

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ALTERNO PARA LA INTERCONEXIÓN DEL SISTEMA DE RADARES METEOROLÓGICOS A LA SEDE DEL INAMEH**

Prof. Guía: Ing. Zeldivar Bruzual  
Tutor Industrial: Ing. Lourdes Prieto de León

Presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por la Br. Meza, Erika  
para optar al título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2007

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ALTERNO PARA LA INTERCONEXIÓN DEL SISTEMA DE RADARES METEOROLÓGICOS A LA SEDE DEL INAMEH**

Prof. Guía: Ing. Zeldivar Bruzual  
Tutor Industrial: Ing. Lourdes Prieto de León

Presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por la Br. Meza, Erika  
para optar al título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2007



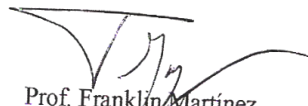
**CONSTANCIA DE APROBACIÓN**

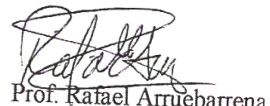
Caracas, 08 de abril de 2008

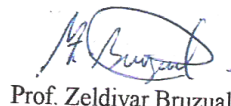
Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por la Bachiller Meza Erika, titulado:

***“PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA SISTEMA DE COMUNICACIONES  
 ALTERNO PARA LA INTERCONEXIÓN DEL SISTEMA DE RADARES  
 METEOROLÓGICOS A LA SEDE DE INAMEH”***

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

  
 Prof. Franklin Martínez  
 Jurado

  
 Prof. Rafael Arruebarrena  
 Jurado

  
 Prof. Zeldivar Bruzual  
 Prof. Guía



Edificio Escuela de Ingeniería Eléctrica, piso 1, oficina 201, Ciudad Universitaria, Los Chaguaramos, Caracas 1051, D.F.  
 TELÉFONOS. (VOZ) +58 212 6053300 (FAX) +58 212 6053105  
 Mail: eie-com@elecisc.ing.ucv.ve

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de grado quiero dedicárselo a DIOS, por ser mi fortaleza y mi refugio en los momentos más difíciles de mi carrera y de mi vida.

“El señor es mi pastor, nada me falta.....” (Salmo 23).

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar a mis padres Tomasa y Rodrigo Meza por su paciencia, comprensión y apoyo durante mi carrera. A mis hermanos Yeismy, Irina, Ricardo y Rodrigo por su compañía y estar pendientes de mi.

A mis sobrinitos bellos Ashley y Diego por llenarme de alegría.

A mis tutores Ing. Lourdes Prieto de León y el profesor Zeldivar Bruzual, gracias por toda su ayuda y colaboración.

Al Ing. Iñaki Iza, por su aporte, conocimientos y gran colaboración en el desarrollo de este trabajo.

A mi novio José Manuel, por ser mi compañero, mi apoyo y por darme los mejores momentos durante el desarrollo de mi tesis. Te quiero mucho.

A mis queridos amigos: José Miguel, Sabrina, Rosmery, Alejandro y Miguel (Perú), con quienes compartí los momentos más difíciles de la carrera, gracias por darme su apoyo, cariño, comprensión, compañía y confianza cuando más la necesité. En especial a mi mejor amigo José Miguel.

A mi compañeros especiales Johenny, Miguel (Tuto), Gerlis (Peludo), Kevin, Jean Michelle, Luiseida, Jhon, Darihelen, la gente del centro de estudiantes del 2005 al 2007, los dinosaurios y mis compañeras de trabajo: Ane, Nore, Zoe, Jacke y Dinora que estuvieron pendiente de mi y me brindaron toda su ayuda cuando la necesité.

**Meza C., Erika P.**

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES  
ALTERNO PARA LA INTERCONEXIÓN DEL SISTEMA DE  
RADARES METEOROLÓGICOS A LA SEDE DEL INAMEH**

**Profesor Guía: Zeldivar Bruzual. Tutor Industrial: Prieto, Lourdes. Tesis Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución INAMEH MINAMB 2008. Trabajo de Grado. 94h +anexos.**

**Palabras Claves:** Sistema de Telecomunicaciones, Radares, plataformas de telecomunicaciones del Estado, Enlaces de microondas, Calidad de servicio, Ancho de Banda.

**Resumen:** Se presenta el desarrollo de una propuesta de diseño de un sistema de comunicaciones alternativo, con el objetivo de estudiar diferentes opciones de comunicación para los 8 radares meteorológicos del instituto INAMEH, basado en las plataformas de telecomunicaciones pertenecientes al estado. Motivado a que estos radares se encuentran en zonas remotas del territorio venezolano y la importancia de mantener una conexión permanente con cada uno de ellos para la descarga de información en tiempo real, con el propósito de elaborar pronósticos y alertas tempranas, este sistema debe cumplir ciertos criterios de calidad de servicio sin representar altos costos de instalación y mantenimiento. Por esta razón se elaboró un estudio de las posibles plataformas de telecomunicaciones estatales que pudiesen prestar sus servicios para la red de transporte de dicho sistema. En base a las propuestas obtenidas y los análisis de factibilidad técnico/económico realizados, se seleccionó la alternativa mas indicada con las necesidades del proyecto, se elaboró una propuesta final estableciendo las características de cada enlace y se seleccionaron los equipos comerciales potenciales. Finalmente se elaboraron las recomendaciones para la mejora de la propuesta entregada.

## INDICE GENERAL

Carta de Aprobación.....	II
Dedicatoria .....	IV
Agradecimientos .....	V
Resumen.....	V
Indice General .....	VII
Indice de Tablas .....	IX
Indice de Figuras .....	X
Lista de Acrónimos .....	XI
Lista de Siglas .....	XII
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	4
INFORMACIÓN GENERAL.....	4
1.1 Antecedentes y Justificación.....	4
1.2 Objetivos.....	7
1.2.1 Objetivo General .....	7
1.2.3 Objetivos Específicos.....	7
1.3 Metodología.....	8
CAPÍTULO II .....	9
PRELIMINARES.....	9
2.1 Radar (definición y características) .....	9
2.1.1 El Radar Meteorológico Doppler .....	10
2.1.2 Tipos y Características de los Radares Meteorológicos:.....	12
2.2 Modelo de Referencia OSI .....	13
2.2.1 Capas del Modelo OSI .....	13
2.3 Redes de Área Amplia WAN. Conceptos Básicos .....	15
2.3.1 Definición.....	15
2.3.2 Dispositivos WAN .....	16
2.3.3 Normas WAN [4].....	17
2.3.4 Tecnologías WAN.....	19
2.4 CABLE OPGW.....	36
CAPÍTULO III.....	39
DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES PRINCIPAL DEL INAMEH.....	39

3.1 Principios de Funcionamiento del Radar METEOR 1500S .....	39
3.1.1 La Red LAN del Radar .....	40
3.2 Descripción del Sistema de Radares del INAMEH.....	41
3.3 Principios de Funcionamiento del Sistema de Radares.....	42
3.5 Características técnicas del Sistema de Comunicaciones Principal del INAMEH.....	44
3.5.1 Ancho de banda.....	44
3.5.2 Acuerdos de niveles de servicio.....	45
3.5.3 Interfaces.....	45
3.6 Diagrama de la RED.....	45
3.7 Características de la red principal.....	47
CAPÍTULO IV.....	49
ESTUDIO DE LAS POSIBLES SOLUCIONES DE LA RED ALTERNA.....	49
4.1 Consideraciones previas para el estudio de factibilidad técnica.....	49
4.2 Recopilación de las posibles soluciones para la red.....	50
4.2.1 Plataformas de transporte.....	50
4.2.2 Descripción de la plataforma satelital de Telecom Venezuela.....	51
4.2.3 Descripción de la plataforma de fibra óptica de CADAFE.....	53
4.2.4 Descripción de la plataforma de CVG EDELCA.....	57
4.3 Recopilación de las posibles soluciones.....	58
4.3.1 Solución con una RED VSAT.....	58
4.3.2 Solución a través de las redes de Fibra Óptica y Microondas.....	63
CAPÍTULO V.....	67
SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN DE COMUNICACIÓN.....	67
5.1 Matriz Comparativa.....	67
5.2 Descripción de la solución.....	69
5.3 Selección de la banda de frecuencia.....	70
5.4 Simulación por Radio Mobile.....	70
5.4.1 Resultados de la Simulación.....	72
5.5 Dimensionamiento de los equipos.....	83
5.5.1 Selección de sistemas comerciales de la última milla.....	83
5.5.2 Modem DSL.....	85
5.6 Diagrama del Sistema de Comunicaciones Propuesto.....	86
Conclusiones.....	88
Recomendaciones.....	90
Referencias Bibliográficas.....	91
Bibliografía.....	93
Anexos.....	95



## INDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1: Tipos y características de los radares meteorológicos.....	12
Tabla N° 2.2: Funciones de las capas del Modelo OSI.....	14
Tabla N° 2.3: Bandas de frecuencias para satélites. ....	25
Tabla N° 2.4: Bandas de frecuencia IEEE-UIT .....	30
Tabla N° 2.5: Valores de las constantes $\alpha$ y $k$ por frecuencia.....	34
Tabla N° 2.6: Valores de los parámetros $a$ y $b$ .....	35
Tabla N° 3.1: Ubicación sede principal .....	43
Tabla N° 3.2: Dirección y coordenadas de los enlaces Radares Meteorológicos .....	44
Tabla 3.3: Características de los enlaces de la Red Principal.....	47
Tabla N° 3.4: Características de la última milla .....	48
Tabla N° 4.1: Recomendación UIT-T G-652 .....	55
Tabla N° 5.1: Matriz de comparación para la selección de la propuesta final.....	68
Tabla N° 5.1: Ubicación de las estaciones de radar y los nodos de red.....	71
Tabla N° 5.2: Valores de las constantes $\alpha$ y $k$ por frecuencia.....	78
Tabla N° 5.4: Cálculos de los enlaces 5.8 GHz .....	80
Tabla N° 5.5: Cálculo enlace Karum a 2.4 GHz.....	80
Tabla N° 5.6: Valores de margen de desvanecimiento .....	81
Tabla N° 5.7: Valores de los parámetros $a$ y $b$ .....	82
Tabla N° 5.8: Cálculos de indisponibilidad y confiabilidad .....	82
Tabla N° 5.9: Cálculos de indisponibilidad y confiabilidad para enlace Karum.....	83
Tabla N° 5.10: Matriz comparativa de los sistemas inalámbricos .....	84

## INDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1: Dispositivos de red WAN .....	17
Figura N° 2.2: Protocolos de capa de enlace WAN.....	18
Figura N° 2.3: Formato de trama STM-1.....	20
Figura N° 2.4: Ejemplo de una Red Satelital .....	23
Figura N° 2.5: Estructura general de un radio enlace .....	28
Figura N° 2.5: Zonas de Fresnell .....	31
Figura N° 3.1: Sistema de telecomunicaciones para los radares meteorológicos .....	46
Figura N° 4.1: Arquitectura de la plataforma satelital de CVG Telecom.....	52
Figura N° 4.3: Tipo de cables OPGW y cable Terminal .....	56
Figura N° 4.4: Mapa del proyecto de red de transporte de banda ancha .....	57
Figura N° 4.5: Vista aérea ubicación de la antena VSAT.....	60
Figura N° 4.5: Construcción civil sitio de radar .....	61
Figura N° 4.6: Ubicación de las antenas VSAT y tipos de enlaces .....	62
Figura N° 5.1: Enlace del Radar de Carúpano a 5.8GHz.....	72
Figura N° 5.2: Enlace del Radar de Geremba a 5.8 GHz.....	73
Figura N° 5.3: Enlace del Radar de Guasdualito a 5.8 GHz .....	73
Figura N° 5.4: Enlace del Radar de Karum a 5.8 GHz. ....	74
Figura N° 5.5: Enlace Radar de Maracaibo a 5.8 GHz.....	74
Figura N° 5.6: Enlace del Radar Puerto Ayacucho.....	75
Figura N° 5.7: Enlace del Radar Santa Elena de Uairén.....	75
Figura N° 5.8: Enlace Sede .....	76
Figura N° 5.9: Atenuación especifica .....	77
Figura N° 5.9: Radio WinLink 1000 para bandas de frecuencias de 2.4 y 5.8 GHz .....	85
Figura N° 5.10: Tipo de Antena a instalar el mástil en la torre del radar .....	85
Figura N° 5.11: Diagrama del sistema de comunicaciones propuesto.....	87

## **LISTA DE ACRÓNIMOS**

AFTN: Aeronautical Fixed Telecommunication Network

BER: Bits Error Rate

CIR: Committed Information Rate.

CUNABAF: Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencia

DTE: Data Terminal Equipment (equipo terminal de datos)

DCE: Data Communications Equipment (equipo de comunicación de datos)

FTP: File Transfer Protocol

IP: Internet Protocol

IDU: Indoor Unit

LAN: Local Area Network

LLC: Logic Line Control

MAC: Medium Access Control

OSI: Open System Interconnection

PSTN: Public Switched Telephone Network

PSK: Phase Shift Keying

QAM: Quadrature Amplitude Modulation

RADAR: Radio Detection and Ranging.

RF: Radio Frecuencia

SONET: Synchronous Optical Network

TCP: Transmission Control Protocol

WAN: Wide Area Network

## **LISTA DE SIGLAS**

CANTV: Compañía Anónima Nacional de Teléfonos de Venezuela

CCITT: Consultative Committee for International Telegraphy and Telephony (Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía)

CRT: Centro Regional de Telecomunicaciones

CONATEL: Comisión Nacional de Telecomunicaciones

DICOFAN: Dirección de Comunicaciones de las fuerzas Armadas

EDELCA: Electrificación del Caroní

IEEE: Institute Electrical and Electronic Engineers

INAMEH: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

INIA: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas

PDVSA: Petróleos de Venezuela

SEMETAVIA: Servicio Meteorológico de la Aviación Militar Venezolana

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones

VENEHMET: Venezuela Hidrometeorológica

## INTRODUCCIÓN

La información meteorológica es un factor de importancia dentro de las actividades de la sociedad aunque a simple vista no se manifieste. En áreas como la agricultura, la construcción, sector energético, salud, turismo etc., es importante tener conocimientos de los parámetros del clima para utilizarlo en favor del desarrollo de estos sectores. Por ejemplo en el sector agrícola, la información agroclimática puede colaborar al incremento de la productividad agropecuaria, automatizando y optimizando el manejo y mantenimiento de los equipos. En el sector energético, el conocimiento de las condiciones hidrometeorológicas y los fenómenos atmosféricos, permitirá mejorar los sistemas de prevención de descargas eléctricas en las líneas de alta tensión. En el sector salud contribuye a la prevención de epidemias provocadas por cambios en el medio. En la construcción, para la mejor planificación de las obras, etc.

En los últimos años en Venezuela y a raíz de los acontecimientos catastróficos generados por los desastres naturales, tales como, la inundación del Río Guaire (1980) y del Río Limón (1987)”, “La Tormenta Brett” (1993), “El Fenómeno El Niño” , la tragedia ocurrida en el mes de Diciembre de 1.999 en el estado Vargas y la más recientemente ocurrida en los días de carnaval 2005 en diferentes estados del territorio (Mérida, Miranda, Lara, Vargas entre otros), se ha generado la necesidad de realizar estudios sistemáticos a fin de estudiar las diversas variables que intervienen en la ocurrencia de estos eventos, para analizar el riesgo, la vulnerabilidad y las posibilidades atención y prevención de los mismos, así como la necesidad de integrar los aportes tecnológicos provenientes de las disciplinas meteorológicas e hidrológicas y de otras áreas.

Actualmente en Venezuela, la información meteorológica es manejada por diferentes instituciones para usos particulares. La forma como se recolecta la información es en muchos casos manual, en la cual operadores meteorológicos deben realizar mediciones y cálculos directamente de los datos arrojados por los equipos convencionales.

Por las razones antes mencionadas, el Ministerio del Ambiente desarrolla el programa de modernización del sistema de medición y pronóstico hidrometeorológico nacional

VENEHMET, mediante el cual se propone la creación del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMEH cuya misión es “Eleva el bienestar social de los venezolanos contribuyendo al desarrollo ambiental y la conservación de los recursos naturales”. En base a este fin, se crean diversos proyectos entre los que se encuentra el Sistema de Comunicaciones del INAMEH, el cual permitirá transportar toda la data hidrometeorológica, tomada por los diferentes equipos ubicados a lo largo del territorio para analizarla y difundirla a diferentes instituciones con el propósito de elaborar reportes de alerta y prevención.

Mediante el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMEH, se pretende alcanzar los siguientes objetivos:

- Entregar observaciones y pronósticos meteorológicos e hidrológicos de forma precisa y oportuna.
- Proveer alertas y prevenciones oportunas en caso de desastres naturales.
- Entregar información en tiempo real, para administrar eficientemente los recursos agrícolas, hídricos, hidráulicos e hidroeléctricos, del sector industrial-comercial y del turismo.
- Mantener, resguardar y suministrar información de registros climatológicos e hidrométricos.
- Proveer un Sistema Óptimo que garantice las operaciones aéreas, civiles y militares entre otros.

Debido a que se requiere impulsar la modernización de los sistemas de recolección de datos meteorológicos, se establecieron los sistemas que serán el soporte tecnológico para los objetivos del INAMEH como son: el *sistema de radares meteorológicos* constituido por ocho (8) radares Doppler, que proporcionarán cobertura a todo el territorio nacional. *El sistema de observación en aeropuertos*, conformado por sensores de registro de información meteorológica ubicados en los aeropuertos más importantes del país. *El sistema de observación de alta atmósfera (radiosondas)*, los cuales colocados al borde de un globo, miden las variables de la atmósfera a medida que asciende a través de ella y las trasmite a través de señales de radio con los datos de las variables meteorológicas siendo

el equipo receptor una antena colocada en una estación terrena encargada de procesarlos y enviarlos a una base de datos.

A través de este programa se desea mejorar la calidad de vida de los venezolanos, contribuyendo a la planificación y prevención de desastres en caso de condiciones ambientales adversas, evitando eventos como el ocurrido en el estado Vargas en el año 1999 y en la zona Andina en el 2005 y salvaguardando la seguridad de la población. Adicionalmente permite proporcionar beneficios económicos mediante el mejoramiento e incremento de la Agricultura, la eficiencia de la Navegación Marítima, Aérea y Fluvial, el progreso en el manejo de los Recursos Hídricos, el incremento de la generación de energía Hidroeléctrica, el desarrollo del Turismo y el mejoramiento de las actividades de los sectores productivos del país.

# CAPÍTULO I

## INFORMACIÓN GENERAL

### 1.1 Antecedentes y Justificación.

A raíz de los acontecimientos ocurridos en la últimas décadas en Venezuela como la tormenta Brett, el fenómeno El Niño, La Niña, El deslave de Vargas y las inundaciones ocurridas en la zona andina del país, se generó en el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente MINAMB la inquietud por modernizar el Sistema de Medición y Pronóstico Hidrometeorológico Nacional, con la intención de minimizar los efectos que se generan por falta de información precisa y detallada, para preservar la seguridad de la población y para el crecimiento de diversos sectores de la economía del país. Sin embargo, actualmente no existe una plataforma de telecomunicaciones integral, que permita unificar toda la data hidrometeorológica del país en una sede única, en la cual se pueda procesar y difundir a las diferentes organizaciones que así lo requieran. No obstante, en instituciones como el Servicio Meteorológico de la Aviación Militar, Electrificación del Caroní EDELCA, La Armada, entre otras, tienen procedimientos particulares para la recolección y transmisión de la información recogida por sus estaciones meteorológicas.

El sistema de captura y transmisión de datos meteorológicos, desarrollado por el Servicio Meteorológico de la Aviación Militar Venezolana (SEMETAVIA) por ejemplo, encargado de garantizar la recolección y difusión de las predicciones Meteorológicas e Informaciones destinadas a las Operaciones Aéreas, Civiles y Militares, así como la información para el público en general y la publicación de los datos climatológicos procedentes de la Red de Estaciones Meteorológicas; posee un sistema de transmisión de data conformado por un grupo de treinta y seis (36) estaciones diseminadas por todo el país, donde se recolectan los datos de forma manual por medio de un observador, el cual



se encarga de emitir la información al CRT (Centro regional de Telecomunicaciones), a través de cualquiera de las siguientes formas:

1. Por línea telefónica CANTV, donde la información es dictada por el observador meteorológico al operador de CRT.
2. Mediante el uso de la red AFTN (Aeronautical Fixed Telecommunication Network). Esta red permite la interconexión de las comunicaciones aeroportuarias, para transmitir los datos necesarios para operaciones en navegación aérea y obligar a todas las estaciones ubicadas en aeropuertos a darle los partes meteorológicos respectivos. En este tipo de operación, los Observadores Meteorológicos de las estaciones del SEMETAVIA tienen acceso a las comunicaciones AFTN para enviar información al CRT.
3. Línea dedicada: canal dedicado desde las estaciones al CRT.
4. Comunicación telefónica línea central inter-bases: se hace uso de las líneas telefónicas internas para la comunicación entre las bases aéreas
5. Comunicación por radio-transmisor. La información se transmite por medio de un radio desde las estaciones sinópticas hasta los centros subcolectores ubicados en Barquisimeto, Guanare y Mérida, para ser transmitidas vía telefónica o por Internet al CRT.
6. Comunicación Internet por medio de la base de datos ICQ.
7. Sin Sistema de Comunicación (SSC): sucede en las estaciones en las que no existe línea de transmisión, ubicadas en zonas remotas del país, para ellas la data es almacenada en un archivo físico, el cual es recogido una vez al mes y descargado en la base de datos del Servicio Meteorológico.

Toda esta información es recolectada diariamente, almacenada en la base de datos de SEMETAVIA y distribuida a Brasil, Argentina y a través de la red AFTN.

La plataforma de comunicaciones de EDELCA por medio del Sistema de Detección y Localización de Descargas Eléctricas Atmosféricas, mejora el sistema implantado por SEMETAVIA. Utiliza 12 sensores ubicados en todo el territorio nacional, de los cuales 10 transmiten la información de la actividad eléctrica través de líneas telefónicas full-duplex con protocolo X25 y dos sensores que emplean el sistema de microondas de EDELCA para transferir la data recolectada. Toda la información es transmitida en tiempo real al Centro de Control ubicado en Caracas.

El presente proyecto se limitará al estudio de una red de telecomunicaciones para el sistema de radares meteorológicos alternativa, debido a que es imprescindible garantizar la transmisión del dato en todo momento, aprovechando las redes que actualmente pertenecen al estado venezolano, específicamente las instaladas por CVG Telecom, Dirección de Comunicaciones de las fuerzas Armadas (DICOFAN), PDVSA, entre otras; causando el menor impacto técnico y económico. Por esta razón, se realizó un estudio de las capacidades de las telecomunicaciones instaladas por estas instituciones, para determinar e identificar la factibilidad de transmitir información a través de las mismas y considerando los requerimientos de calidad de servicio.

## **1.2 OBJETIVOS**

**1.2.1 OBJETIVO GENERAL:** Elaborar una propuesta de Diseño de un Sistema de Comunicación Alternativo, para el transporte de data hidrometeorológica proveniente de ocho radares meteorológicos hasta la sede del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH), el cual se soporte en la plataforma de telecomunicaciones del Estado.

### **1.2.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- Especificar las plataformas de comunicaciones en la que se soportará el sistema de comunicación alterno del INAMEH.
- Establecer los tipos de enlaces que se constituirán atendiendo los niveles de servicio solicitados por el INAMEH.
- Definir los protocolos de red en cada enlace del sistema de comunicación alterno del INAMEH.
- Determinar las interfaces y dispositivos de telecomunicación de marca comercial para el sistema de comunicaciones alterno del INAMEH.
- Analizar la factibilidad técnica y económica de las opciones de enlace que se pueden establecer para el sistema de comunicación alternativo.
- Seleccionar la propuesta de diseño de menor impacto técnico/económico del sistema de comunicaciones alterno del INAMEH.
- Elaborar las recomendaciones para el mejoramiento del sistema de comunicación propuesto.

### 1.3 METODOLOGÍA

***Fase I: Estudios preliminares:*** Consistió en el estudio de los requerimientos de calidad de servicio del sistema de comunicación principal del INAMEH y la recaudación de la información relacionada con las capacidades, alcances geográficos y disponibilidad de las plataformas de comunicaciones del Estado. Se efectuaron recopilación toda la información relacionada con las tecnologías, protocolos, interfaces y dispositivos comerciales de telecomunicación.

***Fase II: Estudio de factibilidad técnica- económica:*** se estudiaron la topografía de las zonas donde se levantarían los enlaces. Seleccionar las plataformas de comunicaciones disponibles para el uso del sistema, cumpliendo con los requerimientos de calidad solicitados por el sistema de comunicación actual del INAMEH. Seleccionó la propuesta de menor impacto técnico-económico por enlace. Se verificó la tecnología de transmisión de la red se transporte, los protocolos y dispositivos de marca comercial, así como el detalle de última milla que se empleará por enlace.

***Fase IV: Presentación de la propuesta del Sistema de comunicaciones:*** para la presentación final de la propuesta, se vincularon todas la soluciones obtenidas y donde se especificará el detalle técnico y la compatibilidad con la red instalada.

***Fase V: Elaboración del informe final:*** Se elaboró el informe correspondiente a los resultados de las fases anteriores, en el cual se presentaron las conclusiones y recomendaciones respectivas.

## CAPÍTULO II

### PRELIMINARES

#### 2.1 RADAR (definición y características)

Acrónimo de **R**adio **D**etection **A**nd **R**anging (detección y medición de distancias mediante ondas radio eléctricas), este dispositivo electrónico creado en un principio para detectar distancias entre objetos como barcos y aviones, basado en la medición del tiempo durante el cual una onda electromagnética, regresa después que chocar con un objeto, fue utilizado por primera vez en la Segunda Guerra Mundial, para detectar aeronaves enemigas. Notándose que su trabajo era imposibilitado por elementos tales como las gotas de agua, conllevó a los meteorólogos a utilizar tal característica para explorar el interior de las nubes y posteriormente investigar las tormentas. [1]

El radar consiste básicamente en cuatro componentes: un transmisor para generar una señal de alta frecuencia, una antena para enviar la señal al espacio y para recibir el eco proveniente del blanco, un receptor para detectar y amplificar la señal, para que sea lo suficientemente potente para ser útil y algún tipo de indicador para permitir a al usuario ver las imágenes detectadas. [1]

Existen varios tipos de radares según el número de antenas: los más actuales son los radares *monoestáticos*, que utilizan la misma antena tanto para la transmisión como para la recepción, dependen de la retro-dispersión para producir un eco que se pueda detectar a partir de un objetivo. La señal de radio que emite el transmisor, es dirigida por la antena altamente directiva y se propaga hacia el exterior a través de la atmósfera. Los objetos que se encuentran en la trayectoria de dicho haz, reflejan, dispersan y absorben la energía. Una pequeña porción de la energía reflejada y dispersada, viaja de regreso a lo largo de la misma trayectoria y es interceptada por la antena receptora.

Los primeros radares usaban un transmisor que generaba la señal en forma continua, se denominaban *biestático*, ya que el transmisor y el receptor se ubican en diferentes zonas, para evitar la saturación del receptor.

El radar emite energía electromagnética en bandas angostas, las cuales se propagan a la velocidad de la luz interactuando con cualquier partícula a lo largo de su trayectoria. Cuando esta onda choca con las partículas de lluvia es parcialmente absorbida, disipada y reflejada, una parte de la energía reflejada regresa al transmisor. El radar entonces mide el tiempo que tarda un pequeño pulso de la señal emitida en chocar contra un blanco y regresar al transmisor. [1]

### **2.1.1 El Radar Meteorológico Doppler**

Es una de las herramientas meteorológicas más importantes usadas actualmente. Se utiliza principalmente para detectar condiciones atmosféricas adversas, que son difíciles de observar y predecir mediante otros instrumentos. Se pueden medir lluvias y calcular la velocidad del viento en la zona baja de la atmósfera.

Cuando las ondas de sonido son transmitidas desde las antenas del radar, pueden entrar en contacto con objetos tales como partículas de polvo o cristales de hielo. Si entran en contacto con un objeto que se aleja del radar, las ondas de sonido serán reflejadas de regreso en una frecuencia disminuida. Si el objeto con el que entran en contacto se mueve en dirección al radar, las ondas de sonido se reflejarán en una frecuencia aumentada. Este efecto se denomina Doppler. [2]

Mediante el radar Doppler, los meteorólogos pueden obtener una visión de las precipitaciones, permitiendo rastrear el progreso de una tormenta en un período de tiempo. Al medir las diferencias en frecuencia entre objetos que se alejan o acercan a su antena, este radar proporciona un buen panorama del movimiento de los vientos. Esta visión se determina mediante la emisión de 3 billones de explosiones de microonda por

segundo. Sus antenas son tan sensibles a las microondas reflejadas que pueden detectar no sólo lluvias, sino polvo, insectos e incluso diferencias en la densidad del aire.

Desde la década del 70 al presente, el radar Doppler ha estado en continua evolución y siendo usado para investigar tormentas severas, tornados, micro-explosiones y también para proporcionar las cantidades exactas de precipitaciones en una zona específica, medir el tamaño de las gotas y ayudar en la predicción de inundaciones. El radar Doppler, en su constante evolución, ayuda a los pronosticadores a mejorar la exactitud de las predicciones meteorológicas. Esta herramienta permite a los meteorólogos estar en contacto cercano con los fenómenos atmosféricos en tiempo real.

### 2.1.2 Tipos y Características de los Radares Meteorológicos:

Tabla N° 2.1: Tipos y características de los radares meteorológicos

Tipos/características	BANDA S	BANDA C	BANDA X
<b>Rango de Frecuencias</b>	2 - 4 GHz	4-8 GHz	8-12 GHz
<b>Longitud de onda</b>	8 - 15 cm	4-8 cm	2.5-4 cm
<b>Radio de cobertura</b>	$0 < r < 240 \text{ Km}$	$r < 120 \text{ km}$	$r < 60 \text{ km}$
<b>Ventajas</b>	No se ven afectados por la atenuación	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Disco de la antena de pequeñas dimensiones.</li> <li>2. Bajo precio</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Muy sensitivos a las partículas de pequeño tamaño.</li> <li>2. Útiles para el estudio del desarrollo de nubes.</li> <li>3. Pequeño tamaño del disco: portabilidad.</li> <li>4. Bajo Precio</li> </ol>
<b>Desventajas</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Necesitan de un disco de grandes dimensiones, así como toda la maquinaria.</li> <li>2. Precio elevado</li> </ol>	Afectados por la atenuación	Afectados por la atenuación



## **2.2 Modelo de Referencia OSI**

Surge debido a la necesidad de proporcionar un estándar que permita a equipos de diferentes fabricantes comunicarse entre si. Existen otros modelos estándares para la comunicación entre equipos, sin embargo en la actualidad la mayoría de los fabricantes de redes relacionan sus productos con este modelo de referencia.

Es un modelo conceptual estándar compuesto por siete capas, las cuales describen como la información debe ser transmitida entre dos o más dispositivos dentro de una red. Cada capa de este modelo es independiente, por lo que las tareas asignadas a cada una son específicas y se pueden ejecutar sin afectar a las demás.

### **2.2.1 Capas del Modelo OSI**

En la siguiente tabla se describen las funciones de cada una de las capas del modelo de referencia OSI:

Tabla N° 2.2: Funciones de las capas del Modelo OSI

N° de Capa	Nombre	Funciones
7	Aplicación	Contiene una gran variedad de protocolos para la transferencias de archivos entre dos o mas equipos como son FTP, login remoto (Telnet y Rlogin), correo electrónico, acceso a bases de datos, etc.[3]
6	Presentación	Garantiza que los datos sean legibles para el receptor. Realiza una sintaxis y semántica de la información transmitida. Se encarga de los trabajos de compresión y codificación de la información. Criptografía. [3]
5	Sesión	Establece, administra y finaliza las sesiones de trabajo. (Una sesión permite al usuario transferir archivos entre diferentes máquinas, realizar un login remoto). Controla el diálogo entre las máquinas: identifica quién habla, como, cuanto tiempo, half duplex (dialogo en una dirección), full duplex (en dos direcciones). [3]
4	Transporte	Procura una comunicación fiable de extremo a extremo, a través del encabezamiento y contenido de las tramas de información. Se encarga de la detección y corrección de fallas. Provee la función de difusión de mensajes a múltiples destino (broadcast). Realiza control de flujo de la información. [3]
3	Red	Proporciona conectividad y selección de la mejor ruta entre los sistemas finales. Realiza control de congestión en la red. [3]
2	Enlace de datos	Es la encargada de enviar paquetes de datos y esta subdividida en dos subcapas MAC y LLC. Transmite la información en formato de paquetes los cuales envía de forma secuencial. Transfiere las tramas de forma confiable y sin errores, para ello utiliza verificación y retransmisión de tramas. Provee control de flujo. [3]
1	Física	Establece las condiciones eléctricas y mecánicas del medio físico en el cual se transportarán los datos. Para ello maneja voltajes y pulsos eléctricos. Transmite los bits de información al medio. Especifica cables, conectores y componentes de interfaz con el medio de transmisión. [3]

La subcapa de la capa de enlace de datos denominadas LLC Control de enlace lógico (Logic Line Control) administra las comunicaciones entre los dispositivos que se conectan por un mismo enlace de Red. Está especificada en la norma IEEE 802.2, la cual define los campos de las tramas que admiten varios protocolos de capas superiores compartan un mismo enlace físico. Soporta servicios orientados y no orientados a conexión.

La subcapa MAC Control de Acceso a Medios (Medium Access Control) administra el protocolo de acceso al medio físico, permitiendo a múltiple dispositivos identificarse entre si de manera única dentro de la capa de enlace.

Las capas del modelo de referencia OSI se pueden dividir en dos categorías fundamentales: las capas superiores y las capas inferiores.

Las capas Superiores: se relacionan con las aplicaciones que generalmente están implementadas en software, que permiten al usuario final poder interactuar con las mismas, específicamente en la capa 7.

Las capas inferiores: se encargan de la transferencia de datos. Las capas física y de enlace de datos se pueden implementar en hardware y software, las restantes se implementan sólo en software. La capa física adicionalmente es más cercana al medio de transmisión de la red física, y es la responsable de colocar la información al medio de transmisión.

## **2.3 Redes de Área Amplia WAN. Conceptos Básicos**

### **2.3.1 Definición**

Las WAN son redes de comunicación de datos que superan los límites geográficos de una red de área local LAN, es decir los equipos se encuentran separados por distancias superiores a las de existentes dentro de una edificación, en el campus de una universidad, etc. Transportan diferentes tipos de tráfico como voz, dato y video. Comúnmente para que una empresa o institución requiera transportar información a diferentes ciudades, debe solicitar los servicios de una operadora de servicios WAN.

Para transmitir información en estas redes el usuario deberá comprar o alquilar de un DTE (equipo terminal de abonado) el cual se conectará a la central telefónica del proveedor de servicios más cercana, por medio de un enlace denominado última milla. Para que la información pueda trasladarse por la última milla de la red se requiere un módem llamado en comunicación DCE (equipo de comunicación de datos), cuyo propósito principal es suministrar una interfaz entre un DTE y la nube WAN, que utilice protocolos de capa física (modelo OSI) que permita establecer parámetros físicos y eléctricos para transportar señales entre los dispositivos.

Las redes WAN utilizan tecnologías que operan en las tres capas inferiores del modelo OSI, como son: la capa física, la capa de enlace de datos y la capa de red.

### **2.3.2 Dispositivos WAN**

Las WAN se componen de muchas redes LAN interconectadas, que se encuentran separadas por grandes distancias geográficas. Las WAN dependen de ciertos dispositivos que sirven de interfaz entre estas redes, para llevar a cabo el intercambio de paquetes y tramas de datos, para conectar una o más LAN se requieren de dispositivos conocidos como routers, switches y módems.

- **El router** utiliza información de capa de red (modelo OSI) para enviar la información a la interfaz WAN más apropiada, estos dispositivos activos y dinámicos permiten administrar la red, suministrando un control dinámico sobre los recursos y dando soporte a las tareas y objetivos de las redes. Algunos de estos objetivos son: conectividad, desempeño confiable, control de administración y flexibilidad. [3][4]
- **Los switches** utilizan el ancho de banda de la red WAN para transmitir señales de voz, datos y video. [4]

- **Los módems** transmiten datos a través de las líneas telefónicas de grado de voz, modulando y demodulando la señal. Las señales digitales se superponen en la señal analógica de la voz que se modula para su transmisión. Si se enciende el altavoz del módem interno, la señal modulada se oye como una serie de silbidos. En el destino, las señales analógicas se convierten a su forma digital de nuevo, o se demodulan. [3][4]
- **Los servidores de comunicaciones**, concentran la comunicación de usuario en el acceso telefónico entrante y en el acceso remoto a una LAN. Proporcionan capacidad de trabajo mejorando el rendimiento de la red. [4]

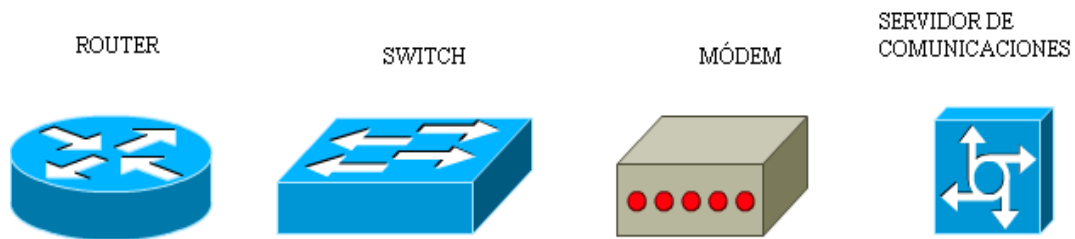


Figura N° 2.1: dispositivos de red WAN

### 2.3.3 Normas WAN [4]

El modelo OSI específicamente las capas 1 y 2, rigen los estándares en los que se enfocan las redes WAN, los cuales corresponden a las conexiones físicas y eléctricas de los enlaces así como el direccionamiento físico, el encapsulamiento y el control de flujo. Los estándares empleados en la red WAN son definidos y administrados por una serie de autoridades reconocidas, como las siguientes:

- Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T), antiguamente denominado Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico (CCITT).
- Organización Internacional de Normalización (ISO).

- Fuerza de Tareas de Ingeniería de Internet (IETF).
- Asociación de Industrias Electrónicas (EIA).

Los protocolos de capa física (capa 1) indican como deben ser las conexiones eléctricas, mecánicas, operativas y funcionales para brindar los servicios de comunicaciones. Los estándares de más usados son:

- EIA/TIA 232: con velocidad máxima de 115200bps, conector tipo D25, para distancias cortas, llamado RS-232 o v.24 por la ITU.
- EIA/TIA 449/530: hasta 2Mbps, conector D36, para distancias un poco mas extendidas que el RS-232, conocido también como RS-422 y RS-423.
- EIA/TIA 613/613: interfaz de altas velocidades HSSI 54Mbps, conector D60.
- V.35: estándar UIT-T con velocidad máxima de 2.048 Mbps, para comunicaciones síncronas, el conector es de 34 pines.
- X.21: estándar de la UIT-T, para comunicaciones síncronas, usa un conector de 15 pines.

Los protocolos de capa de enlace de datos (capa 2), definen como deben ser encapsulados los datos para la transferencia de datos a lugares remotos y los mecanismos de transferencia de las tramas resultantes.

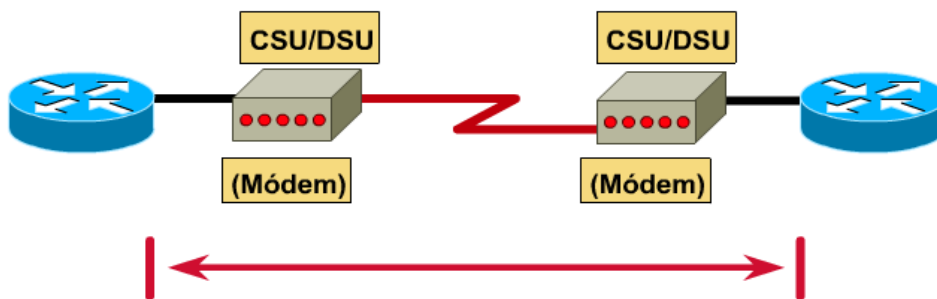


Figura N° 2.2: Protocolos de capa de enlace WAN

## **2.3.4 Tecnologías WAN**

### **2.3.4.1 SDH**

Es una tecnología que permite el transporte en capa física (modelo OSI) de gran cantidad de datos, gestionando la transmisión de forma eficiente. En un enlace SDH, pueden ser insertados paquetes de información con cabeceras para su correcta entrega a su destino, conociendo así el comportamiento del paquete durante su recorrido.

Este protocolo define todo los elementos necesarios para transportar los paquetes, dentro de estos elementos se puede mencionar, la estandarización del uso eficiente de las interfaces ópticas y radioeléctricas, la multiplexación digital, la sincronización, los esquemas de protección y la gestión de la red.[3][5]

#### **2.3.4.1.1 Módulo de transporte Síncrono (STM-N)[5]**

El módulo STM, denominado así por sus siglas en inglés (Synchronous Transfer Module-Modulo de Transferencia Síncrono), es donde va contenida la información que va a ser agregada a la red SDH. Un contenedor es un elemento básico de carga, conformado por bits de información. Cada paquete de tráfico está asociado a un origen y un destino, por lo tanto debe llevar una información asociada a estos y además a la ruta que recoge, denominada cabecera. La unidad obtenida de empaquetar en contenedor con su cabecera se denomina Contenedor Virtual CV.

La señal básica del SDH es el STM-1, que consiste en un CV de 155.2 Mbps. Si se concatenan en múltiplos de 4 la señal STM-1 se obtienen mayores tasas de transmisión, como son STM-4 (622.8 Mbps), STM-16 (2.49 Gbps), STM-64 (9.95 Gbps). En la red SDH existen canales de gestión donde se transmiten bytes de información asociados a los

elementos de la red, estos canales permiten tener control en la transmisión, fallas y alarmas entre nodos adyacentes.

El formato del marco STM-1 se describe como una matriz de 9 filas 270 bytes, cada uno con 270 columnas X 9 filas, donde la información es transmitida byte por byte. Desde la primera fila hasta la novena, examinando de izquierda a derecha. El marco completo es transmitido 125 microsegundos

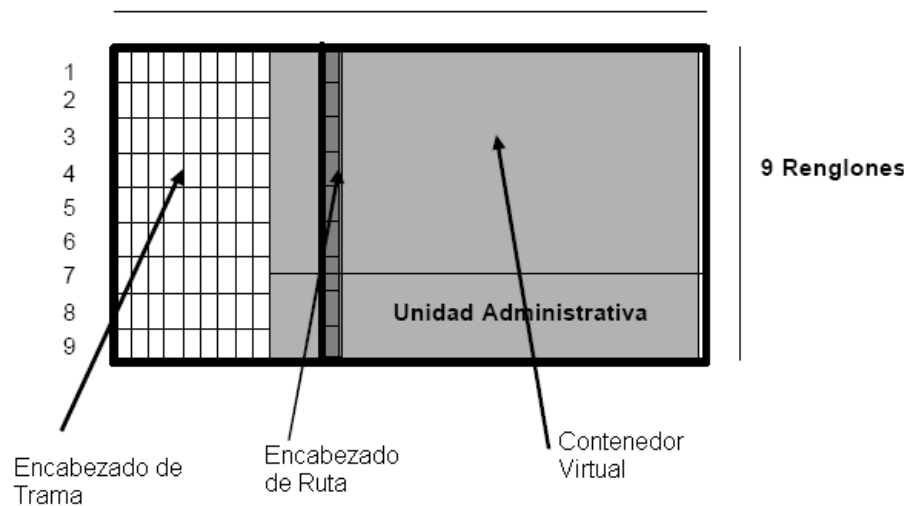


Figura N° 2.3: Formato de trama STM-1

Debido a que en una red SDH opera en forma síncrona, las velocidades en los canales de transmisión no varían en absoluto, esto permite que se puedan agrupar varios canales de transporte STM-1, sin necesidad de emplear mas bits de justificación como en las redes PDH.

*Encabezado de sección:* las primeras 9 columnas de la trama STM-1 corresponden al encabezado de sección, el cual transporta información de control y gestión que son intercambiados con los nodos adyacentes dentro de la red. Algunos de los bytes no están definidos ya que pueden ser usados para aplicaciones propietarias o uso gubernamental.



También existen bytes definidos para canales de voz, que son útiles para operación y mantenimiento de la red SDH.

*Cabecera de ruta POH:* son bytes de información de camino que mantienen y controlan el flujo de la información de extremo a extremo.

*Contenedor Virtual:* compuesta por un arreglo de 9x261 bytes, donde se encuentra la información de los tributarios en contenedores virtuales CV los cuales son multiplexados.

#### **2.3.4.2 ADSL**

Pertenece a la familia de tecnologías xDSL, las cuales utilizando códigos de línea adecuados permiten transmitir información a grandes velocidades por medio de pares trenzados. Utiliza algoritmos de codificación de línea que permiten dividir el espectro definitivamente entre las señal de voz y de datos.

ADSL como sus siglas lo indican Asymmetric Digital Subscriber Line (Línea de abonado digital asimétrica), utiliza características de transmisión diferentes, es decir el ancho de banda destinado para la recepción de datos es menor que la destinada para el envío de datos desde la estación de abonado o PC. Puede manejar velocidades (anchos de banda) hasta de 2Mbps

##### **2.3.4.2.1 Características**

Un circuito ADSL conecta un MODEM ADSL en cada extremo de la línea telefónica convencional, creando tres canales de información: un canal de bajada de alta velocidad, un canal dúplex de mediana velocidad y un canal para la voz. Las velocidades manejadas por el canal de alta velocidad alcanzan rangos de 1.5 Mbps y 6.1 Mbps, para el canal dúplex de 16 Kbps a 640 Kbps. Estos módem soportan protocolos IP y transporte ATM.

Utiliza un filtro separador de bandas denominado Splitter colocado en la línea o cable de abonado. El splitter permite conectar en uno de sus extremos la línea telefónica y en el otro el equipo módem, el cual que permite la que los datos puedan ser leídos por la estación de trabajo o PC.

Las velocidades de bajada dependen de diferentes factores como, longitud de la línea y frecuencia las cuales atenúan la señal en las líneas.

Esta técnica puede ser posible gracias a esquemas de modulación bidimensional como CAP (Carrierless amplitude/phase) o DMT (Discrete Multi-Tone). El esquema CAP utiliza una sola portadora en cada sentido de transmisión, la cual modula en amplitud y fase. DMT procura utilizar la máxima capacidad del canal, dividiéndolo en sub-canales cada uno modulados en amplitud y phase. Los bits de datos son adaptados a la capacidad real de dicho sub-canal dada por la relación señal/ruido del mismo.

### **2.3.4.3 Satélite**

Esta tecnología permite comunicar a distintos usuarios por medio de terminales pequeños denominados VSAT a través de enlaces entre ellos y un satélite en cualquier punto del planeta.

Las VSAT Very Small Terminal Aperture (Terminal de Apertura Muy Pequeña) es una estación terrena de pequeño tamaño, capacidad y potencia, que permite la comunicación vía satélite, de forma digital o no, para la transmisión de datos como voz, video de baja velocidad en forma confiable.

#### **2.3.4.3.1 Componentes del sistema VSAT [6]**

Consta de tres componentes principales: La estación Central denominado también HUB o Concentrador, la estación satélite y las estaciones terrenas o VSAT localizadas en diferentes regiones. El concentrador y las estaciones terrenas llevan a cabo funciones de

manejo de canales de comunicación y transmisión de información ida y vuelta (Full Duplex).

El desempeño de la antena tanto de la estación central como de las VSAT dependen del parámetro denominado EIRP (Potencia Efectiva Irradiada Isotrópica) en el modo de transmisión, y en el modo de recepción la figura de mérito G/T, ambos parámetro dependen del tamaño de la antena la cual es directamente proporcional con el desempeño del sistema.

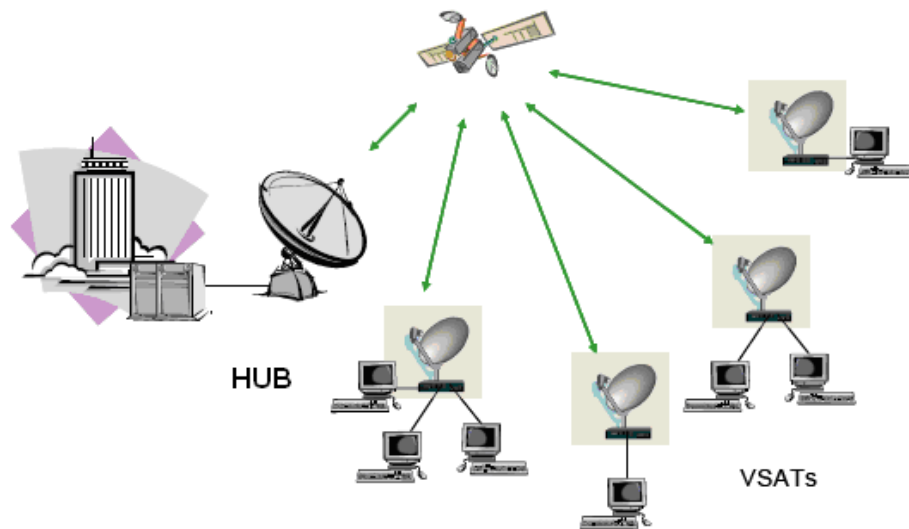


Figura N° 2.4: Ejemplo de una Red Satelital

**Estación Central HUB:** controla las operaciones de la red. Se encarga del proceso de conmutación para interconectar la red y encaminar el tráfico. Procesa la señal recibida regenerando la data y retransfiriendo la data a través del transmisor de alta potencia a las estaciones terrenas VSAT que lo soliciten con los niveles de potencia requeridos. La estación central comúnmente está conectada a la sede principal del oferente del servicio.

Se pueden manejar conexiones con un salto o con doble salto. En la conexión con un solo salto la data es intercambiada entre la estación terrena y la estación central. En una conexión de doble salto la estación VSAT accede otra vez al HUB.

Debido a la capacidad limitada de la estación VSAT es necesario que la estación central tenga la capacidad necesaria para compensar las desventajas del Terminal remoto, como

antenas de gran tamaño, amplificadores de alta potencia y dispositivos receptores de baja temperatura de ruido.

Los Componentes de la Estación Central son: Unidad RF y unidad interna IDU (indoor unit).

*La unidad RF (Radio Frecuencia):* se encargan de transmitir y recibir las señales, esta conformado por la antena, el transmisor y el receptor.

La antena de la estación central puede soportar mas de una VSAT, posee un reflector principal, un alimentador, un circulador (dispositivo capaz de separar la señal de transmisión y de recepción de la antena), los mecanismos para la manipulación del movimiento de la antena y el pedestal. El tamaño de la antena varía según los requerimientos de la red, la superficie del reflector se optimiza para una mejor confiabilidad y desempeño, como por ejemplo alcanzar una alta eficiencia y ganancia en la dirección del satélite con bajos niveles de pérdida debido a la radiación de la señal hacia otras direcciones.

Las Antenas VSAT pueden ser bi-direccionales, utilizan un transductor enrutador que lleva la señal proveniente del transmisor hacia la antena para el enlace de subida al satélite, mientras que la señal proveniente de la antena (enlace de bajada) la enruta hacia el receptor. La señal emitida y la recibida viajan en frecuencias diferentes. Las bandas típicas utilizadas son la C y Ku con antenas que van desde 5 hasta 11 metros de diámetro.

*La unidad interna IDU (Indoor Unit-Unidad Interna):* permite administrar la red y se conecta a la computadora para analizar la naturaleza de cada conexión, realizando labores de verificación y procesamiento de protocolos, apoyada en la base de datos del sistema HOST COMPUTER donde se encuentra el sistema de monitoreo y control de la red NMS (Network Management System) que controla y dirige las operaciones del sistema.

***El satélite geoestacionario:*** tiene un órbita circular alrededor del plano ecuatorial a una altura de 35700 Km y un período de rotación al igual que el de la tierra, de esta forma de ve la tierra desde la misma posición. El satélite tiene un sistema de monitoreo y control

para poder informar el centro de control terrestre sobre la posición y condición operativa, por lo tanto puede corregir la posición del satélite.

El transponder recibe amplifica y convierten de frecuencia y retransmiten las señales provenientes de la tierra. La cantidad de información que puede ser procesada por este dispositivo depende del tipo de información ya sea voz, datos o video, del tamaño de la antena terrestre y de la modulación empleada. Los transpondedores típicos manejan anchos de banda de 36 a 72 MHz con niveles de EIRP de 30 a 52 dBW, que es la potencia isotrópica irradiada desde el satélite.

Las antenas satelitales, irradian las señales emitidas por el satélite a una frecuencia y recogen las señales provenientes de las estaciones terrestres en una frecuencia distinta. Las dimensiones de la antena están determinadas por parámetros como ganancia, dirección, radiación y huella de la señal transmitida.

Tabla N° 2.3: Bandas de frecuencias para satélites.

Banda	Tipo de enlaces		Antena Típica	Mercado Objetivo
	descendente	ascendente		
C	4 GHz	6 GHz	2.4 m	Operadores de telefonía y TV
Ku	11.12 GHz	14 GHz	1m	Empresas, TV residencial
Ka	20 GHz	30 GHz	0.6 m	Servicios de Banda ancha

**Equipos terminales VSAT:** este equipo se compone de una antena, una unidad externa (outdoor), una unidad interna (indoor),

La antena con línea de vista al satélite, posee ganancias que está en el orden de 31 y 38 dB para la banda C, para la banda Ku de 41 a 48 dB, usualmente están hechas de aluminio o fibra de vidrio y debe ser colocada en azoteas, paredes o piso firme.

La unidad externa (ODU) es la interfaz entre el satélite y la VSAT, está constituida por un sistema de alimentación para dirigir y recibir la señal de microondas junto con un transmisor amplificador de potencia, un conversor de frecuencia ascendente y descendente de bajo ruido, para recibir la señal con un mínimo de interferencia. Está

compuesta por los siguientes elementos: amplificador de transmisión, receptor de bajo ruido, sintetizador de frecuencia, osciladores (para variar la frecuencia), duplexor y amplificador de potencia.

La unidad interna (IDU), es la interfaz entre la VSAT y el Terminal de usuario o LAN del usuario, maneja las señales a frecuencia intermedia.

#### **2.3.4.3.2 Principio de funcionamiento de una red VSAT [6]**

El satélite funciona como un repetidor de radio frecuencia, donde se recibe la información se amplifica y se transmite a una frecuencia diferente. Las operaciones centrales se llevan acabo en tierra, el concentrador controla todas las operaciones de la red, mientras que las estaciones terrenas deben tener línea de vista directa al satélite. Las configuraciones típicas son: estrella con configuración bidireccional o unidireccional y malla.

En la configuración estrella todos los terminales VSAT se conectan a un concentrador HUB, cada una de las estaciones generalmente se encuentran dispersas en sitios remotos. Esta red es controlada por la estación central y puede manejar conexiones con un salto o con salto doble; en la conexión con un solo salto la data es intercambiada entre la estación remota y el concentrador; en la conexión con doble salto, la señal viaja de una VSAT a otra a través del concentrador.

La configuración Malla: esta red permite dar conectividad a un volumen de VSATs relativamente alto, donde cada VSAT debe ser capaz de transmitir y enviar ráfagas multi-acceso. Generalmente este tipo de configuración permite conectar compuertas (Gateways) de las LAN. La ventaja es que el retardo es menor que en una red de doble salto aunque requiere de un equipamiento adecuado como amplificadores de mayor potencia y antenas de mayor diámetro, lo que implica mayores costos.

Técnicas de acceso utilizadas por la tecnología VSAT son TDMA, FDMA y CDMA.

- **FDMA** (Acceso múltiple por división en frecuencia): Se divide la banda de paso en sub-bandas o canales que se asignan dinámicamente.
- **TDMA** (Acceso múltiple por división en el tiempo): El tiempo se divide en ranuras que gastan la totalidad del ancho de banda. Un inconveniente es que requiere sincronismo entre todos los terminales conectados a la red.
- **CDMA** (Acceso múltiple por división de código): Se emplea la técnica del espectro ensanchado mediante la utilización de un código. Uno de los problemas principales de este sistema es el desperdicio de ancho de banda pero a cambio protege contra interferencias.

#### **2.3.4.3.3 Acceso al medio en redes con configuración en estrella.**

Las redes en ESTRELLA están compuestas por N VSAT y una estación maestra o concentrador. Cada VSAT puede transmitir y recibir K canales correspondientes a las conexiones de los terminales unidos al VSAT. El concentrador por su lado debe poder transmitir y recibir NK canales atendiendo a todos los VSAT. El ancho de banda del transponedor está dividido en dos. La primera banda está dedicada a los enlaces desde los VSAT hacia el concentrador (Inbound). La otra banda atiende los enlaces del concentrador hacia los VSAT (Outbound).

#### **2.3.4.4 Microondas**

Son sistemas de transmisión que emplean ondas electromagnéticas a través del medio no guiado. El término microondas se utiliza para identificar todas aquellas ondas electromagnéticas que comprenden el rango de frecuencias entre 3 y 300 GHz, cuya longitud de onda va desde 1 mm hasta 1m. Tienen las siguientes características.

- Las microondas son usadas para enlaces punto a punto, de difusión y punto-multipunto.

- Generalmente se emplean con visibilidad directa entre las antenas de emisión y recepción.
- Existen enlaces de radio digitales de baja, media y gran capacidad.
- Bajo costos del servicio, esto incluye equipos instalación, mantenimiento y puesta en marcha.
- La distancia es un factor limitante es la distancia a cubrir, donde el trayecto de estar libre de obstáculos para evitar los desvanecimientos de la señal.
- Tanto las estaciones terminales como las repetidoras se deben ubicar en sitios de fácil acceso, como carreteras donde exista acometida eléctrica.

Un radio enlace está constituido por equipos terminales (transmisor y receptor) y los repetidores intermedios de ser necesarios, los repetidores permiten amplificar, cambiar la frecuencia del radiocanal, redireccionar la señal y en otros casos regenerar la señal digital.[6]

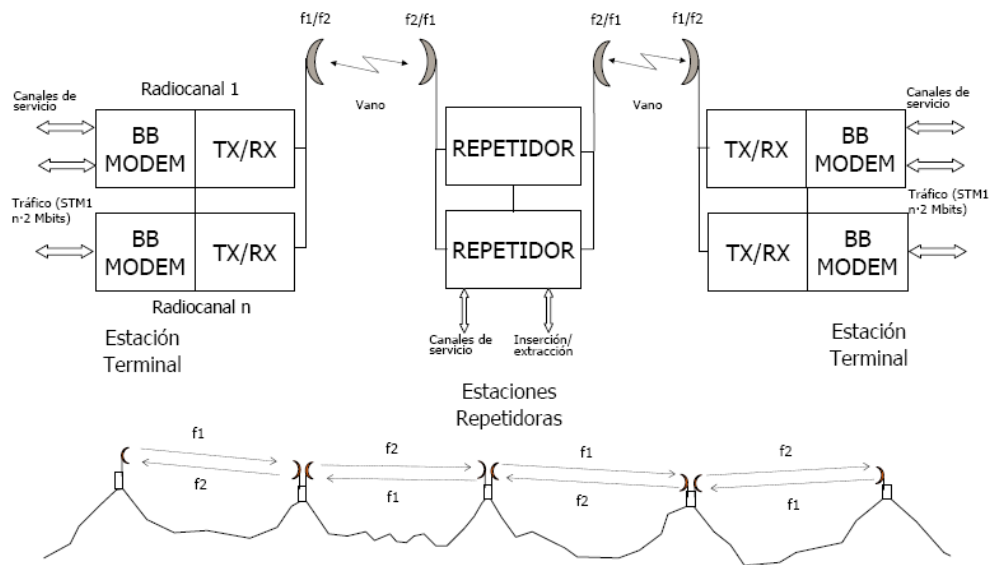


Figura N° 2.5: Estructura general de un radio enlace.



#### **2.3.4.4.1 Factores que determinan el alcance de un enlace de microondas.**

- Potencia del transmisor sensibilidad del receptor
- Frecuencia de operación, a mayor frecuencia mayor será la atenuación de la señal
- Ganancia de las antenas, este factor depende de las dimensiones de la misma y la frecuencia de operación.
- Las pérdidas del sistema como, pérdidas del espacio libre, en los alimentadores (cables) y en los conectores.

#### **2.3.4.4.2 Factores a tomar en cuenta para planificación de un radioenlace. [6]**

Naturaleza de la información a transmitir, ya sea datos, voz o imágenes, señales de control etc. Ya que debe ser capaz de transmitir la información con los niveles de servicios requeridos.

*Evaluación de las necesidades del proyecto;* se debe tomar en cuenta si el medio satisface los todas las necesidades y requerimientos.

*Elección de la mejor ruta;* para ello se deben tomar en cuenta las limitaciones de distancias, puntos de interferencias electromagnéticas, canalizaciones internas y externas, las necesidad de usar repetidoras.

*Elección de la frecuencia.* El espectro radio radioeléctrico es un recurso que debe ser bien administrado por eso existen regulaciones que dividen el espectro según el consejo consultivo de internacional de comunicaciones de radio CCIR 1953 a su vez cada división tiene sus usos específicos, dados por las recomendaciones de la IEEE y la UIT y se muestran mediante el siguiente cuadro.

Tabla N° 2.4: Bandas de frecuencia IEEE-UIT

Banda	Nombre	Frecuencia	Longitud de onda	Aplicaciones
ELF	Extremate low Frecuency	30-300 Hz	10-1 Mm	
ULF	Ultra low Frecuency	300-3000 Hz	1-0.1Mm	
VLF	Very low Frecuency	3-30 KHz	100-10 Km	Navegación, sonar
LF	Low Frecuency	30-300 KHz	10-1 Km	Navegación, balizas
MF	Medium Frecuency	300-3000 KHz	1-0.1 Km	Radio difusión AM
HF	High Frecuency	3-30 MHz	100-10 m	Telefonía, aficionados
VHF	Very High Frecuency	30-300 MHz	10-1 m	TV, FM, móviles
UHF	Ultra High Frecuency	300-3000 MHz	100-10 cm	TV, móviles
SHF	Supra High Frecuency	3-30 GHz	10-1 cm	Radioenlaces, satélites
EHF	Extreme High Frecuency	30-300 GHz	10-1 mm	Radioenlaces, satélites
	Decimilimétricas	300-3000 GHz	1-0.1 mm	Experimentación

*Trazado de perfiles;* se realizan usando plano y mapas con las diferentes alturas del terreno. Una vez determinados los extremos del enlace se toman las distancias de los picos más predominantes y se toma en consideración la curvatura terrestre por medio del parámetro K. Para considerar las zonas de despeje, se debe tomar en cuenta los criterios de despeje de Fresnell.

La determinación de la zona de Fresnell es muy importante así como determinar la línea de vista del enlace. La primera zona de Fresnell contribuye a la propagación de la onda, mientras que la segunda posee el efecto contrario. Se debe cumplir una obstrucción máxima del 40% de La primera zona, pero la máxima recomendada es 20 %. Si se toma en cuenta la curvatura ficticia de la tierra de  $K=4/3$  se debe considerar un 100% de despeje. [7]

La fórmula genérica de cálculo de las zonas de Fresnell es:

$$R_n = \sqrt{\frac{\lambda \cdot n \cdot d_1 \cdot d_2}{d_1 + d_2}} \quad d_1, d_2 \gg R_n \quad \text{Ec 2.1}$$

Donde;

$R_n$ : radio de de la enésima zona de Fresnell

$n$ : número de la zona a la cual pertenece el radio a calcular

$\lambda$ : longitud de onda.

$d_1$ : distancia del transmisor al plano o al obstáculo

$d_2$ : distancia del receptor al plano

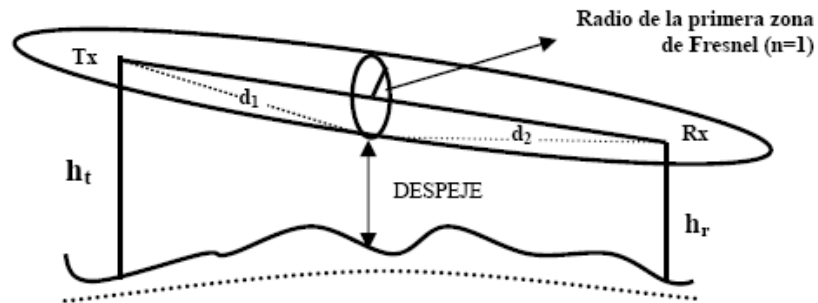


Figura N° 2.5: Zonas de Fresnell

#### 2.3.4.4.2 Cálculos de los enlaces

**Potencia recibida en condiciones de espacio libre:** La atenuación en espacio libre se debe a las expansiones de las ondas electromagnéticas en el espacio y al tamaño físico de las antenas. Los medios naturales introducen otras atenuaciones u otras pérdidas que deben añadirse para la debida al espacio libre, para poder modelar el medio a estudiar. Se tiene entonces que la potencia recibida en condiciones de espacio libre mediante la expresión:

$$Pr = Pt - A_T \quad \text{Ec 2.2}$$

Donde  $P_t$  es la potencia del transmisor y  $A_t$  son las atenuaciones totales que sufre la señal.

**Atenuación de espacio libre:** para determinar las pérdidas por propagación en espacio libre, se supone un medio isótropo, homogéneo e ilimitado transmitiendo a una potencia  $P_t$  a través de una antena transmisora y una receptora con ganancia  $G_t$  y  $G_r$  respectivamente se define la fórmula de Friis como, [8]

$$A_{el}(dB) = 20 * \log R(Km) + 20 * \log f(MHz) + 32.45 \quad \text{Ec 2.3}$$

Esta fórmula es solo aplicable en campo lejano, es decir cuando  $d \gg \frac{2D^2}{\lambda}$  donde  $D$  es el diámetro de la antena y  $\lambda$  es la longitud de onda.

**Atenuación por absorción atmosférica:** la presencia de gases y vapor de agua producen un efecto de absorción de energía de las ondas electromagnéticas, al entrar en resonancia con ciertas moléculas a determinadas frecuencias, produciendo atenuaciones que pueden llegar a ser considerables. La ecuación que define a la absorción debida a los gases en enlaces terrenos es la siguiente: [9]

$$A_{atm}(dB) = \gamma_a (dB / Km) * d(Km)$$

$$\gamma_a = \gamma_o + \gamma_w \quad \text{Ec 2.4}$$

$$\text{Ec 2.5}$$

Donde  $\gamma_a$  es la suma de la atenuación específica del oxígeno  $\lambda_o$  y del vapor de agua  $\lambda_w$

**Atenuación por lluvia:** Las partículas de agua contribuyen a las pérdidas de niveles de potencia de una onda electromagnética.

Según la recomendación de la UIT-R P.838-3[10] el modelo para determinar la atenuación específica debida a las precipitaciones se obtiene de las siguientes expresiones:

$$A(R) = \gamma(R, f) * L_{efc} \quad \text{Ec 2.6}$$

$$\text{Donde } L_{efec} = \frac{d}{1 + \frac{d}{d_0}}, \quad \text{Ec 2.7}$$

$$d_o = 35 * e^{-0.015 * R} \quad \text{Ec 2.8}$$

$$\gamma(R, f) = k * R^\alpha \quad \text{Ec 2.9}$$

Donde se debe tener la intensidad de lluvia **R** (mm/h) ocurrida durante diferentes porcentajes de tiempo (0.01%) de un año medio y los valores de las constantes  $\alpha$  y  $k$ , obtenidas por medio de la tabla N° 2.5.

Tabla N° 2.5: Valores de las constantes  $\alpha$  y  $k$  por frecuencia.

Frecuencia (GHz)	$k_H$	$\alpha_H$	$k_V$	$\alpha_V$
1	0,0000259	0,9691	0,0000308	0,8592
1,5	0,0000443	1,0185	0,0000574	0,8957
2	0,0000847	1,0664	0,0000998	0,9490
2,5	0,0001321	1,1209	0,0001464	1,0085
3	0,0001390	1,2322	0,0001942	1,0688
3,5	0,0001155	1,4189	0,0002346	1,1387
4	0,0001071	1,6009	0,0002461	1,2476
4,5	0,0001340	1,6948	0,0002347	1,3987
5	0,0002162	1,6969	0,0002428	1,5317
5,5	0,0003909	1,6499	0,0003115	1,5882
6	0,0007056	1,5900	0,0004878	1,5728
7	0,001915	1,4810	0,001425	1,4745
8	0,004115	1,3905	0,003450	1,3797
9	0,007535	1,3155	0,006691	1,2895
10	0,01217	1,2571	0,01129	1,2156
11	0,01772	1,2140	0,01731	1,1617
12	0,02386	1,1825	0,02455	1,1216

**Margen de desvanecimiento Plano (flat fade margin):** Es la diferencia entre la potencia recibida en espacio libre y la sensibilidad del receptor. Mientras mayor sea este valor se asegura que la comunicación no será interrumpida.

El margen de desvanecimiento se obtiene de la siguiente expresión:

$$M_d = P_{rel} - S_B \quad \text{Ec 2.10}$$

**Indisponibilidad y confiabilidad de un enlace:** La indisponibilidad son las interrupciones o el comportamiento degradado durante un tiempo mayor que un valor de referencia, dependiendo del enlace en cuestión. Para un enlace la indisponibilidad no debe superar al 0.3% en un año. La confiabilidad es el parámetro inverso a la indisponibilidad,

Estos parámetros permiten predecir la eficiencia del enlace, para ello se seleccionó el método de Viganz Barnett, el cual es un procedimiento muy robusto para predecir el

comportamiento de los enlaces, tomando en consideración las características del terreno, las condiciones climáticas y topográficas de la zona y el margen de desvanecimiento de los enlaces.

Los porcentajes de indisponibilidad (P) y confiabilidad (C) se determinan a través de las ecuaciones 2.10 y 2.11.

$$P(\%) = 6 \times 10^{-5} \cdot a \cdot b \cdot f \cdot d^3 \cdot 10^{\frac{-Md}{10}} \quad \text{Ec 2.11}$$

Para que el enlace digital sea aceptable la indisponibilidad no debe superar 0.036%. [7]

$$C(\%) = 100 - P(\%) \quad \text{Ec 2.12}$$

Los valores de a y b se determinan según las características del terreno y el clima de la zona de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla N° 2.6: valores de los parámetros a y b

<b>a=</b>	4 superficies muy húmedas, paso sobre agua
	1 Terreno poco rugoso
	1/4 Paso por montañas, terreno rugoso o muy seco
<b>b=</b>	1/2 Áreas húmedas y calientes como golfos y costas
	1/4 Clima nórdico o temperatura normal
	1/8 Zona montañosa o clima seco

Donde,

f=frecuencia en GHz

d= distancia del enlace en Km

Md= Margen de desvanecimiento dB

P(%)= porcentaje de Indisponibilidad

C(%)= porcentaje de confiabilidad Espacio frecuencia

**Disponibilidad:** Según la recomendación de la UIT-R F.1703<sup>1</sup> la disponibilidad de un enlace debe cumplir los objetivos, determinados mediante la ecuación dada a continuación, válida para enlaces de corto alcance, menor a 50Km. Donde L es la distancia del enlace en Km. [7]

$$A = 1 - (B5 \frac{Lenlace}{L_R} + C5) = 1 - (0 \frac{L}{2500} + 5 \times 10^{-4}) = 0,9995 \quad \text{Ec 2.13}$$

Esto corresponde a una disponibilidad de 99,95 % es decir una indisponibilidad de 263 min/año.

Para un tramo mayor a 50 y menos a 250Km debe cumplir que

$$A = 1 - (B6 \frac{Lenlace}{L_R} + C6) = 1 - (0 \frac{L}{2500} + 4 \times 10^{-4}) = 0,9996 \quad \text{Ec 2.14}$$

## 2.4 CABLE OPGW

Este cable compuesto de fibra óptica especializada, está constituido por un núcleo de aluminio flexible , dentro del cual se concentran los tubos buffer, que permiten a la fibra óptica distribuirse entre ellos en números de 6,12,16,24 o 48 fibras.

Está diseñado para extenderse hasta 10 Km, reemplazando al cable de guarda existente en la red de transmisión eléctrica, permitiendo un doble uso real aprovechando los recursos de la torre de transmisión eléctrica.

La fibra óptica integrada cumple sobradamente con los requerimientos CCITT G652, para fibra monomodo y con la recomendación G655 para la dispersión desplazada.

---

<sup>1</sup> Año 2005. Esta recomendación cumple las recomendaciones UIT-T G.827, UIT-R G.557, UIT-R G.695 entre otras



Individualmente las fibras ópticas son protegidas por una cubierta de plástico que protege los daños físicos, ambientales y por efecto de manipulación de la misma.

El tubo buffer esta relleno de un agente thixotropico para evitar exponer la fibra a efectos provenientes de la humedad exterior. Este tubo de plástico, esta helicoidalmente insertado alrededor del núcleo de aluminio. Así mismo el cable OPGW esta recubierta exteriormente por núcleo de aluminio, colocados de manera helicoidal alrededor del núcleo principal.

La construcción básica tiene elementos de compresión consistentes en acero aluminizado e inclusive puede incorporar Aluminio 1350-H19, conforme a las reglas ASTM B415, si así se desea solicitar.

La temperatura operacional es de  $-40^{\circ}\text{C}$  hasta  $85^{\circ}\text{C}$  y esta diseñada para operación en la ventana de 1310nm y 1550nm.

Los cables son diseñados acorde a los procedimientos de IEEE estándar 1138-1994; para uso de líneas de alta tensión y así mismo cumple con la norma de penetración de agua EIA-455-82<sup>a</sup>, habiendo pasado exitosamente dicha prueba.

El cable ha sido sumergido a una prueba de vibración carga de viento cercanas a 100 millones de ciclos de vibración equivalente a un caudal de 4.5 m/s. El incremento máximo de atenuación ha sido menor a 1DB por Km. para la ventana de 1550 nm en monomodo y para 1300 en multimodo.

Los cables ópticos pararrayo tipo OPGW tienen dos funciones principales:

- Instalado en la posición, más elevada de la línea de alta tensión, el cable funciona como protección contra descargas atmosféricas y como fuga a tierra para los conductores fase instalados abajo.

- El cable OPGW contiene fibras ópticas en su núcleo, que son utilizadas para transmitir señales ópticas de alta velocidad.

La construcción del cable OPGW es metálica combinando una alta resistencia mecánica con un pequeño diámetro externo, características eléctricas equivalentes a los cables pararrayo convencionales. La diferencia reside en que este cable es dotado de un núcleo óptico.

Normalmente este núcleo óptico, que puede alojar fibras de tipo "loose" (suelto) o "tight" (firme), es envuelto por una o más cámaras protectoras de aluminio, liga de aluminio y el cable revestido de zinc. El núcleo es diseñado para ofrecer una protección adecuada a las fibras ópticas contra los esfuerzos de tracción y curvatura del cable.

Una menor resistencia eléctrica del conductor permitirá mayor capacidad para drenar una corriente dada de corto circuito resultando en menores temperaturas proceso de disipación de calor. Estas corrientes reciben una mayor atención de aquellas que resultan de descargas atmosféricas debido a su mayor tiempo de duración.

El cable OPGW es normalmente diseñado en base a los requisitos específicos de usuario final y depende de diversos factores incluyendo la distancia entre torres, la categoría del cable, condiciones de carga (viento, temperatura), número de fibras, la corriente de corto circuito y la resistencia de descarga atmosférica.

# **CAPÍTULO III**

## **DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES PRINCIPAL DEL INAMEH.**

Antes de describir las características del sistema de telecomunicaciones de INAMEH, es importante dar a conocer los principios de funcionamiento de los Radares meteorológicos instalados.

### **3.1 Principios de Funcionamiento del Radar METEOR 1500S**

El radar METEOR 1500S fabricado por GEMATRONIK, se compone de 5 subsistemas principales: el sistema de antena, el transmisor, el receptor digital, sistema de control y supervisión y el software de aplicación.

1. El sistema de antena, denominado SPLP13; se compone de un reflector de banda S, un pedestal que permite el movimiento de la antena a 360° y un radome de bajas pérdidas.
2. El transmisor, compuesto por un generador de microondas tipo klystrom de 700kw de potencia pico y un modulador de estado sólido de doble pulso.
3. El receptor digital, denominado ASPEN<sup>®</sup> DRX es un procesador de señales de doble conversión de bajo nivel de ruido.
4. El sistema de supervisión y control denominado Procesador de Control de Radar (Radar Control Processor RPC)
5. El software de aplicación RAINBOW<sup>®</sup> versión 3.4-5.0, que permite la generación de productos provenientes del radar meteorológico.

El transmisor, genera un pulso de microondas que se canaliza a través de un duplexor y es irradiado por la antena. Durante esa fase, el receptor es bloqueado por el limitador T/R

ubicado dentro del duplexor, evitando las pérdidas de señal en las etapas más sensibles del receptor.

La antena emite la señal del transmisor en un haz de “lápiz simétrico” examinando la atmósfera a través de movimientos en azimut y elevación según las estrategias meteorológicas de barrido volumétrico. Una vez transmitido el pulso, el circulador T/R permite conectar el receptor a la antena permitiendo al mismo recibir los ecos de la señal emitida. Este proceso se mantendrá hasta el próximo pulso del transmisor.

Debido a la alta sensibilidad del receptor y su elevado rango dinámico, se pueden detectar los ecos lejanos más débiles así como las señales más fuertes provocadas por tormentas cercanas. La señal obtenida es digitalizada, codificada y enviada al procesador de señal del radar para su consecuente análisis.

El procesador de señales llamado por el fabricante ASPEN DRX, realiza cuatro funciones principales: dar la referencia de fase del pulso del transmisor generando una señal compleja en banda base, recibir la señal en banda base, proporcionar un disparo al sistema de radar y etiquetar los ángulos de la antena en los datos que proporcionan la referencia espacial.

El Procesador de Control de Radar (Radar Control Processor RPC) es el responsable del control y supervisión del sistema de radar, detecta y corrige las fallas de un gran número de parámetros del subsistema, adicionalmente es interfaz entre el radar y los datos del sistema procesador RAINBOW<sup>®</sup>.

### **3.1.1 La Red LAN del Radar**

De acuerdo a lo mencionado en el punto anterior cada uno de los elementos del radar **METEOR 1500S**, conforman un conjunto donde cada parte cumple una función

específica para la obtención de los productos meteorológicos. El ASPEN<sup>®</sup> DRX realiza el procesamiento inicial de los datos de reflectividad y los obtenidos por el efecto Doppler. El procesador de control de radar RCP es la interfaz inteligente que permite controlar físicamente el radar y software de aplicación RAINBOW<sup>®</sup>, el cual permite la generación y visualización de las imágenes meteorológicas tomadas por el radar, además de facilitar el control remoto del mismo.

La integración de los subsistemas del radar **METEOR 1500S** se realiza por medio de una red de área local, bajo el protocolo TCP/IP. Esta red local está compuesta por cinco nodos: el RCP, el terminal de mantenimiento, la estación de trabajo donde está cargado el software de aplicación y un enrutador (router). Cada uno de estos nodos se comunican por medio del concentrador, por medio del cual se pueden controlar cada uno de los subsistemas del Radar facilitando las labores de mantenimiento del mismo.

La conexión a la estación de trabajo remota ubicada en la sede central de INAMEH, se realiza a través una red WAN, donde se transmitirán los productos obtenidos del barrido volumétrico del radar y llevarlo a la sede central donde se realizarán los análisis respectivos para el pronóstico y los estudios climatológicos.

### **3.2 Descripción del Sistema de Radares del INAMEH.**

El sistema de radares se constituye por ocho radares doppler de banda S, encargados de visualizar y ponderar los sistemas meteorológicos sobre distintas regiones de Venezuela y del mar Caribe. Se encuentran distribuidos en Maracaibo estado Zulia, Cerro Geremba estado Vargas, Cerro Capuchinos en el Estado Sucre, Guri, Karúm, Puerto Ayacucho y Santa Elena de Uairén Estado Bolívar, con lo cual se puede obtener cobertura total del territorio nacional para propósitos meteorológicos e hidrológicos.

A partir de las mediciones obtenidas por estos dispositivos, el INAMEH estará en condiciones de proporcionar pronósticos con menor incertidumbre en tiempo, alertas de

inundaciones y alertas marinas, igualmente permitirá la mejor administración de los recursos hídricos para diferentes sectores de la economía.

La red de telecomunicaciones establecida para estos radares, tiene el propósito de interconectar cada uno de los sitios de Radar a la sede principal ubicada en Sartenejas Estado Miranda, mediante ocho enlaces de comunicación.

Las principales ventajas de este sistema radican en que permite recolectar la data en tiempo real y de forma automática, es decir se podrá tener control sobre el radar de forma remota.

Cada uno de los radares examinará determinado sector dentro de su zona de cobertura en un período entre 30 a 40 min, en dentro de un radio máximo de 480 Km, donde recolectará la data o productos meteorológicos y para luego ser transmitida al centro de recolección (sede principal) por medio de la red.

#### **3.4 Principios de Funcionamiento del Sistema de Radares.**

El Sistema de Radares es controlado de forma remota por un técnico especializado para tal fin. Por medio del software RAINBOW<sup>®</sup> se puede establecer comunicación con cada uno de los radares, permitiendo controlar el tipo de medición a realizar en la zona de cobertura para determinar la reflectividad, viento, humedad relativa, etc.

Las imágenes recogidas se guardan en un archivo en el procesador ubicado en la estación de radar, cuya capacidad varía dependiendo del tipo de la medición realizada. Estos archivos son recogidos a través de la red por medio de un software propietario del fabricante de los radares con protocolo FTP, hasta el servidor ubicado en la sede, donde serán procesados para obtener los productos requeridos y efectuar el pronóstico del tiempo actualizado. Este procedimiento se repite cada 30 a 45 min.

Es importante aclarar que cada estación opera de forma independiente, es decir, cada imagen recogida por cada uno de los radares, puede ser transmitida simultáneamente a través de la red

### **3.5 Ubicación de las estaciones de Radar.**

Como se mencionó anteriormente, cada uno de los radares se ubican en zonas específicas dentro del territorio nacional, con el propósito de obtener un amplio panorama de las condiciones del medio, específicamente en aquellos sitios donde la información meteorológica es de suma importancia, tanto para las comunidades como para el sector industrial, como son los sitios de alto riesgo, las cuencas, embalses, pozos, golfos etc.

En las tablas 3.1 y 3.2 se muestran las ubicaciones y coordenadas de la sede principal del INAMEH, punto de partida de los enlaces y cada uno de los sitios remotos donde se encuentran las estaciones de Radar.

Tabla N° 3.1: Ubicación sede principal

<b>INSTITUCIÓN</b>	<b>COORDENADAS</b>
INAMEH, Sartenejas, Distrito Capital	10°24'15.13"; 66°53'22.04

Tabla N° 3.2: Dirección y coordenadas de los enlaces Radares Meteorológicos

UBICACIÓN DEL RADAR	COORDENADAS
Cerro Capuchino, San José de Areocuar, Estado Sucre	10° 32' 58,6" N; 63° 21' 06,7" O
Base Aérea Rafael Urdaneta, Maracaibo, Estado Zulia.	10° 33' 46" N; 71° 43' 22" O
Aeropuerto Nacional Vara de María, Guadualito, Edo. Apure.	07° 12' 24,9" N; 70° 45' 40,4" O
Cerro Pavón, Gurí, Estado Bolívar.	07° 45' 49" N; 63° 01' 28" O
Cerro Geremba, Colonia Tovar, Estado Aragua.	10° 24' 40" N; 67° 13' 05" O
Cerro Morunmota, Sta. Elena de Uairén, Estado Bolívar.	04° 34' 07" N; 61° 04' 36" O
Cerro Caicet, Puerto Ayacucho, Estado Amazonas.	05° 39' 14,9" N; 67° 36' 04,7" O
Karum, Campamento EDELCA, Estado Bolívar.	05° 18' 52" N; 63° 24' 12" O

### 3.6 Características técnicas del Sistema de Comunicaciones Principal del INAMEH.

La implementación de Red Principal de Radares del INAMEH se realizó bajo criterios específicos, fundamentados en las recomendaciones técnicas del fabricante de los radares GEMATRONIK y de las experiencias de en otros países como Alemania, Holanda etc., los cuales poseen sistemas de radares similares. De esta forma se definieron las características técnicas principales

#### 3.6.1 Ancho de banda

Para garantizar alta calidad a bajo tiempo, se fijó para cada enlace digital una velocidad de transmisión de 512Kbps, sin embargo una vez que el sistema de comunicaciones esté en completo funcionamiento, se someterá a pruebas de efectividad para definir el ancho de banda final requerido, donde se deberá especificar en ancho de banda para los canales de subida (up-stream) y de bajada (down-stream).



### **3.6.2 Acuerdos de niveles de servicio**

Dentro de proyecto de telecomunicaciones del INAMEH se fijaron los niveles de servicios deseados, por lo tanto el proveedor del servicio de telecomunicaciones debe garantizar el cumplimiento de los parámetros de calidad indicados y adicionalmente presentarlo mediante informes periódicos.

- Calidad de transmisión:  $(BER) \leq 1 \cdot 10^{-7}$ ,
- Latencia  $\leq 800$  ms,
- Disponibilidad  $\geq 99.95$  % medidos en términos mensuales y  $\geq 99,8$  % en términos anuales,
- El Tiempo Mínimo entre Fallas (TmBF) por mes será de 720 horas,
- El Tiempo Máximo de Restauración del Servicio (TMRS) por mes será menor a 24 horas.

### **3.6.3 Interfaces**

Es importante destacar el tipo de interfaz requerida para cada sitio, ya que el instituto cuenta con equipos enrutadores específicos, por lo cual se debe mantener la compatibilidad entre el terminal de datos y el enrutador de cada estación.

- La interfaz para la comunicación al enrutador por el puerto WAN debe ser través de un cable UTP clase 5.
- El tipo de conector puede ser ethernet Rj45 o serial V.35(small serial)

### **3.7 Diagrama de la RED**

En la figura 3.1 se muestra un diagrama general de la red conformada por los 8 enlaces de 512 Kbps, cuyo origen se encuentra en la sede del INAMEH y destino en cada una de las estaciones remotas de radar. En la sede se encuentra un equipo multiplexor que

permitirá recibir toda la data de forma independiente o simultánea, además cuenta con un equipo enrutador, destinado conectar cada uno de los enlaces digitales con la red LAN del INAMEH, donde se encuentra el procesador central de radares que permitirá almacenar y procesar la data recolegida.

En cada una de las estaciones se encuentran un equipo terminal (DTU), propiedad del operador del servicio de telecomunicaciones, y un enrutador (router) por medio de cual se podrá comunicar con los elementos del radar como son el sistema de antena, el transmisor, el receptor digital y el sistema de control y supervisión (RPC).

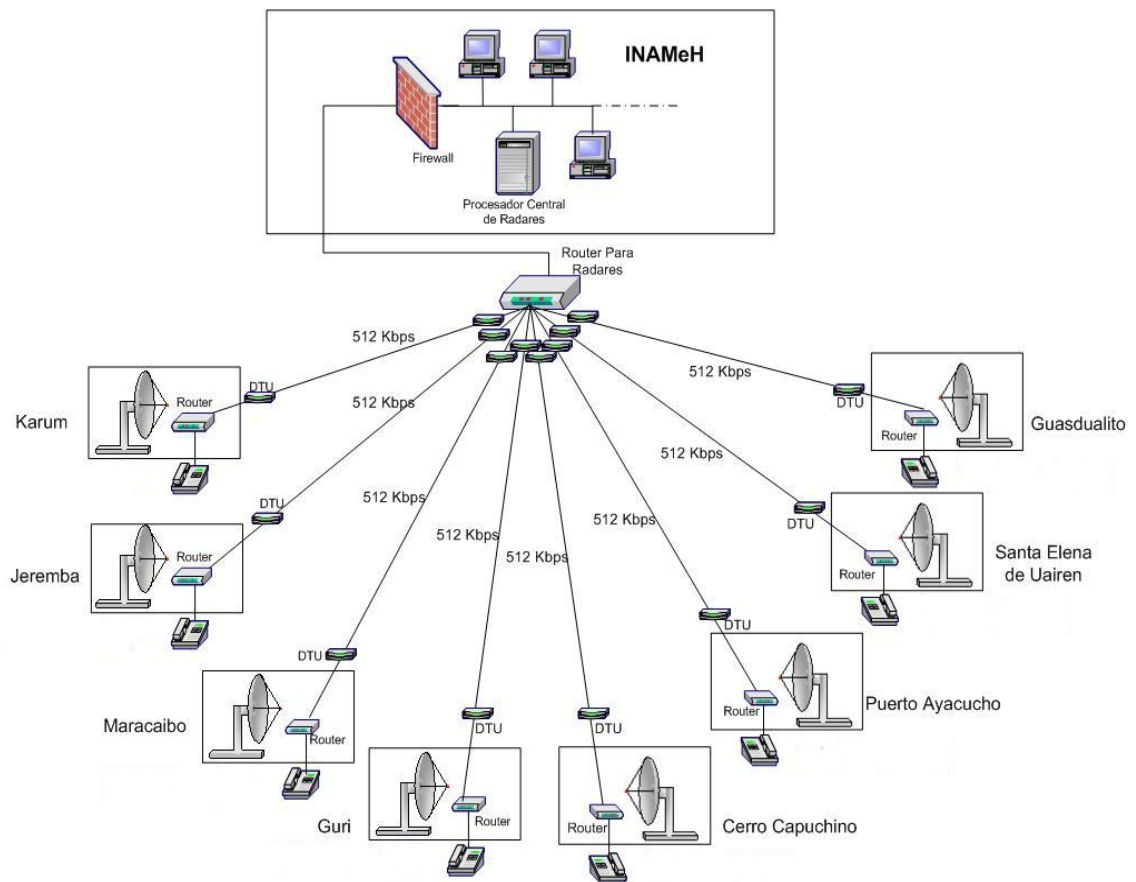


Figura N° 3.1: Sistema de telecomunicaciones para los radares meteorológicos

### 3.3 Características de la red principal

En la tabla 3.3 se describen las características de cada uno de los enlaces instalados por el operador del servicio de telecomunicaciones.

Tabla 3.3: Características de los enlaces de la Red Principal.

Localidad	Tipo de servicio	Velocidad Kbps	Interfaz Elec.	Interfaz Mecánica	Protocolo	Equipo terminal
Geremba	DPL	512	G.703	BNC/RG-59	HDB-3	NTU-2902/alcatel
Maracaibo	DPL	512	V.35	M.34	NRZ	DSU/CSU DART
Guasualito	DPL	512	V.35	M.34	NRZ	DSU/CSU DART
Carúpano	DPL	512	G.703	BNC/RG-59	HDB-3	NTU-2902/Alcatel
Puerto Ayacucho	DPL	512	V.35	M.34	NRZ	DSU/CSU DART
Guri	DPL	512	V.35	M.34	NRZ	DSU/CSU DART
Santa Elena de Uairén	Satelital	512	V.35	M.34	QPSK	Modem DATUM PSM 500L
Karúm	satelital	512	V.35	M.34	QPSK	Modem DATUM PSM 500L

#### 3.3.1 Características técnicas de la última milla del proveedor a las estaciones de radar.

Debido a que todas las estaciones de radar son de difícil acceso, el proveedor del servicio de telecomunicaciones instaló enlaces desde los nodos de red más cercanos hasta cada una de las estaciones por medio de enlaces de última milla. Las características de estos enlaces se describen en la tabla 3.4.

Tabla N° 3.4: Características de la última milla

Localidad del cliente	Localidad del Proveedor	Uso Kbps	Radio propuesto	Características técnicas
CENAPH boleita sur Edo Miranda	Boleita	2048	Sagen link 4 E1, 23 GHZ	Tecnología de transmisión Radio. Red de transporte híbrida (SDH, ATM)
Cerro Geremba	Pozo negro	1024	Sagen link, 4 E1, 23 GHZ	Tecnología de transmisión Radio. Red de transporte híbrida (SDH, ATM)
Guasualito	Guasualito	512	DART E1, 15 GHZ, E1, NX64	Tecnología de transmisión Radio. Red de transporte híbrida (SDH, ATM)
Maracaibo	Industrias	512	DART E1, 15 GHZ, E1, NX64	Tecnología de transmisión Radio. Red de transporte híbrida (SDH, ATM)
Cerro capuchinos	Carúpano	512	Velox.5.8 GHZ, 4 E1	Tecnología de transmisión Radio. Red de transporte híbrida (SDH, ATM)
Cerro Pavón Guri	Campamento EDELCA	512	P-com, 2.4 GHZ, 512K	Tecnología de transmisión Radio. Red de transporte híbrida (SDH, ATM). Medios híbridos de última milla. Radioenlace de datos mux 3630 a V.35
Cerro Morunmota	-	512	Solución satelital	Tamaño de la antena 2.4 m diámetro unidad ARF 4 watts, banda de frecuencia KU. 10 de bajada y 14 GHz de subida, alimentación 120 voltios, Espacio físico 9m <sup>2</sup> disponibilidad 99.58. VER 1*10 <sup>-7</sup>
Karum	-	512	Solución satelital	Tamaño de la antena 2.4 m diámetro unidad ARF 4 watts, banda de frecuencia KU. 10 de bajada y 14 GHz de subida, alimentación 120 voltios, Espacio físico 9m <sup>2</sup> disponibilidad 99.58. ver 1*10 <sup>-7</sup>

Cada estación está provista por equipos enrutadores (router) y puentes (swiches) marca Cisco. Los routers asignados a cada una de las estaciones remotas pertenecen a la serie 1700, en la sede principal se instaló un router de serie 2800 debido a que se requiere mayor cantidad de puertos para conectar los 8 circuitos provenientes de cada uno de los radares.

## **CAPÍTULO IV**

### **ESTUDIO DE LAS POSIBLES SOLUCIONES DE LA RED ALTERNA.**

#### **4.1 Consideraciones previas para el estudio de factibilidad técnica.**

El objetivo principal de la red alterna de comunicaciones es sustituir a la red principal en casos de fallas y en las labores de mantenimientos que ameriten corte de servicio. Por esta razón, fue necesario tomar en consideración para el diseño de esta red, ciertas características para mantener un buen servicio a bajo costo, cumpliendo con las necesidades mínimas exigidas por el INAMEH y las recomendaciones del fabricante.

En este sentido, se puede mencionar los siguientes parámetros mínimos que debe cumplir la red propuesta.

- i. Se plantea una red tipo estrella, que pueda sustituir aquellos enlaces de la red principal que presenten fallas o requieran mantenimiento.
- ii. Debe manejar una tecnología actualizada, que garantice los requerimientos mínimos para la transmisión de las imágenes tomadas por el RADAR.
- iii. La red debe garantizar baja posibilidad de pérdidas de información en caso de condiciones atmosféricas adversas.
- iv. Compatibilidad con cada uno de los equipos e interfaces disponibles en cada sitio.
- v. Los costos asociados a la instalación, operación y mantenimiento de la red deben ser bajos.
- vi. El ancho de banda debe ser igual o mayor 128 Kbps, que es el valor mínimo recomendado por el fabricante de los sensores de radar.

- vii. Capacidad para realizar gestión remota a través de SNMP, TELNET o FTP para configuración, supervisión o actualización de algún parámetro del sistema.
- viii. Debe manejar parámetros de seguridad, tanto para la transmisión de la información, como para el acceso al sistema.

En adición a las características antes señaladas, se tomó en consideración algunas de las especificaciones técnicas del sistema principal para el sistema de comunicaciones alterno, como son los siguientes niveles de servicio:

- Calidad de transmisión:  $(BER) \leq 1 * 10^{-6}$ ,
- Latencia  $\leq 800$  ms,
- Disponibilidad  $\geq 99.95$  % medidos en términos mensuales y  $\geq 99,8$  % en términos anuales,
- Tiempo Mínimo entre Fallas (TmBF) por mes será de 720 horas,
- Tiempo Máximo de Restauración del Servicio (TMRS) por mes será menor a 24 horas.

## **4.2 Recopilación de las posibles soluciones para la red.**

### **4.2.1 Plataformas de transporte.**

Para la identificación del medio físico a utilizar, primero se realizaron visitas a los posibles proveedores de servicio de la plataforma de comunicaciones para la Red WAN del sistema de radares, en este sentido se tomaron en cuenta las empresas del estado que pudiesen prestar los servicios requeridos en los puntos o sitios de recolección de datos.

Dentro de las Posibles soluciones para el establecimiento de la red de transporte se alcanzaron acuerdos con las siguientes empresas:

- Telecom Venezuela

- CADAFE
- CVG EDELCA

#### 4.2.2 Descripción de la plataforma satelital de Telecom Venezuela.

La plataforma de CVG Telecom esta basada en el uso del sistema de comunicaciones satelitales **InterSky**, el cual consiste en un sistema de comunicaciones dual, vía satélite que provee Internet rápido e interacción multimedia, así como también una amplia variedad de aplicaciones IP. La plataforma de CVG Telecom soporta todos los protocolos de transporte IP: TCP/IP, UDP/IP, direccionamiento Unicast y Multicast. Esta compuesta por un concentrador central (Hub) y terminales remotos (VSAT), llamados Remote Gateways o RG, los cuales permiten la comunicación bidireccional.

Esta plataforma puede desarrollar aplicaciones de VoIP, acceso a Internet por banda ancha, Videoconferencia, VPN y líneas de respaldo.

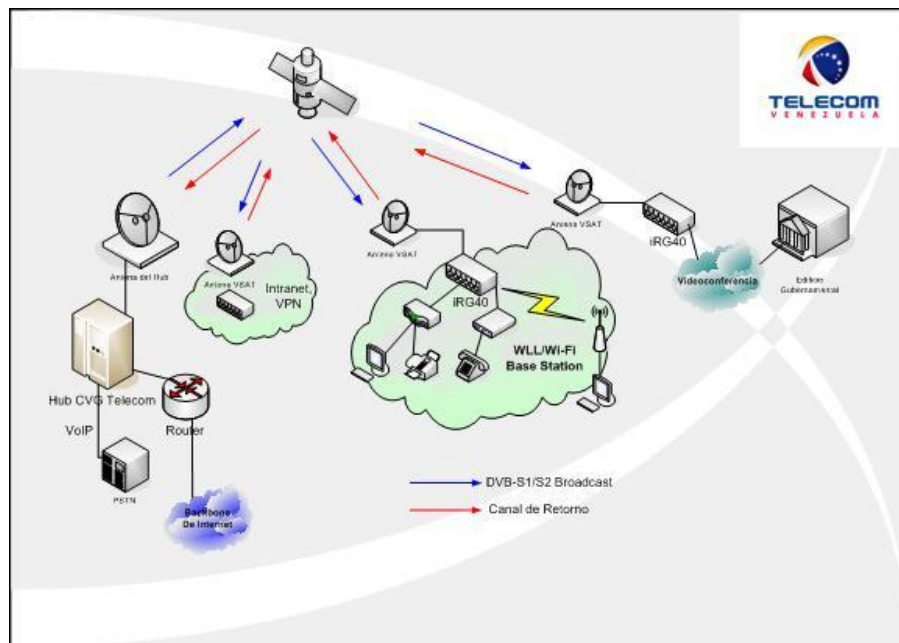


Figura N° 4.1: Arquitectura de la plataforma satelital de CVG Telecom<sup>2</sup>

La tecnología de transmisión usada por esta plataforma DVB-S1/S2/MPEG-2 puede enviar tasas de datos de entre 1-72 Mbps. El trayecto de retorno de la Remote Gateway hacia el Hub central, también vía satélite, maneja tasas de hasta 2 Mbps por cada Terminal.

Con la tecnología DVB-S1/S2 para el enlace de subida, aumenta la eficiencia del uso del segmento espacial para la difusión de información a múltiples usuarios.

Hub de CVG Telecom permite la asignación dinámica de los canales de retorno por cada Remote Gateway, combinando el uso de Múltiple Acceso por Demanda Asignada (DAMA), Ancho de Banda sobre Demanda (BOD) y Acceso Aleatorio (RA). En otras palabras, se otorga el ancho de banda necesario a quien lo necesite en el momento en que lo necesite, para así optimizar recursos.

#### **4.2.2.1 Capacidad de Sistema**

*La capacidad de datos de salida* esta controlada por dos elementos: el Encapsulador IP (IPE) y el Modulador DVB. Ambos dispositivos son limitados en tasa de datos. La tasa máxima de datos es controlada por dos factores: limitaciones de hardware y firmware. Dependiendo del modelo del equipo seleccionado, la tasa de datos puede comenzar desde un valor tan bajo como 2 Mbps e incrementarse hasta por sobre los 70 Mbps.

Esta plataforma usa el procesamiento de ancho de banda y BOD para asignar dinámicamente el segmento espacial de acuerdo a las necesidades. El procesamiento de ancho de banda es la habilidad de esta plataforma satelital para configurar combinaciones de tasa de datos dentro de un ancho de banda. Un MCD (Demodulador Multi-Canal) de 1

---

<sup>2</sup> Diagrama elaborado por Telecom Venezuela para proyecto de enlaces satelitales para el INAMEH. Caracas 2007



MHz soporta combinaciones de rangos de actividad en un Terminal Remote Gateway desde 50 canales de 14 Kbps hasta un solo canal de 700 Kbps.

El NCC (Centro de Control de Red) ubicado en el Hub, es entregado con un número específico de licencias de Terminal. El número de licencias determina el número máximo de terminales que pueden ser introducidos dentro de la base de datos del NCC. El número de terminales activos es siempre menor o igual al número de terminales con licencia.

#### **4.2.2.2 Redundancia de la plataforma de CVG Telecom**

El Hub de CVG Telecom es expansible a una plataforma totalmente redundante de alta confiabilidad. Todos los segmentos del sistema están disponibles en una configuración redundante. La redundancia es 1:1 o 1: n dependiendo de los requerimientos específicos de equipamiento.

La sobre suscripción es el número de terminales que comparten el mismo ancho de banda. Por ejemplo una sobre suscripción de 10:1 significa que una portadora de un tamaño dado (128 K, 256 K, etc.) es vendida 10 veces o a 10 clientes, cada uno pagando por la misma portadora.

#### **4.2.2.3 Remote Gateways InterSky (VSAT)**

El RG es un dispositivo IP de capa 3 dentro del modelo OSI. Soporta todos los estándares de aplicaciones IP. El soporte para TCP/IP, UDP e ICMP lo hace ideal para la conexión de un lugar con el hub central vía satélite. Estos protocolos soportan browsing, e-mail, VoIP, video conferencia y muchas otras aplicaciones.

#### **4.3.3 Descripción de la plataforma de fibra óptica de CADAFE.**

Plataforma de fibra de CADAFE consiste en una red de fibra óptica instalada en los cables de guarda de las redes de alta tensión denominados OPGW, con el objetivo de proporcionar protección al sistema eléctrico contra descargas eléctricas atmosféricas.

Debido a la alta capacidad para el manejo de información de la fibra óptica, se puede aprovechar la red para propósitos adicionales, como habilitar un canal de comunicación de alta capacidad de transmisión para gestión, mantenimiento y automatización de la propia plataforma y de los equipos que la componen. Adicionalmente se podrá compartir la capacidad disponible con otras empresas o instituciones que requieran de los servicios de transporte de esta red y dividiéndose a su vez los gastos por mantenimiento e instalación.

Por medio de esta plataforma puede manejar aplicaciones y servicios como los siguientes:

- Servicios de automatización como: sistemas de Supervisión de Control y adquisición de Datos SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), sistemas de medición de energía eléctrica, sistemas automatización integrados en los transformadores de las subestaciones, servicios de ayuda técnica entre otras.
- Servicios de protección como tele-vigilancia.
- Servicios de voz como telefonía y tele-conferencia.
- Servicios de Video: Video conferencia, sistemas de supervisión automática de las subestaciones.
- Servicios para gerencia de la información, para la integración de toda la información administrativa relacionadas con la empresa

Para servicios de banda ancha y multimedia se emplea servicio de transporte IP que incluyen equipos router y swiches para los cuales se requieren interfaces FE/GE, POS STM-N.

Se dispone de una plataforma de fibra óptica monomodo compatible al estándar G652d de la UIT-T integrada en el cable de guarda del tipo OPGW (Optical Ground Wire) cuyas características se muestran en la tabla 4.1.

Tabla N° 4.1: Recomendación UIT-T G-652

<b>Características del estándar G.652</b>	<b>Valores</b>
<b>Diámetro del revestimiento</b>	125±0.7µm
<b>Diámetro a 1310nm</b>	De 9.2±0.4 µm
<b>Atenuación</b> A 1310 nm A 1550 nm	0.36 dB/Km max. 0.22 dB/Km max.
<b>Dispersión cromática</b> A 1310 De 1285 a 1330 nm A 1550 nm De 1525 a 1575 nm	2.8 ps/(nm.Km) 3.5 ps/(nm.Km) 18 ps/(nm.Km) 20 ps/(nm.Km)
<b>Polarización modo dispersión</b>	≤ 0.1 ps/√km

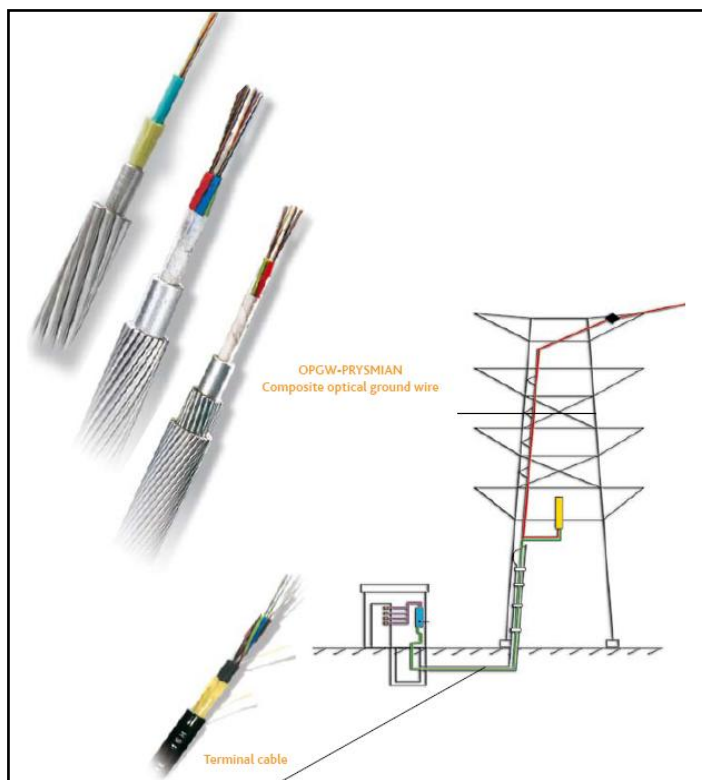


Figura N° 4.3: Tipo de cables OPGW y cable Terminal

El Backbone disponible esta conformado por anillos de fibra óptica, cuya cantidad de fibras varía dependiendo del anillo, los anillos #2, #3 y #4 son de 48 hilos y el anillo #1 es de 72 hilos. Estos anillos se interconectan entre si a través de los terminales de fibra ubicados en las subestaciones de 115 KV, y al mismo tiempo poder ofrecer redundancia en aquellos tramos críticos, donde se requiere mayor seguridad en la transmisión de la información. La primera etapa de la red o “capa de Banda Ancha y distribución” está conformada por los anillos de fibra y los ramales que alcanzan las subestaciones de 115 KV. La segunda etapa o “Capa de Acceso” llegará hasta las subestaciones de 34.5 y 13.8 KV.

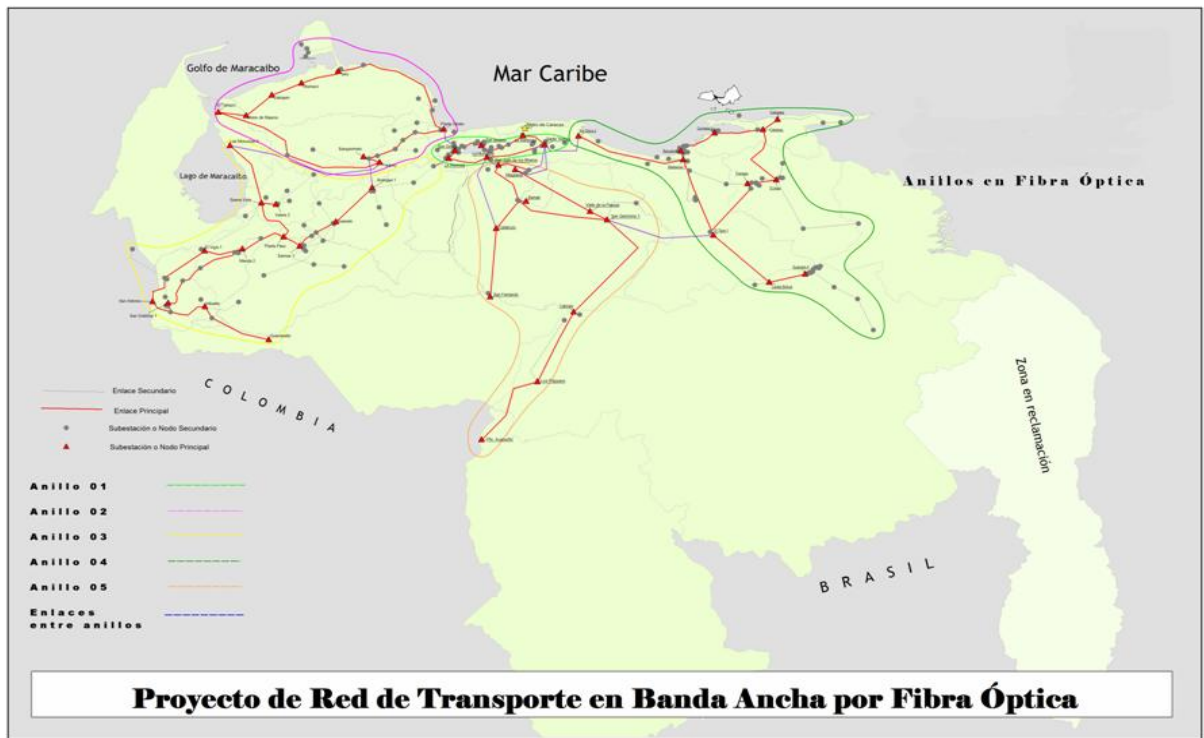


Figura N° 4.4: Mapa del proyecto de red de transporte de banda ancha<sup>3</sup>

La tecnología de transmisión es SDH en la mayoría de los anillos excepto en el anillo #1 que tiene tecnología DWDM. El tráfico en cada anillo varía entre STM-4, STM-16 y STM-64, para los ramales se tiene un tráfico a nivel de STM-1. Cada anillo perteneciente a la red presenta redundancia (líneas secundarias), igualmente en cada interconexión entre los anillos.

#### 4.2.4 Descripción de la plataforma de CVG EDELCA.

GVG EDELCA posee una plataforma de comunicaciones híbrida, conformada por una red de fibra óptica integrada a los cables de guarda de las líneas de alta tensión (OPGW), la cual atraviesa el estado Bolívar desde Ciudad Guayana hasta la sub-estación ubicada en Santa Elena de Uairén. Esta fibra tiene las funciones de ofrecer mayor protección contra las descargas atmosféricas en estas líneas y permitir el transporte de información a

<sup>3</sup> Tomado de Presentación proyecto de red de transporte de banda ancha por fibra óptica CADAFE. Caracas 2007

través de ella. Adicionalmente GVG EDELCA cuenta con una red troncal de microondas, que atraviesa los estados Bolívar y Amazonas desde la central hidroeléctrica Gurí hasta Santa Elena de Uairén, pasando por varios nodos ubicados en la Gran Sabana.

Esta plataforma permite comunicar cada uno de los campamentos, oficinas y centros de datos de la corporación EDELCA ofreciendo servicios de voz e Internet.

### **4.3 Recopilación de las posibles soluciones**

En base a cada una de las plataformas disponibles, se formularon dos posibles soluciones para el sistema de comunicaciones alterno, la primera apoyada en una red VSAT y la segunda opción basada en una red híbrida producto de la combinación de las plataformas ofrecidas por CVG EDELCA y CADAPE, debido a que ambas plataformas nos permiten acceder a zonas muy cercanas a las estaciones de radar.

#### **4.3.1 Solución con una RED VSAT**

Consiste en 8 enlaces satelitales con velocidad de 128-512 Kbps, por medio de los cuales se transportaría la data desde las VSAT ubicadas en cada estación de radar, hasta el Hub de CVG Telecom ubicado en Caracas y de ahí se transportará la información vía satélite hasta la VSAT ubicada en la sede principal en Caracas, este último enlace de mayor capacidad 8 veces la capacidad de cada uno de los enlaces.

Adicionalmente para brindar mejor calidad de servicio, la red de CVG Telecom ya es una red redundante en si, lo cual garantiza mayor confiabilidad del servicio cuando se requiera.

##### **4.3.1.1 Equipamiento requerido en cada localidad.**

- Antena Satelital  $\leq$  1.8 Mts.
- Modem Satelital con puerto Ethernet rj45 (IRG).

- Cableado, conectores.

#### **4.3.1.2 Requerimientos técnicos para la instalación**

*Espacio cerrado y acondicionado*, que funcionaría como cuarto de equipamiento y cableado para la interconexión.

*Suministro de electricidad*: el modem satelital opera bajo el estándar de 110 VAC, por lo tanto es indispensable que el suministro eléctrico esté garantizado y libre de picos. La protección en cada uno de los sitios tanto de radar como en el sitio de recolección de la información debe estar provista desde la regulación de voltaje hasta incluir un respaldo UPS. Para el sistema de aterramiento, se considera que debe ser independiente al resto de los equipos de computación; asimismo, recomendamos una barra única con menos de 5 Ohm de resistencia, provista mediante cable calibre 8 AWG, ubicado a una distancia no mayor de 5mts de los equipos.

*Condiciones Ambientales*: debido a la naturaleza electrónica de los equipos de telecomunicaciones, es necesario tomar en cuenta las condiciones del espacio a ocupar por ellos, ya que disipan calor, son sensibles al polvo y a la humedad. En este sentido, se requiere un ambiente con aire acondicionado cuya temperatura sea inferior a 18°C y de baja humedad libre de polvo y partículas puedan interferir en el buen funcionamiento de los mismos.

#### **4.3.1.2 Consideraciones de adecuación en cada estación de Radar.**

Para realizar las instalaciones de las antenas se debe evaluar el sitio mas adecuado para colocar las estaciones terrenas.

Cada estación de radar consta de un área de 362 m<sup>2</sup>, dentro de la cual las áreas posibles para colocar las antenas Vsat corresponden al techo de la caseta del generador o en la oficina de radar y dormitorio.

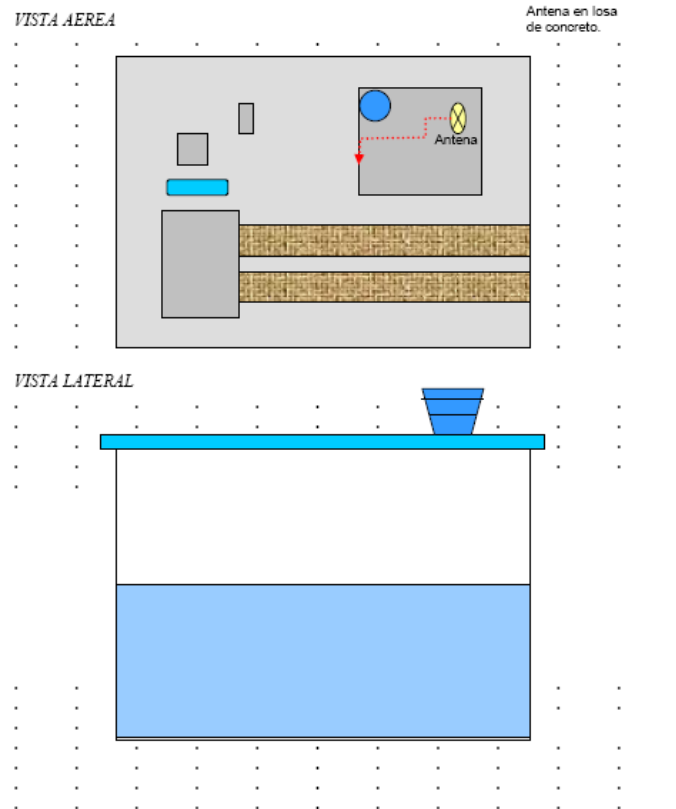


Figura N° 4.5: vista aérea ubicación de la antena VSAT.

La caseta del generador posee un área de 3.5 m<sup>2</sup> y una altura de 2.65 m y la oficina-dormitorio de radar posee un área de 4.5 m<sup>2</sup>.





Figura N° 4.5: Construcción civil sitio de radar

Las torres del radar en cada sitio poseen altura estándar que van de 42 a 46 m, en la parte superior de la torre se encuentra la caseta denominada shelter, en la cual se encuentran los equipos de transmisión, recepción, de procesamiento y la estación de trabajo del radar. Sobre esta estructura se ubica el radomo y dentro del mismo la antena de Radar.

El shelter es una construcción de tipo modular, cerrada de forma hermética para mantener las condiciones de temperatura y humedad requerida para los equipos del radar. En este espacio se debe colocar la bandeja destinada para el DTU del enlace. Sobre el shelter se ubica el radomo y dentro del mismo la antena de Radar.

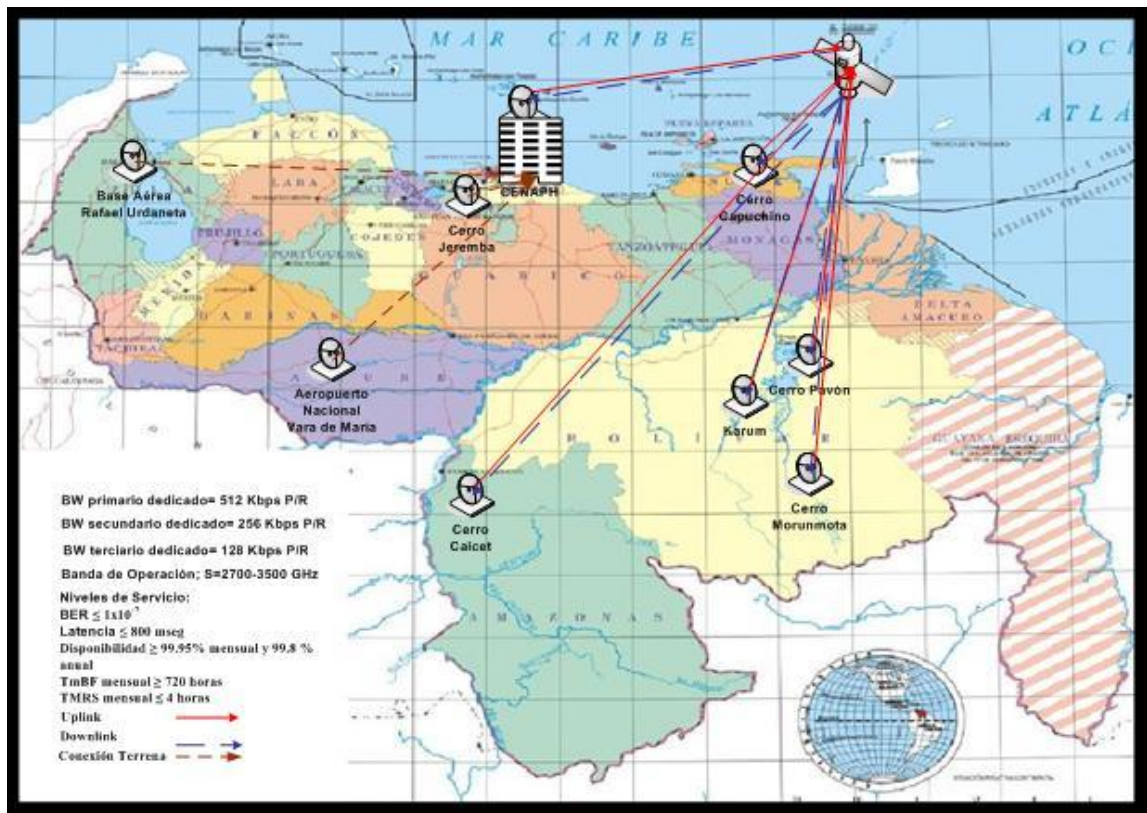


Figura N° 4.6: Ubicación de las antenas VSAT y tipos de enlaces<sup>4</sup>

#### 4.3.1.2 Equipos VSAT iRG 40

Este tipo de VSATs está compuesto por:

- 1 unidad para alojarse en el rack.
- Chip receptor DVB.
- Transmisor FDMA y BM-FDMA (FDMA en modo ráfaga) Dinámico.
- NIC 10/100 Base T.
- Servicios Firmware como un agente del NCC para controlar el hardware.
- Interfaz serial para configuración.

<sup>4</sup> Cortesía de Telecom Venezuela. Caracas 2007

El firmware controla la operación del transmisor y el receptor dentro del RG. Este soporta la conexión inicial a la red y monitorea la actividad de los usuarios LAN. El firmware permite al NCC controlar los RG.

#### **Descripción técnica de los iRG 40**

- Rango de IF: banda-L (950-1450 MHz).
- Acceso: FDMA dinámico, BM-FDMA, DAMA & BOD, PAMA/SCPC, DVB-RCS. Soporta tasa de datos hasta 2048 Kbps.
- Los iRG40 pueden soportar BUCs (Bloques amplificadores) de hasta 5 W proporcionando la energía necesaria para el BUC a través de la conexión de cable. Es requerida una fuente de poder externa para los BUCs sobre los 5 W.
- Modulación: QPSK.
- Tipo de transmisión: continua y en ráfaga.

Debido a que en la torre no existe espacio suficiente para colocar una antena Vsat estándar, de dimensiones estándar entre 1.2 a 2.4 m de diámetro para el reflector, se recomienda ubicar las mismas en techo de la caseta del generador o en el techo de la oficina-dormitorio.

Es importante destacar que todos los equipos terminales son propiedad del operador del servicio por lo cual, es de su competencia realizar las labores de mantenimiento y reparación de los enlaces en caso de que se requieran.

#### **4.3.2 Solución a través de las redes de Fibra Óptica y Microondas.**

En esta solución se integraron las plataformas ofrecidas por CADAFE y CVG EDELCA, ya que presentan similitudes en cuanto al estudio de la última milla requerida para conectar el enlace cada uno de los equipos enrutadores (router), ubicados en el shelter de las estaciones de radar.

Como se mencionó en la descripción de estas plataformas de telecomunicación, estas compañías eléctricas poseen nodos o terminales de red muy cercanos a los destinos de los enlaces, lo cual nos presenta una alternativa viable para la red de respaldo. Esta solución presenta además un beneficio económico atractivo, en primer lugar, debido a que estas empresas no prestan servicios de telecomunicaciones con fines comerciales, no se realizará un cobro por alquiler de la plataforma, solo por mantenimiento de la red. En segundo lugar, los equipos que se utilicen para la última milla pertenecerán al INAMEH, dándole flexibilidad para realizar reparación y mantenimiento sin necesidad de esperar servicios de terceros.

Sin embargo determinar las posibles opciones para el acceso a cada uno de los equipos terminales ubicados en las estaciones, realizó una exploración de las distancias entre cada uno de los sitios con los posibles nodos, utilizando las coordenadas geográficas de cada uno de los nodos contra las estaciones mas cercanas y por medio del programa GOOGLE EARTH como primera aproximación, obteniéndose como resultado la posibilidad de establecer comunicación entre todos los sitios, en este sentido se analizaron las siguientes alternativas para establecer la comunicación entre cada uno de estos tramos.

#### **4.3.2.1 Enlaces de fibra óptica**

Debido a que es imprescindible garantizar la comunicación en condiciones atmosféricas adversas, se estudió como primera opción los medios cableados para la última milla de los enlaces, sin embargo, para este tipo de enlace se debe tomar en consideración la instalación de la fibra óptica necesaria debido a que no se cuenta con una red inter-urbana instalada en estas zonas, lo cual constituye mayor tiempo, costos y la dependencia de terceros, además de considerar los impedimentos topográficos de los terrenos en algunos sitios, ya que la mayoría de la estaciones se encuentran en zonas de difícil acceso.

Por las razones antes mencionadas y teniendo presente que el ancho de banda requerido es muy inferior a la capacidad de información que puede entregar la fibra se descarta esta opción para la última milla.

#### **4.3.2.2 Enlace de microondas**

Este tipo de enlaces tiene ciertas ventajas respecto a los enlaces alámbricos, ya que resultan ser más económicos, de fácil equipamiento y mantenimiento, de menor tiempo de instalación y la puesta en marcha, no obstante es necesario realizar un estudio sobre los factores que pueden afectar los niveles de señal y la calidad de la información.

Para implementar la última milla por medio de enlaces de microondas, es imprescindible tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Selección de la banda de frecuencia o canal de operación a utilizar por cada estación de radar, para ello se debe verificar los canales disponibles a través del listado de habilitaciones otorgadas por CONATEL entre las frecuencias 3 a 300 GHz, atendiendo las recomendaciones dadas por la IEEE y la UIT.
- Planificación de los enlaces de radio, para verificar por medio de planos topográficos de las zonas, la existencia de línea de vista y determinar el trayecto más apropiado.
- Determinación de las interferencias y atenuaciones debidas a las condiciones del medio y las líneas de transmisión, para determinar los márgenes de desvanecimientos, los niveles de indisponibilidad y calidad.
- Estudiar la necesidad de usar criterios de diversidad.
- Elección de los equipos de radio-comunicaciones, estaciones terminales y repetidoras (de ser necesario).

Por otro lado, este tipo de enlace se puede efectuar en la banda no licenciada 2.4 y 5.8 GHz, la cual para efectos de implementación representa menores tiempos de ejecución, ya que se evitarían las gestiones para la solicitud de atribución de bandas al ente CONATEL. Para este tipo de enlaces se deben cumplir las siguientes condiciones:

- La frecuencia de operación de los equipos de telecomunicaciones debe pertenecer a la banda no licenciada preferiblemente a 5.8 GHz para disminuir la posibilidad

de interferencias debidas a otros equipos. sin embargo, debido a la lejanía de la mayoría de las estaciones con las zonas urbanas, existen bajas posibilidades que otros equipos puedan interferir en la información.

- La potencia máxima de transmisión es de 1 watt, de acuerdo a las recomendaciones de la UIT, lo cual ya está previsto en los equipos comerciales que operan a estas frecuencias.
- Los niveles de umbral de recepción o sensibilidad en la banda de 5.8 GHz, se encuentran generalmente alrededor de -84 y -86 dBm.
- Para este tipo de sistema se manejan anchos de banda (velocidad de transmisión), en el orden de los 32Mbps, por lo cual para efectos de la información a transmitir, (512Kbps), es fácilmente soportable.

En definitiva se plantea para la última milla enlaces de microondas en la banda no licenciada de 5.8GHz, donde cada enlace bidireccional debe tener una capacidad (Ancho de Banda) mínima de 128 Kbps para cada uno de los sitios de radar: Carúpano, Geremba, Guasualito, Karum, Maracaibo, Puerto Ayacucho y Santa Elena de Uairén. En el caso de la sede principal de debe disponer de un canal de ancho de Banda mínimo de 8\*128 Kbps (2 E1), por medio del cual se puedan descargar simultáneamente toda la información recogida. En la estación ubicada en el campamento Gurí se puede realizar con un enlace alámbrico usando un par de cobre, ya que la sede encuentra a una distancia de separación del nodo de red de 100 m.

En cada Radar se requieren radios digitales con interfaz V.35 o Ethernet. La antena se ubicará sobre la torre del Radar, y el radio se ubicará en un rack dentro de la caseta del transmisor (SHELTER), ya que está provista con todas las condiciones de temperatura y humedad requeridas por los mismos. Cada estación cuenta con un UPS con autonomía de 60 min, y barra de aterramiento de 5  $\Omega$  para los equipos de comunicaciones.

## **CAPÍTULO V**

### **SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN DE COMUNICACIÓN**

La red de telecomunicaciones alterna tiene el propósito de respaldar a la red principal cuando esta presente fallas operativas, dando un mayor margen de tiempo para realizar las reparaciones respectivas, sin perder comunicación con las estaciones de radar.

Aunque esta red no operará de forma permanente, se tomaron en cuenta algunos de los lineamientos técnicos el INAMEH, para la selección de la propuesta final.

#### **5.1 Matriz Comparativa**

Para la elección de la solución del sistema de comunicaciones alterno, se realizó un análisis comparativo de las soluciones recopiladas, donde se evaluó a partir de las características más resaltantes de cada una, la opción final del sistema de comunicaciones. En la tabla 5.1 y se muestra la matriz comparativa de las posibles soluciones estudiadas.

Tabla N° 5.1: Matriz de comparación para la selección de la propuesta final.

<b>Solución</b> <b>Característica</b>	<b>Solución Satelital</b>	<b>Solución fibra-microondas</b>
<b>Capacidad de los enlaces</b>	512 Kbps	E1
<b>Tecnología</b>	Satélite	SDH, Microondas
<b>Modulación</b>	FDMA	QAM
<b>Banda de frecuencia</b>	Licenciada	No licenciada
<b>Calidad de servicio</b>	Garantizada por el proveedor de servicio	Garantizada por el proveedor de servicio
<b>Mantenimiento y reparación</b>	El estado tanto de los equipos de telecomunicaciones, como de la plataforma es responsabilidad del proveedor de servicio.	INAMEH es responsable del mantenimiento y reparación de la última milla y de los equipos de telecomunicaciones.
<b>Impacto sobre la infraestructura civil</b>	Alto. Se requiere de realizar adecuaciones para cableado desde la antena VSAT, colocada en la caseta dormitorio, hasta el modem ubicado en el shelter del radar, a mas de 50 metros	Bajo. La antena puede ser colocada en la parte superior de la torre. A menos de 5m del equipo terminal (DTU).
<b>Tiempo requerido para la puesta en servicio</b>	La instalación de este tipo de enlaces es relativamente rápida, ya que solo se necesita colocar las antenas, los equipos terminales, realizar el cableado y las pruebas de funcionamiento respectivas.	Se debe esperar por la culminación de la red de transporte de fibra. Para la instalación de los enlaces de microondas solo requieren de días para las adecuaciones, cableados y pruebas
<b>Propiedad de los equipos última milla.</b>	Del proveedor del servicio de telecomunicaciones	Del INAMEH
<b>Costos por alquiler y mantenimiento de la red</b>	Altos	Bajos

De acuerdo a lo expresado en la matriz de comparación, se puede observar rápidamente que ambas soluciones pueden satisfacer técnicamente las exigencias de calidad de servicio y disponibilidad de la red, sin embargo en cuanto al impacto sobre la infraestructura civil, mantenimiento y costo se existen diferencias importantes.



En primer lugar, las condiciones para la adecuación de los equipos de telecomunicaciones, en la solución satelital se requiere instalar un cableado desde la caseta donde se debe ubicar la antena, hasta el shelter del radar donde se ubicaría el módem, es decir a una distancia superior a 50 metros, pudiendo esto generar atenuaciones y perturbaciones en la señal, además de se requerir de canalizaciones y trabajos adicionales en la infraestructura de la estación. En cambio las adecuaciones para los enlaces de microondas son mas sencillas ya que la antena se puede colocar el la parte superior de la torre a pocos metros del radio de comunicación.

Por otro lado, el mantenimiento de los equipos de telecomunicaciones en la red fibra-microondas, sería responsabilidad del INAMEH lo cual evitaría la dependencia de terceros para las reparaciones y mantenimiento de los enlaces, acortando el tiempo de respuesta en estas circunstancias.

En relación a los costos, las redes satelitales representan generalmente altos costos, ya que tanto los equipos involucrados como el mantenimiento de la plataforma es altamente costoso, en este sentido rentar una red de esta clase es mucho mas alto en comparación a un plataforma terrestre ya sea alámbrica o inalámbrica.

Por estas razones, la opción que integra las plataformas de CVG EDELCA y CADAPE con enlaces de microondas para la última milla es la opción mas conveniente para la red alterna.

## **5.2 Descripción de la solución.**

La Red alternativa que se propone está compuesta por dos plataformas de transporte; la plataforma de CADAPE, la cual permite la conectividad con las estaciones de Carúpano, Geremba, Guasualito, Maracaibo y Puerto Ayacucho y la plataforma de GVG EDELCA con la cual se puede interconectar los Radares ubicados en la zona sur del país como son Guri, Karúm y Santa Elena de Uairén.

Debido a que en esta solución se consideraron enlaces de microondas para interconectar las estaciones de Radar con los nodos de red ubicados en las subestaciones, es imprescindible efectuar estudios para determinar la confiabilidad de los enlaces. Exceptuando el enlace del Radar ubicado en el campamento Guri, el cual se encuentra a solo 100m de la sala de microondas de la central hidroeléctrica Guri, por lo cual es factible utilizar cables para interconectar tales puntos.

### **5.3 Selección de la banda de frecuencia**

Para cada uno de los enlaces punto a punto requeridos se consultó las recomendaciones del ente Regulador del espectro radio eléctrico CONATEL. En conformidad con el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias CUNABAF, se seleccionó la banda no licenciada de 5.8 GHz como posible opción para realizar los enlaces, ya que en esta banda no se requiere hacer solicitud de atribución de licencia y disminuye el tiempo para la instalación de la red.

Sin embargo se realizaron estudios adicionales en la banda de 10.58 GHz, la cual esta destinada para uso gubernamental, con el propósito de estudiar la factibilidad de implementar los enlaces en esta banda, en caso de que el instituto decida usar este recurso. Los cálculos se pueden observar en el anexo N° 1

### **5.4 Simulación por Radio Mobile.**

Este programa esta diseñado para el análisis de redes de microondas, donde se puede obtener aproximadamente, los niveles de potencia recibida y los puntos de reflexión de cada enlace, de igual forma permite trazar las trayectorias posibles para los enlaces, ya sea punto a punto o multipunto.

Radio Mobile es de uso libre y comúnmente usado para realizar simulaciones del área de cobertura de un sistema de radio frecuencia, utilizando mapas digitales que especifiquen las curvas de nivel del terreno.

Para realizar la simulación mediante este programa primero se configuraron valores como la potencia del transmisor, frecuencia de operación, sensibilidad del receptor, ganancias y tipo de antenas. Seguidamente, se establecieron los valores aproximados de los parámetros de las atenuaciones en el sistema como son los alimentadores y el tipo de terreno.

Cada uno de los enlaces, se estudió con origen en cada una de las estaciones de radar y destino los nodos de red de los proveedores de servicio.

Tabla N° 5.1: Ubicación de las estaciones de radar y los nodos de red

Sitio	Coordenadas		Nodo principal	Coordenadas	
	Lat. N	Long. O		Lat. N	Long. O
Carúpano	10°33'20,4"	63°19'38,6"	S/E Carúpano	10°38'21.48"	63°14'37.6"
Geremba	10°24'40"	67°13'05"	S/E IVIC	10°24'13.7"	66°59'48.1"
Guasdualito	07°12'24,9"	70°45'40,4"	Guasdualito	7°13'51.8"	70°43'40.8"
Guri	07°45'49"	63°01'28"	Guri	07°45'48.7"	63°01'28.3''
Karúm	5°18'52"	63°01'38.6"	Auyantepuy	5°20'03"	62°14'08"
Maracaibo	10° 33' 46"	71° 43' 22"	S/E Maracaibo	10°45'12.6"	71°28'20.3"
Puerto Ayacucho	05°39'4,9"	67°36'04,7"	S/E Puerto Ayacucho	5°40'59.8"	67°35'48.1"
Santa Elena	4°34'07"	61°04'36"	S/E Santa Elena	4°31'49"	61°08'14'
Sede	10°24'14,9"	66°53'22.6"	CADAFE IVIC	10°24'24.5"	66°55'55,1"

### 5.4.1 Resultados de la Simulación

En cada uno de los perfiles estudiados mediante el software, se obtuvo los siguientes resultados para la banda no licenciada de 5,8 GHz. En el enlace de Karúm, se utilizó la banda de 2,4 GHz debido a la gran longitud del enlace.

Parámetros de simulación:

- Potencia de transmisión: 30 dBm
- Sensibilidad del receptor: -84 dBm
- Ganancias de las antenas: 45 dBi.
- Terreno inter-tropical
- Perdidas en los alimentadores: 0.5 dB

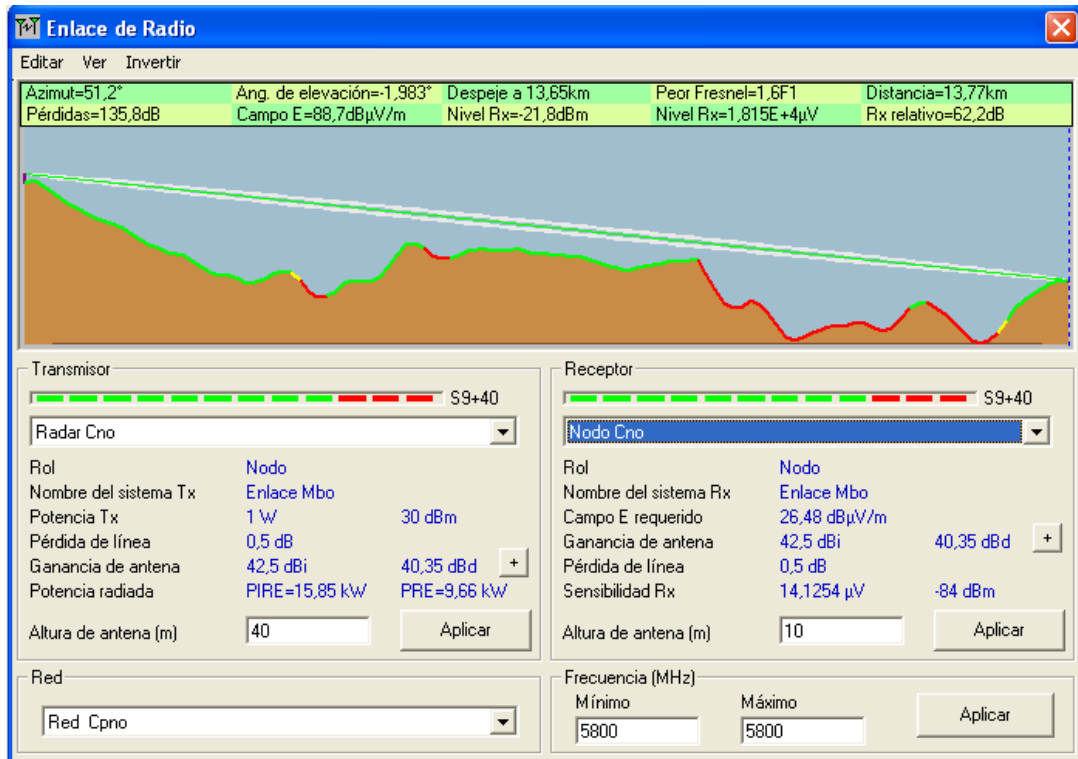


Figura N° 5.1: Enlace del Radar de Carúpano a 5.8GHz.

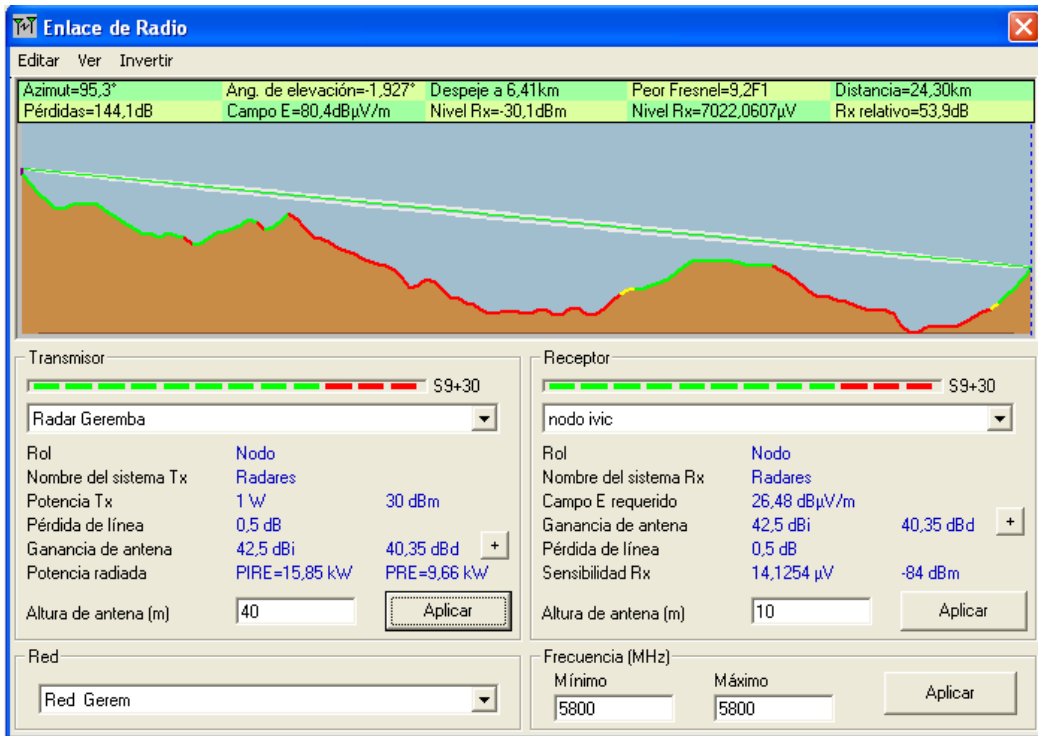


Figura N° 5.2: Enlace del Radar de Geremba a 5.8 GHz.

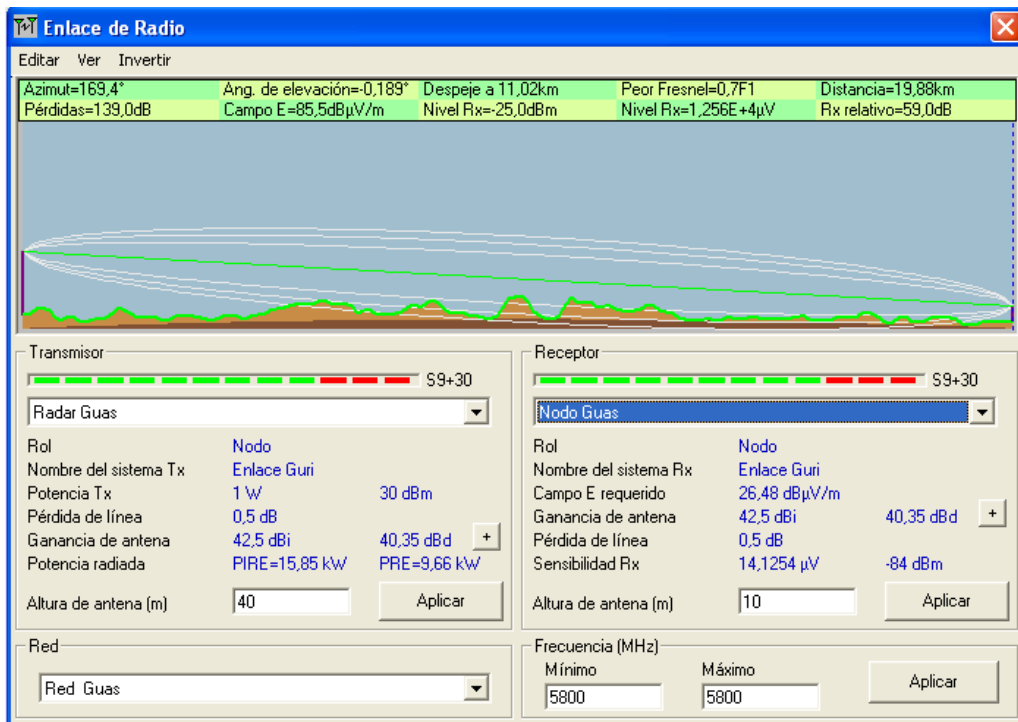


Figura N° 5.3: Enlace del Radar de Guasualito a 5.8 GHz

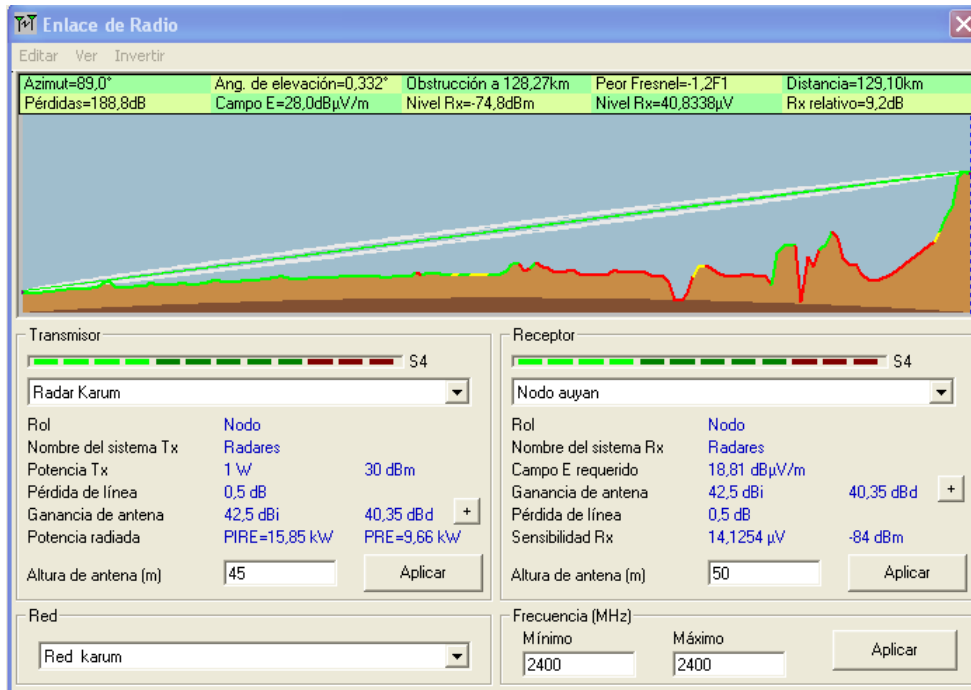


Figura N° 5.4: Enlace del Radar de Karum a 5.8 GHz.

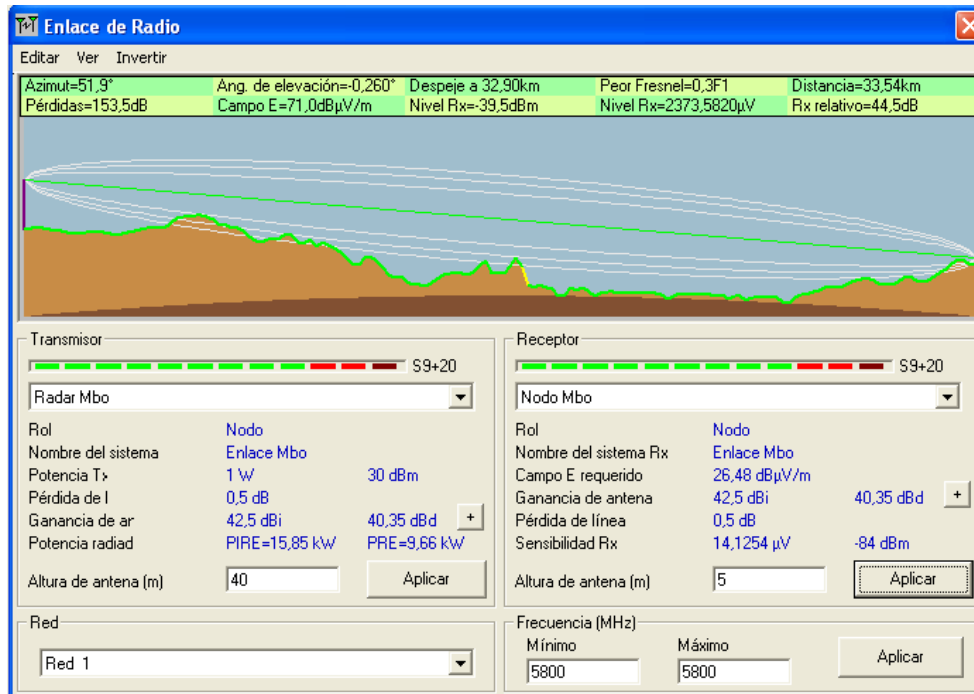


Figura N° 5.5: Enlace Radar de Maracaibo a 5.8 GHz

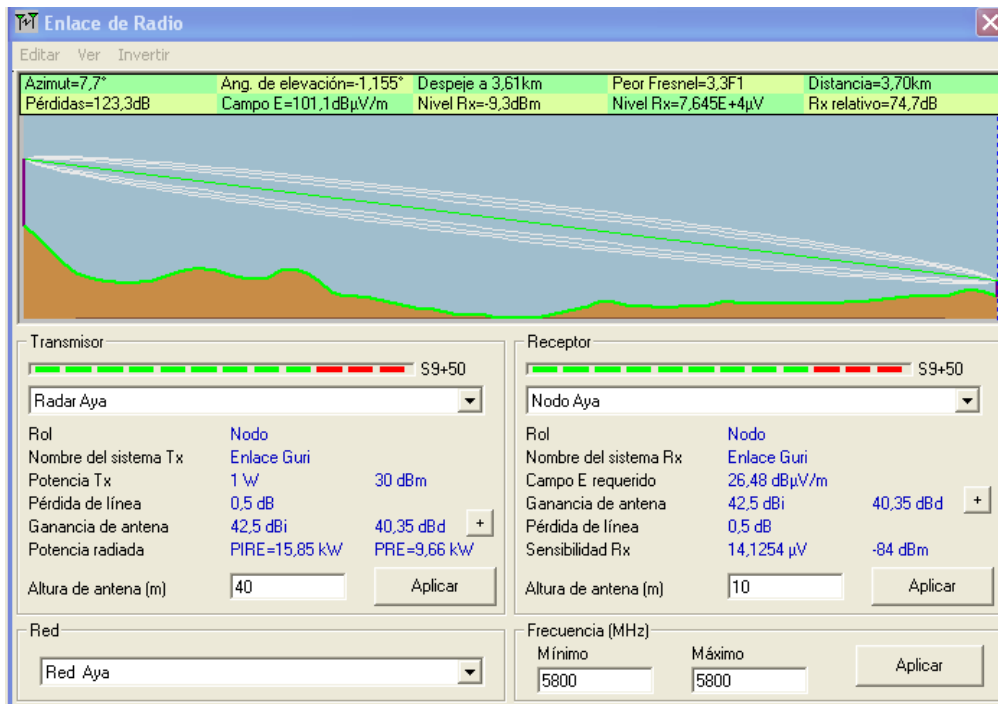


Figura N° 5.6: Enlace del Radar Puerto Ayacucho

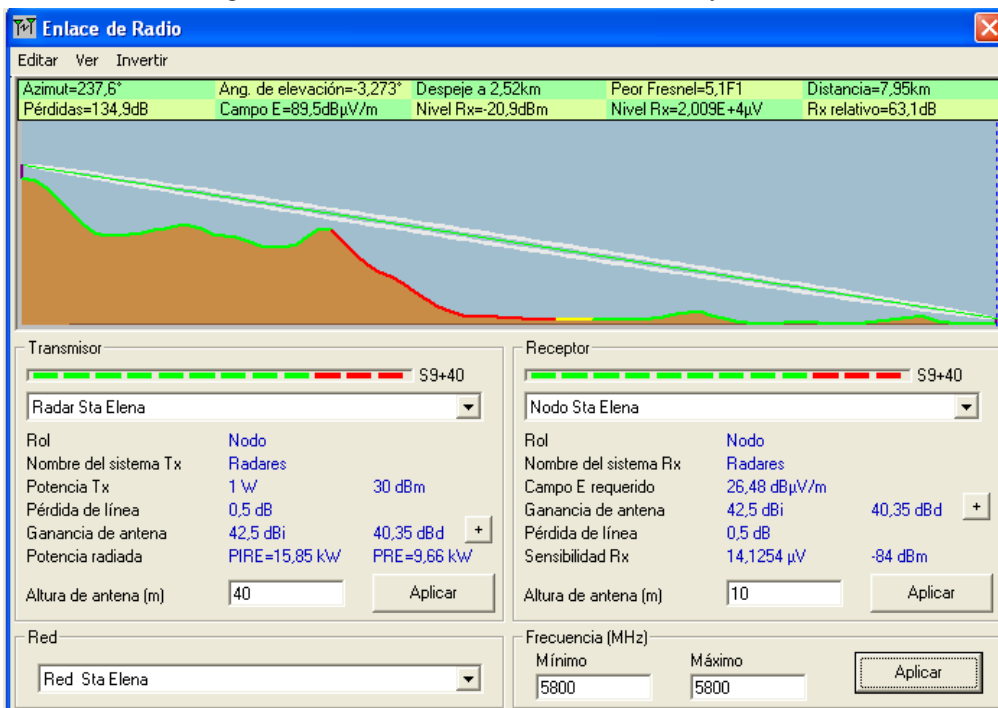


Figura N° 5.7: Enlace del Radar Santa Elena de Uairén

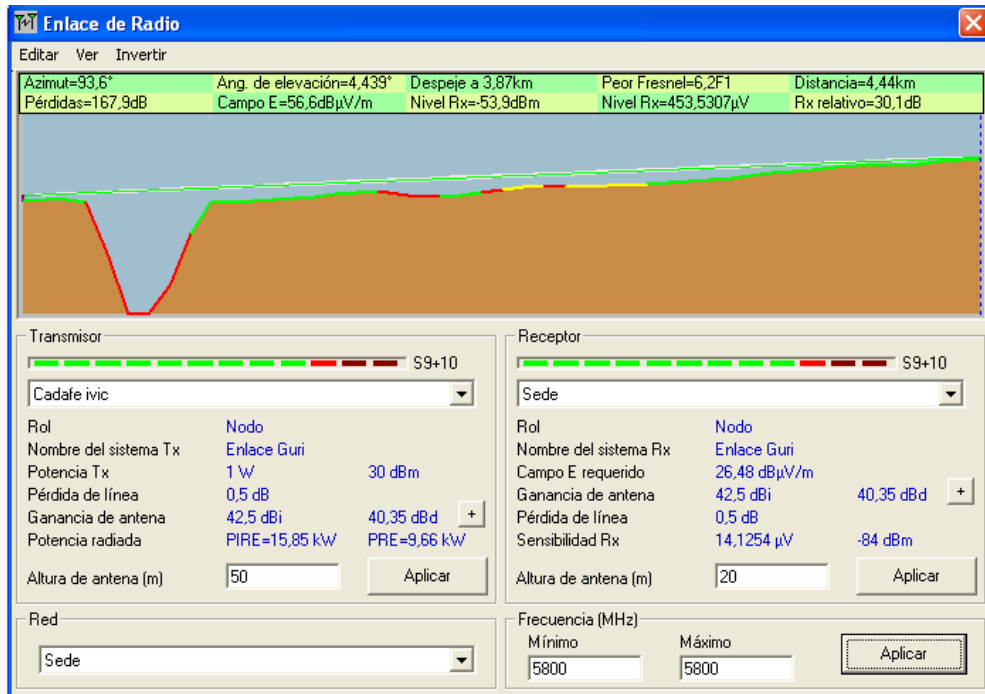


Figura N° 5.8: Enlace Sede

#### 5.4.2 Cálculos de los enlaces.

- i. Atenuación del espacio libre.

$$A_{el}(dB) = 20 * \log R(Km) + 20 * \log f(MHz) + 32.45 \quad \text{Ec 5.1}$$

- ii. Pérdidas por absorción atmosférica.

$$A_{atm}(dB) = \gamma_a (dB / Km) * d(Km) \quad \text{Ec 5.2}$$

$$\gamma_a = \gamma_o + \gamma_w \quad \text{Ec 5.3}$$

Donde  $\gamma_a$  es la atenuación específica, la cual depende de la atenuación debida al oxígeno y al agua. Los parámetros  $\gamma_o$  y  $\gamma_w$  se determinan del siguiente gráfico, en la frecuencia de operación del enlace.



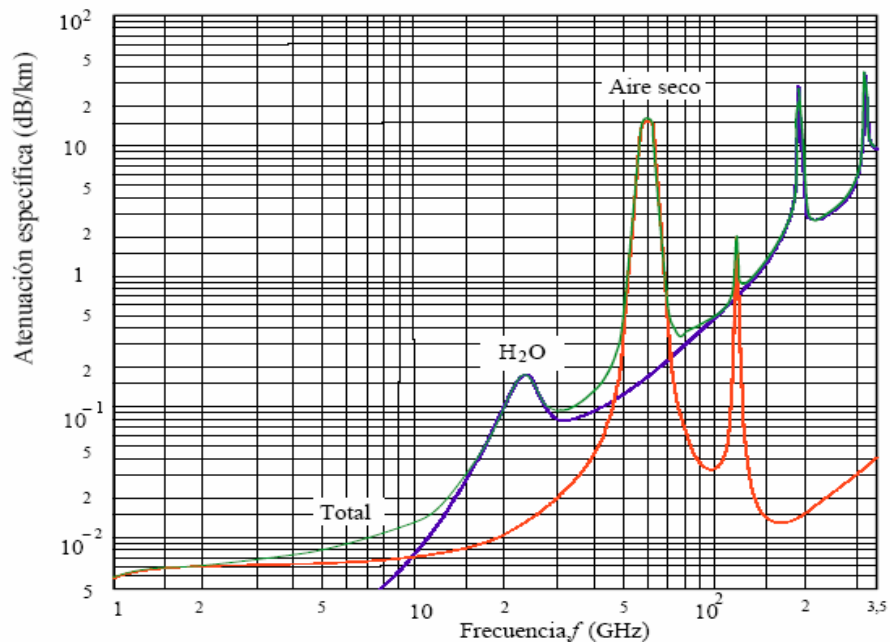


Figura N° 5.9: Atenuación específica

$$\gamma_a(5.8GHz) = 1 * 10^{-3} + 8 * 10^{-3} = 9 * 10^{-3} \text{ dB/Km}$$

**Ec 5.4**

iii. Pérdidas en la línea de transmisión y recepción

Las distancias entre el radio y la antena no superarían los 10m, con cables del tipo coaxial por lo tanto estas pérdidas se consideran despreciables.

iv. Atenuación por lluvia.

Debido a que es imprescindible determinar a fiabilidad de los enlaces en condiciones adversas se realizan los estudios de atenuación debida a las precipitaciones. Según las recomendaciones de la UIT-R P837-3 la intensidad de lluvias R durante el 0.01% del año en la zona correspondiente a Venezuela es de 120 mm/h. Con este valor y siguiendo los pasos para el cálculo de atenuación por precipitación indicado en las recomendaciones P838-3 y P530, se determinó la atenuación específica  $\gamma$  para la intensidad de lluvia

obtenida anteriormente, el porcentaje de tiempo p(%) y la longitud efectiva del trayecto  $L_{efc}$ (Km).

$$A(R) = \gamma(R, f) * L_{efc} \quad \text{Ec 5.5}$$

$$L_{efc} = \frac{d}{1 + \frac{d}{d_0}}, \quad \text{Ec 5.6}$$

Donde  $d_0 = 35 * e^{-0.015 * R}$  Ec 5.7

$$\gamma(R, f) = k * R^\alpha, \quad \text{Ec 5.8}$$

Los parámetros  $\alpha$  y k se determinan en función de la polarización y la frecuencia de trabajo dadas por medio del siguiente cuadro:

Tabla N° 5.2: Valores de las constantes  $\alpha$  y k por frecuencia.

Frecuencia (GHz)	$k_H$	$\alpha_H$	$k_V$	$\alpha_V$
1	0,0000259	0,9691	0,0000308	0,8592
1,5	0,0000443	1,0185	0,0000574	0,8957
2	0,0000847	1,0664	0,0000998	0,9490
2,5	0,0001321	1,1209	0,0001464	1,0085
3	0,0001390	1,2322	0,0001942	1,0688
3,5	0,0001155	1,4189	0,0002346	1,1387
4	0,0001071	1,6009	0,0002461	1,2476
4,5	0,0001340	1,6948	0,0002347	1,3987
5	0,0002162	1,6969	0,0002428	1,5317
5,5	0,0003909	1,6499	0,0003115	1,5882
6	0,0007056	1,5900	0,0004878	1,5728
7	0,001915	1,4810	0,001425	1,4745
8	0,004115	1,3905	0,003450	1,3797
9	0,007535	1,3155	0,006691	1,2895
10	0,01217	1,2571	0,01129	1,2156
11	0,01772	1,2140	0,01731	1,1617
12	0,02386	1,1825	0,02455	1,1216

Se realizan interpolaciones entre 5,5 y 6 GHz, para la frecuencia de 5,8 GHz, en la frecuencia de 2.4 GHz el efecto de esta atenuación es despreciable.

$$\frac{\log 6 - \log 5,5}{\log 6 - \log 5,8} = \frac{\log(0,0004878) - \log(0,0003115)}{\log(0,0004878) - \log kv}, \quad \text{Ec 5.9}$$

$$kv(5,8\text{GHz}) = 4,09590 \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{\log 6 - \log 5,5}{\log 6 - \log 5,8} = \frac{1,5728 - 1,5882}{1,5728 - \alpha}, \quad \text{Ec 5.10}$$

$$\alpha(5,8\text{GHz}) = 1,57880$$

Con estos datos se calcula  $\gamma(\mathbf{R},\mathbf{f})$ :

Tabla 5.3: Valor de  $\gamma(\mathbf{R},\mathbf{f})$  para la frecuencias de operación.

Frecuencia (GHz)	$\gamma(\mathbf{R},\mathbf{f})$
5.8	0.78516

v. Potencia recibida en espacio libre.

Para verificar el buen desempeño de cada enlace es recomendable verificar la potencia de la señal recibida, la cual debe superar la sensibilidad del receptor.

$$P_{rel} = G_{tx} + G_{Rx} + P_{tx} - A_{atm} - A_{el} - A_{0.01\%} \quad \text{Ec 5.11}$$

Ganancia de cada antena: 32.5 dBi para 5.8 GHz y 24 dBi para 2.4 GHz

Potencia del transmisor (radio): 39dBm

Tabla N° 5.4: Cálculos de los enlaces 5.8 GHz

Enlace	Distancia (Km)	Ael (dB)	Aatm (dB)	A <sub>0.01%</sub> (dB)	P <sub>rel</sub> (dBm)
Carúpano	13,77	130,4972	0,1230	10,099	-36,7192
Geremba	24,30	135,4306	0,2187	11,291	-42,9403
Guasualito	19,88	133,6868	0,1789	10,927	-40,7927
Maracaibo	33,54	138,2290	0,3020	11,763	-46,2940
Puerto Cabello	3,70	119,0825	0,0330	4,968	-20,0835
Santa Elena de Uairén	7,95	125,7250	0,07155	8,396	-30,1926
Sede	4,44	120,6660	0,3996	5,899	-22,9646

Tabla N° 5.5: Cálculo enlace Karum a 2.4 GHz

Enlace	Distancia (Km)	Ael (dB)	Aatm (dB)	A <sub>0.01%</sub> (dB)	P <sub>rel</sub> (dBm)
Karum	129,01	140,27	0,77406	-	-56,0401

- vi. Margen de desvanecimiento Plano (flat fade margin).

Es la diferencia entre la potencia recibida en espacio libre y la sensibilidad del receptor. Mientras mayor sea este valor se asegura que la comunicación no será interrumpida.

Debido a que se requiere de un radio con tasa de bit errado BER de  $10^{-7}$ , se determina que el umbral del receptor es -84 dBm ( $S_B$ )

El margen de desvanecimiento se obtiene de la siguiente expresión:

$$M_d = P_{rel} - S_B$$

**Ec 5.12**

Tabla N° 5.6: Valores de margen de desvanecimiento

Enlace	P <sub>rel</sub> (dBm)	Md(dB)
<b>Carúpano</b>	-36,7192	47,28
<b>Geremba</b>	-42,9403	41,06
<b>Guas dualito</b>	-40,7927	43,21
<b>Maracaibo</b>	-46,2940	37,71
<b>Puerto Ayacucho</b>	-20,0835	63,92
<b>Santa Elena de Uairén</b>	-30,1926	53,81
<b>Sede</b>	-22,9646	61,04
<b>Karúm</b>	-54,0401	29,96

Para el enlace de Karúm Md (2.4 GHz)= 46.76 dB

- i. Indisponibilidad y confiabilidad de los enlaces.

Estos parámetros permiten predecir la eficiencia del enlace, para ello se seleccionó el método de Viganz Barnett, el cual es un procedimiento muy robusto para predecir el comportamiento de los enlaces, tomando en consideración las características del terreno, las condiciones climáticas y topográficas de la zona y el margen de desvanecimiento de los enlaces.

Los porcentajes de indisponibilidad (P) y confiabilidad (C) se determinan a través de las ecuaciones 5.13 y 5.14. Para que el enlace digital sea aceptable la indisponibilidad no debe superar 0.036%.

$$P(\%) = 6 \times 10^{-5} \cdot a \cdot b \cdot f \cdot d^3 \cdot 10^{\frac{-Md}{10}} \quad \text{Ec 5.13}$$

$$C(\%) = 100 - P(\%) \quad \text{Ec 5.14}$$

Los valores de a y b se determinan según las características del terreno y el clima de la zona de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla N° 5.7: valores de los parámetros a y b

<b>a=</b>	4 superficies muy húmedas, paso sobre agua
	1 Terreno poco rugoso
	1/4 Paso por montañas, terreno rugoso o muy seco
<b>b=</b>	1/2 Áreas húmedas y calientes como golfos y costas
	1/4 Clima nórdico o temperatura normal
	1/8 Zona montañosa o clima seco

Donde,

f=frecuencia en GHz

d= distancia del enlace en Km

Md= Margen de desvanecimiento dB

P(%)= porcentaje de Indisponibilidad

C(%)= porcentaje de confiabilidad

Obteniéndose los resultados expresados en la tabla 5.8.

Tabla N° 5.8: Cálculos de indisponibilidad y confiabilidad

<b>Enlace</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>P (5.8GHz)</b>	<b>C (5.8 GHz)</b>
<b>Carúpano</b>	1	1/2	8,497E-06	0,999991503
<b>Geremba</b>	1/4	1/2	4,890E-05	0,999951097
<b>Guadualito</b>	1/4	1/2	1,633E-05	0,999983669
<b>Maracaibo</b>	1	1/2	1,111E-03	0,999886633
<b>Puerto Ayacucho</b>	1/4	1/2	8,942E-10	0,999999999
<b>Santa Elena de Uairén</b>	1/4	1/2	9,096E-08	0,999999909

Tabla N° 5.9: Cálculos de indisponibilidad y confiabilidad para enlace Karum

Enlace	a	B	P(2.4GHz)	C( 2.4 GHz)
Karum	1/4	1/2	0,0618228	0,93818

Al analizar los resultados obtenidos en los cálculos de confiabilidad y los comparamos con los objetivos de disponibilidad de la recomendación UIT-R F.1703, se observa que todos los enlaces excepto el de Karum presentan porcentajes que superan la recomendación para distancias cortas, menores a 50 Km de 0.995.

Por otro lado, debido a que el enlace de Karum no cumple los objetivos para enlaces nacionales entre 50 y 250 Km de 0.996, se recomienda para tomar la opción satelital.

## 5.5 Dimensionamiento de los equipos.

Los equipos propuestos para implementar los enlaces de microondas, es un punto muy importante que se debe definir, debido a la gran cantidad de equipos y fabricantes en el mercado. A continuación se muestran las características algunos equipos que son potenciales para la implementación de la red.

### 5.5.1 Selección de sistemas comerciales de la última milla

Tabla N° 5.10: Matriz comparativa de los sistemas inalámbricos

Características	Marca y Modelo del Equipo		
	Winlink 1000	Breeze Access con Estación base	Red Line An-50e
Bandas de frecuencias (GHz)	2.3-2.4; 2.4-2.42 ; 5.725-5.850; 5.865-5.935	4,9-5.1; 5,15-5,35; 5.42-5.75; 5.725-5.85	5,470-5,850
Potencia de salida (dBm)	39	-10 a 21	20
Sensibilidad del receptor (dBm)	-84	-92 a -74 (según nivel de modulación)	-86
Velocidad de transmisión	48 Mbps	54 Mbps	42-79 Mbps
Ancho de banda de canal (MHz)	5,10, 20	10, 20	20
Esquema de Modulación	OFDM, BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM	OFDM: BPSK, QPSK, 16QAM, 64 QAM	OFDM: BPSK, 64 QAM
Tipo de Conector de red	RJ45	RJ45	RJ45
Interfaz LAN	10/100 Ethernet	10/100 Ethernet	10/100 Ethernet
Distancia máxima recomendada LOS	95 Km	30 Km	50 Km
Protocolo o estándar	802.11n	802.11a	802.11 <sup>a</sup>
Acceso por Telnet	Si	si	Si
Gestión y actualización remota	Si	si	Si
Mantenimiento requerido	Bajo	Bajo	Bajo
Características físicas del radio	Debe ser colocado en el shelter y requiere de un cable RF para llegar a la antena.	Caja impermeable magnesio/aluminio, puede ser colocado al lado de la antena evitando pérdida por cable RF	Debe ser colocado en el shelter y requiere de un cable RF para llegar a la antena.
Características físicas de la antena	32.5dBi@5.8GHz, 24dBi@2.4GHz	16 dBi	20 dBi
Alimentación eléctrica	100-240 VAC	100-240 VAC	100-240 VAC

Del cuadro anterior se pudo observar que de acuerdo a las necesidades de la red alterna de comunicaciones de INAMEH, es sistema más apropiado para la los enlaces de ultima milla es el sistema WinLink 1000 ya que permite trabajar en las frecuencias de 5.8 y 2.4 GHz, posee rangos de ancho de banda configurables lo cual permite hacer saltos de frecuencia en caso de interferencias en la transmisión. Cubre el más amplio rango de distancia a baja sensibilidad (80 Km) indispensable para los enlaces de gran longitud. Maneja velocidades superiores a las requeridas, lo cual soporta ampliaciones a futuro y posee compatibilidad con los equipos LAN de cada una de estaciones y de la sede.





Figura N° 5.9: Radio WinLink 1000 para bandas de frecuencias de 2.4 y 5.8 GHz



Figura N° 5.10: Tipo de Antena a instalar el mástil en la torre del radar

### 5.5.2 MODEM DSL

En la tabla 5.11 se muestra el modem propuesto para el enlace hacia la estación de radar Guri.

Tabla N° 5.11: Características del modem ADSL

<b>Modem ADSL</b>	
<b>Marca modelo</b>	D-Link/ DSL-502T
<b>Interfaz</b>	Rj-45, 10/100Base TX
<b>Velocidades de transmisión</b>	G.dmt: 8Mbps downstream, 832Kbps upstream G.lite: 1.5Mbps downstream, 512Kbps upstream ADSL2: 12Mbps downstream, 1Mbps upstream ADSL2+: 24Mbps downstream, 1Mbps upstream
<b>Estándar</b>	ADSL standards: Multi-mode, ANSI T1.413, ITUG.992.1 (G.dmt), ITU G.992.2 (G.lite), ITU G.994.1 (G.hs) ADSL2 standards: ITU G.992.3 (G.dmt.bis), ITU G.992.4 (G.lite.bis) ADSL2+ standards: ITU G.992.5
<b>Acceso remoto</b>	Si a través de TELNET
<b>Alimentación</b>	12 VAC. 1.25 A

## 5.6 DIAGRAMA DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES PROPUESTO.

En la Figura 5.11 se muestra el diagrama de bloques correspondiente al sistema de comunicaciones alterno propuesto, donde el enlace de 5,8 GHz representa los 6 enlaces que comunicarían las estaciones de Carúpano, Geremba, Guasualito Maracaibo, Puerto Ayacucho y Santa Elena de Uairén. El enlace de 2,4 GHz representa la comunicación hacia la estación Karum por ser la de mayor longitud y la conexión por línea telefónica representa el enlace de la estación Guri.

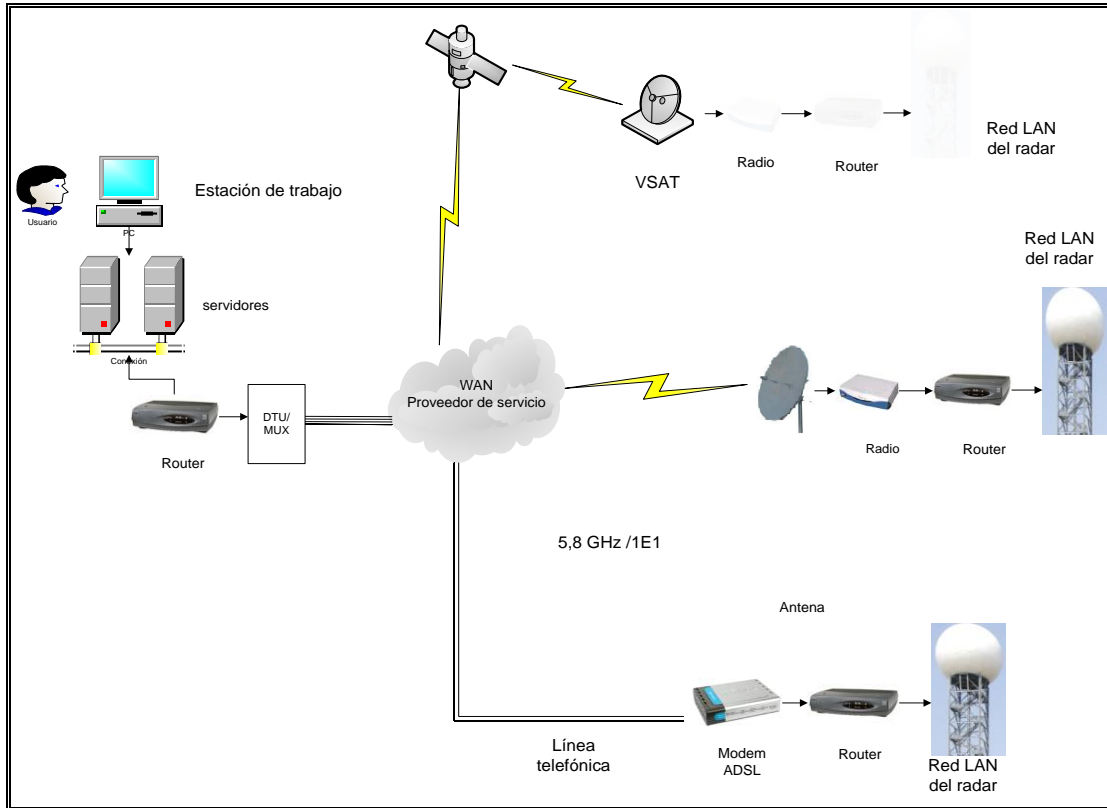


Figura N° 5.11: Diagrama del sistema de comunicaciones propuesto

## CONCLUSIONES

Luego de presentar la propuesta de diseño de la red de telecomunicaciones alterna se verificó la necesidad de establecer dicha red, ya que no solo permitiría prestar un servicio de apoyo cuando el sistema principal falle, también podrá respaldar los enlaces durante las labores de mantenimiento que requieran corte del servicio.

Las alternativas estudiadas para la plataforma de comunicaciones resultaron ser muy diferentes entre si, la primera basada en una red de estaciones VSAT resultó ser ventajosa debido a que la ubicación de las estaciones no constituiría un factor limitante, sin embargo los costos involucrados con este tipo de enlaces son generalmente los mas elevados dentro de las alternativas de comunicación, lo cual para el ancho de banda aprovechado y la función de la red no representaba una solución viable.

La segunda opción conformada por la plataforma de telecomunicación de dos empresas de servicio eléctrico, compuesta por una red de fibra óptica ubicada en los cable de guarda de las líneas de alta tensión y otra parte por una red troncal de microondas, constituyó la mejor alternativa para la red de transporte, ya que los nodos de red se encontraban en zonas muy cercanas a las estaciones de radar y por ser enlaces terrestres representarían menores costos por alquiler de los servicios, sin embargo es importante determinar los factores de confiabilidad para determinar la viabilidad del diseño de la última milla.

Los criterios definidos en la selección de la propuesta final reunieron las características más relevantes del proyecto, dentro de ellos la capacidad de los enlaces (ancho de banda), la calidad de servicio, el mantenimiento, el impacto sobre la infraestructura civil y sobre todo los costos resultaron de gran relevancia para la toma de decisión, garantizando así el menor impacto técnico/económico.

Cada uno de los enlaces de última milla de la red seleccionada, cumplen con valores de indisponibilidad y confiabilidad según las recomendaciones de la UIT-R F.1703. Sin embargo influencia de las características del trayecto, el ambiente de propagación y los

factores atmosféricos juegan un papel muy importante en el comportamiento del enlace, afectando directamente la eficiencia de la transmisión.

El sistema inalámbrico punto a punto Winlink 1000 fue seleccionado por presentar las características mas adecuadas en cuanto a sensibilidad, potencia de transmisión y rango de frecuencias de operación, además de proveer la antena con la mayor ganancia entre los sistemas estudiados.

Mediante el sistema de encriptación del sistema Winlink 1000, se pueden aplicar políticas de seguridad sobre la transmisión de la información, cumpliendo con las recomendaciones de la IEEE 802.11 para redes inalámbricas. Adicionalmente el sistema de gestión y monitoreo, permite al personal del INAMEH verificar la calidad del servicio y aplicar los correctivos necesarios al presentarse alguna falla en la red.

## RECOMENDACIONES

El sistema propuesto aun cuando cumple con las necesidades del INAMEH se debe tomar en consideración algunos aspectos adicionales importantes, para mejorar el diseño propuesto.

- Realizar licitaciones para la selección del proveedor de los equipos de última milla, con especial énfasis en la trayectoria del fabricante.
- Es recomendable para poder cuantificar que tan cercano a la realidad es el sistema propuesto, realizar pruebas de funcionamiento, una vez instalado el sistema, de cada uno de los enlaces para verificar los niveles de señal esperados y configurar la potencia requerida.
- Se debe mantener al personal del INAMEH altamente capacitado para la instalación, integración y mantenimiento a esta red de manera que puedan ejecutar de manera eficiente el mantenimiento del sistema cuando se requiera.
- Debido a que existe la posibilidad de establecer enlaces en la banda licenciada en algunas zonas, se recomienda realizar las gestiones para la atribución de licencia en aquellas zonas mas cercanas a las regiones urbanas, de manera de evitar los efectos de interferencias que se de producen en las bandas libres.
- Para aprovechar la alta capacidad tecnológica de la red, es recomendable estudiar la posibilidad de ofrecer otros servicios como televigilancia y/o telefonía IP en los sitios, para mejorar la seguridad y garantizar la comunicación del personal técnico con la estación central, desde las estaciones de radar remotas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Dr. Ronald E. Rinehart. “El radar para los meteorólogos” (Guía para meteorología). Febrero 2007, p.p 2-6.
- [2] A. K. Bhatnagar, P. Rajesh Rao, S. Kalyanasundaram, S. B. Thampi, R. Suresh and J. P. Gupta. “Doppler radar – A detecting tool and measuring instrument in meteorology” (White Paper), Agosto 2003, p.p 1-8.
- [3] Bon Toscano, Edgar Generoso. “Análisis de Tecnologías en Redes Conmutadas”. (Tesis Maestría).- México: Universidad de Colima, 1999, p.p 1-60.
- [4] CCNA- CISCO 3.0. Capítulo 2: “Redes de Área Extensa WAN”.- EN: [http://www.cisco.com/web/learning/netacad/course\\_catalog/CCNA.html](http://www.cisco.com/web/learning/netacad/course_catalog/CCNA.html).
- [5] González D’Leon Rafael Santiago. Ampliación de la Red de Fibra Óptica y el Sistema SDH de Transporte de Información del Metro de Medellín. (Tesis).- Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana, 2006, p.p 30-39.
- [6] Lejed María. “Sistemas VSAT”.- EN: Sistemas de Acceso de Última Milla. Notas VSAT, Febrero 2004, p.p 2-14.
- [7] Recomendación UIT-R. F.1703. “Objetivos de disponibilidad para enlaces inalámbricos fijos digitales reales utilizados en las conexiones ficticias de referencia y trayectos ficticios de referencia de 27 500 km”
- [8] Herradón Rafael “Propagación Radioeléctrica” (Guía).- Madrid: Universidad Pontificia, Marzo 2007 p.p 8-38.
- [9] Herradón Rafael “Radioenlaces”. (Guía).- Madrid: Universidad Pontificia, Marzo 2007 p.p 27-33.
- [10] Recomendación UIT-R P.530-11. “Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa”.

[11] Recomendación UIT-R P.838-3: “Modelo de la atenuación específica debida a la lluvia para los métodos de predicción”.



## BIBLIOGRAFÍA

- Tanenbaum, Andrews S. Redes de Computadoras. Prentice Hall. 1996.
- Tomasi, Wayne. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. Segunda edición. México. Prentice Hall. 1996.
- Gooding, Clemente. Apuntes de Sistemas de Telecomunicaciones III. Caracas Universidad Central de Venezuela. 1995
- Román, Miguel. Diseño e Implementación de un sistema Inalámbrico Punto-Multipunto en la banda de 5.8 GHz para la Red Platino- INE (Tesis) – Universidad Central de Venezuela. 2007.
- Bon Toscano, Edgar Generoso. “Análisis de Tecnologías en Redes Conmutadas”. (Tesis Maestría) – México: Universidad de Colima. 1999.
- Gonzalez D’Leon Rafael Santiago. Ampliación de la Red de Fibra Óptica y el Sistema SDH de Transporte de Información del Metro de Medellín. (Tesis) – Medellín. Universidad Pontificia Bolivariana, 2006.
- Recomendación UIT-R P.530-11. Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa.
- Recomendación UIT-R P.838-3. Modelo de la atenuación específica debida a la lluvia para los métodos de predicción.
- Dr. Ronald E. Rinehart. El radar para los meteorólogos. 2007.
- Lejed María. Sistemas VSAT. Apuntes Sistemas de Acceso de Última Milla. 2004
- A. K. Bhatnagar, P. Rajesh Rao, S. Kalyanasundaram, S. B. Thampi, R. Suresh and J. P. Gupta. “Doppler radar – A detecting tool and measuring instrument in meteorology” (White Paper). 2003.
- Herradón Rafael. Propagación Radioeléctrica. Madrid: Universidad Pontificia. 2007.

Herradón Rafael. Radioenlaces. Madrid: Universidad Pontificia. 2007.

CCNA- CISCO 3.0. Capítulo 2: Redes de Área Extensa WAN [en línea].  
<[http://www.cisco.com/web/learning/netacad/course\\_catalog/CCNA.html](http://www.cisco.com/web/learning/netacad/course_catalog/CCNA.html).> [Consulta 2007].

Comisión Nacional de Telecomunicaciones CONATEL [en línea].  
<<http://www.conatel.gov.ve/homolog/raetel.htm>> [Consulta 2007].

Getting Started in Radio Mobile [en línea].

<<http://www.cplus.org/rmw/english1.html>> [Consulta 2007].

Radio Enlaces Alvarion BreezeNET B [en línea]. <<http://www.i-excom.com/breezenetb/>> [Consulta 2007].

Tutorial: Protocolos TCP/IP [en línea]. <<http://www.teoria/Protocolos TCP-IP.htm>>  
[Consulta 2007].

Tutorial: Aspectos Técnicos de las Telecomunicaciones [en línea].  
<<http://www.zator.com/internet/index.htm>> [Consulta 2007].

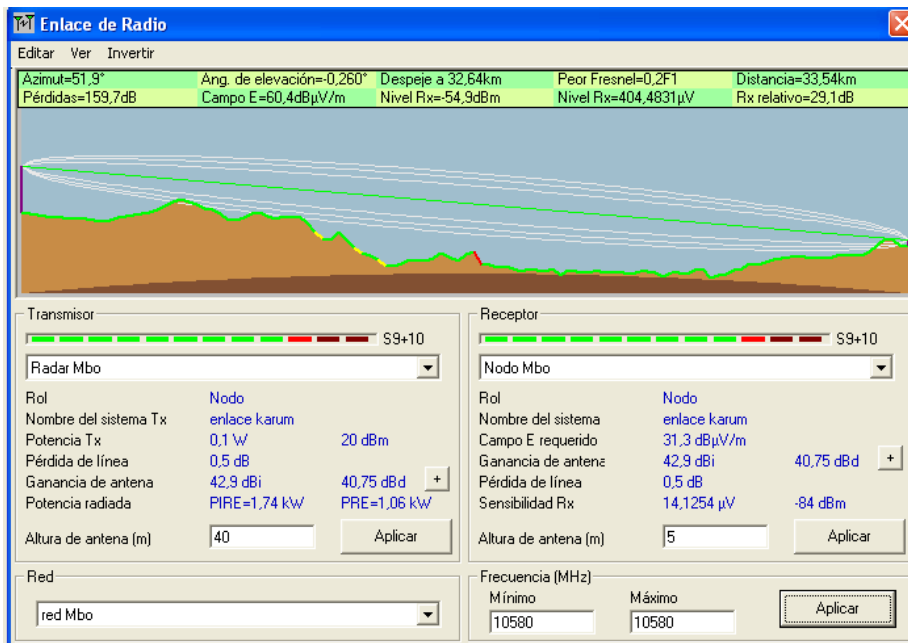
Tutorial: Redes y Telecomunicaciones [en línea].  
<<http://www.tau.org.ar/base/lara.pue.udlap.mx/redes/indexred.htm>> [Consulta 2007].

Manual de operación e Instalación: Versión 1.620. WinLink 1000. Point-to-Point  
Wireless Product Family. RADWIN. USA, 2006\_124p.

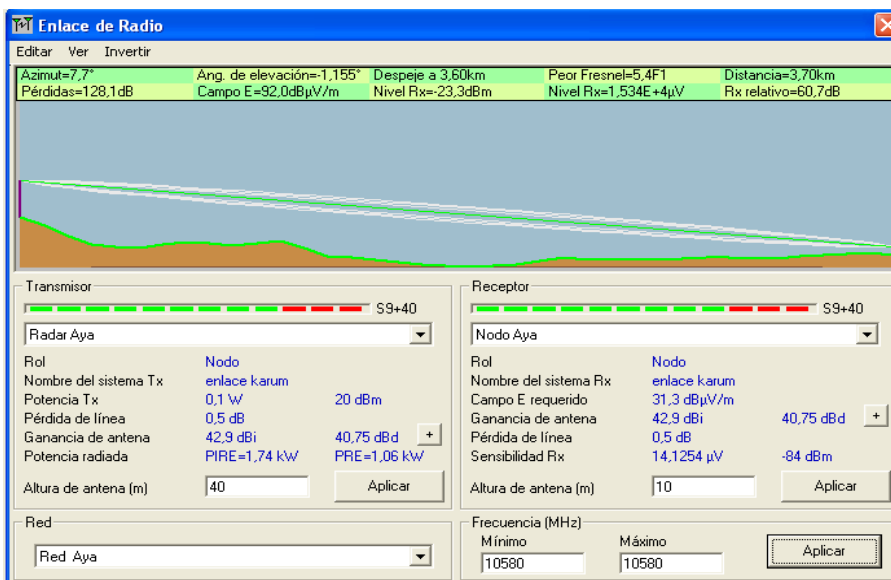
## **ANEXOS**

## Anexo N° 1: Simulación Radio Mobile a 10.58 GHz Cálculos en la banda de 10.58 GHz

A continuación se muestran los resultados obtenidos de los enlaces en los que se pudo alcanzar línea de vista.



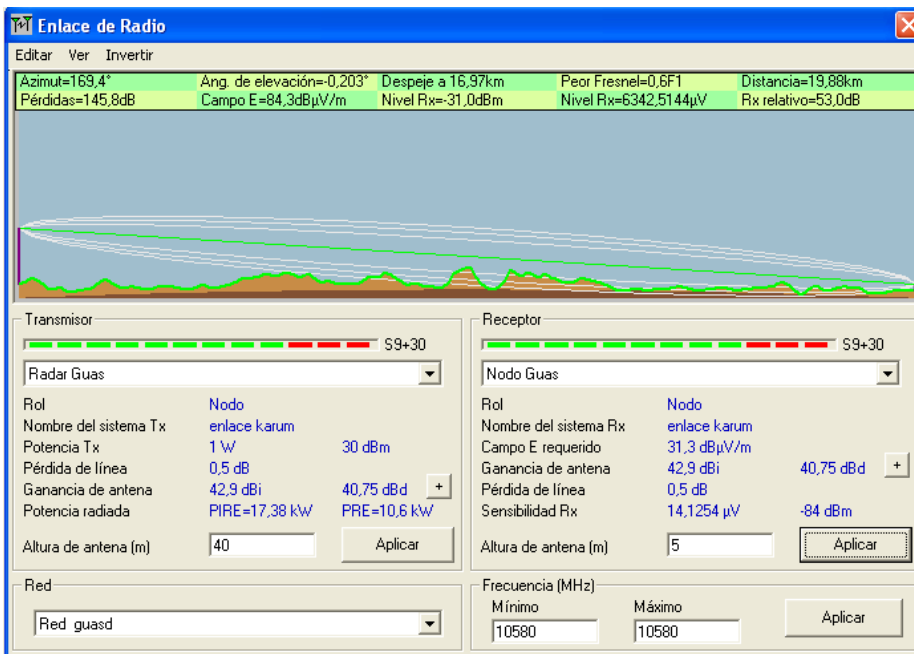
### Enlace al radar de Maracaibo



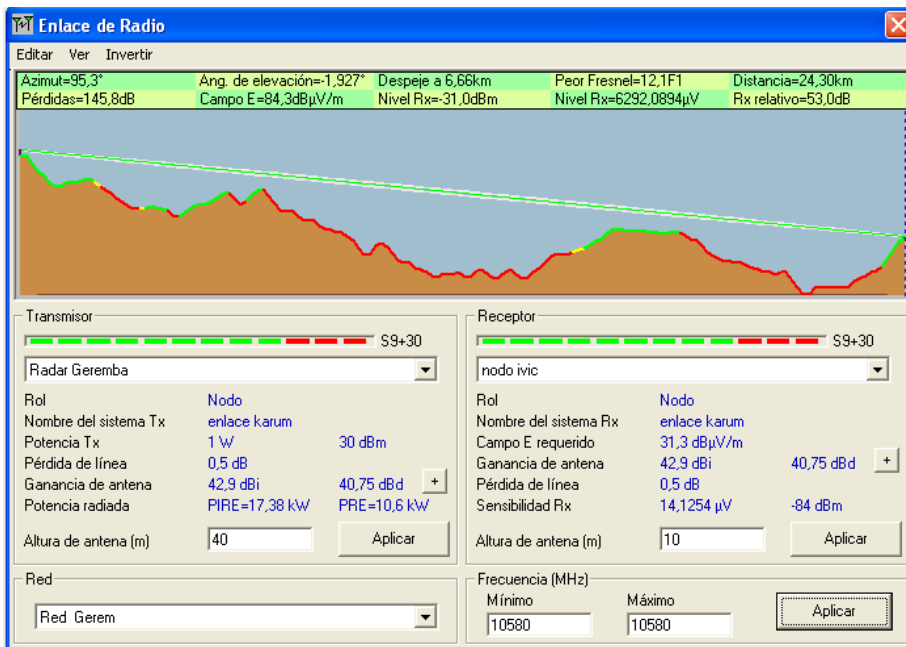
### Enlace al radar de Puerto Ayacucho



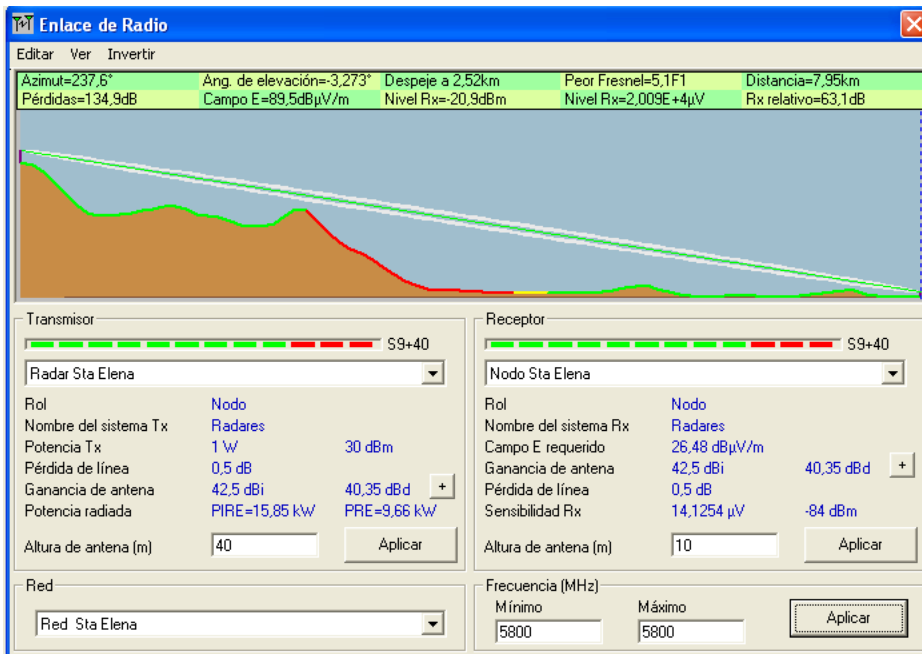
Enlace al radar de Carúpano



Enlace al radar de Guasualito



Enlace al radar de Geremba



Enlace Santa Elena de Uairén

En el enlace de Karum no se lograron resultados satisfactorios (línea de vista) por medio del software, por lo tanto para establecer este enlace en la banda sugerida de 10.58 GHz es necesario colocar una estación repetidora.

Anexo N° 2: Cálculos en de los enlaces en la banda de 10.58 GHz

Perdidas por absorción atmosférica.

$$\gamma_a(10.58) = 5 * 10^{-3} + 1 * 10^{-2} = 15 * 10^{-3} \text{ dB/Km}$$

Atenuación por lluvia  $A_{0.01\%}$

$$\frac{\log 11 - \log 10}{\log 11 - \log 10.58} = \frac{\log(0,01731) - \log(0.01129)}{\log(0,01731) - \log kv}, kv(10.58\text{GHz})= 1,45877*10^{-2}$$

$$\frac{\log 11 - \log 10}{\log 11 - \log 10.58} = \frac{1.1617 - 1.2156}{1.1617 - \alpha}, \alpha(10,58\text{GHz})= 1.1837$$

Calculo de  $\gamma(\mathbf{R},\mathbf{f})$  Atenuación por lluvia.

Frecuencia (GHz)	$\gamma(\mathbf{R},\mathbf{f})$
10.58	4.21806

Cálculos de los enlaces a 10.58 GHz

Enlace	Distancia (Km)	Ael (dB)	Aatm (dB)	$A_{0.01\%}$ (dB)	$P_{rel}$ (dBm)
<b>Carúpano</b>	13.77	135.718	0.0206	24.7023	-44.6409
<b>Geremba</b>	24.30	140.652	0.0364	25.8939	-50.7823
<b>Guasualito</b>	19.88	138.908	0.02982	25.5301	-48.668
<b>Maracaibo</b>	33.54	143.451	0.05031	26.3667	-54.068
<b>Puerto Cabello</b>	3.70	124.304	0.00555	19.5718	-28.081
<b>Santa Elena de Uairén</b>	7.95	130.947	0.0119	22.999	-38.158

Margen de desvanecimiento Plano (flat fade margin).

<b>Enlace</b>	<b>Md(10.58 GHz)dB</b>
<b>Carúpano</b>	39.359
<b>Geremba</b>	33.218
<b>Guasualito</b>	35.332
<b>Maracaibo</b>	29.932
<b>Puerto Ayacucho</b>	55.919
<b>Santa Elena de Uairén</b>	45.842

Indisponibilidad y confiabilidad de los enlaces.

<b>Enlace</b>	<b>P(%) 10.58 GHz</b>	<b>C(%) 10.58 GHz</b>
<b>Carúpano</b>	9.605*10 <sup>-5</sup>	99.999
<b>Geremba</b>	5.427*10 <sup>-4</sup>	99.999
<b>Guasualito</b>	1.826*10 <sup>-4</sup>	99.999
<b>Maracaibo</b>	4.865*10 <sup>-2</sup>	95.135
<b>Puerto Ayacucho</b>	1.028*10 <sup>-8</sup>	99.999
<b>Santa Elena de Uairén</b>	1.038*10 <sup>-6</sup>	99.999

Debido a los valores obtenidos de confiabilidad para el enlace de Geremba a la frecuencia de 10.58 GHz, no cumple con el valor recomendado de indisponibilidad, se requiere aplicar el criterio de diversidad en frecuencia para agregar un factor de mejora que permita aumentar la confiabilidad.



Anexo N°3: Indicaciones importantes para el acabado de las instalaciones de la porción de los enlaces de los radares a realizarse en las estaciones respectivas

El radar meteorológico es un sistema complejo y de muy alto costo que está siendo provisto por nuestro Programa para generar un beneficio a la comunidad a través de su uso en las predicciones meteorológicas. Tal sistema, ha sido construido bajo las más estrictas normas internacionales reglamentadas para uso mundial en cada uno de sus aspectos: comunicaciones, electrónica, refrigeración, electricidad, construcción civil etc., propios de todo el sistema. Cada detalle que se le adicione debe igualmente resguardarse en las normativas correspondientes a fin de continuar con la coherente disposición ante las normas de tal sistema. Luego, claros en que nuestra contratista muy bien conoce y guarda tales lineamientos, como su política de trabajo, no nos queda sino agregar lo siguiente:

**1. La perforación a realizar en el shelter destinada al paso del cable de alimentación del radio debe:**

- a. Hacerse en la losa cero, es decir, en el piso del shelter en las inmediaciones del sitio donde se colocará el equipo DTU.
- b. La perforación debe quedar cerrada por completo con un material sellante para intemperie.
- c. La perforación debe ir cubierta con una caja de paso para intemperie.

*IMPORTANTE:* El sellado de la perforación realizada se toma como medida para la preservación del ambiente interno en el cual los equipos del radar meteorológico deben operar. Cabe destacar que las condiciones internas del shelter son las óptimas para que los equipos no se descalibren ni sufran ningún desplazamiento en sus puntos de operación, lo cual es indispensable para obtener del radar los productos que de él se requieren de forma confiable. De modo que debe preservarse la presión interna, su temperatura y humedad sin cambio alguno.

**2. Con respecto al cable de alimentación de la antena tendremos lo siguiente:**

**a. Parte externa del shelter:**

- i. Todo el cableado que se encuentre en las afueras del shelter debe estar cubierto con tubería corrugada hasta la entrada al cajetín, incluyendo los que se encuentren en las inmediaciones de la antena y el radio.

**b. Parte Interna del shelter:**

- i. Si las dimensiones del cable lo permiten, la alimentación debe pasar por la canaleta provista por el shelter que resguarda el cable de alimentación de los equipos activos que se encuentran en el rack aéreo que está sobre la consola.
- ii. Si las dimensiones del cable no permite el punto i, entonces se deberá proveer una canaleta que resguarde el nuevo cable, todo esto con los acabados adecuados.

*IMPORTANTE:* Todo el cableado debe quedar debajo del piso falso

**3. Puesta a tierra de los equipos:**

- a. Todos los equipos usarán las barras de puesta a tierra provistas por el tablero del “Telecommunication room”, es decir, el tablero “TR” que se encuentra en el cuarto que resguarda los equipos de transmisión y recepción del radar. Tales barras se encuentran en la parte inferior del tablero. Cada puesta a tierra de los equipos se deberá hacer por separado, no se usará el punto de tierra de un equipo para conectar la tierra de otro ni siquiera de su carcasa. No se colocará la puesta a tierra de la carcasa de un equipo de comunicaciones en la Torre del Radar, se deben utilizar las barras destinadas para este uso y en forma independiente para cada equipo.

Los radares son prácticamente idénticos entre sí, la idea de los lineamientos mencionados es que cada una de las porciones de los enlaces a instalar, queden lo más parecido posible, guardando las diferencias que se puedan establecer por causa de la última milla y de las antenas a instalar. No obstante, en lo que es lo común, deben quedar igualmente instaladas en su totalidad.

Anexo N°4: Fotos Instalaciones de las Estaciones de Radar



Fachada caseta de vigilancia: ubicación de la antena VSAT.



Vista aérea caseta de vigilancia y ubicación de la estación de trabajo en el Shelter del radar



Caseta de vigilancia y de energía



Torre y Radomo



Ubicación de los equipos de comunicaciones en el shelter



Instalación de antena en torre del Radar