizaciones, implementaciones y permisos en materia de radiocomunicaciones es el ENACOM. Por esto mismo si alguien requiere de un sistema de comunicaciones debería asesorarse primero para ver si se requiere una autorización.

QUE ES EL ENACOM

El ENACOM es un ente autárquico y descentralizado que funciona en el ámbito del Ministerio de Comunicaciones de la Nación.



Figura 10.1. Logo del ENACOM

Su objetivo es conducir el proceso de convergencia tecnológica y crear condiciones estables de mercado para garantizar el acceso de todos los argentinos a los servicios de internet, telefonía fija y móvil, radio, postales y televisión. Para más información ver en: www.enacom.gob.ar/

10.2.1. Normativa Legal

10.2.1.1. Espectro Radioeléctrico

El Espectro Radioeléctrico es un recurso natural, de carácter limitado, que constituye un bien de dominio público, sobre el cual el Estado ejerce su soberanía.

Está compuesto por un conjunto de frecuencias que se agrupan en “bandas de frecuencias” y puede ser utilizado por los **titulares de una Licencia Única de Telecomunicaciones** para la prestación de Servicios de comunicaciones inalámbricas, radiodifusión sonora y televisión - Servicios de Radiodifusión (AM, FM, TV), Internet, Telefonía Fija y Celular, brindados por un prestador o licenciatario.

A. Administración del espectro radioeléctrico

Desde el punto de vista de la atribución de las bandas de frecuencias de la *Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)*, la República Argentina se encuentra ubicada dentro de la *Región 2 (R2)*.

A nivel nacional, la autoridad regulatoria en materia de atribución de bandas de frecuencias es ENACOM. Es quien toma decisiones con respecto al uso del espectro en el territorio nacional a través del dictado de resoluciones que constituyen el marco normativo vigente y que se reflejan en el CABFRA.

B. Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencias de la República Argentina (CABFRA)

De acuerdo al RR UIT-R2, Edición 2012, vigente hasta la próxima Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de la UIT. (*Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, Región 2*)

Se presenta a continuación el Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencias de la República Argentina (CABFRA).



[f](#) [t](#) [G+](#)

Rango de frecuencias RR UIT-R2 (Edición 2012)	Conector Hoja (C#) (Habilitados a junio de 2016)
1610-1660 MHz	25
1660-1710 MHz	26
1710-2170 MHz	27
2170-2520 MHz	28
2520-2700 MHz	29
2700-4800 MHz	30
4800-5570 MHz	31
5570-7250 MHz	32
7250-8500 MHz	33

Tabla 10.5. Bandas de Frecuencias de la República Argentina

Interpretación de la información:

Hojas “RELACIÓN UIT – ARGENTINA” (H28) vinculadas mediante un “Conector de Hoja” (C#).

C. Asignación de frecuencia

Las frecuencias asignadas a cada usuario se autorizan mediante el dictado de una resolución o disposición, permitiéndole instalar y poner en funcionamiento estaciones radioeléctricas en los distintos domicilios para los cuales ha solicitado el permiso de uso

10.2.1.2. Antenas

Las normas de seguridad de las estructuras que hacen de soporte físico de las antenas, en cuanto a su altura máxima, etc. están establecidas por *la Fuerza Aérea Argentina*.

El tamaño de la estructura (torre), no significa necesariamente que las antenas sean más grandes o que emitan mayor potencia. Del mismo modo, tampoco está directamente relacionado el tamaño de las antenas con la potencia que irradian las mismas.

Resolución 3690/2004 (Boletín Oficial N° 30.524, 10/11/04) CNC, Establece que los titulares de estaciones de radiodifusión deberán demostrar que las radiaciones generadas por las antenas no afectan a la población en el espacio circundante a las mismas

A. Soporte de antenas

Artículos 39, 40 y 41 de la Ley Nacional 19798/72, y en la Resolución N° 795 CNT/92, ratificada por la Resolución 302 SC/99

La instalación de una estructura soporte de antena requiere contar con la autorización del propietario o consorcio de propietarios del edificio o terreno en el que se pretende instalar. Los Municipios pueden regular, mediante Ordenanzas Municipales específicas, la concesión de licencias urbanísticas para la instalación de estaciones base. ENACOM no tiene competencia sobre la obra civil relacionada con la estructura soporte de la antena (mástiles / torres, etc.)

10.2.1.3. Usuarios del espectro

Contactarse con el Centro de Atención al Usuario del Espectro Radioeléctrico (CAUER) de ENACOM.

¿Cómo tramitar una autorización?

Mediante el Consejo Profesional especializados en trámites ante ENACOM en: <http://www.copitec.org.ar>. ENACOM le recomienda leer detenidamente este Instructivo antes de operar sus equipos autorizados.

Está prohibido:

- Transmitir música o cualquier señal que no sea específica del servicio autorizado.
- Transmitir textos en clave - Comunicarse con estaciones no autorizadas.
- Mantener pulsado el micrófono en forma intencional cuando el canal se encuentre operando.
- Utilizar otro sistema de llamada que no sea la voz humana.
- Mantener comunicaciones sobre temas distintos a los fines para los cuales se le otorgó la autorización.

10.2.2. Norma Técnica De Indumentaria

El empleador debe entregar en forma gratuita los equipos de protección personal adecuados a la actividad que realiza cada trabajador, debe instruirlo sobre su uso y mantenimiento.

El trabajador tiene que usar el equipo debiendo mantenerlo en buen estado de conservación e higiene y es responsable por su mal uso, destrucción o extravío. En el trabajo en sitio se prohíbe el trabajo con ropa suelta o prendas que puedan provocar atrapamiento, no usar la vestimenta o usarlo mal puede tener sanciones disciplinarias y puede llegar a ser despedido.

La indumentaria es el siguiente:

- Protección ocular y facial: Gafas de protección de montura integral
- Protección de la cabeza: Cascos eléctricamente aislantes BT
- Protección de pies y piernas: Calzados especiales.
- Protección contra caídas de altura: Es un dispositivo permitan sostener el cuerpo durante la caída y después de producirse ésta.
- Chalecos
- Ropa impermeable y guantes de protección contra el frío
- Casco, gorro.

En este proyecto trabajaremos con las siguientes Normas

UNE-EN= (Norma Europea)

UNE = (Una Norma Española) La UNE es una especificación técnica cuya observancia no es obligatoria, creadas por los *Comités Técnicos de Normalización (CTN)*. No son normas con rango de Ley. Son normas técnicas publicadas por AENOR. Sin embargo, para conocer los requisitos de los equipos necesarios para el trabajo en altura, las características concretas que deben reunir, debemos recurrir a las Normas UNE (Una Norma Española).

NTP = Notas Técnicas de Prevención

AENOR = Organismo reconocido a nivel internacional con certificación Española por su actividad normativa (Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria). Éste mismo regula aspectos específicos técnicos, de diseño, construcción y utilización de los equipos.

La norma UNE-EN 511:2006. Específica los requisitos y métodos de ensayo para los guantes que protegen contra el frío hasta los -50 °C. Estos guantes están diseñados para proteger las manos o parte de ellas del frío. Esta exposición al frío, está asociada a condiciones climáticas.

La NTP 940. Específica sobre la ropa y guantes de protección contra el frío

La NTP 773: Específica sobre los equipos de protección individual de pies y piernas.

La NTP 774: Sistemas anti-caídas. Componentes y elementos



Figura 10.2. Dispositivo para sostener el cuerpo durante y después de producirse la caída.

Sin embargo Normas UNE, AENOR son pagas, si deseamos obtener una copia de estas normas, lo que hace más difícil su conocimiento por parte de una gran parte de profesionales.

Ante la dificultad del acceso a las normas UNE, el **INSHT** (*Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*) ha resumido muchas de estas normas en sus Notas Técnicas de Prevención, entre ellas podemos destacar las siguientes:

NTP 774 Sistemas anti-caídas, componentes y elementos. Esta NTP está basada en las normas UNE EN 353-1, 353-2, 355, 360, 361, 362, 363.

Conclusiones

- ◆ La conclusión tal vez más importante, es que, si bien hay instituciones privadas o públicas con la intención de implementar redes de telecomunicaciones en zonas rurales como el fin de promover su desarrollo e integración, poco interés les están dando los gobiernos Municipales vivir
- ◆ Con lo dicho anteriormente, se puede decir que en este trabajo, se han logrado satisfactoriamente los objetivos específicos que se contemplaron. En este sentido resultó clave contar con los siguientes colaboradores: TELEZPACIO, ARSAT, TORRE-MONT, INTERNET SATELITAL, ENACOM, que a través emails aportaron valiosa información que sirvió para desarrollar este trabajo.
- ◆ Para comprobar la viabilidad técnica de los enlaces, usamos Radio Mobile y Google Earth, en el diseño completo del proyecto. Además, cuando se descubrió que no existía viabilidad de enlace entre estaciones testeadas, a través de Radio Mobile se buscó la mejor alternativa comprobada posteriormente en terreno, en todos los casos se obtuvieron resultados muy buenos.
- ◆ Este trabajo podría servir como guía para otras investigaciones. A futuro se espera que los alumnos realicen una verificación más detallada del estudio técnico con topologías más complejas y con enlaces de larga distancia en especial las redes rurales.

CAPÍTULO XI

REFERENCIAS

BIBLIOGRAFÍA

María Martín, Espín: Proyecto Fin de Carrera; *Guía para el diseño e implementación de redes inalámbricas en entornos rurales de Perú*, Universidad Autónoma de Madrid. Diciembre 2010.

Esteban Javier, Lora Carranco: Tesis de Grado; *Estudio y Diseño e implementación de una red de enlaces para dar acceso a Internet a 40 Instituciones Educativas en la zona de Influencia del proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair*. Escuela Politécnica Nacional. Quito Junio 2014

Ramón Armijos, Víctor Alberto: *Tesis de Grado; Estudio y Diseño de una red inalámbrica para dotar servicios de telecomunicaciones a 55 centros educativos del cantón Shushufindi aplicando criterios de calidad de servicio y seguridad de red*. Escuela Politécnica Nacional. Quito Marzo 2014

Rob Flickenger: *Redes Inalámbricas en Países en Desarrollo*, Cuarta Edición. Octubre del 2013.

Grupo de Telecomunicaciones Rurales Pontificia Universidad Católica del Perú: *Redes Inalámbricas para Zonas Rurales*, Segunda edición. Febrero del 2011, Lima, Perú. Obtenido de: <http://gtr.telecom.pucp.edu.pe>

Ministerio de empleo y seguridad de España: Gobierno de España. Obtenido de: <http://www.insht.es/portal/site/Epi/menuitem.0c9dc88588aacbc9a614c52a180311a0/?vgnextoid=263d791385e83310VgnVCM1000008130110aRCRD>

Hernando, López Jaramillo: *Análisis De Riesgos En La Implementación De Un Software De Conciliación Entre Plataformas En Claro Telecomunicaciones*. Bogotá, Colombia. Obtenido de: <http://repository.unimilitar.edu.co>

Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Obtenido de: <http://datoteca.unad.edu.co/contenidos/233015/233015Exe/index.html>

Visión global de la velocidad del sitio: ¿Qué tan rápido son los sitios web en todo el mundo? Obtenido de: <http://analytics.blogspot.com/2012/04/global-site-speed-overview-how-fast-are.html>

Voice Over IP – Per Call Bandwidth Consumption. Obtenido de: http://cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies_tech_note09186a0080094ae2.shtml

Erlang BTraffic Table. Obtenido de: <http://www.pitt.edu/~dtipper/2110/erlang-table.pdf>

Escuelas, Institutos y academias de Rio Grande. Obtenido de: <http://localidades.cfi.org.ar>

Municipalidad de Tolhuin. Obtenido de: <http://tolhuin.gob.ar/?q=municipio>

Instituto para ingenieros eléctricos y electrónicos. Obtenido de: www.ieee.com

Grupo de Tareas IEEE 802.16d:

<http://www.ieee802.org/16/tgd/>

Redes de Área Local Inalámbrica IEEE 802.11:

www.ieee802.org/11/

www.wifialliance.org

www.wi-fi.org

Municipio de Rio Grande:

<https://www.riogrande.gob.ar/>

Ase Consulting, Identificación de los interesados:

<https://aseconsultors.wordpress.com/about/>

Apuntando a un Geoestacionario:

<http://planetamaxwell.com/apuntando-a-un-geoestacionario/>

Servicio Satelital

<http://www.satelital.com.ar>

Telespazio Argentina S.A.

<http://www.telespazio.com.ar>

Gobierno de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur. Obtenido de:

<http://www4.tierradelfuego.gov.ar/>

Colegios en Tolhuin.

<http://ar.tiching.com/colegios/tolhuin/29246>

Ente Nacional de Comunicaciones.

<https://www.enacom.gob.ar/>

Plataforma para la difusión de conocimientos dentro del ámbito de las redes informáticas. Obtenido de: <http://redestelematicas.com/la-ultima-milla/>

WEP o WEPA para proteger tu red Wi-Fi

<http://windowsespanol.about.com/od/RedesYDispositivos/a/Wep-O-Wpa-Para-Proteger-Tu-Red-Wi-Fi.htm>

Tipos de Redes y Estándares, sus diferencias. Obtenido de:

<https://norfipc.com/redes/tipos-redes-estandares-wi-fi-diferencias.php>

Tarjetas y adaptadores paralelos. Obtenido de:

<https://www.startech.com/es/Tarjetas-perifericos/Paralelo-Tarjetas-Adaptadores/>

ANEXO A

RECOMENDACIONES PARA EL SISTEMA INTEGRAL DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA

En base a la normativa antes mencionada, se redactan las siguientes recomendaciones de protección eléctrica para satisfacer los requisitos antes descritos:

- a) **Sistema de prevención de descargas atmosféricas por medio de pararrayos tetrapuntal tipo Franklin:** se ha escogido por ser la solución que mejor se adapta a las necesidades de estos lugares: el área a cubrir no es muy grande este tipo de pararrayos es más económico en comparación con los pararrayos de cebado y los no ionizantes.
- b) **Dos sistemas de puesta a tierra PAT:** Sistema PAT del pararrayos y sistema PAT de comunicaciones unidos mediante un cable de cobre de baja resistencia (de 50 mm² por ejemplo). En el caso de los cerros, donde es sumamente difícil conseguir dos puestas a tierra de baja resistencia, se sugiere fabricar un único pozo a tierra que rodee a toda la instalación.
- c) **Protector de línea:** ubicado en el cable coaxial de la antena para proteger los equipos de comunicación ante la inducción de corrientes en el cable coaxial, producidas por descargas atmosféricas.

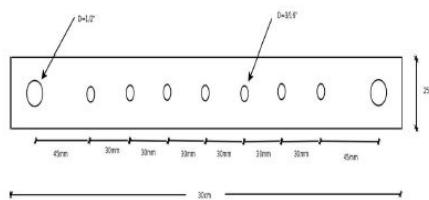


Figura: Barra máster.

- d) **Barra máster:** barra de cobre que sirve para poner al mismo potencial los equipos de comunicación, energía y sistema PAT de comunicaciones. Un ejemplo de este dispositivo se presenta en la Figura 4.13

Consideraciones para la instalación

Otras consideraciones a tener en cuenta a la hora de realizar la instalación son:

- AISLAR la punta pararrayos Franklin de la estructura mediante una base aislante entre la estructura de la torre y el pararrayos.

- Aislarse el cable de bajada del pararrayos de la estructura de la torre mediante separadores laterales y aisladores de carrete como se muestra en la 4.14.



Figura: Vista del cable de bajada del pararrayos aislado de la estructura.

- Emplear soldadura exotérmica para asegurar un buen contacto entre los cables de puesta a tierra y el pozo de puesta a tierra. Como ejemplo observar la Figura 4.15 Instalar la barra máster lo más próxima posible a los equipos de comunicaciones y cómputo.
- A esta barra deben estar conectadas las tomas de tierra del inversor, el chasis de la CPU y el terminal del protector de línea. Además, esta barra debe estar conectada al sistema de puesta a tierra de comunicaciones.
- Los cables que van conectados a la barra máster deben ser aislados para evitar falso contacto con las estructuras que se encuentran alrededor.



Figura: Molde para la aplicación de soldadura exotérmica entre el fleje y el cable de cobre.

- La separación entre los sistemas de puesta a tierra debe ser de, por lo menos, 6 metros (cuanto más separados, mejor).

Sistemas de puesta a tierra

El procedimiento de diseño de un pozo horizontal consiste en:

- Decidir la resistencia deseada del pozo. Por lo general, para sistemas de comunicación se recomiendan resistencias de puesta a tierra por debajo de 10hom.
- Medir la resistividad del terreno mediante el uso de un telurómetro y la fórmula de Wenner.
- Determinar las dimensiones requeridas del pozo en base a la fórmula de C.L. Hallmark.

A continuación se explican detalladamente cada uno de estos pasos.

Medición de la resistividad del terreno

Para calcular la instalación de puesta a tierra, es importante conocer la resistividad media del terreno. El método usual de medición es el conocido como Wenner. En este método, como se describe en la Figura 4.16 y en la siguiente fórmula, es necesario precisar la distancia entre sondas y la profundidad del terreno alcanzada por las mismas. El telurómetro determina el valor R (en , que sustituido en la fórmula de Wenner nos da la resistividad del terreno para la profundidad alcanzada por las sondas.

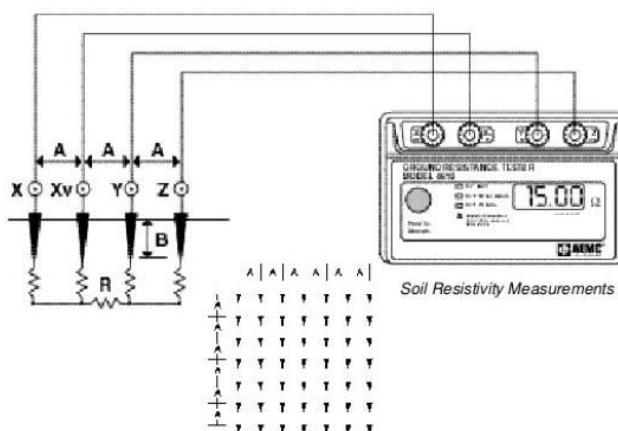


Figura: Medición de la resistividad del suelo.

Fórmula de Wenner:

$$\rho = \frac{4\pi AR}{1 + \frac{2A}{\sqrt{A^2+4B^2}} - \frac{2A}{\sqrt{4A^2+4B^2}}}$$

Si $A > 20B$, entonces se aplica la fórmula simplificada de Wenner:

$$\rho = 2\pi AR$$

Donde:

p = resistividad del suelo (Ωm)

A = distancia entre electrodos (m)

B = profundidad del electrodo (m)

R = resistencia medida con el Telurómetro ()

Dimensionamiento de pozo a tierra horizontal

En la siguiente Figura: presenta el diagrama y medidas para el dimensionado del pozo horizontal:



Figura: Diagrama de la disposición del pozo horizontal. Donde:

D = Profundidad del fleje (m)

W = Ancho de la zanja del pozo de puesta a tierra (m)

L = Longitud del fleje (m)

Cálculo de la resistencia del pozo

De acuerdo a C. L. Hallmark:

$$R_p = \frac{\rho}{2,73L} \cdot \log\left\{\frac{2L^2}{WD}\right\}$$

Se varían las dimensiones del fleje (especialmente la longitud L) hasta conseguir la resistencia de pozo deseada. Típicamente el espesor del fleje es inferior a 1 mm, y el ancho es de 7 ú 8 cm. Si bien la bentonita y la sal (o cualquier otro producto comercial) contribuyen a reducir la resistividad del pozo, es preferible dimensionarlo sin contar con esa contribución. La Bentonita contribuye indirectamente a tener una baja resistencia, se encarga de mantener la humedad del pozo.

Materiales y cantidades a emplear

Material	Cantidad	Descripción
Pararrayos	1	Del tipo <i>Franklin</i> tetrapuntal.
Base aisladora del pararrayos	1	Base aisladora con tuerca para el pararrayos, ubicado entre el pararrayos y la estructura de la torre.
Separadores laterales	(h/3)+1	Para separar el cable de cobre desnudo 1/0 AWG de la estructura de la torre.
Aislador de carrete	(h/3)+1	Va insertado en el separador lateral. Sirve para aislarlo de la estructura de la torre.
Cable de cobre	h+6	Cable de cobre desnudo 1/0 AWG o de 50 mm ² de sección.
Cable de cobre desnudo 8AWG	10	Para unir la estructura de la torre con el pozo de comunicaciones.
Cable de cobre aislado 8AWG	20	Para unir el pozo de comunicaciones con la barra máster de comunicaciones.
Bentonita	20 kg	Se usan 20 kg de bentonita por cada m lineal de pozo a tierra (depende de la resistividad del terreno, la cantidad podría aumentar si las longitudes de los pozos son mayores).
Fleje de cobre 0.8mm x 7cm.	20	Se necesitan 2 flejes de 10 metros cada uno, para cada PAT.
Saco de sal, 50 kg.	2	Se usa 1 saco de sal por cada 10 m de fleje.
Soldadura exotérmica 65gr.	2	Empleado para la unir el cable de cobre al fleje de la PAT.
Molde para soldadura exotérmica.	1	Para unir cable de cobre 1/0 AWG con fleje de cobre.
Masilla para soldadura exotérmica.		Sirve para hacer un buen soldado y evitar fugas de oxígeno durante la operación de soldado.
Barra máster de 25x5x300mm	1	Barra de cobre electrolítico de gran pureza.
Cable GPT 12 AWG verde	10	Para conectar los terminales de puesta a tierra de los equipos de comunicaciones y energía a la barra máster.
Protector de línea.	1	Preferentemente de tipo “látigo de cuarto de onda”.
Terminales tipo “0”	3	Para conectar los cables de puesta a tierra a la barra máster. El diámetro debe ser ligeramente mayor a 3/16”.
Tornillos de 3/16” de diámetro x 1/2”.	3	Tornillos de bronce para fijar los terminales de puesta a tierra a la barra máster.
Aislador para barra máster.	2	Para aislar y montar la barra máster en la pared.

ANEXO B**DISEÑO DEL SUBSISTEMA DE INFRAESTRUCTURA**

En esta sección se describen las características generales de las torres y los pasos a seguir en el proceso de montaje de las mismas. Asimismo se detalla el proceso de instalación del pararrayos.

Especificaciones de Montaje

Para el montaje de cada una de las torres se deben tener en cuenta las siguientes especificaciones de montaje:

1. Los tramos de torre están fijados con pernos y su correspondiente tuerca (6 a 9 por unión). Se debe respetar siempre la elección de dos tramos blancos y dos rojos colocados sucesivamente.
2. Los vientos se fijan y se tensan cada dos tramos, para las torres menores de 45 m, y cada tres tramos para las torres mayores o iguales a 45 m. Estos vientos se fijan y tensan adecuadamente antes de instalar los siguientes tramos.
3. La fijación de vientos en el extremo superior se realiza con grilletes de 1/2", insertados en el tubo del tramo, al que se le introduce un guardacabo para proteger el cable de retenida. El cable está fijado con tres grapas por unión separadas entre sí 20 mm, y comenzando a 15 mm del guardacabo. El cable restante se deshilacha completamente, comenzando a enrollar el primero de ellos 25 mm y se corta, de ahí el segundo otros 25 mm, de ahí el tercero, hasta el séptimo.



Figura: Disposición de las grapas en los cables de retenida.

4. La fijación de vientos en el extremo inferior se realiza con grilletes de 3/8", introducidos en los agujeros de la base de templadores (el agujero más cercano a la torre para el primer viento). Unido al grillete está el templador, al cual por el otro extremo se le introduce el guardacabo. Se realiza la unión con el cable de retenida con las tres grapas y se enredan los 185 mm restantes igual que se detalla en el punto anterior.
5. El tensado de los vientos es el mínimo, pero suficiente, para mantener templados los cables de retenida.

- 6.** Se debe tener bastante cuidado respecto a la verticalidad de la torre. Las desviaciones respecto a la vertical no deben ser mayores a los valores que se indican en la siguiente tabla:

Altura de las Torres	Desviación máxima respecto a la vertical en la cima de la torre
18m, 30m, 45m	2 centímetros
54m, 60m 66m	2.5 centímetros
72m, 90m	4 centímetros

Altura de las Torres Desviación máxima respecto a la vertical en la cima de la torre 18m, 30m, 45m 2 centímetros 54m, 60m 66m 2.5 centímetros 72m, 90m 4 centímetros.

- 7.** El soporte de pararrayos y luces de balizaje se coloca sobre el último tramo de cada torre, empernado como si se tratase de un tramo más. Sobre el extremo superior se ubica la punta del pararrayos con su correspondiente aislador. Para la ubicación del cable de cobre conectado al pararrayos se debe tener en cuenta la ubicación y orientación de las antenas y paneles solares para que no interfieran.
- 8.** Los aisladores para el cable del pararrayos están colocados cada 3 m.
- 9.** Las antenas y accesorios han de colocarse según las especificaciones concretas de cada caso, teniendo en cuenta el balanceo de las cargas de la torre.

Pasos a seguir en la instalación

Para montar torres y accesorios, será necesario seguir los pasos que se enumeran a continuación:

1. Preparar todo el material necesario para el montaje de la torre y ubicarlo cerca de la base, aunque no justamente debajo. Los materiales para los anclajes deben colocarse cerca de cada base de templadores.
2. Preparar todas las herramientas necesarias para el montaje y sujetarlas en el cinturón de seguridad. Para mayor seguridad se recomienda amarrar cada herramienta al cinturón de seguridad mediante un cordel.
3. Colocar y empernar el primer tramo a la base de la torre.
4. Colocar y empernar el segundo tramo de la torre.
5. Medir la distancia entre el segundo tramo(o tercer tramo, según sea el caso) y las bases de templadores para cortar los tres tramos de cable.

6. Preparar los cables para efectuar correctamente la instalación del viento. Para ello se introduce el guardacabo en el grillete superior, se pasa el cable y se efectúa la fijación con las grapas según se detalla en el punto 3 del apartado anterior. En la parte inferior se procede a abrir un poco el guardacabo hasta introducirlo en la parte cerrada del templador, luego se cierra nuevamente, se pasa el cable y se fija según se ha indicado con anterioridad.
7. Una vez preparados los tres vientos, el operario se sujet a al segundo tramo e introduce los grilletes en los extremos de los tubos.
8. Una vez estén instalados los tres vientos se procederá al templado, de forma que los vientos queden tirantes, pero sin ejercer mucha tensión sobre la torre. El templado se debe realizar simultáneamente en los tres vientos. 9. Se procederá a medir la nivelación de la torre con plomada y nivel, corrigiendo las desviaciones mediante el re-ajuste de templadores.
9. Para subir el resto de tramos es necesario instalar una pluma con polea en el tercio superior del último tramo. El tramo de torre se amarra algo por encima de la mitad y se iz a por encima del tramo instalado. El operario que está amarrado al último tramo, dirige el nuevo hasta embocarlo en los tres tubos. Una vez introducido se emperna adecuadamente. Se deben poner 2 tuercas por perno.
10. El operario sube hasta la mitad del nuevo tramo y sujet la pluma. Se produce la elevación de otro nuevo tramo, el cual una vez introducido en el anterior, debe ser empernado adecuadamente. El operario, con la pluma aún en el anterior tramo, sube hasta el final del nuevo, para realizar la fijación de los vientos (que se habrán preparado con anterioridad) como se ha descrito más arriba.
11. Esta operación ha de repetirse hasta completar el último tramo de la torre. Una vez instalado y templado el último tramo, se deben colocar los accesorios de la línea de vida.
12. Una vez instalado y templado la línea de vida, se debe uso de esta para trabajar de manera más segura, luego han de colocarse los aisladores para el cable del pararrayos, instalado cada 3 m (1 por tramo).
13. Una vez que estén bien sujetos todos los aisladores se procederá a subir el cable del pararrayos, haciéndolo pasar por cada uno de los aisladores (es importante que anteriormente se haya estirado bien el cable para que no queden arrugas). Una

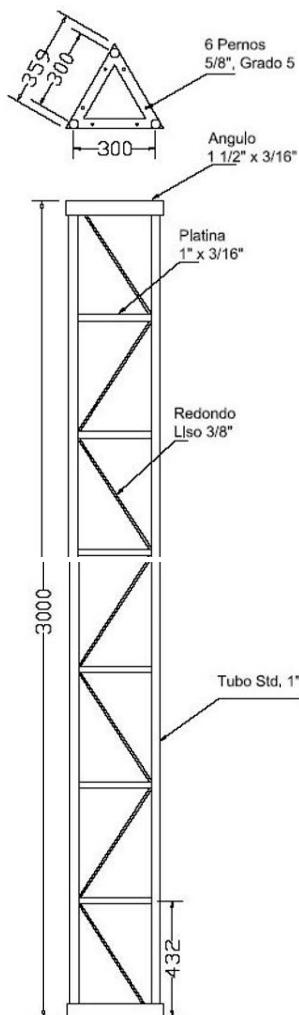
vez que se ha llegado al final con el cable, se procede a subir el soporte de pararrayos, el cual ya vendrá con el aislador para la punta del pararrayos, y además con el tetrapuntal. Antes de embocarlo es necesario sujetar el cable al pararrayos. Posteriormente se introduce en el último tramo y se emperna adecuadamente.

14. Ha llegado el momento de subir y fijar las antenas según el plano previsto para cada instalación. Los accesorios se suben con la misma pluma utilizada en el montaje de la torre. Una vez instalada cada accesorio, se conecta y se protege la conexión con cinta autovulcanizante. Los cables se sujetaran a la torre con cintillos de PVC para intemperie.

Elementos de una torre

A continuación se presentaran algunos tipos de tramos de torre y accesorios para el montaje de torres. Todos los tramos respetan la medida estándar de 3 m. y están preparadas para soportar condiciones ambientales extremas.

Tramo torre tipo A



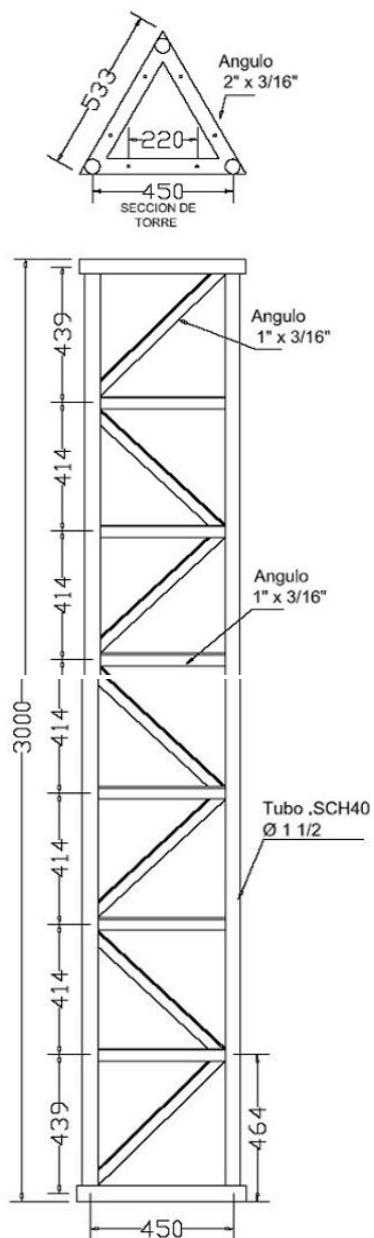
Características:

- Altura: 3 metros
- Sección: triangular
- Distancia entre centros: 300mm.
- Número de pasos por tramo: 7 pasos
- Unión entre tramos: mediante 6 pernos galvanizados de 5/8" x 2.5", grado 5 (ASTM A325)
- Material base: acero ASTM A36
- Acabado: galvanizado en caliente ASTM A 123, 550 gr/m²

Cada tramo de torre de 30 m está constituido por los siguientes elementos:

- Tubo redondo estándar de $\phi 1"$ (33.7mm de diámetro exterior y 2.9mm de espesor).
- Cartelas horizontales: platinas de 1" x 3/16"
- Cartelas diagonales: redondo liso de $\phi 3/8"$
- Base (sup e inf): ángulo 1.5" x 3/16"

Tramo torre tipo B



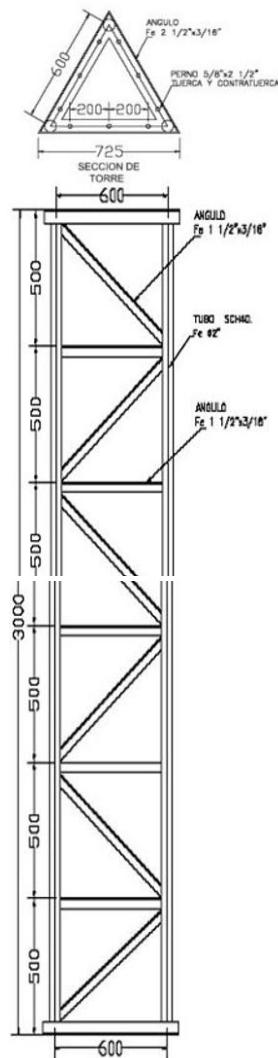
Características:

- Altura: 3 metros
- Sección: triangular
- Distancia entre centros: 450mm.
- Número de pasos por tramo: 7 pasos
- Unión entre tramos: mediante 6 pernos galvanizados de 5/8"x2.5", grado 5 (ASTM A325)
- Material base: acero ASTM A36
- Acabado: galvanizado en caliente ASTM A 123, 550 gr/m²

Cada tramo de torre de 30 metros está constituido por los siguientes elementos:

- Tubo redondo SCH40 de $\phi 1.5"$ (48.3mm de diámetro exterior y 3.68mm de espesor).
- Cartelas horizontales: ángulo de 1" x 3/16"
- Cartelas diagonales: ángulo de 1" x 3/16"
- Base (superior e inferior): ángulo 2" x 3/16"

Tramo torre tipo C



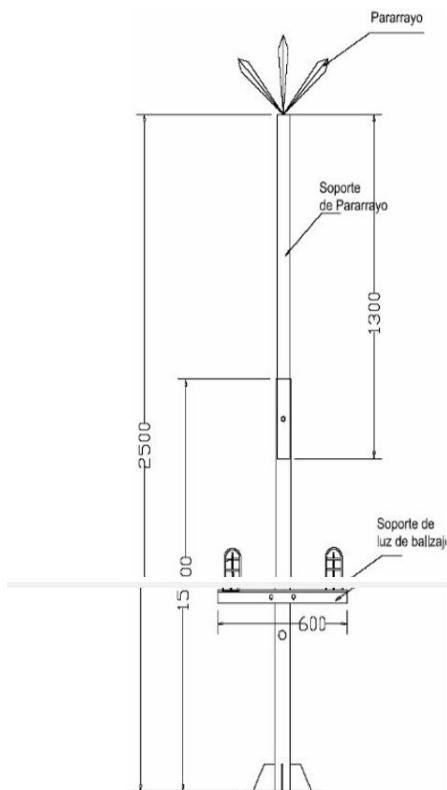
Características:

- Altura: 3 metros
- Sección: triangular
- Distancia entre centros: 600mm.
- Número de pasos por tramo: 6 pasos
- Unión entre tramos: mediante 9 pernos galvanizados de 5/8"x2.5", grado 5 (ASTM A325)
- Material base: acero ASTM A36
- Acabado: galvanizado en caliente ASTM A 123, 550gr/m²

Cada tramo de torre de 30 metros está constituido por los siguientes elementos:

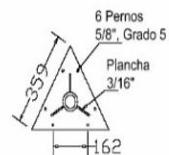
- Tubo redondo SCH40 de $\phi 2"$ (60.3mm de diámetro exterior y 3.91mm de espesor).
- Cartelas horizontales: ángulo de 1" x 3/16"
- Cartelas diagonales: ángulo de 1" x 3/16"
- Base (superior e inferior): ángulo 2" x 3/16".

Soporte de pararrayos y balizaje para tramo tipo A

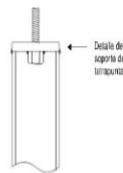


Compuesto por:

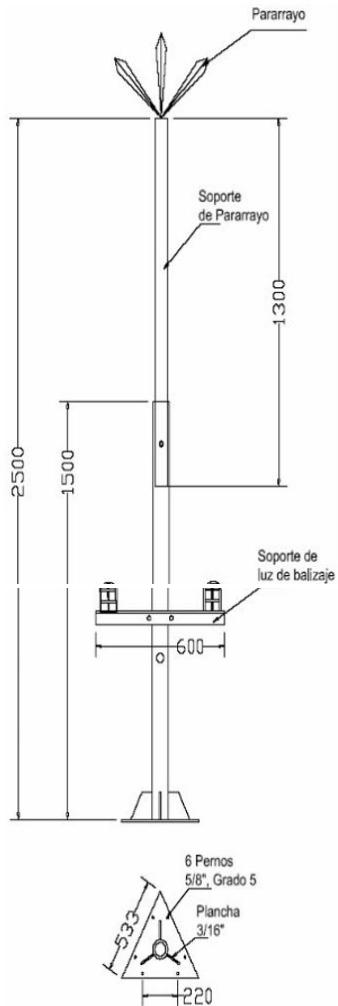
- Tubo inferior de acero ISO 65 de $\phi 1.5"$ (serie liviano, de 48.3mm. de diámetro exterior y 2.65mm de espesor). 1.5 metros de longitud.
- Ángulo de 2"x3/16"x600mm para soporte de luces de balizaje (incluye abrazadera U-bolt para tubo de $\phi 1.5"$).
- Plancha base triangular de 359mm. de lado, soldado a tubo inferior (reforzado con 4 cartelas fabricados a partir de plancha de 3/16"). Con 6 agujeros para perno de 5/8" (para unión de mástil de pararrayos a tramo final de torre de 30 metros).
- Tubo superior de acero ISO 65 de $\phi 1.25"$ (serie liviano, de 42.4mm de diámetro exterior y 2.6mm de espesor). 1.3 m de longitud.
- Perno de embone de 0.5" galvanizado, para unión de tubo inferior y superior.
- Acabado general: galvanizado en caliente ASTM A 123, 550gr/m².



Nota: El extremo superior del tubo de 1.25" deberá contar con un eje roscado que permita alojar al aislador para el pararrayos tetrapuntal.



Soporte de pararrayos y balizaje para tramo tipo B



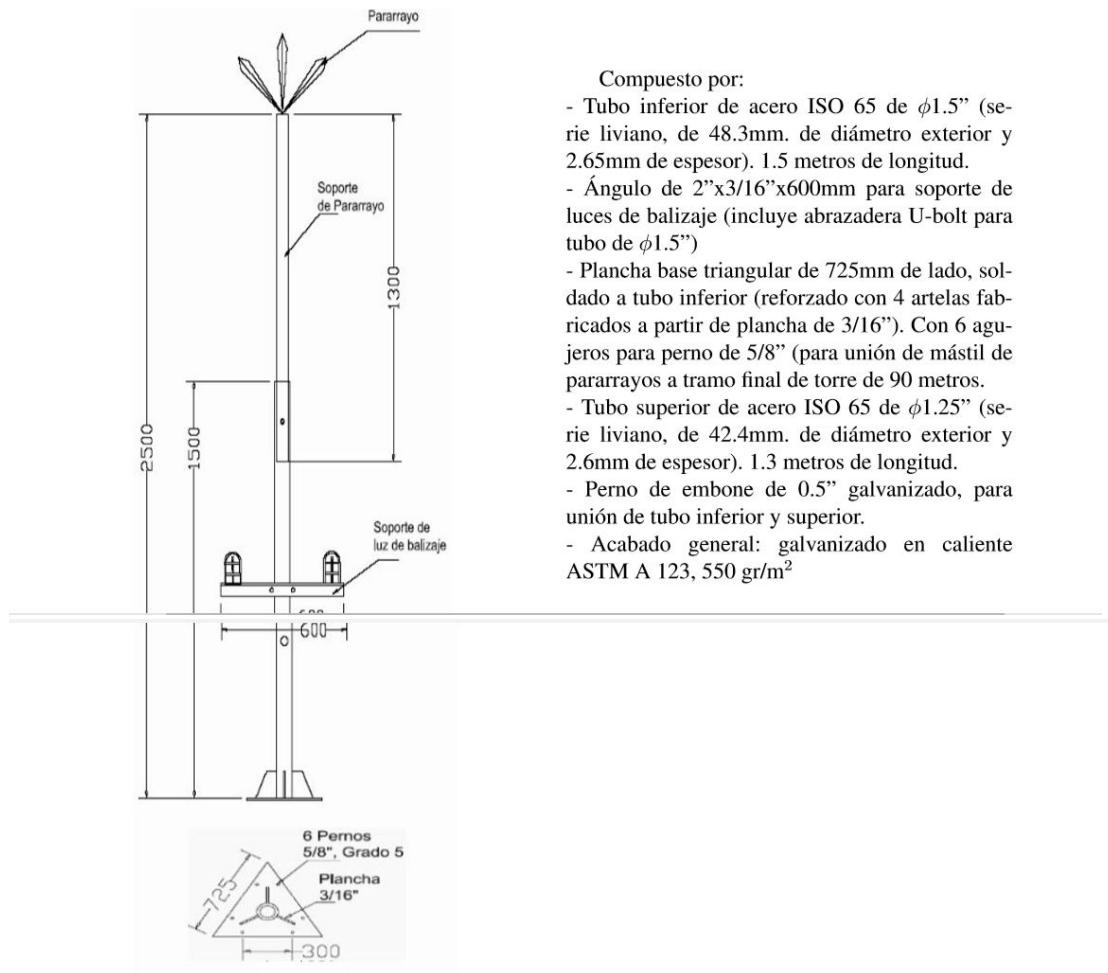
Compuesto por:

- Tubo inferior de acero ISO 65 de $\phi 1.5"$ (serie liviano, de 48.3mm. de diámetro exterior y 2.65mm de espesor). 1.5 metros de longitud.
- Ángulo de 2"x3/16"x600mm para soporte de luces de balizaje (incluye abrazadera U-bolt para tubo de $\phi 1.5"$).
- Plancha base triangular de 533mm de lado, soldado a tubo inferior (reforzado con 4 cartelas fabricados a partir de plancha de 3/16"). Con 6 agujeros para perno de 5/8" (para unión de mástil de pararrayos a tramo final de torre de 60 metros).
- Tubo superior de acero ISO 65 de $\phi 1.25"$ (serie liviano, de 42.4mm. de diámetro exterior y 2.6mm de espesor). 1.3 m de longitud.
- Perno de embone de 0.5" galvanizado, para unión de tubo inferior y superior.
- Acabado general: galvanizado en caliente ASTM A 123, 550 gr/m².

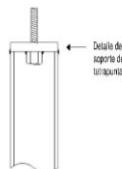
Nota: El extremo superior del tubo de 1.25" deberá contar con un eje roscado que permita alojar al aislador para el pararrayos tetrapuntal.



Soporte de pararrayos y balizaje para tramo tipo C



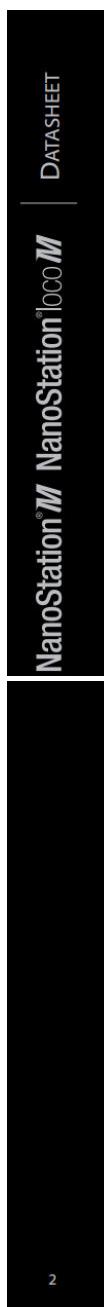
Nota: El extremo superior del tubo de 1.25"
deberá contar con un eje roscado que permita
alojar al aislador para el pararrayos tetrapuntal.



ANEXO C

HOJA DE DATOS

Antena Estación Clientes

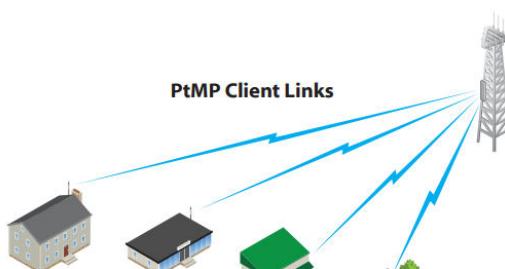


Overview

Leading-Edge Industrial Design

Ubiquiti Networks sets the bar for the world's first low-cost and efficient broadband Customer Premises Equipment (CPE) with the original NanoStation®. The NanoStationM and NanoStationlocoM take the same concept to the future with sleek and elegant form factors, along with integrated airMAX® (MIMO TDMA protocol) technology.

The low cost, high performance, and small form factor of NanoStationM and NanoStationlocoM make them extremely versatile and economical to deploy.

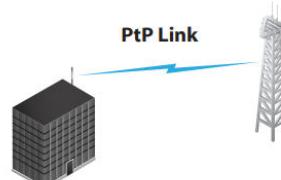


Wireless Client



NanoStationM as a powerful wireless client.

PtP Link



Utilize airMAX Technology

Unlike standard Wi-Fi protocol, Ubiquiti's Time Division Multiple Access (TDMA) airMAX protocol allows each client to send and receive data using pre-designated time slots scheduled by an intelligent AP controller.

This "time slot" method eliminates hidden node collisions and maximizes airtime efficiency. It provides many magnitudes of performance improvements in latency, throughput, and scalability compared to all other outdoor systems in its class.

Intelligent QoS Priority is given to voice/video for seamless streaming.

Scalability High capacity and scalability.

Long Distance Capable of high-speed, carrier-class links.

Latency Multiple features dramatically reduce noise.

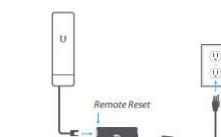
Dual Ethernet Connectivity¹

The NanoStationM provides a secondary Ethernet port with software-enabled PoE output for seamless IP video integration.



Intelligent PoE²

The remote hardware reset circuitry of the NanoStationM allows the device to be remotely reset from the power supply location.



The NanoStationM may also be powered by the Ubiquiti Networks® EdgeSwitch™. In addition, any NanoStationM can easily become 48V, 802.3af compliant through use of the Ubiquiti® Instant 802.3af Adapter (sold separately).

¹ Only NanoStationM models

² Remote reset is an option that is sold separately as the POE-24. The NanoStationM includes a 24V PoE adapter without remote reset.

Specifications

locoM2	
Dimensions	161 x 31 x 80 mm (6.31 x 1.22 x 3.15")
Weight	180 g (6.35 oz)
Power Supply (PoE)	24V, 0.5A
Max. Power Consumption	5.5W
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)
Operating Frequency	2412-2462 MHz
Gain	8.5 dBi
Networking Interface	(1) 10/100 Ethernet Port
Processor Specs	Atheros MIPS 24Kc, 400 MHz
Memory	32 MB SDRAM, 8 MB Flash
Frequency	2.4 GHz
Cross-pol Isolation	20 dB Minimum
Max. VSWR	1.4:1
Beamwidth	60° (H-pol) / 60° (V-pol) / 60° (Elevation)
Polarization	Dual Linear
Enclosure	Outdoor UV Stabilized Plastic
Mounting	Pole-Mount (Kit Included)
Operating Temperature	-30 to 75° C (-22 to 167° F)
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE
RoHS Compliance	Yes
Shock & Vibration	ETSI300-019-1.4

Output Power: 23 dBm							
2.4 GHz TX Power Specifications				2.4 GHz RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate/MCS	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate/MCS	Sensitivity	Tolerance
11b/g	1-24 Mbps	23 dBm	± 2 dB	11b/g	1-24 Mbps	-83 dBm	± 2 dB
	36 Mbps	21 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	19 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	18 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
airMAX	MCS0	23 dBm	± 2 dB	airMAX	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	23 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	23 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	23 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	22 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	20 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	18 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	17 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	23 dBm	± 2 dB		MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	23 dBm	± 2 dB		MCS9	-93 dBm	± 2 dB
	MCS10	23 dBm	± 2 dB		MCS10	-90 dBm	± 2 dB
	MCS11	23 dBm	± 2 dB		MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	22 dBm	± 2 dB		MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	20 dBm	± 2 dB		MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	18 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 2 dB
	MCS15	17 dBm	± 2 dB		MCS15	-75 dBm	± 2 dB

Antena Red de Bakbone Punto-Punto**TP-LINK®**

2.4GHz 24dBi Grid Parabolic Antenna

TL-ANT2424B

● Features:

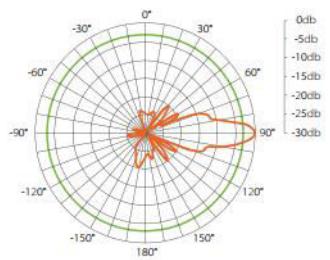
- 24dBi directional operation, ideal for extraordinary long distance point to point connection
- Weather proof design, suitable for all weather conditions
- N Female connector, applicable in most outdoor solutions

**● Description:**

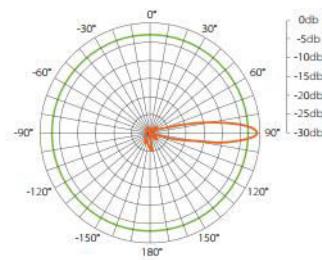
The TL-ANT2424B 24dBi directional antenna is ideal for outdoor use by attaching to your wireless access points/routers. It could be used for long distance point-to-point connection, providing your stable wireless links. It is very easy to use, no configuration or software installation required.

● Radiation Patterns:

V-Plane Co-Polarization Pattern



H-Plane Co-Polarization Pattern

www.tp-link.com

2.4GHz 24dBi Grid Parabolic Antenna

TL-ANT2424B

◎ Specifications:

Frequency Range	2.4~2.4835GHz
Gain (Exclude Cable Loss)	24dBi
VSWR	≤1.5
HPBW/H(°)	10
HPBW/V(°)	14
F/B Ratio	>30dB
Impedance	50 Ohms
Admitted Power	100W
Interfaces	N Female (Jack)
Polarization	Vertical or Horizontal
Mounting Mast Diameter	Ø30~Ø50 mm
Mounting	Wall Mount / Pole Mount
Survival Wind Speed	216Km/hr (134Miles/hr)
Standards	RoHS, WEEE
Operating Temp.	-40°C~60°C(-40°F~140°F)
Storage Temp.	-40°C~60°C(-40°F~140°F)

◎ Diagram:



Package:

- 24dBi Grid Parabolic Antenna
- Installation mounting kits
- User Guide

Optional Accessories:

- 54Mbps High Power Wireless Access Point
TL-WA5110G
- 150Mbps Wireless N Access Point
TL-WA701ND

Specifications are subject to change without notice. TP-LINK is a registered trademark of TP-LINK Technologies Co., Ltd. Other brands and product names are trademarks or registered trademarks of their respective holders. No part of the specifications may be reproduced in any form or by any means or used to make any derivative such as translation, transformation, or extraction without permission from TP-LINK Technologies Co., Ltd.

www.tp-link.com

Antena de Acceso Punto-Multipunto para torre

Hyperlink Hg2415u-pro 15 Dbi 2.4 Ghz	
Frecuencia	2400-2500 MHz
Ganancia	15 dBi
Polarización	Vertical
Ancho del lóbulo Horizontal	360°
Ancho del lóbulo Vertical	8°
Impedancia	50 Ohm
Max. ingreso de energía	100 Watts
Peso	1.5 Kg
Dimensiones /Diámetro	1.03m x 38.6 mm
Conector	Tipo N – Hembra



Figura: Antena omnidireccional

Enrutador Wi-Fi

Se usa la solución de Mikrotik; se requiere de una placa madre RouterBoard que trae el sistema operativo RouterOS y de interfaces de radio WiFi.

La placa de la serie RB433 y la RB433AH de Mikrotik, son dispositivos para desarrollar redes de alto rendimiento. Vienen con sistema operativo RouterOS de Mikrotik. Sus especificaciones técnicas son:

- ✓ CPU: Atheros AR7130 300MHz network processor / Atheros AR7161 680MHz
- ✓ Memoria: 64MB DDR SDRAM onboard memory / 128MB DDR SDRAM onboard memory
- ✓ Almacenamiento: 64MB onboard NAND memory chip
- ✓ 3 puertos Ethernet 10/100
- ✓ 3 puertos miniPCI para expansión
- ✓ Puerto serial DB9 RS232C asynchronous serial port
- ✓ Alimentación general de 10-28V DC y POE 12-28V DC.
- ✓ Consumo máximo de 3W sin interfaces inalámbricas.

- ✓ Sistema operativo MikroTik RouterOS v3, licencia Level4.



Figura: Placa Mikrotik RB433AH.

ATA GrandStream HT502

Este equipo brinda dos puertos telefónicos, ambos para conectar a teléfonos analógicos (puertos FXS). Sus especificaciones son:

- ✓ 2 puertos FXS para 2 cuentas SIP
- ✓ 2 puertos Ethernet 10/100Mbps
- ✓ Características avanzadas: llamada en espera, conferencia para 3, transferencias, voicemail, llamada
- ✓ IP directa
- ✓ Codecs soportados: G711(a-law/u-law), G.723.1, G.729A/B, G.729E, G.726-40/32/24/16, AAL2-
- ✓ G726-32 e iLBC.
- ✓ Conectividad para teléfono y fax
- ✓ Interfaz Web para fácil configuración.
- ✓ Alimentación 12VDC.



Figura: ATA Grandstream HT502

EMAILS