

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PLANIFICACIÓN DE UNA RED DE SUPERVISIÓN Y CONTROL EN MOVILNET, BASADA EN ESTÁNDARES DE ALTA CALIDAD Y SEGURIDAD

Profesor Guía: Ing. Carolina Regoli.
Tutor Industrial: Ing. Jorge Pacheco.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Zoghbi C., Simón C.
para optar al Título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2009

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 28 de octubre de 2009

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Zoghbi C. Simón C., titulado:

“PLANIFICACIÓN DE UNA RED DE SUPERVISIÓN Y CONTROL EN MOVILNET, BASADA EN ESTÁNDARES DE ALTA CALIDAD Y SEGURIDAD”

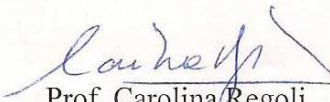
Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.



Prof. Luis Fernández
Jurado



Prof. William Jota
Jurado



Prof. Carolina Regoli
Prof. Guía

DEDICATORIA

A mis padres, por haberme inculcado sus valores y con su esfuerzo haberme permitido la oportunidad de estudiar y llegar a ser lo que soy.

A mi padre, en su memoria le dedico este trabajo.

A mi familia por su amor y apoyo en todas las etapas de mi vida.

RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme fortaleza, salud, sabiduría y humildad para cumplir esta tarea.

A mi familia por su apoyo y su confianza en mí para culminar mis metas.

A la Universidad Central de Venezuela, a la Escuela de Ingeniería Eléctrica, en especial a la profesora Carolina Regoli, por haber suministrado su valioso tiempo y dedicación para dar sus oportunos consejos y orientación para la realización de este trabajo de grado.

A mi novia Marjorie Alvarez, por acompañarme en los momentos difíciles y demostrarme su apoyo incondicional.

A mis amigos y compañeros de clase, en especial a Hector La Rosa, Raul Dominguez, Alexis Abreu, Jacob Pardi y Jonathan Saltarin, por su apoyo en los momentos difíciles de mi vida universitaria.

A la gerencia de transmisión de Movilnet que me brindó la oportunidad y el apoyo para realizar este trabajo, en especial a mi tutor Ing. Jorge Pacheco, y a los especialistas Pedro Lotta, Yaneth Garcia, Tomas Renaud, Wilmer Martinez, Martin Nieves y Larry Ramos, por su dedicación y apoyo.

Al ingeniero Adrian Parraga, especialista de sistemas de energía de Movilnet.

A todos gracias.

Simón C., Zoghbi C.

**PLANIFICACIÓN DE UNA RED DE SUPERVISIÓN Y
CONTROL EN MOVILNET, BASADA EN ESTÁNDARES DE
ALTA CALIDAD Y SEGURIDAD**

Profesor Guía: Ing. Carolina Regoli. Tutor Industrial: Ing. Jorge Pacheco. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución: MOVILNET. 2009. 100h. + anexos.

Palabras claves: Red de Supervisión, Red de Control, Estaciones Radio Bases.

Resumen. Se plantea el estudio y la planificación de una red de supervisión y control en la empresa de telecomunicaciones MOVILNET, específicamente para los equipos instalados en las estaciones radio base (RBS), esto debido a la existencia de inconvenientes que están directamente relacionados con los procesos de gestión de la red actual de transmisión, ineficiencias en la configuración de equipos, y en la atención o resolución de fallas. El diseño de la red se adapta a los sistemas de monitoreo y gestión de los equipos que se encuentran en las RBS, basados en los diferentes desarrollos propietario de los proveedores: ERICSSON, NEC, CISCO, HUAWEI, y ALCATEL. Además, al utilizar como núcleo la red IP de MOVILNET se garantizan niveles de alta calidad y seguridad.

INDICE GENERAL

CONSTANCIA DE APROBACIÓN	II
DEDICATORIA	III
RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN	V
INDICE GENERAL	VI
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABLAS	XI
ABREVIATURAS	XII
SIGLAS	XIII
ACRÓNIMOS	XIV
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. ASPECTOS PRELIMINARES	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Justificación.....	4
1.3 Objetivos.	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos.	6
1.4 Metodología.	6
1.4.1 FASE I. Investigación Preliminar	6
1.4.2 FASE II. Diseño del modelo de Red.....	7
1.4.3 FASE III. Análisis de calidad, seguridad y beneficios adquiridos.	7
1.4.4 FASE IV. Creación del proyecto para su implementación y pruebas.	7
CAPÍTULO II. MARCO TEORICO	8
2.1 Gestión de redes.	8
2.1.1 Red de gestión de las telecomunicaciones.....	8
2.1.2 FCAPS.	10

2.2	Modelo OSI.....	12
2.3	Jerarquía digital sincrónica SDH.	13
2.3.1	Estructura STM-1	13
2.3.2	Elementos de la señal STM-1	15
2.3.3	Funciones básicas de los equipos de transmisión SDH.	16
2.3.4	Conexiones de los equipos de transmisión SDH.	17
2.4	Protocolo IP.....	17
2.5	Redes de transmisión.....	18
2.6	Ethernet sobre SDH.....	19
CAPITULO III. ESTUDIO DE LA RED ACTUAL DE MOVILNET.....		22
3.1	Elementos monitoreables de la red.	22
3.1.1	Radios PASOLINK.....	22
3.1.2	Radios MINILINK.....	23
3.1.3	Equipos de Energía Intelec.	25
3.1.4	Equipos de Energía Emerson.....	27
3.1.5	Equipos de Energía Argus.	28
3.1.6	Equipos Minisystem de diferentes marcas.....	29
3.2	Calidad en la red DCN.	30
3.2.1	Calidad de Servicio de Movilnet.	31
3.2.2	Calidad de Servicio de Cantv.....	33
3.2.3	Calidad de servicio de la red SDH.....	34
3.3	Seguridad en la red DCN.	36
3.3.1	Seguridad en la red SDH.	43
CAPITULO IV. DISEÑO DE LA RED DCN.....		45
4.1	Enlaces Microondas.	47
4.1.1	Enlaces MINILINK E.....	48
4.1.2	Enlaces PASOLINK.	58
4.1.3	Agregación de subredes MINILINK y PASOLINK.....	61
4.2	Red SDH.	63
4.2.1	Nodos Alcatel.	65

4.2.2	Nodos Huawei.....	68
4.2.3	Nodos Tellabs.	71
4.2.4	Instalación y configuración de tarjetas ETEX.	74
4.2.5	Conexión entre los nodos SDH.....	78
4.3	Red IP.....	79
4.3.1	Serie 12000.	80
4.3.2	Serie 7600.	81
4.3.3	Serie 6500.	82
4.4	Programas de gestión.	83
4.4.1	MINILINK Manager.....	84
4.4.2	PNMSj / PNMTj.	87
4.4.3	Power Manager	89
4.4.4	ENEC Lite.....	90
4.4.5	Emerson Energy Master.....	90
4.4.6	DCTools.....	92
CONCLUSIONES.....		95
RECOMENDACIONES.....		97
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		98
BIBLIOGRAFÍA.....		100

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS, ILUSTRACIONES O GRÁFICAS	Pág.
Figura 1. Esquema de Red de transmisión actual en MOVILNET.....	4
Figura 2. Principales elementos de una Radio Base en MOVILNET.....	5
Figura 3. Relación general entre una RGT y una red de telecomunicaciones.[1].....	9
Figura 4. Trama SDH. [3]	14
Figura 5. Datagrama IP	18
Figura 6. Sistema PASOLINK.....	22
Figura 7. Sistema MINILINK.....	24
Figura 8. Campo Tipo de Servicio	31
Figura 9. Restauración de circuitos SDH.	44
Figura 10. Diseño general de la red.	47
Figura 11. Etapa de los enlaces microondas	48
Figura 12. Router de la SAU IP [8].....	50
Figura 13. Equipos MINILINK E de estaciones terminales	52
Figura 14. Conexión RBS Terminales MINILINK.....	53
Figura 15. Posición de la SAU IP en los AMMs	53
Figura 16. Equipos MINILINK E de estaciones intermedias.	54
Figura 17. Conexión entre dos AMMs.....	56
Figura 18. Conexión entre más de dos AMMs.	57
Figura 19. NEC Indoor Unit	58
Figura 20. Conexión RBS Terminales PASOLINK	59
Figura 21. Conexión entre dos IDUs.....	60
Figura 22. Conexión entre más de dos IDUs.	61
Figura 23. Tellabs 8605 Access Switch	63
Figura 24. Etapa de la red SDH	64
Figura 25. Modelos de interconexión a la red SDH.....	65

Figura 26. Alcatel-Lucent 1660 SM y Alcatel-Lucent 1662 SMC	66
Figura 27. Tarjetas ISA	68
Figura 28. Modelo Optix OSN.....	69
Figura 29. Huawei OSN 3500	69
Figura 30. Tellabs 8660 y Tellabs 8630.....	74
Figura 31. Nodo Tellabs 6340 (ID 24000).....	75
Figura 32. Nodo Tellabs 6340 (ID 24020).....	76
Figura 33. Conexión cruzada nodo 24000 (Puerto 08)	76
Figura 34. Conexión cruzada nodo 24000 (Puerto 06)	77
Figura 35. Conexión cruzada nodo 24020 (Puerto 12)	78
Figura 36. Etapa de la red IP	80
Figura 37. Cisco 12000.	81
Figura 38. Cisco 7600.	82
Figura 39. Cisco 6500.	82
Figura 40. Monitoreo MINILINK 1+0.	85
Figura 41. Alarma MINILINK 1+0.	86
Figura 42. Falla MINILINK 1+0.	86
Figura 43. MINILINK Manager	87
Figura 44. Monitoreo PASOLINK. [10]	89
Figura 45. Monitoreo Emerson EnergyMaster.....	91
Figura 46. Rectificadores Emerson (EnergyMaster).....	92
Figura 47. Monitoreo DCTools.....	93
Figura 48. Monitoreo Intelec DCTools.	93
Figura 49. Rectificadores Intelec (DCTools).....	94

LISTA DE TABLAS

TABLAS	Pág.
Tabla 1. Jerarquías SDH	15
Tabla 2. Anchos de banda de EoSDH.....	20
Tabla 3. Características básicas de los equipos de energía Intelec outdoor.....	26
Tabla 4. Características básicas de los equipos de energía Intelec indoor.....	26
Tabla 5. Especificaciones módulos de supervisión Intelec.....	27
Tabla 6. Características básicas de los equipos de energía Emerson.....	28
Tabla 7. Características básicas de los equipos de energía Argus	29
Tabla 8. Características básicas de los equipos Minisystem (Parte 1).....	30
Tabla 9. Características básicas de los equipos Minisystem (Parte 2).....	30
Tabla 10. Puntos de código de reenvío asegurado	33
Tabla 11. Clases de Calidad de servicio en la red de MOVILNET	33
Tabla 12. Clases de Calidad de servicio en la red de CANTV	34
Tabla 13. Mapeo de las clases de calidad	34
Tabla 14. Alarmas SDH	35
Tabla 15. Correspondencia entre requisitos funcionales y amenazas.	37
Tabla 16. Servicios de seguridad y Capas OSI	38
Tabla 17. Huawei Serie EFGS	70
Tabla 18. Tellabs Serie 6300.....	71
Tabla 19. Tellabs Tarjetas ETEXn-S.	72
Tabla 20. Tellabs Serie 8600.....	73
Tabla 21. Equipos en la red IP	80

ABREVIATURAS

Amp	Amperio
VCat	Virtual Concatenation
Pág	Página
BMP	Bitmap

SIGLAS

CANTV	Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela
ITU	International Telecommunication Union

ACRÓNIMOS

RBS	Radio Base Station
IP	Internet Protocol
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
DCN	Data Control Network
GSM	Global System for Mobile Communications
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
CDMA	Code Division Multiple Access
EVDO	Evolution Data Optimized
IDU	Indoor Device Unit
ODU	Outdoor Device Unit
LAN	Local Area Network
RAU	Radio Access Unit
QPSK	Quadrature Phase-Shift Keying
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
C-QPSK	Constant Envelope Offset Quadrature Phase Shift Keying
OSI	Open Systems Interconnection
TCP	Transmission Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
EBCDIC	Extended Binary Coded Decimal Interchange Code
FTP	File Transfer Protocol
POP	Post Office Protocol
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
LCD	Liquid Crystal Display
ATM	Asynchronous Transfer Mode
STM	Synchronous Transfer Mode

TDM	Time Division Multiplexing
EoSDH	Ethernet over Synchronous Digital Hierarchy
GFP	Generic Framing Procedure
LCAS	Link Capacity Adjustment Scheme
VLAN	Virtual Local Area Network
MPLS	Multiprotocol Label Switching
PNMS	Pasolink Network Management System
PNMT	Pasolink Network Management Terminal
SNMP	Simple Network Management Protocol
FCAPS	Fault Configuration Accounting Performance Security
S3P	SCSI 3 Protocol
ENEC	Emerson Network Energy Center
RGT	Red de Gestión de las Telecomunicaciones
PTO	Public Telecommunications Operador
ISO	International Organization for Standardization
PPP	Point to Point Protocol
WMF	Windows Media Format

INTRODUCCIÓN

Este Trabajo Especial de Grado tiene el objetivo de planificar un modelo de red de supervisión y control que permita gestionar diferentes elementos de red que integran la plataforma de telefonía celular de MOVILNET. Al mejorar este aspecto de gran importancia en las actuales redes de telecomunicaciones, se logran avances que tienen que ver con la reducción de costos de operación y mantenimiento, la reducción de los tiempos de solución de fallas y la prestación de un mejor servicio a los clientes, al ofrecer niveles más altos de disponibilidad.

La empresa MOVILNET dispone de amplias y complejas redes que fueron estudiadas para poder diseñar un modelo de red adecuado. Específicamente se trabajó sobre tres redes denominadas por la empresa de la siguiente manera, agregación, acceso y principal. La primera se refiere a la red compuesta por los enlaces microondas, la segunda esta formada por nodos SDH que utilizan como medio de transmisión la fibra óptica y la tercera es la red IP donde se encuentran los equipos conmutadores y enrutadores.

La red de supervisión y control está diseñada sobre la actual red de transmisión de la empresa; esto permite reducir los costos y el tiempo de implementación de la misma y garantizar niveles de calidad y seguridad apropiados. Los datos de control serán transportados por la red de forma bidireccional, entre las estaciones radio base y los servidores conectados en la red principal.

No forma parte de los objetivos de este trabajo de grado la implementación de la red a nivel nacional de MOVILNET; sólo se trabajó con un mercado modelo integrando los elementos de red que componen el sistema de telefonía celular de MOVILNET que permiten su supervisión y control por puertos de protocolo de

internet IP, sin incluir la implementación del sistema de seguridad comprendido por cámaras y sensores de movimiento.

El trabajo está dividido en cuatro partes, en la primera se encuentran todos los aspectos preliminares a la planificación de la red, entre ellos, el planteamiento del problema, el objetivo general y los objetivos específicos.

El segundo capítulo contiene conceptos importantes relacionados con la red de supervisión y control, incluyendo protocolos y tecnologías que son primordiales al momento de realizar el diseño.

En el capítulo número tres se muestra el estudio de la red actual de MOVILNET. Aquí se describen los equipos que conforman la red y que serán controlados y monitoreados. Este estudio permitió adaptar de forma eficiente el diseño de la DCN a la red de transporte de la empresa y también conocer los estándares de calidad y seguridad utilizados por MOVILNET y que son parte del diseño.

El cuarto capítulo presenta el diseño de la red. En las diferentes etapas del mismo se presentan descripciones y aspectos importantes tanto de los equipos a ser gestionados como de aquellos por donde se transportarán las señales de supervisión y control. Se incluyen características técnicas de cada uno, así como las unidades que los conforman o que son necesarias para la implementación de la DCN. Además se describen los diferentes programas de cada fabricante que son esenciales para lograr el monitoreo y control de los equipos.

Finalmente se presentan las principales conclusiones y se exponen algunas recomendaciones que deben considerarse para que la propuesta sea implementada de forma efectiva.

CAPÍTULO I

1. ASPECTOS PRELIMINARES

1.1 Planteamiento del problema.

Actualmente en MOVILNET existe una red de transmisión mixta: redes de transmisión por Protocolos de Internet (IP), conformada por equipos IP sobre un mecanismo de transporte de datos estándar de Conmutación Multiprotocolar mediante Etiquetas (MPLS) y que representan el eje principal de la transmisión de voz y datos entre centrales de telefonía celular, redes de jerarquía digital síncrona (SDH), para el acceso de los servicios de las estaciones de radio bases (RBS) de alta velocidad y gran ancho de banda, y por último, Microondas SDH y/o de jerarquía digital plesiócrona (PDH) para la agregación de los servicios de última milla, desde las RBS hasta los nodos de acceso.

En base a este esquema de transmisión de la red de telefonía celular en MOVILNET, no existe una red dedicada a las labores de control y supervisión de los elementos que la integran. Sólo se está visualizando el monitoreo de las alarmas que generan los equipos de dicha red.

Para resolver este problema, se plantea el diseño y la construcción de una red de datos de control (DCN), totalmente IP, que permita transportar el puerto de control y mantenimiento local de todos los dispositivos de Red, para ser controlados de forma remota y desde cualquier punto de acceso a la red DCN.

La figura 1, muestra un esquema de transmisión, que actualmente es usado en el operador telefónico MOVILNET.

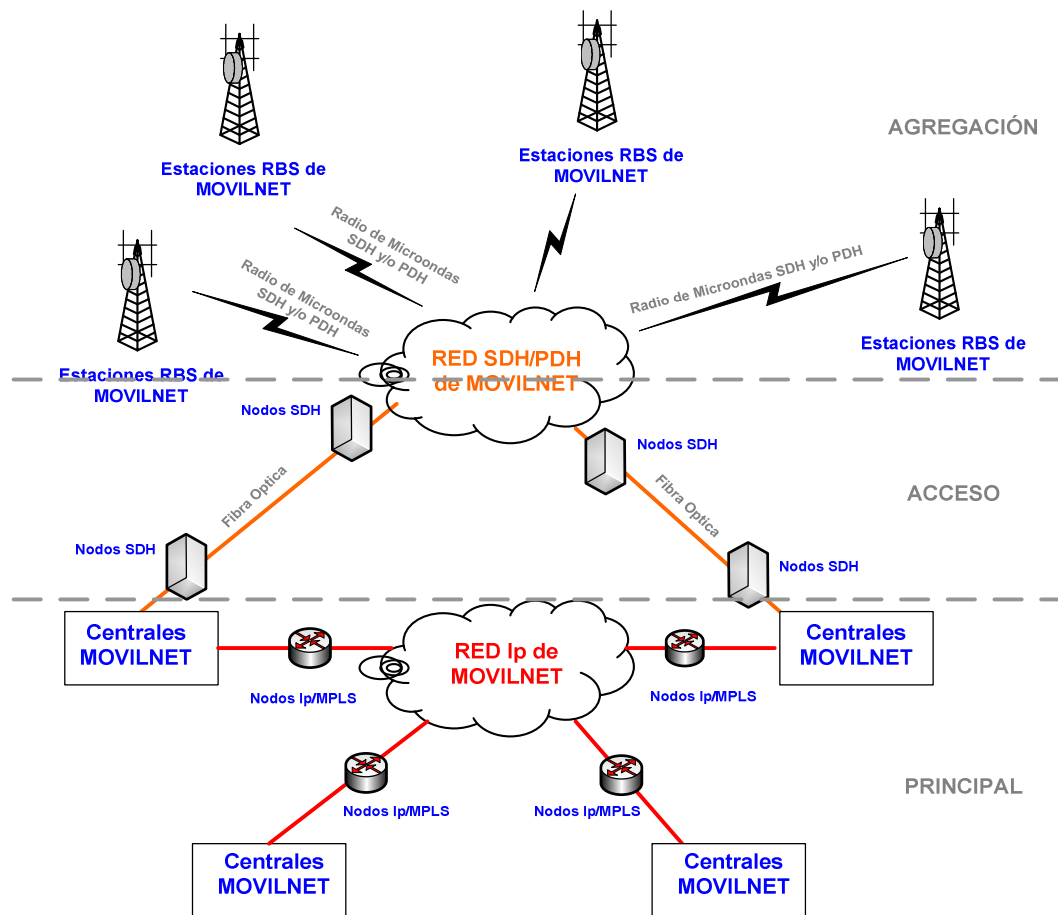


Figura 1. Esquema de Red de transmisión actual en MOVILNET

1.2 Justificación.

Con el incremento de los elementos que integran la red de telefonía celular en MOVILNET, como consecuencia de la implementación de las nuevas tecnologías, (Global System for Mobile Communications, GSM y Universal Mobile Telecommunications System, UMTS), así como las existentes, (Code Division Multiple Access, CDMA y Evolution Data Optimized, EVDO), se hace imprescindible crear una red de Supervisión y Control que permita gestionar de forma remota cada uno de estos elementos. Al integrar los elementos de red al sistema de supervisión y control de forma remota, se podrá generar el análisis de funcionamiento

y operatividad de la red de una manera rápida y confiable, permitiendo a los operadores solucionar fallas de forma inmediata y segura.

En la figura 2, se muestran los diferentes elementos de las radio bases que requieren ser integrados a la red.

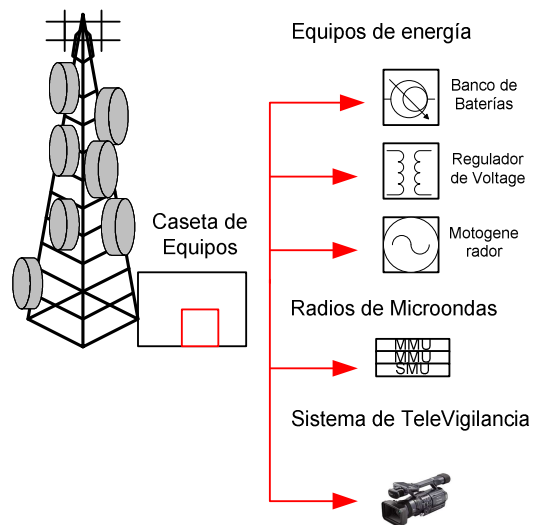


Figura 2. Principales elementos de una Radio Base en MOVILNET.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo General.

Planificar un modelo de Red de Supervisión y Control para los elementos de red que integran la plataforma de telefonía celular de MOVILNET, basado en estándares de calidad y seguridad.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Conocer los elementos que componen la red de telefonía celular de MOVILNET y entender la topología de red actual.
- Identificar los elementos de transmisión requeridos por el sistema de Supervisión y control.
- Establecer los estándares de seguridad y calidad que se aplicarán en la red de supervisión y control.
- Diseñar un modelo de red que integre el sistema de transmisión actual y la red de supervisión y control.
- Realizar pruebas sobre el modelo de red diseñado.
- Evaluar los elementos de red existentes en MOVILNET que pueden ser integrados en el sistema de Supervisión y Control.

1.4 Metodología.

Para un mejor desarrollo de este trabajo especial de grado, se dividió el mismo en cuatro fases, basado en el esquema de MOVILNET para el desarrollo de sus proyectos.

1.4.1 FASE I. Investigación Preliminar

- Investigación Documental: En esta fase del proyecto se recolectó toda la información necesaria del modelo de transmisión actual y por planificar; incluyendo los equipos y tecnologías. Se estudió y organizó toda la documentación recopilada para lograr una familiarización con el tema.

- Marco Referencial: Se investigaron modelos de red de supervisión y control existentes en otros mercados, implementaciones de sistemas semejantes, y elementos de red similares a los pertenecientes a MOVILNET.
- Análisis de Contexto: Previo a la realización del diseño de red, se contó con los niveles de calidad y seguridad exigidos en MOVILNET.

1.4.2 FASE II. Diseño del modelo de Red

Una vez obtenida la información necesaria en la fase anterior, se procedió al diseño del modelo de red. En esta etapa se definieron todos los equipos a utilizar, protocolos y estándares de calidad y seguridad, así como los equipos que podrían ser integrados en la misma.

En esta etapa se visitaron las RBS y se trabajó con toda la información suministrada por los proveedores sobre sus productos.

1.4.3 FASE III. Análisis de calidad, seguridad y beneficios adquiridos.

Luego de realizado el diseño de la red, se hizo el análisis de calidad y seguridad que presenta el diseño; así como los beneficios que se tendrán al implementarse en la red de MOVILNET.

1.4.4 FASE IV. Creación del proyecto para su implementación y pruebas.

Una vez diseñada y analizada la red de supervisión y control, se generó el proyecto que se implementó en un mercado o zona modelo, dentro de la red de MOVILNET, permitiendo conocer realmente la calidad, seguridad y utilidad de la misma.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Gestión de redes.

La palabra gestión posee diferentes usos y definiciones, sin embargo todas están relacionadas de algún modo con las acciones o los procesos que se llevan a cabo para resolver algún problema o lograr objetivos específicos.

El término gestión de redes agrupa numerosas acciones que incluyen la planificación, organización, diseño, operación, supervisión, control, análisis y evaluación, entre otros, de redes de comunicación con el objetivo de lograr y mantener los niveles de servicio deseados.

Entonces, una red de supervisión y control forma parte fundamental de la gestión de redes, además como se mencionó anteriormente, no sólo permite estas dos acciones, sino que una vez implementada permite analizar y evaluar la red de comunicación sobre la que se encuentra.

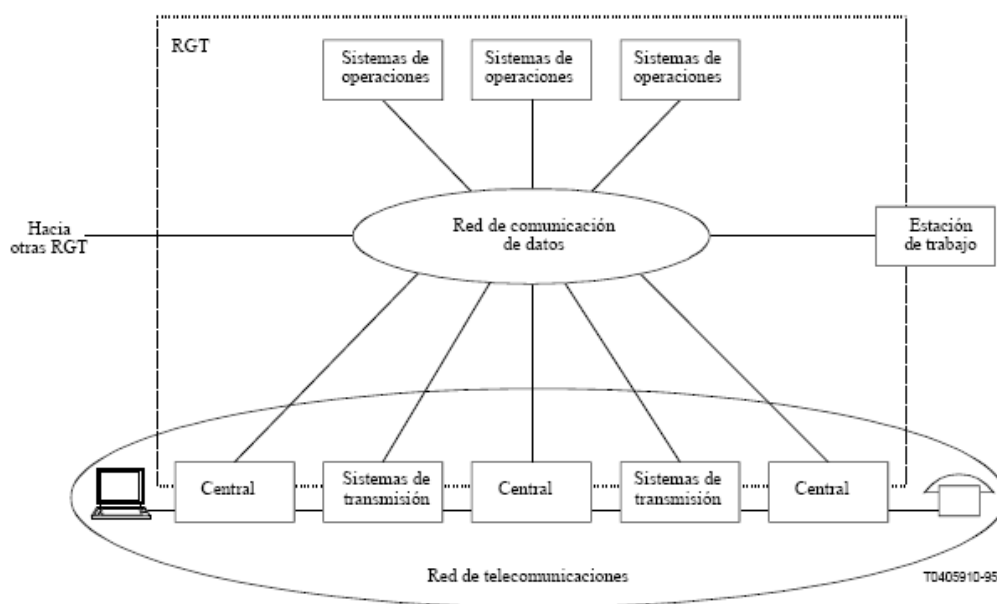
2.1.1 Red de gestión de las telecomunicaciones.

En el contexto de la RGT, el conjunto de capacidades que permiten intercambiar y procesar información de gestión para que los PTO cumplan sus objetivos se define como gestión.

Una RGT es aquella que proporciona una estructura organizada para lograr interconectar diferentes redes y distintos tipos de sistemas de operación para el intercambio de información de gestión, para esto se deben utilizar interfaces y protocolos normalizados. Esta red de gestión es de complejidad variable, puede ir desde una muy simple con un sistema de operaciones de un solo elemento, hasta una

red que interconecte muchos sistemas de operaciones y equipos de telecomunicaciones distintos.

Existe una relación general entre una RGT y la red de telecomunicaciones que esta siendo gestionada, aunque teóricamente son redes completamente separadas que poseen interfaces para el trafico de información, en ocasiones se puede utilizar la red de telecomunicaciones para establecer conexiones de la RGT.



NOTA – Los límites de la RGT, representado por líneas punteadas, podrán abarcar y gestionar servicios y equipos de cliente/usuario.

Figura 3. Relación general entre una RGT y una red de telecomunicaciones.[1]

La UIT dentro de la recomendación M.3010 establece una serie de principios para una red de gestión de las telecomunicaciones. En la figura 3 y dentro de la recomendación mencionada encontramos la llamada red de comunicación de datos, que viene definida a continuación:

“La red de comunicación de datos es un servicio de soporte que proporciona trayectos para flujos de información entre bloques físicos en un entorno RGT. Proporciona funcionalidad dentro del servicio de transporte de las cuatro capas

inferiores del modelo de referencia OSI definido en la Recomendación X.200. En las Recomendaciones Q.811 y Q.812 figuran detalles sobre protocolos de interfaz específicos para transferencia de información a través de una RCD.

La red de comunicación de datos podrá constar de cierto número de subredes individuales de tipos distintos, interconectadas entre sí. La RCD puede hacer un trayecto local o una conexión de área amplia entre bloques físicos distribuidos. La RCD es tecnológicamente independiente y puede emplear una tecnología de transmisión cualquiera o una combinación de éstas” [1].

2.1.2 FCAPS.

Este término que es un acrónimo de categorías en las que la Organización Internacional de Normas define las tareas de gestión de redes, se introdujo inicialmente en los borradores del modelo OSI, para luego ser culminado como parte del trabajo de las RGT en la recomendación M.3400.

FCAPS es un modelo utilizado para la gestión de redes que abarca cinco categorías:

- Falla (Fault).

La gestión de fallas está conformada por el grupo de actividades que permiten detectar, notificar, diagnosticar, aislar, reparar y prevenir posibles problemas en las redes.

Es de gran importancia la información proporcionada por las diferentes herramientas de gestión de fallas, ya que permiten tener control sobre la red y atacar las fallas antes de que se vea afectado el servicio, una vez identificada la falla sobre la red, se aísla la causa y se corrige. Existen 3 herramientas básicas para la gestión de fallas:

- o Herramienta de reporte de eventos.
 - o Herramienta de pruebas de diagnóstico.
 - o Reporte de alarmas.
-
- Configuración (Configuration).

La gestión de configuración se ocupa de diferentes funciones que abarcan desde el inventario y diagramación, hasta la documentación y la configuración de los sistemas, tanto de hardware como de software.

Las tareas básicas son, configuraciones de los equipos y programas, inclusión o exclusión de equipos dentro del servicio, restauración de base de datos, obtención de datos de los equipos de la red para la configuración de sus sistemas, mapas de topologías, base de datos de inventario con información como, modelo del equipo, programa del equipo, versión del programa, entre otros.

- Contabilidad (Accounting).

La gestión de contabilidad reúne el conjunto de funciones que permiten identificar los recursos utilizados y cuantificar los costos, en redes privadas permite verificar si los usuarios están cumpliendo con las políticas de uso de la organización, y en redes públicas se utiliza para elaborar las facturas de los clientes y realizar el seguimiento de pagos.

- Desempeño (Performance).

Esta área del modelo se relaciona directamente con la evaluación de la red, frecuentemente se considera la gestión de tráfico dentro de esta área, mediante el monitoreo de la red es posible detectar problemas o efectuar ajuste de los recursos en respuesta a las necesidades observadas, además, se recogen datos que proporcionan

estadísticas como, tráfico, retardos y tiempos de respuesta. Al analizar dichos datos se pueden encontrar las prestaciones y el rendimiento de la red, además de proveer información para futuras modificaciones de la misma.

Todas estas actividades tienen como objetivo fundamental obtener y garantizar una calidad de servicio establecida.

- Seguridad (Security).

La gestión de seguridad implica los procesos para proteger la información transmitida por los dispositivos conectados a la red, usualmente se divide en tres:

- o La seguridad de datos, se ocupa del resguardo de los datos contra ataques intencionales o no, que producen daños o alteraciones.
- o La seguridad de acceso, tiene que ver con permitir el acceso sólo a usuarios autorizados y además controlar sus funciones.
- o La seguridad física, involucra la seguridad de los equipos y de las instalaciones donde se encuentran ubicados.

2.2 Modelo OSI.

El modelo OSI creado por la organización internacional para la estandarización, es un modelo de referencia de interconexión de sistemas abiertos, es decir, sistemas de comunicaciones que utilizan procedimientos y métodos de comunicación normalizados, este modelo está basado en la idea de separar en diversos módulos las funciones necesarias para una transmisión, estandarizando la interfaz de cada uno de ellos.

De esta forma se busca resolver los problemas de incompatibilidad de redes, ayudando así a los fabricantes a crear redes que sean compatibles con otras, también

el modelo OSI permite el cambio o la variación de alguno de sus módulos sin afectar necesariamente el resto.

Este modelo cuenta con 7 capas, donde cada una de ellas realiza una función específica y conoce las interfaces de los módulos adyacentes, sin embargo cada capa no especifica el protocolo a ser usado en ella. [2]

2.3 Jerarquía digital sincrónica SDH.

Esta jerarquía es un estándar internacional de comunicaciones formulado por la ITU, específicamente para el transporte de telecomunicaciones en redes de fibra óptica, su objetivo es incrementar la flexibilidad y el ancho de banda de los sistemas, además de transportar y gestionar diferentes tipos de tráfico sobre la infraestructura física, tales como voz, video, multimedia y datos, una ventaja importante es el hecho de que es sincrónica permitiendo multiplexión y demultiplexión en un nivel simple, mejorando la calidad de la señal.

Si ubicamos el modelo OSI, esta jerarquía estaría dentro de la capa física del modelo, considerándola como un protocolo de nivel uno, de esta forma, actúa como portador físico de capas superiores, permitiendo el transporte de paquetes de información de aplicaciones como PDH, ATM o IP.

Para lograr el transporte síncrono de la información, ésta se empaqueta en un elemento básico de SDH denominado contenedor, existen diferentes contenedores que corresponden a diferentes tasas de transmisión y que al agregar la cabecera de ruta son llamados contenedores virtuales, éstos son ubicados en STMs, específicamente en el área de carga útil.

2.3.1 Estructura STM-1

La unidad básica de SDH es la estructura denominada STM-1, dicha trama se presenta en la figura 4, pero además de ésta se utilizan STM-4, STM-16, STM-64,

y STM-256, que son unidades que ofrecen mayor tasa de transmisión y que se forman multiplexando estructuras más pequeñas.

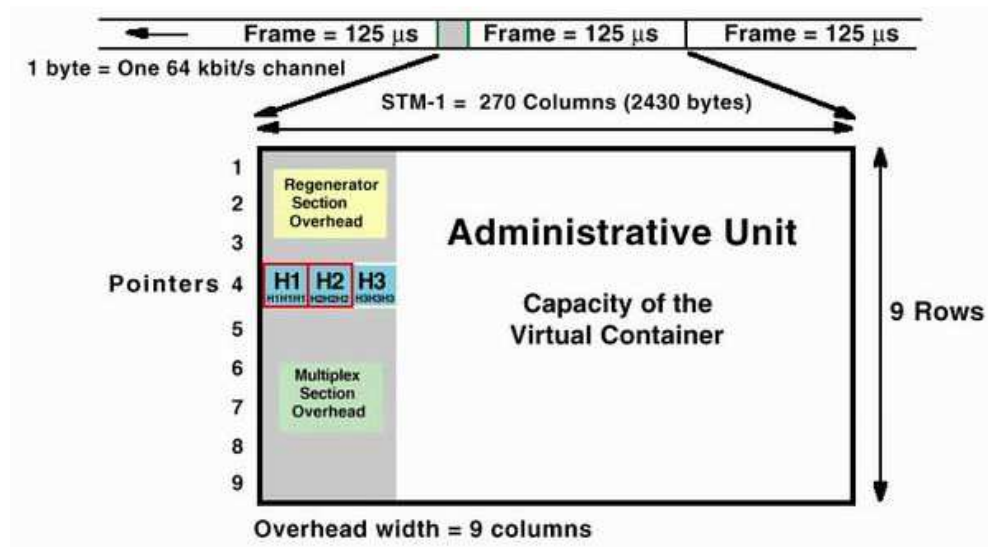


Figura 4. Trama SDH. [3]

Las tramas contienen diferentes tipos de información que son encapsuladas en contenedores específicos y que al agregarse información adicional se forman los contenedores virtuales. La transmisión se realiza bit a bit y a razón de 8000 veces por segundo, es decir, cada trama se transmite en 125 μs. En la tabla 1, se muestran las velocidades de cada uno de los niveles.

De las 270 columnas que forman el STM-1, las primeras 9 forman la cabecera u overhead, donde están contenidos los bytes de control y mantenimiento, el resto de las columnas forman la carga útil o payload.

Tabla 1. Jerarquías SDH

SDH	Tasa de Bits	Abreviación
STM-1	155,52 Mbps	155 Mbps
STM-4	622,08 Mbps	622 Mbps
STM-16	2488,32 Mbps	2,488 Gbps
STM-64	9953,28 Mbps	10 Gbps
STM-256	39813,12 Mbps	40 Gbps

2.3.2 Elementos de la señal STM-1

- Contenedor C-n (n=1-4). Es la unidad mínima capaz de transportar cualquier nivel de la jerarquía PDH y señales de banda ancha. Los especificados son C11, C12, C3 y C4.
- Contenedor Virtual VC-n (n=1-4). Está conformado por el contenedor C-n, más una capacidad adicional para transportar la tara de trayecto (path overhead). Es el contenedor al que se le añade una información de gestión de trayecto (POH). Las taras de trayecto permiten el control de trayecto y las informaciones de monitorización de extremo a extremo. Para un contenedor virtual VC-3 ó VC-4, la carga útil podría consistir en varias unidades tributarias o grupos de unidades tributarias. Los especificados son VC11, VC12, VC3, y VC4.
- Unidad Tributaria TU-n (n=1-3). La unidad tributaria TU, consiste en un contenedor virtual (VC) más un puntero de unidad tributario (PTR TU). La posición del VC dentro de la TU no es fija; sin embargo, la posición del

puntero de TU es fija con respecto al nivel superior siguiente de la estructura de multiplexación, e indica el punto de comienzo del VC.

- Grupo de unidades tributarias TUG. Consiste en un grupo de TUs idénticas. Los especificados son TUG-2 (3 TU-12), TUG-3 (21 TU-12).
- Unidad Administrativa AU-n ($n=3-4$). Este elemento consta de un VC más un puntero de unidad administrativa. La alineación de fase de los punteros AU es fija con respecto a la trama STM-1 en su conjunto, e indica la posición de los contenedores virtuales VC.
- Módulo de Transporte Sincrónico de Nivel 1 STM-1. Éste es el elemento básico de la jerarquía SDH. Consiste en una carga útil, formada por la AU junto con los bytes adicionales correspondientes a la tara de sección SOH. La tara de sección permite el intercambio de información de control entre elementos adyacentes a la red síncrona.

2.3.3 Funciones básicas de los equipos de transmisión SDH.

El uso de esta jerarquía hizo posible la integración de diversas funciones en un solo equipo de transmisión, éstas son:

- Multiplexión: Esta función permite combinar diferentes señales en una sola, consiguiendo aprovechar el sistema de transmisión físico, al ser un sistema síncrono se emplea TDM.
- Terminación de línea: Se refiere a las funciones de adaptación de la señal para ser transmitida, en un sentido el terminal debe terminar la señal para multiplexarla y transmitir señales de mayor velocidad, pero en el otro sentido, debe terminar la señal de manera de poder demultiplexarla y reconstruirla en la señal original. Al trabajar con SDH las redes de

transmisión utilizan en su mayoría fibra óptica, por lo que la terminación es de señales ópticas.

- Conexiones cruzadas: Con esta función se establecen interconexiones semi-permanentes entre diferentes canales en un elemento de red, si se necesitan modificar los circuitos de tráfico se puede lograr cambiando las conexiones.

2.3.4 Conexiones de los equipos de transmisión SDH.

Los sistemas SDH permiten realizar diversos tipos de conexiones entre elementos:

- Unidireccional, el tráfico es enviado en un solo sentido a través de los elementos de la red SDH.
- Bidireccional, es una conexión de dos sentidos, en donde se envía y recibe información por medio de la red.
- Extracción, este tipo de conexión permite extraer la información sin que la misma se detenga en su camino hacia su destino final.
- Difusión, esta conexión logra que un contenedor virtual entrante sea llevado a mas de un contenedor virtual de salida, es decir, la señal puede ser transmitida a varios lugares.

2.4 Protocolo IP

El protocolo de internet, proporciona los medios necesarios para la transmisión de paquetes de datos conocidos como datagramas, desde el origen o transmisor hasta el destino o receptor, a través de un sistema de redes. Ambos dispositivos deben estar identificados con una dirección de longitud fija, la versión

actual del protocolo de internet es la cuatro, aunque existen grandes avances de la futura versión seis. [5]

En la figura 5, se muestra el formato de los datagramas IP, que están formados por palabras de 32 bits y poseen un tamaño mínimo de 5 palabras y un tamaño máximo de 15.

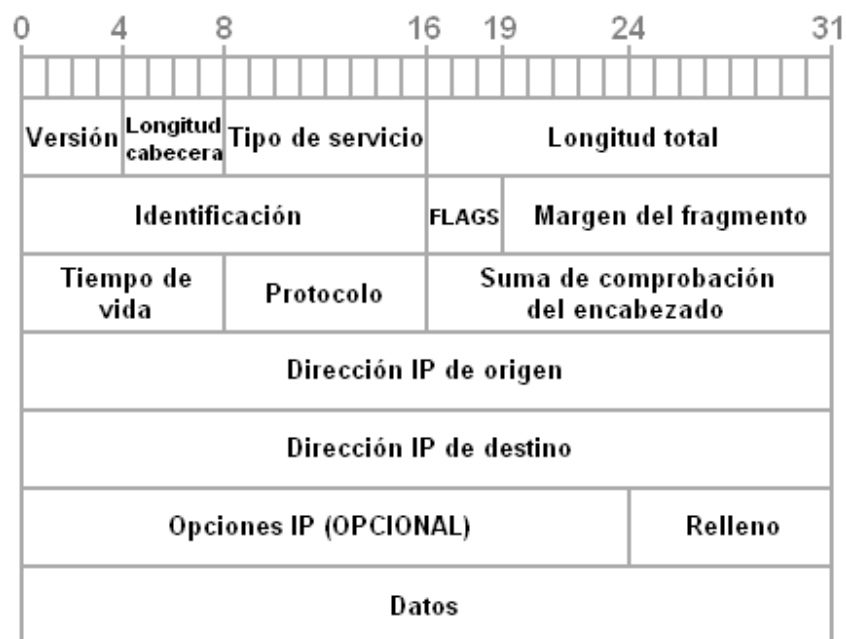


Figura 5. Datagrama IP

2.5 Redes de transmisión.

Las redes de transmisión constituyen la vía por la cual se transmiten las señales, las empresas de telecomunicaciones utilizan estas redes para realizar el transporte de la información entre numerosos y distintos lugares, éstas pueden estar conformadas por medios de transmisión físicos o guiados (par trenzado, fibra óptica, cable coaxial), o medios de transmisión no físicos o no guiados (enlaces vía radio, microondas e infrarrojo, satélites).

A pesar de la gran cantidad de sistemas de comunicación que utilizan cables o fibras para realizar la transmisión, cada día se hace más común el uso del espacio libre como un medio de transmisión usando ondas electromagnéticas radiadas, una evidencia de esto es que los enlaces por microondas representan un gran porcentaje de la red de transmisión en las empresas de telecomunicaciones, debido a su relativa facilidad y rapidez de implementación.

Para establecer un sistema de transmisión por microondas se requiere la instalación de un par de antenas, un transmisor y un receptor, debido a que el medio a través del cual se transporta la señal de un punto a otro es el aire, su implementación es más rápida y económica que el tendido de cables aéreos o subterráneos, convirtiéndose de esta manera en el sistema comúnmente usado para interconectar estaciones radio base.

2.6 Ethernet sobre SDH.

EoSDH se refiere a un conjunto de protocolos que permiten que el tráfico Ethernet sea transportado sobre redes de jerarquía digital sincrónica en forma eficiente y flexible. [6]

Las tramas Ethernet son paquetes asíncronos que para ser enviados a través de enlaces SDH son "encapsuladas" en bloques mediante GFP [7], para crear así un flujo de datos síncronos, este flujo pasa a través de un bloque de mapeo que utiliza normalmente la concatenación virtual (VCat) para dirigir el flujo de bits en una o varias rutas SDH.

Después de atravesar los caminos SDH, el tráfico se transforma de manera inversa, la VCat reconstruye el flujo síncrono de datos original, que luego es "desencapsulado" y finalmente convertido en tramas Ethernet asíncronas.

Existen diferentes bloques para enviar la información mediante SDH, que son propias de la jerarquía, sin embargo, al hablar del transporte de Ethernet sobresalen las siguientes:

- Conexiones Ethernet de 10 Mbps son típicamente transportadas en VC-12-5v, permitiendo utilizar todo el ancho de banda con todos los tamaños de paquetes.
- Ethernet de 100 Mbps, normalmente son transportadas en un VC-3-2v ocupando el ancho de banda con los paquetes más pequeños (menores de 250 bytes) y limitando el flujo de tráfico de los paquetes más grandes.
- Conexión GigaEthernet o de 1000 Mbps, se transporta en un VC-3-21v o un VC-4-7v ocupando todo el ancho de banda con todos los paquetes.

Los anchos de banda posibles se muestran en la tabla 2:

Tabla 2. Anchos de banda de EoSDH

Contenedor	Carga útil
VC-11-Xv	X x 1,600 (X= 1 a 64)
VC-12-Xv	X x 2,176 (X= 1 a 64)
VC-3-Xv	X x 48,384 (X= 1 a 256)
VC-4-Xv	X x 149,76 (X= 1 a 256)

Existe un método llamado LCAS que permite aumentar o disminuir dinámicamente el ancho de banda de los contenedores virtuales concatenados y cuyo protocolo se especifica en publicación G.7042 de la UIT-T.

CAPITULO III

3. ESTUDIO DE LA RED ACTUAL DE MOVILNET

3.1 Elementos monitoreables de la red.

3.1.1 Radios PASOLINK.

Los sistemas Pasolink de NEC, empresa japonesa establecida en Venezuela en 1981, son sistemas que proveen un rango completo de sistemas de microondas, para enlaces de corta distancia punto a punto.

El enlace microondas Pasolink de configuración básica se presenta en la figura 6, y consta de un Modulador – Demodulador Indoor (IDU), un Transmisor – Receptor Outdoor (ODU), y una Antena para cada extremo del enlace.

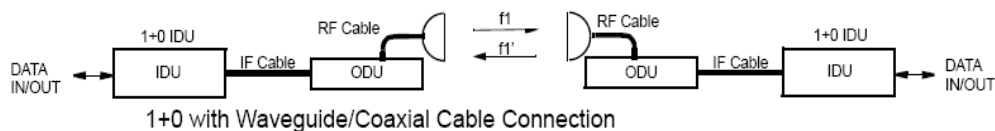


Figura 6. Sistema PASOLINK

Este sistema es flexible en su configuración, tanto para frecuencias como para capacidad de transmisión, y posee una interfaz LAN opcional de alta velocidad, la modulación se elige mediante software desde QPSK hasta 256 QAM.

La serie PASOLINK, cuenta con diferentes equipos de radio que poseen características específicas, algunas de ellas son:

- PASOLINK NEO: Equipo de radio de capacidad media con modulación desde QPSK hasta 128 QAM y que trabaja en un rango entre 6 y 52 GHz.
- PASOLINK NEO HP (High Performance): Terminal de radio de alto rendimiento, diseñado para enlaces microondas de alta capacidad desde 155 Mbps hasta 1,6 Gbps con modulación de 16 a 256QAM.
- PASOLINK NEO IP: Equipo microondas ideal para redes IP, con mayor número de funciones entre ellas, emulación punto a punto por Pseudowire, VLAN, compresión de señales E1, MPLS, interfaces E1 y STM-1.

➤ Bandas de frecuencia

El PASOLINK opera en múltiples bandas de frecuencias desde 6 GHz hasta 52 GHz, específicamente: 6/7/8/11/13/15/18/23/26/28/32/38/52 GHz.

➤ Capacidad de tráfico.

Los enlaces microondas implementados con los radios PASOLINK pueden ser dimensionados para distintas capacidades de tráfico como, 5 x 2 Mbps, 10 x 2 Mbps, 16 x 2 Mbps, 40 x 2 Mbps, 48 x 2 Mbps, 1 x 155 Mbps, 2 x 155 Mbps.

3.1.2 Radios MINILINK.

La solución de la empresa sueca ERICSSON para enlaces punto a punto es el sistema MINILINK, éste se aplica a cualquier requerimiento donde se necesite acceso y transmisión de banda ancha, permitiendo configuraciones simples, estrellas o de anillo.

Un enlace sencillo se presenta en la figura 7, este sistema se compone por cada uno de los extremos de una unidad interior (IDU) y una unidad exterior (ODU).

La IDU concentra las funciones de switching, servicios, módem y tráfico, mientras que la ODU que se compone de una unidad de radio y una antena que transmite y recibe las señales de radio.



Figura 7. Sistema MINILINK

Los sistemas MINILINK proveen diferentes productos, cada uno de ellos con diferentes características:

- MINILINK C: Terminales de radio de capacidad media, descontinuados por la empresa Ericsson.
- MINILINK E: Terminales de radio de media capacidad que utilizan modulación C-QPSK y 16 QAM.
- MINILINK TN: Solución microonda para conexiones cruzadas y multiplexación de tráfico en sitios con varias direcciones de tráfico, modulación C-QPSK y 16 QAM.
- MINILINK HC: Terminales de radio de alta capacidad con modulación 16 QAM y 128 QAM.

➤ Bandas de frecuencia

Las frecuencias de las señales de transmisión y recepción en la cual opera la RAU son las siguientes: 7/8/13/15/18/23/26/28/32/38 GHz.

➤ Capacidad de tráfico

Los sistemas MINILINK son capaces de transportar distintas cantidades de tráfico como los siguientes, 2 x 2 Mbps, 4 x 2 Mbps, 8 x 2 Mbps / 2 x 8 Mbps, 17 x 2 Mbps, 4 x 8 + 2 Mbps, 34+2 Mbps, 32 x 2 Mbps, 155 Mbps.

3.1.3 Equipos de Energía Intelec.

Las soluciones de la empresa Intelec implementadas en MOVILNET, son módulos de conversión o equipos rectificadores de alta frecuencia que pueden dividirse en tres, el equipo para exteriores (outdoor), el equipo para interiores (indoor) y los minisystem, el equipo outdoor es el modelo R2924 y el equipo indoor es el NPR24, los modelos de minisystem tanto de este fabricante como de otros se abordan más adelante. Cada uno de estos equipos de energía cuenta con diferentes capacidades de rectificación y de agregación de módulos de distribución de corriente, además a éstos se le agregan convertidores dependiendo de las necesidades, al arreglo final de energía se añade un módulo de supervisión y control que dependiendo del modelo ofrece diferentes interfaces de comunicación, en las tablas 3 y 4 se presentan las características básicas de estos equipos de energía conocidos como Intelec Intergy.

Tabla 3. Características básicas de los equipos de energía Inteltec outdoor

Características	R2924 CC	NPR24 CC	R2924 SC	NPR24 SC
Capacidad rectificadores	120 Amp	66,5 Amp	120 Amp	66,5 Amp
Número máximo de rectificadores	06	12	06	06
Número máximo de convertidores	04	03 / 04 *	0	0
Posiciones en +24 Vdc	8 (DCM 800)	8 (DCM 800) / 3 Airpack + DCM 400	24 (DCM 2400)	16 (DCM 1600)
Posiciones en - 48 Vdc	8 (DCM 800)	8 (DCM 800) / 7 (DCM 700)	N / A	N / A
Gabinete Principal	5 bancos / 10 baterías	5 bancos / 10 baterías	4 bancos / 8 baterías	N / A
Gabinete Auxiliar	10 bancos / 20 baterías	10 bancos / 20 baterías	10 bancos / 20 baterías	10 bancos / 20 baterías

*Depende del modelo del convertidor instalado:

Wilmore (10Amp) 4, Power One (20 Amp) 4, Power One (10 Amp) 3.

Tabla 4. Características básicas de los equipos de energía Inteltec indoor

Características	R2924 CC	NPR24 CC
Capacidad rectificadores	120 Amp	66,5 Amp
Número máximo de rectificadores	06	12
Número máximo de convertidores	04	03 / 04 *
Posiciones en +24 Vdc	24 (DCM 2400) / 16 (DCM 1600) 3 Airpack+10(DCM 1000)	
Posiciones en -48 Vdc	24 (DCM 2400)	
Número de bancos	2 - 3	

Una vez identificados los equipos de energía Inteltec que se utilizan en la red de MOVILNET, es necesario conocer los diferentes módulos de control y supervisión adaptables a los mismos. Estos módulos están basados en microprocesadores y comparten numerosas características como las siguientes:

- Preconfiguración de fábrica que permite la utilización inmediata del módulo.

- Reconfiguración del módulo mediante el software DCTools, compatible con Windows.
- Los parámetros del sistema son almacenados en archivos transferibles para mejorar el manejo del sistema.
- Proveen control total sobre voltajes del sistema, corrientes de carga, estado y alarmas, que pueden ser mostrados en la pantalla LCD.
- Soportan hasta 24 rectificadores.
- Controlan hasta dos (2) conectores por baja tensión.
- Compensación por temperatura.

Sus principales diferencias se encuentran en el voltaje de entrada y en la interfaz de comunicación que poseen, a continuación se presenta la tabla 5, donde se especifican las diferencias entre los cuatro modelos presentes actualmente en las diferentes RBS.

Tabla 5. Especificaciones módulos de supervisión Inteltec

Especificaciones	SM40	SM45	SM60	SM65
Voltaje de entrada	18 – 60 V	24 – 48 V	18 – 60 V	19 – 60 V
Temperatura de operación	-10°C a +70°C	-10°C a +70°C	-10°C a +60°C	-10°C a +60°C
Sistema de comunicación	RS-485 Protocolo RCP	RS-485 Protocolo RCP Protocolo TCP/IP	RS-485 Protocolo RCP	RS-485 Protocolo RCP Protocolo TCP/IP
Interfaz de comunicación	RS232	RS232 Ethernet	RS232	RS232 Ethernet

3.1.4 Equipos de Energía Emerson.

Los sistemas de alimentación de corriente continua de la empresa Emerson Network Power cuentan con características comunes, sin embargo, por el tipo de armario donde se instalan se pueden dividir en tres: outdoor, indoor y minishelter. En la tabla 6 se muestran detalles de los equipos de energía.

Tabla 6. Características básicas de los equipos de energía Emerson

Características	Equipos Outdoor	Equipos Indoor	Minishelter
Capacidad rectificadores	115 Amp	115 Amp	115 Amp
Número máximo de rectificadores	07	07	07
Número máximo de convertidores	05	05	05
Posiciones en +24 Vdc	8 (DCM 800)	2 x 1500 (DCM 1500)	15 (DCM 2400)
Posiciones en -48 Vdc	8 (DCM 800)	1 x 1500 (DCM 1500)	15 (DCM 2400)
Gabinete Principal	5 o 6 bancos / 10 o 12 baterías	Depende de la localidad de 2 a 3 bancos máximo.	2 bancos Telion 800 Ah o 650 Ah
Gabinete Auxiliar	8 bancos / 16 baterías		N / A

A los equipos Emerson se les agrega un módulo que funciona como sistema de monitoreo y que responde al nombre de Lorain Monitoring System, existen diferentes modelos que responden a diversas necesidades, pero todos los instalados en la red cuentan con tres formas de conexión remota, dial-up, Ethernet o RS-232.

3.1.5 Equipos de Energía Argus.

La empresa Argus provee equipos de energía para las RBS de dos formas; outdoor para sitios a la intemperie e indoor para sitios resguardados, al igual que las otras compañías ofrece diferentes soluciones dependiendo de las necesidades de la localidad, sin embargo todos sus equipos pueden ser gestionados de forma remota a través de IP, en la tabla 7, se muestran los equipos implementados dentro de MOVILNET.

Tabla 7. Características básicas de los equipos de energía Argus

Características	Equipos Outdoor	Equipos Indoor
Capacidad rectificadores	130 Amp	130 Amp
Número máximo de rectificadores	07	07
Número máximo de convertidores	05	05
Posiciones en +24 Vdc	8 (DCM 800)	2 x 2400 (DCM 2400)
Posiciones en -48 Vdc	8 (DCM 800)	1 x 2400 (DCM 2400)
Gabinete Principal	5 bancos / 10 baterías	Depende de la localidad
Gabinete Auxiliar	10 bancos / 20 baterías	

3.1.6 Equipos Minisystem de diferentes marcas.

La variedad de equipos minisystem es amplia, sin embargo cuentan con una ventaja sobre el resto de los equipos de energía, todos los minisystem poseen módulos de supervisión y control que permiten monitorear la tensión, corriente de carga y estado de alarmas del sistema mediante la interfaz física de comunicación Ethernet.

La característica principal de los equipos minisystem es que trabajan en -48 Vdc, éstos se utilizan habitualmente en puntos de repetición o de concentración alimentando sólo los equipos microondas, entregando así un mayor tiempo de autonomía al sistema.

En las tablas 8 y 9, se muestra las características básicas de los equipos minisystem de diferentes marcas.

Tabla 8. Características básicas de los equipos Minisystem (Parte 1)

Características	Intelec APS3	Intelec APS12-A	Intelec APS12-B	Intelec R2948
Capacidad rectificadores	31 Amp	31 Amp	31Amp	66,5 Amp
Número máximo de rectificadores	03 (APR48)	12	12	06
Posiciones en -48 Vdc	2 x 24 (DCM 2400)	24 (DCM 2400) / 10 (DCM 1000)	5 x 24 (DCM 2400)	5 x 24 (DCM 2400)
Numero de bancos	2 bancos 62.5 Ah Power Safe/ 155 Ah SEC	3 bancos 155 Ah SEC	1 banco de las baterías indoor	1 – 2 bancos de los modelos indoor en -48 Vdc

Tabla 9. Características básicas de los equipos Minisystem (Parte 2)

Características	Intelec R1248	Emerson Victoria	Emerson Building Block
Capacidad rectificadores	24 Amp	31 Amp	120 Amp
Número máximo de rectificadores	05	08	05
Posiciones en -48 Vdc	24 (DCM 2400) / 10 (DCM 1000)	2 x 15 (DCM 1500)	8 (DCM 800)
Numero de bancos	1 banco 52 Ah Power Safe/ 2 bancos 155 Ah SEC	2 bancos 65 Ah Telion/ 165 Ah Telion	4 bancos

Específicamente los equipos Intelec cuentan con módulos SM45 que poseen interfaces RS-232 y Ethernet, los equipos Emerson también cuentan con ambas interfaces.

3.2 Calidad en la red DCN.

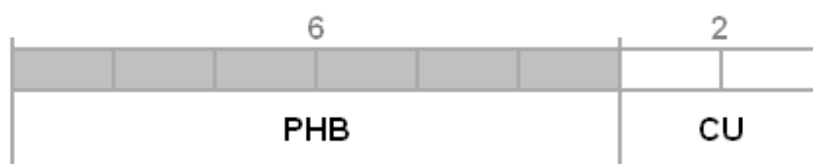
La calidad de servicio es la capacidad de entregar a los usuarios un buen servicio, según la UIT la calidad de servicio está definida: "como el efecto global de

la calidad de funcionamiento de un servicio que determina el grado de satisfacción de un usuario de dicho servicio".

En el diseño de la red de supervisión y control en MOVILNET, luego de agrupar los datos transmitidos por microondas se utilizaran como medio de transmisión la red SDH y las redes IP de la empresa.

3.2.1 Calidad de Servicio de Movilnet.

En las redes de MOVILNET se aplican las funciones de IPQoS que permiten la arquitectura de servicios diferenciados, implementándose en el nivel de red o capa tres del modelo OSI, se pueden ofrecer diferentes niveles de servicio para aplicaciones específicas, para esto en el datagrama IP se utiliza el campo de tipo de servicio que cuenta con 8 bits como se muestra en la figura 8 a continuación.



DSCP: Differentiated Services CodePoint

PHB: Per-Hop Behavior

CU: Currently Unused

Figura 8. Campo Tipo de Servicio

El PHB es definido en la RFC 2475, y se entiende el comportamiento de "forwarding" aplicado a un nodo de servicios diferenciados al tráfico Behavior Aggregate, es decir, es la planificación, el encolamiento y la política de un nodo para cualquier paquete que pertenezca a un determinado Behavior Aggregate, basándose en el campo DS. Existen cuatro estándares disponibles:

- Default PHB (PHB por defecto, RFC 2474), de esta forma el paquete es marcado con 000000 recibiendo el servicio de mejor esfuerzo que normalmente es utilizado en un nodo.
- Class-Selector PHB (PHB selector de clases, RFC 2474), aquí el valor DSCP está definido como xxx000, donde x es 0 o 1, estos valores logran la preferencia en el envío de los paquetes según la cantidad y la ubicación de los 1.
- Expedited Forwarding (Reenvío Expedito, RFC2598), éste proporciona el nivel más alto de servicio, garantizando un ancho de banda, con bajas pérdidas, latencias y jitter.
- Assured Forwarding (Reenvío asegurado, RFC 2597), este PHB permite que en un dominio de servicios diferenciados, se puedan ofrecer diferentes niveles de seguridad de reenvío.

Este PHB es utilizado dentro de las plataformas IP de MOVILNET, entonces los paquetes se clasifican en cuatro clases: AF1, AF2, AF3, y AF4, cada una de ellas puede tener asignado hasta tres niveles de precedencia de descarte. De esta forma cada clase tiene asignada una cantidad específica de espacio del buffer y ancho de banda de la interfaz.

En la tabla 10, se presentan los valores que toman los AF dependiendo de cada clase y de su probabilidad de descarte.

Tabla 10. Puntos de código de reenvío asegurado

Precedencia con probabilidad de descarte	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
BAJA	AF 11 = 10 (001010)	AF 21 = 18 (010010)	AF 31 = 26 (011010)	AF 41 = 34 (100010)
MEDIA	AF 12 = 12 (001100)	AF 22 = 20 (010100)	AF 32 = 28 (011100)	AF 41 = 36 (100100)
ALTA	AF 13 = 14 (001110)	AF 23 = 22 (010110)	AF 33 = 30 (011110)	AF 43 = 38 (100110)

Dentro de la red están establecidos cinco niveles de calidad, la información enviada de la red de supervisión y control está contenida en la clase denominada "Interactiva" la cual se establece para servicios de monitoreo, gestión, SNMP, NTP, SSH, SCP, Syslog, Sigtran, y específicamente cuenta con un PHB de reenvío asegurado 21, el resto de clases se observa en la tabla 11.

Tabla 11. Clases de Calidad de servicio en la red de MOVILNET

Clase	PHB	DSCP
Control	CS6	48
Conversacional	EF / AF31*	46 / 26*
Flujo	AF41	34
Interactiva	AF21	18
Respaldo	BE	0

*En la clase conversacional se encuentra la señalización

3.2.2 Calidad de Servicio de Cantv.

La red de CANTV no agrega el QoS en la capa 3 del modelo OSI como lo hace MOVILNET, sin embargo, ofrece la posibilidad de implementar la calidad de servicio y la prioridad de las colas de forma similar con diferenciación de los servicios, pero ahora en la capa 2.

Esta forma de implementar la calidad de servicio se basa en directivas, contadores de tramas y contexto, definiendo clasificaciones, acciones y la

priorización del tráfico, con DSCP se utilizaban 6 bits de un campo de 8, ahora se utilizarán sólo 3 bits que permiten hasta 8 clases de servicio.

En la tabla 12, se encuentran las diferentes clases de calidad utilizadas en la red de CANTV.

Tabla 12. Clases de Calidad de servicio en la red de CANTV

Clase	CoS	Bits
Control	6 , 7	110 / 111
Tiempo real	5	101
Data critica	4	100
Data de negocios	2	010
Mejor esfuerzo	0	000

La red de CANTV se incorpora al diseño de la DCN con una función específica, funcionar como una red paralela que ofrezca redundancia a la red DCN, por esto puede ser necesario que en algunos casos los paquetes IP que se transportan por la red de MOVILNET deban seguir un camino de la red de CANTV, y para mantener los niveles de calidad durante el tránsito de la información en ambas redes, se debe realizar un mapeo de los niveles de calidad entre ellas, éste se encuentra en la tabla 13.

Tabla 13. Mapeo de las clases de calidad

MOVILNET		CANTV	
Clase	PHB	Clase	CoS
Control	CS6	Control	6 , 7
Conversacional	EF / AF31	Tiempo real	5
Flujo	AF41	Data critica	4
Interactiva	AF21	Data de negocios	2
Respaldo	BE	Mejor esfuerzo	0

3.2.3 Calidad de servicio de la red SDH.

Para garantizar la calidad de la red de supervisión y control, existen una gama de señales que permiten realizar pruebas de la red SDH por la que se está

transmitiendo la información, este monitoreo del rendimiento de la red se basa en los campos de sobrecarga de sección que son usados para fines de control y señalización, específicamente el octeto B1 que es el bit de paridad intercalada, es insertado en el overhead de las secciones de regeneración, multiplexión, y en los tramos de mantenimiento de trayectos permitiendo verificar si existen errores de transmisión en alguna sección, además equipos terminales de destino tanto de orden superior como inferior generan indicadores de error remotos que son enviados de vuelta al equipo origen, en la tabla 14 se muestran las alarmas de la red SDH que funcionan como indicadores de calidad a monitorear.

Tabla 14. Alarmas SDH

Indicador	Acrónimo	Descripción
Perdida de señal	LOS	Se produce cuando el nivel de señal síncrona cae por debajo del umbral de BER previsto.
Trama fuera de alineación	OOF	Ocurre cuando varias tramas SDH se reciben con patrones de tramado inválidos.
Perdida de alineación de trama	LOF	Cuando el OOF se mantiene durante un tiempo específico se produce el LOF.
Perdida de puntero	LOP	Este estado ocurre cuando una cantidad específica de punteros inválidos es recibida.
Indicador de error remoto	REI	Error detectado en el punto receptor y enviado al transmisor.
B1 error		Errores de paridad evaluados en el octeto B1. (BIP-8) de un STM-N
B2 error		Errores de paridad evaluados en el octeto B2. (BIP-24 x N) de un STM-N
B3 error		Errores de paridad evaluados en el octeto B1. (BIP-8) de una VC-N
BIP-2 error		Errores de paridad evaluados en los bits 1 y 2 (BIP-2) del octeto V5 de un VC-m

3.3 Seguridad en la red DCN.

La implementación de una red de supervisión y control, tiene la finalidad de gestionar la red de telecomunicaciones subyacente, de esta manera la seguridad de la red a implementar es fundamental para el buen funcionamiento de ambas redes. Es esencial entonces, establecer servicios y mecanismos de seguridad para proteger toda la información transmitida dentro de la red de gestión, específicamente contra agresiones ilícitas.

Basados en la recomendación M.3016 que lleva por nombre "Visión general de la seguridad en la red de gestión de las telecomunicaciones", de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, se establecieron los siguientes objetivos de seguridad:

- Sólo los agentes legitimados deberán tener acceso a los activos y derecho a la explotación de los mismos, y específicamente a los que estén autorizados a acceder.
- Los agentes deberán ser responsables exclusivamente de sus propias acciones en la red de gestión.
- Se debe proteger la disponibilidad de la red de gestión contra la explotación o los accesos no autorizados.
- La arquitectura de seguridad de la red debe proporcionar una cierta flexibilidad, para que sean posibles distintas políticas de seguridad.

Si se alcanzan los objetivos de seguridad anteriormente mencionados a su vez se lograrán los siguientes objetivos establecidos en términos más técnicos:

- Confidencialidad.
- Integridad de datos.
- Imputabilidad.
- Disponibilidad.

En un análisis de las amenazas a la red de gestión y basados en la recomendación X.800, en la tabla 15 se muestran los requisitos funcionales necesarios para hacer frente a las amenazas.

Tabla 15. Correspondencia entre requisitos funcionales y amenazas.

Requisitos funcionales	Usurpación de identidad	Escucha clandestina	Acceso no autorizado	Pérdida o corrupción de la información	Repudio	Falsificación	Denegación de servicio
Verificación de identidades	⊕		⊕				
Acceso controlado y autorización			⊕				⊕
Protección de la confidencialidad		⊕	⊕				
Protección de la integridad de los datos				⊕			
Imputabilidad					⊕	⊕	
Inclusión de actividades en el fichero registro cronológico	⊕		⊕		⊕	⊕	⊕
Notificación de alarma de seguridad	⊕		⊕	⊕			⊕
Auditoría de seguridad	⊕		⊕		⊕	⊕	⊕

Teniendo establecidos los objetivos de seguridad, las amenazas a las que está expuesta la red y los requisitos funcionales, se obtienen los servicios de seguridad necesarios y que a continuación se muestran en la tabla 16 indicando en la capa del modelo OSI en que se pueden implementar.

Tabla 16. Servicios de seguridad y Capas OSI

Requisito funcional	Servicio de seguridad (Capa OSI)
Verificación de identidades	Autenticación del usuario (7) Autenticación de entidad par (3,4,7) Autenticación del origen de los datos (3,4,7)
Acceso controlado y autorización	Control de acceso (3,7)
Protección de la confidencialidad - datos almacenados	
Protección de la integridad de los datos - datos almacenados	
Protección de la confidencialidad - datos transferidos	Confidencialidad (3,4,6,7)
Protección de la integridad de los datos - datos transferidos	Integridad (3,4,7)
Imputabilidad	No repudio (6,7)
Inclusión de actividades en el fichero registro cronológico	Registro de auditoría (Todas)
Notificación de alarma de seguridad	Alarma de seguridad (Todas)
Auditoría de seguridad	Registro de auditoría y recuperación (Todas)

Dentro de la red DCN diseñada las principales herramientas técnicas disponibles para la protección de la seguridad son:

a) Cifrado.

Éste es el proceso que proporciona la confidencialidad de las comunicaciones mediante la ocultación de la información del mensaje, tanto la información transmitida a través de la interfaz de radio entre las estaciones radio base, como la intercambiada entre los nodos del núcleo de la red de MOVILNET, pueden viajar cifradas.

b) Cortafuegos (Firewalls).

La mayor parte de las soluciones de arquitecturas de redes y servicios de MOVILNET implican la incorporación de barreras de protección perimetral, también llamadas cortafuegos, con objeto de evitar conexiones no autorizadas ni deseadas desde las redes con las que existen enlaces. Un firewall es un sistema o grupo de sistemas que impone el cumplimiento de una política de control de acceso y tráfico entre redes.

Es preciso establecer esta política de control, según las necesidades del entorno protegido, puesto que su nivel de eficacia dependerá del grado de corrección de su aplicación.

Según el mecanismo de funcionamiento, existen dos tipos de cortafuegos.

- o de filtrado de paquetes, en los que el control de tráfico se efectúa a nivel de red.
- o de nivel de aplicación, donde el control se realiza interceptando las comunicaciones en el nivel de protocolo de comunicaciones propio de cada servicio.

c) Detectores de intrusión.

Los detectores de intrusión o IDS (Intrusion Detection System) son sistemas automáticos para detectar intentos de vulneración de la arquitectura de seguridad de un entorno. En general, son sistemas pasivos que simplemente supervisan y analizan el tráfico de red.

Se pueden clasificar, según su función, en:

- o Detección de anomalías: detectan desviaciones de tráfico sobre patrones de uso habitual de los recursos monitorizados.
- o Detección de mal uso: detectan técnicas de explotación para ataques específicos conocidos.

En función de su ubicación en la red, la clasificación de IDS es:

- o Sensores de red: recogen y analizan el tráfico de red.
- o Sensores de plataforma: se instalan en la plataforma a proteger para registrar y analizar el tráfico que cursa.

d) Servicios de autenticación.

Existen diversos protocolos de autenticación de usuarios incluidos en los estándares. Entre ellos cabe destacar:

- o RADIUS: Protocolo desarrollado como estándar de autenticación, autorización y contabilidad, AAA.
- o LDAP: Protocolo de servicio de directorio, que proporciona una forma común de identificar al usuario y a la información del grupo al que pertenece.

e) Enrutamiento.

Las técnicas de manipulación de las políticas de encaminamiento tienen por objeto permitir que ciertos paquetes puedan ser encaminados correctamente y otros

sean descartados, al desconocer cómo encaminarlos. Ello es muy común en las redes y dispositivos IP. Mediante estas técnicas, es posible aislar las diferentes partes de la red.

Por lo tanto, el encaminamiento permite alcanzar cierto grado de seguridad en la red, al evitar que el tráfico no deseado alcance determinadas redes o equipos.

f) Protocolos seguros.

Existen numerosos protocolos seguros contemplados dentro del estándar IP. Muchos de ellos se emplean para el acceso a la red, como SSL (Secure Socket Layer), desarrollado por Netscape, que permite la creación de un canal cifrado entre el servidor web y el navegador por el que se puede transmitir la información de forma segura en ambos sentidos, o IPSec.

IPSec es una extensión del protocolo IP diseñado por el IETF, cuya finalidad principal es la protección de los paquetes IP frente a posibles modificaciones y “escuchas”. IPSec provee mecanismos de control de identidad de las partes, confidencialidad e integridad de la comunicación.

Dado que IPSec funciona en el nivel de referencia de red, no interfiere con las aplicaciones existentes, por lo que los paquetes protegidos pueden ser manejados por enrutadores.

Existen dos procedimientos posibles que definen la información que debe ser añadida al datagrama IP para permitir los objetivos de seguridad citados:

- o Cabecera de autenticación AH (IP Authentication Header): garantiza integridad y autenticidad mediante el uso de funciones hash, pero no proporciona confidencialidad.

- o Seguridad de encapsulación de carga ESP (IP Encapsulation Security Payload): asegura confidencialidad, integridad y autenticidad.

Para establecer, negociar y modificar las claves de sesión se emplea ISAKMP (Internet Security Association and Key Management Protocol). IPSec prevé dos modos de funcionamiento:

- o Modo transporte: sólo se cifran los datos correspondientes a la carga útil, por lo que no se modifican las direcciones originales del paquete.
- o Modo túnel: el paquete original completo es cifrado y encapsulado en un nuevo paquete IP, por lo que las direcciones originales no son accesibles hasta alcanzar los extremos del túnel, donde se descifra el paquete.

Ya que IPSec no especifica los algoritmos de seguridad que se deben utilizar, son los equipos extremos quienes deben determinar, para cada sesión, los algoritmos de cifrado y autenticación, así como compartir una clave de sesión.

g) Redes privadas virtuales.

Una red privada virtual, VPN es una configuración lógica de los sistemas de un entorno de comunicaciones que permite la utilización de redes públicas para establecer canales de comunicación privados a los que solo pueden acceder usuarios autorizados, mediante el empleo de técnicas de tunelización. La información transmitida es cifrada antes de entrar en el túnel y descifrada en el extremo final, de forma que, a efectos prácticos, es como si existiera una red dedicada.

h) Copias de seguridad.

La información de configuración y la recogida en los diferentes sistemas que intervienen en la prestación del servicio debe ser almacenada periódicamente en

copias de seguridad, también denominada backups. Dichas copias tienen que estar disponibles para una rápida reinstalación de los sistemas en caso de emergencia.

La red IP de MOVILNET esta implementada con equipos del fabricante CISCO, estos equipos ofrecen diferentes características de seguridad que permiten aplicar las técnicas anteriores.

3.3.1 Seguridad en la red SDH.

La seguridad en las redes SDH, posee un enfoque distinto, ya que el ataque de intrusos a la red son improbables y esta tecnología es de capa 2, por esto en esta red la seguridad consiste en una serie de medidas preventivas que toman la forma de procedimientos de contingencia contra la interrupción del servicio en los circuitos, existen tres mecanismos generales de seguridad en las redes SDH: la diversificación, la restauración y la protección.

- La diversificación consiste en dividir la línea de transmisión a lo largo de los circuitos entre dos puntos de una determinada red en por lo menos dos rutas diferentes, de esta manera una falla en una de las vías de transmisión sólo afectará el porcentaje total de los circuitos que estén vinculadas con ella.
- Cuando un nodo de comunicaciones o un segmento de la red tiene problemas, el mecanismo de restauración analiza la falla y busca las rutas de transmisión alternativas para el servicio, esto requiere dispositivos especiales y un sistema de control asociado a la restauración, en la figura 9 se observa el funcionamiento del mecanismo de restauración.

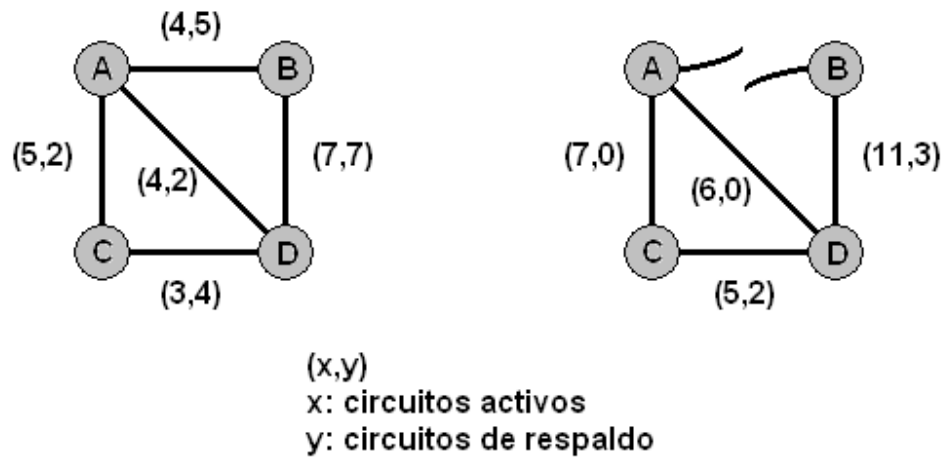


Figura 9. Restauración de circuitos SDH.

- El mecanismo de protección funciona de forma diferente al de restauración, ya que aquí los medios para la recuperación de los circuitos en momentos de falla están asignados antes de la misma, permitiendo de esta forma mayor rapidez en operar, sólo unos pocos milisegundos, ya que no depende del sistema de control que demora varios minutos en elegir los medios.

Existen varios métodos de protección mediante copias de seguridad de los circuitos que se han definido para SDH por recomendaciones de ITU-T, cabe destacar alguno de ellos:

- Protección de sección múltiple (línea).
- Protección de sección múltiple dedicada (anillo).
- Protección de sección múltiple compartida (anillo).

CAPITULO IV

4. DISEÑO DE RED DCN

La red DCN para MOVILNET, se diseñó tomando en cuenta consideraciones que permitan la conexión de diferentes dispositivos que se encuentran en las RBS y que son de distintos fabricantes, por lo que una característica importante de la red es la compatibilidad con cada uno de ellos. La calidad del servicio y la seguridad de la red, también se consideraron como elementos relevantes de la DCN.

La compatibilidad con los diversos fabricantes se obtuvo utilizando el protocolo de internet para realizar el envío de datos de supervisión y control a través de la red, además este protocolo al paquetizar la información permite enviarla sobre las diferentes plataformas de comunicación de la empresa. Los equipos instalados en las radio bases permiten el monitoreo y control por IP, logrando así con la DCN gestionar un gran número de ellos.

Con la selección de IP como protocolo base de la red fue importante tomar en cuenta el direccionamiento IP que representa la asignación de un identificador único a un dispositivo que esté conectado a la red. Este identificador es una dirección IP que le es asignada a los dispositivos que forman parte de las diferentes RBS y que serán monitoreados, estas direcciones IP serán asignadas por el departamento de ingeniería de transmisión de MOVILNET y formarán parte de la red operativa.

La agregación de los diferentes equipos a la red, se logró de distintas maneras, los equipos de energía se conectaron del puerto de control que se encuentra en el módulo de supervisión, a la interfaz Ethernet que proveen los radios. Los terminales PASOLINK también contaban con las interfaces que permitieron añadirlos

a la red, sin embargo, los terminales MINILINK debieron ser reconfigurados con el objetivo de colocar las tarjetas SAUIP, que permiten el transporte de paquetes IP. Estas tarjetas forman parte del inventario de equipos de MOVILNET por lo que no ameritan la incursión en gastos adicionales a los de su instalación.

Para garantizar niveles de calidad y seguridad confiables sin implementar una nueva red, se plantea la utilización de la red de transmisión de MOVILNET como base de la red DCN, a pesar de que ambas redes compartirán los medios físicos de comunicación, se encontrarán de forma independiente a nivel lógico, una será la red de tráfico y la otra la red de comunicación de datos (DCN). La primera manejará la transmisión de datos, por ejemplo entre una estación radio base y la red de acceso móvil, y la segunda es la que proporcionará la conexión para la operación y mantenimiento entre el sistema de gestión y los equipos monitoreados.

Para lograr el transporte de los paquetes IP dentro de la red SDH de MOVILNET, se propone agregar tarjetas EoSDH en los nodos extremos donde se requiere introducir o extraer información de supervisión y control, también es necesario colocar en las centrales equipos que agrupen la información de las diferentes subredes de microondas, antes de ser enviada a la red SDH. Estos equipos forman parte de la propuesta.

Finalmente, luego de la red SDH, los paquetes IP serán transmitidos por la red IP, es aquí donde se implementarán altos niveles de seguridad que proveen los equipos CISCO instalados en MOVILNET, además manteniendo los datos de supervisión y control a través de la red operativa, se reduce la posibilidad de ingresos no autorizados a la red.

Entonces, este diseño propone transportar los datos de supervisión y control a través de diferentes redes: una red de acceso, una red de distribución y finalmente el core o núcleo.

Para simplificar el estudio del diseño, él mismo fue dividido en tres partes, cada una correspondiente a la red utilizada como transporte, en la figura 10, se muestra el esquema general de la red.

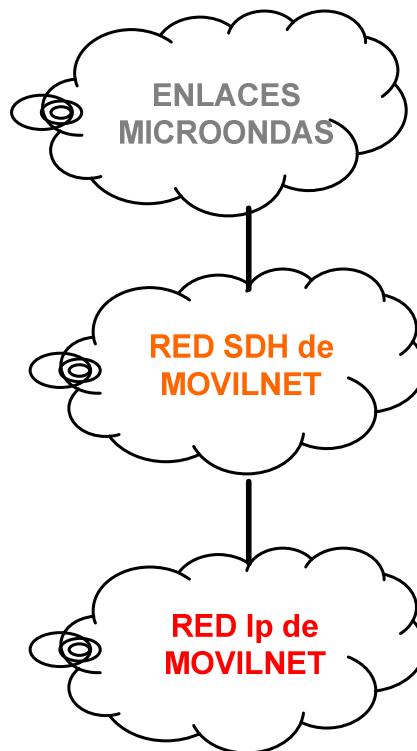


Figura 10. Diseño general de la red.

4.1 Enlaces Microondas.

La red de enlaces microondas como se observa en la figura 11, esta compuesta por diferentes RBS que constituyen los extremos de cada radioenlace, de esta forma se proporcionan los canales de comunicación hacia la red SDH, estas estaciones se dividieron en tres de acuerdo a las funciones que realizan dentro de la red. Terminales, intermedias y principales son los nombres utilizados para las diferentes radio bases.

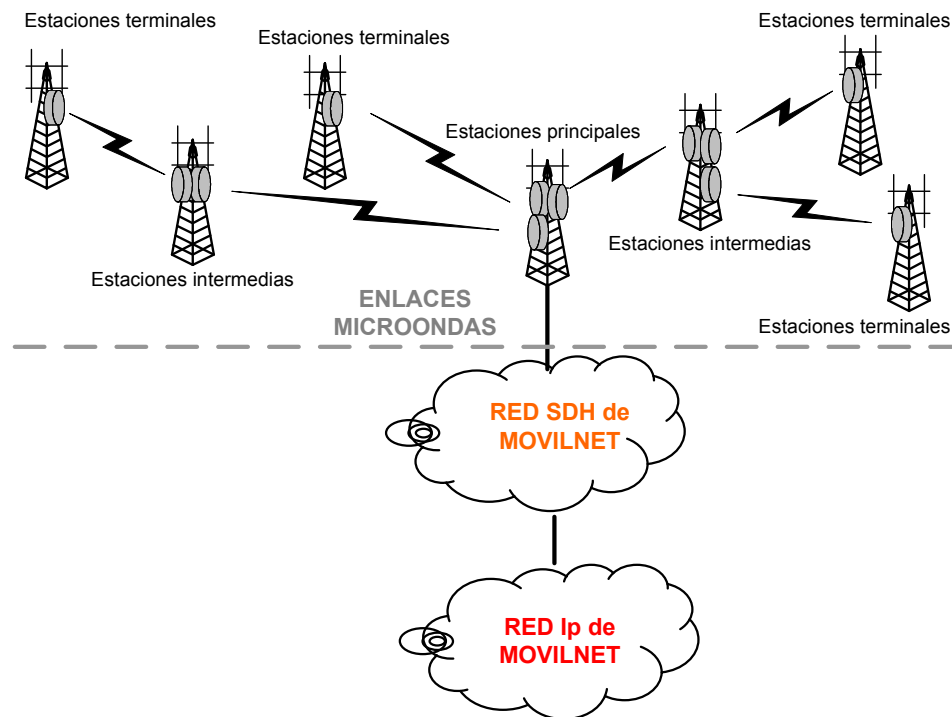


Figura 11. Etapa de los enlaces microondas

Con la finalidad de presentar las soluciones específicas para la gestión con los enlaces microondas de las diferentes RBS, se muestran características y configuraciones de cada uno de los equipos de microondas utilizados en la red de transporte de MOVILNET.

4.1.1 Enlaces MINILINK E.

Como ya se presentó en el marco teórico los terminales MINILINK consisten en una unidad interior y otra exterior. La unidad interior es de gran importancia para el diseño de la red de supervisión y control, y está conformada por los siguientes equipos:

- Access Module Magazine (AMM).

Este módulo se instala directamente en gabinetes o bastidores, ofreciendo las condiciones mecánicas, eléctricas y térmicas necesarias para instalar el resto de los equipos interiores en su armazón, proporciona en la parte posterior la energía para cada uno de ellos y también las interconexiones eléctricas entre los equipos por medio del llamado back-plane. El enfriamiento del módulo se realiza por ventilación forzada.

Existen tres estándares disponibles de estos módulos, su elección viene definida por las necesidades de la RBS.

- o AMM 1U: Módulo de un solo espacio que permite instalar una MMU.
 - o AMM 2U-3: Módulo de cuatro espacios que soporta hasta dos MMU, un SMU y una SAU.
 - o AMM 4U: Módulo de siete espacios que admite hasta cuatro MMU, dos SMU y una SAU.
- Modem Unit (MMU).

Esta unidad provee las interfaces de tráfico, el procesamiento de las señales y la interfaz con las unidades de radio, debido a esto es necesaria una de estas unidades por cada unidad de radio instalada.

El MMU multiplexa en un flujo de datos tres diferentes tipos de tráfico que son transmitidos por el radio, dos canales de tráfico, dos canales de servicio, y un canal de intercambio de información de supervisión y control entre MMUs.

- Switch Multiplexer Unit (SMU).

El SMU es el equipo que permite la conmutación de los sistemas con redundancia 1+1, además realiza la multiplexación y la demultiplexación de los canales de 2 Mbps. Hay tres versiones de este equipo para diferentes capacidades de tráfico: SMU Sw, SMU 8x2 y SMU 16x2.

- Service Access Unit (SAU).

Esta unidad de servicio de acceso proporciona características adicionales a los sistemas MINILINK, tales como; canales de servicio, acceso de usuarios en paralelo y un canal de alarmas externas. Existen cuatro versiones de este equipo, una básica, dos expandidas y una IP.

La versión SAU IP se utilizó en el diseño de la red de supervisión y gestión en los sectores que cuentan con enlaces ERICSSON, este equipo posee un router interno que permite llevar la información de la red por diferentes interfaces y provee diversas posibilidades de conexión. En la figura 12, se muestra el esquema del enrutador y sus interfaces.

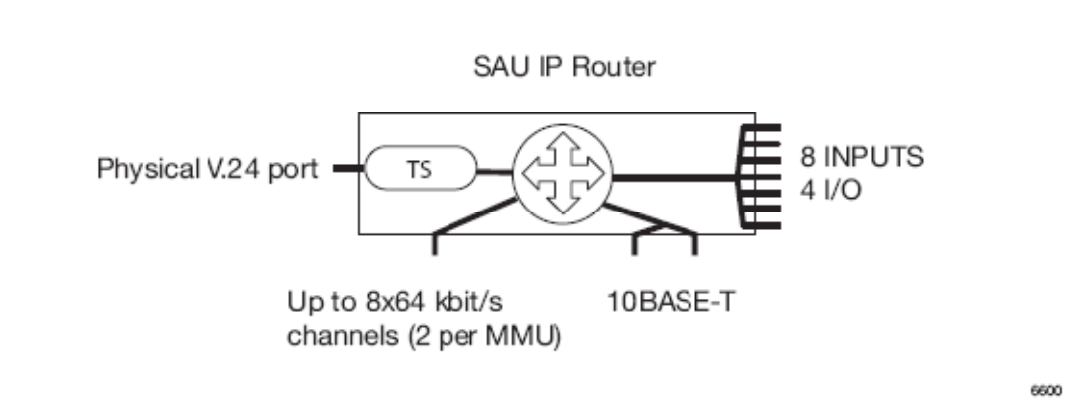


Figura 12. Router de la SAU IP [8]

Las interfaces con las que cuenta la SAU IP son: un puerto físico que se rige por el estándar V.24, las interfaces backplane para hasta 4 MMU de los 8 canales de servicio (8x64kbps), dos puertos Ethernet (10 BASE-T) y los puertos de usuario I/O.

- Ethernet Interface Unit (ETU).

La ETU permite la transmisión de tráfico Ethernet sobre los sistemas MINILINK, esta unidad puede ser introducida en cualquiera de los espacios de la AMM y de esta forma agregar una interfaz Ethernet de conexión.

➤ **Configuraciones para la gestión en MINILINK.**

- RBS terminales.

Los equipos instalados en las estaciones radio base terminales cuentan con dos configuraciones, las cuales dependen de la implementación de enlaces con redundancia o sin ella, en la figura 13.a, se muestran los equipos instalados para enlaces 1+0, éstos se instalan en los AMM 1U, y en la figura 13.b, se observan los equipos necesarios para enlaces 1+1, es decir, con redundancia y que son instalados en AMM 2U-3, actualmente existen pocas radio bases con la primera de las configuraciones por motivos de fiabilidad.

Cuando se utilizan varios MMU, los datos de operación y mantenimiento de cada uno de ellos son distribuidos por el Node Communication Channel (NCC), este canal se encuentra conectado por el backplane del AMM a todos los equipos.

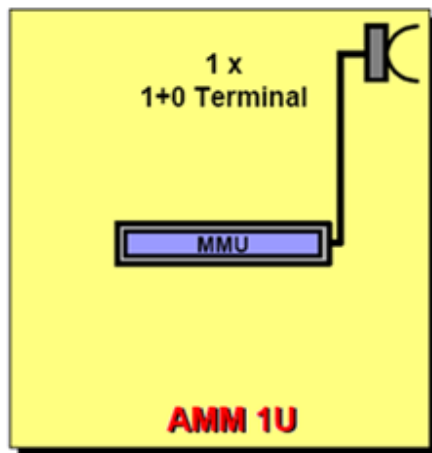


Figura a

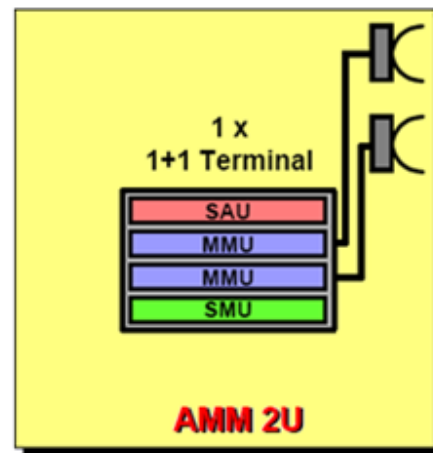


Figura b

Figura 13. Equipos MINILINK E de estaciones terminales

Para gestionar los radios en estas configuraciones sólo fue necesario habilitar la opción del HCC o Hop Communication Channel en el gestor local, éste es un canal de datos que permite el intercambio de información de control y supervisión entre los extremos de los radioenlaces utilizando el aire como medio de transmisión.

Sin embargo, para agregar la supervisión y control de los equipos de energía, se sugiere instalar en todas las RBS las unidades SAU IP, ya que ellas permiten la transmisión de los paquetes IP correspondientes a los equipos de energía por los canales de 64 kbps de los MMU, la conexión se realiza con un cable Ethernet desde el puerto A o B (10/100 Base T) de la unidad SAU IP a la interfaz del módulo de supervisión del equipo de energía, en la figura 14 se presenta dicha conexión.

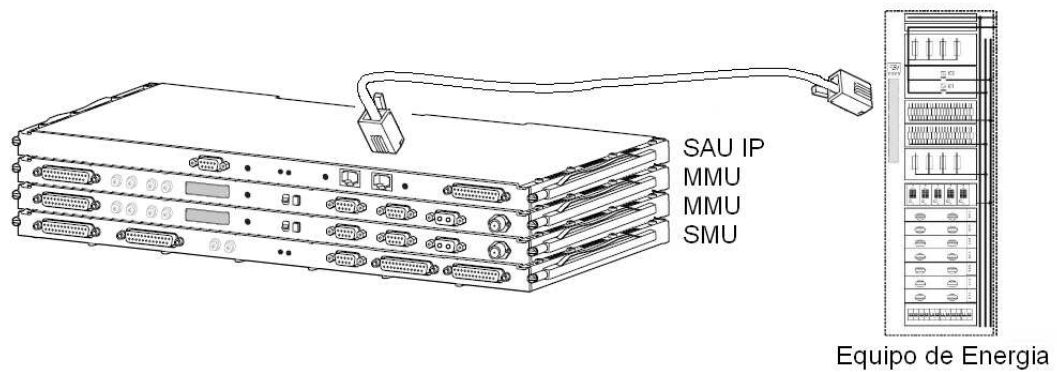
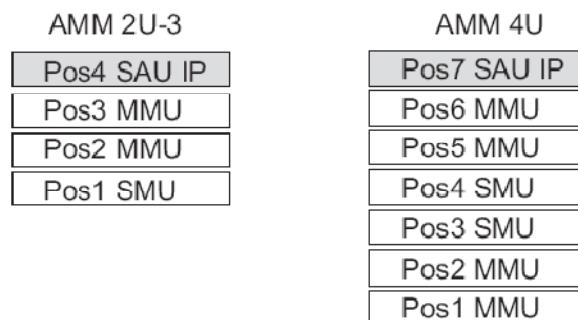


Figura 14. Conexión RBS Terminales MINILINK.

En las localidades donde se encuentren instaladas versiones diferentes a la SAU IP, éstas deberían ser reemplazadas, ya que su inserción sólo es permitida en una ubicación específica de los AMMs.



6976

Figura 15. Posición de la SAU IP en los AMMs

Como se muestra en la figura 15, la unidad de servicio de acceso ocupa una posición completa del armario, y sólo puede ser insertada en la posición más alta del mismo, de esta forma si en alguna localidad se encuentra instalado un AMM 1U debe ser sustituido para implementar la solución propuesta, no obstante, en los estados donde se hicieron los inventarios de equipos de radio no se han encontrado configuraciones con dicho armario.

- RBS intermedias.

Los equipos de las estaciones terminales se comunican por microondas con sus estaciones correspondientes, estas estaciones son nombradas de esta forma ya que son las correspondientes a cada radio base en la formación de un radioenlace en específico, por ello estas estaciones cuentan con equipos idénticos a los de la radio base de la que son correspondiente.

En las ocasiones en que una estación correspondiente tiene a su vez otra estación correspondiente, quiere decir que la misma está funcionando como punto de repetición y habitualmente de agregación, esto debido a que se agrega el tráfico propio al recibido, y luego se envía a su estación correspondiente, al igual que en las estaciones terminales los equipos de estas estaciones presentan configuraciones distintas si se utiliza redundancia en los enlaces o no, esto se puede observar en la figura 16 donde se utilizan módulos AMM 2U-3 y AMM 4U.

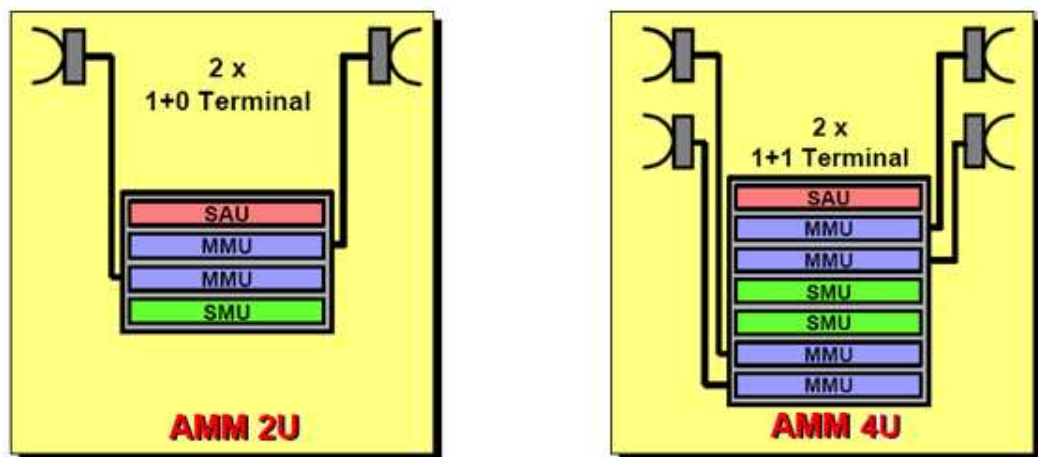


Figura 16. Equipos MINILINK E de estaciones intermedias.

La configuración de las estaciones intermedias más utilizada, es la presentada dentro del armario 4U (figura 16), estos equipos están presentes en las estaciones radio base donde se tienen hasta cuatro radioenlaces. Para gestionar estos equipos al igual que en las RBS terminales, se habilitó el HCC mediante la gestión local de los equipos de radio, ya que todos los equipos se mantienen comunicados por backplane con los canales de servicio al pertenecer a los mismos AMMs. En estas estaciones se deben agregar los datos de mantenimiento y control del equipo de energía de la RBS, a los datos que son recibidos del enlace anterior, para lo cual se propone igualmente la inserción de la unidad SAU IP, que junto al SMU que posee un procesador de control y supervisión, manejarán la información de gestión de energía.

Cuando una estación intermedia es corresponsal de varias RBS se necesita transportar la información de supervisión y control entre por lo menos dos AMMs, la conexión del Node Communication Channel se plantea a través del puerto NCC de alguno de los MMUs de los diferentes módulos, esta conexión se realiza con conectores DB-9 y una configuración específica de sus pines que provee el fabricante. Para la conexión del equipo de energía de la radio base se puede utilizar cualquiera de las SAU IP de los módulos, en la figura 17 se muestra la configuración propuesta para estas RBS.

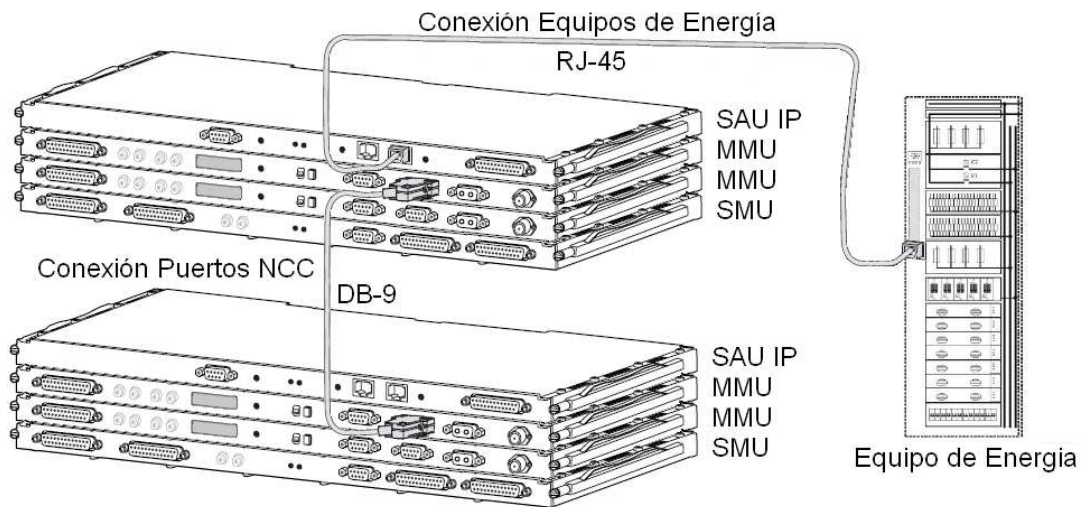


Figura 17. Conexión entre dos AMMs.

En las estaciones con mayor número de enlaces son necesarios más de dos AMMs, para esos casos los datos de operación y mantenimiento no pueden ser transmitidos sólo por el NCC, por esto se propone que sean transmitidos también por el External Alarm Channel o EAC que se encuentra en las tarjetas SAU. Las versiones básica, expansión 1 y expansión 2, poseen dos puertos EAC cada una, sin embargo este puerto fue sustituido en la SAU IP por la interfaz Ethernet, en la figura 18 se muestran las diferentes configuraciones en una radio base con mas de dos AMMs.

En estas estaciones se recomienda que la unidad SAU IP sea insertada en el AMM que contiene los radios que transmiten hacia las estaciones principales, y a esta tarjeta como en los casos anteriores se conecta el módulo de supervisión y control de los equipos de energía mediante la interfaz Ethernet.

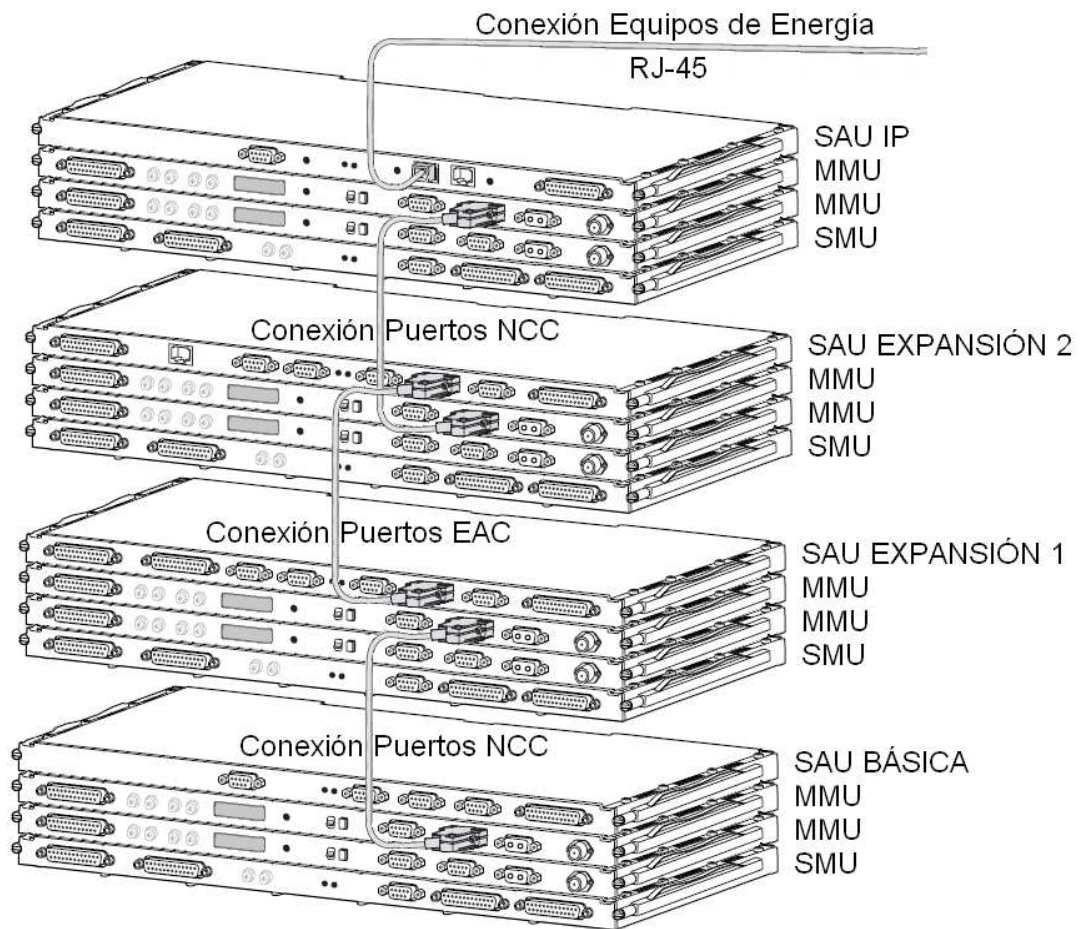


Figura 18. Conexión entre más de dos AMMs.

- RBS principales.

Este tipo de radio bases son aquellas que por la cantidad de tráfico que manejan y por la cantidad de radio bases de las que son corresponsales cuentan con más de un AMM en sus instalaciones, por otra parte, estas RBS están instaladas en centrales que tienen acceso a la red SDH de MOVILNET, entonces, es aquí donde se agruparán las diferentes subredes de microondas para ser transportadas por dicha red hasta el núcleo.

Las configuraciones de los radios y de los equipos de energía se realizarán de la misma manera que en las estaciones intermedias con más de un AMM, y la propuesta para la agregación de las subredes se expone en el punto 4.1.3, ya que es idéntica tanto para los equipos Ericsson como para los equipos NEC.

4.1.2 Enlaces PASOLINK.

Estos sistemas de radios cuentan con dos unidades, la unidad externa y la unidad interna, a continuación se encuentran los módulos componentes de la IDU:

- Estante de la IDU.

El estante de la unidad interna simplemente funciona como receptáculo de los diferentes módulos que conforman la IDU, cuenta con cuatro espacios que pueden recibir hasta cinco equipos dependiendo de la configuración, esta unidad esta representada en la figura 19.

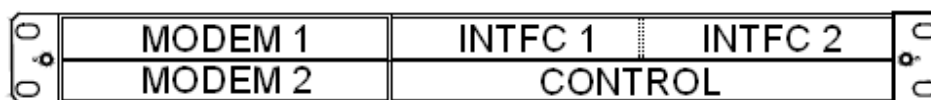


Figura 19. NEC Indoor Unit

- Módulo de control CTRL.

Este módulo genera varias señales de control que vienen de los estados de operación que recolecta tanto la IDU como la ODU y para el ajuste de dichas señales se utiliza el LCT.

- Módem

El módem realiza la modulación y la demodulación para la transmisión de datos de diferentes protocolos: E1/E3 (PDH), STM-1 (SDH) o 10/100 BaseT/1000

Base T. En una IDU habitualmente se encuentran dos unidades de módem para la redundancia del radioenlace.

- Tarjeta de entrada y salida INTFC.

La tarjeta INTFC provee las interfaces necesarias para el tráfico de datos y realiza diversas acciones para la adaptación de protocolos, posee diferentes versiones: 48 E1, 16E1, E3, 4P LAN, LAN/WS, STM-1, GbE, cada una provee la interfaz que su nombre indica y las últimas tres tarjetas utilizan sólo medio espacio del asignado por lo que pueden ser insertadas dos de ellas en una sola IDU.

➤ **Configuraciones para la gestión en las IDU.**

Los equipos de microondas PASOLINK NEO, son módulos independientes por cada radioenlace, de esta forma la configuración para la gestión se realiza en cascada y no sufre modificación alguna por la cantidad de equipos a ser integrados.

- RBS terminales.

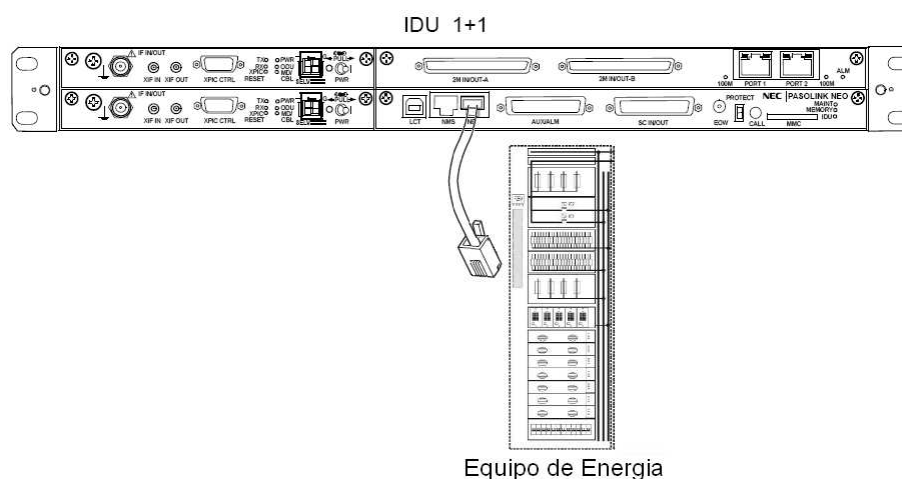


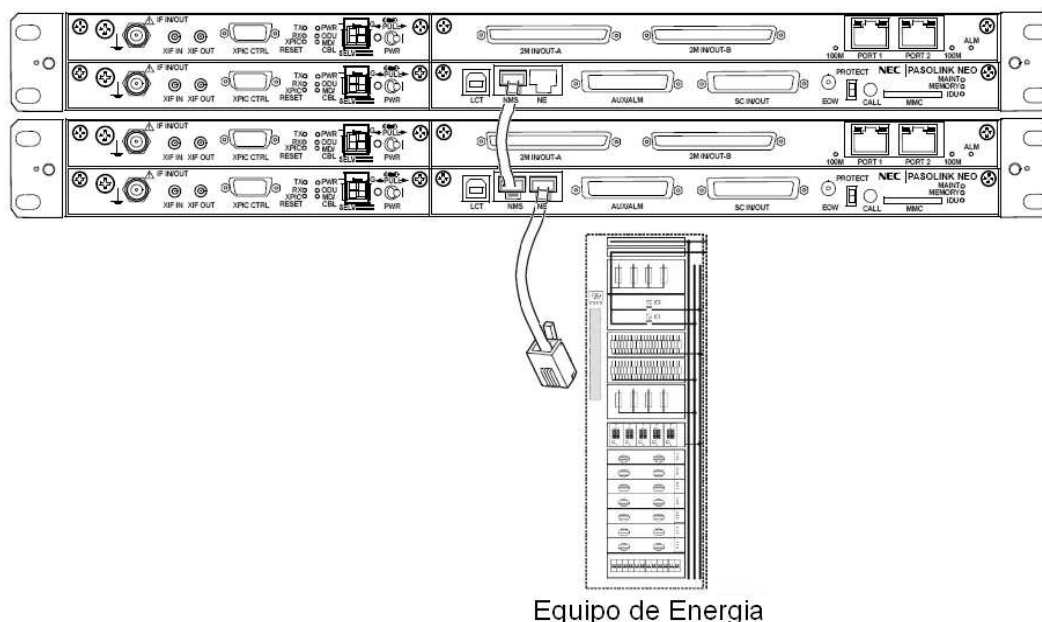
Figura 20. Conexión RBS Terminales PASOLINK

Como se observa en la figura 20, se plantea utilizar el puerto NE o Network Element del módulo de control de las IDU para conectar el módulo de energía, para de esa manera enviar los datos de mantenimiento y control de energía vía microondas hasta la radio base correspondiente.

- RBS intermedias.

En estas radio bases se encuentran al menos dos equipos PASOLINK NEO, por ello es necesario interconectar los datos de la DCN entre ambos módulos, y a su vez agregar la información de supervisión y control del equipo de energía de la RBS.

La solución en estos casos se plantea de la siguiente manera, el módulo de energía se conectará como elemento de red en el puerto NE con un conector RJ-45 y la conexión en cascada entre las IDU se realizará por los puertos NMS de cada una de las unidades, esto se muestra en la figura 21.



Equipo de Energía

Figura 21. Conexión entre dos IDUs.

[illegible]

- RBS principales.

4.1.3 Agregación de subredes MINILINK y PASOLINK.

61

Para la selección de este equipo se tomaron en cuenta diferentes características operativas, pero se prestó también importante atención a la compatibilidad funcional entre el equipo y la red a la que será conectado, específicamente a los nodos SDH de MOVILNET que cuentan con una variedad de fabricantes como lo son: Alcatel, Huawei y Tellabs.

Al llegar a este punto del diseño, se realizaron reuniones con los diferentes proveedores para solicitar información de equipos que contaran con los requisitos operativos necesarios, se estableció una primera selección que arrojó dos candidatos, el CISCO MWR 2941 DC y el Tellabs 8607 Access Switch. Ambos equipos pueden ser utilizados para la DCN, ya que cumplen con funcionalidades de capa 3, manejan MPLS y poseen un elevado número de interfaces, sin embargo, el Tellabs cuenta con alguna ventaja, ya que gran parte de los nodos SDH de la red de MOVILNET son de este fabricante y esto permite mayor compatibilidad dentro de la red.

- Tellabs 8605 Access Switch.

Este equipo se muestra en la figura 23 y fue seleccionado como se mencionó anteriormente por diferentes aspectos, entre éstos los que se muestran a continuación:

- o Proporciona servicios de capa tres como el enrutamiento IP.
- o Permite implementar la conmutación multiprotocolar mediante etiquetas.
- o Soporta diversos protocolos de comunicaciones; ATM, HDLC y pseudowires, entre otros.
- o Su capacidad de conmutación llega hasta 1Gbps.
- o Provee diferentes modos de sincronización; ITU-T G.813, ITU-T G.8262, por entrada externa, por adaptación sobre paquetes de red.
- o Permite aplicar la diferenciación de servicios.
- o Posee 16 interfaces E1/T1.

- o Posee 4 puertos Ethernet con interfaces tanto eléctricas como ópticas.

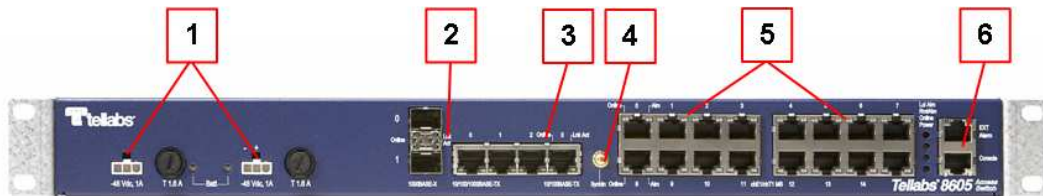


Figura 23. Tellabs 8605 Access Switch

El número 1 identifica las fuentes de alimentación de 24/-48 Vdc y 110 Vac, con el 2 se muestran los puertos ópticos 100/1000 Base-X, los puertos con el número 3 son puertos Ethernet eléctricos, el puerto de sincronización está referenciado con el número 4, los 16 puertos E1/T1 se muestran con el 5, y las alarmas y la administración se identifican con el 6.

En los puertos identificados con el número cinco se conectan cada una de las subredes microondas que se reciben en las radio bases principales, los enlaces MINILINK se conectan desde la interfaz Ethernet de la unidades SAU IP y los enlaces PASOLINK desde el puerto de la unidad de control de las IDU, identificado como NMS. Mediante la gestión local se configura el Tellabs 8605 para conmutar dichas redes hacia los puertos Ethernet, y de esta manera ser llevados vía UTP o fibra óptica a la red SDH.

4.2 Red SDH.

La red de transmisión de microondas cuenta con numerosas radio bases, entre éstas se encuentran aquellas que, como se mencionó anteriormente, están instaladas en centrales que forman parte de la red SDH de MOVILNET. Esto permitió plantear el transporte del tráfico recibido por el aire, por un medio de comunicación de mejores prestaciones como la fibra óptica, sin embargo, para la red

de supervisión y control, esto amerita una solución específica para poder transportar los paquetes IP que contienen datos de operación y mantenimiento por la red SDH.

En la figura 24 se muestra de forma gráfica el nivel donde se encuentra la red SDH y con que redes presenta conexiones.

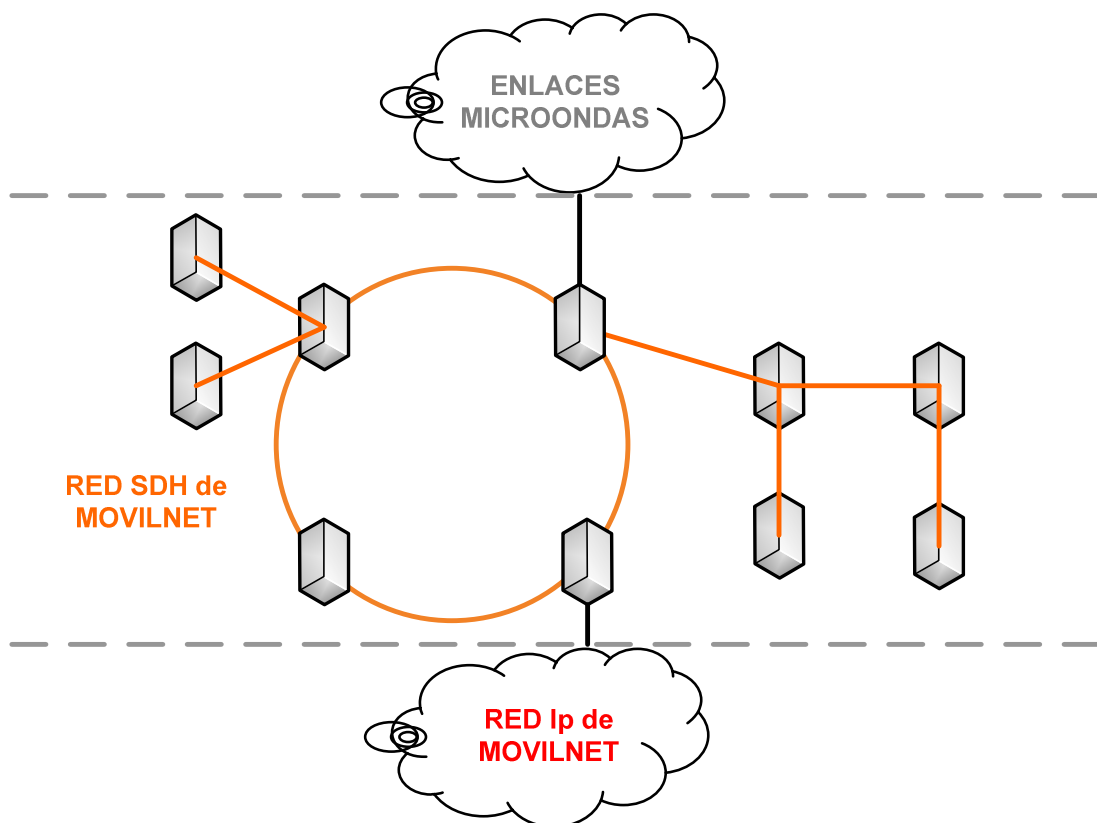


Figura 24. Etapa de la red SDH

La solución planteada fue mostrada al personal de ingeniería de transmisión de MOVILNET, quienes aportaron la idea de utilizar tarjetas EoSDH, las cuales ya han sido instaladas anteriormente para manejar tráfico sobre la red SDH. Estas tarjetas encapsulan los paquetes de datos en tramas MAC para luego enviarlos a la capa física SDH, es importante destacar que estas soluciones deben adaptarse a cada

marca, la red SDH de MOVILNET posee gran cantidad de nodos que pertenecen a tres marcas específicas: Alcatel, Huawei y Tellabs.

Entonces, los datos de la red de control y supervisión estarán contenidos en paquetes IP que viajarán a través de tramas Ethernet, y para ser transportadas por la red SDH de MOVILNET (figura 25.a), deben ser montadas sobre el protocolo SDH, esto se logra como se muestra en la figura 25.b insertando en los nodos A y B las tarjetas específicas de cada fabricante.

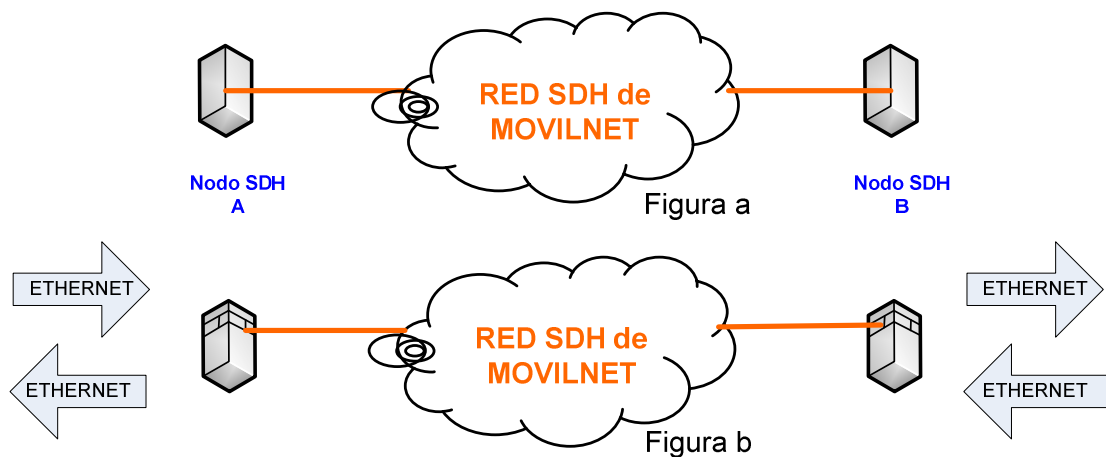


Figura 25. Modelos de interconexión a la red SDH.

Una vez que se establecieron las tecnologías a utilizar en esta etapa del diseño de la red DCN, se realizaron nuevamente reuniones con los proveedores, para solicitar información de las tarjetas EoSDH que ofrece cada uno de ellos. A continuación se encuentra el estudio que se llevó a cabo de la red SDH de MOVILNET y de las tarjetas a ser utilizadas por la red DCN.

4.2.1 Nodos Alcatel.

Los equipos Alcatel utilizados como nodos en la red MOVILNET, son multiplexores sincrónicos que proveen una plataforma multiservicio MSPP, estos equipos integran características de transporte sumamente funcionales, conexiones

cruzadas SDH, Multiplexación de división por longitud de onda gruesa CWDM y soporta diferentes protocolos de capa dos, como Ethernet, MPLS y ATM.

En la figura 26, se muestran los dos equipos Alcatel integrados en la red actual, ambos forman parte de la familia de productos OMSN o nodos ópticos multiservicio y que cuentan con características funcionales muy similares pero con capacidades de tráfico diferentes, específicamente el modelo 1662 es una versión compacta.



Figura 26. Alcatel-Lucent 1660 SM y Alcatel-Lucent 1662 SMC

Ambos equipos cuentan con una serie de puertos libres, para agregar funcionalidades e implementar soluciones que satisfagan las necesidades de la red a la cual pertenecen, en dichos puertos serán insertadas las tarjetas EoSDH.

Estas tarjetas dentro de este fabricante (Alcatel-Lucent), son conocidas como Integrated Service Adaptor Ethernet Switch, forman parte de los productos OMSN y proveen altas capacidades de servicio Ethernet. La principal característica es la de agregar y cambiar tramas Ethernet en el transporte SDH.

A continuación se encuentran las dos tarjetas seleccionadas en el diseño de la red DCN, éstas proveen suficientes puertos y altas velocidades de transmisión, que satisfacen con amplio margen las necesidades de la red y sus futuras ampliaciones, la primera posee sólo puertos eléctricos y la segunda posee un puerto óptico que permitirá mantener la información sobre la tecnología de fibra óptica.

- ISA-ES1.
 - o Utiliza físicamente un slot
 - o Puede ser colocada en cualquier port slot.
 - o 8 puertos locales Fast Ethernet autosensing, full duplex.
 - o 8 puertos remotos.
 - o Control de flujo 802.3 configurable por puerto.
 - o Máximo rendimiento hacia el backplane 155 Mbps.
 - o Capacidad equivalente SDH igual a 1 VC-4.

- ISA-ES4.
 - o Utiliza físicamente un slot
 - o Puede ser colocada en cualquier port slot.
 - o 8 puertos locales Fast Ethernet autosensing, full duplex.
 - o 1 puerto local Giga Ethernet óptico autosensing, full dúplex.
 - o 16 puertos remotos.
 - o Control de flujo 802.3 configurable por puerto.
 - o Máximo rendimiento hacia el backplane 600 Mbps.
 - o Capacidad equivalente SDH igual a 4 VC-4.

En la figura 27, se observan las diferentes tarjetas EoSDH.

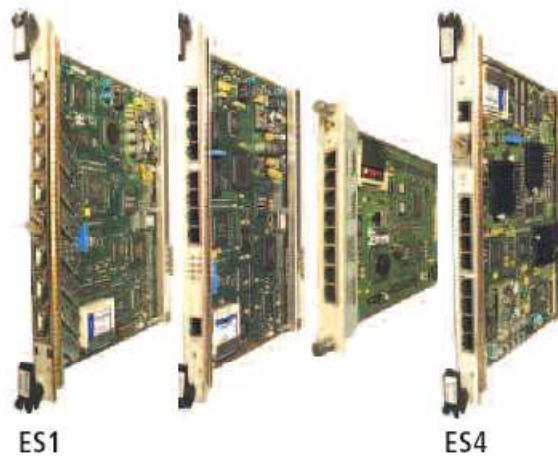


Figura 27. Tarjetas ISA

4.2.2 Nodos Huawei.

La marca Huawei con su serie OptiX OSN presenta una solución para las plataformas de transmisión óptica inteligentes, los multiplexores ofrecen agregación de servicios y amplios anchos de banda para el transporte de voz y datos en una misma plataforma, permitiendo el desarrollo de plataformas NG-SDH, estos equipos poseen poderosas funciones de conexión cruzada y de conmutación Ethernet, la aplicación de redes virtuales privadas, y soporta el protocolo de internet.

Los diferentes modelos de la serie OptiX OSN, están diseñados para trabajar en todos los niveles de las redes, la figura 28 muestra un esquema donde se indica que modelo debe ser utilizado en cada nivel, la red SDH de MOVILNET se encuentra en el nivel de agregación, por esto, de las tres opciones recomendadas por Huawei, es específicamente el OSN 3500 (figura 29), el usado como nodo de red.

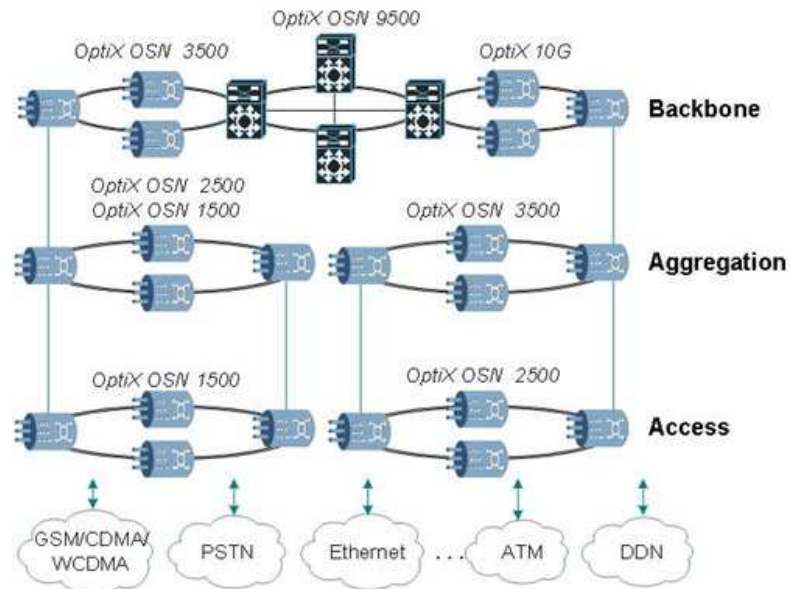


Figura 28. Modelo Optix OSN



Figura 29. Huawei OSN 3500

Este equipo entonces (OSN 3500), será uno de los que transportará la información de la red DCN, por lo que fueron estudiadas las diferentes opciones de este equipo para obtener el servicio de Ethernet sobre SDH. Las tarjetas que permiten

dicho servicio son agregadas al equipo, y dependiendo de sus características, Huawei las dividen en tres series:

- o Serie EFGT.

Permite la transmisión transparente, ofreciendo líneas privadas de servicio Ethernet y servicio Ethernet punto a punto. Los servicios son aislados con diferentes MACs y diferentes VCTRUNKs.

- o Serie EFGS.

Además de los servicios soportados por las tarjetas EFGT, esta serie agrega la convergencia de servicios punto a multipunto, y la conmutación en capa dos para servicios Ethernet.

- o EMS4/EGS4.

Esta serie sólo tiene dos modelos de tarjetas SSN1EMS4, SSN1EGS4, ambas entregan los servicios ofrecidos por las tarjetas anteriores y soportan la conmutación en capa dos para servicios Fast Ethernet y Giga Ethernet.

La tarjeta elegida para el diseño de la red forma parte de la serie EFGS, esta serie permite servicios punto a multipunto y posee los requerimientos necesarios para la red de supervisión y control. Los diferentes modelos proveen diferentes interfaces que se adaptan a las necesidades de cada punto de la red. Seis tarjetas forman parte de esta serie y se describen en la tabla 17.

Tabla 17. Huawei Serie EFGS

Modelo	Puertos	VCTRUNKs	Ancho de banda	Encapsulado
SSN1EFS0	8 Fast Ethernet	12	622 MHz	GFP / LAPS / HDLC
SSN1EFS4	4 Fast Ethernet	12	622 MHz	GFP / LAPS / HDLC
SSN2EFS0	8 Fast Ethernet	24	1,25 GHz	GFP
SSN2EGS2	2 Giga Ethernet	48	2,5 GHz	GFP
SSN4EFS0	8 Fast Ethernet	24	1,25 GHz	GFP
SSN2EFS4	4 Fast Ethernet	24	1,25 GHz	GFP

La tarjeta elegida para agregar la funcionalidad de EoSDH es la SSN1EFS0, ya que provee una mayor cantidad de interfaces que permiten ocupar menor cantidad de puertos de los nodos, además teniendo en cuenta el crecimiento futuro de la red, soporta diferentes tipos de encapsulado y un ancho de banda no sobredimensionado para transportar señales de supervisión y control.

4.2.3 Nodos Tellabs.

La serie 6300 de Tellabs, llamada también Focus tiene la capacidad de transportar EoSDH, ofreciendo todas las ventajas de Ethernet a través de una única, rentable y amigable plataforma, dentro de la red SDH de MOVILNET se pueden encontrar hasta cinco equipos pertenecientes a esta serie, algunas de sus características se presentan en la tabla 18.

Tabla 18. Tellabs Serie 6300

Modelo	Configuración	Agregación de enlaces	Interfaces
6320	ADM / TM	STM-1 / STM-4	E1,E3,DS3,E4,STM-1, FE
6325	ADM / SDXC	STM-1 / STM-4 / STM-16 / STM-64	E1,E3,DS3,STM-1, STM-4, STM-16, FE, GE
6340	ADM / TM / SDXC	STM-1 / STM-4 / STM-16	E1,E3,DS3,STM-1, STM-4, FE, GE
6345 6350	ADM / TM / SDCX	STM-64 / STM-16 / STM-4 / STM-1	E1, E3, DS3,STM-64, STM-16, STM-4, STM-1, GE

Todos los equipos de esta serie permiten la inserción de tarjetas EoSDH que este fabricante denomina ETEX, y presenta tres versiones de ellas que poseen las siguientes características:

- ETEXn

Estas tarjetas proveen un único estándar de mapeo y su modulo posee n interfaces Ethernet.

- ETEXn-M

Este modelo de tarjeta EoSDH permite el mapeo de múltiples estándares, GFP, LAPS, LAPF y POS y entrega n interfaces Ethernet.

- ETEXn-S

Es la tarjeta más completa de la serie ETEX, este modelo permite múltiples estándares como el modelo M, y además incluye la conmutación MAC y MPLS.

La tabla 19, presenta los diferentes modelos de tarjetas ETEX que ofrece el fabricante Tellabs, con algunas características básicas para cada una.

Tabla 19. Tellabs Tarjetas ETEXn-S.

Nombre de Tarjeta (puertos)	Ancho de banda por módulo			VCGs	Encapsulación		
	VC-12	VC-3	VC-4		GFP	LAPS	LAPF
ETEX 2S (2xGBE)*	126	6	2	64	Si	Si	Si
ETEX 8S (4x elec,4x optic)	126	6	2	64	Si	Si	Si
ETEX 2S (2xGBE)	252	12	4	64	Si	Si	Si
ETEX 16S (8x elec,8x optic)	252	12	4	64	Si	Si	Si
ETEX 16S (16x optic)	252	12	4	64	Si	Si	Si
ETEX 16S (16x 100 MBE)	252	12	4	64	Si	Si	Si
ETEX 2S (2x 1GBE)	252	12	4	64	Si	Si	Si
ETEX 6S (6x 1GBE)	1008	48	16	64	Si	Si	No

La serie elegida para el diseño de la red de supervisión y control es la serie S, debido a que es la única de las tres versiones de Tellabs que permite la

conmutación MPLS, de esa serie es específicamente la 8S, la que provee un número adecuado de interfaces y una velocidad que no exceda los requerimientos de la red.

La serie 8600 de Tellabs conocida como IPRAN ofrece una plataforma de transporte y de interconexión de servicios de nueva generación para las redes, permitiendo el transporte de servicios basados en Ethernet y protocolos como TDM, ATM y FR sobre servicios de emulación PWE3 en el mismo hardware. Toda la serie está basada en la tecnología de reenvío ASIC y en la conmutación distribuida.

La tabla 20, muestra los diferentes equipos que componen la serie 8600 con algunas características básicas:

Tabla 20. Tellabs Serie 8600

Características	8660	8630	8620	8605	8606
Velocidad de transmisión (Gbps)	42	14	3.5	.300	4.4
Módulos IFMs	24	8	2	N/A	N/A
Espacio ocupado del rack	14U	5U	2U	1U	1U
Redundancia de tarjeta de control	Si	Si	No	No	No
Conmutación de protección	Si	Si	No	No	No

Los equipos que forman parte de la red de MOVILNET de esta serie son los 8660 y 8630, estos modelos se presentan en la figura 30, y a diferencia del resto de los equipos que conforman los nodos de la red SDH, éstos poseen integrada la tarjeta que permite transportar los paquetes de datos IP sobre la red.



Figura 30. Tellabs 8660 y Tellabs 8630.

Todos los equipos propuestos están basados en normas y recomendaciones de la ITU que permiten la interoperabilidad entre diferentes fabricantes.

Existen dos propuestas para realizar las conexiones entre el conmutador de acceso elegido en la etapa de microondas y las tarjetas EoSDH seleccionadas en esta etapa del diseño, la primera, es utilizando como medio la fibra óptica, y la segunda, cables de par trenzado, específicamente el de categoría 5 que permite transmitir datos hasta los 1000 Mbps.

4.2.4 Instalación y configuración de tarjetas ETEX.

Para realizar las pruebas de transmisión de los datos de la red de supervisión y control, constituidos por tramas IP a través de la red SDH, se instalaron tarjetas ETEX en dos lugares específicos de la red permitiendo lograr el encapsulado y desencapsulado de los datos. Los nodos presentan los números de identificación 24000 y 24020, ambos equipos son de la serie 6300 de Tellabs, específicamente los 6340 y se instalaron tarjetas ETEX 16S y ETEX 2S en cada uno ellos, como se puede observar en la captura de pantalla del gestor en las figuras 31 y 32.

En el nodo 24000 se conectó el puerto IP de gestión de un modulo de energía a la tarjeta ETEX 16S ubicada en el puerto 06 y para ser transportado vía SDH se realizó la conexión cruzada con una tarjeta SIMX16 ubicada en el puerto 08 del nodo, de esta forma la tarjeta ETEX realiza la adaptación de los datos y los envía a la tarjeta SIM, esto permite transmitir los datos vía fibra al siguiente nodo.

La conexión cruzada se realiza a nivel SDH, específicamente el AU 4 número 1 del IRMS 1 de la ETEX16S (0-0-6-1-1) con el VC-4 número 30 de la SIMX16 (0-0-8-30) como se muestra en la figura 33, verificando el puerto 06 se encontrará la misma conexión cruzada (figura 34).

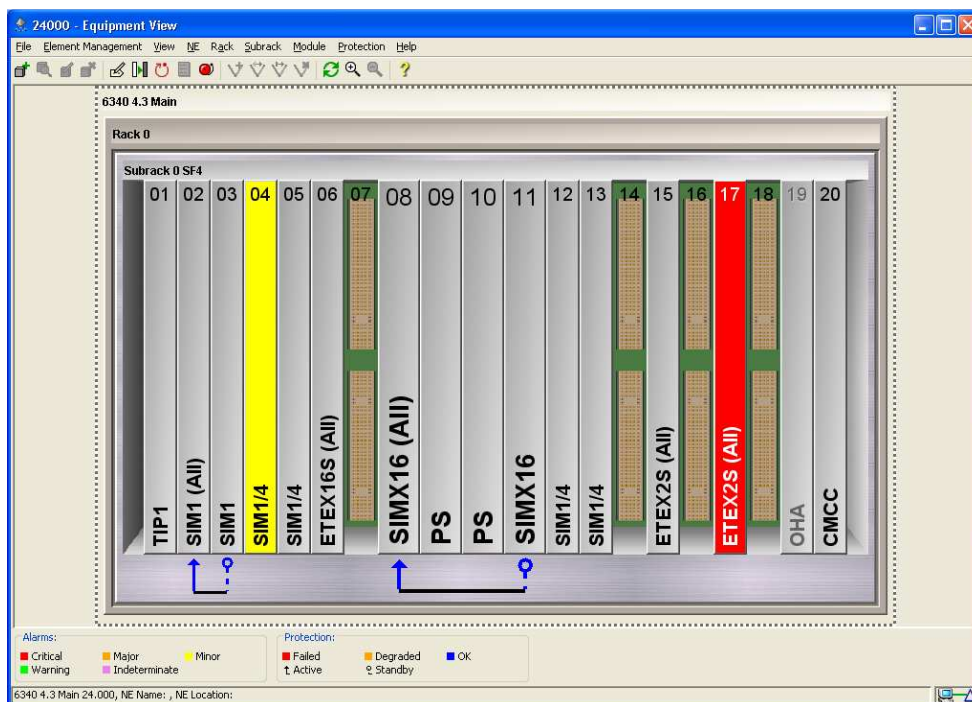


Figura 31. Nodo Tellabs 6340 (ID 24000)

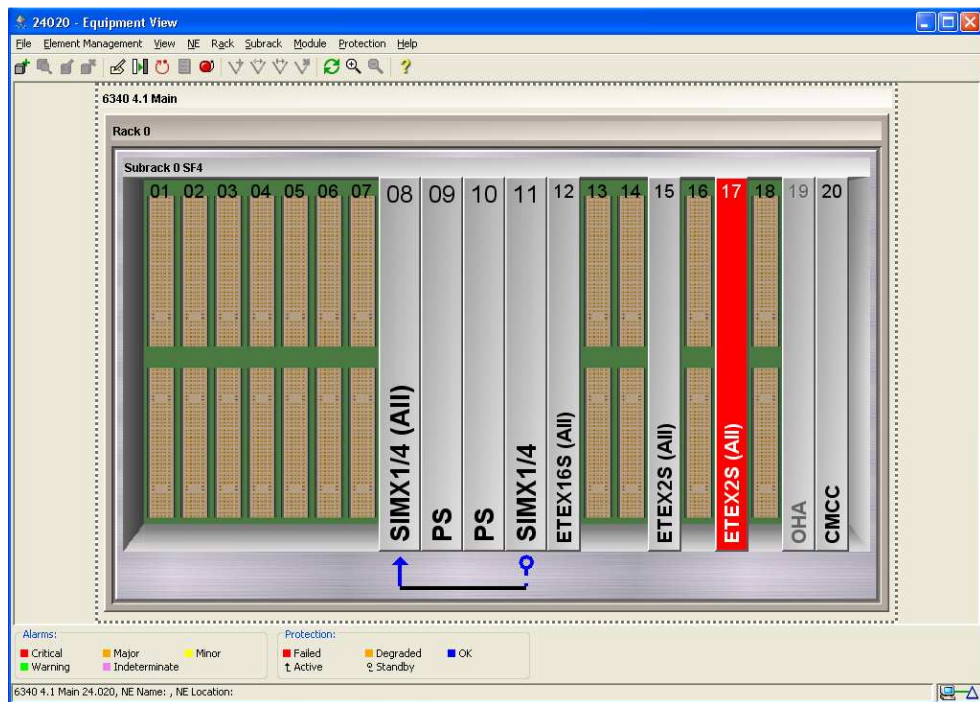


Figura 32. Nodo Tellabs 6340 (ID 24020)

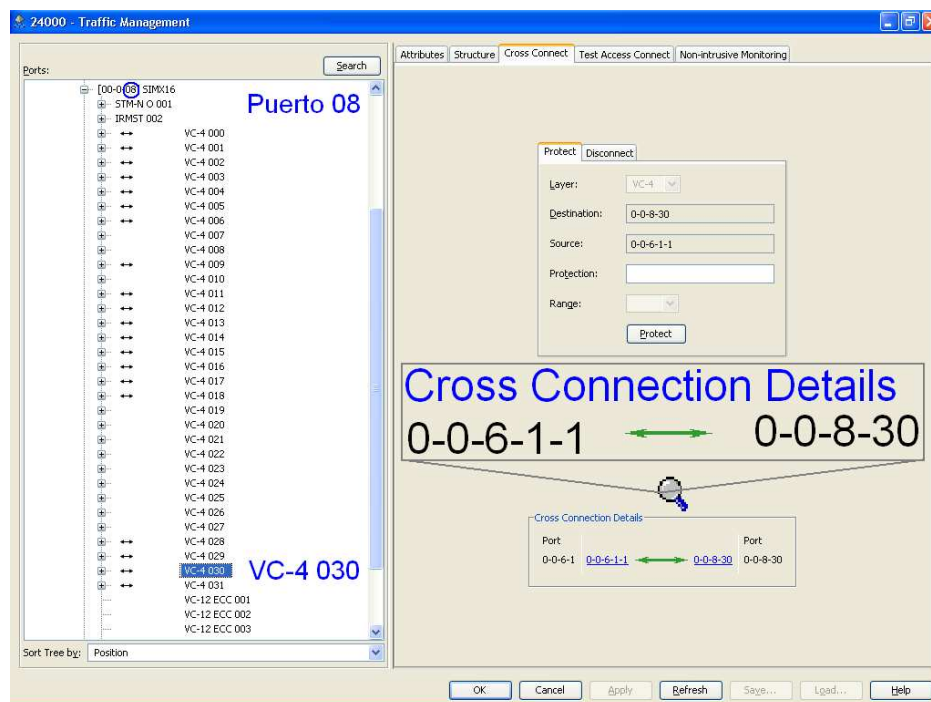


Figura 33. Conexión cruzada nodo 24000 (Puerto 08)

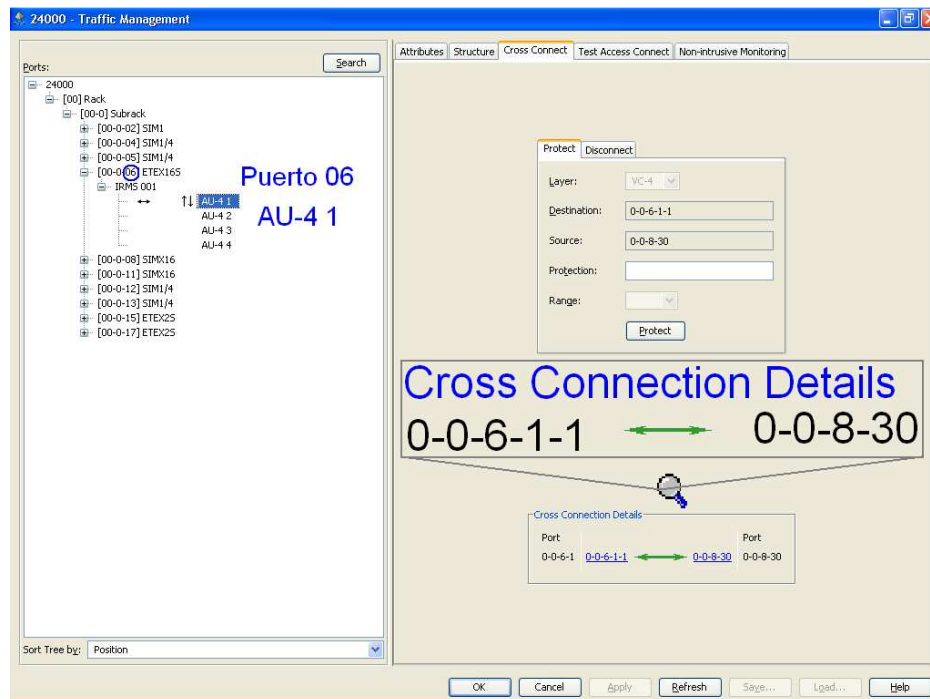


Figura 34. Conexión cruzada nodo 24000 (Puerto 06)

En el nodo 24020 se realiza una operación similar pero con los puertos correspondientes a la ubicación de cada tarjeta, en este equipo la tarjeta ETEX 16S está ubicada en el puerto 12 y la tarjeta conectada a la fibra que viene del nodo 24000 es una SIMX1/4 ubicada en el puerto 08 del nodo.

La conexión cruzada es la siguiente: el VC-4 número 2 de la SIMX1/4 (0-0-8-2) con el AU 4 número 1 del IRMS 1 de la ETEX16S (0-0-12-1-1) como se muestra en la figura 35.

Una vez completada la configuración de las conexiones cruzadas se conectó el puerto específico de la ETEX16S del nodo 24020 a un conmutador de núcleo que permite llegar al módulo de energía vía Internet.

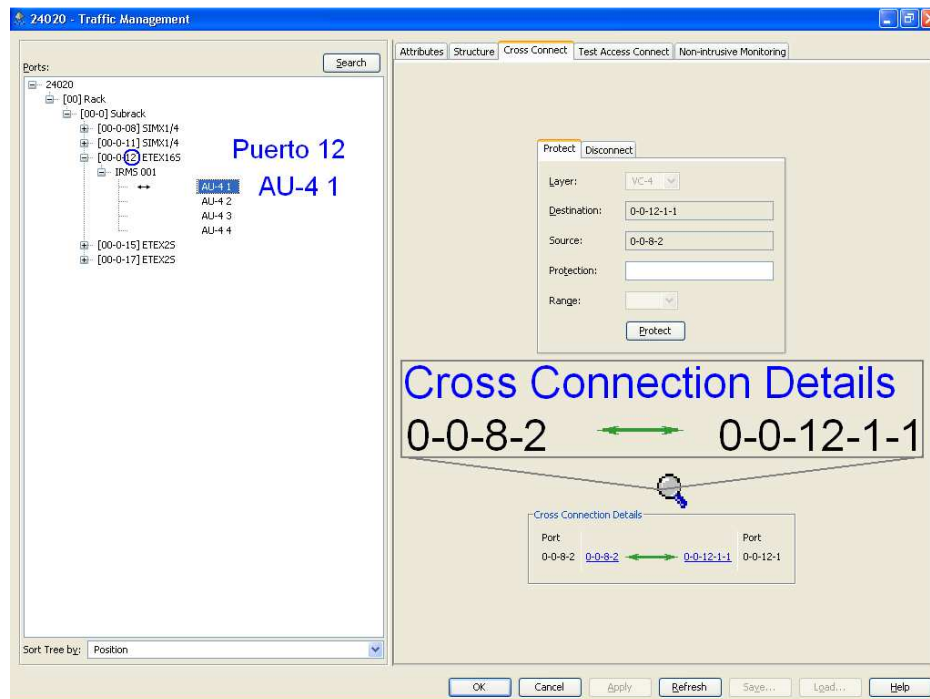


Figura 35. Conexión cruzada nodo 24020 (Puerto 12)

4.2.5 Conexión entre los nodos SDH.

Cuando los datos de la red de supervisión y control ya se encuentran en la red SDH, se deben configurar los caminos que deben seguir dichos datos entre los diferentes nodos, para esto se utilizan los programas propietarios de gestión de cada fabricante, la configuración se puede realizar de forma local o remota, e implica la creación de conexiones cruzadas, así, se establecen interconexiones semi-permanentes entre los diferentes canales de un nodo permitiendo el envío del tráfico a nivel de contenedores.

El camino que se debe crear, debe ir desde los nodos que se encuentran en las centrales que poseen interconexión con RBS principales, hasta los nodos que poseen interconexión con la red IP de MOVILNET.

Las conexiones cruzadas se logran configurando la matriz de conexiones del nodo, en el punto anterior se detallan dichas conexiones, ya que fue necesario realizar algunas para llevar a cabo las pruebas sobre las tarjetas EoSDH de Tellabs.

4.3 Red IP.

La red IP de MOVILNET está conformada por diferentes dispositivos de gran importancia, todos estos trabajan sobre el mecanismo de transporte de conmutación multiprotocolar mediante etiquetas.

Entre ellos se encuentran los enrutadores del proveedor o tipo P, que son enrutadores de conmutación de etiquetas (LSR) y funcionan como router de tránsito de la red principal, éste a su vez se conecta a varios enrutadores del tipo PE o enrutadores de borde del proveedor, que son capaces de manejar diferentes protocolos de enrutamiento, en particular: BGP, OSPF y MPLS.

Además de los enrutadores, encontramos los conmutadores de núcleo o switch core, estos se encuentran en la parte más externa del núcleo y son los dispositivos que permiten la conexión de la red IP a Internet, en la figura 36 se muestra un esquema general de la red IP.

Toda la plataforma cuenta con equipos de la empresa Cisco, en la tabla 21 se encuentran las diferentes series implementadas en la red.

El diseño de la red DCN, luego de utilizar la red SDH de la empresa, propone transportar los paquetes de datos de supervisión y control por la actual red IP de MOVILNET, debido a esto se estudió dicha red y a continuación se describen los diferentes equipos Cisco que formarán parte de la red DCN.

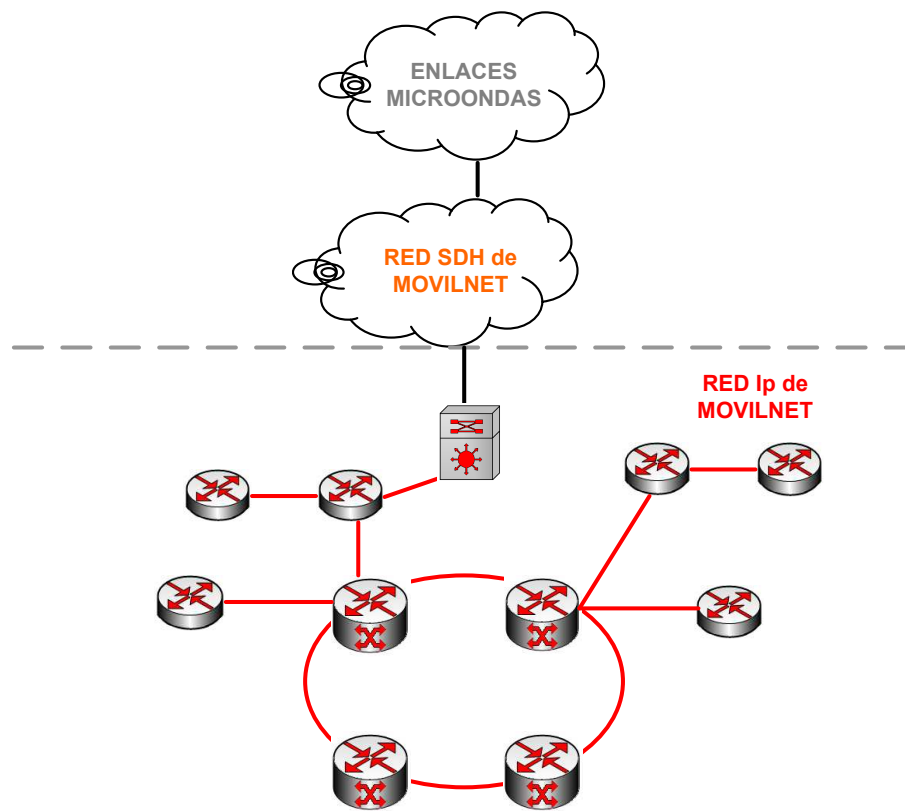


Figura 36. Etapa de la red IP

Tabla 21. Equipos en la red IP

Tipo de equipo	Modelo Cisco
Router P	Serie 12000
Router PE	Serie 7600
Switch Core	Serie 6500

4.3.1 Serie 12000.

Esta serie de CISCO provee soluciones de enrutamiento inteligente de capacidades de 2,5 a $n \times 10$ Gbps de capacidad por ranura o slot, permitiendo así desarrollar una red IP con calidad de operador y soportada sobre MPLS. Además, ofrece hasta 1,28 Tbps de capacidad de conmutación sin comprometer las características de desempeño.

Estos equipos utilizan el software Cisco IOS XR, que ofrece capacidades de auto recuperación, auto defensa y flexibilidad en términos de agregación de nuevas características a través del ISSU (In Service Software Upgrades). En la figura 37 se muestran los equipos pertenecientes a esta serie.



Figura 37. Cisco 12000.

4.3.2 Serie 7600.

Estos enrutadores mostrados en la figura 38, ofrecen de forma integrada calidad de operador IP/MPLS, conmutación Ethernet de alta densidad e interfaces de 10 Gbps. Además, poseen alto rendimiento de hasta 720 Gbps en un solo chasis o la capacidad de 40 Gbps por ranura, control de sesiones de borde con calidad en aplicaciones SIP e interfaces flexibles Cisco (I-Flex), diseñadas para adaptadores de puertos compartidos (SPA) y procesadores de interfaz para SPAs (SIPs).



Figura 38. Cisco 7600.

4.3.3 Serie 6500.

Esta serie ofrece diversos módulos divididos en diferentes categorías: seguridad, aplicaciones para redes, monitorización de redes, movilidad y comunicaciones IP. Estos módulos pueden ser insertados en los conmutadores Catalyst 6500 (figura 39), convirtiéndolo en una plataforma de servicio integrados ya que cada puerto acepta los servicios que ofrecen los módulos, estos equipos permiten defender la infraestructura de red con protección unificada frente amenazas, al integrar firewall, protección ante intrusos, protección frente a ataques de denegación de servicio así como servicios IPSec o de VPN SSL.



Figura 39. Cisco 6500.

Las series 7600 y 6500 que componen los enrutadores y los conmutadores del núcleo respectivamente, son los dispositivos que permiten agregar los módulos de servicios de cortafuegos de Cisco (FWSM) que funcionan como parte esencial de la seguridad de la red DCN.

Esta red IP además de proveer el núcleo de la DCN al conectarse a la red SDH de MOVILNET, es de gran importancia para la red de supervisión y control, debido a que ésta hospeda los servidores que realizan las funciones de equipos terminales para la implementación de los programas de gestión de los equipos microondas de NEC y Ericsson, también al proveer la conexión con Internet esta red es la que permitirá utilizar de forma remota las aplicaciones de gestión de los equipos de energía que no necesitan servidores.

4.4 Programas de gestión.

La red DCN diseñada, debe contar con los programas necesarios para lograr de forma eficiente la supervisión y el control de los equipos que sean agregados a la misma, por ello se recomienda utilizar en todos los casos posibles los programas propietario de gestión de cada equipo, es decir, el programa realizado por cada fabricante para gestionar sus equipos, de esta manera se obtienen funcionalidades específicas y de gran importancia, que sólo entregan dichos programas, específicamente al momento de realizar acciones sobre los elementos.

A continuación se describen los programas propuestos para cada uno de los elementos que serán monitoreados por la red de supervisión y control diseñada, en algunos casos se muestran capturas de pantalla que se obtuvieron al momento de probar el monitoreo sobre la RBS modelo.

4.4.1 MINILINK Manager

Es una plataforma flexible para la gestión de todas las redes de transmisión de microondas de Ericsson, integrando sistemas microondas punto a punto y punto a multipunto, proporciona funciones basadas en las recomendaciones OSI con el modelo FCAPS.

MINILINK Manager está conformado por tres módulos:

- El administrador de aplicaciones del servidor se utiliza como un elemento de red con el sistema de gestión de fallos, rendimiento, configuración y seguridad. El administrador recoge los datos y los pone a disposición de los clientes conectados, además exporta a una base centralizada la información, permitiendo al operador disponer de una visión completa de todos los servidores de la red.
- El administrador de aplicaciones del cliente proporciona una solución para aquellos operadores que desean gestionar la red desde diferentes lugares, este programa posee una interfaz gráfica que proporciona la visión completa de la red.
- El administrador de aplicaciones del terminal, es una aplicación que permite que varios usuarios utilicen el administrador de aplicaciones del cliente de forma remota a través de Windows Terminal Services.

El programa descrito anteriormente se instaló en un servidor que se encuentra conectado a la red operativa de MOVILNET, a este equipo se le asignó la siguiente dirección IP: 10.8.33.13. Para establecer conexión remota con dicho servidor se utilizó una Virtual Network Computing o VNC [9], permitiendo tomar

control del servidor y utilizar el software propietario para monitorear los radios asociados, a continuación se presentan diferentes ventanas del MINILINK Manager.

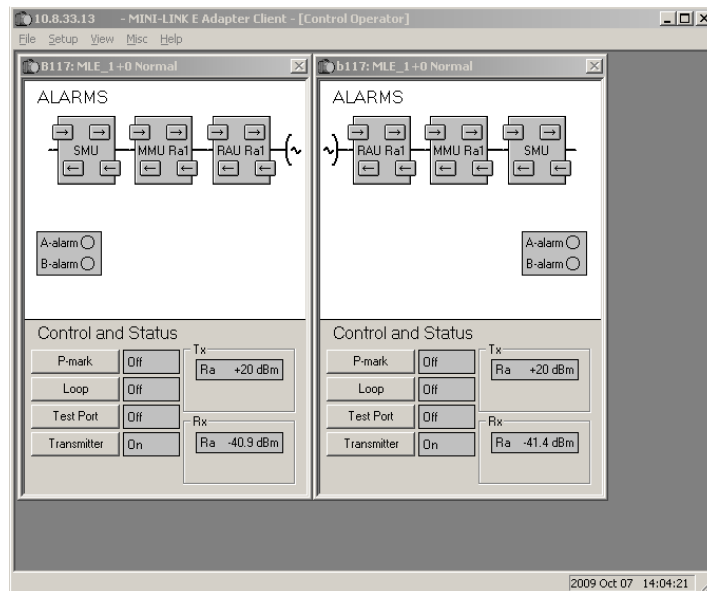


Figura 40. Monitoreo MINILINK 1+0.

La figura 40, muestra el monitoreo de un enlace de radios MINILINK E, en todo momento que se quiera observar un radio en específico, el programa muestra ambos lados del radioenlace. Se puede notar que no existen alarmas y que el enlace presenta una configuración sin redundancia 1+0.

Para comprobar el funcionamiento del sistema de supervisión y control se generó una falla física, desconectando el E1 del puerto número cuatro, en la figura 41 se muestra la alarma generada.

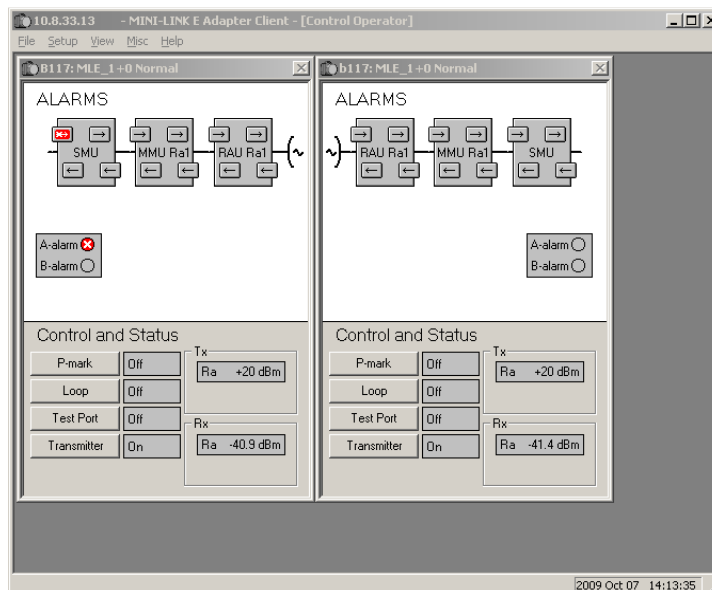


Figura 41. Alarma MINILINK 1+0.

Al seleccionar la alarma que muestra el programa se obtiene información más detallada de la misma, esto se observa en la figura 42, donde se encuentra la alarma específicamente en el puerto 4.

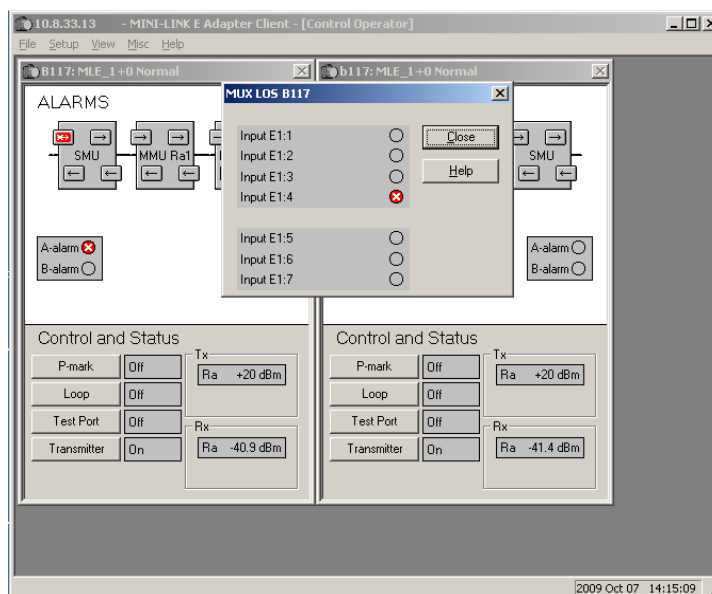


Figura 42. Falla MINILINK 1+0.

A continuación se presenta la pantalla principal del MINILINK Manager donde el programa presenta de forma continua el estado de las alarmas según su nivel de importancia: críticas, mayores, menores, alertas e indeterminadas (figura 43).

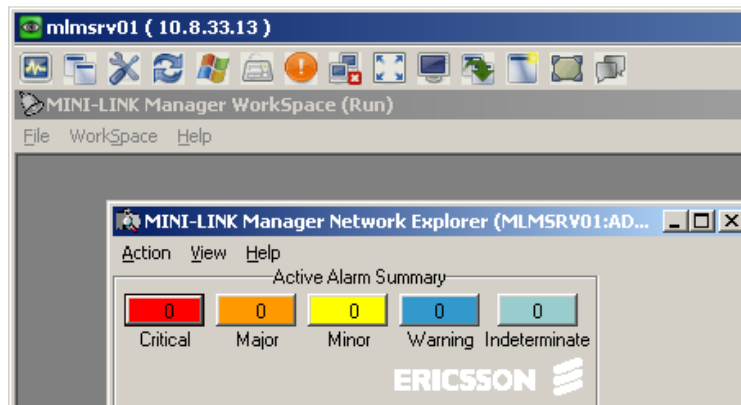


Figura 43. MINILINK Manager

4.4.2 PNMSj / PNMTj.

El sistema de gestión de red PASOLINK para la estación principal o central se reconoce como PNMSj, es una versión Java que proporciona supervisión, control, configuración y gestión de redes de radio de la familia PASOLINK, éstas son algunas de las tareas que pueden realizarse:

- Supervisar el estado de los equipos de radio.
- Controlar y configurar los equipos.
- Recoger datos de rendimiento de los enlaces.
- Actualizar la configuración de red de los equipos.

➤ Características principales:

- PNMS se ejecuta tanto en Windows como en UNIX y está basado en SNMP.
- El acceso remoto se puede lograr usando cualquier interfaz serial PPP o por interfaz LAN.

- Se muestran en una sola pantalla los principales parámetros de ambos lados del enlace seleccionado.
- Registra diferentes eventos y alarmas guardando un historial de los mismos.
- Cumple con la recomendación G.826 de la UIT-T.
- Se pueden definir funciones para diferentes grupos de usuarios, y los cambios realizados se registran con el nombre del usuario que lo realizó.

El programa de gestión de red PASOLINK que permite el mantenimiento local o remoto del equipo a través de un terminal móvil como un computador portátil es llamado PNMTj, el terminal puede conectarse a cualquier red de la familia PASOLINK desde cualquier punto de la misma y la elección de la red y de los elementos a ser gestionados se realiza igual que con el PNMSj.

El programa puede ser conectado a cualquier tipo de PASOLINK de cualquier lugar de la red, permitiendo supervisar y controlar los elementos de la red seleccionados, además permite controlar diferentes parámetros de transmisión de los enlaces como la potencia y frecuencia.

Los eventos se almacenan en una tarjeta PM y pueden ser almacenados en el PNMT, quien muestra los datos almacenados de los elementos de ambos lados del enlace elegido en dos tipos de archivos, el primero muestra los datos de los últimos 15 minutos y el segundo muestra los datos diarios de los últimos siete (7) días.

La figura 44, muestra la aplicación para la gestión de los radios PASOLINK, específicamente una configuración sin redundancia 1+0.

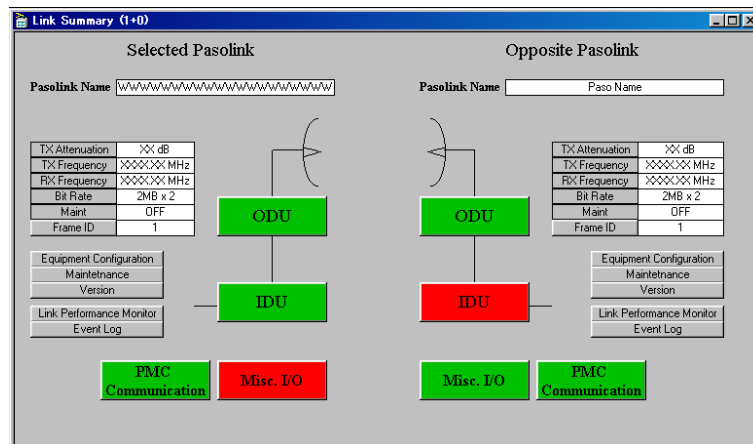


Figura 44. Monitoreo PASOLINK. [10]

4.4.3 Power Manager

Este programa permite el control y monitoreo remoto de los sistemas de energía Intelec sin limitar el número de ellos, posee una interfaz gráfica que muestra de forma sencilla los detalles del sistema y puede agregar mapas de las zonas donde están ubicados los equipos.

El monitoreo se puede realizar en tiempo real con gráficas de las condiciones de funcionamiento del sistema y también se registran las alarmas en un histórico de eventos de cada sitio.

Además de monitorear las alarmas de los equipos de energía el programa permite agregar y configurar alarmas externas, éstas son agregadas dependiendo del número de espacios disponibles en el módulo, algunas de estas alarmas son:

- Estado del aire acondicionado.
- Alarmas de intrusión.
- Detector de incendio.

El sistema operativo requerido es de Windows 98 en adelante, los protocolos de comunicación utilizados son SNMP y S3P, las interfaces de comunicación son RS-232, RS-485, TCP/IP, Ethernet, Modem, el formato gráfico es BMP y WMF.

4.4.4 ENEC Lite

Emerson Network Energy Center, ENEC Lite, es una aplicación para la gestión remota y local de sistemas de energía, baterías, corriente alterna, grupos electrógenos, sistemas de refrigeración y demás equipos.

Puede ser instalado en computadores fijos, portátiles o en un servidor, todo bajo un entorno web, multiusuario, permitiendo diferentes conexiones desde diferentes equipos y multilenguaje. Este programa ofrece la posibilidad de conectarse a los sistemas, obtener alarmas, datos, estadísticas y enviar comandos en tiempo real.

Para mantener ciertos niveles de seguridad la aplicación posee un mecanismo de validación donde se ingresa el nombre de usuario y la clave de acceso, además, a cada usuario se puede asignar un perfil que restringe su acceso a diferentes funciones.

Además del monitoreo en tiempo real, se puede muestrear periódica y simultáneamente distintos sitios mientras se reciben informes de alarmas y se envían comandos de configuración, todo esto permite una gestión remota total de los sistemas de energía.

4.4.5 Emerson Energy Master

Este sistema computarizado permite supervisar, controlar y mantener toda clase de sistemas de energía, esta compuesto por módulos y unidades de supervisión inteligentes comunicadas entre si e instaladas en las RBS, de manera de proveer información detallada y permitir controlar el sistema mediante ENEC, de esta forma también se pueden gestionar equipos de otras marcas.

El equipo de energía utilizado en las pruebas, es una maqueta Emerson a la que fue asignada la dirección 10.1.13.12 y que se monitoreó directamente por Telnet como se puede observar en la figura 45, esta forma es la menos segura de todas las propuestas, ya que el programa de gestión no realiza autenticación, autorización ni tampoco registro, sin embargo, permitió verificar el funcionamiento del sistema de supervisión y control, sin agregar programas adicionales.

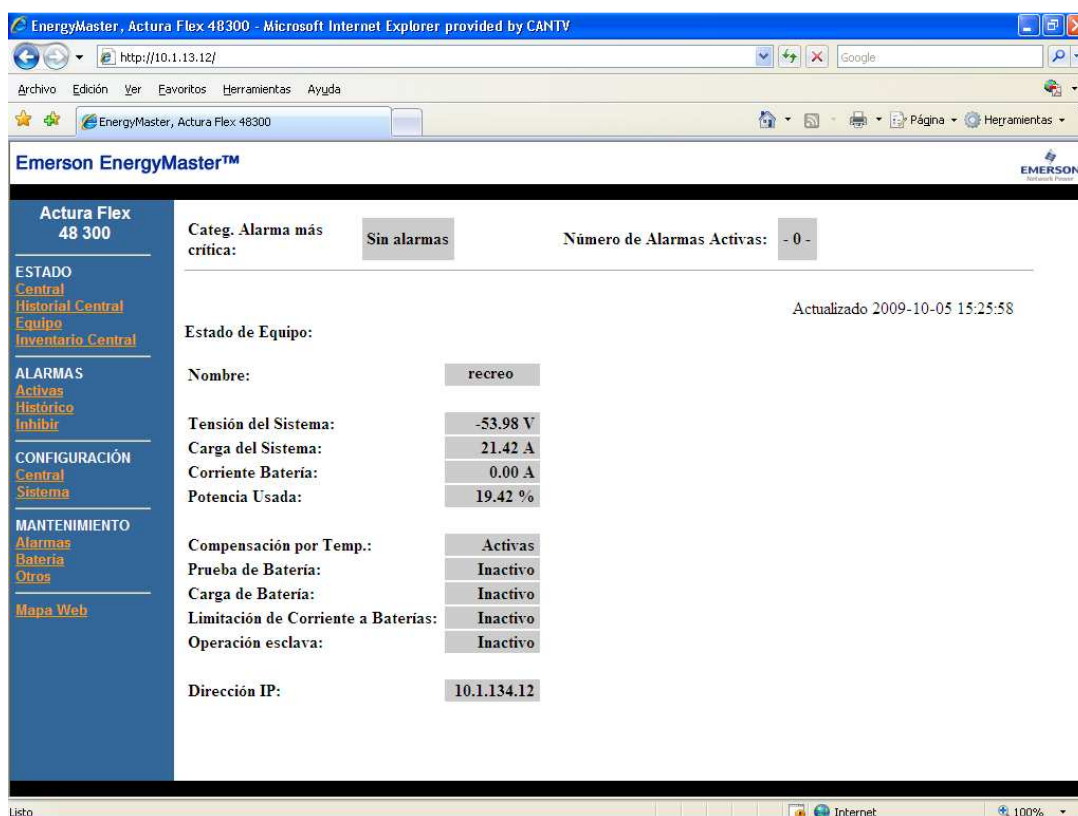


Figura 45. Monitoreo Emerson EnergyMaster.

En la figura 46, se presentan los equipos de energía monitoreados, cuatro rectificadores y un PCU del fabricante Emerson, instalados en la RBS de prueba.

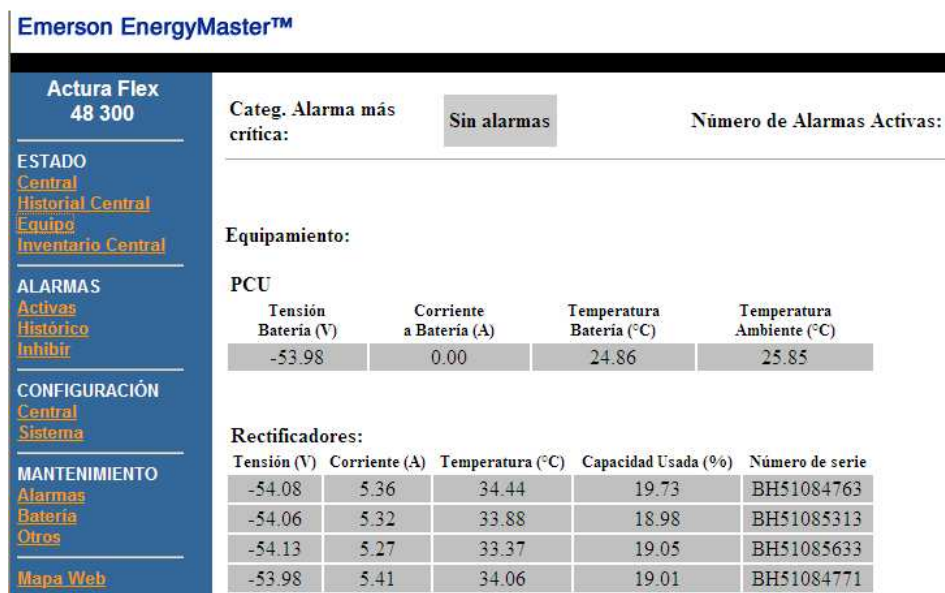


Figura 46. Rectificadores Emerson (EnergyMaster).

4.4.6 DCTools.

El DCTools es un software de configuración para sistemas de energía de corriente continua, es de gran utilidad durante la instalación, diagnóstico y soporte para cualquier producto Inteltec, ya que posee compatibilidad con dichos equipos.

Para más flexibilidad, el DCTools puede ser conectado a un sistema en corriente continua de tres maneras distintas:

- Directamente, a través de una conexión RS232 serial.
- A través de un modem de discado.
- A través de una red Ethernet LAN/WAN.

➤ Características y Beneficios:

- Software para configuración de sistemas de energía en corriente continua.
- Compatible con Windows.
- Exhibición gráfica de fácil utilización.
- Conexión local (RS232 serial) o remota (modem de discado o Ethernet).

Este programa fue utilizado al momento de las pruebas de gestión del sistema de energía de la RBS modelo, en el servidor que se encuentra conectado a la red IP (10.18.33.13), se instaló el DCTools y se configuró la dirección IP 10.1.13.12 para el módulo de energía, el acceso remoto se realizó con una VCN hasta el servidor y allí se abrió el programa, la figura 47 muestra la ventana al abrir el programa.

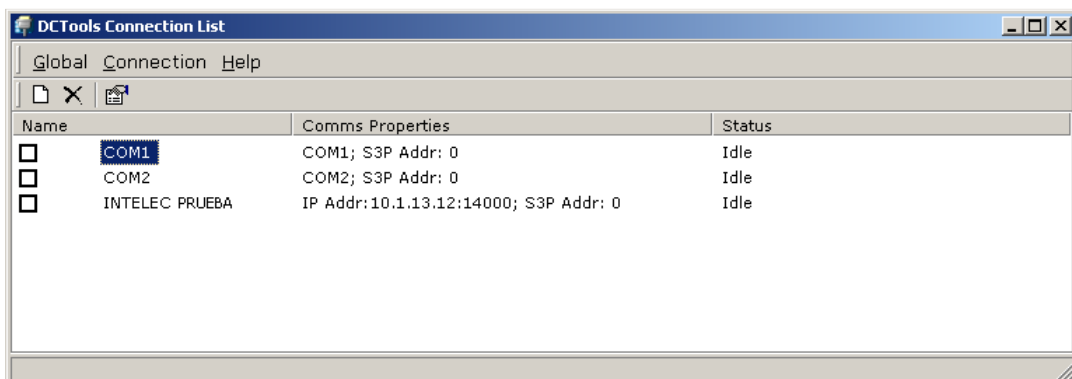


Figura 47. Monitoreo DCTools.

Al seleccionar el equipo de energía Inteltec Prueba, se abre la ventana que muestra la información de energía (figura 48).

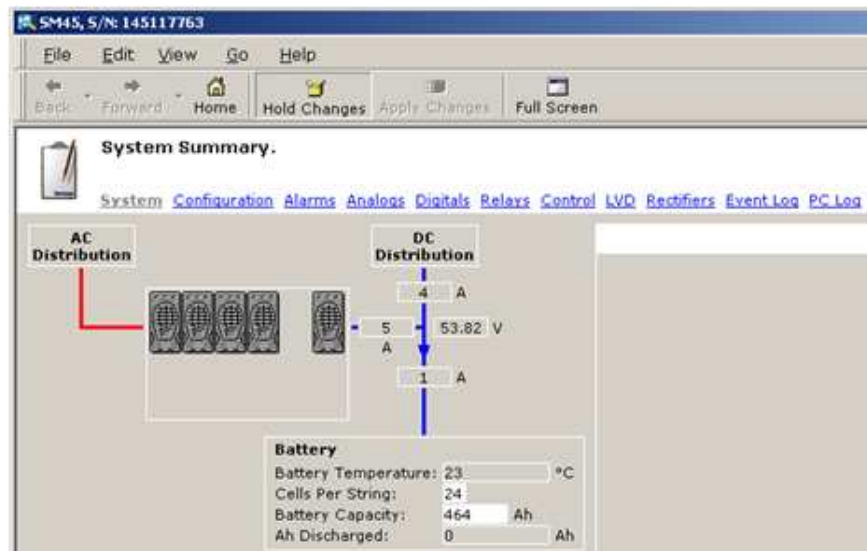


Figura 48. Monitoreo Inteltec DCTools.

Existen diferentes opciones que pueden seleccionarse en el programa para obtener información específica del sistema de energía, en la figura 49, se presenta el listado de rectificadores con su identificación y los niveles de energía en el momento del monitoreo.

Rectifiers Overview.

[System](#)

Num	State	Identity	AC Voltage, V	Voltage, V	Current, A	Heatsink Temp, °C	Max Power Limit, W	Max Current Limit, A	Min Low AC Threshold, V	Status
1	✓ Registered	APR48, v2.2, S/N:145073529	207	53.75	1	32	1500	31	0	-
2	✓ Registered	APR48, v2.2, S/N:145070003	208	53.70	1	33	1500	31	0	-
3	✓ Registered	APR48, v2.2, S/N:145073526	208	53.79	1	34	1500	31	0	-
4	✓ Registered	APR48, v2.2, S/N:145073535	206	53.86	1	34	1500	31	0	-
5	- Not Detected	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	0	-
6	✓ Registered	APR48, v2.2, S/N:145073536	208	53.65	1	33	1500	31	0	-
7	- Not Detected	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	0	-
8	- Not Detected	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	0	-
9	- Not Detected	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	0	-
10	- Not Detected	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	0	-
11	- Not Detected	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	0	-
12	- Not Detected	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	0	-

Restart ALL Rectifiers

Reset Rectifier Comms Lost

Configuration

Enable Rectifier Shutdown: Disabled ▾

OVSD Set Point: 58.00 V

Startup Delay: 2 s

Output Ramp Up Slope: 20 %/s

High AC Threshold: 280 V

Low AC Threshold: 150 V

Rectifier Current Limit: 0 A

+ Load Based Rectifier Shutdown

+ Rejected Commands

Figura 49. Rectificadores Inteltec (DCTools)

CONCLUSIONES

Luego del desarrollo de este trabajo de grado se pueden establecer ciertas conclusiones que se exponen a continuación.

La evolución vertiginosa de las telecomunicaciones, con la aparición de nuevas tecnologías y la apertura de nuevos mercados, supone un gran esfuerzo por parte de los operadores de telefonía móvil para asegurar la oferta de sus servicios de una manera rápida y eficaz. Por una parte, la arquitectura de servicios es cada vez más diversa y compleja, y por otra, los usuarios demandan mayores niveles de calidad. Todo esto conlleva a la necesidad de contar con herramientas integradas que faciliten a los operadores la gestión y el seguimiento de los servicios.

La gestión y operación de los servicios consiste, fundamentalmente, en su mantenimiento y supervisión extremo a extremo, es decir, facilitar una visión global del estado de servicio, lo cual resulta clave para el operador al permitirle conocer el estado de un determinado servicio y actuar para resolver o mejorar la calidad ofrecida en los casos necesarios.

La compatibilidad que ofrece la red de monitoreo y control entre los equipos que se pueden integrar a ella y también con los equipos de la red actual de MOVILNET, permite el transporte de los datos de gestión a través de diferentes plataformas y de diversos fabricantes. Además, el crecimiento de la red de transmisión no afecta directamente el funcionamiento de la red diseñada.

El diseño de la DCN sobre una red ya instalada y en operación, reduce de manera significativa los tiempos y los costos de implementación de la misma, además, se proponen dos plataformas para transportar los datos que cuentan con sistemas propios de supervisión y control.

La transmisión de la señal de supervisión a través de IP es posible en toda la red de MOVILNET, sin embargo, es necesario asignar a cada modulo de energía y a cada radio una dirección IP de la red operativa. Aplicando esta propuesta se podría integrar aproximadamente el 95% de los equipos de radio de las radio bases a la DCN.

RECOMENDACIONES

Cada subred tanto MINILINK como PASOLINK, debe tener una única conexión con el sistema de gestión, debido a esto la implementación de las diversas conexiones propuestas se debe realizar cuidadosamente para evitar la formación de lazos. Si se produce algún lazo se establecerá un camino de transporte de los datos de la DCN no deseado que producirá una carga innecesaria al sistema.

Gran parte de los equipos de energía se encuentran desactualizados, se encontraron algunos que poseen interfaces RS-232 para la conexión de los sistemas de gestión, por lo que se recomienda la actualización de estos. En la mayoría de los casos sólo es necesario cambiar el módulo de supervisión.

Se debe considerar la zonificación de los equipos de radio por fabricantes, es decir, las subredes de microondas deberían formar parte de una sola marca, garantizando niveles máximos de compatibilidad para cada subred. Además, de esta forma se podría especializar al personal de cada región o zona, para manejar de forma eficiente los equipos del fabricante que estén presentes en las estaciones radio base de dicha zona. También se debe considerar la redundancia de los enlaces de radio, no sólo en las RBS de alto tráfico, sino también en aquellas que presentan indisponibilidad debido a agentes externos como reflexiones y condiciones atmosféricas.

Las interfaces de usuario de los radios, pueden ser configuradas para recolectar alarmas externas, entre estas: alarmas de fuego y detectores de intrusos. También los equipos de energía cuentan con un elevado número de puertos que permiten agregar alarmas externas, que luego serán enviadas a los puertos IP de los radios.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] Unión Internacional de Telecomunicaciones. M.3010. *Principios para una red de gestión de las telecomunicaciones*. (Recomendación). -- Suiza: Ginebra, 2000. p.

[2] Herrera. *Tecnologías y redes de transmisión de datos*. (Libro). – D.F.: Mexico: Ed. Limusa, 2003. p. 42.

[3] Pineda, Gabriel. *SDH-Jerarquía Digital Sincrónica*. **EN:** <http://www.monografias.com/trabajos908/sdh-digital/sdh-digital.shtml>.

[4] Gerencia Corporativa de Formación Movilnet. *Jerarquía Digital Síncrona SDH*, (Guía de estudio).--Caracas: Venezuela: Movilnet, 2005. p.25.

[5] Craig Hunt. *TCP/IP Network Administration*. (Libro).- USA: O'Reilly Media, 2002. p. 9.

[6] Sam Halabi. *Metro Ethernet*. (Libro).- Indianapolis: USA. Cisco Systems, 2003. p. 23.

[7] American National Standard for Telecommunications. *Generic Framing Procedure*. (Recomendación).- 2000. p.9.

[8] Manual de referencia: Versión (1). *Service Access Unit (SAU) IP. Mini Link E. Installation and Configuration Instruction*. ERICSSON. Suiza, 2003.

[9] Chris McNab. *Network Security Assessment*. (Libro).- USA: O'Reilly Media, 2004. p. 180.

[10] Manual de operación: Versión Java. Pasolink Network Management System. NEC. 2005.

BIBLIOGRAFÍA

Tomasi, Wayne. Sistemas de comunicaciones electrónicas, 2da. Edición. México: Prentice-Hall, 1996.

Haykin, Simon. Sistemas de comunicaciones. Mexico: Limusa Wiley, 2005.

Entrevista realizada al Ingeniero Adrian Parraga. Especialista de equipos de energía. Movilnet, Mayo 2009.

Entrevista realizada a los Ingenieros Pedro Lotta y Martin Nieves. Especialistas de Telecomunicaciones y equipos Ericsson. Movilnet, Junio 2009.

Entrevista realizada a los Ingenieros Wilmer Martinez, Carlos Breijo y Rafael Rondon. Representantes de Huawei, Tellabs y Alcatel-Lucent respectivamente. Movilnet, Junio 2009. Movilnet, Agosto 2009.

Entrevista realizada al Ingeniero Tomas Renaud. Especialista de Telecomunicaciones y equipos Tellabs. Movilnet, Julio 2009.

Entrevista realizada al Ingeniero Yaneth Garcia. Especialista de Telecomunicaciones y equipos Cisco. Movilnet, Agosto 2009.

Entrevista realizada al técnico Larry Ramos. Personal de OpenLink proveedor de Cisco. Movilnet, Agosto 2009.

Entrevista realizada al Ingeniero Rafael Bravo. Especialista de Telecomunicaciones y redes SDH. Movilnet, Septiembre 2009.