

**“GESTION EN REDES QUE UTILIZAN SDH”**

**ROBERTO ANTONIO LUNA BLANCO**

**ARISTARCO SALAS FONSECA**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLIVAR  
MINOR EN COMUNICACIONES Y REDES DE COMPUTADORES**

**CARTAGENA**

**2003**

**“GESTION EN REDES QUE UTILIZAN SDH”**

**ROBERTO ANTONIO LUNA BLANCO**

**ARISTARCO SALAS FONSECA**

**Monografía presentada como requisito para optar al título de  
Ingeniero Electrónico e Ingeniero de Sistemas**

**Asesor:**

**GONZALO LOPEZ VERGARA**

**Ingeniero Electrónico**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLIVAR  
MINOR EN COMUNICACIONES Y REDES DE COMPUTADORES**

**CARTAGENA**

**2003**

## **AUTORIZACIÓN**

Cartagena de Indias, D. T. y C., 26 de noviembre de 2003

Señores:

**COMITÉ DE EVALUACION DE PROYECTOS DE GRADO FACULTAD DE  
INGENIERIA ELECTRONICA E INGENIERIA DE SISTEMAS DE LA  
CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR**

La ciudad

Cordial saludo,

Yo, **ROBERTO ANTONIO LUNA BLANCO**, identificado con C.C. 9.044.679 de San Onofre (Sucre) autorizo a la Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar para uso de mi monografía titulada “**GESTION EN REDES QUE UTILIZAN SDH**” y publicarla en el catalogo online de la biblioteca.

Atentamente,

---

**ROBERTO ANTONIO LUNA BLANCO**

C.C. 9.044.679 de San Onofre – Sucre

## **AUTORIZACIÓN**

Cartagena de Indias, D. T. y C., 26 de Noviembre de 2003

Señores:

**COMITÉ DE EVALUACION DE PROYECTOS DE GRADO FACULTAD DE  
INGENIERIA ELECTRONICA E INGENIERIA DE SISTEMAS DE LA  
CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR**

La ciudad

Cordial saludo,

Yo, **ARISTARCO SALAS FONSECA**, identificado con C.C. 73.267.754 de Calamar (Bolívar) autorizo a la Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar para uso de mi monografía titulada “**GESTION EN REDES QUE UTILIZAN SDH**” y publicarla en el catalogo online de la biblioteca.

Atentamente,

---

**ARISTARCO SALAS FONSECA**

C.C. 73.267.754 de Calamar – Bolívar

Cartagena de Indias, D. T. y C., 26 de Noviembre de 2003

Señores:

**COMITÉ DE EVALUACION DE PROYECTOS DE GRADO FACULTAD DE  
INGENIERIA ELECTRONICA E INGENIERIA DE SISTEMAS DE LA  
CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR**

La ciudad

Cordial saludo,

A través de la presente nos permitimos hacer entrega a ustedes para su estudio y evaluación la monografía titulada **“GESTION EN REDES QUE UTILIZAN SDH”**

Atentamente,

---

**ROBERTO A. LUNA BLANCO**

C.C. 9.044.679 de San Onofre-Sucre

---

**ARISTARCO SALAS FONSECA**

C.C. 73.267.754 de Calamar-Bolívar

Cartagena de Indias, D. T. y C., 26 de Noviembre de 2003

Señores:

**COMITÉ DE EVALUACION DE PROYECTOS DE GRADO FACULTAD DE  
INGENIERIA ELECTRONICA E INGENIERIA DE SISTEMAS DE LA  
CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR**

La ciudad

Cordial saludo,

A través de la presente me permito entregar la monografía titulada  
“**GESTION EN REDES QUE UTILIZAN SDH**” para su estudio y evaluación,  
la cual fue desarrollada por los estudiantes **ROBERTO ANTONIO LUNA  
BLANCO** y **ARISTARCO SALAS FONSECA**, del cual acepto ser su  
director.

Atentamente,

---

**GONZALO LOPEZ VERGARA**

Ingeniero Electrónico

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

**Presidente del jurado**

---

**Firma jurado**

---

**Firma jurado**

**Cartagena, 26 de Noviembre de 2003**

## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	22
INTRODUCCION.....	25
1. EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN Y LAS TECNOLOGÍAS DE LA RED DE TRANSPORTE.....	27
2. JERARQUIA DIGITAL PLESIOCRONA. PDH. ....	31
2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA PDH.....	34
2.2 DESVENTAJAS DE LA PDH:.....	35
3. JERARQUÍA DIGITAL SINCRONA. SDH. ....	36
3.1 DESCRIPCIÓN DE LA SDH.....	38
3.2 ESTRUCTURA BÁSICA DE SDH.....	39
3.3 CONTENEDOR VIRTUAL (VC).....	40
3.4 VELOCIDADES BINARIAS EN SDH. ....	40
3.5 TÉCNICA DE PUNTEROS.....	41
3.6 SDH: RED ESTRUCTURADA EN CAPAS .....	41
3.7 SINCRONIZACIÓN.....	42
3.8 MULTIPLEXACIÓN EN SDH .....	43
3.8.1 Correspondencia .....	43

3.8.2 Mapeo .....	44
3.8.3 Alineamiento.....	44
3.8.4 Multiplexación.....	44
3.9 FORMACION DE STM-1 .....	45
3.9.1 Contenedores virtuales de orden inferior.....	46
3.9.2 Contenedores virtuales de orden superior.....	46
3.10 ESTRUCTURA DE LA TRAMA STM-1 .....	47
3.11 ESTRUCTURA DE LA TRAMA STM-4.....	49
3.12 EQUIPOS PARA SDH .....	51
3.12.1 Multiplexor terminal. ....	52
3.12.2 Cross-connect. ....	52
3.12.3 Multiplexor ADD-DROP (ADM).....	53
3.13 CARACTERÍSTICAS QUE OFRECE SDH: .....	55
3.14 GESTIÓN EN SDH .....	56
3.15 GENERALIDADES .....	57
3.16 PUNTEROS.....	60
3.16.1 Punteros de unidad tributaria .....	61
3.16.2 Punteros de unidad administrativa .....	62
3.17 ESTRUCTURA DE LOS PUNTEROS .....	62
3.17.1 Los Bits N:.....	63
3.17.2 Los Bits SS.....	64

4. GESTIÓN EN REDES QUE UTILIZAN SDH.....	66
4.1 COMPARACIÓN ENTRE SISTEMAS DE GESTIÓN PDH Y SDH. ...	66
4.1.1 Elementos de Red NE.....	67
4.1.2 La interfaz F. ....	67
4.1.3 Adaptador de Interfaz Q. ....	67
4.1.4 Elemento de Mediación.....	68
4.1.5 Sistema de Operaciones.....	68
4.2 COMPONENTES DE LA GESTION SDH.....	69
4.2.1 Unidad De Control.....	70
4.2.2 Terminal Local.....	72
4.2.3  Unidad de Gestión .....	73
4.2.4  Comunicación Entre Estaciones.....	74
4.2.5 Comunicación entre distintos equipos.....	76
4.2.6  Elemento de Adaptación.....	78
4.2.7 Centro de Gestión Regional.....	80
4.2.8 Centro de Gestión Nacional .....	82
4.2.9 Direccionamiento.....	84
4.2.10 Resumen de Redes.....	87
4.3 SOFTWARE DE APLICACIÓN.....	89
5. PROTOCOLOS DE GESTION ISO/ITU.....	92
5.1 STANDARD ISO/ITU-T.....	92

5.1.1 Funciones Generales .....	92
5.1.2 Protocolos De Comunicación. ....	94
5.1.3 Arquitectura de la TMN.....	96
5.1.4 Arquitectura del Software .....	98
5.2 EJEMPLOS .....	100
5.2.1 Gestión de Red SDH .....	100
5.2.2 Ejemplo de Base de Datos. ....	107
5.2.3 Ejemplo de Gestión: .....	108
6. RED DE COMUNICACIÓN DE DATOS DCN .....	111
6.1 COMPONENTES DE LA RED DCN .....	112
6.1.1 Red de Acceso de Sistema Operativo:.....	112
6.1.2 Red 'Backbone' DCN:.....	113
6.1.3 Red de Acceso a los Elementos de Red: .....	113
6.2 RED DE ACCESO DCN .....	113
6.3 RED 'BACKBONE' DCN.....	114
6.3.1 Líneas Arrendadas .....	114
6.3.2 Conmutación de Paquetes (X.25).....	114
6.3.3 Conmutación de Circuitos .....	115
6.4 EJEMPLOS DE RED DCN .....	115
7. CONCLUSIONES .....	119
8. RECOMENDACIONES.....	120

BIBLIOGRAFÍA..... 121

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Evolución de la red de transporte .....	27
Figura 2. Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH). .....	31
Figura 3. Jerarquía Digital Síncrona (SDH).....	36
Figura 4. Red SONET.....	38
Figura 5. Estructura de la trama de STM-1 .....	48
Figura 6. Estructura de la trama STM-4 .....	50
Figura 7. Multiplexor terminal.....	52
Figura 8. Cross-connect.....	52
Figura 9. Cross Conector DXC 4/1 .....	53
Figura 10. Multiplexor ADD-DROP (ADM) .....	53
Figura 11. Gestión de red SDH.....	56
Figura 12. Estructura de enlace para gestión de equipos SDH.....	70
Figura 13. Componentes de una red de gestión SDH.....	78
Figura 14. Diagrama de capas para la red de gestión SDH.....	88
Figura 15. Modelo de capas para gestión ISO/ITU-T en la TMN. ....	93
Figura 16. Arquitectura del software .....	98

Figura 17. Modelo de capas y sistema de gestión para TMN. ....	100
Figura 18. Diagrama general de supervisión .....	109
Figura 19. Comunicación de gestión.....	111
Figura 20. Conexión de los elementos de red al sistema de gestión .....	112
Figura 21. Ejemplo 1 de DCN .....	115
Figura 22. Ejemplo 2 de DCN .....	116
Figura 23. Ejemplo 3 de DCN .....	117
Figura 24. Ejemplo 4 de DCN .....	118

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Velocidades PDH.....	32
Tabla 2: Velocidades SDH.....	40
Tabla 3: Comparación entre sistemas de gestión PDH y SDH. ....	66
Tabla 4: Modelo de la gestión SDH. Funciones de aplicación. ....	89
Tabla 5. Funciones de la gestión de redes .....	92
Tabla 6. Protocolos de management para las normas ISO e ITU-T.....	94
Tabla 7. Componentes de la TMN. ....	96
Tabla 8: Niveles de gestión.....	99
Tabla 9: Comportamientos asignados a los elementos bajo supervisión. .	108
Tabla 10. Componentes y canales de comunicación .....	109

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A: Estándares básicos para PDH y SDH.....	123

## LISTA DE ESQUEMAS

	Pág.
Esquema 1. $DDC_R$ Y $DDC_M$ .....	75

## GLOSARIO

**ACSE** : (*Association Control Service Element*). ISO8649. ACSE permite iniciar y terminar una conexión entre 2 aplicaciones (capa 7).

**ADM**: Multiplex de inserción extracción (*add/drop Multiplex*)

**ATM**: Modo de transferencia asíncrona (*asynchronous transfer mode*)

**AU** :Unidad administrativa (*administrative unit*)

**BIP** : Paridad de entrelazado de bit (*bit interleaved parity*)

**BML** (*Business Management Layer*)

**BRIDGE**. Permiten interconectar distintas LAN del mismo tipo o generar varias desde una misma.

**C**: Contenedor (*container*)

**CMIS/P**: (*Common Management Information Service/Protocol*).

**CMIP**: (*Common Management Information Protocol*). Protocolo a nivel de aplicación para comunicación entre funciones CMIS.

**CMIS**: (*CMI Service*). ISO-9595. Los servicios definidos en CMIS se efectúan mediante el protocolo de comunicación CMIP.

**DCN:** Red de comunicaciones de datos (*data communications network*)

**DIRECCION IP.** Disponible para direccionamiento entre componentes informáticos (Workstation, X-Terminal, Routers, Impresoras, etc).

**DIRECCION NSAP.** Esta dirección está normalizada por ISO y permite el direccionamiento entre equipos de la red SDH.

**DIRECCIÓN MAC.** El enrutamiento dentro de una LAN contiene 2 direcciones: una LLC y otra MAC.

**DSU:** Dispositivo utilizado como interface entre una señal E1 (2.048 Mb/s) (G.703) y un DTE (*Data Terminal Equipment*) (X.21 y V.35).

**EM-OS** (*Equipment Management Operation System*)

**EML** (*Element ML*)

**FM:** multiplexor flexible (*flexible multiplexer*)

**FS:** Señal de comienzo de trama (*frame start signal*)

**FTAM:** (*File Transfer and Access Management*) y CMIP.

**GATEWAY.** Se denomina así a la WorkStation que funciona en el ámbito de todo el modelo de capas para convertir los protocolos de ISO a UNIX. Interconectan redes de características diferentes con simulación de protocolos.

**GNE:** elemento de red de cabecera (*gateway network element*)

**LME:** (*Layer Management Entity*). Lógica incorporada a cada capa del modelo para permitir la gestión de la red. Estas entidades se encuentran distribuidas.

**MHS** (*Message Handing System X.410*).

**MIB:** (*Management Information Base*).

**MUX:** Multiplexor (*multiplexer*)

**NEL** (*Network Element Layer*)

**NML** (*Network ML*)

**NSAP:** Punto de acceso al servicio de red (*network termination*)

**OC-1** (*Optical Carrier level 1*).

**PCM** (Modulación de Pulsos Codificados)

**PDH:** Jerarquía digital plesiócrona (*Plesiochronous Digital Hierarchy*)

**POH:** tara de trayecto (*path overhead*)

**ROSE:** (*Remote Operation Service Element*). ISO 9072. ROSE permite realizar una operación en otro sistema (origen *invoker* y recipiente *performer*).

**ROSH:** Tara de seccion de regeneración (*regenerator section overhead*)

**SDH:** Jerarquía digital síncrona (*synchronous digital hierarchy*)

**SMAP** (*System Management Application Process*). Es el software local responsable de la gestión. Puede ser coordinado con SNMP. Permite normalmente una visualización en formato Windows (*Open View*).

**SML** (*Service ML*)

**SMN**: Red de gestión de SDH (*SDH management network*)

**SMS**: Subred de gestión de SDH (*SDH management subnetwork*)

**SOH**: Tara de seccion (*section overhead*)

**SONET** (*Synchronous Optical NETWORK*)

**STM-1** : Modulo de Transporte Síncrono de Nivel 1 (*Synchronous Transport Module level 1*).

**STS-1** (*Synchronous Transport Signal Level 1*)

**SWITCH**. Funciona en el ámbito de capa 2a (MAC), procesan direcciones y no modifican el contenido.

**ROUTER**. Funciona en el ámbito de capa 3 y por ello requiere un análisis del protocolo correspondiente IP (ISO o UNIX).

**ROUTING**. Se entiende por routing el proceso que permite la interconexión de redes.

**TMN**: Telecommunication Management Network

**Transceiver**: dispositivo que permite la conectividad entre el Hub (AUI) y un elemento de red (ThinLan 10Base-2, Fibra Óptica 10Base-FL, Twisted-Pair 10Base-T).

**VC**: contenedor virtual: (*Virtual Container*)

**WDM**: Multiplexación por división de longitud de onda (*wavelength-division multiplexing*)

## RESUMEN

La necesidad de armonizar los diferentes estándares internacionales de transmisión numérica, unida a la petición de potentes funciones de gestión y de supervisión, sea por el control de la calidad de los flujos, sea por la gestión de los enrutamientos y de las reconfiguraciones de red, han facilitado el desarrollo de una jerarquía de multiplexación sincrónica.

En el curso, después de algunas referencias sobre la jerarquía plesiócroma (PDH) en la cual se evidencian los aspectos conceptuales más significativos, se ilustran los principios de constitución de la jerarquía SDH, las estructuras numéricas fundamentales los criterios y el over-head disponible por el ejercicio y la manutención. Particular énfasis es dedicada a la descripción de las protecciones de red y a las alarmas, a los aparatos disponibles y a los aspectos de gestión sea a nivel de elemento transmisor que a nivel de red.

La jerarquía digital sincrónica es una alternativa de evolución de las redes de transporte que nace debido al acelerado crecimiento de las actuales redes de transmisión, demanda de nuevos servicios y aparición de nuevos operadores de red. SDH satisface las exigencias de flexibilidad y calidad que requiere un mercado que esta continuamente en cambio. Además de esto, SDH beneficia también a las empresas operadoras en cuanto a la optimización de su rentabilidad, reducción de costos de operación y mantenimiento y facilidad de supervisión.

La potencia del administrador es una de las claves de la SDH, siendo posible controlar, desde un punto centralizado, todos los equipos de interconexión incluyendo líneas y multiplexores. También las alarmas detectadas, el nivel de calidad proporcionado, la gestión de los anchos de banda y la provisión de rutas de back-up pueden ser implementados con mucha mayor facilidad que en los sistemas anteriores de transmisión.

La interrupción del tráfico provocado por la caída de una fibra entre dos nodos puede ser solventada inmediatamente si se disponen de configuraciones en anillo, las más habituales, o de enlaces alternativos.

Estas funcionalidades unidas a la redundancia de los mismos sistemas de transmisión hacen que las infraestructuras SDH sean seguras y flexibles.

El trabajo esta dividido así, el primer capitulo se hablara de cómo evoluciono el sistema de redes de transporte hasta SDH, en el segundo capitulo contempla las principales características de la de la tecnología SDH, en el tercer capitulo se presenta la forma como se hace la gestión en redes y en el cuarto y ultimo capitulo se hace referencia a ejemplos de cómo se utiliza la gestión en redes sdh.

## INTRODUCCION

El desarrollo y aplicación en la sociedad de las nuevas tecnologías de las comunicaciones, las redes de computadoras y la transmisión de datos han alcanzado niveles que hacen que el desarrollo de un país se decida en parte por el nivel de introducción y aplicación a estas técnicas. Esto reclama de la formación de profesionales conocedores de las nuevas tecnologías de las telecomunicaciones, capaces de asimilarlas y aplicarlas para dar solución a los servicios que demanda la sociedad actual y que permiten dar solución a las tareas de la ciencia, la técnica, la economía y en particular aquellas que requieran de la transferencia de información entre computadoras.

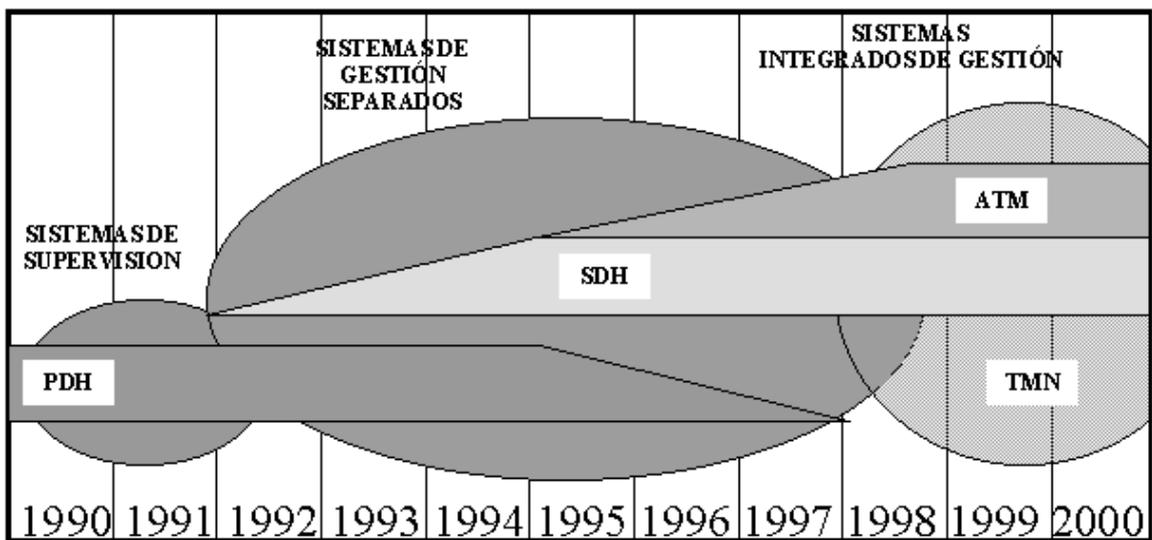
La cada vez más creciente complejidad que presentan las redes y su dispersión geográfica manifiestan serios obstáculos para una gestión efectiva de la infraestructura y del sistema. Los administradores de red actualmente deben lidiar con temas como el acceso a Internet, la seguridad de la red, el procesamiento cliente-servidor, la proliferación de aplicaciones dispersas, las demandas siempre cambiantes de los usuarios, los crecientes costos de los servicios y los recortes.

Para enfrentar estos desafíos es necesario contar con una solución integrada de gestión de la red y del sistema, que cumpla con los estándares internacionales y opere en un ambiente flexible. En este sentido, el administrador de red puede supervisar tanto grupos pequeños como grandes empresas desde una única plataforma de gestión.

En el desarrollo de este trabajo explicaremos la forma como se realiza la gestión en una red que opera con tecnología SDH, antes de introducirnos en ese tema haremos una breve reseña de la forma como se evoluciono hasta llegar a esta tecnología, además describiremos la tecnología a que se espera que las redes que utilizan SDH evolucionen en un futuro no muy lejano, mostraremos las ventajas y desventajas de utilizar este tipo de tecnología y los costos que debe asumir un administrador de red para mantenerla funcionando correctamente.

## 1. EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN Y LAS TECNOLOGÍAS DE LA RED DE TRANSPORTE

**Figura 1. Evolución de la red de transporte**



ATM Asynchronous Transfer Mode

SDH Synchronous Digital Hierarchy

PDH Plesiochronous Digital Hierarchy

TMN Telecommunication Management Network

<sup>1</sup>En este gráfico se muestra la evolución de la red de transporte basada en PDH, SDH y ATM, desde el año de 1990 hasta el 2000.

---

<sup>1</sup> **PARRA GUARIN , Marco Abel.** SDH Evolución de la red y estructura de multiplexación: Principios básicos, acrónimos y abreviaturas de la red de transporte basada en SDH. Primera Edición, Bogotá: El autor, 1999.

Inicialmente en los sistemas de gestión; la supervisión y control solamente detectaban el estado de algunas alarmas y un control simple para activar o desactivar algún dispositivo.

Hacia el futuro la TMN (Telecommunication Management Network) se ha constituido en una gran promesa como un sistema integrado de gestión para todas las redes incluyendo la red de servicios (informando hasta el cliente mismo), la red de transporte y los equipos o estructura física de la red de telecomunicación.

Pero como esto no es posible en la actualidad, se operan los sistemas de gestión separados los cuales se aproximan a objetivos TMN, en nuestro país, TELECOM cuenta con el sistema de gestión de tráfico telefónico, el sistema de red de gestión nacional que incluye la calidad del servicio y la vigilancia de alarmas a nivel de conmutación telefónica. Igualmente se dispone de los sistemas de gestión SDH separados para: radio, fibra óptica y enlaces de los nodos alternos de conmutación telefónica y fleximux, gestión de equipos multiplexores flexibles y FRAME RELAY, gestión de la red de banda ancha (ATM), entre otros.

Las tecnologías mas empleadas son la PDH o Jerarquía Digital Plesiócroma que fue estable hasta el año 1994, pero a partir de este año hasta 1996 el mercado bajo en el ámbito mundial, nadie quería adquirir esta tecnología sino evolucionar hacia SDH y transportar elementos SDH a través de los enlaces existentes de PDH y para los nuevos operadores y en redes operativas, como una opción el IP directo sobre SDH o fibra óptica.

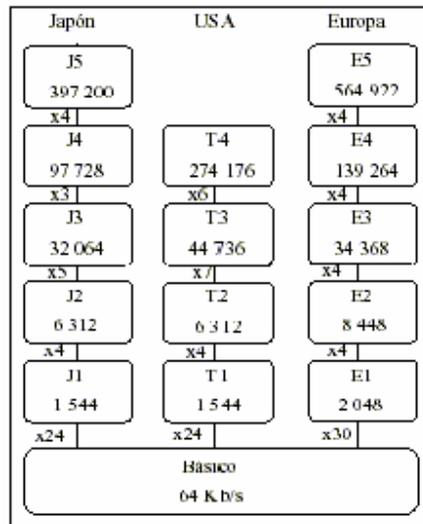
La SDH (Jerarquía Digital Síncrona) como una nueva tecnología de la red de transporte, empieza su comercialización desde el año de 1992 hasta 1994, el futuro se dice que es bastante estable. La evolución de SDH continúa a nivel de los multiplexores flexibles tipo SDH para la red de acceso y la inserción de la tecnología SDH dentro de las centrales de conmutación digital, mejorando su funcionalidad e interconexión.

Por ultimo el Modo de Transferencia Asíncrono (ATM) continúa en evolución; para algunos se estabilizó en 1998. Nuestro país ya cuenta con pequeñas redes ATM que soportan la redes de datos sobre FRAME RELAY y otros servicios como videoconferencia y redes corporativas. Se adelanta un proyecto de mayor cubrimiento de una red de transporte basada en ATM

sobre SDH, vista como la convergencia o metamorfosis hacia los nuevos servicio de banda ancha.

## 2. JERARQUIA DIGITAL PLESIOCRONA. PDH.

Figura 2. Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH).<sup>2</sup>



<sup>3</sup>La PDH o la Jerarquía Digital Plesiócrona es la técnica de multiplexación cuya jerarquía esta dada por ITU-T Rec. G.702. representadas en la **Tabla 1**.

<sup>2</sup> <http://www.cec.uchile.cl/~jsandova/el64e/clases/sdh.pdf>

<sup>3</sup> **PARRA GUARIN , Marco Abel.** SDH Evolución de la red y estructura de multiplexación: Principios básicos, acrónimos y abreviaturas de la red de transporte basada en SDH. Primera Edición, Bogotá: El autor, 1999.

**Tabla 1: Velocidades PDH**

DS 1	2048±50 ppm	E <sub>1</sub>
DS 2	8448±30 ppm	E <sub>2</sub>
DS 3	34368±20 ppm	E <sub>3</sub>
DS 4	139264±15 ppm	E <sub>4</sub>

Y

DS 1	1544±50 ppm	T <sub>1</sub>
DS 2	6312±30 ppm	T <sub>2</sub>
DS 3	44736±20 ppm	T <sub>3</sub>

Es importante recalcar que cada nivel jerárquico de las señales digitales tiene un valor permitido de variación de allí el nombre de plesiócrona o casi síncrona. En los sistemas en servicio PDH, se utilizan bits de encabezamiento los cuales se emplean para cumplir con algunas funciones primarias, tal como el reporte de alarmas remotas y pérdida de alineamiento de trama; sin embargo su capacidad es bastante pequeña y solo satisface los requisitos mínimos en orden de no incrementar la velocidad de transmisión.

El sistema de multiplexación PDH fue desarrollado por AT&T en Estados Unidos a principios de los años sesenta, ya que por aquel entonces ya se empezaba a utilizar la transmisión digital de la voz entre centrales. Un poco más tarde en Europa la ITU-T (entonces CCITT) diseñó otro sistema pero tomando decisiones diferentes en cuanto a la forma de multiplexar los canales, lo cual produjo un sistema incompatible con el americano, tanto en las velocidades de la jerarquía como en la estructura de las tramas. Por su

parte Japón decidió seguir la versión americana de PDH hasta el nivel 2 de la jerarquía (6,312 Mb/s) pero creó la suya propia para el nivel 3; hay por tanto tres sistemas incompatibles de PDH. Como consecuencia de ello los enlaces telefónicos transoceánicos necesitan el uso de costosas y caras cajas negras que conviertan de sistema a otro. Dicho en pocas palabras, el sistema telefónico digital mundial basado en PDH es un desastre.

La incompatibilidad intercontinental es el problema más grave que presenta el sistema PDH, pero no es el único. Además se dan los siguientes inconvenientes importantes:

- Fue diseñado pensando en sistemas de transmisión de cable coaxial y microondas, y no en fibra óptica (entonces inexistente); por consiguiente la PDH no utiliza la fibra óptica eficientemente.
- No dispone de un sistema de gestión y redundancia apropiados. Por ejemplo se puede crear una red en forma de anillo para conseguir una mayor fiabilidad, pero en ese caso los enlaces PDH han de ser reconfigurados a mano; no está previsto en la tecnología PDH estándar un mecanismo que permita la conmutación automática de circuitos por un camino alternativo.
- El hecho de ser una transmisión plesiócrona (los bits de relleno utilizados para forzar el sincronismo) impide extraer directamente canales de voz

cuando se encuentran en tramas de jerarquía superior a T1 o E1. Por ejemplo para extraer (o sustituir) un canal de 64 Kb/s de una línea E3 es necesario desmultiplexar el E3 en sus cuatro E2, y el E2 correspondiente en sus cuatro E1 para entonces acceder al canal deseado en el E1 correspondiente. Esto requiere instalar equipos más costosos en todas las centrales.

## **2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA PDH.**

- La PDH tiene una multiplexación asincrónica en una red plesiócrona,
- En la PDH la estructura de trama es distinta en cada orden jerárquico y no se encuentra estandarizada por encima de 140 Mb/s,
- En PDH el intercalado es de bit y se adopta la justificación positiva, en la PDH cada nivel se encuentra sincronizado con el otro extremo y es plesiócrono con los otros niveles superior e inferior,
- En la PDH el nivel que ocupa el equipo de transmisión (radio-enlace o fibra óptica) genera una nueva trama de velocidad levemente superior al multiplexor. En dicha trama se agrupan: bits de paridad para el control de la tasa de error BER; canales de servicio para comunicación a nivel de telefonía en el mantenimiento; canales de datos para operación del sistema entre ellos el sistema de telesupervisión y el sistema de conmutación automática para la protección por redundancia de equipos.

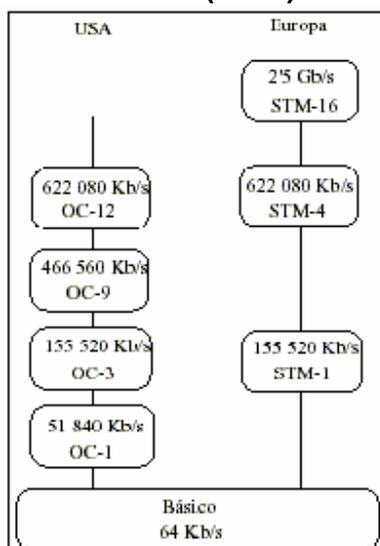
El conjunto de estas informaciones, entre otras, se agrupa en una trama no normalizada que depende del diseñador y de la empresa.

## **2.2 DESVENTAJAS DE LA PDH:**

- La estructura de trama de las centrales hecha por entrelazamiento de octetos a 64 Kbits/s. es síncrona, por tanto el empleo de la justificación para adoptar temporización se vuelve innecesario.
- El entrelazamiento de bits hace que canales a 64 Kbits/s. pertenecientes a un tramo de tráfico solo se puedan bifurcar hasta que se demultiplexa a nivel de múltiplex primario.
- Los canales de  $n$  64 Kbits/s que no se puedan incluir bajo el múltiplex primario no se pueden tramitar de ninguna otra forma por la red.
- La información de mantenimiento no está asociada a vías completas de tráfico, sino a enlaces individuales, por lo cual el procedimiento de mantenimiento para una vía completa es complicado.

### 3. JERARQUÍA DIGITAL SINCRONA. SDH.

Figura 3. Jerarquía Digital Síncrona (SDH)



<sup>4</sup>El estándar de la nueva jerarquía se empezó a desarrollar en Estados Unidos bajo el nombre de **SONET** (Synchronous Optical NETWORK) y posteriormente, en 1989, el CCITT (actualmente ITU-T) publicó una serie de recomendaciones donde quedaba definida la nueva jerarquía con el nombre de SDH (Synchronous Digital Network).

La jerarquía síncrona tiene en cuenta la mejora conseguida en los sistemas de transmisión mediante el uso de componentes ópticos (fibra y láseres) por lo que

---

<sup>4</sup> <http://www.cec.uchile.cl/~jsandova/el64e/clases/sdh.pdf>

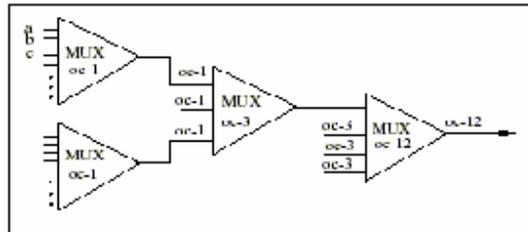
considera que su implantación se realizará utilizando este tipo de equipos. No obstante, y por motivos de compatibilidad con los sistemas anteriores, define también las características de los interfaces eléctricos de transmisión.

- Bajo el estándar de SONET el primer flujo de la jerarquía es 51.84 Mb/s, y se denomina **STS-1** (Synchronous Transport Signal Level 1) u **OC-1** (Optical Carrier level 1). La primera hace referencia a la señal eléctrica y la segunda a la señal óptica.

La numeración bajo este esquema es muy sencilla: el nivel STS/OC-12 (622.08 Mb/s) equivale a 12 circuitos STS-1 multiplexados, a 4 circuitos STS-3 o a un único flujo de 622.08 Mb/s. En este última caso, cuando todo el circuito esta siendo utilizado por una única señal, se dice que es una línea **concatenada** y se identifica añadiendo una **c** detrás del identificador (por ejemplo OC-3c).

- Bajo el estándar del **ITU-T** el primer flujo es el de 155.52 Mb/s (tres veces mayor que el de SONET), y recibe el nombre de **STM-1** (Synchronous Transport Module level 1). Al igual que en SONET, la multiplexación de varios canales de un nivel en una única señal da como resultado otra de un nivel jerárquico superior, así la tasa de bits de STM-4 es cuatro veces mayor que la de STM-1.

**Figura 4. Red SONET.**



En la anterior figura se puede ver cómo las distintas señales de entrada a la red SONET (señales tributarias) se van multiplexando y transportando en distintos niveles de la jerarquía.

### **3.1 DESCRIPCIÓN DE LA SDH.**

<sup>5</sup>La existencia de diversas jerarquías digitales (la europea y la Americana), hacen que cuando el tráfico sobrepasa las fronteras nacionales, haya necesidad de efectuar conversiones generalmente costosas para llevar la señal a otro país. Esto y las desventajas de la PDH actual que nombramos anteriormente forzaron a crear una jerarquía digital que proporcionara un standard mundial unificado que a su vez ayude a que la administración de la red sea mas efectiva y económica. Además satisface las demandas de nuevos servicios y más capacidad de transmisión, por parte de los usuarios.

---

<sup>5</sup> <http://einstein.univalle.edu.co/proyectos/comunicaciones/jredes.html>

Aparte de ser un standard mundial y ofrecer un método de multiplexación síncrona, SDH involucra un concepto muy importante: el de red estratificada en capas, estudiaremos la SDH en su estructura básica.

### 3.2 ESTRUCTURA BÁSICA DE SDH

SDH trabaja con una estructura básica según lo define la CCITT. Esta estructura es llamada trama básica, la cual tiene una duración de 125 microsegundos, y corresponde a una matriz de 9 filas y 270 columnas, cuyos elementos son octetos de 8 bits, o sea que se repite 8000 veces por segundo, su velocidad binaria será:

$$19440 \cdot 8000 = 155520 \text{ Kbits/seg.}$$

Esta trama básica recibe el nombre de STM-1 " Modulo de Transporte Síncrono de Nivel 1" (STM-1, Synchronous Transport Module 1).

En la trama se distinguen tres áreas:

- Tara de Sección (Section OverHeat).
- Punteros de AU (AU pointer).
- Carga Útil (Pail Load).

### 3.3 CONTENEDOR VIRTUAL (VC).

Para que un tributario pueda entrar a formar parte de la carga útil de un STM-1 previamente debe ser empacado adecuadamente, para ello se procesa con el fin de convertirlo en un contenedor virtual (VC: Virtual Container). Este VC es una señal síncrona en frecuencia con el STM-1 y ocupara un determinado lugar entre la sección de carga útil de la trama.

### 3.4 VELOCIDADES BINARIAS EN SDH.

Las velocidades de bit para los niveles mas altos de las jerarquías SDH van de acuerdo al nivel N del Modulo de Transporte Síncrono (STM). Según la recomendación G.707 del CCITT estas velocidades son:

**Tabla 2: Velocidades SDH**

Nivel	Señal	Velocidad	Velocidad Real
1	STM-1	155.520 x 1	= 155.520 Mb/s
4	STM-4	155.520 x 4	= 622.080 Mb/s
16	STM-16	155.520 x 16	= 2.488.320 Mb/s

A diferencia de la jerarquía digital plesiócrona, aquí la velocidad del STM-N se obtiene multiplicando la velocidad del modulo básico STM-1, por N, donde N es un entero.

### **3.5 TÉCNICA DE PUNTEROS.**

En la red síncrona todos los nodos y multiplexores SDH están controlados por un reloj muy estable. Sin embargo pueden surgir pérdidas de sincronismo en alguna parte de la red o puede ser necesario efectuar algún ajuste en los puntos donde el tráfico traspasa las fronteras nacionales. Esta tarea de ajustar el sincronismo, se realiza mediante los punteros. Estos indican la posición en que comienza una carga útil. Como cada octeto de una trama STM, tiene un número que lo identifica, el puntero indica uno de tales números, y es donde se encontrara el primer octeto de la carga útil asociada a dicho puntero. De esta forma la carga útil puede por así decirlo "flotar" en una trama STM, pues siempre su posición estará indicada por el puntero.

### **3.6 SDH: RED ESTRUCTURADA EN CAPAS**

Una red basada en SDH proporciona los medios para transportar los contenedores entre diversos puntos, para cargar y descargar contenedores de los STM-1 y para transferir contenedores de un medio de transporte a otro (STM-N). Estas acciones determinan las funciones básicas que se deben realizar en una red SDH. En los puntos de acceso a la red se ensamblan los VC adecuados a la señal a transmitir, una vez conformado el VC debe ser transportado a través de la red, durante el viaje del VC por la

red SDH puede presentarse el caso en que un VC o varios deben ser descargados del STM-1 o también casos en que deban ser cargados en los STM-1. En su recorrido por la red, el VC pasara por diferentes rutas y con diferentes velocidades.

### **3.7 SINCRONIZACIÓN.**

En todo sistema de transmisión digital, la sincronización debe garantizarse en tres niveles diferentes; para transmisión de datos estos niveles son bit, carácter y mensaje. Para transmisión PCM (Modulación de Pulsos Codificados) los niveles son: bit, intervalo de tiempo y trama.

Para transmisión de datos existen dos técnicas de enfrentar la sincronización: Transmisión asíncrona: Cuando los datos viajan por el canal sin una velocidad fija, es decir que el tiempo que transcurre desde la transmisión de un dato, hasta la transmisión del próximo dato es variable.

Transmisión síncrona: En este caso los datos son transmitidos a una velocidad fija de bits, por una línea que mantiene viva aun cuando no se esté enviando información. En los sistemas PCM la transmisión es siempre síncrona pues el receptor deriva su propia temporización de la señal

entrante, mientras los alineamientos de intervalo y de trama se obtienen utilizando un formato predeterminado.

En general se puede decir que muchas de las ventajas de una red digital de telecomunicaciones, son solo factibles en una arquitectura de red síncrona. Sin embargo es difícil que todas las temporizaciones de la red tengan la misma frecuencia instantánea.

### **3.8 MULTIPLEXACIÓN EN SDH**

Para la multiplexación de las distintas señales de información en SDH se utiliza la técnica de intercalado de octetos (bytes) que se realizan mediante una serie de operaciones básicas denominadas: correspondencia, mapeo, alineamiento y multiplexación.

#### **3.8.1 Correspondencia**

Es el procedimiento por el cual se adaptan los tributarios a los contenedores en los puntos de entrada de la red SDH.

### **3.8.2 Mapeo**

Es el proceso mediante el cual se adicionan los bytes de encabezado de sección al contenedor para convertirlo en un contenedor virtual.

### **3.8.3 Alineamiento**

Se debe asignar una localización al contenedor virtual dentro de la carga útil de la trama que lo está transportando, para permitir un fácil desensamblaje en los puntos que así lo requieran. También se realiza un ajuste a las variaciones de velocidad para su estabilización a los tributarios sincrónicos de la red SDH, lo cual permite que la posición se modifique de manera que el contenedor virtual flote en la carga útil. Todas estas operaciones se complementan con los punteros.

### **3.8.4 Multiplexación**

En este proceso se adaptan los contenedores virtuales de bajo orden (trayectos de orden inferior), a los de alto orden (trayectos de orden superior) y para adaptar los contenedores de alto orden a los STM-n (sección de multiplexación).

Para facilitar la multiplexación e interconexión eficiente de las señales en una red sincrónica se permite que el VC-4 fluctúe dentro de la capacidad de carga de tráfico proporcionada para las tramas STM-1, esto significa que el VC-4 puede comenzar en cualquier punto de la capacidad de carga de tráfico de STM-1 y es poco probable que este contenido pase entero en una trama siendo lo más real que el VC-4 comience en una trama y termine en la siguiente.

### **3.9 FORMACION DE STM-1**

La estructura digital SDH esta basada en el STM-1, el cual esta formado por una velocidad de trama de 155,52Mbits/seg. capaz de transportar tributarios de redes PDH en todas sus capacidades y para todas las normas internacionales existentes. Para profundizar un poco en las posibilidades de transporte SDH es preciso explicar los distintos procesos de su formación, es así que mediante la norma G.707 se estandariza el formato STM-1 para dar cabida a las señales que se utilizan universalmente según la recomendación G.702. Como ya se ha mencionado previamente, a partir de esta velocidad de bits básica se establece con las jerarquías comúnmente denominadas módulos de trama síncrono de orden n o sea los STM-N.

Toda la información correspondiente a servicios son transportados a través de los sistemas SDH en una "caja" denominada "contenedor virtual" VC ó virtual container. Dependiendo del tamaño de esta información esta se ubica en contenedores diferentes:

### **3.9.1 Contenedores virtuales de orden inferior**

- VC-11 tamaño equivalente a 1,5 Mbit/seg
- VC-12 tamaño equivalente a 2 Mbit/seg
- VC-2 tamaño equivalente a 6,3 Mbit/seg
- VC-3 tamaño equivalente a 34 y 45 Mbit/seg

### **3.9.2 Contenedores virtuales de orden superior**

- VC-3 tamaño equivalente a 34y 45 Mbit/seg
- VC-4 tamaño equivalente a 140 Mbit/seg

Se considera un VC como una unidad a ser procesada dentro del sistema SDH, efectuándole multiplexaje cross-conexión, etc, hacia una misma apariencia para luego adicionarle una información necesaria para la gestión

de extremo entrante a extremo saliente (encabezado de sección SOH), lo que en la mayoría de los casos es llamado ensamble desensamble.

Para mayor comprensión de la tecnología SDH se explicará a continuación la formación del STM-1 tomando el caso de un contenedor de alto orden C-4 a partir del tributario asíncrono de 139,264 Mbit/seg y además uno de bajo orden como el de 2 Mbit/seg.

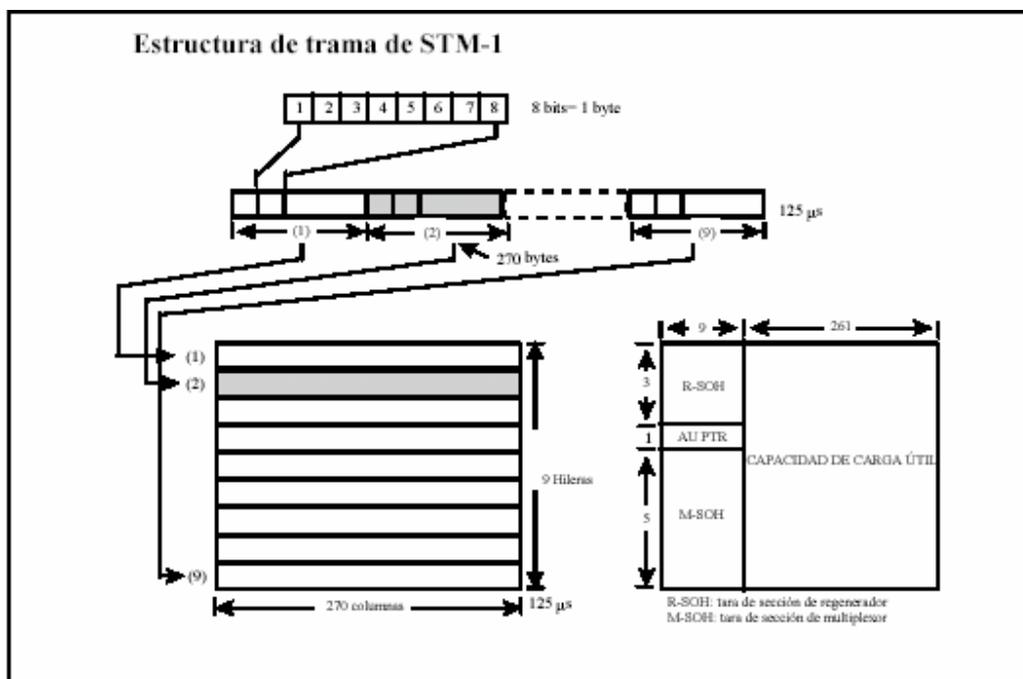
### **3.10 ESTRUCTURA DE LA TRAMA STM-1**

La trama STM-1 de SDH se ha descrito como el nivel básico de las posibilidades de transporte SDH y se visualiza por medio de un arreglo de octetos compuestos por 9 filas por 270 columnas según la recomendación G.708 de la UIT-T. La duración de la trama es de 125  $\mu$ seg y el orden de transmisión de los octetos es fila por fila de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, de manera que después del byte correspondiente a la fila 1 columna 270, le sigue el de la fila 2 columna 1. La velocidad binaria que resulta de esta matriz organizada así es de  $9 \cdot 270 \cdot 8 \text{ bits} / 125 \mu\text{seg}$  que es igual a 155,520 Mbit/seg, la cual se considera la unidad de transmisión básica. Cada byte u octeto dentro de esta trama representa una velocidad de 64 Kbit/seg.

La trama esta dividida en dos elementos fundamentales correspondientes al encabezado de sección y un contenedor virtual VC-4. las primeras 9 columnas y 9 filas son utilizadas para el encabezado de sección (SOH) exceptuando la fila 4 que es utilizada como puntero de unidad administrativa, el resto de las 261 columnas y 9 filas pertenecen a la carga útil en donde se multiplexa un VC-4 ó tres VC-3, ver **Figura 5**.

Las distintas señales tributarias se ensamblan en el VC-4 con el fin de ser transportadas invariables a través de la red SDH.

**Figura 5. Estructura de la trama de STM-1**



La SOH se divide en SOH del repetidor (R-SOH), que cubre de la primera fila a la tercera fila y el SOH del multiplexor (M-SOH) que cubre de la quinta a la novena fila. Los R-SOH son accesibles desde el multiplexor y el repetidor, pero los M-SOH de los multiplexores. Este encabezado de sección desempeña funciones tales como alineamiento de trama, monitoreo de error y canales de datos auxiliares.

Los AUPTR ó punteros de unidad administrativa son secuencias de octetos que identifican las posiciones de comienzo de los tributarios contenidos en la carga útil. La carga útil corresponde a la información (voz y / o datos) que es transportada en la trama como: afluentes sincrónicos o asincrónicos de cualquier jerarquía existente o de banda ancha (B-ISDN).

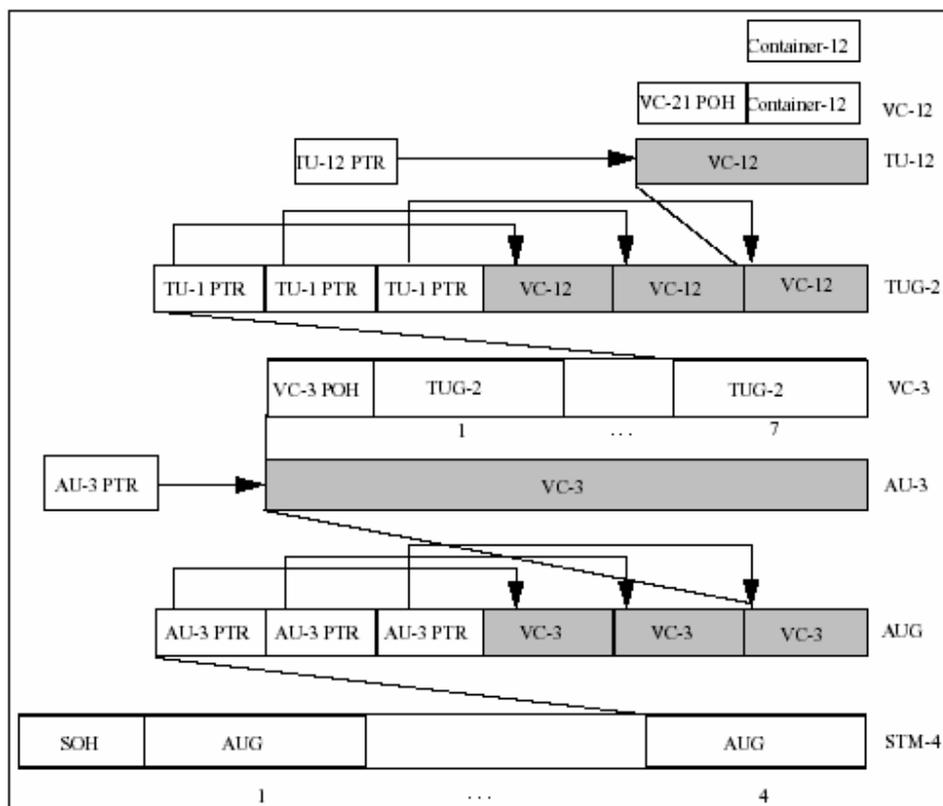
La trama de la señal STM-1 tiene una capacidad total de 2430 bytes de 8 bits (19440 bits por trama). La tasa de repetición de la trama o "tasa de trama" es de 8000 tramas por segundo para la duración de 125  $\mu$ seg.

### **3.11 ESTRUCTURA DE LA TRAMA STM-4**

La señal STM-4 se ensambla mediante el entrelazado de bytes de 4 señales STM-1 paralelos sincronizados con respecto a la trama. Por lo tanto un mapa bidimensional de la trama de señal STM-4 dispone de las mismas 9

filas de fondo que la STM-1, pero consta de 1080 columnas, es decir 4 veces 270 columnas de STM-1 siendo su capacidad por consiguiente de 9720 bytes de 8 bits ó 77760 bits por trama y una tasa de repetición por trama de 8000 tramas por segundo para una tasa de 622,08 Mbit/seg.

**Figura 6. Estructura de la trama STM-4**



El mapa bidimensional de una señal STM-4 se ensambla tomando columnas individuales de cada una de las cuatro estructuras STM-1 e intercalándolas en una secuencia repetitiva.

Se empiezan por las primeras columnas de cada STM-1, se toma una columna de la señal STM-1 número1 seguida de una columna de la señal STM-1 número 2, seguida a su vez de una columna de la STM-1 número3 y segunda finalmente de una columna de la STM-1 número 4. Esta secuencia se repite 270 veces hasta que todas las columnas quedan ensambladas en la estructura de la trama STM-4.

Las primeras 36 columnas de STM-4 son los bytes del encabezado de sección, las restantes 1044 son ocupadas por las 4 señales VC-4 asociadas a las 4 STM-1.

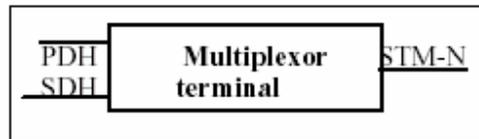
### **3.12 EQUIPOS PARA SDH**

Los equipos necesarios en una red SDH son los siguientes:

- Multiplexor Terminal.
- Multiplexor Add-Drop.
- Multiplexor Cross-Connet.

### 3.12.1 Multiplexor terminal.

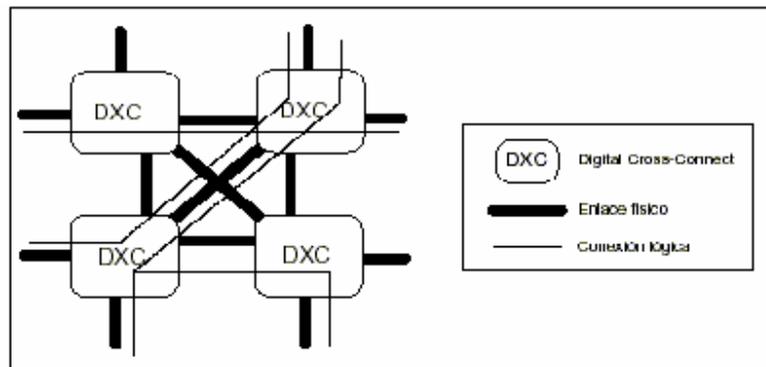
Figura 7. Multiplexor terminal



La función del multiplexor terminal es combinar las funciones de interfaz, ensamblado y desensamblado de los diversos paquetes.

### 3.12.2 Cross-connect.

Figura 8. Cross-connect.



El cross-connect realiza el enrutamiento del tráfico entre nodos de la red y se puede clasificar de acuerdo al tipo de vc que intercambie y al nivel jerárquico de las señales. Se pueden clasificar en 3 tipos: los que realizan

intercambio a nivel VC-4 o a nivel superior, los que realizan intercambio a nivel del VC de orden inferior y los que son combinaciones de los anteriores.

**Figura 9. Cross Conector DXC 4/1<sup>6</sup>**

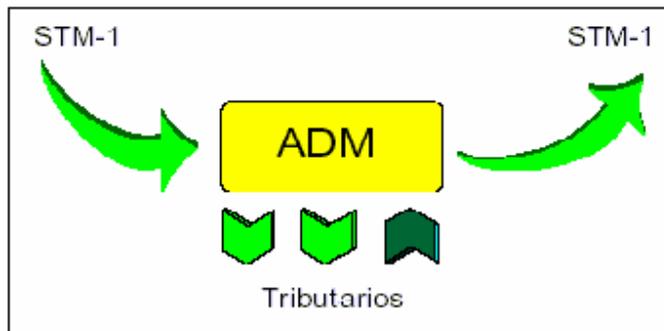


### **3.12.3 Multiplexor ADD-DROP (ADM)**

**Figura 10. Multiplexor ADD-DROP (ADM)**

---

<sup>6</sup> [http://www.ericsson.com.mx/multi-servicenetworks/dbo/cross\\_conector\\_4\\_1.shtml](http://www.ericsson.com.mx/multi-servicenetworks/dbo/cross_conector_4_1.shtml)



Una de las ventajas que permite el uso de punteros en la jerarquía SDH es la posibilidad de efectuar la operación de extracción e inserción de canales (Add-Drop, antes conocida como Drop-Insert) y la de conexión cruzada (Cross-Connect), ambas en una manera simple desde el punto de vista del hardware utilizado. La función Add-Drop, que se describe a continuación, es una función estándar del equipo multiplexor. Es decir, mediante programación software se puede seleccionar la operación multiplexor terminal o Add-Drop.

Mediante los punteros se puede efectuar la operación Add-Drop de extracción e inserción de un contenedor en el módulo de transporte completo.

Un multiplexor con la operación Add-Drop permite efectuar las siguientes funciones:

- -Multiplexación (inserción y extracción de canales);

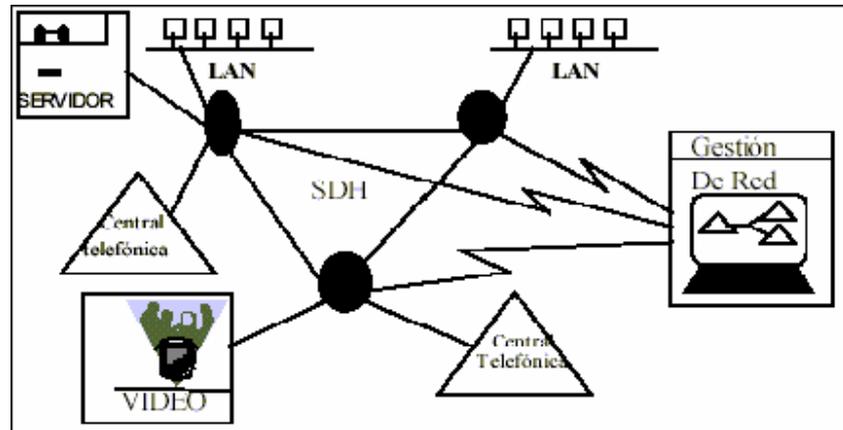
- -Transporte (terminal de línea o radio-enlace);

### **3.13 CARACTERÍSTICAS QUE OFRECE SDH:**

- Nuevas topologías de red especialmente en la parte de acceso.
- Acceso directo a afluentes de baja velocidad sin tener que demultiplexar toda la señal que viene a alta velocidad, como ocurre con la PDH actual.
- Facilidad de multiplexación y demultiplexación.
- Mejor capacidad de operación, administración y mantenimiento.
- Adopción de canales auxiliares estandarizados.
- Estandarización de interfaces.
- Fácil crecimiento hacia velocidades mayores, en la medida que lo requiera la red.
- Implementación de sistemas con estructura flexible que pueden ser utilizados para construir nuevas redes (incluyendo LAN, MAN, ISDN).
- La SDH nace como una solución a la PDH.

### 3.14 GESTIÓN EN SDH

Figura 11. Gestión de red SDH



La SDH es la primera tecnología que incluye dentro de las normas que la soportan, algunas dedicadas a especificar las facilidades de gestión bajo las directrices de la TMN (telecomunicación management network). La TMN se concibe como una red superpuesta a la red de telecomunicaciones, que interactúa con ella a través de interfaces normalizadas en ciertos puntos y obtiene información que le permite monitorear y controlar su operación. Su objetivo es dar soporte par a gestión a los operadores de la red.

El crecimiento en capacidad, tamaño y complejidad de las redes de telecomunicaciones, hace que su manejo sea cada vez más exigente en cuanto al empleo de herramientas que permitan gestionar los elementos y actividades que mantengan la calidad del servicio en los niveles requeridos,

a unos costos razonables. Otros factores que presionan la optimización en el manejo de la red de telecomunicaciones, son la demanda de calidad por parte de los usuarios, las elevadas pérdidas que ocasionan las interrupciones del servicio debido al creciente volumen de datos que transporta la red, y el ambiente de competencia en el sector.

Una necesidad evidente, ante la coexistencia de diversos tipos de sistemas y de fabricantes en una misma red de telecomunicaciones y ante la interacción de diferentes redes, es la normalización e integración de redes de gestión.

### **3.15 GENERALIDADES**

Con el propósito de comprender de una manera objetiva los conceptos de la gestión en SDH, es preciso conocer algunos elementos que facilitan su operación y funcionalidad como son las taras y los punteros razón por la cual se dan a conocer los aspectos básicos del contenido de estas entidades, así como las funciones esenciales encaminadas a organizar de manera inteligente la operación y administración de la red.

En los sistemas en servicio PDH, se utilizan bits de encabezamiento los cuales se emplean para cumplir con algunas funciones primarias, tal como

el reporte de alarmas remotas y pérdida de alineamiento de trama; sin embargo su capacidad es bastante pequeña y solo satisface los requisitos mínimos en orden de no incrementar la velocidad de transmisión. Esencialmente los bits de encabezamiento en PDH y en SDH son los mismos, solo que los de SDH disponen de una enorme capacidad para transmitir enormes cantidades de información OAM & P. Con el propósito de facilitar esta labor de OAM & P en una red SDH se han definido como ya se ha explicado anteriormente diferentes entidades de acuerdo a su función específica, asignándole a cada una de estas secciones funciones propias según sea su objetivo en la red de transporte síncrona, separando para cada caso los dos tipos de datos involucrados en la trama como son las señales tributarias generadoras de impares y las señales auxiliares de red, denominada encabezado.

Las señales del encabezado global aportan las funciones que precisan la red para transportar eficazmente las señales tributarias a través de la red SDH.

El encabezado integrado se divide en tres categorías que son:

- Encabezado de trayecto o ruta (POH)
- Encabezado de la sección múltipleora

➤ Encabezado de la sección del regenerador

Cada una de estas categorías proporciona su propio encabezado para las señales de soporte y mantenimiento asociados a la transmisión a través de dicho segmento. El encabezado de trayecto (SOH) aporta las posibilidades necesarias para sustentar y mantener el transporte del contenedor virtual entre los puntos de terminación de la ruta en los que se ensambla y desensambla el VC.

Tanto el encabezado de la sección del multiplexor (MSOH) como el encabezado de sección del regenerador residente en el área de encabezado de sección (SOH) de la trama STM-N. RSOH ocupa las filas 1 a 3 de las primeras 9 columnas y el MSOH ocupa las filas 5 a 9 de las primeras 9 columnas.

Un regenerador tomará el RSOH, verifica el monitoreo de error y podrá enviar datos por medio de los canales asociados. Un multiplexor que además de realizar las mismas operaciones sobre el RSOH, tendrá que leer y actualizar de ser necesario el MSOH, realizará funciones adicionales

como el estado de sincronismo y la conmutación de protección automática en caso de fallas.

### **3.16 PUNTEROS**

Se ha explicado que en una red SDH todos los nodos y multiplexores esta controlados por un reloj de mucha precisión, sin embargo debido a la multiplicidad de procedencias como es el caso de las conexiones internacionales pueden existir diferencias en las tramas por los distintos trayectos de propagación que causan pérdidas de sincronismo requiriéndose para ello realizar ajustes en algunos puntos de la red.

Esta tarea la efectúan los punteros porque además de controlar el sincronismo, también nos indican la posición exacta en que comienzan los contenedores virtuales.

La utilización de los punteros permite además insertar señales de datos en cualquier momento en forma de contenedor virtual en una trama de nivel superior sin empleo de buffer, además se consigue que en la operación de demultiplexaje se pueda localizar directamente cada canal de datos en la trama STM-N, sin necesidad de demultiplexar completamente un

determinado nivel de multiplexación para acceder al canal deseado como si sucede en la jerarquía Plesiócrona.

De acuerdo al contenedor virtual que se este referenciando, los punteros se clasifican en punteros de unidad tributaria y punteros de unidad administrativa.

### **3.16.1 Punteros de unidad tributaria**

Son los punteros de los TU-2, TU-3 y TU-12 usualmente se escribe en su representación como  $TU = VC + PTR$ , Se ubican en las primeras columnas del contenedor asociado, inmediatamente después del encabezado de trayecto y del relleno fijo en el caso de existir y se encuentran en los octetos denominados V1, V2, V3 y V4 en la multitrama.

Como las unidades tributarias TU-n son las estructuras de información que suministran la adaptación entre un VC de orden inferior y el VC de orden superior, se precisa de su puntero para indicar el offset del comienzo de la trama del VC del orden inferior relativo al comienzo de la trama del VC de orden superior.

### **3.16.2 Punteros de unidad administrativa**

Para el caso Europeo son los punteros de las AU-4 se suelen representar escribiendo  $AU-4 = VC-4 + PTR$ . Estos punteros se ubican en la fila 4, columnas 1 al 9 de la trama STM-1. Cada puntero de AU consta de tres octetos llamados H1, H2 y H3.

Los AU-3 en el estándar norteamericano como las unidades administrativas AU-n son las estructuras de información que suministran la adaptación entre la carga útil (VC de orden superior) y un STM-1 se precisa de su puntero que indique el offset del comienzo de la trama del VC de orden superior relativo al comienzo de la trama del STM-N.

### **3.17 ESTRUCTURA DE LOS PUNTEROS**

De manera generalizada se tiene que los punteros de alto orden como los de bajo orden constan de tres bytes estructurados.

Los bits que forman los punteros tienen para todos los casos funciones que son muy similares y que son justamente el objetivo fundamental de ellos como:

- · Indicar el comienzo de la carga útil.
- · Avisar de un cambio en el valor del puntero.
- · Justificación positiva (inserta un byte extra de relleno)
- · Justificación negativa (inserta un byte extra de información).

De acuerdo a la estructura de los punteros dentro de la trama, el empleo de los bits que aparecen en las gráficas es así:

### **3.17.1 Los Bits N:**

Se utilizan para actualizar el valor del puntero cuando sea necesario debido a cambios en la carga útil (introducción de nueva información) y toman los siguientes valores:

- 0110 Operación normal; el valor del puntero no se altera ó hay operaciones de justificación positiva ó negativa, alterándose solo una posición.
- 1001 Nuevos datos; La señal pasa a ocupar una nueva posición sin relación alguna con el valor anterior de puntero.

### **3.17.2 Los Bits SS**

Señalan el contenido de la carga útil que se transporta en el contenedor virtual. Si se trata de alto orden (AU-4, AU-3 Y TU-3) se indican como 10. En el caso de las otras unidades tributarias, se fijan así: 00 para TU-2, 10 para TU-12 y 11 para TU-3.

Los 10 bits ID indican en que momento se esta transmitiendo un tributario con su posición de inicio. Esto da una capacidad de direccionamiento de 0 a 1023 ( $2^{10}$ ).

La estructura del puntero de AU-4 por ejemplo y la numeración de la posición de inicio de la carga útil es la siguiente:

Según se ha mencionado en H 1 y H 2 está el valor del puntero que indica la posición de inicio del VC-4 dentro de la carga útil, con la numeración.

Las posiciones están numeradas de manera que cada posible inicio comprende tres bytes dentro de la carga útil y esta numeración del puntero va desde 0 a 782 ( $3 * 261$  bytes por trama).

De igual manera se observa como ejemplo la estructura del puntero de TU-12 el cual aparece distribuido en la multitrama de cuatro tramas, según se indico en la explicación para la formación del STM-1 a partir de tributarios de 2 Mbit/seg su duración es de 500  $\mu$ seg con cuatro tramas de 125  $\mu$ seg cada una.

Los posibles valores que puedan tomar los bits que representan el valor del puntero están en el rango de 0 a 139. Este rango resulta de la dimensión que tiene un VC-12 que es de 4 columnas por 36 filas (4 tramas de 9 filas), lo cual da como resultado ( $4 * 36$ ) 144 bytes, al cual se le restan los 4 bytes correspondientes a los bytes V 1, V 2, V 3 y V 4 del puntero, resultando en 140 posibles posiciones. Igual razonamiento se puede realizar para obtener el rango de los punteros de TU-3 (34,368 Mbit / seg.).

## 4. GESTIÓN EN REDES QUE UTILIZAN SDH

### 4.1 COMPARACIÓN ENTRE SISTEMAS DE GESTIÓN PDH Y SDH.

**Tabla 3: Comparación entre sistemas de gestión PDH y SDH.**

Modelo del sistema de gestión	PDH	SDH
Funciones	Telesupervisión	Red TMN
Alarmas, Control, G.821	Si	Si
Configuración red	No	Si
Protocolo comunicación	Polling	HDLC
Velocidad comunicación	64 kbit/s	192 y 576 kbit/s
Canal de comunicación	Independiente	SOH en STM-1
Unidad de supervisión	Separada	Integrada
Periféricos previstos	RS-232 (VDU+Print+Host)	LAN-Ethernet (workstation)
Interfaz y software	Propietario	Normalizados

<sup>7</sup>Los principios de **TMN** (Telecommunications Management Network) se especifican mediante ITU-T **M.3010** con el propósito de normalizar su utilización para las redes sincrónicas SDH.

-En **M.3020** se disponen de las interfaces;

-En **M.3180** la información de gestión;

-En **M.3200** un resumen de los servicios y

-En **M.3300** las facilidades de la interfaz F.

La arquitectura típica del sistema de gestión para las redes sincrónicas (su origen se remonta a 1988) contiene los siguientes componentes:

---

<sup>7</sup> [www.rares.com.ar/interest.htm](http://www.rares.com.ar/interest.htm)

#### **4.1.1 Elementos de Red NE.**

En una red SDH es el multiplexor terminal o Add-Drop, el equipo terminal de línea o repetidor, los circuitos Cross-Connect, el equipo de radio enlace y la fuente de sincronismo. Los elementos de red poseen hacia el exterior la interfaz F y Q que permiten la conexión con el sistema de operaciones.

#### **4.1.2 La interfaz F.**

Admite la conexión de una PC (*Notebook o Laptop*) como sistema de gestión local.

#### **4.1.3 Adaptador de Interfaz Q.**

Permite adaptar un elemento de la red NE ya existente a la TMN que se introduce. Los elementos de red SDH ya disponen de las interfaces Q y F. Téngase en cuenta que la interfaz Q3 es normalizada y la Qx es propietaria del fabricante.

#### **4.1.4 Elemento de Mediación.**

Permite la conexión entre el elemento de red y el sistema de operaciones mediante un canal de comunicación de datos normalizado.

#### **4.1.5 Sistema de Operaciones.**

Se trata de componentes informáticos para el proceso y presentación de la información.

Las funciones de una red de gestión se estructuran en 4 niveles (es decir, cada tipo de gestión se realiza en estratos diferentes) de acuerdo con **ITU-T**

##### **M.3010:**

-Gestión de sistema **BML** (Business Management Layer) para modelos de largo plazo, planes de servicios y tarifas.

-Gestión de servicio **SML** (Service ML) para la administración de órdenes de servicio.

-Gestión de red **NML** (Network ML) para gestión de alarmas, tráfico, rendimiento y configuración de la red.

-Gestión de elemento de red **EML** (Element ML) gestión de alarmas, tráfico, rendimiento y configuración del equipo.

-Gestión local del elemento de red **NEL** (Network Element Layer) para las funciones locales de gestión.

De esta forma la función de gestión de averías en el elemento de red es detectar alarmas, las cuales son filtradas (seleccionada de acuerdo con prioridad y origen) en la gestión de avería de red y presentadas en la gestión de avería de servicio.

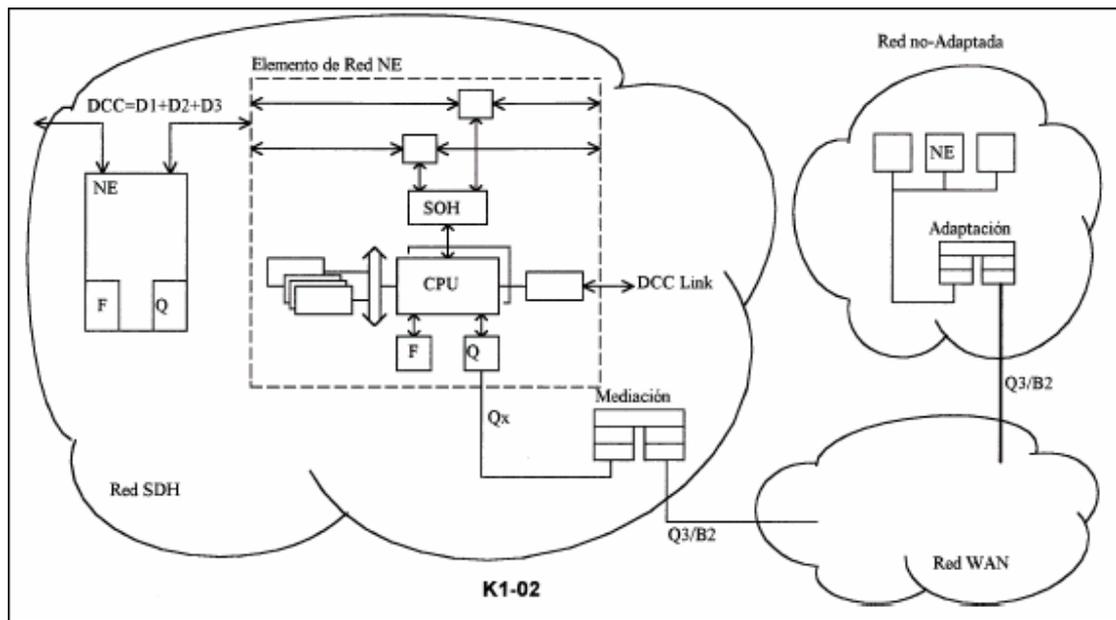
#### **4.2 COMPONENTES DE LA GESTION SDH**

En el presente ítem se hace referencia al sistema de gestión **EM-OS** (Equipment Management Operation System) de Siemens, sin bien el tratamiento tiene un carácter general para otros diseños similares. Siguiendo los lineamientos de las **Figura 10 y 11** los componentes que constituyen la red de gestión SDH son los siguientes:

- Unidad de Control y unidad de Gestión del equipo.
- Canal de comunicación hacia la PC que oficia de terminal local.
- Canal de comunicación entre equipos de la misma red.
- Red de comunicación entre distintos equipos en una misma estación.
- Red de comunicación en el Centro de Gestión Regional.

-Red de comunicación entre Centros Regionales con el Centro Nacional Unificado.

**Figura 12. Estructura de enlace para gestión de equipos SDH.**



#### 4.2.1 Unidad De Control.

Un equipo de la red SDH (multiplexor Add-Drop, terminal de línea óptica o radio enlace, Cross-connect, etc) puede visualizarse como una serie de unidades con distintas misiones y funciones. La unidad de control mantiene actualizada la base de datos del equipo y permite la comunicación con el operador del Terminal Local. Sus funciones en particular son:

- **Comunicación con las Distintas Unidades del Aparato:** Se realiza mediante un canal de comunicaciones cuyo soporte físico (capa 1) es el *Backplane* del bastidor. El protocolo de comunicación de capa 2 es el **LAP-D** (derivado de la red de acceso ISDN). Se trata de un proceso de comunicación del tipo Polling donde la unidad de control interroga en forma periódica a las distintas unidades para actualizar la Base de Datos **MIB**.

- **Actualización de la Base de Datos:** En esta base de datos se sostiene la información de alarmas, configuración, reportes de rendimiento, etc. El equipo dispone de una memoria EEPROM en cada unidad y otra en el backplane. En la EEPROM de cada unidad se mantiene el software de operación. En la EEPROM del backplane se mantiene la configuración del equipamiento. En caso de falla o corte de energía al reiniciarse el funcionamiento el equipo se auto configura con los parámetros memorizados en esta memoria. No se requiere una intervención posterior al cambio de una unidad del equipo.

- **Comunicación con el Terminal Local PC:** Esto permite realizar las operaciones de gestión local desde una PC mediante la interfaz F.

- **Comunicación con la Unidad de Gestión de red TMN:** Entre ambas unidades (Control y Gestión) se puede enlazar al equipo con la TMN.

#### **4.2.2 Terminal Local.**

La interfaz F permite comunicar al equipo con una PC (*Notebook* o *Laptop*) exterior de forma tal que pueden realizarse funciones de programación local. Esta función es necesaria en la configuración inicial del equipo, cuando aún no se han ingresado los parámetros de comunicación de red (direcciones MAC, NSAP e IP) que permiten la conexión remota. Las funciones son:

- **Interfaz de Conexión F:** Corresponde a una conexión hacia el terminal de operaciones (PC) mediante una salida ITU-T V.24 (similar a RS-232) a 9,6 o 19,2 kbit/s. Se trata de un conector tipo-D de 9 pin (DB-9). El diagrama de capas para una Interfaz F incluye el nivel de enlace de datos (capa 2 del tipo HDLC) y el protocolo de aplicación propietario del fabricante.

- **Software de aplicación.** Permite realizar casi las mismas funciones que la gestión TMN. En la **Tabla 2** se muestran las funciones de gestión TMN. El

terminal local permite leer y escribir en la base de datos del equipo, cuya memoria es reducida. Por ello, la capacidad de obtener estadísticas y resúmenes históricos es limitado. Sin embargo, permite las funciones básicas y es de utilidad en la puesta en marcha y reparación de emergencia. El software disponible mediante el terminal local es suficiente para operar una red de equipos pequeña. Cuando dicha red es más extensa se puede pensar en el sistema de gestión remoto TMN. Para ello se requiere la función de Unidad de Gestión.

#### **4.2.3 Unidad de Gestión**

Para efectuar las funciones de gestión remota TMN se requiere de una unidad de gestión que procesa los protocolos de comunicación apropiados (normas ISO para la TMN). Esta unidad puede ser la misma o distinta a la unidad de control. Realiza las siguientes funciones:

- Proceso de comunicación entre estaciones mediante el canal DCC embebido en la trama STM-1.
- Interfaz Q de conexión al exterior. Normalmente se trata de una red LAN-Ethernet.
- Interfaz hacia otros equipos idénticos de la misma estación. Este último caso es disponible en algunos modelos de equipos para facilitar la extensión

de la conexión de gestión a otros enlaces similares. Se trata de una extensión del canal DCC (DCC link) o una interfaz serie (bus V) de interconexión.

#### 4.2.4 Comunicación Entre Estaciones

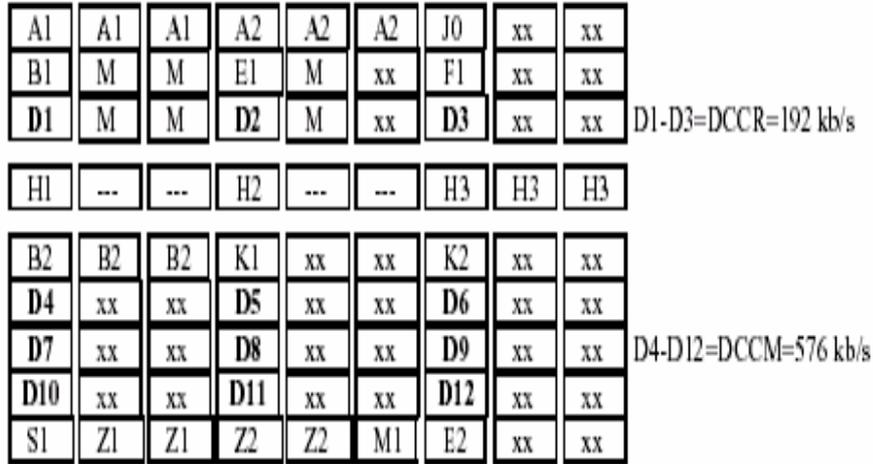
La Comunicación entre los equipos que forman un enlace SDH ubicados en distintas estaciones se realiza mediante un canal de Comunicaciones dedicado en la trama STM-1. Dicho canal se llama DCC (Data Communication Channel). Las características de esta Comunicación son las siguientes:

- Se disponen de dos canales de datos embebidos en el encabezamiento SOH de la trama STM-1:

.**DCC<sub>R</sub>** que es accesible en los terminales y repetidores. La transmisión es serie del tipo full-duplex con protocolo HDCL a 192 kbit/s (LAP-D). La interfaz al exterior para extensión es del tipo balanceada ITU-T **V.11/RS-422** a 4-hilos, sobre línea de 150 ohm.

.**DCC<sub>M</sub>** que es accesible solo entre terminales multiplexores. La transmisión es contradireccional a 576 kbit/s y la interfaz es ITU-T V.11. DCCR utiliza los Bytes D1-D3 de la ROSH y DCC<sub>M</sub> los Bytes D4-D12 de la MSOH de acuerdo con el siguiente esquema:

### Esquema 1. $DDC_R$ Y $DDC_M$



- El modelo de capas para el stack de protocolos se encuentra determinado en ITU-T G.784.

.En la Capa 2 se adopta la recomendación ITU-T Q.921. Se trata del protocolo HDCL LAP-D usado en el sistema de señalización DSS1 para usuarios de la ISDN. El mismo se utiliza también en la comunicación interna al aparato.

.En la Capa 3 se adopta el protocolo de la norma ISO 8473 (CLNP). Es un protocolo IP sin-conexión que permite el enrutamiento mediante la dirección NSAP. Este protocolo es equivalente al IP de UNIX-Internet.

.La capa 4 de Transporte es ISO 8073 (TP4) y realiza funciones de retransmisión de datos.

.La capa 5 de Sesión ITU-T X.215 (kernel dúplex) permite realizar las funciones de aceptación de conexión , rechazo y desconexión, aborto, transporte y segmentación.

.La capa 6 de Presentación ITU-T X.216/226 (kernel ASN.1) entrega las reglas de codificación para sintaxis de transferencia.

.La capa 7 de Aplicación utiliza las normas ITU-T X.217 (ACSE), X.219 (ROSE) y ISO 9595 (CMIS). Permite la acción del los software de aplicación de cada elemento de red. Una misma plataforma permite visualizar diferentes equipos. El protocolo de comunicación entre CMIS es el CMIP.

#### **4.2.5 Comunicación entre distintos equipos.**

En una estación pueden coexistir distintos tipos de equipos SDH (multiplexores, terminales de fibra óptica, radio enlaces, etc) y distintos enlaces que conforman la red. Para efectuar la interconexión de los mismos se requiere de la interfaz Q desde la Unidad de Gestión.

- INTERFAZ Q1/Q2/Q3. Q1/Q2 se indican en la norma ITU-T G.771 y Q3 en Q.513.

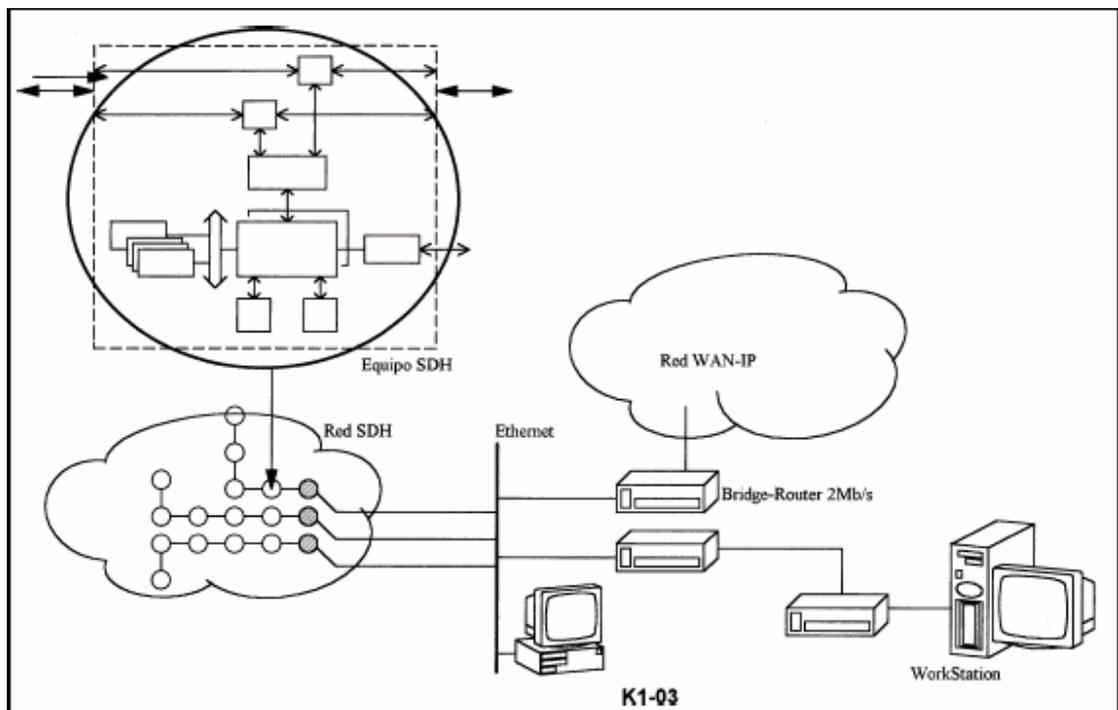
.Q3 se encuentra en la norma ITU-T G.773 que identifica las capas del modelo ISO. Existen 5 variantes para Q3 propuestas y denominadas A1/A2/B1/B2/B3. La variante Q3/B2 se usa para comunicación con protocolo X.25 mientras que la variante Q3/B3 se usa para una salida LAN Ethernet (la LAN pertenece al sistema de operación).

.Interfaz Física. La Interfaz Física es del tipo semidúplex con dos pares balanceados uno en cada sentido de transmisión. La velocidad será de 19,2 o 64 kbit/s con código NRZ Invertido. La capa 2 se determina en base a ITU-T X.25 (LAP-B) para la transferencia de datos por paquetes (interfaz y conector V.11/X.21) en Q3/B2. En el caso de Q3/B3 se trata de la IEEE 802.2 para la red de área local LAN tipo CSMA/CD (Ethernet). La capa tres se encuentran conforme a X.25 en Q3/B2 y a ISO-8473 en el segundo. Se adopta, para X.25, el funcionamiento en módulo 8 y módulo 128 como opcional. La longitud máxima por trama es de 131 y 256 Byte.

- LAN ETHERNET. Normalmente los equipos SDH disponen de una interfaz física de conexión AUI que permite acceder al equipo mediante una LAN (10BaseT o 10Base2). En esta interfaz se conecta un transreceptor Ethernet con conexión coaxial BNC (10Base2) o RJ45

(10BaseT). Todos los equipos a ser gestionados por la TMN deben ser interconectados mediante esta LAN. El protocolo de capa dos es el definido en IEEE 802.3 (MAC y LLC). Para configurar correctamente la LAN se debe programar a cada equipo con una dirección MAC distinta.

**Figura 13. Componentes de una red de gestión SDH.**



#### **4.2.6 Elemento de Adaptación.**

Permite la conexión entre un equipo no adaptado a la red TMN y que desea ser gestionado por el mismo sistema de operaciones mediante un canal de comunicación de datos normalizado. El proceso de adaptación involucra las

siguientes funciones de comunicación entre el elemento de red y el sistema de operaciones:

- **Control de la comunicación:** interrogación secuencial para recopilación de datos, direccionamiento y encaminamiento de mensajes, control de errores. Conversión de protocolos y tratamiento de datos: concentración de usuarios, compresión y recopilación de datos, formateo y traducción de información. Transferencia de funciones: secuenciación y eventual envío de alarmas, reporte de los resultados de las pruebas, carga de informes de estado. Proceso para toma de decisiones: fijación de umbrales de alarma, encaminamiento de datos, funciones de seguridad, y selección de circuitos. Almacenamiento de datos: configuración de redes, copia de memorias, identificación de equipos, etc.

- **Interfaz Q2:** Conecta al elemento de red con el elemento de adaptación. La Capa uno se trata de un bus o anillo, dúplex o semidúplex, mediante pares apantallados balanceados de 120 ohm (interfaz V.11). La velocidad es de 19,2 a 64 kbit/s en código NRZ Invertido. La Capa 2 determina el protocolo LAP-B de X.25 con un 1 byte de direcciones. El campo de información tiene una longitud máxima de 128 o 256 Byte.

#### **4.2.7 Centro de Gestión Regional.**

En el Centro de Gestión Regional se concentra la gestión remota de los equipos en un sector de la red. Se trata de una red LAN del tipo Ethernet (10Base2 o 10BaseT) que interconecta los siguientes elementos:

- **Equipos de red SDH:** Se trata de los extremos de enlaces que confluyen en la estación central regional. Conexión mediante la interfaz AUI.

- **Sistema de Operaciones:** Está constituido por una o más (por razones de seguridad) estaciones de usuario WS (WorkStation). Esta WS puede funcionar con varios terminales X-Terminal para abastecer a diversos operadores simultáneamente. El hardware involucrado típico es:

.Sistema controlador WS (HP9000): capacidad de memoria RAM (64 a 256 MBytes);

.Sistema operativo UNIX; lenguaje de programación C++

.Interfaz gráfica X-windows basado en OSF/Motif (Open Software Foundation).

.Monitor color: resolución (1280x1024 píxeles de 256 colores) e impresora (salida RS-232-C a 9600 b/s).

.Disco de memoria: sistema operativo y el software (2,6 Gbytes interno y 40 Gbytes externo)

.Conexión a LAN (Ethernet a 10 Mb/s): interfaz Q3/B3 para varias gateway de red.

**-Bridge:** Permiten interconectar distintas LAN del mismo tipo o generar varias desde una misma. Permite una mayor disponibilidad al generar LAN autosuficientes. Reduce el tráfico entre secciones de red LAN. Permiten solucionar problemas de congestión de paquetes mediante aislamiento de tráfico. Introduce retardo para medios de acceso de menor velocidad. Con dos bridges es posible abrir la red LAN del centro de gestión regional para disponer de acceso por ejemplo en el edificio de equipos de comunicaciones y el administrativo simultáneamente.

**-Switch:** Funciona en el ámbito de capa dos (MAC), procesan direcciones y no modifican el contenido. Inspecciona la dirección de fuente y destino del paquete para determinar la ruta. La tabla de rutas es dinámica. Contiene suficiente memoria buffer para los momentos de demanda máxima (cola de espera). El overflow del buffer produce descarte de paquetes.

**-Router:** Funciona en el ámbito de capa tres y por ello requiere un análisis del protocolo correspondiente IP (ISO o UNIX). Debe soportar distintos tipos de protocolos; por ejemplo ISO para la comunicación entre equipos SDH y TCP/IP de UNIX para la comunicación entre elementos informáticos. Interconectan LAN entre sí o una LAN con WAN (mediante protocolos punto-a-punto, X.25, Frame Relay o ATM). En una red de gestión el router dispone de salidas de 2 Mb/s hacia la red de transmisión. Permiten mejorar la eficiencia de la red ya que tolera distintos caminos dentro de la red WAN (protección mediante múltiples posibles trayectos). El Router puede segmentar datagramas muy largos en caso de congestión.

#### **4.2.8 Centro de Gestión Nacional**

Este centro de gestión se comunica con todos los otros centros de gestión regionales mediante una red extensa WAN generada con routers. El protocolo de comunicación es el TCP/IP de UNIX. El canal de comunicación es una señal tributaria de 2 Mb/s (no estructurada) que se envía dentro de la misma red SDH. La protección del tráfico se logra mediante una malla entre router por distintas vías.

**-Gateway:** Se denomina así a la WorkStation que funciona en el ámbito de todo el modelo de capas para convertir los protocolos de ISO a UNIX. Interconectan redes de características diferentes con simulación de protocolos.

**-Routing:** Se entiende por routing el proceso que permite la interconexión de redes. Se efectúa mediante los router por lo que se requiere la configuración para interpretar la dirección IP de capa tres. Bridge y Router son elementos que aprenden de la red. Como analizan la dirección de cada paquete pueden formar una tabla de direcciones (MAC para el bridge e IP o NSAP para el router). Cuando se conecta un nuevo terminal a la red este envía un paquete indicando la activación con lo que puede integrarse a la tabla de direcciones. El Router debe poseer un set de direcciones IP. Tiene la capacidad de enrutamiento para optimizar el camino del paquete de datos (analiza el costo; retardo de tránsito; congestión de red y distancia en número de Router en el trayecto). La tabla de ruta (Routing Table) contiene solo el próximo paso en la red. Se han definido dos tipos de protocolos para Router: en interior y exterior. Se denomina sistema autónomo (sistema interior o dominio) a un conjunto de sub-redes y Router que utilizan el mismo protocolo y el mismo control administrativo.

**-Sistema Informático.** Posee características similares a la del Centro Regional. Mediante sucesivos Password es factible administrar las funciones que pueden ser desarrollados por ambos tipos de Centros.

#### **4.2.9 Direccionamiento.**

La configuración inicial de la red de Gestión involucra la programación de los parámetros de comunicación. Se trata de las capas 2/3/4. Se disponen de tres estructuras de suite de protocolos: LAN, ISO y UNIX. Las direcciones disponibles en UNIX (IP) e ISO (NSAP) son distintas:

**-Dirección IP:** Disponible para direccionamiento entre componentes informáticos (Workstation, X-Terminal, Routers, Impresoras, etc). La dirección IP ocupa 32 bits (4 Bytes). Permite identificar la red y el host individual. Normalmente las direcciones IP de una red de gestión no están normalizadas. El formato de las direcciones puede ser de 5 tipos:

.Clase A. 0+7bit+24bit. Corresponde a un número de dirección de Network (7 bit asignados por IAB) y otro número para el Host (24 asignados por el administrador de la red). Aplicable solo para grandes redes. El IAB solo puede designar 128 (2<sup>7</sup>) redes de este tamaño. Numera desde 0.0.0.0 hasta 127.255.255.255. Por ejemplo, La

dirección de HP de Argentina es del tipo 15.59.x.y. En tanto que, la dirección MAC de HP es 08-00-09 (la dirección MAC de Siemens es en cambio: 08-00-06).

.Clase B. 10+14bit+16bit. Aplicable a redes medianas y numera desde 128.0.0.0 hasta 191.255.255.255. Por ejemplo, la empresa Telefónica de Argentina tiene asignado un número de este tipo de red: 168.226.x.x (los dos bytes finales son asignados por el operador de la red).

.Clase C. 110+21bit+8bit. Para pequeñas redes. Se trata de 4 Bytes: los 3 primeros Bytes indican la dirección de red y el último Byte numera el Host dentro del nodo. Un router de red IP se identifica mediante los tres primeros Bytes (dados por IAB) y sus puertas con el Byte final. En esta configuración el primer valor válido es 192.0.0.0 y el último es 223.255.255.255.

.Clase D. 1110+28 bits. Ocupa la numeración 224.0.0.0 hasta 239.255.255.255.

.Clase E. 11110+27 bits. Ocupa desde 240.0.0.0 hasta 247.255.255.255.

**-Dirección NSAP:** Esta dirección está normalizada por ISO y permite el direccionamiento entre equipos de la red SDH. Trabaja sobre el protocolo

de capa tres de ISO/ITU-T CLNS (Connection Less Network Service). Las funciones de router en este caso son desarrolladas por la Unidad de Gestión. La tabla de ruta (Routing Tabla) se actualiza en forma automática. El protocolo que permite actualizar esta Tabla es TCP/IP se denomina RIP y para el modelo ISO se denomina IS-IS. La dirección NSAP (Network Service Access Point) consiste en una secuencia jerárquica de bytes (generalmente entre 14 a 17 bytes, máximo 20 bytes). El significado es el siguiente: Identificador de formato de dirección AFI: norma ISO 6523 (hexadecimal 47), ISO 3166 (39), X.121 (37 o 53). Identificador de dominio inicial IDI. Parte específica de dominio: Identificador de dominio DID y de sistema SID. Incluye la dirección MAC. Selector de NSAP (valor hexadecimal fijo 01).

**-Dirección MAC:** El enrutamiento dentro de una LAN contiene dos direcciones: una LLC y otra MAC. La dirección MAC identifica la estación sobre la red LAN (punto físico de la red, número de hardware que identifica al fabricante y serie del aparato) y la dirección LLC identifica al usuario. En LLC pueden estar conectados varios usuarios sobre la misma dirección MAC (MAC es una dirección en firmware mediante una memoria EPROM). La dirección puede ser individual, a un grupo multicast o broadcast. El formato de dirección MAC de 2 Bytes ocupa un bit para indicar una

dirección individual o un grupo. La codificación FFFF (hexadecimal) señala la operación en broadcast para todas las estaciones activas en la LAN. En el formato de 6 Bytes contiene: Un bit que indica una dirección individual o grupo. Un bit indica si se trata de direcciones administradas localmente o el formato universal (asignado por IEEE e ISO). El universal consiste en 22 bits asignados por IEEE al organismo que lo solicita (ejemplo, hexa 08.00.20 para computadores Sun). Los 24 bits restantes son administrados localmente por el operador de la red LAN.

#### **4.2.10 Resumen de Redes.**

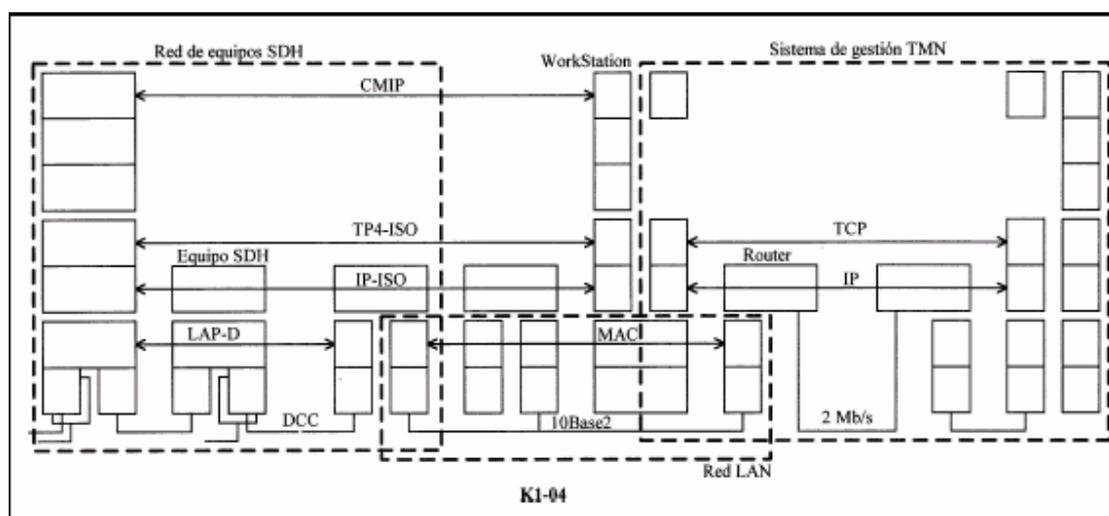
Siguiendo a la **Figura 13** se pueden observar las siguientes redes y protocolos de comunicación:

-Red entre equipos SDH: Consiste en la capa física DCC dentro de la trama STM-1. El protocolo de enlace de datos es el LAP-D. Los protocolos de capa superior son los ISO (TP4/IP). Comunica a los distintos equipos NE con la estación WorkStation. El direccionamiento se efectúa mediante direcciones NSAP; la función de routing la realiza la Unidad de Gestión del equipo SDH.

-Red LAN: Consiste en la capa física 10Base2 o 10BaseT. El protocolo de enlace de datos es el MAC-LLC. En las capas superiores trabaja con los protocolos ISO o UNIX. Permite interconectar distintos equipos en una estación. En el Centro de Gestión interconecta los equipos SDH con los componentes del Sistema de Gestión (WorkStation, Printer, etc.). El direccionamiento se realiza mediante direcciones MAC.

-Sistema de Gestión: La capa física y de enlace de datos es la red LAN y WAN mediante routers. Utiliza los protocolos UNIX (TCP/IP) para las capas superiores. Permite la interconexión de varios Centros Regionales con el Centro Nacional. La interconexión se realiza mediante una red extensa conmutada por routers. El direccionamiento se efectúa mediante direcciones IP.

**Figura 14. Diagrama de capas para la red de gestión SDH.**



### 4.3 SOFTWARE DE APLICACIÓN

El diseño e implementación del sistema de operaciones OS se basa en un software diseñado con la técnica orientada a objeto. Consiste en definir Objetos abstractos cuyas características dinámicas se modelan y definen mediante el Comportamiento (behavior). En una red real la función completa envuelve la interacción de todos los objetos asociados. La totalidad de los objetos se la conoce como base o modelo de datos-información de gestión. La Tabla 4 muestra las funciones típicas de las redes de gestión para sistemas SDH.

**Tabla 4: Modelo de la gestión SDH. Funciones de aplicación.**

<p><b>-SEGURIDAD</b> (para asegurar el acceso al sistema de gestión):</p> <ul style="list-style-type: none"><li>.Login/Logout: Inicio de sesión para obtener acceso al sistema y salida del mismo.</li><li>.Password: Derecho de acceso mediante autenticación. Varios niveles de usuarios.</li><li>.Inactividad automática por tiempo.</li><li>.Alarma de seguridad en caso reiterado acceso no válido.</li><li>.Posibilidad de Backup/Restore.</li></ul> <p><b>-NIVEL DE CONTROL DE RED.</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>.Posibilidad de generar un diagrama topográfico de la red.</li><li>.Posibilidad de generar circuitos end-to-end (Trail).</li><li>.Funciones de construcción, provisión y bloqueo.</li><li>.Posibilidad de re-enrutamiento automático.</li><li>.Posibilidad de crear, copiar, pegar elementos de red dentro del sistema general.</li><li>.Carga de nuevo software, re-inicialización, audit. de datos, impresión, etc.</li></ul> <p><b>-CONFIGURACIÓN</b> (para realizar la programación inicial del equipo):</p> <ul style="list-style-type: none"><li>.Definición de inventario y reporte de ausencia de unidades. Upgrade del equipo.</li><li>.Interfaz de entrada de tributario (PDH y SDH), velocidad y temporización.</li><li>.Sincronismo del equipo:</li></ul>
--

<p><b>-AVERÍAS</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>.Selección: entradas externas, desde línea o tributario.</li> <li>.Designar la prioridad y alternativas.</li> <li>.Reversibilidad y tiempo de espera (Wait To Restore).</li> <li>.Configuración del Byte S1 (MSOH).</li> <li>.Sobre multiplexores ADM: <ul style="list-style-type: none"> <li>.Configuración de unidades y matriz de conmutación</li> <li>.Protección de tributarios por caminos duplicados.</li> <li>.Tipo de conmutación automática o bloqueada.</li> </ul> </li> <li>.Sobre terminales de línea de fibra óptica: <ul style="list-style-type: none"> <li>.Corte automático del láser (Shutdown Laser).</li> </ul> </li> <li>.Sobre radioenlaces SDH: <ul style="list-style-type: none"> <li>.Control automático de potencia ATPC: habilitación y cambio de umbrales.</li> <li>.Programación de umbral de alarmas de tasa de error rápida Fast-BER.</li> </ul> </li> <li>.Sobre la conmutación automática: <ul style="list-style-type: none"> <li>.Conmutación uni-direccional o bi-direccional.</li> <li>.Conmutación automática y manual. Inhibición de conmutación.</li> <li>.Activación de un canal ocasional en la reserva.</li> <li>.Conmutación reversible y tiempo de espera (wait-to-restore).</li> <li>.Umbrales de conmutación por BER.</li> </ul> </li> <li>(para visualizar el estado de alarmas y la historia de las mismas): <ul style="list-style-type: none"> <li>.Vigilancia de alarmas y localización de averías.</li> <li>.Estado actual e histórico de alarmas.</li> <li>.Posibilidad de separación entre alarma y estado (conmutación, sincronismo, test).</li> <li>.Posibilidad de actuar sobre alarmas audibles. Reconocimiento de alarmas.</li> <li>.Pruebas a solicitud o periódicas. Posibilidad de Loopback para pruebas de circuitos.</li> <li>.Cambio de categoría de alarmas (urgente, no urgente, indicativa).</li> <li>.Filtro de alarmas: inhabilitación de alarmas y estaciones.</li> <li>.Estadística e historia de alarmas (tiempo de duración y número de veces de eventos)</li> </ul> </li> </ul> <p><b>-CALIDAD O RENDIMIENTO</b> (para mediciones de calidad del servicio):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>.Mediciones analógicas: <ul style="list-style-type: none"> <li>.Sobre radio enlace: potencia de transmisión y recepción.</li> <li>.Sobre sistemas ópticos: potencia del láser y corriente de polarización.</li> </ul> </li> <li>.Monitoreo de BER, análisis del rendimiento mediante G.821/G.826.</li> <li>.Configuración de atributos: Cambio de umbrales, filtro temporal de mediciones, etc.</li> </ul>
------------------------	--

.Gestión de tráfico y de red, observación calidad de servicio.  
**-CONTABILIDAD:**  
.Conteo de eventos: conmutaciones y actividad de punteros.  
.Medir el uso del servicio de la red.  
.Determinar costos. Funciones de facturación.

## 5. PROTOCOLOS DE GESTION ISO/ITU

### 5.1 STANDARD ISO/ITU-T<sup>8</sup>

#### 5.1.1 Funciones Generales

En la **Tabla 5** se detallan las funciones previstas para la gestión de redes. En la **Figura 15** se observa la posición en el modelo de capas de los protocolos RFC (ICMP y SNMP) y los ITU-T (CMIP) para efectuar la gestión de redes. Obsérvese que los protocolos de capa tres son IP y CLNS respectivamente. Ambos protocolos funcionan sobre redes LAN o líneas X.25.

**Tabla 5. Funciones de la gestión de redes**

<b>Fallas</b>	Permite detectar la localización de fallas, aislar partes de la red, correlacionar alarmas múltiples, administrar test de diagnóstico rutinarios y sobre la base de esto reconfigurar o modificar la red.
<b>Cobro</b>	Se refiere a la determinación de costos de operación para cambiar procedimientos. Permite detectar el uso abusivo o ineficiente por parte de componentes de la red.
<b>Configurar</b>	Se trata de una comunicación hacia y desde los elementos de red. Permite el inventario, la asignación de recursos, la activación y el back-up para la restauración futura. La información sobre

---

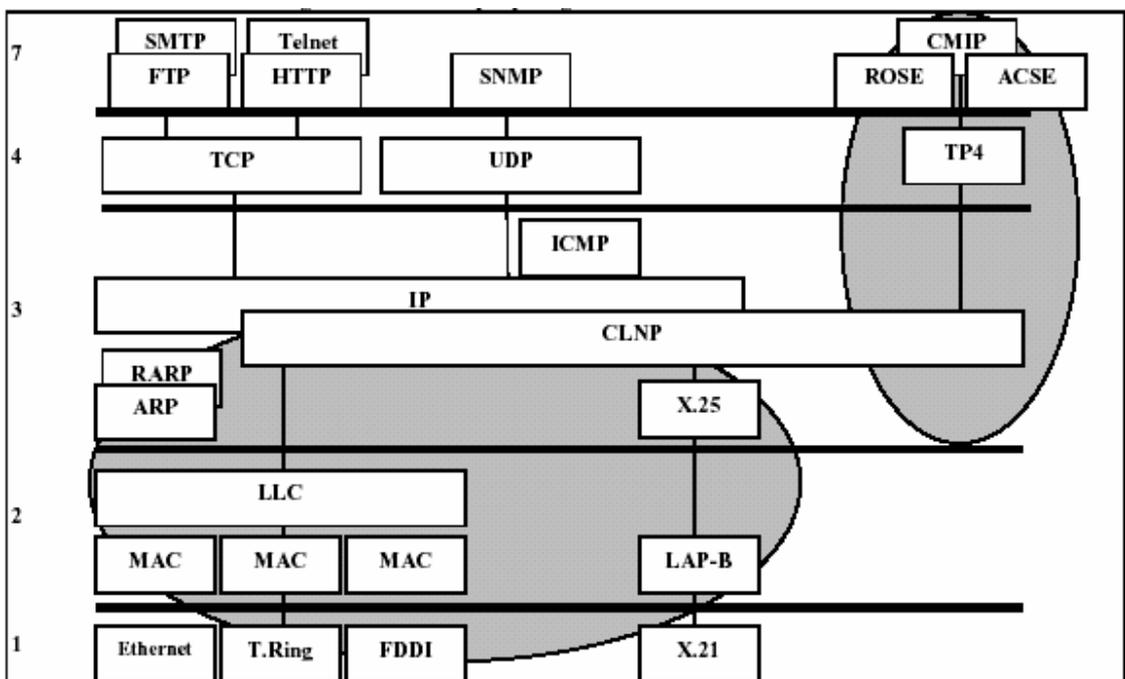
<sup>8</sup> GARCÍA TOMAS, Jesús, RAYA CABRERA, José Luis y RODRIGO RAYA, Víctor . Alta velocidad y calidad de servicio en redes IP. México: Alfaomega – Rayma. 2002.

configuración describe la naturaleza y el estado de los recursos involucrados en la red. Incluye la descripción de atributos de los recursos físicos (hardware) y lógicos (software: circuitos virtuales, contadores, temporizadores, etc). La gestión de configuración puede realizarse mediante una lista de datos como en SNMP o mediante una base de datos orientado-al-objeto como en ISO.

**Rendimiento** Se pueden obtener indicadores de rendimiento orientados al servicio (disponibilidad, tiempo de respuesta, porcentaje de segundos sin errores EFS) e indicadores orientados a la eficiencia (cantidad de eventos de transacción ocurridos Throughput- y la utilización como porcentaje del recurso utilizado. Esta gestión permite la colección de estadísticas, cambiar parámetros, generar tráfico artificial, etc.

**Seguridad** Permite la autenticación y control de acceso para protección contra intrusos no autorizados.

**Figura 15. Modelo de capas para gestión ISO/ITU-T en la TMN.**



### 5.1.2 Protocolos De Comunicación.

La **ISO-7498** y **ITU-T-X.700** han determinado un modelo de arquitectura general de estándar para la gestión de redes. En particular dan lugar a la red de administración de telecomunicaciones **TMN**. En la **Tabla 6** se muestran los protocolos definidos en las normas ISO relacionados con funciones de gestión de redes. En particular los protocolos de capa superior **CMIP/CMIS** tienen los mensajes que son indicados en la misma Tabla.

**Tabla 6. Protocolos de management para las normas ISO e ITU-T.**

<b>-SMAP</b>	<i>(System Management Application Process)</i> . Es el software local responsable de la gestión. Puede ser coordinado con SNMP. Permite normalmente una visualización en formato Windows ( <i>Open View</i> ).
<b>-CMIP</b>	<i>(Common Management Information Protocol)</i> . Protocolo a nivel de aplicación para comunicación entre funciones CMIS.
<b>-CMIS</b>	<i>(CMI Service)</i> . ISO-9595. Los servicios definidos en CMIS se efectúan mediante el protocolo de comunicación CMIP. Permite cambios de atributos o estado de objetos y recibe reportes ( <i>Trap</i> ). Opera sobre los protocolos ACSE y ROSE en la misma capa 7. Ver la <b>Tabla N5-05</b> .
<b>-ACSE</b>	<i>(Association Control Service Element)</i> . ISO-8649. ACSE permite iniciar y terminar una conexión entre 2 aplicaciones (capa 7).
<b>-ROSE</b>	<i>(Remote Operation Service Element)</i> . ISO-9072. ROSE permite realizar una operación en otro sistema (origen <i>invoker</i> y recipiente <i>performer</i> ). Además informa de la misma (resultado o informe de error en la transacción). El protocolo ROSE es original de 1984 (X.229) para mail <b>MHS</b> ( <i>Message Handing System X.410</i> ). Luego se aplicó para transferencia de archivos <b>FTAM</b> ( <i>File Transfer and Access Management</i> ) y CMIP.
<b>-LME</b>	<i>(Layer Management Entity)</i> . Lógica incorporada a cada capa del modelo para permitir la gestión de la red. Estas entidades se encuentran distribuidas.
<b>-MIB</b>	<i>(Management Information Base)</i> .

	<p>Colección de información que cada nodo entrega a la gestión de la red. MIB obtiene información de cada capa del modelo. Utiliza la técnica orientada-al-objeto <b>OOD</b> (<i>Object Oriented Design</i>) que data desde los años 70. En 1983 se crea el lenguaje <i>Small-Talk</i> para comunicar objetos sin conocer su operación interna.</p> <p>Consiste en definir Objetos abstractos cuyas características dinámicas se modelan con un Comportamiento.</p> <p>Se define al objeto gestionado en términos de atributos que son una variable a la cual se le asignan valores.</p> <p>Los valores son: características operacionales, estado corriente, condiciones de operación, etc. El objeto gestionado se describe mediante su comportamiento (<i>Behavior</i>). En una red real la función completa envuelve la interacción de todos los objetos asociados. La totalidad de los objetos se la conoce como base o modelo de datos MIB. La programación orientada-al-objeto se asocia con mejoras de calidad y productividad del software. Las fases de construcción del software son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Análisis: identificar los requerimientos del sistema;</li> <li>-Diseño: Identificar objetos; asignar funciones y datos (atributos);</li> <li>-Clasificar objetos y jerarquías e implementación con lenguaje CHILL;</li> <li>-Integración (de los componentes de software) y prueba del sistema.</li> </ul>
<b>CMIS/P</b>	( <i>Common Management Information Service/Protocol</i> ).
<i>Event-Report</i>	Permite reportar un evento desde un manager a otro. Es una indicación asincrónica de eventos importantes y lleva la información necesaria para reconocerlo. Puede ser confirmada la recepción de <i>Event_Report</i> .
<i>Get</i>	Requiere un reporte desde un manager a otro. Es un servicio confirmado. Esta formado por una lista de pares de valores-atributos.
<i>Set</i>	Requiere un seteo (modificación de información de gestión) de otro usuario. Tiene previsto el reemplazo de valores, la adición o borrado de valores y seteo al valor de <i>default</i> . Es un servicio confirmado o no confirmado. En el caso confirmado se reporta el resultado. Se tienen disponibles distintos tipos de reportes de fallas: error, inválido, no soportado, no reconocido.
<i>Action</i>	Requiere una acción en otro usuario. Es un servicio confirmado o no-confirmado.
<i>Create</i>	Requiere que se cree un componente en el objeto de gestión. Es un servicio confirmado.
<i>Delete</i>	Requiere que se borre un componente en el objeto. Es un servicio confirmado.

<i>Cancel_Get</i>	Cancela un get previo cuando el envío de información es excesiva. Es un servicio confirmado.
-------------------	---

### 5.1.3 Arquitectura de la TMN

La arquitectura típica de la TMN se remonta a 1988. La definición se encuentra en **ITU-T M.30** desde 1988. A partir de 1992 adopta el modelo de la Serie X.700 en **ITU-T M.3000**. Los componentes de la red TMN se muestra en la **Tabla 7**.

**Tabla 7. Componentes de la TMN.**

<b>-NE</b>	<p>(<i>Network Element</i>). Los elementos de red poseen hacia el exterior las interfaz F y Q. Los distintos componentes de la red permiten acceder a una interfaz para mensajes de TMN mediante un canal <b>DCC</b> (<i>Data Communications Channel</i>) entre distintos elementos de red NE y una <b>interfaz Q</b> que permite la conexión de un sistema de operaciones (gestión exterior). Se dispone además la <b>interfaz F</b> adaptada para la conexión de una estación de trabajo PC (sistema operativo DOS, OS o UNIX) a cualquier elemento de la red.</p> <p>Se disponen de las siguientes interfaces de conexión:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>-Canal de Comunicación de Datos <b>DCC</b> entre <b>NE</b>;</li><li>-Interfaz de operaciones <b>F</b> hacia una PC;</li><li>-Interfaz de Red Local de Comunicación <b>Q2</b>;</li><li>-Interfaz de red TMN <b>Q3</b>.</li></ul>
<b>-F</b>	<p>Interfaz F. Corresponde a una conexión hacia el terminal de operaciones (PC) mediante una salida ITU-T V.24 (RS-232) a 9,6 o 19,2 kb/s (conector tipo-D, de 9 pin). El diagrama de capas para una Interfaz F incluye los niveles de aplicación -capas 4 a 7- con protocolo propiedad del productor.</p>
<b>-QA</b>	<p>(<i>Q Adapter</i>). El adaptador de interfaz Q permite adaptar un elemento de la red NE ya existente a la TMN que se introduce. Téngase en cuenta que la interfaz Q3 es normalizada y la Qx es propietaria (protocolo interno de un fabricante).</p>
<b>-Q2</b>	<p>Interfaz de red Q2. Conecta al elemento de red con el elemento de mediación. La Capa 1 se trata de un bus o anillo, dúplex o</p>

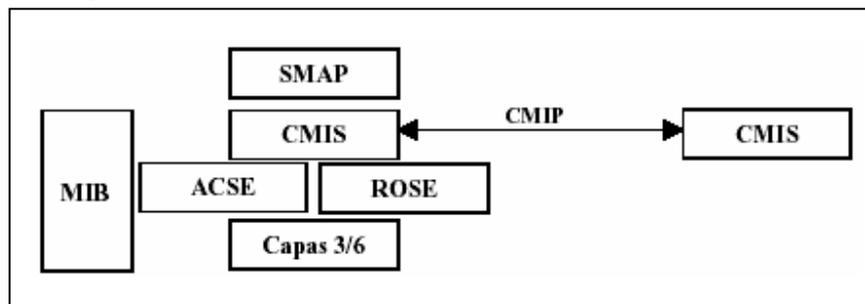
semidúplex, mediante pares apantallados balanceados de 120 ohm (interfaz V.11). La velocidad es de 19,2 a 64 kb/s en código NRZ Invertido. La Capa 2 determina el protocolo LAP-B de X.25 con un 1 byte de direcciones. El campo de información tiene una longitud máxima de 128 o 256 Byte.

- Q1/Q2/Q3** La interfaz Q1/Q2 se indican en **ITU-T G.771** y Q3 en la **Q.513**. En **G.773** se identifican las capas del modelo ISO para la interfaz de red Q3. Existen 5 variantes para Q3 propuestas y denominadas A1/A2/B1/B2/B3. La variante **Q3/B2** se usa para comunicación con protocolo X.25 mientras que la variante **Q3/B3** se usa para una salida LAN Ethernet (la LAN pertenece al sistema de operación). La **Interfaz Física** es del tipo semidúplex con 2 pares balanceados uno en cada sentido de transmisión. La velocidad será de 19,2 o 64 kb/s con código NRZ Invertido. La capa 2 se determina en base a **ITU-T X.25 (LAP-B)** para la transferencia de datos por paquetes (interfaz y conector V.11/X.21) en **Q3/B2**. En el caso de **Q3/B3** se trata de la **IEEE 802.2** para la red de área local LAN tipo CSMA/CD (Ethernet). La capa 3 se encuentra conforme a **X.25** en Q3/B2 y a **ISO-8473** en el segundo. Se adopta, para X.25, el funcionamiento en módulo 8 y módulo 128 como opcional. La longitud máxima por trama es de 131 y 256 Byte.
- M** Elemento de Mediación. Permite la conexión entre el elemento de red y el sistema de operaciones mediante un canal de comunicación de datos normalizado. El proceso de mediación involucra las siguientes funciones de comunicación entre el elemento de red y el sistema de operaciones:
- Control de la comunicación: interrogación secuencial para recopilación de datos, direccionamiento y encaminamiento de mensajes, control de errores;
  - Conversión de protocolos y tratamiento de datos: concentración de usuarios, compresión y recopilación de datos, formateo y traducción de información;
  - Transferencia de funciones: secuenciación y eventual envío de alarmas, reporte de los resultados de las pruebas, carga de informes de estado;
  - Proceso para toma de decisiones: fijación de umbrales de alarma, encaminamiento de datos, funciones de seguridad, y selección de circuitos;
  - Almacenamiento de datos: configuración de redes, copia de memorias, identificación de equipos, etc.

<b>-OS</b>	<p>Sistema de operaciones. Se trata de componentes informáticos para el proceso y presentación de la información. Está constituido por una o varias estaciones de usuario donde el Hardware es:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Sistema controlador (Workstation): capacidad de memoria RAM (256 MBytes);</li> <li>-Monitor color: resolución (1280x1024 píxeles de 256 colores);</li> <li>-Disco de memoria: sistema operativo UNIX y el software (4 GBytes);</li> <li>-Conexión a LAN (Ethernet a 10 Mb/s): interfaz Q3/B3 para varias gateway de red;</li> <li>-Impresora (salida RS-232-C a 9600 b/s).</li> </ul>
------------	---

### 5.1.4 Arquitectura del Software

**Figura 16. Arquitectura del software**



Se define un modelo de siete capas para la TMN. Las inferiores se han detallado en la **Tabla 6**. Las capas complementarias son las siguientes:

- Capa de Transporte (capa 4/ISO 8073): clase de servicio, retransmisión de datos.

- Capa de Sesión (capa 5/ITU-T X.215): aceptación, rechazo, desconexión, aborto, transporte y segmentación.

- Capa de Presentación (capa 6/ITU-T X.216/226): reglas de codificación para sintaxis de transferencia.

- Capa de Aplicación (capa 7/ITU-T X.217/227): sintaxis abstracta (protocolos CMIP y ROSE).

Las funciones generales de la TMN son:

- Transporte de información entre distintos elementos;
- Almacenamiento de la información;
- Seguridad para garantizar un control de acceso;
- Consulta para permitir el acceso a la información;
- Tratamiento para permitir el análisis;
- Soporte para garantizar la entrada y salida de datos.

Dichas funciones se estructuran en 4 niveles (es decir, cada tipo de gestión se realiza en estratos diferentes) de acuerdo con **ITU-T M.3010**:

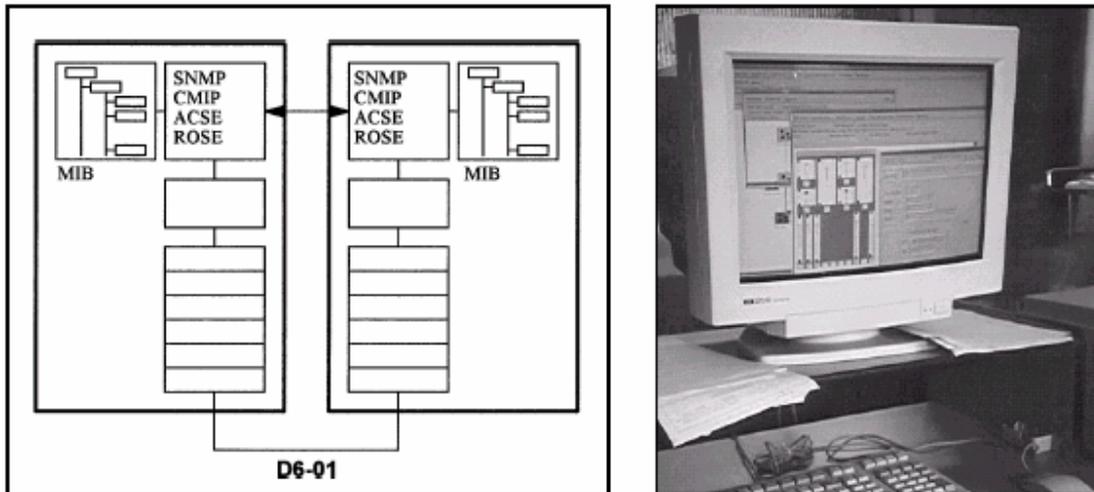
**Tabla 8: Niveles de gestión**

- <b>BML</b>	( <i>Business Management Layer</i> ). Gestión del sistema para modelos de largo plazo, servicios y tarifas.
- <b>SML</b>	( <i>Service ML</i> ). Gestión del servicio para la administración de órdenes de servicio.
- <b>NML</b>	( <i>Network ML</i> ). Gestión de red para gestión de alarmas, tráfico, performance y configuración de la red.
- <b>EML</b>	( <i>Element ML</i> ). Gestión del elemento de red para alarmas, tráfico, performance y configuración del equipo.

De esta forma la función de gestión de averías en el elemento de red es detectar alarmas, las cuales son filtradas (seleccionada de acuerdo con prioridad y origen) en la gestión de avería de red y presentadas en la gestión de avería de servicio. Un ejemplo más detallado de la gestión TMN

aplicada a las redes de transporte SDH se puede encontrar en el Capítulo correspondiente (ver la fotografía anexa).

**Figura 17. Modelo de capas y sistema de gestión para TMN.**



## 5.2 EJEMPLOS

En esta sección describiremos el sistema de gestión SDH EM-OS de Siemens, explicaremos la forma como operan cada uno de los componentes que hacen parte de este sistema, haremos referencia a las recomendaciones de la ITU-T para este tipo de sistemas, trataremos un ejemplo de una base de datos de una red de comunicaciones donde explicaremos como se administra dicha red, por ultimo tenemos un ejemplo de gestión para un sistema eléctrico

### 5.2.1 Gestión de Red SDH

Se hace referencia al sistema de gestión **EM-OS** (Equipment Management Operation System) de Siemens. Los componentes que constituyen la red de gestión SDH son los siguientes:

**5.2.1.1 Unidad De Control:** Un equipo de la red SDH (multiplexor Add-Drop, terminal de línea óptica o radio enlace, Cross-connect, etc) puede visualizarse como una serie de unidades con distintas misiones y funciones. La unidad de control mantiene actualizada la base de datos del equipo y permite la comunicación con el operador del Terminal Local. Sus funciones en particular son:

- Comunicación con las distintas unidades del aparato.
- Actualización de la Base de Datos. En esta base de datos se sostiene la información de alarmas, configuración, reportes de rendimiento, etc.
- Comunicación con el terminal local PC. Esto permite realizar las operaciones de gestión local desde una PC.
- Comunicación con la Unidad de Gestión de red TMN.

**5.2.1.2 Terminal Local:** La interfaz F permite comunicar al equipo con una PC (*Notebook* o *Laptop*) exterior de forma tal que pueden realizarse funciones de programación local. Esta función es necesaria en la configuración inicial del equipo cuando aún no se han ingresado los

parámetros de comunicación de red (direcciones MAC, NSAP e IP) que permiten la conexión remota. Las funciones son:

- Interfaz de conexión F. Corresponde a una conexión hacia el terminal de operaciones (PC) mediante una salida ITU-T **V.24**

(Similar a RS-232) a 9,6 o 19,2 kb/s. Se trata de un conector tipo-D de 9 pin (DB-9).

- Software de aplicación. Permite realizar casi las mismas funciones que la gestión TMN.

- El software disponible mediante el terminal local es suficiente para operar una red de equipos pequeña.

**5.2.1.3 Unidad De Gestión:** Para efectuar las funciones de gestión remota TMN se requiere de una unidad de gestión que procesa los protocolos de comunicación apropiados (normas ISO para la TMN). Esta unidad puede ser la misma o distinta a la unidad de control. Realiza las siguientes funciones:

- Proceso de comunicación entre estaciones mediante el canal DCC embebido en la trama STM-1.

- Interfaz Q de conexión al exterior. Normalmente se trata de una red LAN-Ethernet.

- Interfaz hacia otros equipos idénticos de la misma estación.

**-Comunicación Entre Estaciones:** La comunicación entre los equipos que forman un enlace SDH ubicados en distintas estaciones se realiza mediante un canal de comunicaciones dedicado en la trama STM-1. Dicho canal se llama **DCC** (*Data Communication Channel*). Las características de esta comunicación son las siguientes:

-Se disponen de dos canales de datos embebidos en el encabezamiento SOH de la trama STM-1.

-El modelo de capas para el stack de protocolos se encuentra determinado en ITU-T **G.784**. En la Capa 2 se adopta el protocolo HDLC **LAP-D** usado en el sistema de señalización DSS1 para usuarios de la ISDN. En la Capa 3 se adopta el protocolo de la norma **ISO 8473 (CLNP)**. La capa 4 de Transporte es **ISO 8073 (TP4)** y realiza funciones de retransmisión de datos. La capa 5 de Sesión ITU-T **X.215** (kernel dúplex) permite realizar las funciones de aceptación de conexión, rechazo y desconexión, aborto, transporte y segmentación. La capa 6 de Presentación ITU-T **X.216/226** (kernel ASN.1) entrega las reglas de codificación para sintaxis de transferencia. La capa 7 de Aplicación utiliza las normas ITU-T **X.217** (ACSE), **X.219** (ROSE) y **ISO 9595** (CMIS). Permite la acción del los software de aplicación de cada elemento de red. Una misma plataforma permite visualizar diferentes equipos. El protocolo de comunicación entre CMIS es el CMIP.

**-Comunicación Entre Distintos Equipos:** En una estación pueden coexistir distintos tipos de equipos SDH (multiplexores, terminales de FO, radio enlaces, etc) y distintos enlaces que conforman la red. Para efectuar la interconexión de los mismos se requiere de la interfaz Q desde la Unidad de Gestión:

-INTERFAZ **Q1/Q2/Q3**. Q1/Q2 se indican en la norma ITU-T **G.771** y Q3 en **Q.513**.

-LAN ETHERNET. Normalmente los equipos SDH disponen de una interfaz física de conexión **AUI** que permite acceder al equipo mediante una LAN (10BaseT o 10Base2).

**-Elemento De Adaptación:** Permite la conexión entre un equipo no adaptado a la red TMN y que desea ser gestionado por el mismo sistema de operaciones mediante un canal de comunicación de datos normalizado. El proceso de adaptación involucra las siguientes funciones de comunicación entre el elemento de red y el sistema de operaciones:

-Control de la comunicación: interrogación secuencial para recopilación de datos, direccionamiento y encaminamiento de mensajes, control de errores.

-INTERFAZ **Q2**. Conecta al elemento de red con el elemento de adaptación.

**-Centro De Gestión Regional:** En el Centro de Gestión Regional se concentra la gestión remota de los equipos en un sector de la red. Se trata

de una red LAN del tipo Ethernet (10Base2 o 10BaseT) que interconecta los siguientes elementos:

-Equipos de red SDH. Se trata de los extremos de enlaces que confluyen en la estación central regional.

-SISTEMA DE OPERACIONES. Está constituido por una o más (por razones de seguridad) estaciones de usuario **WS** (*WorkStation*). Esta WS puede funcionar con varios terminales **X-Terminal** para abastecer a diversos operadores simultáneamente.

-BRIDGE. Permiten interconectar distintas LAN del mismo tipo o generar varias desde una misma.

-SWITCH. Funciona en el ámbito de capa 2a (MAC), procesan direcciones y no modifican el contenido.

-ROUTER. Funciona en el ámbito de capa 3 y por ello requiere un análisis del protocolo correspondiente IP (ISO o UNIX).

**-Centro De Gestión Nacional:** Este centro de gestión se comunica con todos los otros centros de gestión regionales mediante una red extensa WAN generada con routers. El protocolo de comunicación es el TCP/IP de UNIX. El canal de comunicación es una señal tributaria de 2 Mb/s (no estructurada) que se envía dentro de la misma red SDH. La protección del

tráfico se logra mediante una malla entre router por distintas vías. Sus componentes son:

-GATEWAY. Se denomina así a la WorkStation que funciona en el ámbito de todo el modelo de capas para convertir los protocolos de ISO a UNIX. Interconectan redes de características diferentes con simulación de protocolos.

-ROUTING. Se entiende por routing el proceso que permite la interconexión de redes.

-SISTEMA INFORMATICO. Posee características similares a la del Centro Regional. Mediante sucesivos *Password* es factible administrar las funciones que pueden ser desarrollados por ambos tipos de Centros.

**-Direccionamiento:** La configuración inicial de la red de Gestión involucra la programación de los parámetros de comunicación. Se trata de las capas 2/3/4. Se disponen de tres estructuras de suite de protocolos: LAN, ISO y UNIX. Las direcciones disponibles en UNIX (IP) e ISO (NSAP) son distintas:

-DIRECCION IP. Disponible para direccionamiento entre componentes informáticos (Workstation, X-Terminal, Routers, Impresoras, etc).

-DIRECCION NSAP. Esta dirección está normalizada por ISO y permite el direccionamiento entre equipos de la red SDH.

-DIRECCIÓN MAC. El enrutamiento dentro de una LAN contiene 2 direcciones: una LLC y otra MAC.

### 5.2.2 Ejemplo de Base de Datos.

Una red de telecomunicaciones se representa mediante una jerarquía de ambientes a cada uno de los que se asocia objetos dinámicos e información estática. En un análisis inicial se jerarquiza la red de la siguiente manera. El nivel más alto es el **Sistema** en su globalidad que se divide, en el nivel inmediato inferior, en **Lugar** (asociado a un punto físico o localidad) y **Enlace**. Cada enlace, en la jerarquía inferior, se divide en **Canales** y **Direcciones** (ida y vuelta). El conjunto definido por un lugar o enlace, un canal o dirección determina un **Contexto**.

Posteriormente se identifican los **Objetos**. La red bajo gestión se observa entonces como un conjunto de objetos (ítem físico o lógico bajo gestión) definidos cada uno mediante un contexto. Los objetos constituyen la única entidad dinámica del sistema. A los objetos lógicos se los conoce como virtuales. Junto al contexto cada objeto tiene asociado 3 **Atributos** denominados **Tipo**, **Instancia** (tiene en cuenta la identidad en sistemas redundantes) y **Área**. El conjunto de estos elementos se denomina

**Identificación** de un objeto. La identificación debe ser unívoca para cada objeto. Cada objeto está caracterizado por el comportamiento que puede adoptar. Varios objetos pueden tener un mismo comportamiento en común. El Comportamiento es una entidad de software que simula a un sistema de estados finitos. Para un sistema de transmisión se pueden mencionar, entre otros, los comportamientos de la **Tabla 9**.

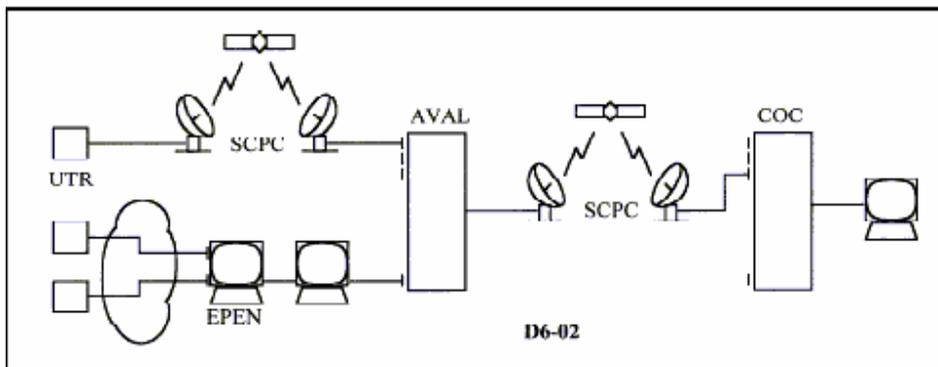
**Tabla 9: Comportamientos asignados a los elementos bajo supervisión.**

Estado de alarmas:	On, Desconocido, Off, Habilitado, Deshabilitado.
Operación telecomandos:	On, Desconocido, Off, Operando, Problemas, Accionado.
Contador de errores:	Inactivo, Desconocido, Contando, Disponible, Problema.
Or/And de alarmas:	Ok, Pre alarma, Alarma, Desconocido, Alarma normalizada.
Estado punto analógico:	Desconocido, Central, Bajo, Alto, Problemas.
Estado telesupervisión:	Habilitado, Deshabilitado, Desconocido.

### 5.2.3 Ejemplo de Gestión:

En la **Figura 17** se muestra un diagrama a bloques de la red de gestión de un sistema eléctrico. Los componentes y canales de comunicación son indicados en la **Tabla 7**.

**Figura 18. Diagrama general de supervisión**



**Tabla 10. Componentes y canales de comunicación**

<b>-CO</b>	(Centro de Operaciones). El CO que reúne las informaciones de operación de la red de producción y transporte de energía. Desarrolla funciones de <b>SOTR</b> ( <i>Sistema Operativo en Tiempo Real</i> ). Mediante un Switch con protocolo X.25 se concentran cerca de 200 puertas de entrada. Muchas de ellas se reciben mediante enlaces terrestres (radioenlace de 4x2 Mb/s como capacidad total y otros mediante enlaces satelitales
<b>-AVAL</b>	(Alto Valle). La central de monitoreo posee un canal de comunicación satelital del tipo <b>SCPC</b> a velocidad de 19,2 kb/s con el CO. En AVAL se dispone de un switch con protocolo X.25 con 8 puertas. En él se concentran varios tipos de señales; por ejemplo, un canal satelital del tipo SCPC de 9,6 kb/s.
<b>-EPE</b>	(Ente Provincial de Energía). Esta empresa realiza funciones de transporte provincial y distribución de energía. Posee cerca de 13 <b>UTR</b> ( <i>Unidad Terminal Remota</i> ) en localidades del interior provincial. Las UTR se encuentran unidas al AVAL mediante canales por cable (onda portadora en la red de alta tensión) o radioenlaces. La concentración de canales X.25 se realiza sobre una PC acondicionada especialmente para esta función de PAD en X.25. La capa de transporte de datos que utiliza EPEN para llegar al CO se basa en enlaces punto-a-punto de baja confiabilidad. Para incrementar la misma se proyectó en 1998 una red de transporte X.25 con switch en anillos para obtener enrutamientos alternativos. Es de notar que el CO debe recibir los datos con una disponibilidad del 99,5% o en caso contrario las empresas pagarán multas.

**-ELCOM.** La suite de protocolos contiene en las capas inferiores los protocolos X.25 y en la capa 7 el ELCOM. Este software de aplicación permite:

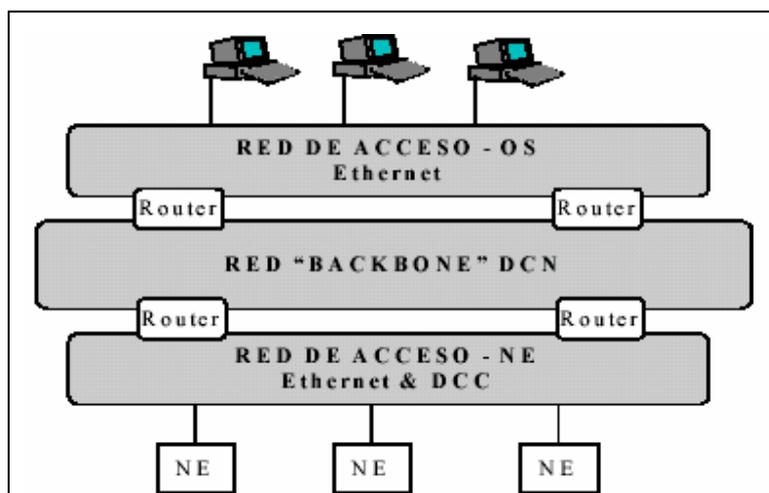
- Realizar mediciones (tensión de red, potencia, corriente, etc);
- Obtener el estado de los elementos de maniobras (interruptores, secuenciadores, etc);
- Actualizar el estado de alarmas y
- Realizar las funciones de correo electrónico (novedades y órdenes).



## 6.1 COMPONENTES DE LA RED DCN

Como se ve en la **Figura 20**, la conexión de los elementos de red al sistema de gestión se puede analizar con base en tres redes diferentes:

**Figura 20. Conexión de los elementos de red al sistema de gestión**



### 6.1.1 Red de Acceso de Sistema Operativo:

Para manejar todas las aplicaciones y herramientas de gestión; corresponde usualmente a una red LAN con servidores y estaciones de trabajo

### **6.1.2 Red 'Backbone' DCN:**

Es la espina dorsal del sistema de gestión; consiste en una red conectada a puntos estratégicos de la red SDH, a partir de los cuales se puede tener la administración de todos los elementos de red

### **6.1.3 Red de Acceso a los Elementos de Red:**

Para acceder finalmente los elementos de red, éstos pueden estar conectados directamente al sistema de gestión (conexión Ethernet) o pueden ser administrados a través de otro elemento y la capacidad de gestión de SDH (canales DCC)

## **6.2 RED DE ACCESO DCN**

Provee el acceso tanto a los elementos de red como a todos los sistemas operativos montados en las diferentes estaciones de trabajo.

Los sistemas de gestión y estaciones de trabajo remotas son conectados usando Ethernet, y los elementos de red se conectan usando: Ethernet para el GNE (Gateway Network Element) o ECC (Embedded Control Channel) para el resto de elementos de red; el ECC se implementa por medio de los mismos canales DCC.

### **6.3 RED 'BACKBONE' DCN**

Su función es conectar las diferentes redes de acceso; por lo tanto, esta red conectará los 'routers' entre la red de acceso de los elementos de red y la red de acceso de los sistemas operativos. Hay tres alternativas para crear esta red:

#### **6.3.1 Líneas Arrendadas**

Una red 'backbone' con líneas arrendadas puede manipular todos los tipos de conexiones y proveer una configuración simple. Esta opción es muy recomendada; las líneas arrendadas pueden ser de 19,2 kbps hasta 2 Mbps. La red SDH en sí misma se puede usar para establecer las líneas arrendadas, además con la posibilidad de establecer trayectos SDH de protección.

#### **6.3.2 Conmutación de Paquetes (X.25)**

Esta opción no se recomienda ya que provee una tasa de datos baja y una supervisión pobre de los trayectos físicos. La tasa de datos máxima para X.25 es 64 kbps y la DCN puede requerir velocidades más altas (Frame

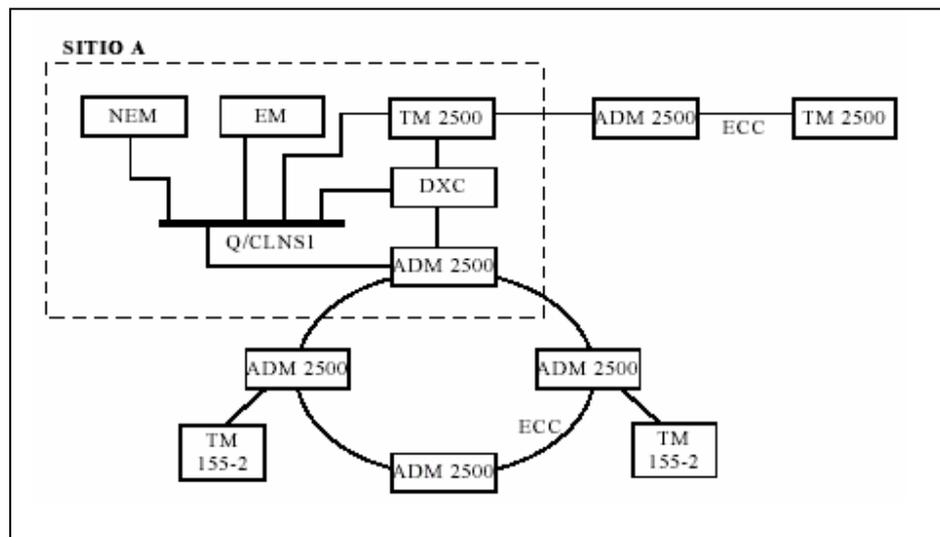
Relay puede ser usada para ratas de datos más altas). X.25 se puede usar como reserva para las líneas arrendadas.

### 6.3.3 Conmutación de Circuitos

Una red 'backbone' por conmutación de circuitos (ISDN o PSTN) provee un control muy pobre de los trayectos físicos, y al igual que la alternativa de conmutación de paquetes, puede servir como reserva para líneas arrendadas. ISDN y PSTN pueden ofrecer uno o más circuitos de 64 kbps.

## 6.4 EJEMPLOS DE RED DCN

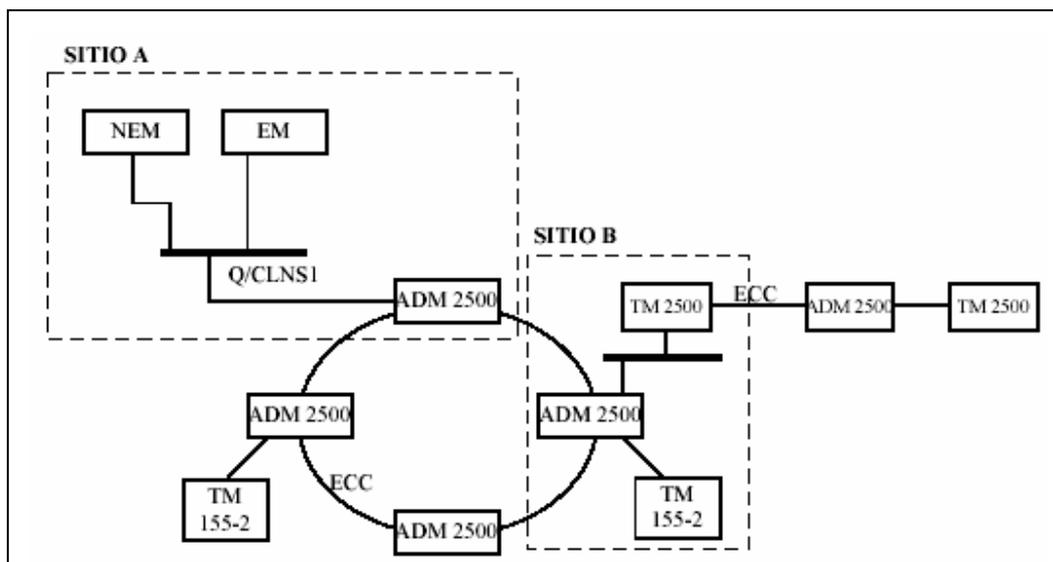
Figura 21. Ejemplo 1 de DCN



En este ejemplo se presenta una red SDH con un solo sitio de gestión; no se implementa redundancia. Se necesita un 'hub Ethernet' en el sitio A, para conectar el sistema de gestión y los elementos de red SDH a la red Ethernet.

El ADM 2500 y TM 2500 en el sitio A funcionan como gateway'. Dentro del anillo STM-16 se usan los canales ECC-R o ECC-M para transmitir información de gestión, al igual que dentro de la línea STM-16 de la parte superior de la gráfica.

**Figura 22. Ejemplo 2 de DCN**

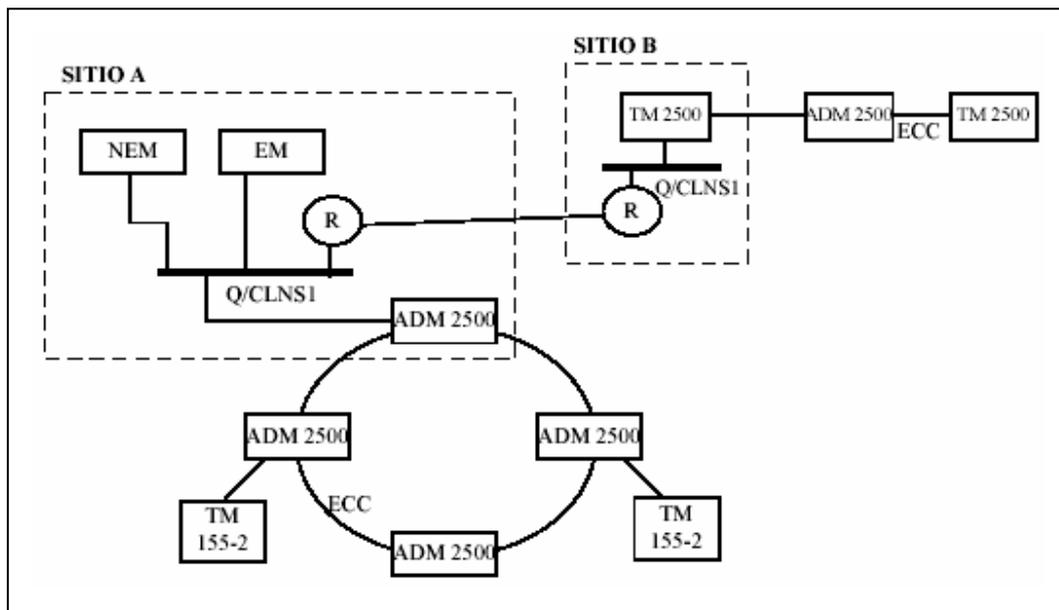


El 'Ethernet hub' del sitio A es necesario por las mismas razones mencionadas en el ejemplo anterior. El 'hub' en el sitio B se necesita para

poder acceder desde el centro de gestión los elementos de red que están conectados en topología tipo bus.

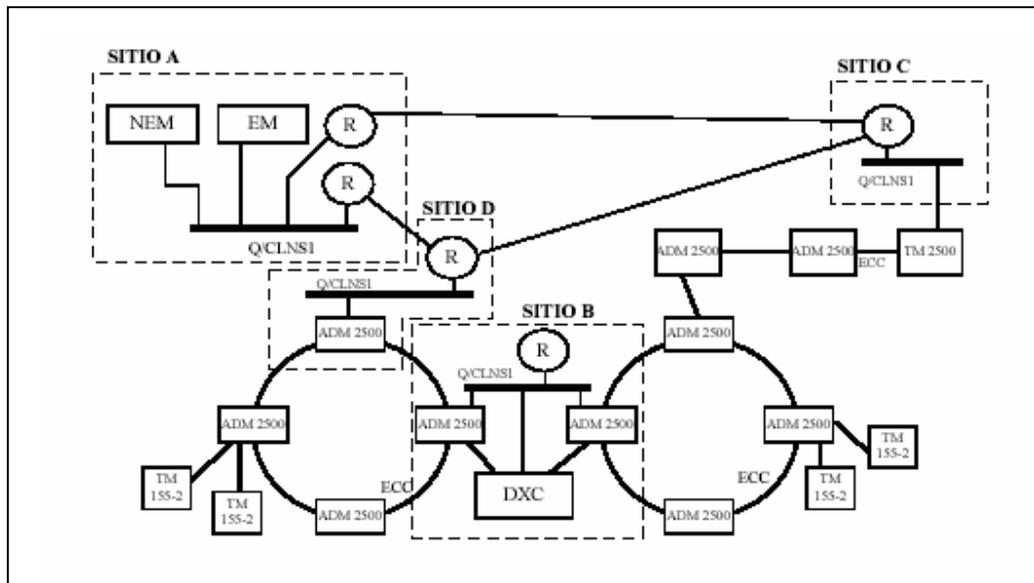
Una alternativa para evitar usar el 'hub' en el sitio B es conectar el ADM 2500 y el TM 2500 en el sitio B, usando una señal STM-1e sólo para propósitos de DCN y lograr con esto, acceder a los canales de comunicación de datos DCC.

**Figura 23. Ejemplo 3 de DCN**



En este caso, a diferencia de los dos anteriores, no se tiene ninguna conexión para poder llevar el tráfico de gestión provenientes del sitio B, por lo tanto es necesario conectar los dos 'routers' utilizando líneas dedicadas; de esta manera es posible gestionar todos los equipos desde el centro de gestión ubicado en el sitio A.

**Figura 24. Ejemplo 4 de DCN**



En los sitios A, C y D, que poseen ‘hubs’ y ‘routers’, se conectan: el sistema de gestión, los ‘routers’ y los elementos de red SDH a la red ‘Ethernet’. Un ‘Ethernet hub’ y un ‘router’ se necesitan en el sitio B para manipular la comunicación del AXD 4/1-2. No es necesario conectar el ‘router’ en el sitio B a los otros ‘routers’.

Se localizan dos ‘routers’ en el sitio A solo por razones de redundancia. Si uno de los ‘routers’ falla, es posible todavía alcanzar a los otros ‘routers’ ya que ellos están conectados en anillo. Si los ‘routers’ en los sitios C o D fallan, todavía sigue siendo posible alcanzar todos los elementos de red.

## 7. CONCLUSIONES

En el desarrollo de este trabajo nos dejó como resultado apreciar la constante evolución de las redes de comunicación mundial hacia nuevas tecnologías que permiten que una red de comunicaciones sea más moderna y mejore cada vez más su funcionalidad logrando un rendimiento cada vez mayor, esto lo podemos ver mejor haciendo la comparación entre la tecnología PDH y la SDH, en la última se pueden ver las mejoras que obtuvo la red en comparación con su antecesora.

Se requiere de personal capacitado y con experiencia en el SDH, para la planeación, desarrollo y diseño de este tipo de soluciones. Además para implementar la red de comunicación en una red SDH, es necesario tener conceptos claros sobre redes LAN, así como un conocimiento en la utilización en los Nodos, de los diferentes dispositivos como transceivers, DSU, hub, switch y router para lograr una adecuada y óptima solución. El equipo empleado en la red SDH y de la Administración hace necesario emplear protocolos de red CLNP y TCP/IP.

## **8. RECOMENDACIONES**

Para mejor comprensión de este trabajo recomendamos complementarlo con textos donde se hace referencia muy especializada sobre el tema, además recomendamos visitar los sitios web que anexamos en la bibliografía del presente trabajo, con lo cual , se obtendrá una amplia gama de información que le servirán al lector para afianzar sus conocimientos en los sistemas de gestión SDH. Sugerimos a la siguiente promoción hacer un estudio de lo que el mundo de las comunicaciones a realizado para cada vez ir avanzando en mejorar la administración de un red para que esta funcione eficientemente; para nuestro concepto este trabajo sobre gestión en redes que operan con SDH no debe ser estudiado sin previo estudio de la jerarquía digital plesiócrona (PDH), ya que la PDH fue la tecnología que antecedió a la tecnología que se trato en este trabajo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**PARRA GUARIN , Marco Abel.** SDH Evolución de la red y estructura de multiplexación: Principios básicos, acrónimos y abreviaturas de la red de transporte basada en SDH. Primera Edición, Bogotá: El autor, 1999.

**GARCÍA TOMAS, Jesús, RAYA CABRERA, José Luis y RODRIGO RAYA, Victor.** Alta velocidad y calidad de servicio en redes IP. México: Alfaomega – Rayma. 2002.

### **Internet:**

- <http://www.geocities.com/jumagato/HTML/JDSsinc.htm>
- <http://einstein.univalle.edu.co/proyectos/comunicaciones/jredes.htm>
- <http://www.rares.com.ar/interest.htm>
- <http://www.cec.uchile.cl/~jsandova/el64e/clases/sdh.pdf>
- <http://www.ericsson.com.mx/multi-servicenetworks/dbo/sdh.shtml>
- <http://www.jaime.rueda.net/sdh1.pdf>

## **ANEXOS**

## ANEXO A: Estándares básicos para PDH y SDH.

