

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica



TRABAJO DE DIPLOMA

Redes Ópticas Integradas. Propuesta de aplicación en Villa Clara.

Autor: Franklin Alvarez Ibarra

Tutor: Ing. Raúl Adrián González García

Santa Clara

2014

"Año 56 de la Revolución"

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica



TRABAJO DE DIPLOMA

Redes Ópticas Integradas. Propuesta de aplicación en Villa Clara.

Autor: Franklin Alvarez Ibarra

E-mail: inf.dps@ssp.sld.cu

Tutor: Ing. Raúl A. González García

Especialista en Transmisión,
CSGT Santa Clara, ETECSA.

E-mail: rauladrian.gonzalez@etecsa.cu

Consultante: Msc. Carlos A. Rodríguez López

Profesor Auxiliar, Departamento de Telecomunicaciones y
Electrónica, Facultad de Ingeniería Eléctrica, UCLV.

E-mail: crodriguez@uclv.edu.cu

Santa Clara

2014

"Año 56 de la Revolución"



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Telecomunicaciones y Electrónica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Firma del Tutor

Firma del Jefe de Departamento
donde se defiende el trabajo

Firma del Responsable de
Información Científico-Técnica

PENSAMIENTO

*El verdadero progreso es el que pone
la tecnología al alcance de todos.*

Henry Ford

DEDICATORIA

A mis padres, por el ejemplo constante y la confianza de un mañana mejor.

A mi esposa, por el amor que inspira.

A mi familia por el apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Es para mí un verdadero placer usar este espacio para agradecer a las personas que han brindado el apoyo necesario para concluir este trabajo de diploma.

Deseo mostrar mi más profundo y sincero agradecimiento a Ing. Raúl Adrián González García por aceptarme para realizar esta tesis bajo su tutoría, por los conocimientos que me aportó, por permitirme robar parte de su tiempo y por su paciencia para conmigo.

También deseo mostrar mi gratitud al profesor Msc. Carlos A. Rodríguez. Sus valiosos consejos considero fueron claves en el desarrollo del trabajo. Su admirable trato y disposición para ayudar son ejemplo para mí. Así mismo agradezco a mis profesores de la Facultad de Ingeniería Eléctrica por toda la preparación que de ellos recibí.

Un agradecimiento a Msc. José Luis Pérez Virella, especialista de ETECSA Sancti Spíritus, por su esfuerzo para proveerme de información y ayuda en la culminación de mis estudios.

A todos, muchas gracias.

TAREA TÉCNICA

1. Realizar una revisión bibliográfica para conocer la evolución de las redes ópticas de transporte en el mundo.
2. Determinar el estado del anillo principal de la red de transporte de Villa Clara.
3. Analizar las características y funcionalidades de los equipos 1850TSS-100 del proveedor Alcatel-Lucent para el diseño de la red óptica integrada.
4. Elaborar una propuesta de red óptica integrada que permita eliminar la saturación en el anillo principal de la red óptica de transporte en Villa Clara y crear las condiciones para la diversificación de los servicios.
5. Validar la configuración de los equipos 1850TSS-100 de Alcatel-Lucent mediante el protocolo de pruebas de aceptación.
6. Elaborar el informe final.

Firma del Autor

Firma del Tutor

RESUMEN

El presente trabajo ofrece una propuesta de red óptica integrada que permite eliminar la saturación en el anillo principal de la red de transporte en Villa Clara y contribuir a la diversificación de los servicios mediante el uso de equipos 1850TSS-100 del proveedor Alcatel-Lucent adquiridos por ETECSA en recientes inversiones.

Se determina el estado del anillo principal de la red de transporte y se identifican los principales problemas que le afectan. Se efectúa un análisis de las principales características y funcionalidades del equipamiento disponible y se muestra cómo diseñar una red a partir de ellos y validar la configuración de los equipos mediante el protocolo de pruebas de aceptación del proveedor.

El diseño de red óptica integrada que se propone cumple con los requerimientos de capacidades TDM y Ethernet para asumir todos los servicios actuales más la posible demanda futura eliminando así la saturación y creando condiciones para la diversificación de los servicios en el anillo lo que permite introducir equipamiento basados en Ethernet para diversificar los servicios en el resto de la red territorial.

TABLA DE CONTENIDOS

PENSAMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
TAREA TÉCNICA.....	iv
RESUMEN	v
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ANILLO PRINCIPAL DE LA RED DE TRANSPORTE EN VILLA CLARA.....	5
1.1 Evolución de las redes ópticas de transporte.....	5
1.2 Redes ópticas de transporte en Cuba.....	9
1.3 Estado del anillo principal de la red de transporte en Villa Clara.....	10
1.3.1 Estructura de la red.	10
1.3.2 Descripción del equipamiento.	12
1.3.2.1 Alcatel ADM 1651 SM.	12
1.3.2.2 Alcatel OMSN 1660 SM.	15
1.4 Conclusiones del capítulo.	20
CAPÍTULO 2. ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS 1850TSS- 100 PARA EL DISEÑO DE RED. VALIDACIÓN DE SU CONFIGURACIÓN	21
2.1 Descripción del 1850TSS-100.	21

2.1.1	Protecciones.....	23
2.1.2	Arquitectura de sincronización.....	23
2.1.3	Hardware común.....	24
2.1.3.1	Tarjeta Controladora.....	25
2.1.3.2	Matriz Universal.....	26
2.1.3.3	Fuente de Alimentación.....	27
2.1.3.4	Unidad de ventiladores.....	28
2.1.2	Hardware PDH-SDH.....	28
2.1.2.1	Tarjeta multiplexora E1DS1M.....	29
2.1.2.2	Tarjeta de acceso E1UAC.....	30
2.1.2.3	Tarjeta de acceso E1DS1BAC.....	30
2.1.2.4	Tarjeta de protección E1DS1PAC.....	30
2.1.2.5	Tarjeta E3DS3TM.....	31
2.1.2.6	Tarjeta de acceso 12xE3A.....	31
2.1.2.7	Tarjeta de acceso 12xDS3AC.....	31
2.1.2.8	Tarjeta de protección E3DS3PAC.....	32
2.1.2.9	Tarjeta 8PSO.....	32
2.1.2.10	Tarjeta 4P2G5SO.....	32
2.1.2.11	Tarjeta 1P10GSO.....	33
2.1.3	Hardware para datos.....	33
2.1.3.1	Tarjeta PP10G.....	34
2.1.3.2	Tarjeta PE8XGE.....	35
2.1.3.3	Tarjeta PE1X10GE.....	35
2.2	Análisis para el diseño de red óptica integrada con el 1850TSS-100.....	35

2.3	Validación de la configuración de los 1850TSS-100 mediante el Protocolo de Pruebas de Aceptación.....	37
2.4	Conclusiones del capítulo.....	41
CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE RED.....		42
3.1	Necesidades identificadas por ETECSA.....	42
3.2	Propuesta de red óptica integrada con 1850TSS-100.....	44
3.3	Resultados de la ejecución de las Pruebas de Aceptación para el 1850TSS-100.....	50
3.4	Conclusiones del capítulo.....	52
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		53
Conclusiones.....		53
Recomendaciones.....		54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		55
GLOSARIO.....		58
ANEXOS.....		62
Anexo I	Pruebas de aceptación del 1850TSS-100 del CMT de Santa Clara.....	62
Anexo II	Pruebas de aceptación del 1850TSS-100 del nodo Zona La Salud.....	69
Anexo III	Pruebas de aceptación del 1850TSS-100 del nodo Zona Industrial.....	74

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la diversificación y las necesidades siempre crecientes de servicios han impuesto a las redes de transporte basadas principalmente en SONET/SDH (*Synchronous Optical Network/Synchronous Digital Hierarchy*) y PDH (*Plesiochronous Digital Hierarchy*) una migración hacia una solución de redes ópticas integradas, plataformas capaces de manejar varias tecnologías simultáneamente mientras evolucionan paulatinamente a redes totalmente ópticas basadas en tecnologías de paquetes. Con el objetivo de permitir la convergencia de estas tecnologías los proveedores de equipamiento de transporte óptico ofrecen equipos que están provistos de matrices universales capaces de asumir e interactuar con todo tipo de tráfico.

La red de transporte de Villa Clara se encuentra basada en equipos de la primera y segunda generación del Proveedor Alcatel-Lucent con tecnología SDH. El tráfico de voz, datos y telefonía móvil de la provincia Villa Clara se enruta a través de tres nodos principales de ETECSA conectados entre sí en topología de anillo con equipamiento del proveedor Alcatel-Lucent (OMSN 1660SM y ADM 1651SM). Los Enlaces STM-4 del anillo están prácticamente saturados por lo que para implementar nuevos servicios habría que prescindir de las protecciones lo cual supondría una vulnerabilidad en la Red.

El OMSN 1660SM del CMT (Centro de Mantenimiento Telefónico) de Santa Clara es un equipo de la segunda generación de Alcatel-Lucent que posee algunas prestaciones para la implementación de servicios Ethernet pero se encuentra totalmente saturado en cuanto a disponibilidad de nuevos enlaces ópticos, capacidades PDH (E1) y slots disponibles para

ampliación de tarjetas; por ejemplo se encuentra imposibilitado de instalar una tarjeta ISA (*Integrated Service Adapter*) para asumir tráfico Ethernet y así satisfacer la demanda de clientes con equipos basados en esta tecnología.

Los ADM 1651 SM son equipos de la primera generación de Alcatel-Lucent pertenecientes a una línea de productos descontinuada por el proveedor, lo cual trae como consecuencia la no asistencia técnica, el déficit de repuestos y muy poca reparación de las tarjetas y módulos que se averían. Son equipos de más de 10 años de explotación por lo que comienzan a estar expuestos a fallos de hardware. Los ADM 1651 SM son incompatibles con el mundo Ethernet.

Estos equipos no permiten modernizar las unidades remotas de abonados (URAs) existentes para la telefonía en los sitios: Zona Industrial y La Salud, ya que las nuevas ofertas del proveedor están basadas en la conmutación de paquetes como por ejemplo las ISAM (*Intelligent Service Access Manager*) de Alcatel-Lucent que fueron diseñadas para redes Ethernet.

La necesidad de ir eliminando técnica obsoleta que constituye una vulnerabilidad en la red de telecomunicaciones de la provincia es una de las premisas básicas para buscar soluciones a la nube de equipos de transporte, imprescindibles en la puesta en explotación de los nuevos servicios, para que sean compatibles con las nuevas tecnologías de conmutación de paquetes. La empresa aprobó una inversión y se decidió comprar la línea de productos de la cuarta generación de Alcatel-Lucent 1850TSS-100 (*Transport Service Stwiche*) que el proveedor ideó y materializó para cumplir con esta convergencia entre el mundo TDM (*Time Division Multiplexing*) y nuevas tecnologías de paquetes.

El anillo principal de la red de transporte de Villa Clara necesita sustituir su equipamiento para posibilitar la convergencia del tráfico actual, basado fundamentalmente en SDH, con nuevas tecnologías, cubrir la demanda de clientes con equipos basados en ellas y eliminar

la saturación existente sin incurrir en los gastos adicionales que implicaría migrar hacia una infraestructura de otro proveedor. Se enuncia entonces el problema: ¿Cómo integrar en una red óptica nuevas tecnologías de paquetes con las existentes en el anillo principal de la red de transporte en Villa Clara para eliminar la saturación y crear las condiciones para la diversificación de los servicios mediante el uso de equipamiento de cuarta generación del proveedor Alcatel-Lucent 1850TSS-100?

El objetivo general del presente trabajo es proponer una infraestructura de red óptica que permita integrar las tecnologías existentes en el anillo principal de la red de transporte con nuevas tecnologías de paquetes para eliminar la saturación y crear las condiciones para diversificar los servicios de este anillo. Para ello se trazaron los siguientes objetivos específicos:

- Determinar el estado del anillo principal de la red de transporte en Villa Clara.
- Analizar las características y funcionalidades de los equipos 1850TSS-100 de Alcatel-Lucent.
- Elaborar una propuesta de red óptica integrada que permita eliminar la saturación y contribuir a la diversificación de los servicios en el anillo principal.
- Validar la configuración seleccionada para los equipos 1850TSS-100 de Alcatel-Lucent mediante el protocolo de Pruebas de Aceptación del proveedor.

A lo largo del presente informe se da respuesta a las siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es el estado del anillo principal de la red óptica de transporte en la provincia de Villa Clara?
- ¿Cuáles son las características y funcionalidades del equipo 1850TSS-100 que permiten la integración de diversas tecnologías en la red existente?
- ¿Cómo diseñar una red óptica integrada usando el equipo de transporte 1850TSS-100 de Alcatel-Lucent?

Para la realización de este trabajo se consultó bibliografía oficial del proveedor Alcatel-Lucent de los equipos que se analizan, informaciones de cursos de empresas con amplia

experiencia en materia de telecomunicaciones, libros, revistas especializadas y otros materiales disponibles en internet así como la opinión de especialistas de transmisión de ETECSA.

El trabajo está estructurado en introducción, capitulario, conclusiones, referencias bibliográficas y anexos.

En el primer capítulo se expone brevemente la evolución de las redes ópticas de transporte en Cuba y el mundo y se determina el estado del anillo principal de la red de transporte de Villa Clara exponiendo su estructura y características del equipamiento e identificando las limitaciones fundamentales que posee.

En el segundo capítulo se analizan las características y funcionalidades principales de los 1850TSS-100 de Alcatel-Lucent y los elementos principales en cuenta en el análisis para la elaboración de la propuesta de red. Se expone la utilización del protocolo de pruebas de aceptación del proveedor para validar la configuración de estos equipos.

Se presenta la propuesta de red óptica integrada en el tercer capítulo. Se muestra y explican las configuraciones seleccionadas para los 1850TSS-100, la estructura de la red, la manera en que se resuelven los problemas de saturación en el anillo, las nuevas capacidades para la diversificación de servicios y los resultados de ejecución de las pruebas para la validación de la propuesta.

Las conclusiones muestran los resultados obtenidos dando cumplimiento a los objetivos trazados.

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ANILLO PRINCIPAL DE LA RED DE TRANSPORTE EN VILLA CLARA

En el presente capítulo se determina el estado del anillo principal de la red de transporte de Villa Clara para lo que se comienza exponiendo brevemente la evolución de las redes ópticas de transporte en Cuba y el mundo. Se presenta la estructura de la red y se describe su equipamiento mostrando las características más importantes e identificando las limitaciones fundamentales que hacen necesaria la migración hacia plataformas que permitan la convergencia de las redes actuales con nuevas tecnologías de conmutación de paquetes.

1.1 Evolución de las redes ópticas de transporte.

Las limitaciones del tráfico de PDH señalaron la necesidad de la introducción de SONET/SDH. Esta tecnología síncrona permite la extracción e inserción de tributarios sin la necesidad de demultiplexar toda la trama como ocurría con PDH. Introducía además bytes para reservados para la gestión y control así como mecanismos sin precedentes para el monitoreo del desempeño y la reconfiguración de trayectorias de los enlaces. Los beneficios de SONET/SDH se hicieron patentes con rapidez y fue adoptada en todo el mundo reemplazando paulatinamente las redes basadas en PDH (Ash y Ferguson, 2001).

Durante muchos años el crecimiento de las redes de telecomunicaciones siguió patrones predecibles basados fundamentalmente en el número de llamadas telefónicas y el tráfico de datos de enlaces de 64 Kbps o hasta 2 Mbps para clientes cuyas aplicaciones así lo

requerían. En la última década del siglo XX la naturaleza del tráfico comenzó a cambiar aceleradamente como exponen Ash y Ferguson, (2001). Los servicios orientados a datos y en especial Internet impusieron nuevos retos a las existentes redes de transporte y propiciaron el surgimiento de redes donde convergen múltiples tecnologías.

Los sistemas de transmisión SDH fueron diseñados para tráfico telefónico por lo que no hacen un uso eficiente del ancho de banda para la transmisión de datos. Con la implementación de SDH-NG (SDH de Nueva Generación) se logró mejorar la eficiencia y múltiples instituciones internacionales abogaron por mejorar las redes existentes dotándolas de cierta “inteligencia” y optaron por adicionarle un plano de control. Las redes fueron evolucionando hacia un modelo de red de transporte óptica inteligente, en la cual la capa de transporte incluye las funcionalidades de transmisión, conmutación y enrutamiento de paquetes en la red. Así surgió la Red Óptica de Conmutación Automática (*Automatic Switching Optical Network*, ASON) como una evolución natural de las redes ópticas que permite el diseño dinámico de conexiones, señalización y control para crear y remover conexiones así como la conmutación y transmisión en un solo sistema (Huawei Technologies Co., 2003).

A pesar de las mencionadas mejoras introducidas en las redes SDH estas presentan ciertas desventajas respecto a sistemas basados en tecnologías de paquetes como Ethernet. La asignación de ancho de banda en una red SDH es fija lo cual trae consigo ineficiencias en su operación. La granularidad de estos sistemas depende de las capacidades de cross-conexión de la matriz de los ADM para insertar y extraer tributarios de alto y bajo orden. Con frecuencia los equipos disponibles ofrecen limitada granularidad para interfaces de baja velocidad acentuando la ineficiencia de la red. Generalmente en SDH se usan protecciones N+1, lo que implica que ciertas capacidades son enteramente asignadas a protecciones por lo que no están en uso transportando tráfico a menos que ocurra una falla en el hardware o enlace protegido. La complejidad de los sistemas SDH hace que los costos iniciales así como los costos de configuración y operación sean considerablemente altos y que el personal necesario generalmente necesite mayor capacitación que la que usualmente

precisa el personal que opera y configura sistemas relativamente más sencillos como los basados en Ethernet (Tang, 2013).

Otras de las variantes tecnológicas para las redes de transporte son transmitir con el Protocolo de Internet (IP)/MPLS (*Multi Protocol Label Switching*) sobre WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) o sobre la más reciente DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*). El tráfico de ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) y SDH puede reducirse o sustituirse por tráfico IP (Puerto et al., 2008) como se muestra en la Figura 1.

Muchos servicios en la actualidad migran de estar basados en conmutación de circuitos a estar basados en conmutación de paquetes, tanto para tráfico público como tráfico privado muestra Gomes, (2013). En el contexto del incremento del tráfico IP y la creciente utilización de Ethernet en las redes de transporte, agregación y acceso las soluciones que soportan múltiples tecnologías en una sola plataforma integrada con diversas interfaces son claves en la evolución de una red de transporte. La familia de switches 1850TSS de Alcatel-Lucent se diseñó como un paso hacia la integración en las redes de transporte que con equipos que manejan cualquier mezcla de servicios de conmutación de paquetes y circuitos (Alcatel-Lucent, 2008). Esto permite a la empresa operadora construir una red orientada al futuro al poder soportar requerimientos de tráfico TDM y Ethernet según crezca la demanda de servicios de una u otra tecnología (Alcatel-Lucent, 2009).

Con el objetivo de acomodar decenas de señales ópticas en una sola fibra se introdujo desde mediados de la década de 1990 la multiplexación en longitudes de ondas, WDM (Tomkos et al., 2012). Con WDM se asignan las señales ópticas a longitudes de onda específicas dentro de una determinada banda. Así se logra aumentar la capacidad de transporte del medio físico (fibra) usando un método completamente diferente de la TDM. Con DWDM se espacian las longitudes de onda menos que con WDM, por tanto tiene una capacidad global mayor. DWDM incluye la posibilidad de amplificar todas las longitudes de onda a la vez sin convertirlas a señales eléctricas y permite transportar señales de

diferentes velocidades y tipos simultánea y transparentemente sobre fibra (independientemente del protocolo y su velocidad), (Cisco Systems, 2001).

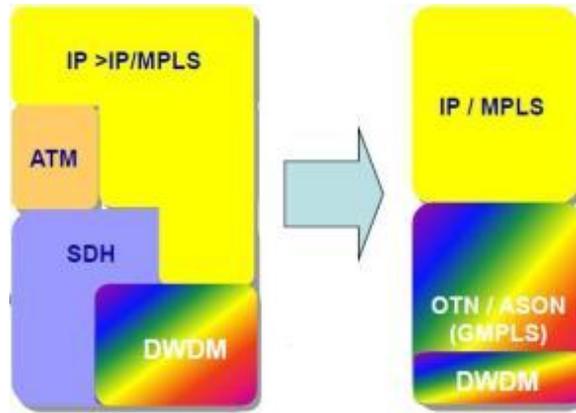


Figura 1. Evolución de las redes ópticas de transporte.

Siendo el Protocolo de Internet por definición uno basado en la conmutación de paquetes, parece evidente que realizar una conmutación óptica a nivel de paquetes simplifica notablemente la gestión global de la red. Esta evolución plantea que las funciones de enrutado y conmutación deben realizarse en el dominio óptico dando lugar a redes totalmente ópticas según (Puerto et al., 2008). Las redes DWDM fueron mejoradas con la introducción de multiplexores ópticos de inserción y extracción reconfigurables (*Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer, ROADM*) y equipamiento que permitía dotar de mayor capacidad a la fibra. Los pasos más recientes en la evolución de las redes ópticas de transporte buscan lograr mayor eficiencia, escalabilidad y funcionalidad. Esto puede lograrse introduciendo el concepto de OTN (*Optical Transport Network*) como una capa intermedia entre las capas IP y DWDM (Nokia Siemens Networks, 2011), como muestra la Figura 2.

Las OTN están compuestas por un conjunto de elementos de red conectados por enlaces de fibra óptica capaces de proveer las funcionalidades de transporte, multiplexación, enrutamiento, gestión y supervisión de los canales que transportan señales ópticas clientes.

OTN sobre DWDM maximiza la utilización de la fibra existente acomodando en ella el explosivo crecimiento de tráfico en una infraestructura multiservicio y optimizada para datos en lugar de la red de cuatro capas existentes. Con ello se logra reducir los costos de operación y mantenimiento a través de la disminución de la cantidad y tipos de elementos en la red ya que no son necesarias interfaces específicas para distintos protocolos. El concepto OTN provee un vínculo entre las redes actuales y las futuras explica (Nokia Siemens Networks, 2011).

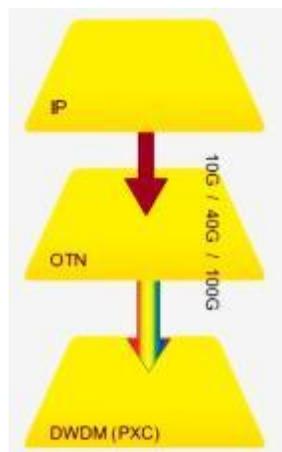


Figura 2. Capa OTN en una red óptica de transporte (Nokia Siemens Networks, 2011).

1.2 Redes ópticas de transporte en Cuba.

La evolución de las redes ópticas de transporte está condicionada no solo por aspectos técnicos sino también económicos. Estos últimos son determinantes en estos momentos en el país. En lugar de realizar un despliegue de nuevas inversiones a gran escala para la rápida sustitución de las redes que hoy están funcionando se ha optado por mejorar las existentes a la introduciendo paulatinamente nuevas tecnologías como se representa en la Figura 3. De ahí que las redes ópticas de transporte en Cuba sean muy variadas en cuanto a tecnologías y equipamiento.

Existen redes nacionales ASON y DWDM cuya topología más frecuente es el anillo. Las provincias no poseen gestión de éstas sino de las redes territoriales que están basadas fundamentalmente en SDH. Los proveedores de la mayoría del equipamiento en explotación en el país son Alcatel-Lucent y Huawei.

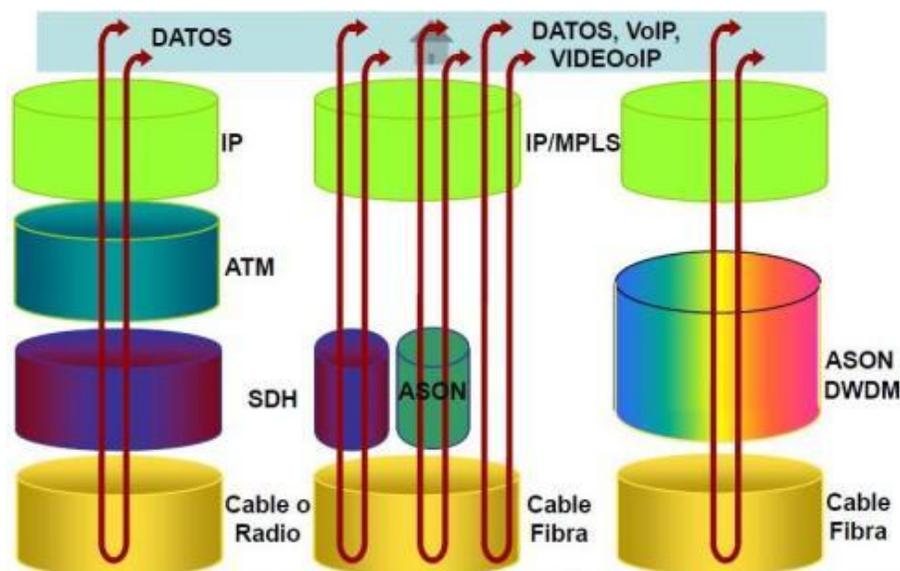


Figura 3. Evolución de las capas en redes de transporte y servicios de ETECSA según López O., s.f., Departamento de Transporte, Dirección de Gestión de la Red.

Actualmente las redes de transporte en Cuba se enfrentan a la demanda mayores capacidades debido al crecimiento de la red móvil y de datos, aumento de canales e introducción de la TV digital, cierre de anillos nacionales y territoriales para incrementar la confiabilidad de las redes así como saturación de nodos en cuanto a indisponibilidad de hardware con interfaces para nuevo usuarios y nuevas tecnologías.

1.3 Estado del anillo principal de la red de transporte en Villa Clara.

1.3.1 Estructura de la red.

La red de transporte de Villa Clara se diseñó para que todo el tráfico de cualquier punto de la provincia sea enrutado hacia la central digital ubicada en la ciudad de Santa Clara. Esta

red posee tres nodos principales conectados entre sí en una topología de anillo con enlaces ópticos STM-4 y cuyo equipamiento es del proveedor Alcatel-Lucent. Toda la red territorial se conecta a través ellos como se puede observar en la Figura 4. Estos enlaces STM-4 están prácticamente saturados por lo que para poner nuevos servicios habría que prescindir de las protecciones lo cual supondría una vulnerabilidad en la red.

El CMT de Santa Clara posee un nodo multiservicio de segunda generación de Alcatel-Lucent OMSN 1660 SM (*Optinex Multi Service Node 1660 Synchronous Mux*). Los nodos conocidos como Zona Industrial y Zona La Salud poseen cada uno un multiplexor de inserción y extracción ADM 1651 SM (*Add and Drop Multiplexers*), equipos de primera generación del mismo proveedor. La estructura del anillo principal de la red de transporte se representa en la Figura 4.

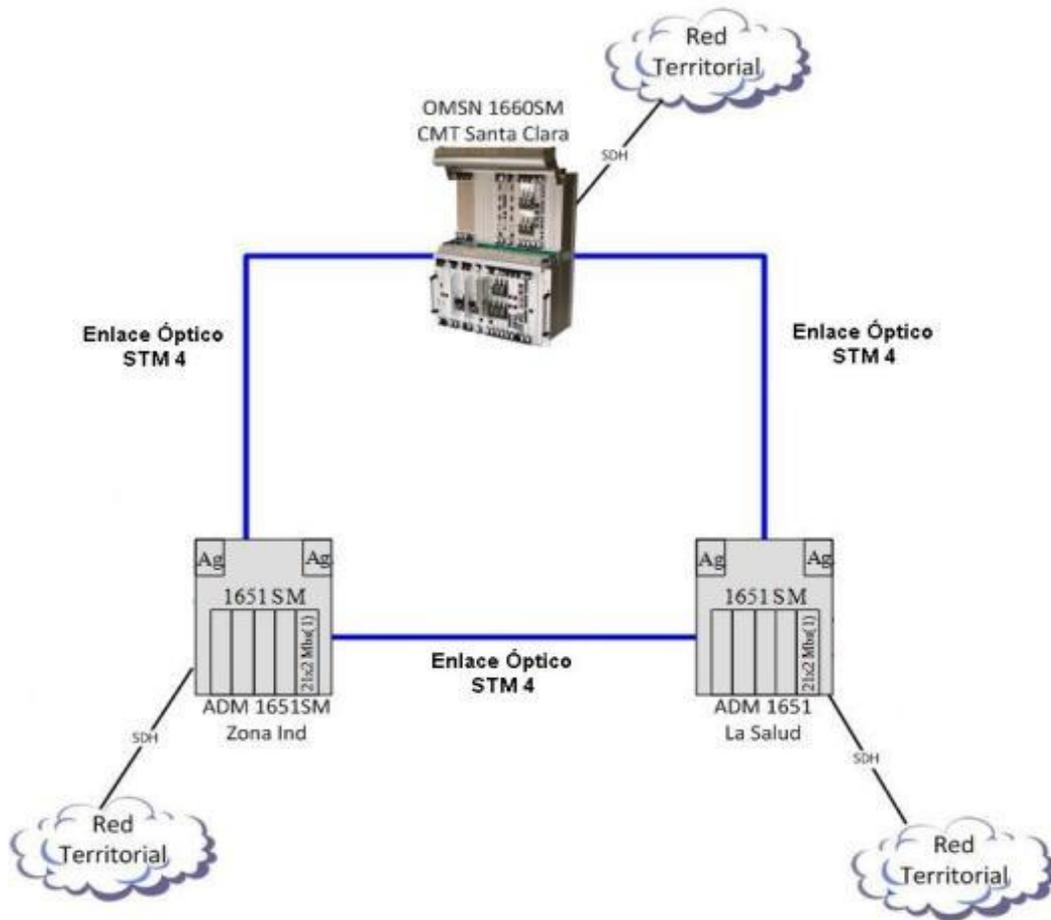


Figura 4. Estructura del anillo principal de la red de transporte de Villa Clara.

1.3.2 Descripción del equipamiento.

1.3.2.1 Alcatel ADM 1651 SM.

En los nodos “Zona Industrial” y “Zona La Salud” están instalados multiplexores de inserción y extracción ADM 1651 SM. Se trata de equipos de transporte de la primera generación del proveedor Alcatel-Lucent que cuentan con más de 10 años de explotación y su línea ha sido descontinuada por el fabricante lo cual provoca la no asistencia técnica, déficit de tarjetas de repuestos y otros componentes y muy poca reparación de los módulos que se averían. Estos equipos están cada vez más expuestos a fallos de hardware lo que constituye una vulnerabilidad en la red.

De acuerdo a la información que brinda el proveedor en el manual de los ADM 1651 SM (Alcatel, 2000), estos equipos pueden funcionar como multiplexores terminales, multiplexores duales, como multiplexores de inserción y extracción en redes con topologías como la de anillo reenrutando el VC (Contenedor Virtual) si un nodo falla o sin tributarios pueden funcionar como regeneradores. Los tributarios plesiócronicos (con velocidades de 1,5, 2, 34, 45 y 140 Mbps) o síncronicos (velocidad 155 Mbps, STM-1) son multiplexados y mapeados de acuerdo a las recomendaciones ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*). Este equipo no permite establecer enlaces STM-16 lo que implica un límite en la capacidad del equipo y la necesidad de su sustitución para resolver el problema de la saturación.

Las matrices que poseen los ADM 1651 SM fueron poderosas en el momento que salió al mercado esta línea de productos pero en la actualidad y ante la diversidad de servicios que se demandan están obsoletas. Permiten establecer conexiones entre agregados y tributarios (funciones de inserción y extracción), agregados y agregados (cross-conexión de contenedores virtuales y unidades administrativas) así como la cross-conexión entre tributarios y tributarios. Pueden establecerse conexiones con los agregados o tributarios síncronicos STM-1 que contienen los VC12 o los VC3 a ser procesados. Estos flujos pueden dirigirse a tributarios plesiócronicos o pueden ser reenrutados hacia otros agregados o

tributarios STM-1. También pueden procesarse los VC12 y VC3 de tributarios eléctricos. La matriz también permite las conexiones con tributarios plesiócronicos de 2, 34, 45 y 140 Mbps.

Las protecciones que ofrece el ADM 1651 SM son:

- *Path protection switching* (SNC-P). Protección a nivel de E1 que el equipo permite implementar a través de sus agregados siempre y cuando exista al menos más de una vía de alcanzar el destino.
- *2 F MS-SPRING (Multiplex Section Shared Protection Rings)*. Protección en anillo que se puede implementar usando dos fibras dependiendo del tipo de topología que se quiera utilizar en la Red.
- *EPS (Equipment protection Switching)*, (1+1, N +1, dependiendo del tributario que se trate) para tributarios eléctricos. La protección EPS no es más que la posibilidad que brinda el equipo de instalar dos tarjetas del mismo tipo y utilizar una activa y una de protección para en caso de fallo de hardware de la activa la redundante automáticamente toma su lugar sin afectación de servicio.
- EPS para la unidad de reloj de referencia (funciones de sincronismo) la unidad de la matriz.
- *1+1 MS Linear Trail Protection (con Automatic Protection Switching, APS)* unidireccional. Protección para los agregados ópticos STM-4, los tributarios ópticos y eléctricos la cual permite algo muy parecido a la protección EPS pero a nivel de fallos de fibra. Cuando la tarjeta detecta un fallo (pérdida de la señal) automáticamente conmuta para la redundante que tiene su enlace óptico sin falla alguna y además lo hace solo en el sentido que ocurrió la afectación de ahí de ahí que se le llame unidireccional.
- Protección de la fuente de alimentación.

Las capacidades de conexión de tributarios se brindan a través de los módulos y puntos de acceso. El slot del módulo de acceso F posee un canal de voz y dos canales auxiliares de

datos. El módulo G permite conectar 21 enlaces de tributarios a 1,5 Mbps y 2 Mbps. En un módulo H pueden conectarse 3 tributarios a 34 ó 45 Mbps o un tributario a 140 ó 155 Mbps. Los puntos de acceso señalados en la Figura 5 como “1” y “2” establecen conexiones ópticas de agregados STM-4. Los puntos de acceso señalados como “3” y “4” permiten enlaces ópticos de tributarios STM-1.

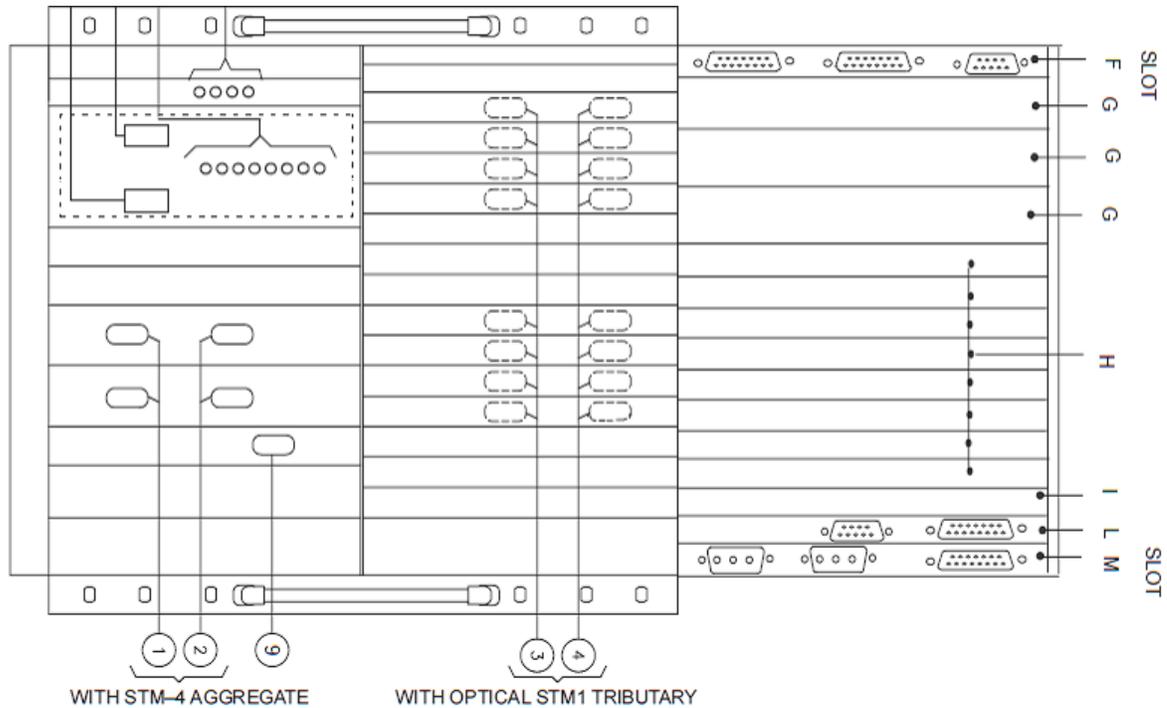


Figura 5. Vista frontal del ADM 1651 SM, (Alcatel, 2000).

Estas capacidades son insuficientes para la demanda de tráfico actual y el establecimiento de nuevos enlaces. Predominan las interfaces eléctricas a baja velocidad totalmente insuficientes en estos momentos. El enlace STM-4 del anillo presenta saturación y a pesar que el nodo del CMT de Santa Clara sí es capaz de establecer enlaces STM-16 no puede aumentarse la capacidad del anillo principal de la red de transporte a STM-16 puesto que el ADM 1651 SM no lo soporta.

Los ADM 1651 SM no son compatibles con la conmutación de paquetes por lo que no permiten asumir tráfico de clientes con equipos basados en estas tecnologías. Tampoco permiten modernizar las unidades remotas de abonado URA ya que las ofertas de los proveedores, como por ejemplo la ISAM de Alcatel, no están basadas en la conmutación de circuitos sino en Ethernet.

La obsolescencia de estos equipos y sus escasas prestaciones para las necesidades actuales hacen necesario su reemplazo por equipamiento que permita manejar mayores capacidades de tráfico de diversas tecnologías en una plataforma integrada. Ese sería un paso de avance en la evolución de la redes de transporte hacia la etapa donde coexisten tecnologías orientadas a circuitos con tecnologías de conmutación de paquetes.

1.3.2.2 Alcatel OMSN 1660 SM.

El OMSN 1660 SM es un nodo multiservicios de segunda generación de Alcatel-Lucent usado para implementar un NE (*Network Element*) en la red SDH y cumple con las recomendaciones G.707/G.783 de la UIT-T. Es totalmente compatible con los ADM de la generación anterior de este proveedor y permite su utilización en diversas topologías de red. Su arquitectura es simétrica, todos sus puertos son funcionalmente equivalentes. Todos son puertos y no se deben definir como tributarios o como agregados (Fuentes, 2008).

Posee puertos PDH y SDH y una matriz de cross-conexión 96x96 STM-1, la cual puede cross-conectar VC, TU y AU-4. El OMSN 1660 SM del CMT de Santa Clara está conectado en un anillo STM-4 aunque posee capacidad para enlaces con velocidades de 2500 Mbps (STM-16).

Este equipo puede ser configurado como ADM, STM-n hub y TM (*Terminal Multiplexer*) para aplicaciones punto a punto o en anillos. Cuando el NE está configurado como ADM ó STM-n hub puede extraer o insertar señales desde o hasta STM-1/STM-4/STM-16.

Configurado como multiplexor terminal recibe señales PDH y entrega señales SDH con protección 1+1 al nivel STM-1/STM-4/STM-16 y viceversa pero no realiza extracción ni inserción de señales. En redes con topología de anillo puede ser usado como elemento de red para interconectar dos anillos. En redes de un solo anillo permite reenrutar automáticamente el tráfico si el enlace o algún NE presentan fallos.

El subsistema mecánico del OMSN 1660 SM está representado en la Figura 6. Este subsistema posee tres tipos de tarjetas: tarjetas de acceso que contienen la interface física de la señal (conectores eléctricos), tarjetas de puertos encargadas del procesamiento de la señal SDH y módulos o tarjetas hijas que pueden ser eléctricas u ópticas y que son introducidas dentro de las tarjetas de los puertos SDH.

El área de acceso consta de 21 slots. Los primeros y últimos nueve slots son usados para las tarjetas de acceso, en estos 18 pueden conectarse tarjetas de acceso a 2Mbps. Los tres slots centrales son ocupados por las tarjetas CONGI A (*Control General Interface*), servicio y CONGI B. El área básica posee 19 slots. Los puertos 25-26, 28-29, 34-35 y 37-38 se pueden reservar para enlaces STM-16 y si estas tarjetas no son usadas entonces se pueden ubicar otras tarjetas de puertos. Cada tarjeta de puerto STM-16 ocupa 2 slots con *Enhanced* (8xSTM-1). De esta manera se conecta con la matriz con el objetivo de tener conectividad completa de 16 AU4 (*Administrative Unit 4*). Los LS (*Low speed*) son para señales con velocidad de 2Mbps y los HS (*High speed*) para enlaces con velocidades mayores. Los seis slots *Port LS HS* son los de puertos a 2Mbps para ubicar la tarjeta P63E1. Los *HS Ports* y los *HS Access* son dedicados a los enlaces STM-1 y STM-4.

El OMSN 1660 SM del CMT de Santa Clara se encuentra saturado en cuanto a la posibilidad de incrementar tarjetas ya que está trabajando a cien por ciento de su ocupación en lo que respecta a sus slots de acceso y aunque se pudieran cambiar los enlaces STM-4 a STM-16 con lo cual se descongestionaría el anillo seguiría manteniéndose la imposibilidad de extraer e insertar servicios en este equipo dada la ocupación de sus slots.

Aunque este equipo permite la instalación de tarjetas ISA (*Integrated Service Adapter*) para enlaces Ethernet (Alcatel-Lucent, 2014), no existen slots disponibles para ello. El no contar con tecnologías de paquetes en este nodo no permite la modernización de las unidades remotas de abonados URA que a él se conectan. Esto impide además satisfacer la demanda de clientes con equipos basados en nuevas tecnologías de paquetes.

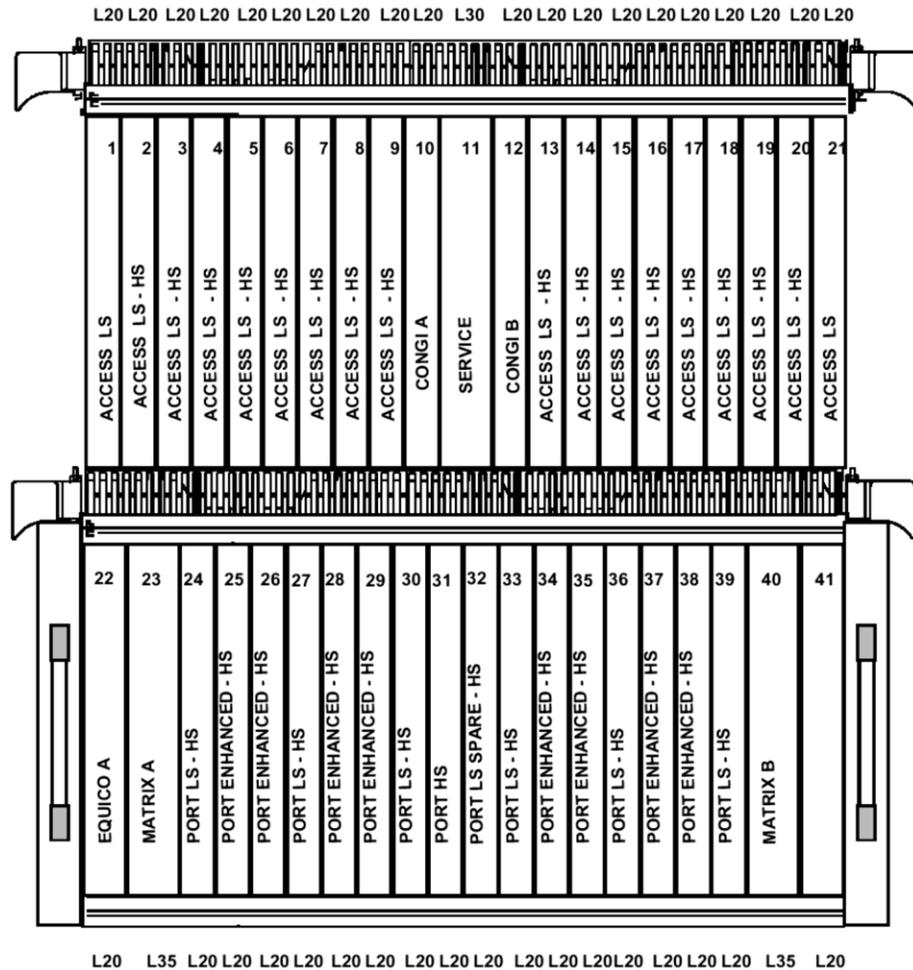


Figura 6. Subsistema mecánico. Vista frontal del OMSN 1660 SM, (Fuentes, 2008).

El subsistema de carga útil está conformado por hardware y software dedicado a transmitir la carga útil desde los puertos de entrada hacia los puertos de salida, gestiona las cross-conexiones y las alarmas y el desempeño de la carga útil. Está basado en una matriz centralizada, la cual puede cross-conectar VC, AU4 y TU. La matriz presenta una

capacidad de 96x96 HPC (*High Order Path Connection*), y 64x64 LPC (*Low order Path Connection*). Todos los puertos son conectados a ella de la misma forma, no hay diferencia entre los puertos de tributarios y agregados. Las capacidades de cross-conexión de la matriz son:

- 96x96 STM-1 equivalente en matriz HO.
- 64x64 STM-1 equivalente en matriz LO.
- Interfaces de hasta 64 STM-1 (hasta 16 tarjetas de puertos de alta velocidad P4ES1 ó P4S1), esto es hasta 64x140 Mbps. Hasta 16xSTM-4 (hasta 16 HS-tarjetas de puertos de alta velocidad S/L-4.x. Hasta 4xSTM-16 (hasta 4 tarjetas S/L-16.x). Hasta 378x2Mbps (hasta 6 tarjetas de enlaces de baja velocidad para enlaces E1, P63E1). Hasta 48x34/45Mbps (hasta 16 tarjetas de puertos de alta velocidad para enlaces E3, P3E3), (Fuentes, 2008).

La instalación de una tarjeta ISA en el OMSN 1660 SM supondría la separación del tráfico en dos matrices, una SDH/PDH y otra matriz para datos. Esto implicaría la utilización de protocolos de conversión. En la actualidad se prefieren soluciones que implementen una sola matriz universal capaz de manejar todo tipo combinación de tráfico desde todo circuito hasta todo de paquetes; aunque el uso de esta tarjeta constituye una opción efectiva que brinda el fabricante para hacer converger los servicios Ethernet sin la necesidad de tener que dismantelar una red completa de equipos de segunda generación, propuesta esta, muy válida para países que no cuenten con muchos recursos y ya tengan una infraestructura creada.

El resto de los subsistemas de este nodo multiservicios son:

- Subsistema de *Over-Head* (OH): hardware y software dedicados a gestionar los canales de servicios que van dentro de la trama SDH a cualquier nivel de jerarquía.
- Subsistema de sincronización: hardware y software dedicados a recuperar la señal de sincronización desde una red externa (SDH o PDH), con el objetivo de suministrar la señal de reloj del sistema y opcionalmente suministrar un reloj externo.

- Subsistema de Control: hardware y software dedicados a gestionar el NE como un elemento del sistema de gestión, permitiendo su configuración, la gestión de las alarmas y su desempeño.
- Subsistema DCC: hardware y software dedicados a los canales de datos que van dentro del SDH, específicamente dentro del MSOH (*Multiplex Section Over Head*) y RSOH (*Regenerator Section Over Head*).
- Subsistema de software: Software de aplicación que forma parte del subsistema de control, dedicado a gestionar el NE como un elemento más del sistema de gestión.

En el OMSN 1660 SM se logra protección EPS N+1 (N=1, 2... 6) para tarjetas de puertos de baja velocidad “*LS-port*” (2Mbps). La tarjeta de reserva de puertos LS se ubica en el slot 32. Para tarjetas de puertos de alta velocidad “*HS-port*” (34, 45, 140 Mb/s y STM1) se realiza protección N+1 (N=1, 2...15) solo para los puertos eléctricos. Una tarjeta de puerto de reserva se ubica en el Área Básica y una tarjeta de reserva HPROT en el Área de Acceso (sin conectores). La posición de la tarjeta de puertos de reserva es flexible, pero ésta debe estar ubicada a la izquierda (adyacente) a las tarjetas principales. La tarjeta de reserva de acceso HPROT debe ser insertada en la posición correspondiente con la tarjeta de reserva de puerto, por ejemplo: Si la tarjeta de reserva de puerto está en el slot #24, entonces la tarjeta HPROT debe ser insertada en el slot #2 según las reglas de configuración del equipo. La máxima cantidad de HPROT en el equipo es de ocho. Para la tarjeta de la matriz se realiza protección 1+1, ubicando la principal en el slot 23 y la de reserva en el slot 40. Este mismo tipo de protección se realiza para la tarjeta CONGI ubicando la original en el slot 10 y la reserva en el 12.

Se implementan además en este equipo protecciones MSP (*Multiplex Section Protection*) de arquitectura 1+1 y 1:1, unidireccional y bidireccional. También se implementa protección SNC-P (*Subnetwork Connection Protection*) unidireccional y bidireccional que es una protección lineal al nivel de circuito (*path*), (Fuentes, 2008).

1.4 Conclusiones del capítulo.

1. La evolución en el mundo de las redes ópticas de transporte basadas fundamentalmente en SDH muestra la necesidad buscar soluciones de redes ópticas integradas que cuenten con plataformas capaces de manejar diversas tecnologías al mismo tiempo.
2. El anillo principal de la red de transporte de Villa Clara está formado por tres nodos principales cuyos equipos corresponden a la primera y segunda generación del proveedor Alcatel-Lucent con tecnología SDH, conectados en una topología de anillo con enlaces STM-4.
3. La saturación y obsolescencia de los ADM 1651 SM ubicados en los nodos “La Salud” y “Zona Industrial” así como sus escasas prestaciones para las necesidades actuales hacen necesario su reemplazo por equipamiento que permita manejar mayores capacidades de tráfico de diversas tecnologías.
4. El OMSN 1660 SM del CMT de Santa Clara se encuentra saturado en cuanto la ocupación de slots de acceso, lo que impide agregar nuevas tarjetas para incrementar capacidades e imposibilita la instalación de una tarjeta ISA para manejar tráfico Ethernet por lo que se plantea la necesidad de su reemplazo.

CAPÍTULO 2. ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS 1850TSS-100 PARA EL DISEÑO DE RED. VALIDACIÓN DE SU CONFIGURACIÓN

Ante los problemas del anillo principal de la red de transporte de Villa Clara, descritos en el capítulo precedente, la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba, ETECSA, realizó una inversión en equipamiento de transporte de cuarta generación del proveedor Alcatel-Lucent. Se adquirieron tres equipos 1850TSS-100 (*Transport Service Switch*) para ser instalados en los tres nodos del anillo principal de esta red.

En el presente capítulo se analizan las características y funcionalidades principales de los 1850TSS-100 de Alcatel-Lucent. Se muestran los elementos fundamentales que se tuvieron en cuenta en el análisis que se realizó para la elaboración de la propuesta de red con el equipamiento disponible y se expone la utilización del protocolo de pruebas de aceptación del proveedor para validar la configuración de estos equipos.

2.1 Descripción del 1850TSS-100.

La plataforma multiservicios 1850TSS-100 de Alcatel-Lucent posibilita la integración en redes de transporte ya que es capaz de soportar cualquier mezcla de tráfico de circuitos o paquetes. Posee una matriz universal independiente de la naturaleza del tráfico que puede realizar la conmutación de paquetes o circuitos y su transporte en sus formatos originales optimizando la eficiencia general de la red. Esto permite una integración y migración de las

redes TDM hacia redes de paquetes con un aprovisionamiento flexible de transporte Ethernet y SDH/SONET.¹

El 1850TSS-100 puede combinar flexiblemente en una sola plataforma tecnologías de transporte de paquetes y circuitos en función del incremento de la demanda de una u otra. Fue diseñado alrededor del concepto de matriz agnóstica para múltiples capas de red. Toda la capacidad de la matriz agnóstica puede ser libremente particionada entre el tráfico TDM y el tráfico de paquetes desde *todo-TDM* hasta *todo-paquete*. Esta flexibilidad se basa en tres aspectos fundamentales de su arquitectura: 1) la matriz proporciona solo cross-conexiones, no procesa el tráfico; 2) el procesamiento del tráfico de una capa se realiza en las tarjetas de puertos específicos a esa capa y se conecta directamente a la sección de la matriz que corresponde a la capa en cuestión; 3) las tarjetas adaptadoras para interconectar diferentes tecnologías (PDH/SDH/Ethernet) a la matriz agnóstica son opcionales. Estas tarjetas incluyen funciones de adaptación y terminación requeridas en el trabajo en capas.

El 1850TSS-100 es capaz de procesar señales STM-4/STS-12c, STM-16/STS-48c, STM-64/STS-192c, VC-12, VC3, VC4, VT1.5, así como *Fast Ethernet*, GE (*Gigabit Ethernet*) y 10GE. Las capas integradas en el equipo cumplen con los estándares para TDM: ITU-T G.707 y G.783 para SDH así como GR-253 y T1.105 para SONET. Para aplicaciones basadas en paquetes se utilizan los estándares IEEE 802.3 (Ethernet) e ITU-T G.8021.

Las tareas de gestión pueden realizarse a través del sistema Alcatel-Lucent 1350 OMS (*Optical Management System*), mediante el sistema Alcatel-Lucent1340 INC (*Integrated Network Controller*, ANSI solamente) y por el ZIC (*Zero Installation Craft Terminal*). El sistema de gestión es soportado por los protocolos TL1 (*Transaction Language 1*) para TDM y SNMP (*Simple Network Management Protocol*) para datos.

¹ En lo adelante, a menos que se indique otra fuente, la información técnica que se presenta sobre el 1850TSS-100 es resultado del estudio de la documentación oficial de este equipo (Alcatel-Lucent, 2009).

El 1850TSS-100 puede aplicarse en todo tipo de topologías de red SDH y puede funcionar como multiplexor terminal, multiplexor de inserción y extracción o como hub. Puede implementarse en una red TDM solamente, de conmutación de paquetes solamente o puede mezclar tráfico Ethernet con tráfico TDM.

2.1.1 Protecciones.

En el 1850TSS-100 está disponible protección EPS para la tarjeta matriz MT100 (protección 1+1 con período de conmutación de 50ms), para la tarjeta controladora del equipo EC100 (protección 1+1) así como para las tarjetas multiplexoras E1DS1M de puertos E1/DS1 y las tarjetas multiplexoras E3DS3TM de puertos E3/DS3. Se implementa también protección SNCP (*Subnetwork Network Connection Protection*). Esta protección hace que la señal transmitida llegue a su destino por dos trayectos distintos posibilitando al nodo seleccionar el mejor. Como alternativa a SNCP puede emplearse protección MS-SPRING (*Multiple Section Shared Protection Ring*) para señales STM-16 y STM-64 a nivel de VC4 usando dos canales de fibra. El sistema también soporta protección APS (*Automatic Protection Switching*) 1+1 para señales STM-1, STM-4, STM-16 y STM-64. A lo largo del trabajo se expone el esquema de protección de cada tarjeta del equipo a medida que se analizan sus características en secciones siguientes.

2.1.2 Arquitectura de sincronización.

Para la sincronización el sistema puede emplear referencias externas para E1/DS1 provenientes de BITS (*Building Integrated Timing Supply*), referencia de reloj derivadas de puertos STM-n/OC-n o el reloj de referencia interno. El generador de frecuencias de reloj está localizado en una tarjeta embebida la tarjeta de la matriz. Todas las tarjetas presentes en el sistema, incluyendo aquellas de datos y la matriz universal reciben los pulsos de sincronización que provee el generador de frecuencias de reloj.

2.1.3 Hardware común.

El shelf se muestra en la Figura 7 donde se señalan los elementos de hardware común. Está dividido en dos áreas: Área Básica y Área de Acceso. El Área Básica tiene 18 slots donde se conectan las tarjetas SDH y datos, las matrices universales (MT100), las controladoras del equipo (EC100) y las fuentes de alimentación (POW100). En estos últimos tres casos puede conectarse para protección una tarjeta primaria y una redundante en un slot adyacente.

El Área de Acceso tiene 16 slots que se utilizan para tarjetas de 28 puertos E1/DS1, de 12 puertos E3/DS3, de 8 puertos FE/GE ó 10GE y tarjetas de protecciones (slots 31-34). La relación entre los slots del área básica y los del área de acceso se muestran en la Tabla 2.1.

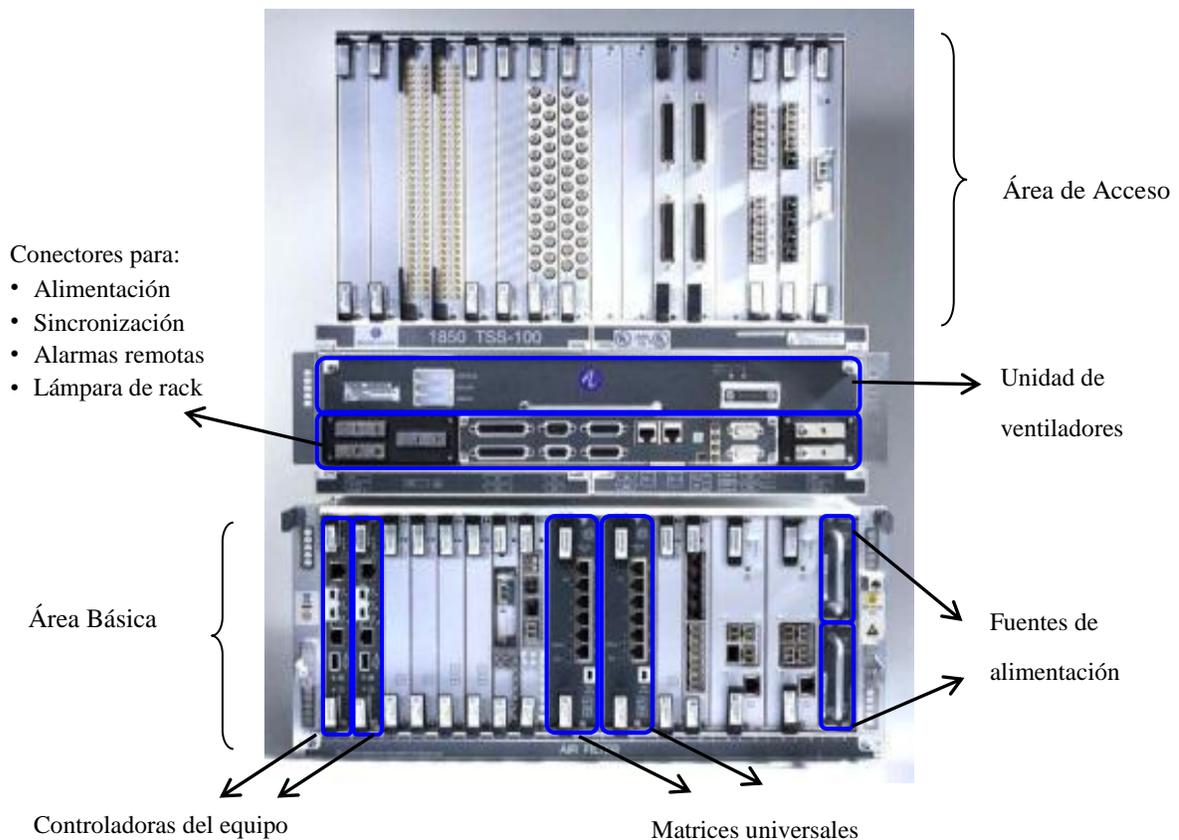


Figura 7. Vista frontal del 1850TSS-100 de Alcatel-Lucent.

Tabla 2.1. Relación entre los slots del área básica y los slots del área de acceso.

Para E1/DS1/E3/DS3	
Slot del área básica	Slots del área de acceso
5	25, 26
6	27, 28
7	29, 30
8	31, 32
11	33, 34
12	35, 36
13	37, 38
14	39, 40

Para Datos	
Slot del área básica	Slots del área de acceso
3, 4 (slot 10Gbps)	25, 26
5, 6 (slot 10Gbps)	27, 28
7, 8 (slot 5Gbps)	29, 30
11, 12 (slot 5Gbps)	35, 36
13, 14 (slot 10Gbps)	37, 38
15, 16 (slot 10Gbps)	39, 40

2.1.3.1 Tarjeta Controladora.

Las tarjetas controladoras, principal y redundante, cuyo acrónimo es EC100 (*Equipment Controller*) ocupan los slot 1 y 2. Al menos una es requerida para el funcionamiento del equipo. Dos EC100 en un mismo shelf ofrece redundancia. La EC100 brinda función de control de primer nivel (FLC, *First Level Controller*) y como tal controla a todo el shelf y su comunicación. Además provee funciones de operación, administración y mantenimiento así como función de interface general de control (CGI) que maneja las interfaces físicas para la colección y señalización de alarmas. Posee capacidad de almacenamiento de 1 GB mediante un disco flash. La EC100 está compuesta una principal, otra tarjeta procesadora “hija” y un dispositivo de almacenamiento masivo usado para almacenar todos los paquetes de software así como la base de datos del elemento de red (NE).

2.1.3.2 Matriz Universal.

La Matriz Universal (MT100) recibe las señales desde los módulos de entrada y salida y garantiza la conmutación de alto y bajo orden. Toda la capacidad de la matriz agnóstica puede ser libremente particionada entre el tráfico TDM y el tráfico de paquetes desde 100% TDM hasta 100% paquetes. Ésta además sirve como SLC (*Second Level Control*) y ofrece una unidad de referencia de reloj. Brinda FEC (*Forward Error Correction*) y supervisión del rendimiento de la carga útil (*Performance Monitoring, PM*).

Dos MT100s pueden estar en un mismo shelf en los slots 9 y 10 pero al menos una es requerida para el funcionamiento del equipo. Soporta la conmutación de la protección automática (APS) cuando existen dos módulos MT100 instalados.

La matriz MT100 posee las siguientes funciones:

- Controladora de segundo nivel del shelf: gestiona el control de los enlaces del bus de control hacia todos los módulos mediante la configuración y actualización del FPGA (Field-Programmable Gate Array), la colección de alarmas, la supervisión del rendimiento (PM), la entrega a la EC100 de la información recolectada y la gestión de las conexiones *Fast Ethernet* y *Gigabit Ethernet*.
- Unidad de referencia de reloj (CRU): es el núcleo de todo el equipamiento síncrono puesto que sincroniza el oscilador local a la referencia que obtiene de la red y entrega su señal de sincronismo a todos los módulos del shelf. Provee referencia de sincronización a otros elementos de red.
- Matriz VC-3/STS-1: realiza conmutación sin bloqueo de VC-3/STS-1. Este elemento de conmutación combina la multiplexación por división de tiempo con capacidades de conmutación de paquetes. Cuando es usada solo para TDM, la capacidad de la matriz VC-3/STS-1 es de 100 Gbps. Cuando se usa únicamente para conmutación de paquetes la capacidad de esta matriz es de 60 Gbps. Soporta cross-conexiones con granularidad de VC-3/STS-1 y capacidad de hasta 1920 VC-3/STS-1, gestión de hasta 40 enlaces bidireccionales a 3.1 Gbps para una capacidad total de

100 Gbps, protección APS 1+1 cuando están instaladas dos MT100, reporte de alarmas y supervisión del rendimiento de la carga útil.

- Matriz VC-12: realiza conmutación sin bloqueo de VC-12. La capacidad de esta matriz es de 10 Gbps. Un circuito *cross-over* conecta todos los enlaces de entrada y salida. Soporta cross-conexión sin bloqueo con granularidad de VC-12 y la capacidad equivalente a 384 VC3s. Proporciona gestión de enlaces a 2,5 Gbps para una capacidad total de 10 Gbps. Provee reporte de alarmas y supervisión del rendimiento de la carga útil.

La matriz permite cross-conexiones de VT-1.5, STS-1, DS3, STS-3c, STS-12c, STS-48c, STS-192c (ANSI), así como VC-3, VC-4, VC-12, E1, STM-1, STM-4, STM-16, STM-64 (ETSI).

2.1.3.3 Fuente de Alimentación.

El módulo de fuente de alimentación POW100 se instala en el slot 17 y el módulo redundante en el slot 18. Proporciona un voltaje auxiliar de 3.6V desde las baterías A y B, hacia todos los módulos del shelf 1850TSS-100. Dos POW100 se requieren y operan en esquema de carga compartida. Las POW100 son alimentadas desde dos suministros aislados, si una falla la otra asume la carga sin intervención manual y sin afectación del servicio.

El módulo POW100 ofrece:

- Filtro de entrada que evita la entrada de interferencia de portadoras de alta frecuencia a través de la alimentación DC en equipo y evita la salida de energía interferente generada dentro del equipo por la alimentación DC.
- Monitor de Batería: Cuando el voltaje cae por debajo de un umbral prefijado, un circuito desconecta la carga y protege al equipo de sobre corrientes.

- **Distribución de Batería:** La alimentación es distribuida a todos los módulos a través del panel trasero. Los fusibles están instalados en cada línea de alimentación para evitar un fallo sobre el panel trasero de un cortocircuito en el bus de entrada.
- **Alarmas de la batería:** el circuito de la batería monitorea las alarmas de presencia o ausencia del voltaje de entrada de la batería local y remota.
- **Monitor de Alimentación.**
- **Spider ASIC (*Application-Specific Integrated Circuit*) y bus SPI (*Serial Peripheral Interface*):** Un bus serial para inventario de periféricos (SPI) se utiliza para la comunicación entre el SLC en los módulos MT100 y POW100.
- **Convertidor DC/DC:** Un convertidor DC/DC se utiliza para generar la tensión de 3,6 V a todos los módulos del shelf.
- **Etapas de potencia de entrada para convertidores DC/DC:** previene un aumento de corriente en la entrada de la POW100 cuando el módulo está conectado.
- **Monitor de temperatura:** la POW100 está equipada con un sensor que mide la temperatura ambiente del módulo.

2.1.3.4 Unidad de ventiladores.

Los ventiladores están localizados en la parte superior del shelf y proporcionan el flujo de aire al equipo. Este aspira aire del ambiente y lo pasa a través de un filtro de aire hacia la superficie de los módulos del shelf. Estas unidades (ventiladores) poseen múltiples velocidades (AMU). Las ocho AMU ofrecen protección 1:N, esto evita un sobrecalentamiento del shelf si uno de las AMU falla.

2.1.2 Hardware PDH-SDH.

Las capacidades PDH y SDH del 1850TSS-100 pueden ser comprendidas con claridad a partir del análisis de las características y funcionalidades de las tarjetas que manejan tráfico TDM. Estas tarjetas se señalan en la Figura 9.

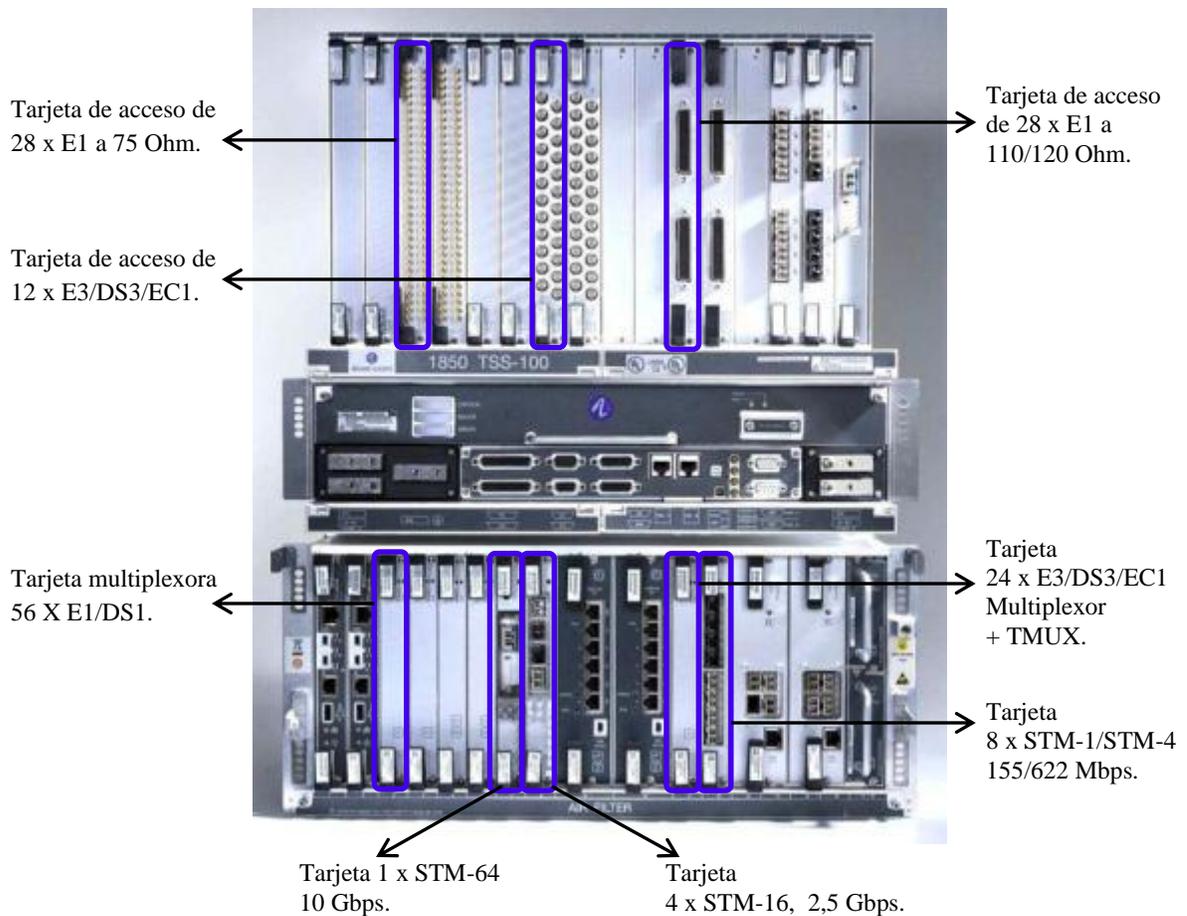


Figura 9. Shelf 1850TSS-100 con tarjetas de tráfico PDH-SDH señaladas.

2.1.2.1 Tarjeta multiplexora E1DS1M.

El módulo E1DS1M soporta hasta 56 puertos E1/DS1 con dos módulos de acceso de 32-puertos (E1UAC o E1DS1BAC). Pueden instalarse hasta ocho E1DS1M por shelf en los slots 5-8 y 11-14. Realiza el mapeo sincrónico de 56 puertos E1 en los VC12. Proporciona funciones de terminación de línea E1 así como funciones de aprovisionamiento, alarmas, conexiones, mantenimiento y monitoreo del rendimiento (PM) de los E1. Este módulo puede establecer relación con los slots 25-40 del área de acceso.

E1DS1M posee un esquema de protección 7+1 solamente. Los slots de trabajo son los 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14 y los de protección los slots 8 y 11. El E1DS1M en el slot 8 puede ser

módulo de trabajo o módulo de protección (para los slot del 5 al 7 y del 11 al 14) El E1DS1M en el slot 11 puede ser módulo de trabajo o módulo de protección (para los slot del 5 al 8 y del 12 al 14).

2.1.2.2 Tarjeta de acceso E1UAC.

La E1UAC es una tarjeta de acceso de 32 puertos DS1 a 75 Ohm que envía 28 canales E1 (los primeros 28 canales a partir de la parte superior) a la E1DS1M. Pueden instalarse hasta 16 tarjetas de este tipo por shelf en los slots 25-40. Dos módulos E1UAC pueden ser instalados por cada módulo E1DS1M. La tarjeta E1UAC realiza la conmutación de protección hacia la protección de acceso de 28 puertos E1/DS1 (E1DS1PAC) en caso de fallo del puerto.

2.1.2.3 Tarjeta de acceso E1DS1BAC.

La E1DS1BAC (D-sub conector de interfaz) es una tarjeta de acceso de 32 puertos a 100/120 Ohm que acepta 28 E1s y los envía al multiplexor E1DS1M y realiza la conmutación de protección hacia la protección de acceso de 28-Puertos E1/DS1 (E1DS1PAC) en caso de fallo del puerto. Pueden instalarse hasta 16 tarjetas de este tipo por shelf en los slots 25-40. Dos módulos E1UAC deben ser instalados por cada módulo E1DS1M.

2.1.2.4 Tarjeta de protección E1DS1PAC.

El módulo de protección E1DS1PAC genera los comandos de conmutación para todos los módulos de acceso de 28 puertos E1/DS1 (E1DS1BAC o E1UAC). Suministra el voltaje de protección a todos los módulos E1DS1AB o E1UAC. Crea una conexión puente entre el bus de protección del panel trasero y el E1DS1M de protección. Cada E1UAC o E1DS1BAC recibe su propio comando de conmutación desde la E1DS1PAC a través del panel trasero. Las interfaces de RX y TX están conectadas a la E1DS1M de trabajo o a través del E1DS1PAC a la E1DS1M de protección. Pueden instalarse hasta 4 por shelf

ocupando los slots 31-34. Dos módulos E1DS1PAC pueden ser instalados por cada módulo de protección E1DS1M instalado. Si el módulo protector E1DS1M está en la ranura 8, los módulos E1DS1PAC deben estar en las ranuras 31 y 32. Si está en la ranura 11 entonces los módulos E1DS1PAC deben estar en las ranuras 33 y 34.

2.1.2.5 Tarjeta E3DS3TM.

La tarjeta de 24 Puertos E3/DS1/EC1 Multiplexor + TMUX (E3DS3TM) trabaja en dos modos: Puerto o Sin puerto. En el modo Puerto acepta señales de clientes DS3/EC1 de la tarjeta de acceso (12XDS3AC), y realiza un mapeo directo de DS3/EC1 en la señal STS1, proporciona monitoreo de las señales DS1 transportadas sobre DS3, y el canal puro DS3. En el modo Sin Puerto la tarjeta 24PTMUX convierte las señales STS1 que llevan DS3, en señales STS1s transportando DS1 mapeado sobre VT1.5S. Esta tarjeta de puertos 24PTMUX soporta la protección UPSR (*Unidirectional Path Switched Ring*) en señales STS1 estructuradas y no estructuradas. Esta tarjeta puede ocupar los slots 5-8 y 11-14.

2.1.2.6 Tarjeta de acceso 12xE3A.

La tarjeta de acceso de 12 puertos E3 (12xE3A) recoge 12 señales E3 y las envía a la E3DS3TM. También realiza conmutación de protección hacia la tarjeta de protección de acceso de 12 puertos E3/DS3/EC1 (E3DS3PAC) en caso que se produzca fallo del puerto. Presenta en el panel frontal 24 conectores rectos 1.0/2.3 para coaxiales de 75 ohm. Pueden ocupar los slots 25-40.

2.1.2.7 Tarjeta de acceso 12xDS3AC.

El acceso de 12 puertos E3 (12xE3A) recoge 12 señales E3 y las envía a la E3DS3TM. También realiza conmutación de protección hacia la tarjeta de protección de acceso de 12puertos E3/DS3/EC1 (E3DS3PAC) en caso que se produzca fallo del puerto. Presenta en el panel frontal 24 conectores mini-BNC para coaxiales de 75 ohm. Pueden ocupar los slots 25-40.

2.1.2.8 Tarjeta de protección E3DS3PAC.

La tarjeta de protección 12 puertos de acceso (E3DS3PAC) recoge 36 señales DS3/EC1 de la tarjeta 12XDS3AC y las envía al multiplexor E3DS3TM para proveer conmutación de protección ante el fallo de los puertos de acceso. El módulo E3DS3PAC puede ocupar los slots 31-34.

2.1.2.9 Tarjeta 8PSO.

La tarjeta 8PSO provee ocho slots de módulos ópticos SFP (*Small Form Factor Plug-in*) para señales STM-1/OC-3 ó STM-4/OC-12 en cualquier combinación. Proporciona un conector LC dúplex. Soporta protección APS. Se pueden instalar hasta 12 tarjetas 8PSO por shelf en los slots 3-8 y 11-16. Los módulos ópticos SFP están disponibles son:

- SS-11: alcance intermedio, 1310 nm
- SL-11: largo alcance, 1310 nm
- SL-12: largo alcance, 1550 nm
- SS-41: alcance intermedio, 1310 nm
- SL-41: largo alcance, 1310 nm
- SL-42: largo alcance, 1550 nm

2.1.2.10 Tarjeta 4P2G5SO.

La tarjeta 4P2G5SO proporciona cuatro interfaces STM-16/OC-48. Esta ofrece cuatro slots, uno para cada módulo SFP enchufable STM-16/OC-48. Proporciona un conector LC dúplex. Soporta protección APS. Pueden instalarse hasta 12 tarjetas 4P2G5SO por shelf. Pueden conectarse en los slots 3-8 y 11-16. Si se instalan en los slots 7, 8, 11, y 12 (slots de 5Gbps), solamente pueden usarse los primeros dos puertos de la tarjeta. Los siguientes SFP STM-16/OC-48 están disponibles:

- SI-161: corto alcance, 1310 nm
- SS-161: alcance intermedio, 1310 nm
- SL-161: largo alcance, 1310 nm
- SS-162: alcance intermedio, 1550 nm
- SL-162: largo alcance, 1550 nm
- SS-162C: CWDM SFP: corto alcance, espaciado de 20 nm rejilla WDM
- SL-162C: CWDM SFP: largo alcance, espaciado de 20 nm rejilla WDM

2.1.2.11 Tarjeta 1P10GSO.

La tarjeta 1P10GSO provee un slot para módulos ópticos XFP (*10 Gigabit Small Form Factor Pluggable*) que permite distancias de 2 km ó XFP-E (*XFP-Extended*) que soporta distancias de 40 km para señales STM-64/OC-192 a 10 Gbps. Implementa protección APS. Se aceptan en el equipo hasta ocho tarjetas 1P10GSO por shelf que pueden ocupar los slots 3-6 y 13-16. Los módulos XFP/XFP-E aceptados son:

- STM-64 XFP: corto alcance, 1310nm
- STM-64 XFP-E: alcance intermedio, 1550nm
- STM-64 XFP: alcance intermedio, 1550nm
- STM-64 XFP-E: largo alcance, 1550nm
- DWDM XL-642C XFP: largo alcance, espaciado de rejilla WDM de 100 GHz

2.1.3 Hardware para datos.

El 1850TSS-100 provee capacidades para tráfico de datos a través de las interfaces ópticas de 10 Gigabit Ethernet, Gigabit Ethernet (GE) y Fast Ethernet (FE) así como mediante interfaces eléctricas 10/100/100 FE/GE. La Figura 10 muestra las tarjetas para tráfico Ethernet cuyas características y funcionalidades se describen a continuación.

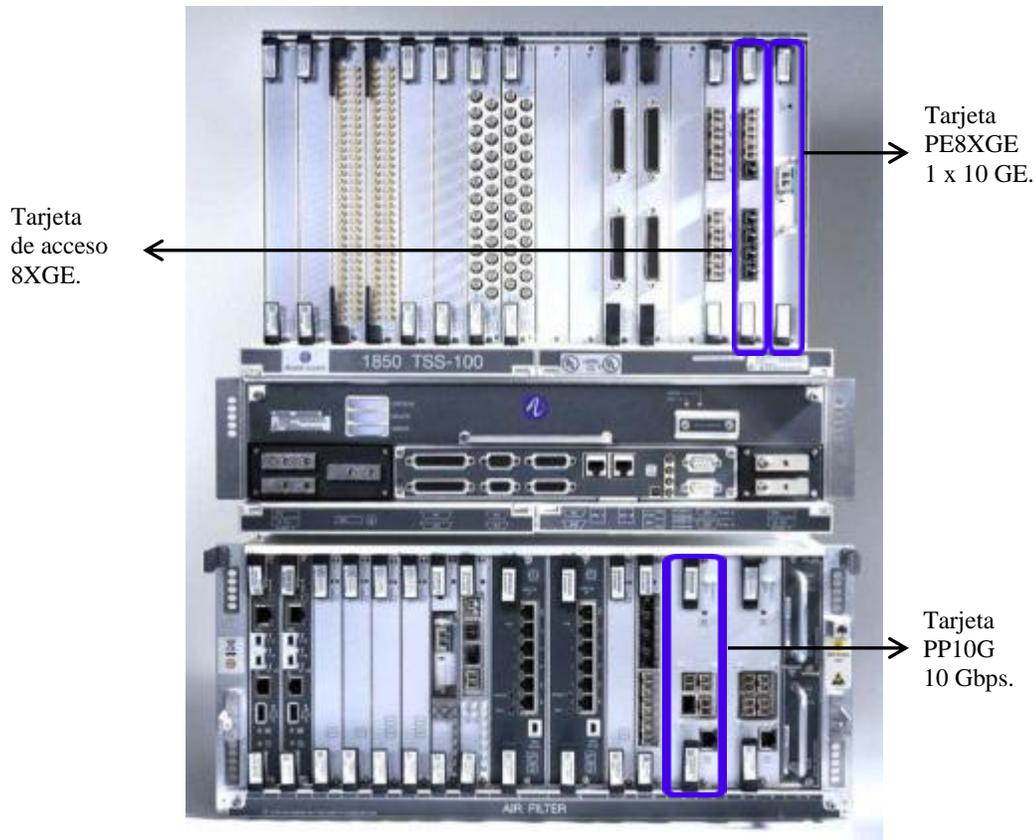


Figura 10. Shelf 1850TSS-100 con tarjetas de tráfico de datos señaladas.

2.1.3.1 Tarjeta PP10G.

La PP10G (10G *Packet Processor*) es una tarjeta capaz de conmutar los datos de entrada procedentes de dos tarjetas de acceso de paquetes (*Packet Expander*) equipadas con ocho módulos SFP o un módulo XFP y tráfico procedente de la matriz. La tarjeta es capaz de realizar el mapeo de los datos, lo que permite la integración entre el tráfico TDM y el tráfico basado en paquetes, proporcionando la funcionalidad de encapsulamiento de los datos. Pueden instalarse en el equipo hasta seis de estas tarjetas que pueden ocupar los slots 3, 5, 7, 11, 13 y 15. La tarjeta PP10G ocupa dos slots, aunque desde el punto de vista de configuración, solo el primer slot es el significativo. La relación entre la posición del slot de la PP10G y la posición de las tarjetas de acceso es fija.

La tarjeta PP10G provee administración de 10 Gbps de tráfico de datos full dúplex, procesamiento de paquetes, terminación SDH, Concatenación Virtual (VCAT), Esquema de Ajuste de Capacidad del Enlace (LCAS, UIT-T G.7042), encapsulamiento y de-encapsulamiento de paquetes, soporte para paquetes Jumbo de hasta 9 KB, en ambas direcciones (entrada y salida), control de flujo (IEEE 802.3x), tunelización transparente de capa 2, bloqueo y filtrado de capa 2, protocolo de interconexión de capa 2, gestión del tráfico e interfaz con la matriz agnóstica MT100 a 10 Gbps.

2.1.3.2 Tarjeta PE8XGE.

La tarjeta PE8XGE (*8XGE Packet Expander Access*) gestiona interfaces Gigabit Ethernet (módulos) independientes 1000/100/10BASE-T. El FPGA integrado en la tarjeta realiza la función MAC (*Media Access Control*) de terminación de línea y envía y recibe los paquetes hacia la tarjeta PP10G a través de una interface XAUI. La PE8XGE realiza además la gestión local de la fuente de alimentación, el control de flujo Ethernet y la gestión de contadores. Pueden instalarse tarjetas PE8XGE en los slots 25-30 y 35-40.

2.1.3.3 Tarjeta PE1X10GE.

La tarjeta PE1X10GE (*1X10GE Packet Expander*) está habilitada para trabajar en los modos LAN (*Local Area Network*) y WAN (*Wide-Area Network*). Puede ser equipada con módulos XFP estándar y con módulos XFP-E. Provee un módulo de acceso XFP 10GBE (módulo óptico), gestión local de la fuente de alimentación, gestión local FPGA, control de flujo Ethernet y gestión de contadores. Puede instalarse en los slots 25-30 y 35-40.

2.2 Análisis para el diseño de red óptica integrada con el 1850TSS-100.

El diseño de la red es un proceso donde se analizan y relacionan las necesidades del operador de la red, ETECSA, con las características del equipamiento disponible para proveer una solución conveniente. Dado que ya se han expuesto las principales características y funcionalidades del 1850TSS-100 de Alcatel-Lucent, se hace necesario

analizar las necesidades de ETECSA a tener en cuenta en el diseño. La propuesta debe entonces ofrecer solución a los problemas detectados al determinar el estado del anillo principal de la red de transporte en Villa Clara.

El diseño debe tener en cuenta el aprovechamiento de la red SDH existente y la disponibilidad de interfaces Ethernet del 1850TSS-100, dos elementos claves que deben combinarse en la propuesta de solución para lograr una introducción suave y gradual de tecnologías de conmutación de paquetes en la red actual. Es necesario contar con interfaces Ethernet en el anillo principal de la red de transporte de Villa Clara que permitan brindar servicios a clientes con equipos basados en esta tecnología. Así mismo es imprescindible contar con capacidades Ethernet para modernizar las unidades remotas de abonados (URA) ya que las ofertas actuales del proveedor, como es el caso de las ISAM, están diseñadas para redes de transporte y agregación Ethernet.

El análisis de la configuración más óptima del equipamiento disponible busca ofrecer un anillo que permita asumir la demanda actual y futura. En caso de sobrepasar la capacidad del anillo en ese período de tiempo debe poderse modificar la configuración para brindar más capacidades tanto para tráfico TDM como Ethernet.

Debe analizarse la cantidad de puertos PDH, SDH y Ethernet que se necesita para conectar los equipos del resto de la red territorial que tributan a cada nodo del anillo y dejar libre un número de puertos suficientes para evitar la saturación de las tarjetas con el incremento del número de enlaces. En este sentido el equipamiento disponible permite gran flexibilidad mediante la modificación del número y tipo de tarjetas instaladas.

Un elemento importante a tener en cuenta en el diseño de la red es la conveniente instalación de tarjetas redundantes en los slots del equipo que lo permiten para lograr un óptimo aprovechamiento de las protecciones que pueden implementarse en la red con el

hardware que se utiliza. También para protecciones deben quedar puertos disponibles para el cierre de anillos de la red territorial según se requiera en el futuro.

Los elementos a tener en cuenta anteriormente señalados están subordinados a las reglas de configuración del 1850TSS-100 que establecen relaciones definidas por el fabricante entre los slots del área básica y del área de acceso del shelf. El análisis debe tomar en cuenta el ancho de banda que puede manejar cada slot de manera que la configuración de las tarjetas debe aprovechar al máximo las capacidades del slot por ella ocupado optimizando así las capacidades disponibles en el equipo para evitar futura saturación. La selección de los módulos a conectar en las tarjetas SDH y Ethernet y que proveen las interfaces ópticas así como la conversión al dominio eléctrico que maneja el equipo está relacionada con las características técnicas de estos dispositivos y debe tomar en cuenta la distancia entre los nodos del anillo así el tipo de enlace a establecer (óptico o eléctrico).

En el diseño se debe considerar la utilización de la fibra óptica que actualmente está en explotación en el anillo lo cual evitaría los elevados costos de cableado innecesario puesto que el actual posee, además de las que están conectadas actualmente, fibras oscuras que podrían usarse en caso de ser necesario.

2.3 Validación de la configuración de los 1850TSS-100 mediante el Protocolo de Pruebas de Aceptación.

Para validar la configuración de los equipos 1850TSS-100 en una red el proveedor Alcatel-Lucent desarrolló un protocolo oficial de pruebas de aceptación. La ejecución de las pruebas de este protocolo es un servicio que puede contratarse para certificar el equipamiento producido por la mencionada empresa que el cliente implementa (Alcatel-Lucent, 2007b). Al finalizar la ejecución de este servicio el proveedor entrega al cliente la secuencia y resultados de las pruebas realizadas en un documento llamado *Prueba de Aceptación 1850TSS-100* que firman ambas partes (cliente y proveedor) (Alcatel-Lucent, 2012a, 2012b y 2013). Los parámetros de aceptación para las pruebas aparecen en el

manual del equipo. El proveedor no suministra otra documentación sobre este protocolo de pruebas y a pesar de una minuciosa búsqueda en internet y otras fuentes de información no fue posible localizar documentación oficial más detallada sobre este protocolo que la que se referencia en este trabajo.

En cualquier momento el cliente puede volver a ejecutar todas o algunas de estas pruebas para verificar la correcta selección, implementación y funcionamiento de la configuración del equipo y las modificaciones que a ella se hagan. También puede identificar de esta manera problemas de conectividad, analizar los efectos que tendría la pérdida de enlaces en el comportamiento de la red y verificar su redundancia.

En este caso se hace uso de las pruebas de aceptación para el 1850TSS-100 con el objetivo de validar la configuración seleccionada. No se cuenta con herramientas de software capaces de simular el funcionamiento de estos equipos una red pero dado que la propuesta tiene a los 1850TSS-100 como principales elementos de hardware es posible predecir gran parte del comportamiento de la red que se propone a partir del resultado de la ejecución del conjunto de pruebas de aceptación del proveedor.

Oppenheimer (2011) señala que no es suficiente comprobar aisladamente los componentes de la red sino que para entender cómo éstos se comportan en el sistema es necesario realizar las mediciones en la solución que está implementándose o en un prototipo de ella. Las pruebas de aceptación del proveedor para el 1850TSS-100 van más allá de la simple comprobación de componentes al ejecutarse sobre la configuración que se implementa en la red e incluir mediciones de BER en servicios de prueba, simulación de fallos en los enlaces y otras pruebas que se exponen a continuación.

El protocolo de pruebas de aceptación establece los elementos a comprobar, las pruebas a ejecutar, su secuencia y los criterios de aceptación. La primera comprobación de la secuencia verifica las alarmas de cada uno de los módulos y tarjetas de la configuración

seleccionada para el 1850TSS-100. Posteriormente se comprueban los siguientes elementos:

- Instalación del bastidor y el equipo.
- Presencia y conexión de los cables y fibra óptica.
- Presencia de la tierra y su conexión.
- Conexión del equipo al TRU (*Top Rack Unit*).
- Representación de alarmas en TRU.
- Valores de la alimentación primaria y secundaria.
- Chequeo el aterramiento del +.
- Alimentación de ventiladores.
- Alarmas de ventiladores (opcional).

A continuación se miden los niveles en dBm de potencias de transmisión de cada uno de los puertos ópticos de cada módulo y se comprueba que estén dentro del rango de valores aceptados que se especifican en la Tabla 2.2. En todos los casos se verifican las alarmas para detectar alguna falla.

Tabla 2.2 Criterios de aceptación de niveles máximos y mínimos de potencias de transmisión de puertos de módulos ópticos en dBm (Alcatel-Lucent, 2009).

Módulo	Potencia mínima de salida del transmisor (dBm)	Potencia máxima de salida del transmisor (dBm)
SI-161	-10.0	3.00
SS-11	-15.00	-8.00
SL-11	-5.0	0.0
SS-41	-15.00	-8.00
SL-41	-3.00	2.00
SL-42	-3.00	2.00

Posteriormente se realiza la comprobación de detección de pérdida de señal (LOS) y apagado automático del laser (ALS) para cada uno de los puertos SDH mediante la

desconexión del puerto y la verificación de la alarma correspondiente. Para los puertos PDH también se verifica la detección de pérdida de señal así como la comprobación de la alarma de indicación de señal (AIS).

Las siguientes pruebas de la secuencia permiten verificar el funcionamiento de las protecciones que implementa el equipo en la red. Para comprobar la conmutación de la protección SNCP/I se crea un servicio E1 con protección SNCP/I y a continuación se provoca un fallo en la red (desconexión física) y se mide la BER (*Bit Error Rate*) cuyo valor debe ser cero después de la conmutación de la protección. Posteriormente se verifica la protección EPS provocando un fallo (desconexión física) de una tarjeta y comprobando la conmutación automática así como la alarma de indicación de señal (AIS).

Después de comprobadas las protecciones SNCP/I y EPS se mide la razón bits erróneos durante 24 horas consecutivas para un servicio de prueba. Para ello se utiliza un analizador de señalización/cuadro PA41. Durante todo ese tiempo debe mantenerse el sistema libre de errores (BER=0).

Siguiendo la secuencia del protocolo de pruebas de aceptación se procede a la comprobación de la sincronización. Esta se subdivide en dos pruebas: pruebas de sincronización por prioridad y pruebas de sincronización por calidad. En la primera se definen las fuentes de sincronización por prioridad y a continuación se desconecta la seleccionada como “prioridad 1” (un puerto SDH) para verificar la conmutación a la fuente definida con “prioridad 2”. Se repite la prueba desconectando la fuente de “prioridad 2” y se verifica que el equipo comience a funcionar obteniendo la sincronización del reloj interno (modo *free running*). Una prueba similar se realiza para comprobar la conmutación a la fuente de “calidad 2” (un puerto SDH) cuando la fuente de sincronización identificada como “calidad 1” (una fuente externa a 2 Mbps) no está disponible.

La Prueba de Supervisión verifica el correcto funcionamiento de la supervisión, inventario remoto, reporte de alarmas, salva y restaura de la MIB (*Management Information Base*) a través del NM (*Network Manager*) y REC-CT (*Craft Terminal*). Por último se establece la verificación de todas las alarmas remotas y se deja constancia de cualquier observación pertinente sobre eventos ocurridos durante la ejecución de las pruebas.

2.4 Conclusiones del capítulo.

1. Las tarjetas y módulos para PDH, SONET/SDH y Ethernet del 1850TSS-100 así como la matriz universal independiente de la naturaleza del tráfico de este equipo permiten la integración de servicios TDM y de conmutación de paquetes en el anillo principal de la red con un aprovisionamiento flexible de transporte Ethernet y SONET/SDH.
2. Para el diseño de la red óptica integrada basada en equipos 1850TSS-100 de Alcatel-Lucent se debe analizar y relacionar las características del equipamiento disponible con las necesidades de la empresa operadora de la red, ETECSA, en cada nodo del anillo principal de la red de transporte.
3. Las “Pruebas de Aceptación para el 1850TSS-100” permiten validar la correcta selección, implementación y funcionamiento de la configuración del equipo así como identificar problemas de conectividad, analizar los efectos que tendría la pérdida de enlaces en el comportamiento de la red así como verificar su redundancia, sincronización y protecciones. Este protocolo establece los elementos a comprobar, las pruebas a ejecutar y su secuencia.

CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE RED

En el presente capítulo se exponen las necesidades de enlaces PDH, SDH y Ethernet identificadas por ETECSA para cada uno de los nodos del anillo principal de la red de transporte de Villa Clara. Se presenta la propuesta de red óptica integrada mostrando y explicando las configuraciones seleccionadas para los 1850TSS-100, la estructura de la red y la manera en que quedan resueltos los problemas de saturación en el anillo.

Se realiza un breve análisis de cómo la integración propuesta permite establecer directamente enlaces Ethernet en el anillo principal creando así las condiciones para la diversificación de los servicios en este anillo primeramente y la posterior modernización del equipamiento del resto de la red territorial que permitirá ofrecer mayores capacidades y servicios Ethernet a los clientes de la empresa.

Quedan analizados en este capítulo los resultados de la ejecución de las pruebas de aceptación del proveedor Alcatel-Lucent para los equipos 1850TSS-100 que validan la configuración de propuesta para cada nodo.

3.1 Necesidades identificadas por ETECSA.

Los enlaces PDH, SDH y Ethernet que la empresa ETECSA necesita establecer entre cada uno de los nodos del anillo principal de la red de transporte y los equipos de la red territorial que tributan a este anillo se muestran en las tablas 3.1, 3.2 y 3.3. Estas cifras incluyen las necesidades actuales más la posible demanda futura. Los métodos utilizados

por dicha empresa para calcular el crecimiento de tráfico y de demanda futura de enlaces en la provincia no se cubren en el presente proyecto. ETECSA se reserva información más detallada sobre los enlaces que hoy existen a cada nodo del anillo principal así como futuros planes de inversión que implicarían incremento del tráfico y número de enlaces.

Tabla 3.1 Enlaces y puertos necesarios en el nodo "CMT Santa Clara".

Enlaces o puertos necesarios	Cantidad	Dominio de la señal
Enlaces E1	140	eléctrico
Enlaces STM-1	15	óptico
Enlaces STM-4	9	óptico
Enlaces STM-16	2	óptico
Puertos Ethernet	8	eléctrico
Puertos Ethernet	4	óptico

Tabla 3.2 Enlaces y puertos necesarios en el nodo "Zona La Salud"

Enlaces o puertos necesarios	Cantidad	Dominio de la señal
Enlaces E1	112	eléctrico
Enlaces STM-1	10	óptico
Enlaces STM-4	1	óptico
Enlaces STM-16	2	óptico
Puertos Ethernet	8	eléctrico
Puertos Ethernet	4	óptico

Tabla 3.3 Enlaces y puertos necesarios en el nodo "Zona Industrial"

Enlaces o puertos necesarios	Cantidad	Dominio de la señal
Enlaces E1	112	eléctrico
Enlaces STM-1	9	óptico
Enlaces STM-4	1	óptico
Enlaces STM-16	2	óptico
Puertos GE	8	eléctrico
Puertos GE	4	óptico

3.2 Propuesta de red óptica integrada con 1850TSS-100.

La red óptica integrada que se propone mantiene la topología en anillo de la red anterior pero plantea que los enlaces del mismo sean STM-16 ya que los anteriores STM-4 estaban a un 90% de ocupación. El aprovechamiento del cableado de fibra existente en el anillo evita elevar los costos. La estructura de la red propuesta se representa en el esquema de la Figura 3.1. Los tres nodos principales equipados con 1850TSS-100 en la configuración que se propone tienen capacidades para servicios PDH, SDH y Ethernet.

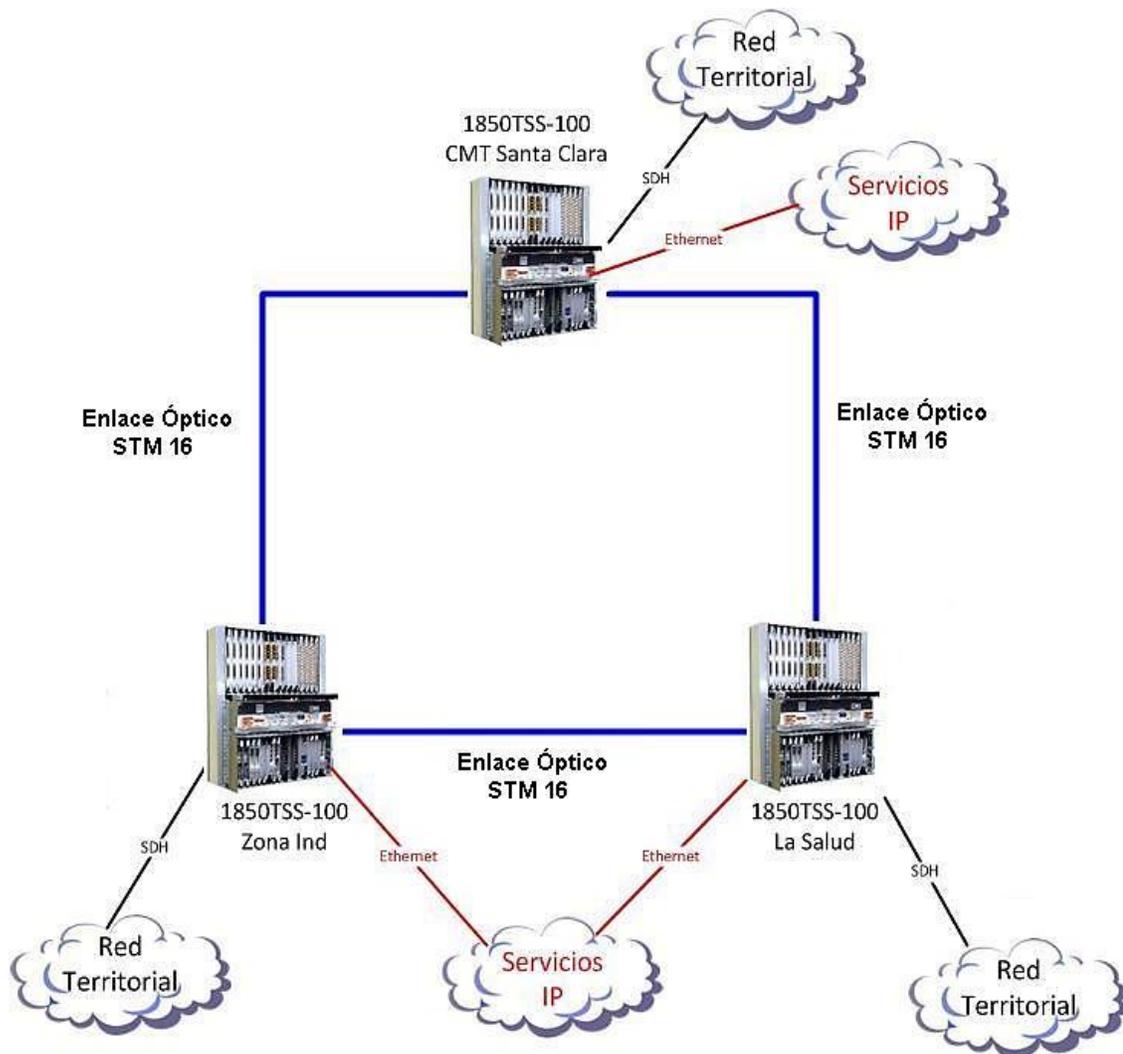


Figura 3.1 Estructura de la red óptica integrada propuesta.

Para cumplir el objetivo de eliminar la saturación e integrar las tecnologías PDH y SDH con tecnologías basadas en la conmutación de paquetes a fin de crear las condiciones en el anillo principal de la red de transporte para la diversificación de los servicios se

seleccionaron las configuraciones para los 1850TSS-100 de los nodos “CMT de Santa Clara”, “Zona La Salud” y “Zona Industrial” que se resumen en las tablas 3.4, 3.5 y 3.6 respectivamente.

Tabla 3.4 Configuración del 1850TSS-100 del nodo “CMT Santa Clara”.

Slot-Módulo	Tarjeta o Módulo	Descripción
1	EC100	Controladora del equipo
3	4P2G5SO	Tarjeta para módulos STM-16
3-1 y 3-2	SFP SI-161	Módulo óptico para STM-16
4	8PSO	Tarjeta para módulos STM-1/STM-4
4-1 a 4-5	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1
4-6 y 4-7	SFP SS-41	Módulo óptico para STM-4
4-8	SFP SL-42	Módulo óptico para STM-4
5	E1DS1M	Tarjeta multiplexora E1/DS1
6	E1DS1M	Tarjeta multiplexora E1/DS2
7	E1DS1M	Tarjeta multiplexora E1/DS3
8	E1DS1M	Tarjeta multiplexora E1/DS4. Protección.
9	MT100	Matriz Universal
10	MT100	Matriz Universal. Protección.
11	8PSO	Tarjeta para módulos STM-1/STM-4
11-1 a 11-5	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1
11-6 y 11-7	SFP SS-41	Módulo óptico para STM-4
11-8	SFP SL-41	Módulo óptico para STM-4
12	8PSO	Tarjeta para módulos STM-1/STM-4
12-1 a 12-5	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1
12-6 y 12-7	SFP SS-41	Módulo óptico para STM-4
12-8	SFP SL-41	Módulo óptico para STM-4
15	PP10G	Procesadora de paquetes
17	POW100	Fuente de Alimentación
18	POW101	Fuente de Alimentación. Protección.
19	FAN100	Unidad de Ventiladores
21	TBF	Bus de terminación del panel trasero.
25	E1UAC	Tarjeta de acceso de puertos E1.
26	E1UAC	Tarjeta de acceso de puertos E1.
27	E1UAC	Tarjeta de acceso de puertos E1.
28	E1UAC	Tarjeta de acceso de puertos E1.
29	E1UAC	Tarjeta de acceso de puertos E1.
32	E1DS1PAC	Tarjeta de protección de tarjetas de acceso
40	PE8XGE	Tarjeta de interfaces Gigabit Ethernet
40-1 a 40-8	ETHMR	Interfaz Ethernet eléctrica SFP

La selección de las tarjetas PDH, SDH y Ethernet se realizó a partir de los datos suministrados por ETECSA sobre las cantidades de enlaces y puertos que se necesitan en cada nodo para asumir la demanda actual y la que se espera en un futuro cercano sin llegar a las condiciones de saturación anteriores.

Los enlaces STM-16 necesarios en cada nodo para la topología en anillo se pueden implementar con la tarjeta 4P2G5SO usando módulos ópticos de alcance intermedio SI-161 seleccionados teniendo en cuenta la distancia entre los nodos del anillo. Se utilizaron tarjetas 8PSO para proveer slots para interfaces STM-1 y STM-4. La selección de uno u otro tipo de señal se logra mediante el módulo utilizado. La configuración propuesta asegura las capacidades necesarias y deja puertos libres para un incremento de la demanda más allá de lo previsto.

Se logra la integración de tecnologías de paquetes en la red SDH existente con la utilización de la tarjeta PP10G que posee cuatro puertos slots de puertos Ethernet ópticos y permite establecer ocho enlaces eléctricos GE adicionales con los módulos SFP ETHMR de la tarjeta PE8XGE que se propone para el slot 40 del shelf. La capacidad límite de la PP10G se fija por ancho de banda de manera que la suma del ancho de banda de todos los puertos Ethernet de estas dos tarjetas no puede exceder los 10 Gbps.

A fin de proveer los puertos para los 140 servicios E1 necesarios en el nodo del CMT de Santa Clara se propone utilizar cinco tarjetas de acceso E1UAC ubicadas de acuerdo a las relaciones que deben establecer con las tarjetas multiplexoras E1DS1M. Estas relaciones entre los slots del área básico con los de área de acceso son definidas por el fabricante para cada tipo de tarjeta. Para incrementar la confiabilidad de la red se utiliza una tarjeta de protección de las tarjetas de acceso E1DS1PAC.

La configuración básica que se propone incluye dos tarjetas de matriz universal MT100 con el objetivo de proveer protección EPS. Así mismo por redundancia se utilizan dos tarjetas

de alimentación POW100. La configuración de hardware común y la de hardware para datos que se propone es la misma para los tres nodos, no obstante, las configuraciones de tarjetas PDH y SDH sí varía en función de las capacidades necesarias en cada uno de ellos detalladas en el epígrafe 3.1.

Tabla 3.5 Configuración del 1850TSS-100 del nodo “Zona La Salud”.

Slot-Módulo	Tarjeta o Módulo	Descripción
1	EC100	Controladora del equipo
3	4P2G5SO	Tarjeta para módulos STM-16
3-1 y 3-2	SFP SI-161	Módulo óptico para STM-16
4	8PSO	Tarjeta para módulos STM-1/STM-4
4-1 a 4-3	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1
4-4	SFP SL-11	Módulo óptico para STM-1
4-5	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1
4-8	SFP SS-41	Módulo óptico para STM-4
6	E1DS1M	Tarjeta multiplexora E1/DS2
7	E1DS1M	Tarjeta multiplexora E1/DS3
8	E1DS1M	Tarjeta multiplexora E1/DS4. Protección.
9	MT100	Matriz Universal
10	MT100	Matriz Universal. Protección.
11	8PSO	Tarjeta para módulos STM-1/STM-4
11-1 a 11-3	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1
11-4	SFP SL-11	Módulo óptico para STM-1
11-5	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1
15	PP10G	Procesadora de paquetes
17	POW100	Fuente de Alimentación
18	POW101	Fuente de Alimentación. Protección.
19	FAN100	Unidad de Ventiladores
21	TBF	Bus de terminación del panel trasero.
27	E1UAC	Tarjeta de acceso de puertos E1.
28	E1UAC	Tarjeta de acceso de puertos E1.
29	E1UAC	Tarjeta de acceso de puertos E1.
30	E1UAC	Tarjeta de acceso de puertos E1.
31	E1DS1PAC	Tarjeta de protección de tarjetas de acceso
40	PE8XGE	Tarjeta de interfaces Gigabit Ethernet
40-1 a 40-8	ETHMR	Interfaz Ethernet eléctrica SFP

Las configuraciones de los 1850TSS-100 de los nodos “Zona La Salud” y “Zona Industrial” aparecen en la Tabla 3.5 y 3.6. En este caso las necesidades de enlaces E1 son inferiores por lo que se diseñó la configuración del equipo con solo tres tarjetas multiplexoras E1DSIM y cuatro tarjetas de acceso E1. Para garantizar la confiabilidad de los servicios conectados a las tarjetas de acceso se utiliza una tarjeta de protección E1DS1PAC en el slot 31 del shelf.

Tabla 3.6 Configuración del 1850TSS-100 del nodo “Zona Industrial”.

Slot-Módulo	Tarjeta o Módulo	Descripción
1	EC100	Controladora del equipo
3	4P2G5SO	Tarjeta para módulos STM-16
3-1 y 3-2	SFP SI-161	Módulo óptico para STM-16
6	E1DS1M	Tarjeta multiplexora E1/DS2
7	E1DS1M	Tarjeta multiplexora E1/DS3
8	E1DS1M	Tarjeta multiplexora E1/DS4. Protección.
9	MT100	Matriz Universal
10	MT100	Matriz Universal. Protección.
11	8PSO	Tarjeta para módulos STM-1/STM-4
11-1 a 11-4	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1
11-5	SFP SL-11	Módulo óptico para STM-1
12	8PSO	Tarjeta para módulos STM-1/STM-4
12-1 a 12-4	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1
12-5	SFP SS-41	Módulo óptico para STM-4
15	PP10G	Procesadora de paquetes
17	POW100	Fuente de Alimentación
18	POW101	Fuente de Alimentación. Protección.
19	FAN100	Unidad de Ventiladores
21	TBF	Bus de terminación del panel trasero.
27	E1UAC	Tarjeta de acceso de puertos E1.
28	E1UAC	Tarjeta de acceso de puertos E1.
29	E1UAC	Tarjeta de acceso de puertos E1.
30	E1UAC	Tarjeta de acceso de puertos E1.
31	E1DS1PAC	Tarjeta de protección de tarjetas de acceso
40	PE8XGE	Tarjeta de interfaces Gigabit Ethernet
40-1a 40-8	ETHMR	Interfaz Ethernet eléctrica SFP

La selección de la ubicación de las tarjetas en los slots del equipo no solo tomó en cuenta las reglas de configuración sino que buscó además hacer un uso óptimo de las capacidades de ancho de banda de cada slot. Esta configuración permite aprovechar las funcionalidades de protección del equipamiento disponible, elemento de suma importancia para la confiabilidad de la red.

Con la estructura y configuraciones propuestas quedan resueltos los problemas de saturación del anillo de la red de transporte en Villa Clara y se dejan slots disponibles para asumir la demanda futura si esta fuera mayor de la prevista por la ETECSA.

Se logra aprovechar la red SDH existente en la provincia mediante la integración en una misma plataforma, el 1850TSS-100, de capacidades PDH, SDH y Ethernet. La integración propuesta orienta la red hacia el futuro permitiendo que se incrementen las capacidades SDH y Ethernet según lo requiera la demanda de una u otra tecnología.

La creciente tendencia a la utilización de redes IP en todo el mundo ha llevado a que cada vez más los equipos basados en estándares Ethernet dominen las ofertas de los proveedores lo que hará crecer en el futuro la demanda de servicios que utilicen esta tecnología en el país. La integración que se propone crea las condiciones para que ETECSA pueda diversificar los servicios del anillo principal de la red de transporte, que no solo estarían limitados a PDH y SDH, sino que también podrían incluir servicios Ethernet ópticos y eléctricos a través de las interfaces con que fue dotada la configuración de cada nodo. Por lo tanto la integración propuesta permite asumir la demanda comercial de clientes con equipamiento basado en tecnología Ethernet, sobre todo aquellos que solicitan gran ancho de banda.

Contar con puertos GE y 10 GE en los nodos del anillo principal de la red de transporte permite a ETECSA implementar equipamiento que utilice esta tecnología en el resto de la red territorial. La integración propuesta posibilita la creación de servicios Ethernet desde

los nodos de este anillo hacia las URAs creando así condiciones para la modernización de estas últimas ya que las ofertas de los proveedores están diseñadas principalmente para redes basadas en Ethernet como es el caso de la familia de equipos multiservicios ISAM de Alcatel-Lucent (Alcatel-Lucent, 2007) que ha estado adquiriendo la empresa para algunos lugares del país.

Los equipos como el 7302 ISAM poseen capacidades para brindar acceso a internet de alta velocidad HSIA (*High-Speed Internet Access*), permiten implementar DSLAM IP en la red de acceso (Alcatel-Lucent, 2005) lo que ampliaría las capacidades para brindar servicios de datos de este tipo. Poseen prestaciones para servicios multimedia como video multicast, internet multicast, videoconferencias interactivas en tiempo real, voz sobre IP, VoD (*Video on demand*) y otros. Permiten la implementación de redes privadas virtuales (VPN) y ofrecen servicios de voz.

Las capacidades Ethernet del anillo principal de la red de transporte permiten crear servicios de este tipo para las Radio Bases Móviles con interfaces Ethernet. De igual forma la red corporativa de ETECSA puede conectar directamente su red IP a los nodos del anillo principal de la red de transporte beneficiándose así de la convergencia de tecnologías que posibilitan los 1850TSS-100.

3.3 Resultados de la ejecución de las Pruebas de Aceptación para el 1850TSS-100.

La ejecución del Protocolo de Pruebas de Aceptación para los 1850TSS-100 permitió validar las configuraciones seleccionadas para estos equipos en cada uno de los nodos del anillo. Las pruebas realizadas y los resultados obtenidos en su ejecución aparecen tabulados en los anexos I, II y III.

Mediante la Prueba de Configuración del Equipo se verificó el correcto estado de las alarmas de cada uno de los módulos y tarjetas de las configuraciones seleccionadas para

detectar problemas en el equipo y la red. A continuación se realizó una verificación de los principales aspectos de la instalación a comprobar según el protocolo de pruebas siendo todos los resultados satisfactorios.

Se verificó que la potencia de transmisión en dBm de cada uno de los puertos ópticos para las configuraciones de los tres equipos estuviera en el rango de valores aceptados por el proveedor según manual del 1850TSS-100. A continuación se realizó la prueba de puertos SDH donde se comprobó el correcto funcionamiento de la detección de pérdida de señal (LOS) y el apagado automático del láser (ALS). Para los puertos PDH también se verificó la detección de pérdida de señal así como la comprobación de la alarma de indicación de señal (AIS). Todos los resultados de estas pruebas fueron satisfactorios.

Se validó el correcto funcionamiento de la protección SNCP/I no obteniéndose error alguno en la prueba BER después de la conmutación de puertos SDH ante un fallo simulado mediante la desconexión física. También se validó la protección EPS para las tarjetas de la matriz y una tarjeta de E1DS1M en cada nodo. Pudieron comprobarse la conmutación automática a las protecciones y las alarmas correspondientes.

En la “Prueba BER de 24 horas” se creó un servicio de prueba y se comprobó que el sistema se mantuviera libre de errores BER=0 durante ese tiempo. El resultado obtenido para la medición de la razón de bits erróneos cumple con el criterio de aceptación para esta prueba.

Los resultados de las pruebas de sincronización por calidad y por prioridad fueron correctos: los equipos fueron capaces conmutar a las distintas fuentes de sincronización (puertos SDH y señal externa de 2 Mbps). Cuando estas fuentes no estuvieron disponibles los 1850TSS-100 funcionaron en modo *free running* a partir de su reloj interno. Quedó así validada la sincronización en cada nodo.

Se verificó el correcto funcionamiento de la supervisión: inventario remoto, reporte de alarmas, salva y restaura de la MIB (*Management Information Base*) a través del NM (*Network Manager*) y REC-CT (*Craft Terminal*). Por último se verificó el correcto estado de todas las alarmas remotas.

3.4 Conclusiones del capítulo

1. El diseño de la red y la configuración de los equipos que se propone para cada nodo permite la integración de tecnologías TDM y Ethernet en el anillo principal de la red de transporte de Villa Clara. Contar con capacidades Ethernet en los nodos de este anillo permite la modernización del resto de la red territorial lo que crea las condiciones para la diversificación de los servicios.
2. La selección que se realizó de hardware PDH, SDH y Ethernet permite asumir los servicios actuales más la posible demanda futura prevista por ETECSA quedando resueltos los problemas de saturación. Se dejaron slots libres para la instalación de tarjetas y módulos en caso de que la demanda creciera más allá de lo previsto.
3. Los resultados de la ejecución de las Pruebas de Aceptación para los 1850TSS-100 permitieron validar las configuraciones seleccionadas para estos equipos en cada uno de los nodos del anillo de la red propuesta. Se verificó el correcto funcionamiento de las tarjetas y módulos empleados, se comprobaron los efectos que tendría la pérdida de enlaces en el comportamiento de la red y se verificaron su redundancia, sincronización y protecciones.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El anillo principal de la red de transporte de Villa Clara necesita sustituir su equipamiento para posibilitar la convergencia del tráfico actual, basado fundamentalmente en SDH, con tráfico Ethernet, eliminar la saturación debido a las insuficientes capacidades de los ADM 1651 y OMSN 1660 SM y crear las condiciones para la diversificación de los servicios.
2. El 1850TSS-100 posee tarjetas PDH, SONET/SDH, Ethernet y una matriz universal independiente de la naturaleza del tráfico que permiten la integración de servicios TDM y de conmutación de paquetes en el anillo principal de la red con un aprovisionamiento flexible de transporte Ethernet y SONET/SDH.
3. El diseño de red óptica integrada propuesto cumple con los requerimientos de capacidades TDM y Ethernet para asumir todos los servicios actuales más la posible demanda futura determinada por ETECSA eliminando así la saturación.
4. Las capacidades que se proponen para cada nodo permiten la diversificación de los servicios del anillo principal hacia el resto de la red territorial, ya no solo limitados a PDH y SDH, creando así las condiciones para la modernización de esta red con equipamiento basado en Ethernet, lo que a su vez permite diversificar los servicios en el resto de la provincia.

5. La configuración propuesta para cada nodo del anillo principal de la red de transporte quedó validada mediante los resultados obtenidos de la ejecución de las pruebas de aceptación para el 1850TSS-100.

Recomendaciones

1. Realizar periódicamente un pronóstico de crecimiento del tráfico en el anillo principal de la red de transporte de Villa Clara para determinar la necesidad o no de futuras inversiones a ejecutar en tarjetas y módulos a fin de cubrir la demanda si esta creciera más allá de lo previsto hasta el momento.
2. Evaluar la conveniencia futura del cierre de un anillo Gigabit Ethernet entre los nodos “CMT de Santa Clara”, “Zona La Salud” y “Zona Industrial” teniendo en cuenta que existen fibras oscuras disponibles en el anillo que fueron reservadas para futuros usos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcatel, (2000). *1651 SM Rel. 2.5.1 1661 SM-C Rel.1.5.1 Technical Handbook*, séptima edición, Alcatel.
- Alcatel-Lucent, (2005). *Alcatel 7302 ISAM*, primera edición, Alcatel-Lucent.
- Alcatel-Lucent, (2007a). Alcatel-Lucent 7302 ISAM Intelligent Services Access Manager. [En línea]. Alcatel-Lucent. Disponible en: <http://www.alcatel-lucent.com/products/7302-intelligent-services-access-manager> [Accesado el día 26 de mayo de 2014]
- Alcatel-Lucent, (2007b). “Factory Acceptance Detailed Service Description” en *Alcatel-Lucent Business Portal*. [En línea]. Disponible en: http://www.alcatel-lucentbusinessportal.com/private/active_docs/DSD_Factory_acceptance_EN_AL.pdf [Accesado el día 21 de marzo de 2014]
- Alcatel-Lucent, (2008). *Alcatel-Lucent 1850 TSS Product Family*. [En línea]. Alcatel-Lucent. Disponible en: <http://www.lightriver.com/uploadfiles/pdf/ALU/1850-TSS/TSS-Family.pdf> [Accesado el día 19 de marzo de 2014]
- Alcatel-Lucent, (2009). *Alcatel-Lucent 1850 Transport Service Switch (TSS-100) Release 3.1 Product Information and Planning Guide*, Alcatel-Lucent.
- Alcatel-Lucent, (2012a). *Prueba de Aceptación 1850TSS-100*. Sitio: Villa Clara CMT. Contrato A-07-59/60, Villa Clara.
- Alcatel-Lucent, (2012b). *Prueba de Aceptación 1850TSS-100*. Sitio: La Salud. Contrato A-07-73/734, Villa Clara.

- Alcatel-Lucent, (2013). *Prueba de Aceptación 1850TSS-100*. Sitio: Zona Industrial. Contrato A-07-73/734, Villa Clara.
- Alcatel-Lucent, (2014). *1660 SM Optical Multi-Service Node (OMSN)*. [En línea]. Alcatel-Lucent. Disponible en: <http://www.alcatel-lucent.com/products/1660-sm-optical-multi-service-node-omsn> [Accesado el día 21 de marzo de 2014]
- Ash, J. y S. Ferguson, (2001). “The evolution of the telecommunications transport architecture: from megabit/s to terabit/s” en *Electronics & Communications Engineering Journal*. [En línea]. Volumen 13, número 1. Febrero 2001, IET. Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=905724&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fiel5%2F2219%2F19586%2F00905724.pdf%3Farnumber%3D905724> [Accesado el día 5 de marzo de 2014]
- Cisco Systems, (2001). *Introduction to DWDM Technology*. [En línea]. Disponible en: http://www.cisco.com/application/pdf/en/us/guest/products/ps2011/c2001/ccmigration_09186a00802342cf.pdf [Accesado el día 19 de marzo de 2014]
- Fuentes, Y., (2008). *Descripción del 1660 SM*. Gerencia de Gestión de Redes, ETECSA.
- Gomes, A., (2013). “Servicios y Tecnologías en Arquitecturas Carrier Ethernet” en *Cisco Conectados*. [En línea]. Disponible en: <http://cisco-conectados.blogspot.com/2013/02/servicios-y-tecnologias-en.html>
- Huawei Technologies Co., (2003). *Introducción, características y niveles de servicio de ASON*. [Curso en formato PPT], no publicado.
- ITU-T Recommendation G.783, (2006). *Characteristics of synchronous digital hierarchy (SDH) equipment functional blocks*.
- ITU-T Recommendation G.707/Y.1322, (2007). *Network node interface for the synchronous digital hierarchy (SDH)*.
- ITU-T Recommendation G.8021/Y.1341, (2012). *Characteristics of Ethernet transport network equipment functional blocks*.

- López, O., s.f. *Redes Metro-Ethernet. Transporte IP actualidad y evolución*. Departamento de Transporte, Dirección de Gestión de la Red, ETECSA.
- Nokia Siemens Networks, (2011). *Optical Transport Network Switching: Creating efficient and cost-effective optical transport networks*. [En línea]. Nokia Siemens Networks. Disponible en: <http://ebookbrowse.net/wp-optical-transport-network-switching-pdf-d168785658> [Accesado el día 21 de marzo de 2014]
- Oppenheimer, P., (2011). “Testing Your Network Design” en *Top-Down Network Design*. Tercera edición, capítulo 12, Cisco Press, Indianapolis.
- Puerto, G. et al., (2008). “Evolución de las redes de datos: Hacia una plataforma de comunicaciones completamente óptica”, en *Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia*, número 45. Septiembre 2008, pp. 148-156.
- Tang, S., (2013). “Advantages of Ethernet vs. SONET/SDH”, en *The Industrial Ethernet Book*. [En línea]. Número 77. Julio 2013. Disponible en: <http://www.iebmedia.com/index.php?id=9662&parentid=74&themeid=255&hpid=2&showdetail=true&bb=1&appsw=1&sstr=Advantages%20of%20Ethern> [Accesado el día 5 de marzo de 2014]
- Tomkos, I. et al., (2012). “The Evolution of Optical Networking” en *Proceedings of the IEEE*. [En línea]. Volumen 100, número 5. Mayo de 2012. Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=06183041> [Accesado el día 10 de abril de 2014]

GLOSARIO

ADM	<i>Add-Drop Multiplexer</i>
AIS	<i>Alarm Indication Signal</i>
ALS	<i>Automatic Laser Shutdown</i>
AMU	<i>Air Movement Unit</i>
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
APS	<i>Automatic Protection Switching</i>
ASIC	<i>Application-Specific Integrated Circuit</i>
ASON	<i>Automatic Switching Optical Network</i>
ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode</i>
AU	<i>Administrative Unit</i>
BER	<i>Bit Error Rate</i>
BITS	<i>Building Integrated Timing Supply</i>
BNC	<i>Tipo de conector para cable coaxial conocido por la abreviatura de fabricante Bayonet-Neill-Concelman.</i>
CGI	<i>Control General Interface</i>
CMT	<i>Centro de Mantenimiento Telefónico</i>
CONGI	<i>Control General Interface</i>
CRU	<i>Clock Reference Unit</i>

DC	Corriente directa
DS-x	<i>Digital Signal</i> , nivel x
DSL	<i>Digital Subscriber Line</i>
DSLAM	<i>Digital Subscriber Line Access Multiplexer</i>
DWDM	<i>Dense Wavelength Division Multiplexing</i>
EPS	<i>Equipment protection Switching</i>
ETECSA	Empresa de Telecomunicaciones de Cuba
ETSI	<i>European Telecommunications Standards Institute</i>
FE	<i>Fast Ethernet</i>
FEC	<i>Forward Error Correction</i>
FLC	<i>First Level Controller</i>
FPGA	<i>Field-Programmable Gate Array</i>
GB	Gigabyte
Gbps	Gigabits por Segundo
GE	Gigabit Ethernet
IP	<i>Internet Protocol</i>
HO	<i>High Order</i>
HPC	<i>High Order Path Connection</i>
HS	<i>High Speed</i>
INC	<i>Integrated Network Controller</i>
ISA	<i>Integrated Service Adapter</i>
ISAM	<i>Intelligent Service Access Manager</i>
Kbps	Kilobits por Segundo
LC	Tipo de conector para cable de fibra óptica.

LCAS	<i>Link Capacity Adjustment Scheme</i>
LO	<i>Low Order</i>
LOS	<i>Loss of Signal</i>
LPC	<i>Low Order Path Connection</i>
LS	<i>Low speed</i>
Mbps	Megabits por Segundo
MIB	<i>Management Information Base</i>
MPLS	<i>Multi Protocol Label Switching</i>
MSOH	<i>Multiplex Section Over Head</i>
MSP	<i>Multiplex Section Protection</i>
MS-SPRING	<i>Multiplex Section Shared Protection Rings</i>
NE	<i>Network Element</i>
NM	<i>Network Manager</i>
OH	<i>Over-Head</i>
OMS	<i>Optical Management System</i>
OMSN SM	<i>Optinex Multi Service Node Synhronous Mux</i>
OTN	<i>Optical Transport Network</i>
PDH	<i>Plesiochronous Digital Hierarchy</i>
PM	<i>Performance Monitoring</i>
ROADM	<i>Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer</i>
RSOH	<i>Regenerator Section Over Head</i>
SDH	<i>Synchronous Digital Hierarchy</i>
SDH-NG	SDH de Nueva Generación
SFP	<i>Small Form Factor Plug-in</i>

SLC	<i>Second Level Control</i>
SNC-P	<i>Path protection switching</i>
SNMP	<i>Simple Network Management Protocol</i>
SONET	<i>Synchronous Optical Network</i>
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
STM-x	<i>Synchronous Transport Module, nivel x</i>
STS-x	<i>Synchronous Transport Signal, nivel x</i>
TDM	<i>Time Division Multiplexing</i>
TL1	<i>Transaction Language 1</i>
TM	<i>Terminal Multiplexer</i>
TMux	<i>Transmultiplex</i>
TRU	<i>Top Rack Unit</i>
TSS	<i>Transport Service Switch</i>
TU	<i>Tributary Unit</i>
UPSR	<i>Unidirectional Path Switched Ring</i>
URA	Unidad Remota de Abonado
VC	<i>Virtual Container</i>
VCAT	<i>Virtual Concatenation</i>
VT	<i>Virtual Tributary</i>
WDM	<i>Wavelength Division Multiplexing</i>
XFP	<i>10 Gigabit Small Form Factor Pluggable</i>
XFP-E	<i>XFP-Extended</i>
ZIC	<i>Zero Installation Craft Terminal</i>

ANEXOS

Anexo I Pruebas de aceptación del 1850TSS-100 del CMT de Santa Clara.

Tabla A1.1 Prueba de la configuración del equipo.

Configuración del equipo. Sitio: CMT Santa Clara			Alarmas	
Slot-Módulo	Tarjeta o Módulo	Descripción	OK*	NOK
1	EC100	Controladora del equipo	x	
3	4P2G5SO	Tarjeta para módulos STM-16	x	
3-1	SFP SI-161	Módulo óptico para STM-16	x	
3-2	SFP SI-161	Módulo óptico para STM-16	x	
4	8PSO	Tarjeta para módulos STM-1/STM-4	x	
4-1	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
4-2	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
4-3	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
4-4	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
4-5	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
4-6	SFP SS-41	Módulo óptico para STM-4	x	
4-7	SFP SS-41	Módulo óptico para STM-4	x	
4-8	SFP SL-42	Módulo óptico para STM-4	x	
5	E1DS1M	Tarjeta multiplexora E1/DS1	x	
6	E1DS1M	Tarjeta multiplexora E1/DS2	x	
7	E1DS1M	Tarjeta multiplexora E1/DS3	x	
8	E1DS1M	Tarjeta multiplexora E1/DS4. Protección.	x	
9	MT100	Matriz Universal	x	
10	MT100	Matriz Universal. Protección.	x	
11	8PSO	Tarjeta para módulos STM-1/STM-4	x	

* Se respetaron los nombres de las columnas que emplea el proveedor en el documento oficial “Prueba de Aceptación 1850TSS-100” según el cual “OK” indica “correcto” y “NOK” refiere “no correcto”.

Tabla A1.1 (continuación).

Configuración del equipo. Sitio: CMT Santa Clara			Alarmas	
Slot-Módulo	Tarjeta o Módulo	Descripción	OK	NOK
11-1	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
11-2	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
11-3	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
11-4	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
11-5	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
11-6	SFP SS-41	Módulo óptico para STM-4	x	
11-7	SFP SS-41	Módulo óptico para STM-4	x	
11-8	SFP SL-41	Módulo óptico para STM-4	x	
12	8PSO	Tarjeta para módulos STM-1/STM-4	x	
12-1	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
12-2	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
12-3	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
12-4	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
12-5	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
12-6	SFP SS-41	Módulo óptico para STM-4	x	
12-7	SFP SS-41	Módulo óptico para STM-4	x	
12-8	SFP SL-41	Módulo óptico para STM-4	x	
15	PP10G	Procesadora de paquetes	x	
17	POW100	Fuente de Alimentación	x	
18	POW101	Fuente de Alimentación. Protección.	x	
19	FAN100	Unidad de Ventiladores	x	
21	TBF	Bus de terminación del panel trasero.	x	
25	E1UAC	Tarjeta de acceso de puertos E1.	x	
26	E1UAC	Tarjeta de acceso de puertos E1.	x	
27	E1UAC	Tarjeta de acceso de puertos E1.	x	
28	E1UAC	Tarjeta de acceso de puertos E1.	x	
29	E1UAC	Tarjeta de acceso de puertos E1.	x	
32	E1DS1PAC	Tarjeta de protección de tarjetas de acceso	x	
40	PE8XGE	Tarjeta de interfaces Gigabit Ethernet	x	
40-1	ETHMR	Interfaz Ethernet eléctrica SFP	x	
40-2	ETHMR	Interfaz Ethernet eléctrica SFP	x	
40-3	ETHMR	Interfaz Ethernet eléctrica SFP	x	
40-4	ETHMR	Interfaz Ethernet eléctrica SFP	x	
40-5	ETHMR	Interfaz Ethernet eléctrica SFP	x	
40-6	ETHMR	Interfaz Ethernet eléctrica SFP	x	
40-7	ETHMR	Interfaz Ethernet eléctrica SFP	x	
40-8	ETHMR	Interfaz Ethernet eléctrica SFP	x	

Tabla A1.2 Verificación de la instalación.

Puntos a revisar	OK	NOK	Comentario
Instalación del bastidor y el equipo.	x		
Presencia y conexión de los cables y fibra óptica.	x		
Presencia de la tierra y su conexión.	x		
Conexión del equipo al TRU.	x		
Representación de alarmas en TRU	x		
Valor de la alimentación primaria.	x		V1= -53.00 V
Valor de la alimentación secundaria.	x		V2= -53.00 V
Chequear el aterramiento del +.	x		R= 0 Ohms
Alimentación de ventiladores	x		
Alarmas de ventiladores (opc)	x		

Tabla A1.3 Pruebas de potencia de transmisión de puertos ópticos.

Slot-Módulo	Puerto	Potencia Tx (dBm)	OK	NOK
3-1	S-16.1	-6.85	x	
3-2	S-16.1	-6.12	x	
4-1	S-1.1	-11.49	x	
4-2	S-1.1	-11.45	x	
4-3	S-1.1	-12.12	x	
4-4	S-1.1	-11.29	x	
4-5	S-1.1	-11.44	x	
4-6	S-4.1	-11.99	x	
4-7	S-4.1	-12.40	x	
4-8	L-4.2N	1.13	x	
11-1	S-1.1	-11.52	x	
11-2	S-1.1	-12.51	x	
11-3	S-1.1	-11.56	x	
11-4	S-1.1	-11.66	x	
11-5	S-1.1	-11.55	x	
11-6	S-4.1	-12.37	x	
11-7	S-4.1	-12.51	x	
11-8	L-4.1N	-1.11	x	
12-1	S-1.1	-11.32	x	
12-2	S-1.1	-11.67	x	

Tabla A1.3 (continuación).

Slot-Módulo	Puerto	Potencia Tx (dBm)	OK	NOK
12-3	S-1.1	-11.53	x	
12-4	S-1.1	-11.81	x	
12-5	S-1.1	-12.30	x	
12-6	S-4.1	-11.20	x	
12-7	S-4.1	-12.17	x	
12-8	L-4.1N	-0.39	x	

Tabla A1.4 Pruebas de puertos SDH.

Slot-Módulo	Puerto	LOS		ALS		Alarmas presentes	OK	NOK
		OK	NOK	OK	NOK			
3-1	S-16.1	x		x			x	
3-2	S-16.1	x		x			x	
4-1	S-1.1	x		x			x	
4-2	S-1.1	x		x			x	
4-3	S-1.1	x		x			x	
4-4	S-1.1	x		x			x	
4-5	S-1.1	x		x			x	
4-6	S-4.1	x		x			x	
4-7	S-4.1	x		x			x	
4-8	L-4.2N	x		x			x	
11-1	S-1.1	x		x			x	
11-2	S-1.1	x		x			x	
11-3	S-1.1	x		x			x	
11-4	S-1.1	x		x			x	
11-5	S-1.1	x		x			x	
11-6	S-4.1	x		x			x	
11-7	S-4.1	x		x			x	
11-8	L-4.1N	x		x			x	
12-1	S-1.1	x		x			x	
12-2	S-1.1	x		x			x	
12-3	S-1.1	x		x			x	
12-4	S-1.1	x		x			x	
12-5	S-1.1	x		x			x	
12-6	S-4.1	x		x			x	
12-7	S-4.1	x		x			x	
12-8	L-4.1N	x		x			x	

Tabla A1.5 Pruebas de puertos PDH.

Tarjeta (tipo/slot)	LOS		AIS		Comentarios o Alarmas presentes	OK	NOK
	OK	NOK	OK	NOK			
S125, 26, 27, 28, 29/01	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/02	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/03	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/04	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/05	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/06	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/07	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/08	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/09	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/10	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/11	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/12	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/13	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/14	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/15	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/16	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/17	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/18	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/19	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/20	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/21	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/22	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/23	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/24	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/25	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/26	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/27	x		x			x	
S125, 26, 27, 28, 29/28	x		x			x	

Tabla A1.6 Prueba de protección SNCP/I.

Operación	Puertos usados para la prueba			Resultados de la prueba			
	Puerto PDH	Puerto SDH protegido	Puerto SDH de protección	Valor medido	U.M.	OK	NOK
BER después de la conmutación de puertos SDH	S129/28	S104/mod03	S104/mod01	0		x	

Tabla A1.7 Prueba de protección EPS.

Tarjeta	Valor medido	U.M.	OK	NOK
MT100	1	AIS	x	
E1DS1M	1	AIS	x	

Tabla A1.8 Prueba de BER de 24 horas.

Operación	Puerto PDH	Puerto SDH	OK	NOK
Prueba de BER	S125/01	S104/mod01	x	

Tabla A1.9 Prueba de sincronización.

Pruebas de sincronización por prioridad	Puerto utilizado	OK	NOK
Prioridad 1	S111/mod01	x	
Prioridad 2 después de eliminar la 1.	Entrada ext. 01	x	
Free-running o "Hold-over" después de eliminar prioridad 2.		x	

Pruebas de sincronización por calidad	Puerto utilizado	OK	NOK
Calidad 1	Entrada ext. 01	x	
Calidad 2 después de eliminar la 1.	S111/mod01	x	

Tabla A1.10 Prueba de supervisión.

Gestión	Aplicaciones	OK	NOK	No aplicable	Comentario
NM	Supervisión	x			
	Inventario	x			
	Reporte de alarmas	x			
	Backup/Restore de la MIB	x			
	Otros:	---			
RECT craft terminal	Supervisión	x			
	Inventario	x			
	Reporte de alarmas	x			
	Backup/Restore de la MIB	x			
	NE Restart	x			
	Otros:	---			

Tabla A1.11 Prueba de alarmas remotas.

Alarmas remotas	OK	NOK
HK - IN 1	x	
HK - IN 2	x	
HK - IN 3	x	
HK - IN 4	x	
HK - IN 5	x	
HK - IN 6	x	
HK - OUT 1	x	
HK - OUT 2	x	

Anexo II Pruebas de aceptación del 1850TSS-100 del nodo Zona La Salud.

Tabla A2.1 Prueba de la configuración del equipo.

Configuración del equipo. Sitio: La Salud			Alarmas	
Slot- Módulo	Tarjeta o Módulo	Descripción	OK	NOK
1	EC100	Controladora del equipo	x	
3	4P2G5SO	Tarjeta para módulos STM-16	x	
3-1	SFP SI-161	Módulo óptico para STM-16	x	
3-2	SFP SI-161	Módulo óptico para STM-16	x	
4	8PSO	Tarjeta para módulos STM-1/STM-4	x	
4-1	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
4-2	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
4-3	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
4-4	SFP SL-11	Módulo óptico para STM-1	x	
4-5	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
4-8	SFP SS-41	Módulo óptico para STM-4	x	
6	E1DS1M	Tarjeta multiplexora E1/DS2	x	
7	E1DS1M	Tarjeta multiplexora E1/DS3	x	
8	E1DS1M	Tarjeta multiplexora E1/DS4. Protección.	x	
9	MT100	Matriz Universal	x	
10	MT100	Matriz Universal. Protección.	x	
11	8PSO	Tarjeta para módulos STM-1/STM-4	x	
11-1	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
11-2	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
11-3	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
11-4	SFP SL-11	Módulo óptico para STM-1	x	
11-5	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
17	POW100	Fuente de Alimentación	x	
18	POW101	Fuente de Alimentación. Protección.	x	
19	FAN100	Unidad de Ventiladores	x	
21	TBF	Bus de terminación del panel trasero.	x	
27	E1UAC	Tarjeta de acceso de puertos E1.	x	
28	E1UAC	Tarjeta de acceso de puertos E1.	x	
29	E1UAC	Tarjeta de acceso de puertos E1.	x	
30	E1UAC	Tarjeta de acceso de puertos E1.	x	
31	E1DS1PAC	Tarjeta de protección de tarjetas de acceso	x	
40	PE8XGE	Tarjeta de interfaces Gigabit Ethernet	x	

Tabla A2.2 Verificación de la instalación.

Puntos a revisar	OK	NOK	Comentario
Instalación del bastidor y el equipo.	x		
Presencia y conexión de los cables y fibra óptica.	x		
Presencia de la tierra y su conexión.	x		
Conexión del equipo al TRU.	x		
Representación de alarmas en TRU	x		
Valor de la alimentación primaria.	x		V1= -53.3 V
Valor de la alimentación secundaria.	x		V2= -53.3 V
Chequear el aterramiento del +.	x		R= 0 Ohms
Alimentación de ventiladores	x		
Alarmas de ventiladores (opc)	x		

Tabla A1.3 Pruebas de potencia de transmisión de puertos ópticos.

Slot-Módulo	Puerto	Potencia Tx (dBm)	OK	NOK
3-1	S-16.1	-6.36	x	
3-2	S-16.1	-5.89	x	
4-1	S-1.1	-12.33	x	
4-2	S-1.1	-11.96	x	
4-3	S-1.1	-11.83	x	
4-4	L-1.1	-2.47	x	
4-5	S-1.1	-10.59	x	
4-8	S-4.1N	-11.00	x	
11-1	S-1.1	-11.88	x	
11-2	S-1.1	-11.40	x	
11-3	S-1.1	-10.30	x	
11-4	L-1.1	-2.86	x	
11-5	S-1.1	-10.75	x	

Tabla A2.4 Pruebas de puertos SDH.

Slot- Módulo	Puerto	LOS		ALS		Alarmas presentes	OK	NOK
		OK	NOK	OK	NOK			
3-1	S-16.1	x		x			x	
3-2	S-16.1	x		x			x	
4-1	S-1.1	x		x			x	
4-2	S-1.1	x		x			x	
4-3	S-1.1	x		x			x	
4-4	L-1.1	x		x			x	
4-5	S-1.1	x		x			x	
4-8	S-4.1N	x		x			x	
11-1	S-1.1	x		x			x	
11-2	S-1.1	x		x			x	
11-3	S-1.1	x		x			x	
11-4	L-1.1	x		x			x	
11-5	S-1.1	x		x			x	

Tabla A2.5 Pruebas de puertos PDH.

Tarjeta (tipo/slot)	LOS		AIS		Comentarios o alarmas presentes	OK	NOK
	OK	NOK	OK	NOK			
SI27, 28, 29, 30/01	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/02	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/03	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/04	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/05	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/06	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/07	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/08	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/09	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/10	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/11	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/12	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/13	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/14	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/15	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/16	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/17	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/18	x		x			x	

Tabla A2.5 (continuación).

Tarjeta (tipo/slot)	LOS		AIS		Comentarios o alarmas presentes	OK	NOK
	OK	NOK	OK	NOK			
S127, 28, 29, 30/19	x		x			x	
S127, 28, 29, 30/20	x		x			x	
S127, 28, 29, 30/21	x		x			x	
S127, 28, 29, 30/22	x		x			x	
S127, 28, 29, 30/23	x		x			x	
S127, 28, 29, 30/24	x		x			x	
S127, 28, 29, 30/25	x		x			x	
S127, 28, 29, 30/26	x		x			x	
S127, 28, 29, 30/27	x		x			x	
S127, 28, 29, 30/28	x		x			x	

Tabla A2.6 Prueba de protección SNCP/I.

Operación	Puertos usados para la prueba			Resultados de la prueba			
	Puerto PDH	Puerto SDH protegido	Puerto SDH de protección	Valor medido	U.M.	OK	NOK
BER después de la conmutación de puertos SDH	S130/28	S104/ mod01	S104/mod02	0		x	

Tabla A2.7 Prueba de protección EPS.

Tarjeta	Valor medido	U.M.	OK	NOK
MT100	1	AIS	x	
E1DS1M	1	AIS	x	

Tabla A2.8 Prueba de BER de 24 horas.

Operación	Puerto PDH	Puerto SDH	OK	NOK
Prueba de BER	S125/01	S104/mod01	x	

Tabla A2.9 Prueba de sincronización.

Pruebas de sincronización por prioridad	Puerto utilizado	OK	NOK
Prioridad 1	S103/mod01	x	
Prioridad 2 después de eliminar la 1.	BITS 0 2Mb/s	x	
Free-running o "Hold-over" después de eliminar prioridad 2.		x	

Pruebas de sincronización por calidad	Puerto utilizado	OK	NOK
Calidad 1	Entrada ext. 01	x	
Calidad 2 después de eliminar la 1.	S111/mod01	x	

Tabla A2.10 Prueba de supervisión.

Gestión	Aplicaciones	OK	NOK	No aplicable	Comentario
NM	Supervisión	x			
	Inventario	x			
	Reporte de alarmas	x			
	Backup/Restore de la MIB	x			
	Otros:	---			
RECT craft terminal	Supervisión	x			
	Inventario	x			
	Reporte de alarmas	x			
	Backup/Restore de la MIB	x			
	NE Restart	x			
	Otros:	---			

Tabla A2.11 Prueba de alarmas remotas.

Alarmas remotas	OK	NOK
HK - IN 1	x	
HK - IN 2	x	
HK - IN 3	x	
HK - IN 4	x	
HK - IN 5	x	
HK - IN 6	x	
HK - OUT 1	x	
HK - OUT 2	x	

Anexo III Pruebas de aceptación del 1850TSS-100 del nodo Zona Industrial.

Tabla A3.1 Prueba de la configuración del equipo.

Configuración del equipo. Sitio: Zona Industrial			Alarmas	
Slot-Módulo	Tarjeta o Módulo	Descripción	OK	NOK
1	EC100	Controladora del equipo	x	
3	4P2G5SO	Tarjeta para módulos STM-16	x	
3-1	SFP SI-161	Módulo óptico para STM-16	x	
3-2	SFP SI-161	Módulo óptico para STM-16	x	
6	E1DS1M	Tarjeta multiplexora E1/DS2	x	
7	E1DS1M	Tarjeta multiplexora E1/DS3	x	
8	E1DS1M	Tarjeta multiplexora E1/DS4. Protección.	x	
9	MT100	Matriz Universal	x	
10	MT100	Matriz Universal. Protección.	x	
11	8PSO	Tarjeta para módulos STM-1/STM-4	x	
11-1	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
11-2	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
11-3	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
11-4	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
11-5	SFP SL-11	Módulo óptico para STM-1	x	
12	8PSO	Tarjeta para módulos STM-1/STM-4	x	
12-1	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
12-2	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
12-3	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
12-4	SFP SS-11	Módulo óptico para STM-1	x	
12-5	SFP SS-41	Módulo óptico para STM-4	x	
17	POW100	Fuente de Alimentación	x	
18	POW101	Fuente de Alimentación. Protección.	x	
19	FAN100	Unidad de Ventiladores	x	
21	TBF	Bus de terminación del panel trasero.	x	
27	E1UAC	Tarjeta de acceso de puertos E1.	x	
28	E1UAC	Tarjeta de acceso de puertos E1.	x	
29	E1UAC	Tarjeta de acceso de puertos E1.	x	
30	E1UAC	Tarjeta de acceso de puertos E1.	x	
31	E1DS1PAC	Tarjeta de protección de tarjetas de acceso	x	
40	PE8XGE	Tarjeta de interfaces Gigabit Ethernet	x	

Tabla A3.2 Verificación de la instalación.

Puntos a revisar	OK	NOK	Comentario
Instalación del bastidor y el equipo.	x		
Presencia y conexión de los cables y fibra óptica.	x		
Presencia de la tierra y su conexión.	x		
Conexión del equipo al TRU.	x		
Representación de alarmas en TRU	x		
Valor de la alimentación primaria.	x		V1= -54.1 V
Valor de la alimentación secundaria.	x		V2= -54.1 V
Chequear el aterramiento del +.	x		R= 0 Ohms
Alimentación de ventiladores	x		
Alarmas de ventiladores (opc).	x		

Tabla A3.3 Pruebas de potencia de transmisión de puertos ópticos.

Slot-Módulo	Puerto	Potencia Tx (dBm)	OK	NOK
3-1	S-16.1	-5.98	x	
3-2	S-16.1	-5.97	x	
11-1	S-1.1	-11.57	x	
11-2	S-1.1	-11.20	x	
11-3	S-1.1	-10.97	x	
11-4	S-1.1	-10.96	x	
11-5	L-1.1	-1.82	x	
12-1	S-1.1	-11.65	x	
12-2	S-1.1	-10.83	x	
12-3	S-1.1	-10.40	x	
12-4	S-1.1	-9.84	x	
12-5	S-4.1	-11.36	x	

Tabla A3.4 Pruebas de puertos SDH.

Slot- Módulo	Puerto	LOS		ALS		Alarmas presentes	OK	NOK
		OK	NOK	OK	NOK			
3-1	S-16.1	x		x			x	
3-2	S-16.1	x		x			x	
11-1	S-1.1	x		x			x	
11-2	S-1.1	x		x			x	
11-3	S-1.1	x		x			x	
11-4	S-1.1	x		x			x	
11-5	L-1.1	x		x			x	
12-1	S-1.1	x		x			x	
12-2	S-1.1	x		x			x	
12-3	S-1.1	x		x			x	
12-4	S-1.1	x		x			x	
12-5	S-4.1	x		x			x	

Tabla A3.5 Pruebas de puertos PDH.

Tarjeta (tipo/slot)	LOS		AIS		Comentarios o alarmas presentes	OK	NOK
	OK	NOK	OK	NOK			
SI27, 28, 29, 30/01	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/02	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/03	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/04	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/05	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/06	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/07	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/08	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/09	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/10	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/11	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/12	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/13	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/14	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/15	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/16	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/17	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/18	x		x			x	

Tabla A3.5 (continuación).

Tarjeta (tipo/slot)	LOS		AIS		Comentarios o alarmas presentes	OK	NOK
	OK	NOK	OK	NOK			
SI27, 28, 29, 30/19	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/20	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/21	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/22	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/23	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/24	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/25	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/26	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/27	x		x			x	
SI27, 28, 29, 30/28	x		x			x	

Tabla A3.6 Prueba de protección SNCP/I.

Operación	Puertos usados para la prueba			Resultados de la prueba			
	Puerto PDH	Puerto SDH protegido	Puerto SDH de protección	Valor medido	U.M.	OK	NOK
BER después de la conmutación de puertos SDH	SI27/02	SI11/ mod01	SI12/mod01	0		x	

Tabla A3.7 Prueba de protección EPS.

Tarjeta	Valor medido	U.M.	OK	NOK
MT100	1	AIS	x	
E1DS1M	1	AIS	x	

Tabla A3.8 Prueba de BER de 24 horas.

Operación	Puerto PDH	Puerto SDH	OK	NOK
Prueba de BER	SI27/01	SI11/mod01	x	

Tabla A3.9 Prueba de sincronización.

Pruebas de sincronización por prioridad		Puerto utilizado	OK	NOK
Prioridad 1		S111/mod01	x	
Prioridad 2 después de eliminar la 1.		BITS 0 2Mb/s	x	
Free-running o "Hold-over" después de eliminar prioridad 2.		Oscint.	x	
Pruebas de sincronización por calidad		Puerto utilizado	OK	NOK
Calidad 1		Entrada ext. 01	x	
Calidad 2 después de eliminar la 1.		S111/mod01	x	

Tabla A3.10 Prueba de supervisión.

Gestión	Aplicaciones	OK	NOK	No aplicable	Comentario
NM	Supervisión	x			
	Inventario	x			
	Reporte de alarmas	x			
	Backup/Restore de la MIB	x			
RECT craft terminal	Supervisión	x			
	Inventario	x			
	Reporte de alarmas	x			
	Backup/Restore de la MIB	x			
	NE Restart	x			

Tabla A3.11 Prueba de alarmas remotas.

Alarmas remotas	OK	NOK
HK - IN 1	x	
HK - IN 2	x	
HK - IN 3	x	
HK - IN 4	x	
HK - IN 5	x	
HK - IN 6	x	
HK - OUT 1	x	
HK - OUT 2	x	
HK - OUT 3	x	
HK - OUT 4	x	