



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.803

(03/2000)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Sistemas de transmisión digital – Redes digitales –
Generalidades

**Arquitectura de redes de transporte basadas en
la jerarquía digital síncrona**

Recomendación UIT-T G.803

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G
SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
EQUIPOS TERMINALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
Generalidades	G.800–G.809
Objetivos de diseño para las redes digitales	G.810–G.819
Objetivos de calidad y disponibilidad	G.820–G.829
Funciones y capacidades de la red	G.830–G.839
Características de las redes con jerarquía digital síncrona	G.840–G.849
Gestión de red de transporte	G.850–G.859
Integración de los sistemas de satélite y radioeléctricos con jerarquía digital síncrona	G.860–G.869
Redes ópticas de transporte	G.870–G.879
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

Recomendación UIT-T G.803

Arquitectura de redes de transporte basadas en la jerarquía digital síncrona

Resumen

En esta Recomendación UIT-T se describe la arquitectura funcional de las redes de transportes, incluidos los principios de sincronización de redes para las redes basadas en la jerarquía digital síncrona. La presente Recomendación UIT-T utiliza la descripción de arquitecturas que aparece en la Recomendación UIT-T G.805, arquitectura funcional genérica de las redes de transporte. Se incluye asimismo la aplicación de diversas correspondencias.

Orígenes

La Recomendación UIT-T G.803, revisada por la Comisión de Estudio 13 (1997-2000) del UIT-T, fue aprobada por el procedimiento de la Resolución 1 de la CMNT el 10 de marzo de 2000.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la CMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2001

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

Página

1	Alcance	1
2	Referencias.....	1
3	Términos y definiciones.....	2
4	Abreviaturas.....	3
5	Aplicación del concepto de estratificación de la Recomendación UIT-T G.805.....	4
5.1	Multiplexión de múltiples clientes.....	6
5.2	Soporte de ATM por SDF.....	7
5.3	Concatenación.....	8
5.3.1	Concatenación contigua.....	8
5.3.2	Concatenación virtual.....	8
5.3.3	Interfuncionamiento entre concatenación contigua y concatenación virtual.....	11
6	Supervisión de la conexión.....	12
6.1	Supervisión intrínseca.....	12
6.2	Supervisión no intrusiva.....	12
6.3	Supervisión de subcapa.....	12
7	Técnicas para mejorar la disponibilidad en la red de transporte.....	17
7.1	Protección de la sección múltiplex SDH.....	17
7.1.1	Protección 1+1 de la sección múltiplex SDH.....	17
7.1.2	Protección 1:N de la sección múltiplex SDH.....	17
7.1.3	Anillos de protección compartida de la sección múltiplex SDH.....	17
7.1.4	Anillos especializados de la sección múltiplex SDH.....	17
7.2	Ejemplos de protección de conexión de subred de SDH.....	18
8	Arquitectura de redes de sincronización.....	18
8.1	Introducción.....	18
8.2	Aspectos de la red de sincronización.....	18
8.2.1	Métodos de sincronización.....	18
8.2.2	Arquitectura de la red de sincronización.....	19
8.2.3	Modos de sincronización.....	23
8.2.4	Cadena de referencia de la red de sincronización.....	24
8.2.5	Estrategia de sincronización.....	26
8.2.6	Evolución de la red de sincronización.....	26
8.2.7	Robustez de la red de sincronización.....	26
8.3	Fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase de la cabida útil.....	28
8.3.1	Modelo de red SDH para la simulación de la actividad del puntero.....	28
8.3.2	Fluctuación de fase en la frontera SDH/PDH.....	28

	Página
8.4	Consecuencias del interfuncionamiento SDH/PDH 29
9	Selección de una correspondencia a velocidad primaria 30
	Apéndice I – Asociaciones de servidor/cliente de redes de capa SDH 31
	Apéndice II – Introducción de redes de transporte basadas en la SDH..... 32
II.1	Generalidades..... 32
II.2	Tipos de señales de capa de cliente..... 33
	II.2.1 Caso SDH 33
	II.2.2 Caso PDH 33
II.3	Introducción inicial de equipos basados en la SDH..... 34
II.4	Interfuncionamiento de redes de transporte basadas en la SDH y en la PDH 35
	II.4.1 Niveles de interfuncionamiento..... 35
	II.4.2 Superposición SDH 35
	II.4.3 Equipos de DXC/ADM de SDH..... 36
	II.4.4 Sistemas por línea SDH..... 36
II.5	Introducción de interfaces para STM-N en conmutadores a 64 kbit/s (y DXC)..... 36
	Apéndice III – Orientaciones para la ingeniería de redes de sincronización..... 39
III.1	Introducción 39
III.2	Finalidad de la red de sincronización..... 39
III.3	Requisitos de las redes de sincronización..... 40
III.4	Análisis de las redes de sincronización..... 41
III.5	Opciones del nivel PRC 43
III.6	Soluciones del nivel SSU..... 44
	III.6.1 Comprobación de provisiones de referencia en el nivel SSU..... 45
	III.6.2 Guarda de desplazamiento de frecuencia..... 47
III.7	Soluciones del nivel SEC..... 48
	III.7.1 Aplicación del protocolo SSM en el nivel SSU 49
	III.7.2 Ejemplos de subredes SEC con parámetros SSM 49
III.8	Síntesis de la red de sincronización 53
III.9	Definiciones utilizadas en el apéndice III 54

Recomendación UIT-T G.803

Arquitectura de redes de transporte basadas en la jerarquía digital síncrona

1 Alcance

En esta Recomendación UIT-T se describe la arquitectura funcional de las redes de transportes, incluidos los principios de sincronización de redes para las redes basadas en la jerarquía digital síncrona. La presente Recomendación UIT-T utiliza la descripción de arquitecturas que aparece en la Recomendación UIT-T G.805, arquitectura funcional genérica de las redes de transporte. Se incluye asimismo la aplicación de diversas correspondencias.

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes.

- Recomendación CCITT G.702 (1988), *Velocidades binarias de la jerarquía digital*.
- Recomendación CCITT G.703 (1991), *Características físicas y eléctricas de las interfaces digitales jerárquicas*.
- Recomendación UIT-T G.704 (1995), *Estructuras de trama síncrona utilizadas en los niveles jerárquicos 1544, 6312, 2048, 8448 y 44 736 kbit/s*.
- Recomendación UIT-T G.707 (1996), *Interfaz de nodo de red para la jerarquía digital síncrona (SDH)*.
- Recomendación CCITT G.774 (1992), *Modelo de información de gestión de la jerarquía digital síncrona desde el punto de vista de los elementos de red*.
- Recomendación UIT-T G.783 (1997), *Características de los bloques funcionales del equipo de la jerarquía digital síncrona*.
- Recomendación UIT-T G.805 (1995), *Arquitectura funcional genérica de las redes de transporte*.
- Recomendación UIT-T G.810 (1996), *Definiciones y terminología para redes de sincronización*.
- Recomendación CCITT G.811 (1988), *Requisitos de temporización en las salidas de relojes de referencia primarios adecuados para la explotación plesiócrona de enlaces digitales internacionales*.
- Recomendación CCITT G.812 (1988), *Requisitos de temporización en las salidas de relojes subordinados adecuados para la explotación plesiócrona de enlaces digitales internacionales*.
- Recomendación UIT-T G.813 (1996), *Características de temporización de relojes subordinados de equipos de la jerarquía digital síncrona*.

- Recomendación CCITT G.822 (1988), *Objetivos de tasa de deslizamientos controlados en una conexión digital internacional.*
- Recomendación UIT-T G.823 (1993), *Control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase en las redes digitales basadas en la jerarquía de 2048 kbit/s.*
- Recomendación UIT-T G.824 (1993), *Control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase en las redes digitales basadas en la jerarquía de 1544 kbit/s.*
- Recomendación UIT-T G.832 (1995), *Transporte de elementos de la jerarquía digital síncrona por redes de la jerarquía digital plesiócrona – Estructuras de trama y de multiplexión.*
- Recomendación UIT-T G.841 (1995), *Tipos y características de las arquitecturas de protección para redes de la jerarquía digital síncrona.*
- Recomendación UIT-T G.964 (1994), *Interfaces V en la central local digital – Interfaz V5.1 (basada en 2048 kbit/s) para soportar la red de acceso.*
- Recomendación UIT-T G.965 (1995), *Interfaces V en la central local digital – Interfaz V5.2 (basada en 2048 kbit/s) para soportar la red de acceso.*
- Recomendación UIT-T I.326 (1995), *Arquitectura funcional de redes de transporte basadas en el modo de transferencia asíncrono.*

3 Términos y definiciones

En esta Recomendación UIT-T se utiliza la terminología definida en las Recomendaciones UIT-T G.783, G.805 y G.841; los siguientes términos son específicos de esta Recomendación UIT-T. Las redes de capa definidas infra terminan y generan las taras definidas en la Recomendación UIT-T G.707.

3.1 redes de capa de trayecto de orden superior de la jerarquía digital síncrona: Son las redes de capa con información característica de VC-3¹, VC-3-X_v (X = 2 ... 48)², VC-4, VC-4-X_c (X = 4, 16)³ o VC-4-X_v (X = 2 ... 16)³.

3.2 redes de capa de trayecto de orden inferior de la jerarquía digital síncrona: Son las redes de capa con información característica de VC-11, VC-11-X_v (X = 2 ... 84), VC-12, VC-12-X_v (X = 2 ... 63), VC-2, VC-2-X_c (X = 2 ... 7)⁴, VC-2-4-X_v (X = 2 ... 21)⁵, o VC-3¹ o VC-3-X_v (X = 2 ... 3)⁵.

3.3 capa de trayecto de la jerarquía digital síncrona: Conjunto de transporte compuesto de la red de capa de trayecto de orden superior y la red de capa de trayecto de orden inferior, junto con las funciones de adaptación asociadas.

3.4 capa de sección de la jerarquía digital síncrona: Conjunto de transporte compuesto de la red de capa de sección múltiplex de la SDH y la red de capa de sección de regeneración, junto con las funciones de adaptación asociadas.

¹ Se considera que VC-3 es un trayecto de orden superior si está soportado directamente por un AU-3, en una red de capa de sección múltiplex, y que es un trayecto de orden superior, si está soportado por una TU-3 en una red de capa VC-4.

² Se pueden necesitar valores de X mayores que 48.

³ Se pueden necesitar valores de X mayores que 16.

⁴ Transportado en un VC-3 de orden más alto.

⁵ Transportado en un VC-4 de orden más alto.

3.5 capa de sección múltiplex de la jerarquía digital síncrona: Red de capa con información característica del STM-N; por ejemplo, con una velocidad binaria de STM-N y la tara de sección múltiplex definida en la Recomendación UIT-T G.707.

3.6 capa de sección de regeneración de la jerarquía digital síncrona: Red de capa con información característica del STM-N, por ejemplo, con una velocidad binaria de STM-N y la tara de sección de regeneración definida en la Recomendación UIT-T G.707.

4 Abreviaturas

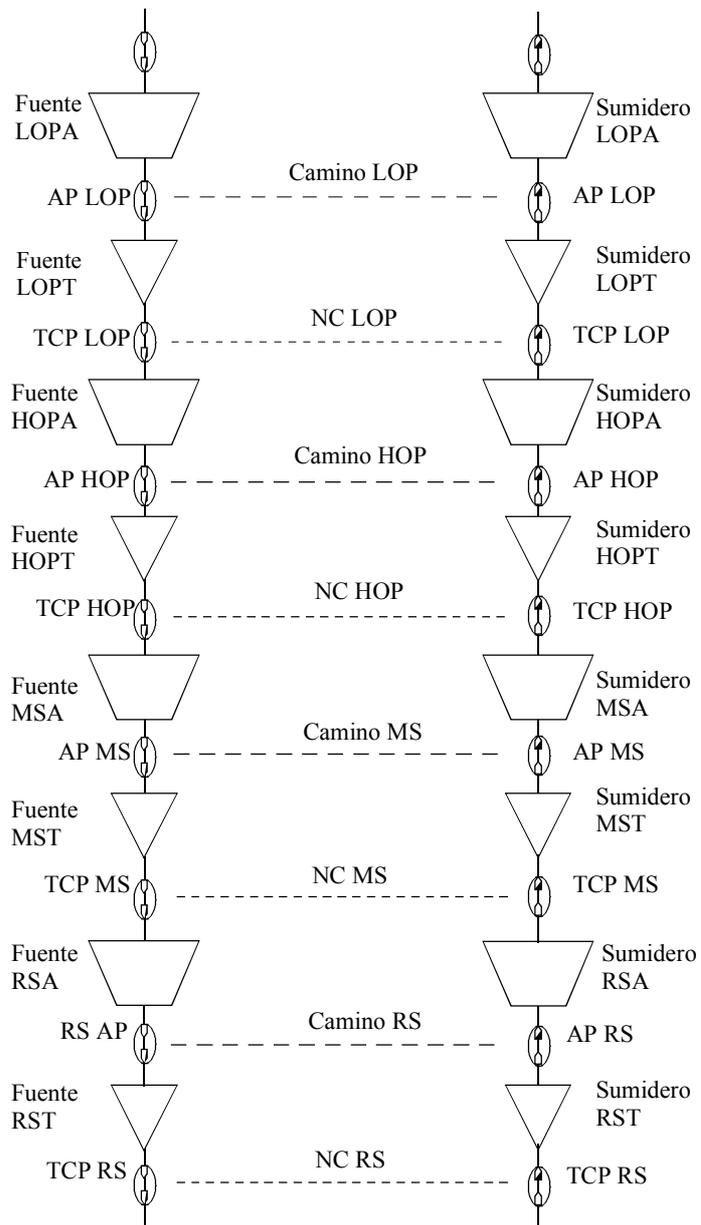
En esta Recomendación UIT-T se utilizan las siguientes siglas.

ADM	Múltiplex de inserción/extracción (<i>add/drop multiplex</i>)
AIS	Señal de indicación de alarma (<i>alarm indication signal</i>)
APS	Conmutación automática de protección (<i>automatic protection switching</i>)
ATM	Modo de transferencia asíncrono (<i>asynchronous transfer mode</i>)
AUG	Grupo de unidades administrativas (<i>administrative unit group</i>)
AU-n	Unidad administrativa (de nivel) n [<i>administrative unit (level) n</i>]
DXC	Transconexión digital (<i>digital cross-connect</i>)
HOP	Trayecto de orden superior (<i>higher-order path</i>)
HOPT	Terminación de trayecto de orden superior (<i>higher-order path termination</i>)
HOTCA	Adaptación de la conexión en cascada de orden superior (<i>higher-order tandem connection adaptation</i>)
HOTCT	Terminación de la conexión en cascada de orden superior (<i>higher-order tandem connection termination</i>)
HOPM	Matriz de trayecto de orden superior (<i>higher-order path matrix</i>)
LOP	Trayecto de orden inferior (<i>lower-order path</i>)
MS	Sección múltiplex (<i>multiplex section</i>)
PDH	Jerarquía digital plesiócrona (<i>plesiochronous digital hierarchy</i>)
PRC	Reloj de referencia primario (<i>primary reference clock</i>)
RTPC	Red telefónica pública conmutada
RS	Sección de regeneración (<i>regenerator section</i>)
SDH	Jerarquía digital síncrona (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
STM-N	Módulo de transporte síncrono (de nivel) N [<i>synchronous transport module (level) N</i>]
TU-n	Unidad afluente (de nivel) n [<i>tributary unit (level) n</i>]
TUG-n	Grupo de unidad afluente (de nivel) n [<i>tributary unit group (level) n</i>]
VC-n	Contenedor virtual (de nivel) n [<i>virtual container (level) n</i>]
VC-n-X	Concatenación de contenedores virtuales X (de nivel n) [<i>concatenation of X virtual containers (of level n)</i>]
VC-n-Xc	Concatenación contigua de contenedores virtuales X (de nivel n) (<i>contiguous concatenation of X virtual containers (of level n)</i>)
VC-n-Xv	Concatenación virtual de X contenedores virtuales (de nivel n) [<i>virtual concatenation of X virtual containers (of level n)</i>]

5 Aplicación del concepto de estratificación de la Recomendación UIT-T G.805

La arquitectura funcional de las redes de transporte de la SDH se describe utilizando las normas genéricas definidas en la Recomendación UIT-T G.805. En la presente Recomendación UIT-T se exponen los aspectos específicos relativos a la información característica, las asociaciones cliente/servidor, la topología, la supervisión de conexión y la conmutación de protección de las redes de transporte de la SDH. Esta Recomendación UIT-T utiliza la terminología y la arquitectura funcional y convenciones de diagramas definidas en la Recomendación UIT-T G.805.

Una red de transporte basada en la jerarquía digital síncrona puede descomponerse en diversas redes de capa de transporte independientes con una asociación cliente/servidor entre las redes de capa adyacentes. Cada red de capa puede subdividirse separadamente de manera que refleje la estructura interna de esa red de capa o de la manera en que se ha de administrar. En la figura 5-1 se muestra la estructura de las redes de capa de la SDH y las funciones de adaptación.



T1308670-96

AP	Punto de acceso
HOPA	Adaptación de trayecto de orden superior
HOPT	Terminación de trayecto de orden superior
LOPA	Adaptación de trayecto de orden inferior
LOPT	Terminación de trayecto de orden inferior
MSA	Adaptación de sección múltiplex
MST	Terminación de sección múltiplex
NC	Conexión de red
RSA	Adaptación de sección de regeneración
RST	Terminación de sección de regeneración
TCP	Punto de conexión de terminación

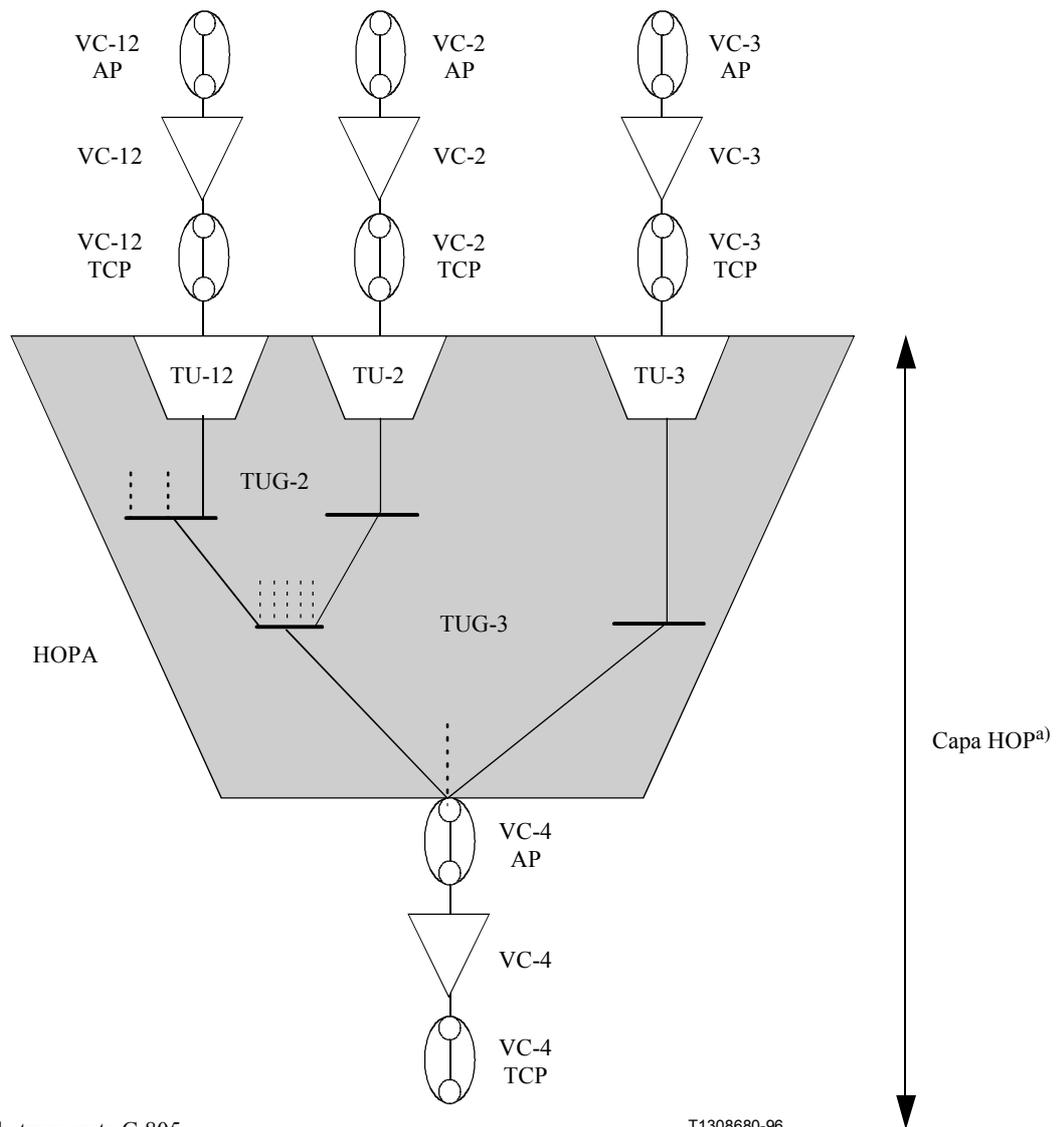
Figura 5-1/G.803 – Redes de capa de la SDH y funciones de adaptación

A los efectos de la descripción de la SDH, la función de adaptación entre capas se designa en relación con la red de capa de servidor. En la presente Recomendación UIT-T, el conjunto de transporte mencionado en la Recomendación UIT-T G.805 se denomina "capa", para mantener la continuidad de la terminología utilizada en la versión de la Recomendación UIT-T G.803 de 1992. El conjunto actual de asociaciones cliente/servidor figura en el apéndice I, junto con la figura I.1, que identifica las correspondientes capas (o conjuntos de transporte) de la SDH.

En la Recomendación UIT-T G.783 se ofrece una descripción detallada de cada una de estas funciones.

5.1 Multiplexión de múltiples clientes

Cuando soporta clientes múltiples, la función de adaptación está agrupada con la red de capa del servidor. La figura 5-2 ilustra el caso de una capa de servidor de trayecto de orden superior (HOP, *higher-order path*) VC-4 que soporta las redes de capa de cliente de trayecto de orden inferior (LOP, *lower-order path*) VC-12, VC-2 y VC-3. La figura 5-2 presenta mayores detalles sobre la estructura interna de la función de adaptación HOP entre capas, para mostrar la agrupación de las tres TU-12 en un TUG-2 y siete TUG-2 en un TUG-3, a fin de reflejar la estructura de multiplexión de la SDH definida en la Recomendación UIT-T G.707. Conviene observar que el TUG sólo describe una agrupación y no cambia el formato de la señal.



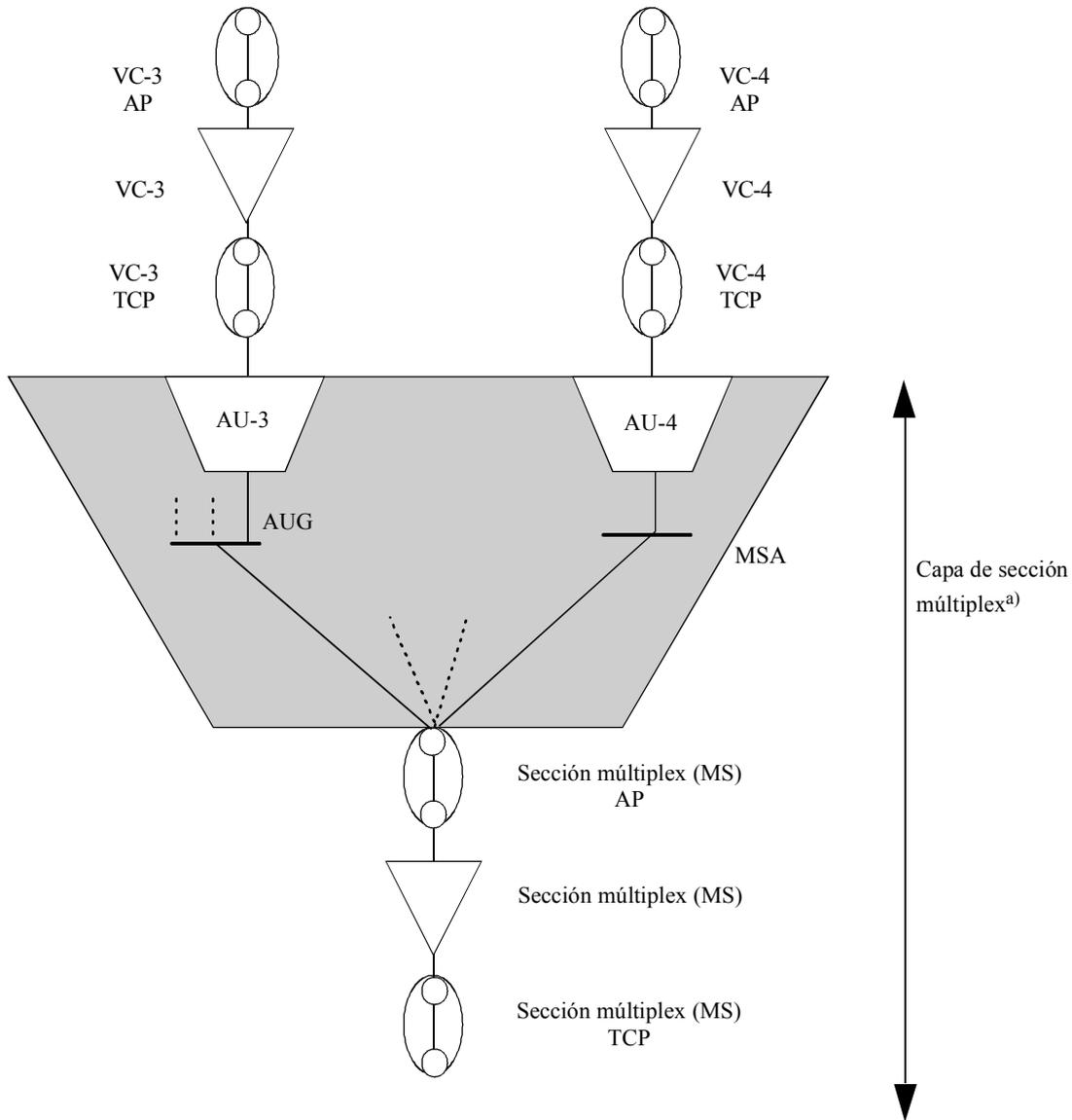
^{a)} Conjunto de transporte G.805.

T1308680-96

Figura 5-2/G.803 – VC-4 que soporta múltiples redes de capa de cliente

El caso de un STM-4 que soporta clientes VC-3 y VC-4 está ilustrado en la figura 5-3, y una vez más la figura ofrece detalles adicionales sobre la estructura interna de la función de adaptación entre capas de la sección múltiplex (MS, *multiplex section*), para mostrar la agrupación de tres AU-3 en un

AUG, a fin de reflejar la estructura múltiplex de la Recomendación UIT-T G.707. Esta agrupación dentro de la estructura múltiplex está reflejada en la Recomendación UIT-T G.774, en que se utiliza la clase de objeto adaptador indirecto.



a) Conjunto de transporte G.805.

T1308690-96

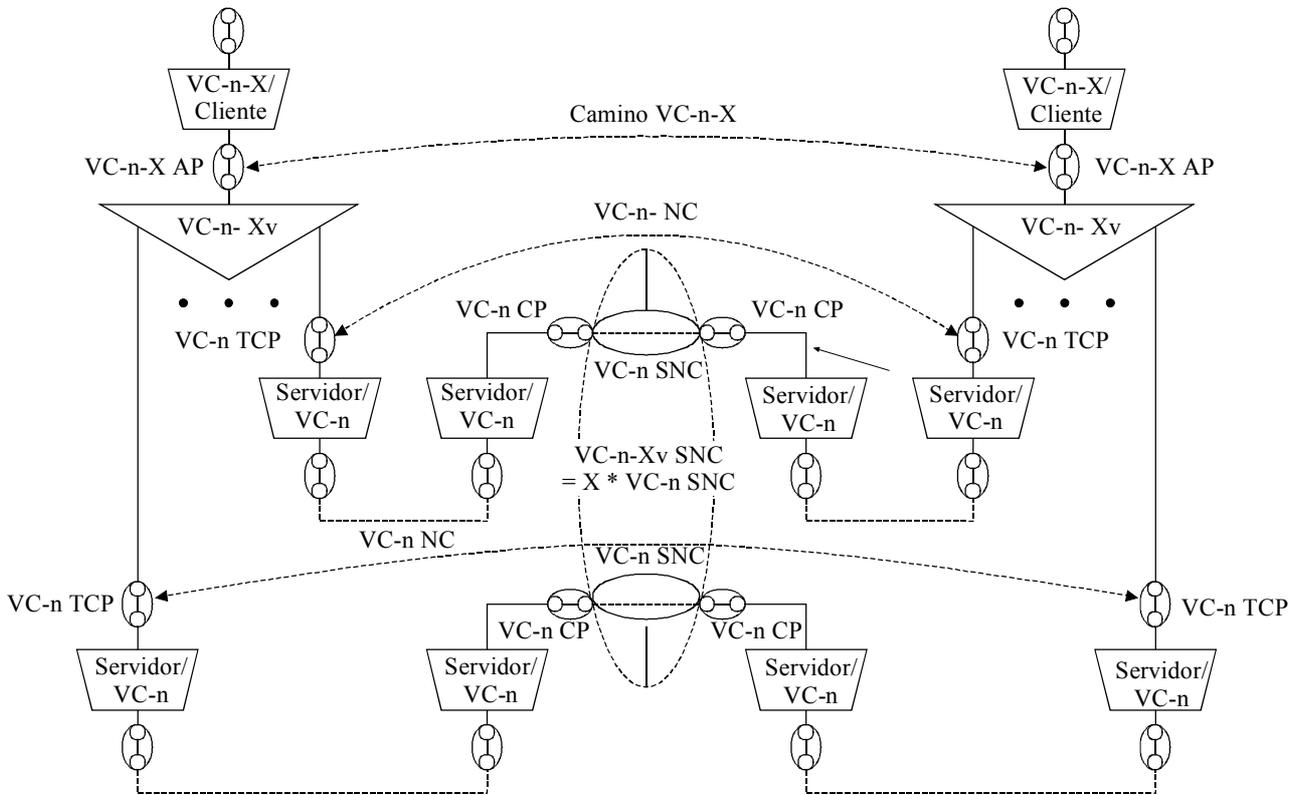
Figura 5-3/G.803 – Sección múltiplex que soporta VC-3 y VC-4

5.2 Soporte de ATM por SDF

A los fines de describir las redes de transporte basadas en modo de transferencia asíncrono, la Recomendación UIT-T I.326 muestra el conjunto de transporte ATM que agrupa las funciones de adaptación de VP a VC-n, VC-n-Xv y VC-n-Xc con la red de capa del cliente. Esta diferencia en la agrupación de la función de adaptación para la descripción de las redes de transporte basadas en ATM y en SDH no tiene consecuencias en las funciones reales que cumplen estas redes. La interfaz entre el conjunto de transporte ATM y una de las redes de capa VC-n, VC-n-Xv y VC-n-Xc es el punto de acceso.

Las técnicas de supervisión de conexión definidas en la cláusula 7 se aplican por tren de datos en la información característica de VC-n.

La figura 5-5a muestra la arquitectura funcional para un VC-n-Xv.



T1316320-99

Figura 5-5a/G.803 – Arquitectura funcional para concatenación virtual

La función compuesta VC-n-Xv indicada en la figura 5-5a se compone ulteriormente como las funciones atómicas básicas mostradas en la figura 5-5b.

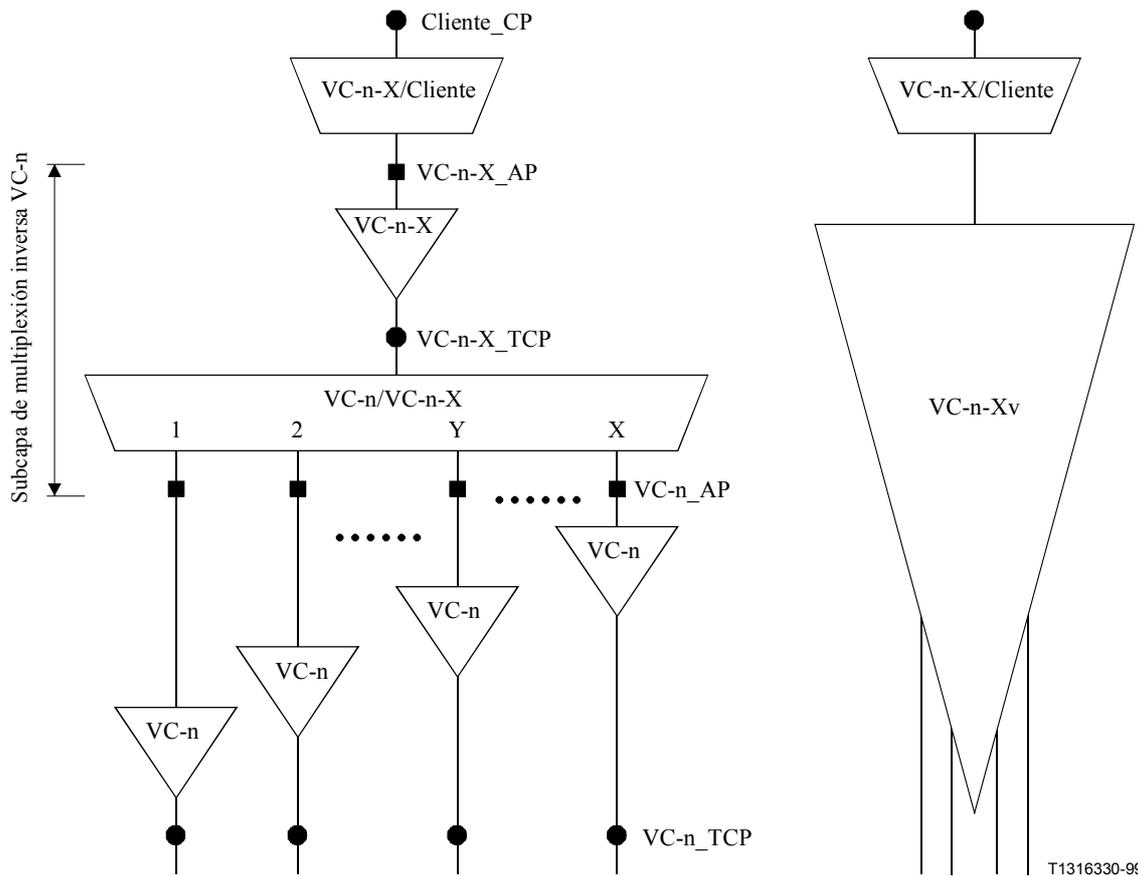


Figura 5-5b/G.803 – Modelo de multiplexión inversa/concatenación virtual

La función VC-n/VC-n-Xv_A_So ejecuta el siguiente procesamiento entre su entrada y su salida:

- determina si el tamaño de grupo variable puede ser manejado por la señal de cliente;
- determina el tamaño máximo del grupo (X);
- determina el tamaño real del grupo (Y);
- determina señales fallidas temporalmente en el grupo real;
- soporta temporalmente la reducción de tamaño del grupo, y soporta la adición sin saltos de la señal que ha fallado previamente en coordinación con el extremo distante;
- soporta el aumento y la disminución sin saltos del grupo real Y, en coordinación con el extremo distante;
- ejecuta la operación de desentrelazado de 8 bits u octeto de la señal entrante: hace corresponder los 8 bits/octeto con la cabida útil de la señal T_i , los siguientes 8 bits/octetos con la señal T_{i+1} , etc., que pertenecen al grupo real y no son suprimidas temporalmente;
- inserta el indicador de multitrama que detecta el retardo diferencial en cada una de las señales;
- inserta el número de secuencia (hay que confirmar la necesidad en SDH) en cada una de las señales;
- inserta la identificación de tipo de cabida útil en la etiqueta de cada una de las señales.

La función VC-n/VC-n-X_A_Sk ejecuta el siguiente procesamiento entre su entrada y su salida:

- compara la identificación de tipo de cabida útil dentro de la etiqueta de cada señal con el valor previsto, detecta la discordancia de cabida útil de defectos, informa los valores recibidos;
- determina si el tamaño de grupo variable puede ser manejado por la señal de cliente;
- determina el tamaño máximo del grupo (X);
- determina el tamaño real del grupo (Y);
- determina señales fallidas temporalmente en el grupo real;
- soporta temporalmente la reducción de tamaño del grupo, y soporta la adición sin saltos de la señal que ha fallado previamente en coordinación con el extremo distante;
- soporta el aumento y la disminución sin saltos del grupo real Y, en coordinación con el extremo distante;
- recupera la fase de comienzo de multitrama de cada una de las señales;
- compara el número de secuencia (hay que confirmar la necesidad en SDH) en cada una de las señales con el previsto, detecta defectos e informa los valores recibidos;
- realinea todas las señales que pertenecen al grupo real y no son suprimidas temporalmente por medio de compensación del retardo diferencial;
- ejecuta la operación de entrelazado de las señales entrantes que pertenecen al grupo real y no son suprimidas temporalmente;
- determina el estado de fallo de la señal y en su caso, inserta AIS.

La función VC-n-X_TT_So ejecuta el siguiente procesamiento entre su entrada y su salida:

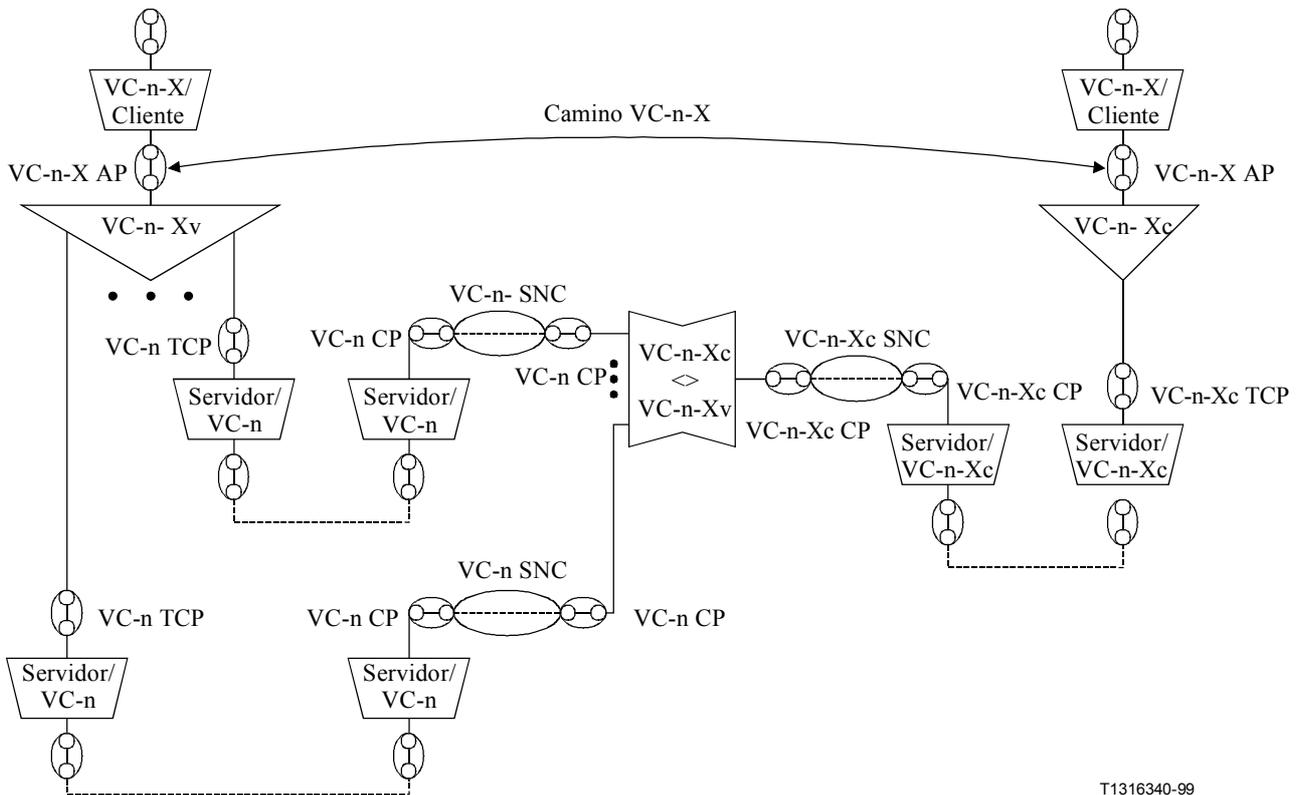
- informa el estado de fallo de señal;
- en caso de interfuncionamiento con el punto extremo distante concatenado contiguo, informa el estado compuesto y la calidad de funcionamiento aproximados.

La función VC-n-X_TT_So ejecuta el siguiente procesamiento entre su entrada y su salida:

- por el momento no se prevé ningún procedimiento específico.

5.3.3 Interfuncionamiento entre concatenación contigua y concatenación virtual

Para el mismo índice X, ambas concatenaciones transportan la misma información adaptada y tienen información característica similar. Esto ofrece la posibilidad de interfuncionamiento de red de capa según se define en la Recomendación UIT-T G.805 entre una red de capa VC-n-X y una red VC-n-Xv con el mismo índice. La figura 5-6 muestra la arquitectura funcional. La función de procesamiento de interfuncionamiento efectúa la conversión semánticamente "transparente" de la tara de camino de concatenación virtual a tara de camino de concatenación contigua y viceversa. Un camino VC-n-X puede contener una o más funciones de procesamiento de interfuncionamiento.



T1316340-99

Figura 5-6/G.803 – Interfuncionamiento de concatenación contigua/virtual

6 Supervisión de la conexión

6.1 Supervisión intrínseca

Las conexiones de capa de trayecto pueden supervisarse de forma indirecta utilizando los datos disponibles intrínsecamente de la sección múltiplex o las capas del servidor del trayecto de orden superior, y calculando el estado aproximado de la conexión de trayecto del cliente a partir de los datos disponibles. Por ejemplo, para un trayecto de orden superior, los defectos detectados en la adaptación de sección múltiplex, tales como AIS AU y pérdida de puntero (LOP, *loss of pointer*) AU son una indicación de defectos en las redes de capa del servidor subyacente que afectan a la conexión de capa de cliente que se está supervisando.

6.2 Supervisión no intrusiva

La conexión puede supervisarse directamente mediante la información de tara pertinente en la sección de regeneración, la sección múltiplex, el trayecto de orden superior o el trayecto de orden inferior, calculándose a continuación el estado aproximado de la conexión a partir de la diferencia entre los estados supervisados en cada extremo de la conexión.

6.3 Supervisión de subcapa

Las conexiones pueden supervisarse de manera directa sobrescribiendo alguna parte de la capacidad de tara del camino original al comienzo de la conexión. En el caso de la SDH, la tara se ha definido a esos efectos en las capas de trayectos de orden superior e inferior. Cuando se aplica una conexión en cascada de la SDH, este método de supervisión se conoce como supervisión de la conexión en cascada.

En la figura 6-1 se ofrece un ejemplo general de la conexión en cascada supervisada mediante un camino de subcapa como se indica en la Recomendación UIT-T G.805.

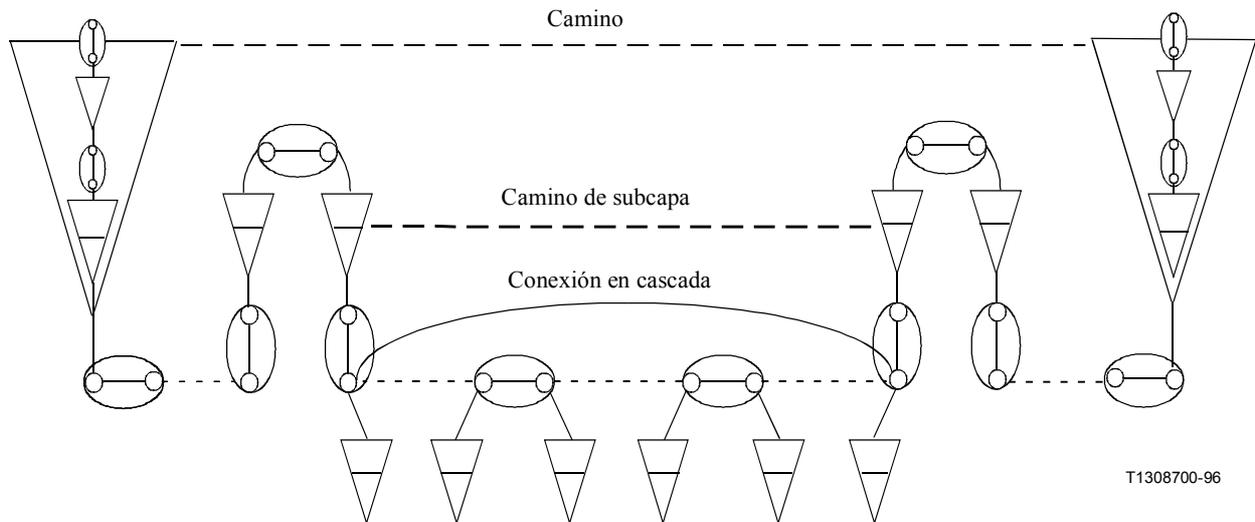


Figura 6-1/G.803 – Supervisión de la conexión en cascada mediante un camino de subcapa

La figura 6-2 ilustra una aplicación de red SDH de la supervisión de la conexión en cascada dentro del dominio administrativo de un operador de red. Sin embargo, una conexión en cascada puede extenderse también a través de múltiples dominios administrativos con la cooperación de los operadores de red interesados. Asimismo, en el último caso no es necesario en general soportar conexiones en cascada consecutivas dentro de un solo elemento de red.

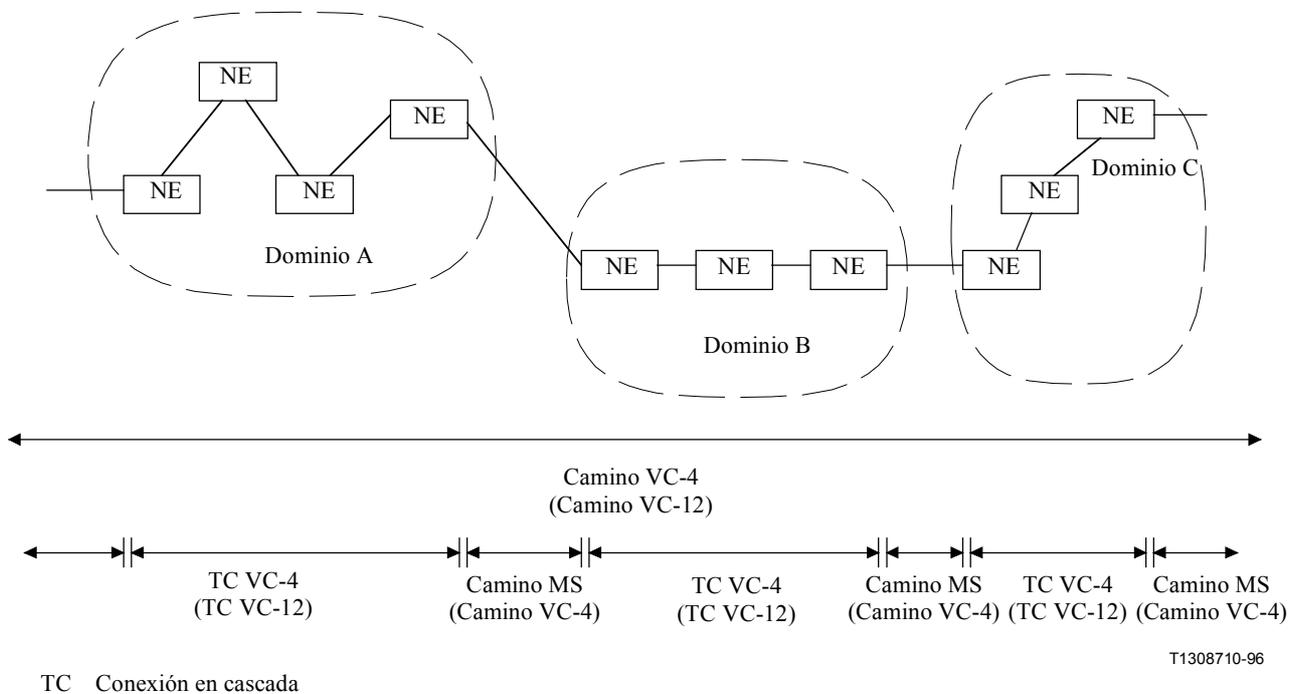


Figura 6-2/G.803 – Camino VC-*n* por dominios de múltiples operadores, supervisado mediante conexiones en cascada

Las figuras 6-3 y 6-4 contienen ejemplos de disposiciones de conexiones en cascada, basadas en un camino VC-4. El camino VC-4 consta de dos terminaciones de camino (HOPT) VC-4 y la conexión de red VC-4.

La conexión en cascada (TC, *tandem connection*) puede incluir o excluir la matriz (función de conexión) dentro de un equipo. Cuando es posible, es preferible incluir las funciones de conexión en el equipo de ingreso y egreso en una conexión en cascada, y por este motivo esta posibilidad se indica en ambos ejemplos.

En la figura 6-3, la conexión de la red VC-4 está subdividida en dos conexiones de subred, una en el dominio del operador de telecomunicaciones (TO, *telecom operator*) A, y otro en el dominio del TO B. Ambas subredes están interconectadas por una conexión de enlace soportada por una sección múltiplex.

Las dos subredes de TO funcionan como subcapas TC (subredes supervisadas). Ello añade las funciones de adaptación TC VC-4 (HOTCA) y de terminación de camino (HOTCT) a las subredes de TO.

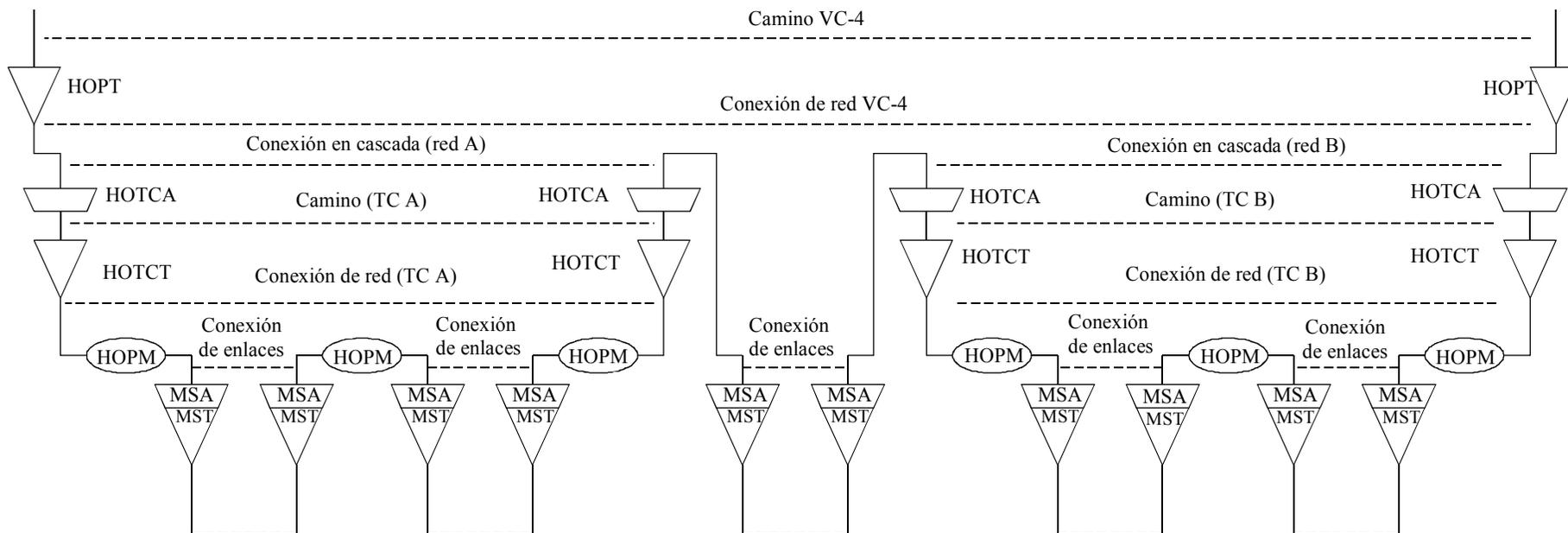
Las subredes de TO ulteriormente se subdividen en una serie de subredes, representadas por las matrices VC-4 (HOPM) y las conexiones de enlaces intermedios.

En la figura 6-4, la conexión de red VC-4 está subdividida en tres conexiones de subredes, mediante conexiones de enlaces soportadas por secciones múltiplex.

Una de las tres subredes funciona como subcapa TC (subredes supervisadas). Ello añade las funciones de adaptación TC VC-4 (HOTCA) y de terminación de camino (HOTCT) a la subred de TO.

A continuación la subred de TO se subdivide en una serie de subredes, representadas por las matrices VC-4 (HOPM) y las conexiones de enlaces intermedios.

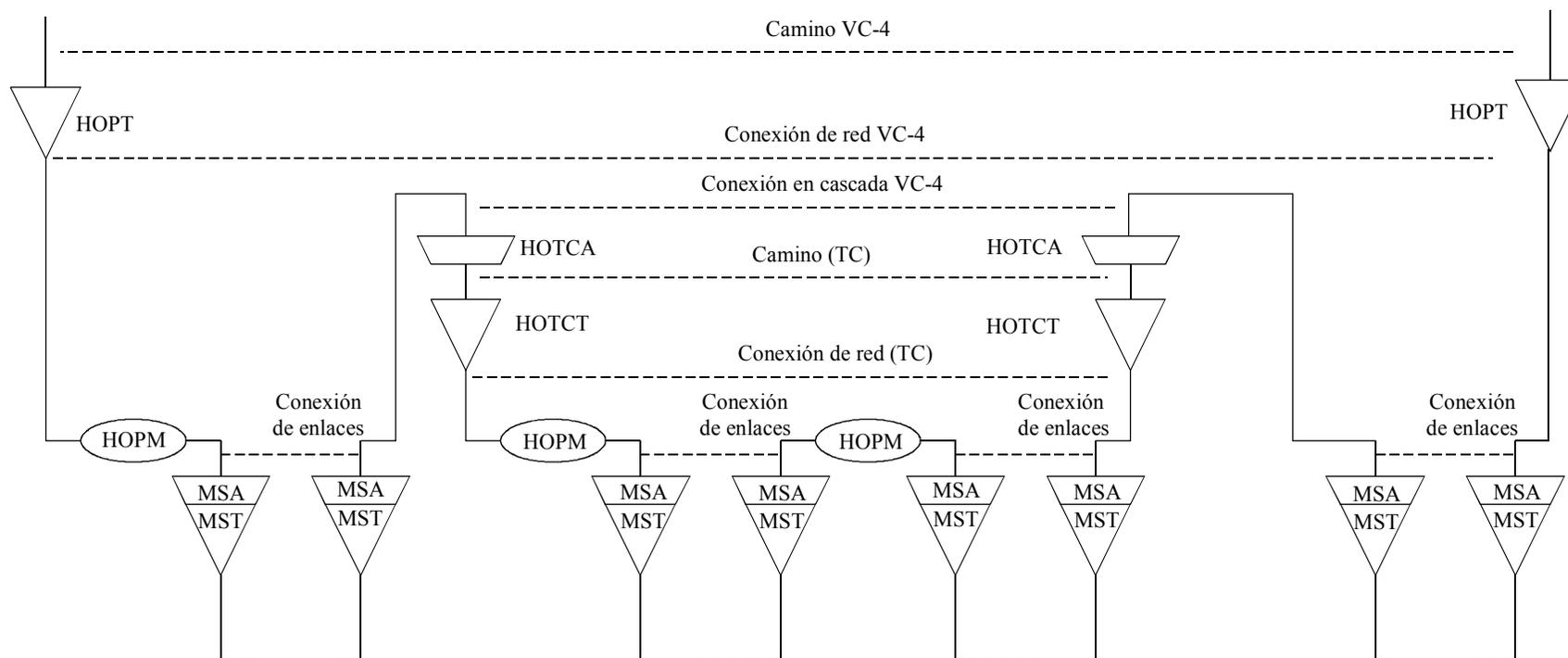
En el elemento de red en que comienza la conexión en cascada, la tara de conexión de cascada está insertada en la señal antes de que ésta se aplique a la función de conexión de capa (si está presente). Del mismo modo, la tara de conexión en cascada se retira de la señal una vez que ha pasado a través de la función de conexión de capa (si está presente) dentro del elemento de red en que termina la conexión en cascada.



T1308720-96

HOPM	Matriz de trayecto de orden superior	MSA	Adaptación de sección múltiplex
HOPT	Terminación de trayecto de orden superior	MST	Terminación de sección múltiplex
HOTCA	Adaptación de la conexión en cascada de orden superior		
HOTCT	Terminación de la conexión en cascada de orden superior		

Figura 6-3/G.803 – Ejemplo de un camino VC-4 que atraviesa dos dominios de operadores



HOPM	Matriz de trayecto de orden superior	MSA	Adaptación múltiplex
HOPT	Terminación de trayecto de orden superior	MST	Terminación de sección múltiplex
HOTCA	Adaptación de la conexión en cascada de orden superior		
HOTCT	Terminación de la conexión en cascada de orden superior		

T1308730-96

Figura 6-4/G.803 – Ejemplo de un camino VC-4 con una conexión en cascada en un dominio de operador intermedio

7 Técnicas para mejorar la disponibilidad en la red de transporte

En la Recomendación UIT-T G.805 se ofrece una descripción de los tipos de protección genéricos. La presente Recomendación UIT-T indica de qué manera estos tipos genéricos se aplican en el caso de la SDH. En las Recomendaciones UIT-T G.783 y G.841 se presenta una descripción detallada de la implementación de algunos de estos esquemas.

7.1 Protección de la sección múltiplex SDH

La protección de sección múltiplex SDH es un tipo de la protección de camino que se describe en la Recomendación G.805. Los eventos de fallos se detectan mediante la función de terminación de sección múltiplex (MST, *multiplex section termination*) y la reconfiguración utiliza las funciones de conmutación de protección que se encuentran en la subcapa de protección de sección múltiplex. La reconfiguración resultante puede contemplar la conmutación de protección en elementos múltiples de la red SDH. La coordinación de esta conmutación en elementos múltiples de la red SDH se realiza mediante un protocolo de conmutación automática de protección (APS, *automatic protection switching*).

7.1.1 Protección 1+1 de la sección múltiplex SDH

En el sistema de protección de la sección múltiplex SDH 1+1, se proporcionan dos secciones múltiplex; una cursa el tráfico, y la otra actúa como mecanismo de reserva. En la Recomendación UIT-T G.783 se ofrece una descripción de la protección 1+1 de la sección múltiplex.

7.1.2 Protección 1:N de la sección múltiplex SDH

Un sistema de protección 1:N de la sección múltiplex SDH consta de N secciones múltiplex que cursan tráfico y que deben recibir protección, además de una sección múltiplex adicional que suministra la protección. Cuando no se necesita a los fines de la protección, esta capacidad de sección múltiplex adicional puede utilizarse para soportar "tráfico adicional" de menor prioridad. Este tráfico adicional de por sí no está protegido. En la Recomendación UIT-T G.783 se ofrece una descripción de la protección 1:N de la sección múltiplex, junto con el protocolo APS.

7.1.3 Anillos de protección compartida de la sección múltiplex SDH

Los anillos de protección compartida de la sección múltiplex se caracterizan por la división de la carga útil total de cada sección múltiplex en partes iguales, entre la capacidad en funcionamiento y la de protección, es decir, para un anillo STM-N de dos fibras, existen N/2 grupos de unidades administrativas (AUG, *administrative unit group*) disponibles para el funcionamiento y N/2 AUG disponibles para la protección, mientras que para un anillo STM-N de cuatro fibras, existen N AUG disponibles para el funcionamiento y N AUG disponibles para la protección. Puede tener acceso a la capacidad de protección del anillo cualquier sección múltiplex de un anillo multinodo ante una condición de fallo de sección o de nodo. De este modo la capacidad de protección se comparte entre las múltiples secciones múltiplex. La compartición de la capacidad de protección permitiría que un anillo de protección compartida de la sección múltiplex curse más tráfico, en condiciones normales, que otros tipos de anillos. En condiciones de ausencia de fallos, la capacidad de protección puede utilizarse para soportar "tráfico adicional" de menor prioridad. Este tráfico adicional de por sí no está protegido. En la Recomendación UIT-T G.841 se presenta la descripción de los anillos de protección compartida de la sección múltiplex, incluida la definición del protocolo APS.

7.1.4 Anillos especializados de la sección múltiplex SDH

Un anillo especializado de protección de la sección múltiplex es un esquema de protección 1:N, en el cual $N = 1$. El sistema consta de dos anillos que giran en sentido contrario (cada uno transmite en dirección opuesta en relación con el otro). En condiciones de fallo, todo el canal en funcionamiento

se pone en bucle con el canal de protección. La Recomendación UIT-T G.841 no ofrece el protocolo APS necesario para este sistema, ya que la capacidad máxima de este tipo de anillos es la suma de las capacidades de cada intervalo y, por ende, las aplicaciones de este tipo de esquema de protección son limitadas.

7.2 Ejemplos de protección de conexión de subred de SDH

En la Recomendación UIT-T G.805 se describe la protección de la conexión de subred. Ello puede aplicarse a un trayecto de orden superior o de orden inferior de SDH. Para soportar la protección de subred se prevén dos conexiones de subred especializadas, uno que curse el tráfico y el otro que actúe como mecanismo de reserva. Este mecanismo de protección puede utilizarse en cualquier estructura física de transporte (por ejemplo, en malla, de anillos o mixtas), y sirve para proteger una conexión de red, de extremo a extremo, o una porción de una conexión de red. En la Recomendación UIT-T G.841 se ofrecen más detalles sobre la aplicación de este esquema en la SDH.

8 Arquitectura de redes de sincronización

8.1 Introducción

En esta cláusula se describen los aspectos de arquitectura de la distribución de información de temporización dentro de una red SDH. Se hace hincapié en la necesidad de que los relojes de SDH se ajusten a un reloj de referencia primario (PRC, *primary reference clock*) y posean una buena característica de estabilidad a corto plazo, a fin de ajustarse a los objetivos de tasa genérica de deslizamientos de la Recomendación UIT-T G.822.

Se señala además que, siempre que el reloj de SDH cumpla la plantilla de estabilidad a corto plazo, no existen limitaciones prácticas al número de elementos de tratamiento de punteros que pueden conectarse en cascada en una red SDH, para cumplir los requisitos de fluctuación de fase de salida de la cabida útil en una frontera SDH/PDH.

Se presentan escenarios evolutivos, para señalar cómo puede integrarse la sincronización de una red SDH con la red de sincronización existente.

El apéndice III proporciona orientación adicional sobre el asunto de la sincronización de redes, centrada en los aspectos prácticos de ingeniería.

8.2 Aspectos de la red de sincronización

8.2.1 Métodos de sincronización

En la Recomendación UIT-T G.810 se identifican dos métodos fundamentales de sincronización de relojes nodales, a saber:

- sincronización principal-subordinado;
- sincronización mutua.

La sincronización principal-subordinado es un método adecuado para la sincronización de redes SDH; a continuación se dan algunas orientaciones sobre su empleo. La viabilidad de la sincronización mutua queda en estudio.

En la sincronización principal-subordinado se utiliza una jerarquía de relojes en la que cada nivel jerárquico está sincronizado con referencia a un nivel superior. El nivel más alto de la jerarquía es el PRC. Las señales de referencia de reloj se distribuyen entre los niveles de la jerarquía por conducto de una red de distribución que puede utilizar las facilidades de la red de transporte. Los niveles jerárquicos son los siguientes:

- PRC Rec. G.811.

- Reloj subordinado (nodo de tránsito) Rec. G.812.
- Reloj subordinado (nodo local) Rec. G.812.
- Reloj de elemento de red SDH Rec. G.813.

La distribución de la temporización entre relojes de nodo jerárquico debe efectuarse empleando un método que evite el procesamiento de puntero intermedio. A continuación se indican dos métodos posibles:

- 1) recuperación de la temporización a partir de una señal de STM-N recibida. Esto evita el efecto impredecible de un ajuste de puntero en el reloj subordinado situado hacia el destino. La técnica exacta que debe adoptarse queda en estudio;
- 2) obtención de la temporización a partir de un camino de sincronización no soportado por una red SDH.

El método principal-subordinado utiliza una técnica de sincronización de extremo único, en la que el reloj subordinado determina el camino de sincronización que debe utilizar como referencia propia y conmuta a un camino alternativo si falla el camino original. Se trata de un método de control unilateral.

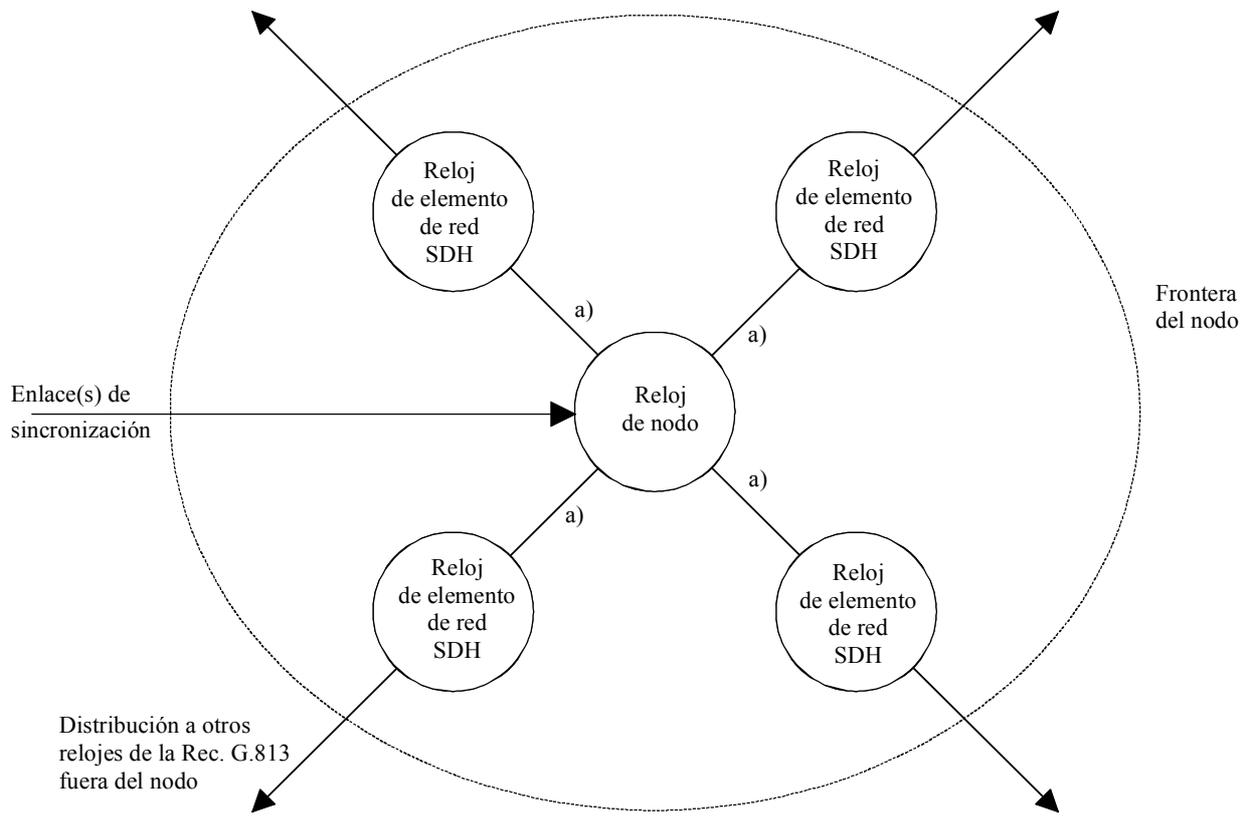
8.2.2 Arquitectura de la red de sincronización

La arquitectura utilizada en una SDH requiere que la temporización de todos los relojes de los elementos de red pueda sincronizarse con un PRC que satisfaga la Recomendación UIT-T G.811. A continuación se dan detalles sobre la arquitectura que se desea para la sincronización de la red SDH. En 8.2.6 se examinan los aspectos evolutivos.

La distribución de la sincronización puede clasificarse en distribución intraestación, en las estaciones que disponen de un reloj de nivel de la Recomendación UIT-T G.812, y distribución entre estaciones:

- a) La distribución intraestación, en las estaciones que disponen de un reloj de nivel de la Recomendación UIT-T G.812, se ajusta a una topología lógica en estrella. Todos los relojes de elemento de red de nivel inferior situados dentro de la frontera de una estación obtienen su temporización a partir de relojes de nivel jerárquico más alto. El reloj de nivel jerárquico más alto de la estación es el único que obtiene la temporización de enlaces de sincronización procedentes de otras estaciones. La temporización se distribuye desde los elementos de red situados dentro de la frontera a los elementos de red situados más allá de la misma, por conducto del medio de transmisión SDH. En la figura 8-1 se muestra la relación entre los relojes de una estación.
- b) La distribución entre estaciones se ajusta a una topología en árbol y permite la sincronización de todas las estaciones de la red SDH. En la figura 8-2 se muestra la relación jerárquica entre relojes. Con esta arquitectura es importante, a efectos del funcionamiento correcto de la red de sincronización, que los relojes de nivel jerárquico inferior acepten solamente la temporización procedente de un nivel jerárquico igual o superior y que se eviten los bucles de temporización. Para tener la seguridad de que se mantiene esta relación, debe diseñarse la red de distribución de forma tal que, incluso en condiciones de avería, sólo se presenten a los relojes jerárquicos referencias de nivel superior válidas.

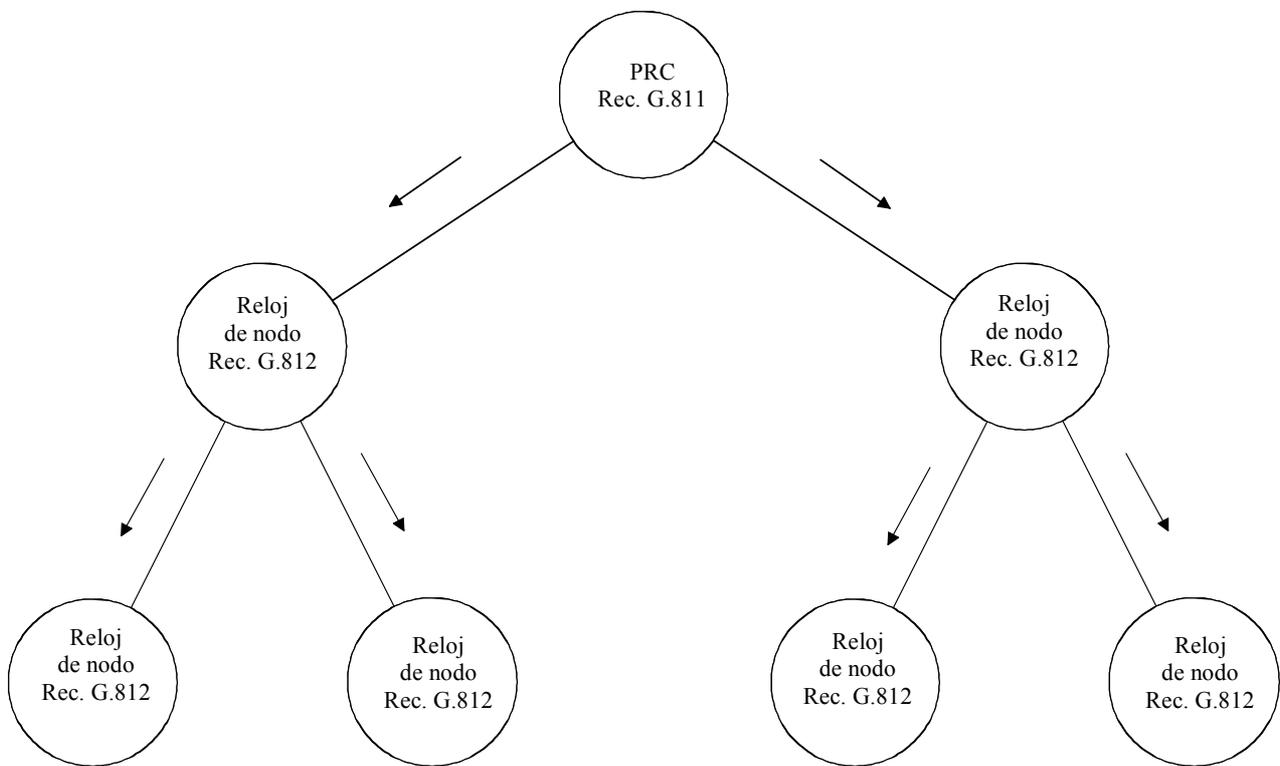
Los relojes de un nivel jerárquico inferior deben poseer una gama de captura lo suficientemente ancha como para garantizar la adquisición y el enganche automáticos de la señal de temporización generada por el reloj del mismo nivel, o de nivel superior, que están utilizando como referencia.



a) Temporización solamente.

T1816890-92

Figura 8-1/G.803 – Distribución intranodal en la arquitectura de la red de sincronización



PRC Reloj de referencia primario

T1816900-92

Figura 8-2/G.803 – Distribución internodal en la arquitectura de la red de sincronización

La arquitectura funcional de redes de sincronización gestiona el modelado de la transferencia de la información de temporización entre los relojes jerárquicos de sincronización. En la figura 8-3 se ofrece un ejemplo. Los tres relojes definidos en las Recomendaciones UIT-T G.811, G.812 y G.813 están representados como funciones de adaptación que modifican la calidad de la información de temporización según su nivel de calidad.

Todos los relojes de sincronización se sitúan en una capa única, la capa de distribución de sincronización (SD, *synchronization distribution*). La red de capa SD proporciona los caminos para la transferencia de la información de temporización de un reloj a otro. Esta red tiene relación con la transferencia unidireccional de información, y por consiguiente, todos los puntos de acceso de la red de capa SD son unidireccionales.

La capa SD puede estar soportada por cualquier sección múltiplex o capa de trayecto, a condición de que estas capas de servidor sean transparentes para la información de temporización. Las capas VC-*n* de SDH y las capas de trayecto PDH que son soportadas por las capas del trayecto SDH no reúnen las condiciones necesarias, porque el tratamiento de puntero tiene repercusión en la información de temporización.

La figura 8-3 muestra asimismo al cliente de la capa SD como la capa de sincronización de red (NS, *network synchronization*). La capa NS es la única encargada de proporcionar punto a multipunto a través de conexiones del PRC a todos los demás relojes de la red. En cada punto de conexión en la capa NS existe una estimación del tiempo universal coordinado (UTC, *universal time coordinated*) disponible. La calidad de la estimación del UTC depende de la configuración de la red de capa NS y la calidad de temporización de los caminos SD suministrados por la red de capa SD.

Conviene observar que en la capa SD no se muestran los relojes de regeneración del sistema de línea. Éstos están contenidos en la capa de sección que soporta la capa SD. La diferencia entre estos relojes regeneradores y los relojes de la capa SD es que los primeros son "transparentes". Los relojes regeneradores transfieren la temporización o sofocan la información de temporización. A la inversa, los relojes SD proporcionan la temporización aún en caso de fallo en el camino SD que transfiere la temporización del reloj anterior en la conexión NS.

Las matrices de conexión indicadas en la capa NS suministran la configuración de la red de sincronización. Las conexiones de enlaces entre las matrices están soportadas por caminos en la capa SD. La reconfiguración autónoma de la red de sincronización, incluida la conmutación de protección, también se ejecuta por conducto de esas matrices.

Las matrices de conexión en la capa SD están destinadas al aprovisionamiento de los caminos SD. Se utilizan para seleccionar las secciones múltiplex o trayectos que soportan los caminos SD.

Pueden utilizarse mensajes de estado de sincronización para vehicular la información sobre la calidad de la temporización (véase 8.2.7). Esta información se inserta en la fuente de terminación del camino SD y se extrae en el sumidero de terminación de camino SD. Además, es la terminación de camino SD que informa sobre el fallo de un camino SD.

La figura 8-4 muestra un ejemplo específico de distribución de sincronización desde la red pública a través de la interfaz de red de usuario de velocidad primaria PDH a un reloj G.812 en una red privada. En este ejemplo las señales de velocidad primaria se retemporizan a partir del reloj de elemento de red SDH.

Quedan en estudio otros métodos para transmitir la sincronización a través de la interfaz de red de usuario.

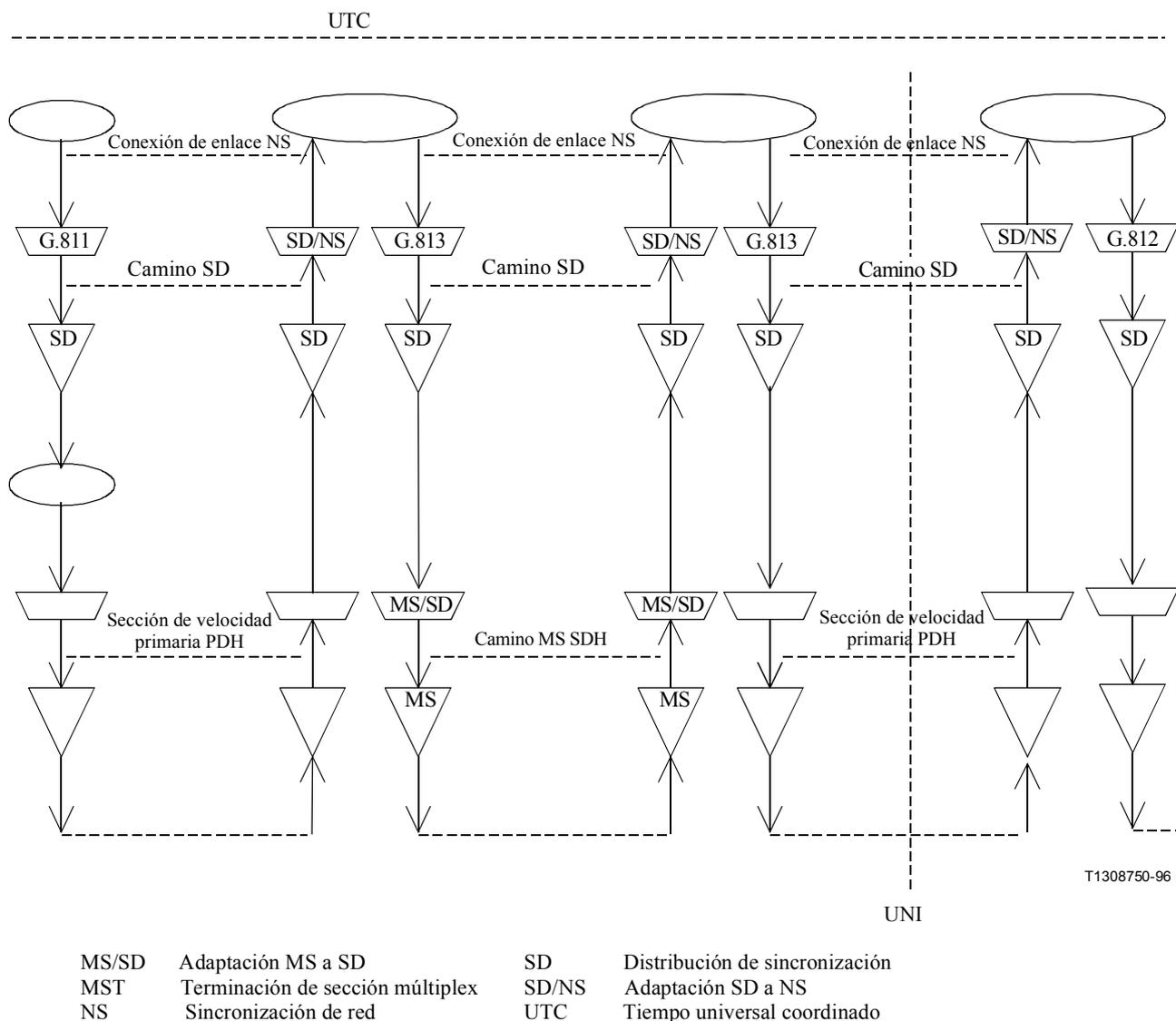


Figura 8-4/G.803 – Ejemplo de distribución de sincronización a través de un UNI PDH

8.2.3 Modos de sincronización

Se distinguen cuatro modos de sincronización, a saber:

- síncrono;
- seudosíncrono;
- plesiócrono;
- asíncrono.

En el modo asíncrono, todos los relojes de la red se ajustan al PRC de la red. Los ajustes de puntero solamente se producirán al azar. Éste es el modo normal de funcionamiento en el dominio de un mismo operador.

En el modo seudosíncrono, no todos los relojes de la red estarán sincronizados con referencia al mismo PRC. Sin embargo, cada PRC deberá cumplir lo establecido en la Recomendación UIT-T G.811, por lo que se producirán ajustes de puntero en el elemento de red de frontera de sincronización. Éste es el modo normal de funcionamiento en la red internacional y entre operadores.

En el modo plesiócrono se inhabilitan el camino de sincronización y las alternativas de repliegue para uno o más relojes de la red. El reloj pasa al modo retención o de funcionamiento libre. Si se

pierde la sincronización con respecto a un elemento de red SDH que efectúa la correspondencia asíncrona, el desplazamiento de frecuencia y la deriva del reloj harán que los ajustes de puntero persistan durante todo el periodo de conexión de la red SDH. Si se pierde la sincronización con respecto al último elemento de red de la conexión de red SDH (o al penúltimo elemento de red en el caso en que el último sea subordinado, es decir consista en un multiplexor con bucle temporizado) habrá que proceder también a ajustes de puntero a la salida de la red SDH. Sin embargo, si el fallo de la sincronización se produce en un elemento de red intermedio, ello no provocará un movimiento de puntero neto en el elemento de red de salida final, siempre que el elemento de red de entrada se mantenga sincronizado con el PRC. El movimiento del puntero en el elemento red intermedio será corregido por el elemento de red siguiente de la conexión, que se mantiene aún sincronizado.

El modo asíncrono se corresponde con la situación en la que se producen amplios desplazamientos de frecuencia. No es preciso que la red SDH mantenga tráfico con una precisión de reloj inferior a la especificada en la Recomendación UIT-T G.813. Para el envío de las AIS se requiere una precisión de reloj de ± 20 ppm (aplicable a los regeneradores y a cualquier otro equipo SDH en los que la pérdida de todas las señales de sincronización entrantes implique la pérdida de la totalidad del tráfico).

8.2.4 Cadena de referencia de la red de sincronización

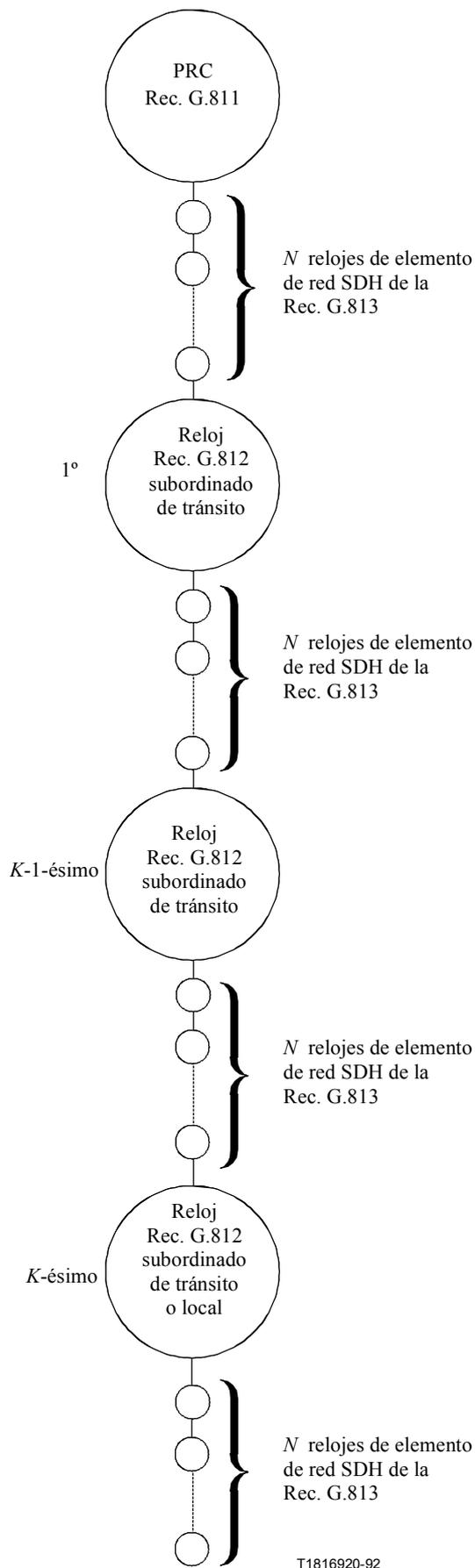
En la figura 8-5 se muestra la cadena de referencia de la red de sincronización. Los relojes de nodo se interconectan por medio de N elementos de red, cada uno de los cuales dispone de relojes que cumplen lo establecido en la Recomendación UIT-T G.813.

La cadena más larga no debe exceder de K relojes subordinados que cumplan la Recomendación UIT-T G.812. Solamente se ha representado un tipo de reloj subordinado de la Recomendación UIT-T G.812, porque la diferencia de característica de retención entre relojes locales y de tránsito no es importante para la sincronización de la red SDH, lo cual contrasta con la situación del entorno RTPC, que es sensible a la inestabilidad a largo plazo.

La calidad de la temporización se degradará a medida que aumente el número de enlaces de sincronización.

El valor de N vendrá limitado por la calidad de la sincronización requerida por el último elemento de red de la cadena. De esta manera se asegura el cumplimiento de los requisitos de estabilidad a corto plazo definidos en el apéndice I/G.813.

Para determinar las especificaciones del reloj de sincronización, los valores de la cadena de referencia de sincronización del caso más desfavorable son: $K = 10$ y $N = 20$, con un número total de relojes de elementos de red SDH limitado a 60. Estos valores son aplicables sólo a los relojes de la "opción 1" definidos en la Recomendación UIT-T G.813; los valores para los relojes de la "opción 2" quedan en estudio. Los valores para la "opción 1" han sido obtenidos por cálculos teóricos y para su verificación será necesario efectuar mediciones prácticas. Conviene señalar no obstante que, en el diseño práctico de la red de sincronización, el número de elementos de red en cascada debe reducirse al mínimo por razones de fiabilidad.



A efectos de cálculo en la situación del caso más desfavorable:

$K = 10$

$N = 20$, con la limitación de que el número total de relojes de elemento de red SDH no puede pasar de 60

Figura 8-5/G.803 – Cadena de referencia de la red de sincronización

8.2.5 Estrategia de sincronización

La estrategia de sincronización consiste en integrar la sincronización de la red SDH con la arquitectura de sincronización de la red RTPC existente, con un mínimo de perturbaciones y reconfiguraciones. Los relojes de nodo actuales son unidades aparte o integradas en las centrales. Con la implantación de la SDH, existe también la posibilidad de integrar el reloj de nodo en ciertos tipos de equipo SDH, por lo general en los grandes dispositivos de transconexión SDH. En tal caso, el reloj de elemento de red de la Recomendación UIT-T G.813 es sustituido por un reloj de calidad de la Recomendación UIT-T G.811 o G.812.

8.2.6 Evolución de la red de sincronización

La SDH se ha diseñado para que funcione en el modo seudósíncrono. Los elementos de red pueden integrarse en las jerarquías de sincronización existentes.

Cuando se pone en servicio por primera vez el equipo SDH, la temporización del elemento de red debe obtenerse a partir del PRC o de uno de los relojes subordinados. La temporización se distribuye a través de la red SDH según el método principal-subordinado. Esto puede que requiera una nueva interfaz en el reloj subordinado, para temporizar el elemento de red SDH.

Si la introducción de la red SDH genera islas de PDH, deben adoptarse medidas para que los enlaces de sincronización soportados por los caminos PDH de velocidad primaria no transiten por la red SDH. Para ello es necesario reconfigurar la arquitectura de sincronización, ya que los caminos de sección múltiplex SDH deben soportar todos los enlaces de sincronización que transitan por la red SDH. Quizá esto exija nuevas interfaces en los relojes subordinados y en el PRC.

Cuando una red se base totalmente en la SDH, la distribución de la sincronización vendrá determinada únicamente por la cadena de referencia de la red de sincronización.

Durante la evolución de la red hacia la SDH, habrá que alterar el plan de sincronización de la red, para tener en cuenta los elementos de red SDH. Esto requiere una planificación cuidadosa, como garantía de que no se perturbe la sincronización de la red.

Los escenarios evolutivos, con múltiples islas de SDH, que soportan el transporte de una cabida útil PDH, requieren un estudio complementario.

8.2.7 Robustez de la red de sincronización

Es preferible que todos los relojes de nodo y de elementos de red sean capaces de recuperar la temporización a partir de, por lo menos, dos caminos de distribución de sincronización. El reloj subordinado debe reconfigurarse para que recupere la temporización a partir de un camino alternativo, si falla el camino original. Siempre que sea posible, deberán proporcionarse caminos de sincronización a través de trayectos con encaminamientos diferentes.

En caso de fallo de la distribución de sincronización, todos los elementos de red tratarán de recuperar la temporización a partir del reloj fuente del nivel jerárquico más alto posible. Para ello, tanto los relojes de la Recomendación UIT-T G.812 como los relojes de la Recomendación UIT-T G.813 deberán poder reconfigurarse y recuperar la temporización a partir de uno de sus caminos de distribución de sincronización alternativos. De este modo será muy poco probable que un elemento de red temporizado por el reloj del elemento de red SDH pase al modo retención o de funcionamiento libre. Sin embargo, quizá tenga que recuperar la temporización a partir de un reloj de la Recomendación UIT-T G.812 que se encuentre él mismo en el modo retención, si se trata de la fuente de nivel jerárquico más alto de que dispone.

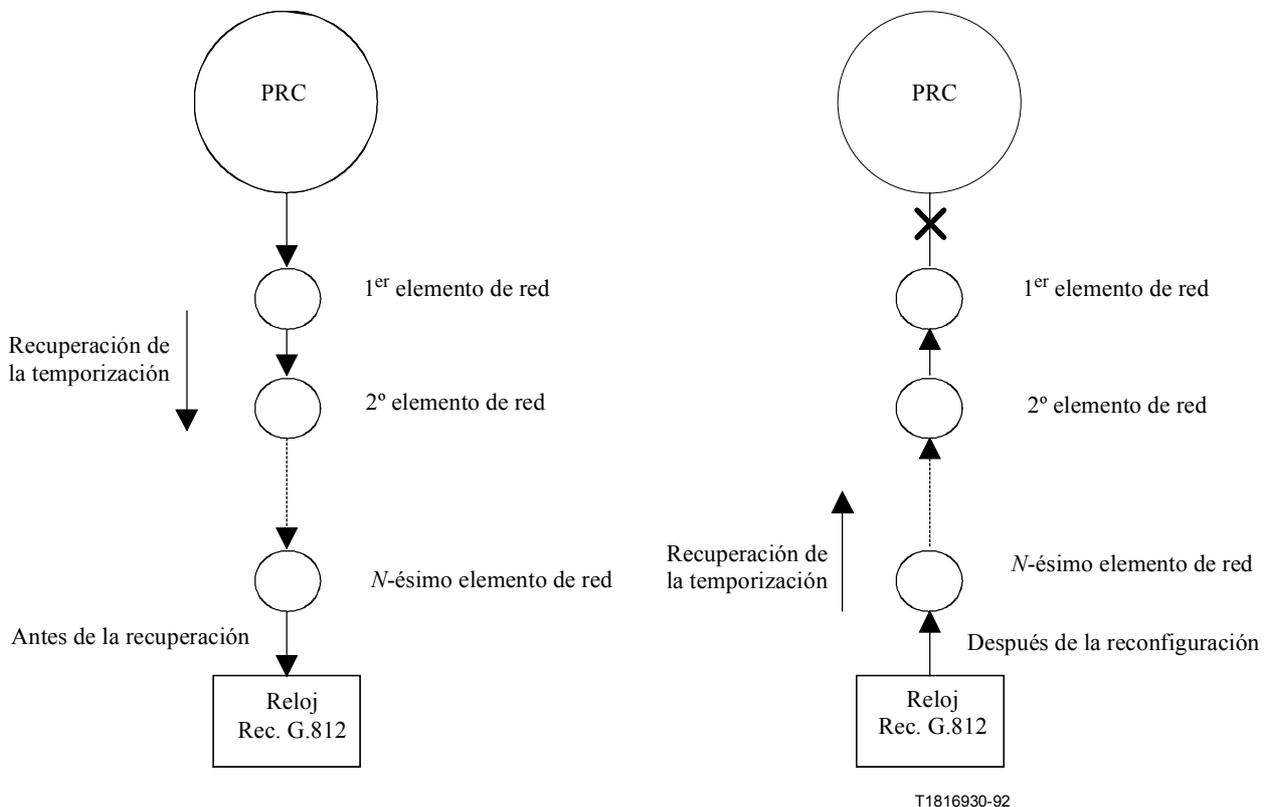
Dentro de las subredes SDH, la temporización se distribuye entre los nodos de red por conducto de cierto número de elementos de red con relojes de nivel jerárquico inferior. Se dispone de un método de marcación de la temporización que permite la selección y confirmación del camino de sincronización, donde se dispone de una opción, con el máximo nivel de calidad de fuente de reloj jerárquica (incluso en condiciones de fallo de sincronización).

El método de marcación de calidad proporciona una indicación del nivel de calidad de la fuente de reloj de la temporización mediante un procedimiento basado en mensajes de situación. El mensaje de situación se transmite en la tara de sección múltiplex, como se describe en la Recomendación UIT-T G.707. Cuando se utiliza una salida para soportar un camino de sincronización con un mensaje de situación de sincronización, este mensaje indicará el nivel de la calidad del reloj que generó originalmente la señal de sincronización. Conviene observar que éste no refleja toda degradación causada por la acumulación de fluctuación de fase o fluctuación de fase lenta, como resultado de la transmisión por conducto de una red de transporte.

Dentro de las subredes SDH, el mensaje de situación se transmite en la tara de sección múltiplex como se describe en la Recomendación UIT-T G.707. En los caminos de distribución PDH, es posible transmitir el mensaje de situación como se describe en la Recomendación UIT-T G.704. Para caminos de distribución PDH que transportan ATM el mensaje de estado se describe en la Recomendación UIT-T G.832.

Los mensajes de situación de sincronización contienen información sobre el nivel de la calidad de la fuente de reloj, que puede ayudar a los relojes para que seleccionen la referencia de sincronización más adecuada del conjunto de referencias disponibles. El propósito de estos mensajes es permitir que los relojes configuren sus referencias de sincronización autónomamente, evitando la creación de bucles de temporización. La utilización de mensajes de situación de sincronización pueden reducir al mínimo la duración del tiempo en que un reloj está en retención. Sin embargo, es fundamental estar consciente de que la utilización de los mensajes de situación de sincronización no evita de por sí sola la creación de bucles de temporización. Se necesita aun prever una planificación e ingeniería de la sincronización.

En la figura 8-6 se muestra un ejemplo de reconfiguración, en que el primer elemento de red conectado a partir del PRC pierde su camino de sincronización procedente de este reloj y debe reconfigurarse y aceptar la temporización procedente del reloj subordinado de la Recomendación UIT-T G.812.



T1816930-92

Figura 8-6/G.803 – Ejemplo de reconfiguración

8.3 Fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase de la cabida útil

En una SDH, la calidad de la información de temporización de una señal de cabida útil depende de diversos factores:

- red de sincronización;
- mecanismo de tratamiento del puntero;
- mecanismos de puesta en correspondencia de la cabida útil.

En 8.2 se define una cadena de referencia de sincronización utilizada para calcular la acumulación de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase en la red de sincronización. Los requisitos de estabilidad a corto plazo resultantes, especificados en el apéndice I/G.813, representan un límite de red para la estabilidad del reloj de la fuente de temporización contenida en un elemento de red. Esta estabilidad del reloj determina la estadística de los ajustes del puntero resultante del mecanismo de tratamiento de puntero.

La finalidad de esta subcláusula es definir las topologías de red que debe aceptar una red SDH, teniendo en cuenta los límites de red a efectos de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase de la cabida útil establecidos en las Recomendaciones UIT-T G.823 y G.824. Además, se especifican configuraciones de referencia que pueden producirse cuando se introduce una SDH en un entorno PDH existente.

8.3.1 Modelo de red SDH para la simulación de la actividad del puntero

Se utiliza el modelo representado en la figura 8-7 para el transporte de señales PDH a través de una red SDH, con el fin de simular la acumulación de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase en una conexión de referencia, debida a la actividad del puntero. Se supone que el reloj que actúa en cada nodo de tratamiento de puntero tiene la estabilidad especificada en la Recomendación UIT-T G.813. Como esta especificación refleja el límite de la red, ello representa una situación de caso más desfavorable.

Las simulaciones han puesto de manifiesto que las estadísticas de puntero quedan delimitadas cuando aumenta el número de nodos de tratamiento. Con los valores de separación umbral de las memorias intermedias del mecanismo de tratamiento de puntero especificadas en la Recomendación UIT-T G.783, los ajustes de puntero al nivel de TU-1 constituyen un caso extremadamente raro, aún cuando se hayan tenido en cuenta los tratamientos de puntero intermedios al nivel de unidad administrativa. Esto significa que el mecanismo de puntero no impone un límite superior, en la práctica, al número de nodos de tratamiento de unidades afluentes que pueden conectarse en cascada. Al nivel de unidad administrativa, se producen ajustes de puntero, incluidos algunos ajustes de puntero doble, con una saturación estadística que comienza a manifestarse a partir de unos 10 nodos aproximadamente. Esto significa que tampoco existe ninguna limitación práctica al número de nodos de tratamiento de puntero de unidad administrativa que pueden ponerse en cascada, siempre que se cumpla la plantilla de estabilidad a corto plazo en cada reloj de nodo.

8.3.2 Fluctuación de fase en la frontera SDH/PDH

La fluctuación de fase que aparece en una frontera SDH/PDH se compone de una fluctuación de fase del ajuste de puntero y de una fluctuación de fase del establecimiento de la correspondencia de la cabida útil. Como los ajustes de puntero se producen en pasos de 8 intervalos unitarios (24 intervalos unitarios al nivel de AU-4), se imponen requisitos estrictos al desincronizador en la frontera SDH/PDH. También se imponen al nivel de TU-1 ya que, aunque es raro que se produzcan eventos de ajuste de puntero en condiciones de funcionamiento normales (es decir, cuando todos los nodos están sincronización), pueden ocurrir en condiciones degradadas (es decir, en modos seudosíncrono o plesiócrono) cuando el nodo de origen o de terminación pierde la sincronización. Esto exige la utilización de desincronizadores con una anchura de banda equivalente relativamente estrecha. Debe observarse que, aun con desincronizadores de banda estrecha, el efecto de las justificaciones de punteros en las señales que se utilizan para transmitir la temporización de un tercero puede ser

mayor que el supuesto en el diseño de los dispositivos de sincronización contenidos en el equipo en las instalaciones del cliente. Dichos dispositivos podrían no ser capaces, por tanto, de seguir adecuadamente las variaciones de fase. El desincronizador filtrará también la fluctuación de fase de línea que puede acumularse a lo largo de una cadena de regeneración, si no ha quedado filtrada ya por efecto de las características del reloj de los equipos del elemento de red SDH. La fluctuación de fase del establecimiento de la correspondencia se genera en el nodo de origen, en la frontera SDH/PDH, pero no se acumula a través de una red SDH. Su contribución relativa a la fluctuación de fase de salida en la frontera SDH/PDH dependerá del diseño del desincronizador. Su valor máximo se especifica en la Recomendación UIT-T G.783.

En consecuencia, el límite de la fluctuación de fase de salida en la frontera SDH/PDH queda determinado por la fluctuación de fase del ajuste del puntero, la cual, a su vez, depende de la estabilidad a corto plazo de los relojes de cada nodo.

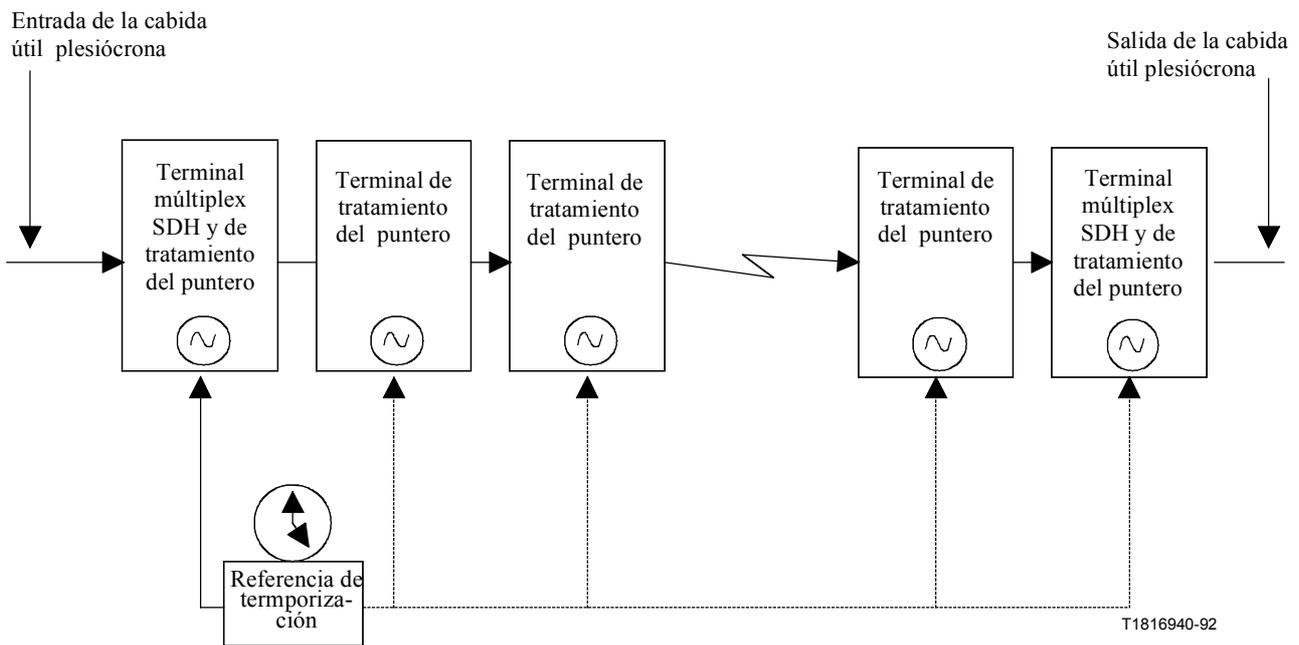


Figura 8-7/G.803 – Modelo de red SDH para la simulación de la actividad relativa al puntero

8.4 Consecuencias del interfuncionamiento SDH/PDH

En muchos escenarios evolutivos surge la necesidad de transportar una cabida útil PDH a través de múltiples islas de SDH, como se muestra en la figura 8-8. Aunque las especificaciones de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase de la cabida útil de la Recomendación UIT-T G.783 se han establecido teniendo en cuenta esta aplicación, no hay una garantía absoluta de que toda cadena múltiplex PDH acepte la fluctuación de fase de salida existente en la frontera SDH/PDH. Esto se debe a que no se ha especificado un límite inferior a la frecuencia de transición de la característica de transferencia del demultiplexor en PDH.

Si se conectan en cascada islas síncronas, se producirá una cierta acumulación de transitorios de fase debida a los ajustes de puntero más o menos simultáneos producidos en las múltiples islas. La estadística del puntero es de tal naturaleza que hace necesaria una limitación del número máximo de islas conectables en cascada para el transporte de señales a 34 368, 44 736 y 139 264 kbit/s, a menos que se mejore la especificación del desincronizador, de modo que sea posible atenuar convenientemente la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase que aparecen a la entrada de

una isla de SDH. El compromiso entre número máximo de islas, estabilidad de reloj a corto plazo y especificación del desincronizador, queda en estudio.

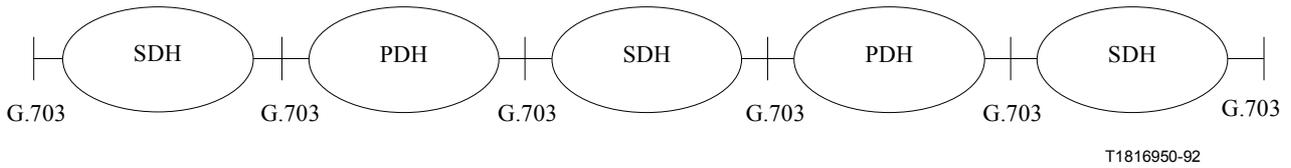


Figura 8-8/G.803 – Interfuncionamiento PDH/SDH

9 Selección de una correspondencia a velocidad primaria

Hay tres formas de poner en correspondencia señales a las velocidades primarias de 1544 y de 2048 kbit/s con el VC-11 y el VC-12, respectivamente, según las definiciones de la Recomendación UIT-T G.707, a saber: asíncrona, síncrona en bits y síncrona en bytes. Estas correspondencias tienen distintas características y dependen de diferentes factores en lo que respecta a la red. La elección de la correspondencia depende de la aplicación.

Dadas las propiedades de las correspondencias, se recomienda lo siguiente para la construcción de redes SDH:

- a) debe utilizarse la correspondencia asíncrona para señales de tipo asíncrono/pleisiócrono únicamente. Se incluyen aquí las correspondencias entre trayectos PDH y trayectos SDH (es decir, que pueden transportarse señales a 64 kbit/s en formato PDH mediante la correspondencia asíncrona);
- b) no debe utilizarse la correspondencia síncrona en bits en las interconexiones internacionales;
- c) debe utilizarse la correspondencia síncrona en bytes, en modo flotante, para señales a velocidad primaria, según la definición de la Recomendación UIT-T G.704, a condición de que la velocidad binaria de la señal pueda, en condiciones de funcionamiento normales, ajustarse con arreglo a un reloj de referencia primario. Ello se aplica, por ejemplo, a la utilización de una interfaz V5.1 o V5.2, definidas en las Recomendaciones UIT-T G.964 y G.965, respectivamente. En el caso de que un operador de red opte por utilizar la correspondencia asíncrona para esa señal síncrona que se pretende conectar, vía LOP SDH, a otro operador de red que utiliza la correspondencia síncrona en bytes recomendada, el primer operador es responsable por el suministro de la funcionalidad de interfuncionamiento, a menos que se convenga bilateralmente otra cosa.

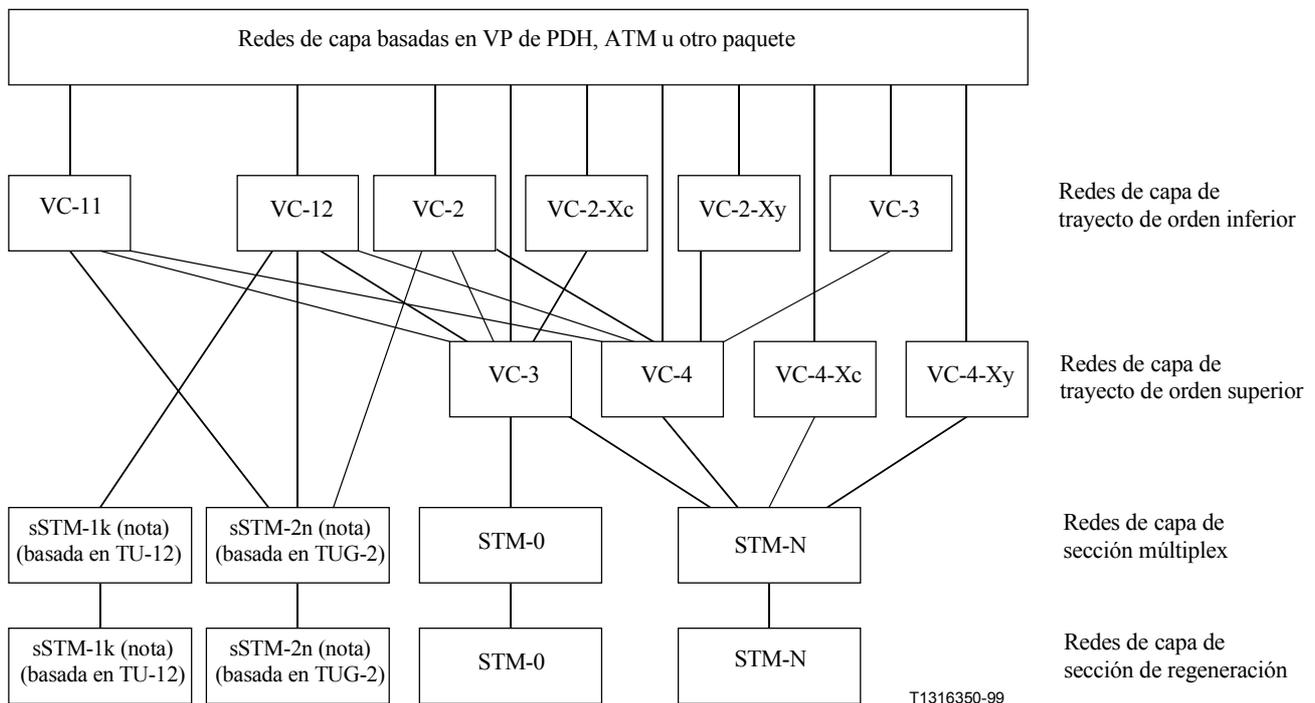
En el apéndice II se facilita más información sobre el interfuncionamiento de señales a 64 y $N \times 64$ kbit/s entre redes de transporte basadas en la PDH y redes de transporte basadas en la SDH.

APÉNDICE I

Asociaciones de servidor/cliente de redes de capa SDH

Capa del cliente	Capa del servidor	Información característica del cliente
Asíncrona 1544 kbit/s	LOP VC-11	1544 kbit/s \pm 50 ppm
Síncrona en bytes 1544 kbit/s	LOP VC-11	1544 kbit/s nominal G.704 estructurada en octetos
Asíncrona 2048 kbit/s	LOP VC-12	2048 kbit/s \pm 50 ppm
Síncrona en bytes 2048 kbit/s	LOP VC-12	2048 kbit/s nominal G.704 estructurada en octetos
Asíncrona 6312 kbit/s	LOP VC-2	6312 kbit/s \pm 30 ppm
Asíncrona 34 368 kbit/s	HOP o LOP VC -3	34 368 kbit/s \pm 20 ppm
Asíncrona 44 736 kbit/s	HOP o LOP VC-3	44 736 kbit/s \pm 20 ppm
Asíncrona 139 264 kbit/s	HOP VC-4	139 264 kbit/s \pm 15 ppm
Trayecto virtual ATM	LOP VC-11, VC-12, VC-2, VC-2-Xc, VC-2-Xv o VC-3 u: HOP VC-3, VC-4 o VC-4-Xc o VC-4-Xv	Células de 53 octetos
Señales en trama HDLC	LOP VC-11, VC-12, VC-2, VC-2-Xc, VC-2-Xv o VC-3 u: HOP VC-3, VC-4, VC-4-Xc o VC-4-Xv	Tramas de longitud variable
LOP VC-11	HOP VC-3 o VC-4 o sSTM-2n sección múltiplex (basada en TUG-2)	VC-11 + desplazamiento de trama
LOP VC-12	HOP VC-3 o VC-4 o sSTM-1k sección múltiplex (basada en TU-12) o sSTM-2n sección múltiplex (basada en TUG-2)	VC-12 + desplazamiento de trama
LOP VC-2	HOP VC-3 o VC-4 sSTM-2n sección múltiplex (basada en TUG-2)	VC-2 + desplazamiento de trama
LOP VC-2-Xc	HOP VC-3	VC-2-Xc + desplazamiento de trama, x = 2 ... 7
LOP VC-2-Xv	HOP VC-4	VC-2-Xv + desplazamiento de trama, x = 2 ... 21
LOP VC-3	HOP VC-4	VC-3 + desplazamiento de trama
HOP VC-3	Sección múltiplex STM-0 o STM-N	VC-3 + desplazamiento de trama
HOP VC-4	Sección múltiplex STM-N	VC-4 + desplazamiento de cuadro
HOP VC-4-Xc	Sección múltiplex STM-N	VC-4-Xc + desplazamiento de trama X = 4, 16 (>16, se determinará)
HOP VC-4-Xv	Sección múltiplex STM-N	VC-4-Xv + desplazamiento de cuadro X = 2 ... 16 (>16, se determinará)

Capa del cliente	Capa del servidor	Información característica del cliente
Sección múltiplex sSTM-1k (basada en TU-12)	Sección de regeneración sSTM-1k (basada en TU-12)	Velocidad sSTM-1k, k = 1, 2, 8 ó 16 TU-12
Sección múltiplex sSTM-2n (basada en TUG-2)	Sección de regeneración sSTM-2n (basada en TUG-2)	Velocidad sSTM-2n, k = 1, 2 ó 4 TUG-2
Sección múltiplex STM-0	Sección de regeneración STM-0	Velocidad STM-0
Sección múltiplex STM-N	Sección de regeneración STM-N	Velocidad STM-N, N = 1, 4, 16, 64



NOTA – Denominadas colectivamente como redes de subcapa STM-0.

Figura I.1/G.803 – Asociaciones de servidor de cliente y redes de capa SDH correspondientes

APÉNDICE II

Introducción de redes de transporte basadas en la SDH

II.1 Generalidades

En este apéndice se facilita información sobre la manera en que podría evolucionar una red de transporte hacia otra red basada en la SDH. Para la implantación de las redes de transporte basadas en la SDH, deberán adoptarse muchas decisiones. Algunas de ellas, tales como el orden temporal en el que se introduzcan los distintos tipos de equipos basados en la SDH y los tipos de correspondencias utilizadas, afectarán a las fases subsiguientes de la evolución hacia las redes de transporte basadas en la SDH y pueden plantear limitaciones relativas a la configuración de la red o al interfuncionamiento PDH/SDH. Estas decisiones, así como el nivel de desarrollo de las redes de transporte basadas en la SDH, en comparación con las redes PDH u otras redes de transporte, son

competencia de cada operador de red. En el presente apéndice se tratan estos temas, examinando los pasos necesarios para la evolución hacia redes de transporte basadas totalmente en la SDH, pero el objetivo último no consiste, necesariamente, en la adopción de este tipo de redes.

Se identifican en este apéndice, en primer lugar, los tipos de señales de capa de cliente que se pueden soportar en los trayectos SDH y los tipos de señales de capa de cliente que se pueden soportar en los trayectos PDH. Se describen seguidamente los tres escenarios fundamentales de introducción de equipos basados en la SDH. Para cada tipo de señal de capa de cliente y escenario de introducción, este apéndice describe las consecuencias sobre la configuración de la red, el interfuncionamiento PDH/SDH y la evolución subsiguiente de la red de transporte.

En la figura II.1 se representan los trayectos de introducción disponibles y se ilustran las decisiones básicas. Esta figura sirve de referencia para el análisis que sigue.

II.2 Tipos de señales de capa de cliente

II.2.1 Caso SDH

En el caso de la SDH, las capas de trayecto soportan los dos tipos siguientes de señales de capa de cliente, de acuerdo con las correspondencias definidas en la Recomendación UIT-T G.707. A los efectos del interfuncionamiento, deben considerarse dos casos:

- a) señales de capa de cliente, tales como:
 - i) señales basadas en 64 kbit/s (adaptadas a las capas de trayecto SDH, utilizando correspondencias síncronas en bytes);
 - ii) señales por líneas arrendadas con velocidades binarias de la Recomendación UIT-T G.702 iguales a la velocidad primaria o superiores a ella;
 - iii) otras señales (por ejemplo, células en ATM), cuyas velocidades binarias podrían optimizarse en función de la capacidad útil de los trayectos de capa SDH;
- b) señales de capa de trayecto PDH (para velocidades binarias de la Recomendación UIT-T G.702 iguales a la velocidad primaria o superiores a ella) que, a su vez, soportan:
 - i) señales de capa de cliente, como en II.2.1 a);
 - ii) señales de capa de trayecto PDH de orden inferior.

Los equipos de red de transporte basada en la SDH gestionan el control de la conectividad de los trayectos SDH, pero no el control de la conectividad de la capa de cliente. En consecuencia, en el caso b), no puede utilizarse el equipo basado en SDH para encaminar individualmente, por la red, las señales indicadas en b), i) y ii). Para facilitar esta conectividad, es necesaria la funcionalidad de multiplexión PDH a velocidad primaria y/o de orden superior. Esta restricción podría ser importante en aquellos casos en que las redes de transporte basadas en la SDH se generalizaran. Cuando exista la probabilidad de que así ocurra, se recomienda hacer mínimo el soporte de esa señal desde el comienzo o bien que se adopten, durante las etapas subsiguientes de la evolución de la red de transporte, las medidas necesarias para que las señales redundantes de capa de trayecto PDH sean mínimas.

II.2.2 Caso PDH

En el caso de la PDH, a los fines del interfuncionamiento deben considerarse las señales de capa de trayecto que soportan los dos tipos siguientes de señales de capa de cliente:

- a) señales de capa de cliente, tales como:
 - i) señales basadas en 64 kbit/s (adaptadas a las capas de trayecto PDH, de conformidad con la Recomendación UIT-T G.704);
 - ii) señales por líneas arrendadas con velocidades binarias de la Recomendación UIT-T G.702 iguales a la velocidad primaria o superiores a ella;

- iii) otras señales (por ejemplo, células en ATM), cuyas velocidades binarias podrían optimizarse en función de la capacidad útil de las capas PDH;
- b) señales de capa de trayecto SDH que, a su vez, soportan las señales de capa de cliente identificadas en II.2.1 (véase la nota).

NOTA – Las correspondencias entre señales de capa de trayecto SDH y señales de capa de trayecto PDH están definidas actualmente en la Recomendación UIT-T G.832. Se menciona la posibilidad en este apéndice a fin de esbozar una posible etapa de transición en la evolución de la red de transporte. A la funcionalidad necesaria para proporcionar estas correspondencias se le denomina funcionalidad "módem" puesto que es similar a la transición desde la red analógica "antigua" a la red digital "nueva", durante la cual los módems permitían que la red "antigua" soportará señales procedentes de la red "nueva". En aquellos casos en que la funcionalidad módem permite la multiplexión de varias señales de capa de trayecto SDH en la capa de trayecto PDH, no es posible gestionar el control de la conectividad de señales de capa de trayecto SDH individuales en la red de capa de trayecto PDH.

II.3 Introducción inicial de equipos basados en la SDH

Hay tres modos básicos de efectuar la primera introducción de los equipos basados en SDH:

- a) Superposición de una red que permita el despliegue simultáneo de sistemas por línea SDH y una funcionalidad de interconexión de VC-*n* para proporcionar una conectividad de capa de trayecto generalizada (véase la nota). Además, para aumentar la cobertura geográfica de esa red superpuesta, podrían adaptarse las conexiones de enlace de la capa de trayecto SDH para insertarlas en trayectos PDH, empleando la funcionalidad módem, como se ha indicado en II.2.2 b). Es probable que, al principio, la red superpuesta sea "fina" y podría reservarse para soportar tipos de capa de cliente particulares (por ejemplo, servicios por líneas arrendadas) pero más adelante se "espesaría", para incluir otros servicios.

NOTA – La funcionalidad de interconexión de VC-*n* se materializa en equipos de transconexión digital (DXC, *digital cross-connect*) de SDH y/o equipos múltiplex de inserción/extracción (ADM, *add/drop multiplex*). En lo que sigue, se indicará esa funcionalidad mediante la abreviatura DXC/ADM.

- b) Instalación de equipos de DXC/ADM de SDH únicamente, con interfaces a las velocidades binarias de la Recomendación UIT-T G.702. Por lo general consistirá en la instalación de los DXC en ubicaciones centrales, cuando la ventaja inicial deseada sea el control de la conectividad de los trayectos PDH en el emplazamiento. En cuanto a la arquitectura funcional de la red, los trayectos de VC-*n* de los DXC/ADM proporcionan conexiones de subred en la capa de trayecto PDH. En una etapa posterior podrían desplegarse sistemas por línea SDH para proporcionar una conectividad más amplia de los VC-*n*. De modo similar, podrían utilizarse los trayectos PDH con funcionalidad módem, como se indica en el apartado a), para ampliar la conectividad de los VC-*n*.
- c) Despliegue de sistemas por línea SDH únicamente, con interfaces intracentral a las velocidades binarias de la Recomendación UIT-T G.702. Estos sistemas son similares funcionalmente a los sistemas por línea PDH, puesto que soportan conexiones de enlace en la capa de trayecto PDH. En cuanto a la arquitectura funcional de la red, los trayectos de VC-*n* de los sistemas por línea SDH proporcionan conexiones de enlace en la capa de trayecto PDH. En una etapa posterior podrían instalarse equipos de DXC/ADM de SDH, para ampliar la conectividad de los VC-*n*.

Cada opción es igualmente válida y la elección de una o más acciones viene determinada por los requisitos iniciales del operador de la red. La elección de una opción por un operador de red no tiene por qué afectar a la elección que efectúe otro operador de red. Pueden coexistir las tres opciones.

II.4 Interfuncionamiento de redes de transporte basadas en la SDH y en la PDH

II.4.1 Niveles de interfuncionamiento

El interfuncionamiento entre redes de transporte basadas en la PDH y redes de transporte basadas en la SDH puede producirse a uno de los tres niveles siguientes:

- a) a nivel de cliente, para las señales identificadas en II.2.1 a) y II.2.2 a): Generalmente, este interfuncionamiento requiere la terminación de los trayectos PDH y SDH respectivos y las funciones de adaptación entre las capas de trayecto respectivas y la capa de circuito. En lo que sigue, se denomina a esta combinación de funciones transmultiplexión (TMUX, *transmultiplexing*). Este enfoque no implica, necesariamente, interfaces físicas adicionales. En el caso particular de señales de capa de cliente a 64 kbit/s, las correspondencias síncronas en bytes de la Recomendación UIT-T G.707 permiten el interfuncionamiento a nivel de cliente, sin terminar necesariamente el trayecto PDH. En el caso particular de señales por líneas arrendadas, con velocidades binarias de la Recomendación UIT-T G.702 o superiores a la velocidad primaria, las correspondencias asíncronas de la Recomendación UIT-T G.707 permiten el interfuncionamiento a nivel de circuito. En aquellos casos en los que las señales de capa de circuito PDH y SDH tengan la misma velocidad binaria, el interfuncionamiento a nivel de cliente no requiere necesariamente el tratamiento de la señal de capa de cliente;
- b) a nivel de trayecto PDH, para las señales identificadas en II.2.1 b): Este interfuncionamiento requiere la adaptación de las señales de capa de trayecto PDH para insertarlas en las capas de trayecto SDH apropiadas, utilizando las correspondencias asíncronas definidas en la Recomendación UIT-T G.707, para velocidades binarias de la Recomendación UIT-T G.702;
- c) a nivel de trayecto SDH, cuando las señales de capa de trayecto descritas en II.2.2 b) se adaptan para insertarlas en trayectos PDH, utilizando la funcionalidad de módem: Este caso está descrito en la Recomendación UIT-T G.832.

La elección del nivel de interfuncionamiento y del escenario de introducción del equipo SDH influirá en las etapas subsiguientes de la evolución de la red de transporte como se indica a continuación.

II.4.2 Superposición SDH

Se consideran los dos niveles de interfuncionamiento siguientes:

- a) Los requisitos para el interfuncionamiento a nivel de cliente se indican a continuación en II.4.1 a).

En los casos en que se utilicen trayectos PDH para proporcionar conectividad de VC-*n*, será necesaria la funcionalidad de "módem" para la adaptación a la capa de trayecto PDH.

En los casos en que se agreguen a continuación interfaces para STM-N a los elementos de red que procesan las señales de capa de cliente identificadas en II.2.1 a) (es decir, un conmutador a 64 kbit/s), no se requerirá el interfuncionamiento entre tales elementos de red y la red de transporte SDH.

- b) Los requisitos para el interfuncionamiento a nivel de trayecto PDH se indican en II.4.1 b), siendo necesaria la funcionalidad de multiplexión en PDH a velocidad primaria y/o de orden superior, en la red de transporte basada en la PDH.

En los casos en que se utilicen trayectos PDH para proporcionar conectividad de VC-*n*, será necesaria la funcionalidad de "módem" para la adaptación a la capa de trayecto PDH.

En los casos en que se agreguen a continuación interfaces para STM-N a los elementos de red que procesan señales de capa de circuito identificadas en II.2.1 a), seguirá siendo necesaria la funcionalidad de multiplexión de PDH a velocidad primaria y/o de orden superior y las correspondencias asíncronas de la Recomendación UIT-T G.707 para

velocidades binarias de la Recomendación UIT-T G.702, a fin de proporcionar la funcionalidad de interfuncionamiento entre tales elementos de red y la red de transporte SDH.

En los casos en que se desee, a continuación, el interfuncionamiento a nivel de cliente, habrá que suprimir los trayectos SDH que soportan capas de trayecto PDH y proporcionar nuevos trayectos SDH que sustenten directamente la capa de cliente. No será necesaria la funcionalidad de multiplexión en PDH a velocidad primaria y/o de orden superior.

II.4.3 Equipos de DXC/ADM de SDH

Se consideran los dos niveles de interfuncionamiento siguientes:

- a) Los requisitos para el interfuncionamiento a nivel de cliente se indican en II.4.1 a).
En los casos en que se necesite a continuación un interfuncionamiento de redes de capa de trayecto SDH más amplio, podrían desplegarse los sistemas por línea SDH; no es necesaria la funcionalidad de interfuncionamiento entre los equipos de DXC/ADM y los sistemas por línea SDH. Se aplican también las consideraciones de II.4.2 a).
- b) Los requisitos para el interfuncionamiento a nivel de trayecto PDH se indican en II.4.1 b).
En los casos en que se necesite a continuación un interfuncionamiento de redes de capa de trayecto SDH más amplio, podrían desplegarse los sistemas por línea SDH; no es necesaria la funcionalidad de interfuncionamiento entre los equipos de DXC/ADM y los sistemas por línea SDH. Se aplican también las consideraciones de II.4.2 b).

II.4.4 Sistemas por línea SDH

Se consideran los dos niveles de interfuncionamiento siguientes:

- a) Los requisitos de interfuncionamiento a nivel de cliente se indican en II.4.1 a).
En los casos en que se necesite a continuación un desarrollo de red de capa de trayecto SDH más amplio, podrían instalarse los equipos de DXC/ADM de SDH; no es necesaria la funcionalidad de interfuncionamiento entre los equipos de DXC/ADM y los sistemas por línea SDH. Se aplican también las consideraciones de II.4.2 a).
- b) Los requisitos de interfuncionamiento a nivel de trayecto PDH se indican en II.4.1 b).
En los casos en que se necesite a continuación un desarrollo de red de capa de trayecto PDH más extenso, podrían instalarse los equipos de DXC/ADM de SDH; no es necesaria la funcionalidad de interfuncionamiento entre los equipos de DXC/ADM y los sistemas por línea SDH. Se aplican también las consideraciones de II.4.2 b).

II.5 Introducción de interfaces para STM-N en conmutadores a 64 kbit/s (y DXC)

En el caso de redes de transporte basadas en la PDH, los conmutadores a 64 kbit/s se interconectan mediante trayectos síncronos a velocidad primaria o secundaria, estructurados según la Recomendación UIT-T G.704. En cuanto a la arquitectura funcional, los trayectos de la red de capa de trayecto PDH soportan las conexiones de enlace entre subredes en la red de capa a 64 kbit/s. La introducción de interfaces para STM-N en uno de los dos conmutadores a 64 kbit/s interconectados, exige el interfuncionamiento PDH/SDH.

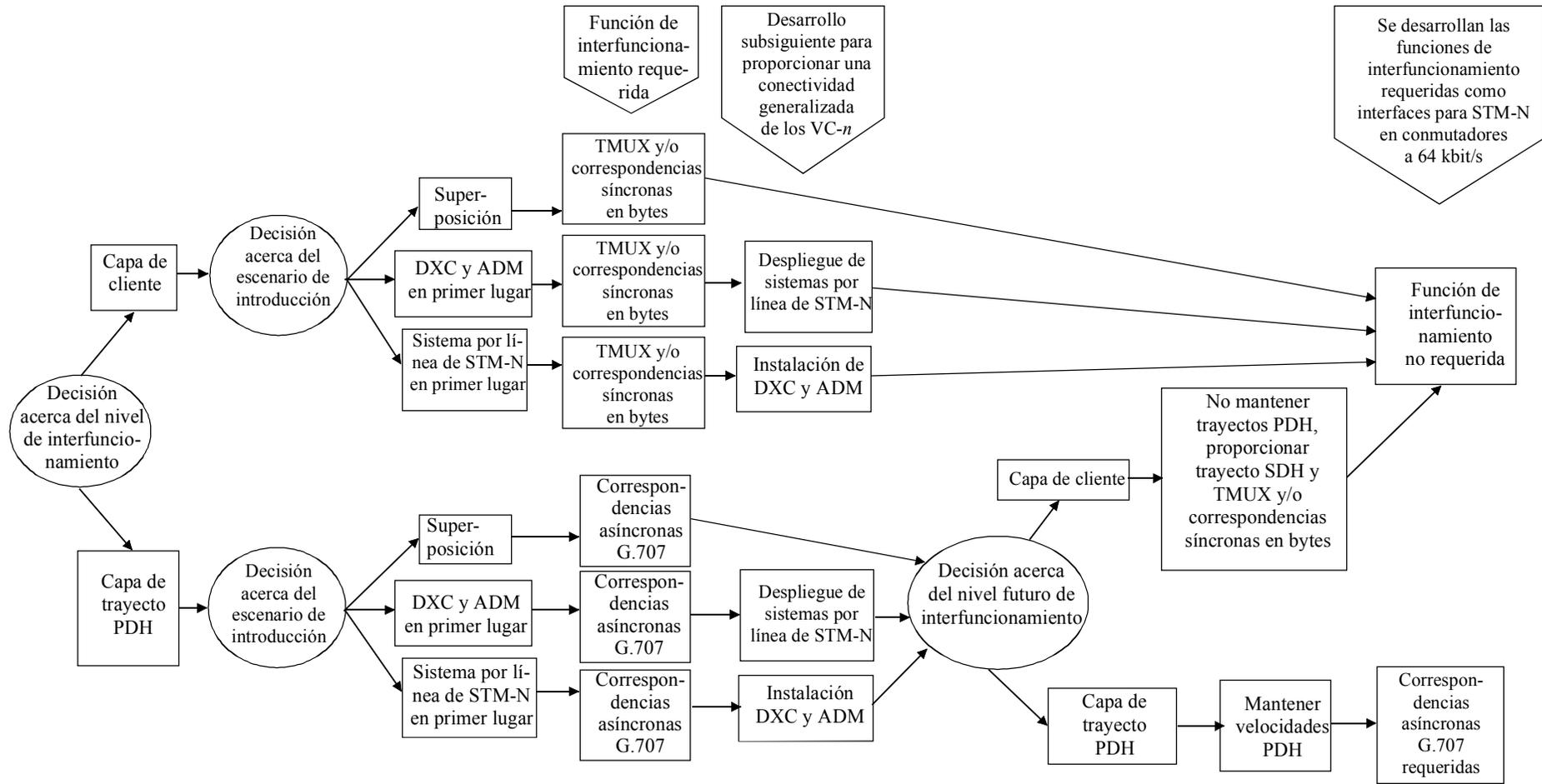
El interfuncionamiento puede producirse a nivel de 64 kbit/s o a nivel de trayecto PDH. Se consideran los dos casos siguientes:

- a) El interfuncionamiento a nivel de 64 kbit/s requiere la utilización de correspondencias síncronas en bytes, para insertar las señales de capa a 64 kbit/s en la capa de trayecto SDH (véase la nota).

NOTA – La Recomendación UIT-T G.707 define correspondencias síncronas en bytes con los VC-11 y VC-12 solamente. Las Recomendaciones en vigor del UIT-T no definen correspondencias síncronas en bytes con los VC-*n* para velocidades binarias mayores.

- b) El interfuncionamiento a nivel de trayecto PDH requiere la utilización de correspondencias asíncronas, para adaptar los trayectos PDH a la capa de trayecto SDH.

Cuando se introduzcan a continuación interfaces para STM-N en uno de los conmutadores a 64 kbit/s y exista la posibilidad de conectividad de capa de trayecto SDH entre los dos conmutadores, será necesaria la funcionalidad de interfuncionamiento si uno de ellos utiliza correspondencia síncrona en bytes y el otro utiliza correspondencia asíncrona. En el caso en que los dos conmutadores pertenezcan a redes de operadores diferentes, la responsabilidad de la puesta a disposición de la funcionalidad de interfuncionamiento (si se necesita) recaerá en el operador del conmutador que utilice la correspondencia asíncrona, a menos que, bilateralmente, se acuerde otra cosa.



T1308770-96

Figura II.1/G.803 – Pasos preparatorios para la introducción de redes de transporte basadas en la SDH

APÉNDICE III

Orientaciones para la ingeniería de redes de sincronización

III.1 Introducción

Este apéndice presenta orientación adicional sobre el asunto de la sincronización de redes tratado en la presente Recomendación, cláusula 8 y se centra en los aspectos prácticos de ingeniería. Se basa en los principios descritos en el texto principal de esta Recomendación UIT-T. En particular, a los fines de este apéndice, se toman los principios siguientes:

- la utilización de sincronización directora-subordinada,
- la cadena de referencia de sincronización,
- el uso de STM-N para el transporte de temporización en las redes SDH, y
- las reglas para la ingeniería de sincronización dentro del nodo,

como punto de partida y no se examinan más detalladamente.

Las directrices expuestas en este apéndice son aplicables a las redes de las opciones I y II.

Sin embargo, los ejemplos dados son sólo de las redes del tipo opción 1. Para aplicarlos a las redes de la opción 2, hay que sustituir los enlaces de temporización a 2048 kbit/s y 2048 kHz entre las SSU y SEC por interfaces "DS1 derivados" a 1544 kbit/s.

III.2 Finalidad de la red de sincronización

La red de sincronización es la red que es responsable de distribuir la información de sincronización a elementos de red que tiene que funcionar síncronamente para satisfacer los requisitos de característica de deslizamiento de octetos de la Recomendación UIT-T G.822. Estos elementos de red son, en principio, todos los elementos de red que ejecutan la funcionalidad de encaminamiento o de multiplexión en las señales a 64 ó 2048 kbit/s, tales como conmutadores, multiplexores primarios, equipos RDSI, PBX, PDH, DXC, etc.

La "capa física" para el transporte de la información de sincronización está formada por señales a 2048 kbit/s en las redes de transporte PDH y señales STM-N en las redes de transporte SDH y, además, algunos enlaces especializados a 2048 kHz o 2048 kbit/s para el transporte de la sincronización dentro de la central. Por último, los equipos de reloj, independientes o incorporados en elementos de red, forman parte de la red de sincronización. Cabe añadir un sistema de gestión que se utiliza específicamente para fines de sincronización o que está integrado en un sistema general de gestión de la red.

El funcionamiento síncrono de los tipos de elementos de red mencionados suele estar ordenado en una determinada zona geográfica, en la cual todos estos elementos están sincronizados con un "reloj maestro". La zona en la cual todos los elementos de red pertinentes (en funcionamiento normal) están sincronizados con un reloj maestro se denomina una "zona de sincronización".

El reloj maestro de una zona de sincronización debe cumplir los requisitos descritos en la Recomendación UIT-T G.811. Una conexión de tráfico de extremo a extremo puede cruzar varias zonas de sincronización. La tasa de deslizamiento de octetos controlada nominal entre zonas de sincronización adyacentes es 1 deslizamiento por cada 70 días, o mejor. La Recomendación UIT-T G.822 presenta un modelo y objetivos de funcionamiento relativos al tráfico que cruza múltiples zonas de sincronización.

III.3 Requisitos de las redes de sincronización

Las degradaciones de la red de sincronización pueden forzar a los relojes a funcionar (temporalmente) sin referencia, lo que produce en general tasas de deslizamiento de octetos, que degradan la calidad del servicio de extremo a extremo. Existen tres métodos para paliar estos problemas:

- La utilización de relojes con una excelente característica de retención, que permite funcionar sin referencia durante el periodo de reparación del enlace de referencia.
- La duplicación (o triplicación, etc.) de las entradas del reloj de referencia, preferentemente por enlaces geográficamente separados de las fuentes independientes, para minimizar la probabilidad de perder todas las referencias, o
- Una combinación de los dos métodos mencionados.

Los tres métodos se utilizan en los diseños de relojes y de redes de sincronización. En las partes superiores de la jerarquía de la red de sincronización predomina el segundo método. En general, se puede lograr un equilibrio entre la inversión inicial, el "costo de propiedad" y la fiabilidad.

Tan pronto como se ofrecen múltiples referencias a un reloj, se necesita un mecanismo de selección de referencia en el reloj. Son posibles varios mecanismos:

- restablecimiento controlado manualmente desde un sistema de gestión central;
- restablecimiento automático desde un sistema de gestión central;
- restablecimiento automático basado en decisiones locales del equipo de reloj que utiliza prioridades referencia preprogramadas; o
- restablecimiento automático basado en decisiones locales del equipo de reloj que utiliza el protocolo SSM.

El objetivo del ingeniero de redes de sincronización es utilizar una combinación de tipos de reloj y mecanismos de restablecimiento para construir una red de sincronización que distribuya sincronización fiablemente según los siguientes principios:

- 1) La red de sincronización en cada zona de sincronización forma una topología arborescente con el reloj maestro en la parte superior del árbol. Las partes de la red de sincronización no funcionan aisladamente con respecto al reloj maestro y no están presente bucles internos.
- 2) Las longitudes de las ramas del árbol de sincronización se mantienen lo más cortas posibles. Mientras más largo es un camino de sincronización, más sensible será a las degradaciones y a la acumulación de fluctuación lenta de fase. La cadena de referencia de sincronización presentada en la cláusula 8 es un modelo para un enlace de sincronización del "caso más desfavorable razonable".
- 3) Un reloj nunca se ha de enganchar a una referencia que sigue, en ese momento, a un reloj de calidad más baja. En tal caso este reloj debe volver al funcionamiento en régimen libre.

En general, no es posible cumplir los objetivos anteriores en todas las condiciones (combinaciones) de fallo. Se pueden aplicar las siguientes directrices:

- Durante cada fallo, todos los relojes de la zona de sincronización deben permanecer en sincronización con el reloj maestro.
- En la mayoría de los casos de fallos dobles, la mayor parte de los relojes deben permanecer en sincronización con el reloj maestro.
- Ninguna combinación de dos fallos simultáneos debe conducir a la formación de bucles de temporización, ni a la subordinación de un reloj a otro reloj peor, o a un comportamiento oscilante o inestable de los selectores de referencia.

III.4 Análisis de las redes de sincronización

Para simplificar el proceso de construir la red de sincronización en una determinada zona de sincronización, se sugiere definir varias etapas, que pueden ser tratadas en orden, una por una:

- 1) Diseñar la red de sincronización considerando solamente los PCR y SSU (el "nivel SSU") en una zona de sincronización.
- 2) Diseñar la red de sincronización considerando solamente los SEC (el "nivel SEC") en una zona de sincronización.
- 3) Diseñar la sincronización dentro de la central en cada central. Esta etapa no se examina más detalladamente en este apéndice. Para más información, véase la cláusula 8.

En la primera etapa se considera el "nivel SSU" que consiste en los PCR y SSU en una zona de sincronización más todas las facilidades de transporte que son portadoras activas o de reserva para la información de sincronización entre estos relojes. Las facilidades de transporte entre los PCR y SSU se consideran transparentes para la información de temporización en el nivel SSU. La red resultante contiene sólo SSU y PCR de la zona de sincronización. Las figuras III.1a y III.1b presentan un ejemplo donde el nivel SSU se construye a partir de la red de sincronización completa.

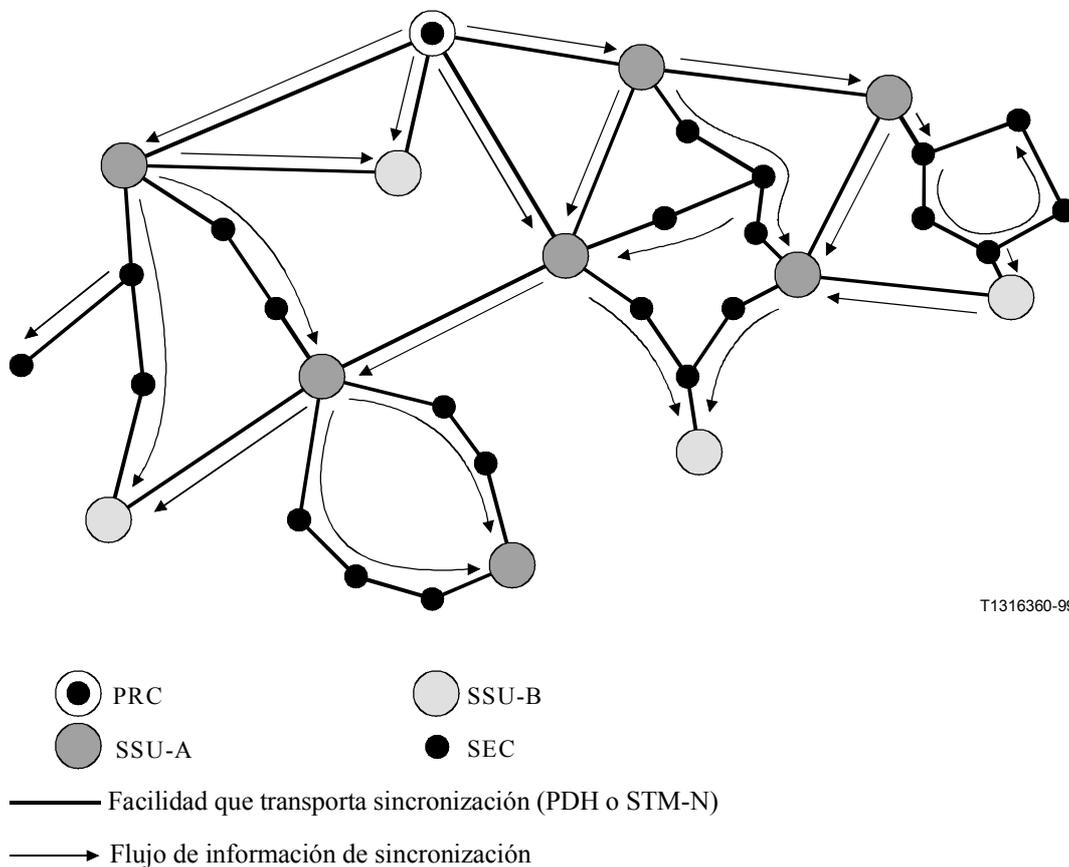
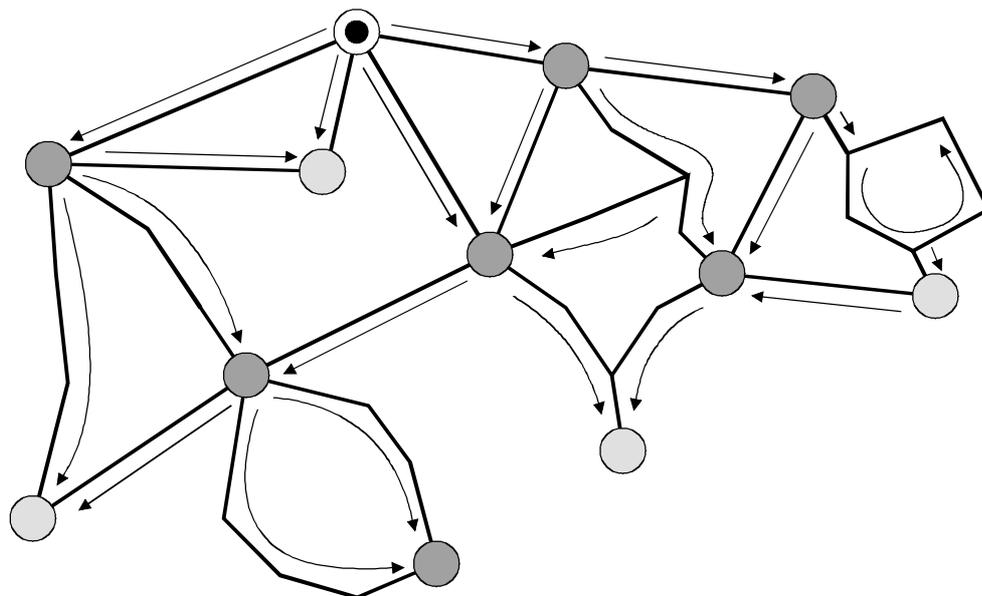


Figura III.1a/G.803 – Mapa de la red de sincronización en una zona de sincronización (ejemplo)



T1316370-99

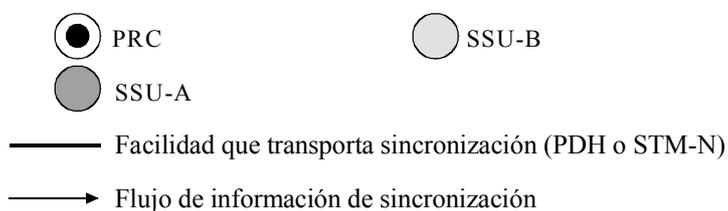


Figura III.1b/G.803 – Nivel SSU construido a partir de la figura III.1a/G.803

En la segunda etapa se considera el "nivel SEC". Esta parte de la red de sincronización se puede construir considerando todas las SSU (y PCR) como filtros de "no pasar", es decir, barreras para la información de sincronización. El resultado es que el nivel SEC consiste en varias "subredes SEC" no conectadas, cada una formada por SEC conectados por conexiones STM-N. Estas subredes SEC pueden ser diseñadas separadamente. Para un ejemplo, véase la figura III.1c.

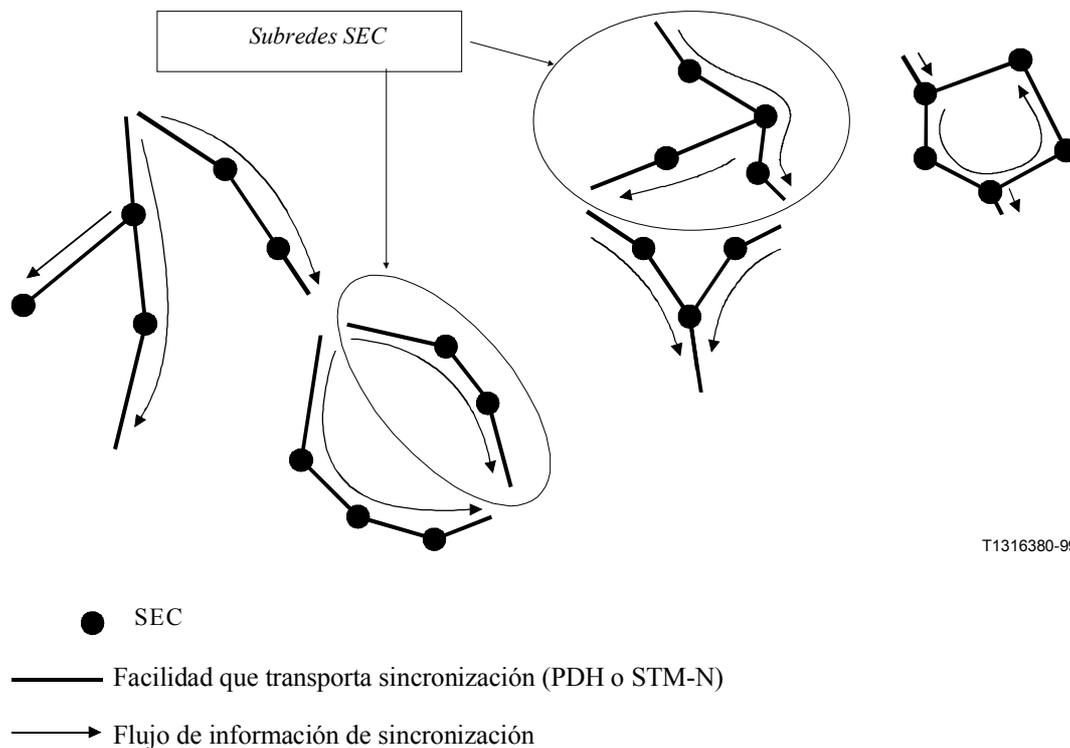


Figura III.1c/G.803 – Nivel SEC con subredes SEC construido a partir de la figura III.1a/G.803

III.5 Opciones del nivel PRC

Antes de diseñar la primera etapa de la red de sincronización, hay que conocer las islas de sincronización. Esto define el nivel PRC.

El nivel PRC determina la manera en que un determinado dominio de operador se divide en zonas de sincronización. En cada zona, como máximo un PRC está activo en cada momento (pero PRC adicionales pueden formar parte de una zona de sincronización). Se pueden aplicar dos estrategias para determinar el tamaño de cada zona de sincronización. La estrategia I es hacer una zona grande y la estrategia II es hacer que cada central sea un zona de sincronización separada. De hecho, estas dos estrategias pueden ser consideradas como "extremas" en una escala continua. Los tamaños reales de las zonas de sincronización pueden estar en cualquier parte entre las posiciones "extremas".

La estrategia I (una zona de sincronización grande que abarca todo el dominio del operador) tiene la ventaja de que en condiciones normales se minimiza el número de zonas de sincronización que tiene que cruzar una conexión de extremo a extremo, con la consiguiente repercusión sobre la tasa de deslizamientos de octetos controlado (véase la Recomendación UIT-T G.822). Sin embargo, la red de sincronización es más compleja y los caminos de sincronización son más largos y, por tanto, más sensibles a las degradaciones y a la acumulación de fluctuación lenta de fase (lo que puede tener a la larga un efecto negativo sobre la tasa de deslizamiento de octetos).

La estrategia II (cada oficina de telecomunicaciones forma una zona de sincronización) hace que el diseño de cada zona sea casi trivial. La red de sincronización será muy fiable, porque la longitud de los caminos de sincronización se reduce al cableado dentro de la oficina.

En general, para una red de sincronización real se selecciona una estrategia situada entre las estrategias I y II, es decir, algunos nodos importantes tienen un PRC que suministra la sincronización para un subdominio del dominio total del operador. Las redes más próximas a la estrategia II tienen caminos de sincronización más cortos y por tanto más fiables, y también tienen zonas de sincronización más pequeñas, y más fáciles de diseñar. Las redes más próximas a la estrategia I

puede ser hecha por un gestor central (por lo general un proceso más lento) o localmente por el propio reloj (por lo general un proceso más rápido).

- ¿Qué dotación de personal se requiere para mantener la red de sincronización? ¿Tienen que estar, por ejemplo, en reserva 24 horas/7 días/semana o es suficiente 8 horas/5 días/semana?

El periodo de autonomía PRC se puede utilizar para clasificar todas las SSU en una zona de sincronización. La finalidad de esta clasificación es proporcionar una jerarquía basada en el periodo de autonomía PRC definido anteriormente, entre las SSU en la red de sincronización. Una división de SSU de acuerdo con el periodo de autonomía PRC, el número de clases y sus fronteras, el número de SSU por zona y su calidad, por lo general será diferente para diferentes operadores, dependiendo del tamaño de las zonas de sincronización, el número de SSU por zona y su calidad. En la mayoría de los casos, bastarán dos clases, pero es posible disponer de más (o menos) clases.

En general, se debe evitar que una SSU de una "clase más baja de autonomía PRC" proporcione referencia activa para una SSU de una "clase más alta de autonomía PRC", Esto significa que en el diagrama de árbol de la red SSU. Los PRC están en la parte superior y que en el sentido hacia abajo las SSU están ordenadas de acuerdo con su clasificación de autonomía PRC: las mejores cerca de la parte superior, las más bajas en la parte de abajo del árbol.

El mecanismo de restablecimiento para las mayoría de las SSU sería automático, basado en decisiones locales de las propias SSU. Todas las SSU soportan el proceso de selección de referencia controlado localmente por prioridades preprogramadas (además pueden soportar también otros mecanismos de selección). El método aquí descrito para diseñar la red de sincronización de nivel SSU se basa en la presencia de este mecanismo de selección en todas las SSU. Es posible también aplicar otros métodos, por ejemplo, basados en la gestión centralizada, pero éstos no se consideran en este documento.

III.6.1 Comprobación de provisiones de referencia en el nivel SSU

Las SSU por debajo de una determinada clase de autonomía PRC tienen por lo menos dos referencias independientes. Es importante verificar que no se formen o puedan formarse bucles de temporización, especialmente durante las reordenaciones de referencias o después, en el nivel SSU. Se puede aplicar un plan de etiquetado en la etapa de diseño, como una simple herramienta para comprobar si un plan de servicio propuesto y provisiones de referencia de reserva (es 1ª, 2ª, etc. prioridades de referencia) para el nivel SSU concuerdan en este respecto. Este plan de etiquetado se describe a continuación. Existen varios métodos alternativos para efectuar este tipo de comprobación.

La idea es asignar a cada SSU una etiqueta del formato N(m), donde N es la clase de autonomía PRC a la cual pertenece la SSU y m es un subnúmero dentro de esa clase. Un valor de N o m *más bajo* representa una SSU que está *más alta* en la jerarquía. Al PRC se le asigna el valor N = 1. Las SSU son etiquetadas de acuerdo con las siguientes reglas:

- Regla A: A cualquier SSU que pertenece a la clase N y que obtiene todas sus referencias (es decir, incluidas las referencias de reserva) de relojes de clase N-1 o mejores, se le asigna la etiqueta N(1).
- Regla B: Si una SSU de clase N obtiene algunas referencias de otros relojes de la misma clase N que tienen etiquetas N(k1), N(k2), etc., se le asigna la etiqueta N(m), donde $m = 1 + \text{MAX} \{k1, k2, \dots\}$.
- Regla C: Una SSU de clase N no podrá nunca utilizar una referencia de una SSU de clase N + 1 o peor.

Si es posible etiquetar todas las SSU en una determinada zona de sincronización de acuerdo con las reglas mencionadas, no se pueden formar bucles en el nivel SSU durante una conmutación de referencia de sincronización o después de ésta con el plan de servicio propuesto y las asignaciones de referencia de reserva. Para aplicar satisfactoriamente el etiquetado N(m) y proporcionar a cada

SSU por lo menos dos referencias independientes, se necesita un número suficiente de interconexiones entre las SSU en el nivel SSU (en otras palabras, la red de nivel SSU tiene que ser en malla).

Cada vez que se añaden nuevas SSU al nivel SSU o se asignan nuevas interconexiones para actuar como referencia (de servicio o de reserva), hay que comprobar de nuevo todo el nivel SSU con respecto a los posibles bucles de temporización.

En las figuras III.3a y III.3b se dan ejemplos de una red donde el etiquetado N(m) se puede aplicar satisfactoriamente y otra red donde no es posible hacerlo.

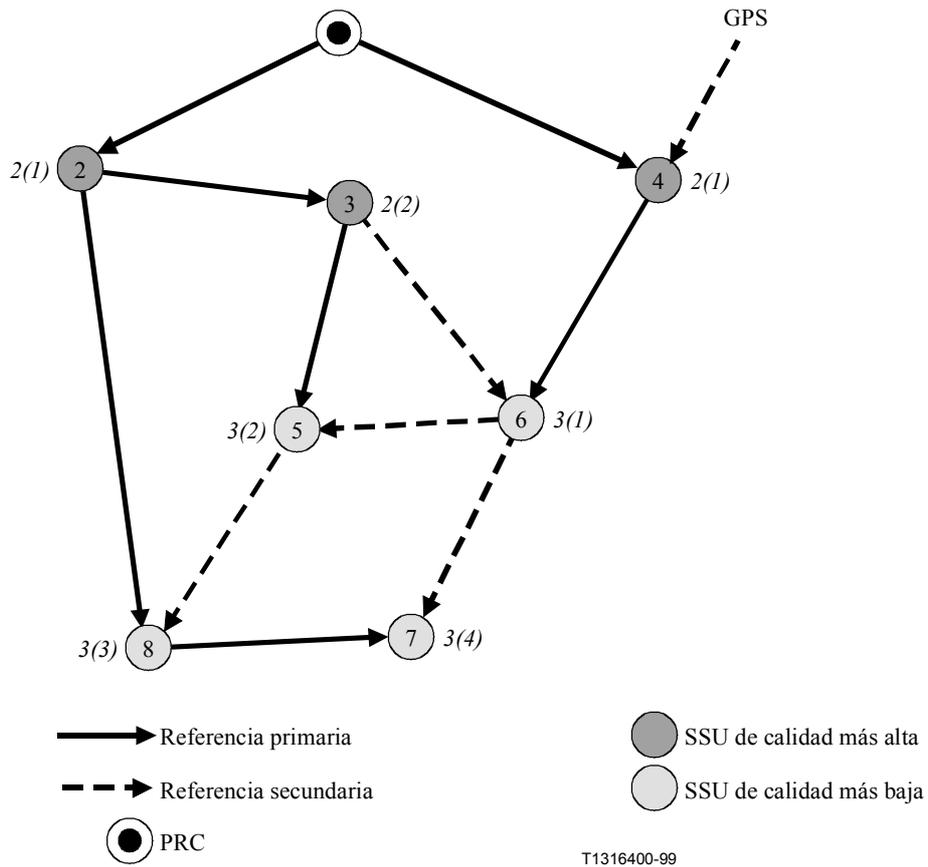


Figura III.3a/G.803 – Etiquetado N(m) de SSU adecuado: Sin posibilidad de bucles de temporización!

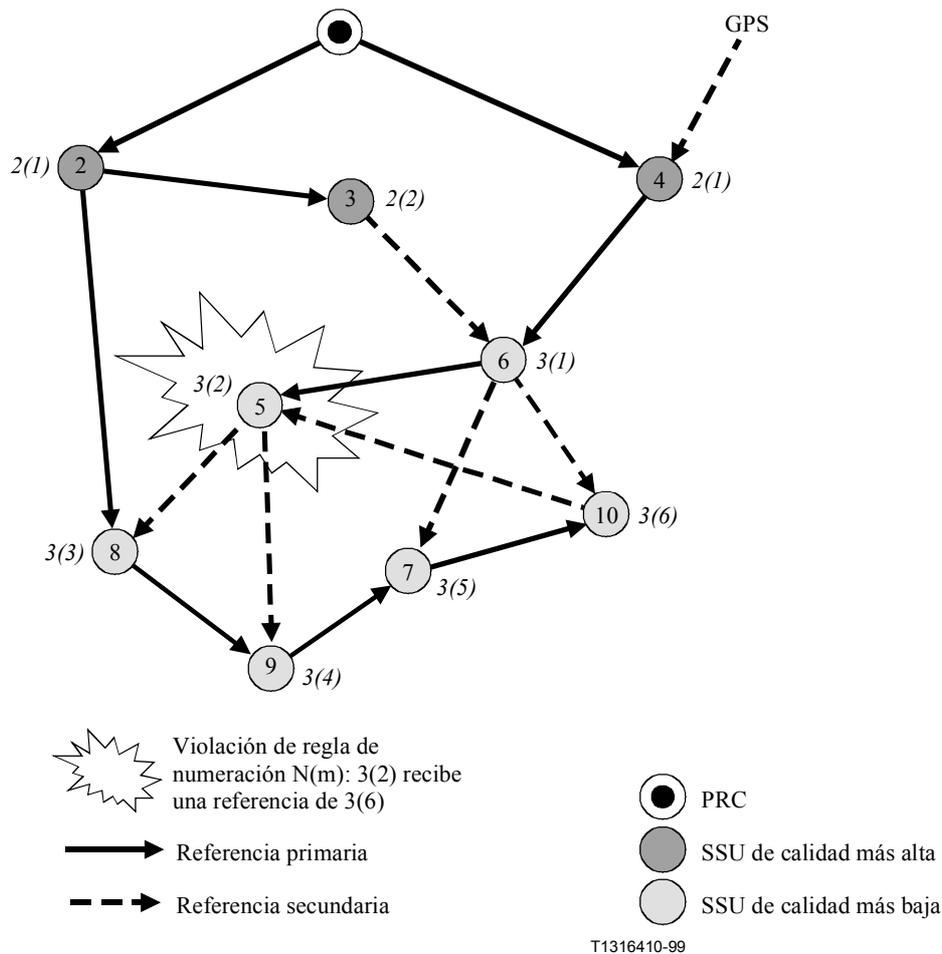


Figura III.3b/G.803 – El etiquetado N(m) de SSU imposible: Posibilidad de bucles de temporización!

El plan descrito anteriormente supone que las asignaciones de referencia y las prioridades son estáticas. Si se conoce la información relativa a todos los caminos de sincronización activos y de reserva y su estado en alguna ubicación central, las prioridades y asignaciones pueden ser proporcionadas de nuevo dinámicamente para contrarrestar las situaciones de fallos. Se debe comprobar cada nuevo aprovisionamiento con respecto a los posibles bucles de temporización. Todo el proceso puede ser manual o automático.

III.6.2 Guarda de desplazamiento de frecuencia

Aunque siempre se deben evitar los bucles de temporización mediante un diseño adecuado de la red de sincronización, la inserción de SSU con una detección de desplazamiento de frecuencia absoluto en lugares estratégicos de la red puede proporcionar una salvaguarda adicional. Cuando se forma un bucle de temporización, los relojes en el bucle, en grupo, comenzarán a derivar en frecuencia de manera incontrolada. Esto puede aumentar a niveles inadmisibles la tasa de deslizamientos en el tráfico entre el equipo temporizado por relojes en el bucle y equipos fuera de bucle. A la larga, las grandes excursiones de frecuencia pueden hacer que la red detenga el procesamiento del tráfico.

Sin embargo, si uno de los relojes en el bucle es capaz de detectar excursiones de frecuencia absolutas (sostenidas durante un periodo de tiempo) en una etapa inicial, puede descalificar su referencia vigente y por tanto romper el bucle. Mientras mejor sea esta detección de desplazamiento de frecuencia, más baja será la tasa máxima de deslizamientos que puede afectar al tráfico desde/hacia/por el equipo en el bucle. Por ejemplo, una guarda de frecuencia absoluta en 1×10^{-8} limitará la tasa de deslizamientos a 6,9 deslizamientos/día, es decir, casi dentro de los límites de

calidad de funcionamiento aceptable (5 deslizamientos/día) de acuerdo con la Recomendación UIT-T G.822.

Mientras mayor sea el número de relojes en la red que soportan esta guarda de frecuencia, mayor será la probabilidad de que uno de estos relojes forme parte de un bucle de temporización, si éste se crea accidentalmente. Además, el tamaño de la zona afectada será generalmente más pequeño cuando se formen bucles de temporización sin un reloj con guarda de frecuencia.

El método de guarda de frecuencia no puede anticipar la generación de bucles de temporización, sino que sólo puede medir sus efectos cuando ya pueden incidir de manera importante en la calidad de funcionamiento de la red.

Obsérvese que la presencia de esta funcionalidad no se especifica en la Recomendación UIT-T G.812.

III.7 Soluciones del nivel SEC

El nivel SEC consiste en muchas islas separadas de equipos SDH con relojes SEC incorporados (véase la figura III.1. Cada isla se denomina una "subred SEC". Dentro de la subred SEC el restablecimiento automático es obligatorio, porque el periodo de autonomía PRC de un SEC está bien por debajo de 1 minuto. El restablecimiento basado en decisiones SEC locales es el método más rápido. En la mayoría de los casos no es práctico aplicar el plan de numeración N(m) del nivel SSU también en el nivel SEC. El número de referencias independientes disponibles no suele ser suficientemente grande para aplicar el plan satisfactoriamente (es decir, la red SEC en general no es "en malla"). Por ejemplo, en redes lineales o en anillo, la referencia sólo se puede obtener de ambos vecinos, pero sólo el sentido ascendente puede tener un número N(m) "más bajo" y ser por lo tanto una referencia adecuada. No se dispone de una referencia de respaldo.

Este problema se puede solucionar mejorando la selección de prioridad. Este mecanismo se describe en el protocolo de mensajes de estados de sincronización (SSM, *synchronization status message*), especificado en la Recomendación UIT-T G.781. SE propone utilizar este protocolo como mecanismo de control de restablecimiento de referencia en el nivel SEC.

Cuando se diseña la red de sincronización para una subred SEC, hay que considerar también las SSU que interconectan directamente con esta subred. Estas SSU:

- 1) están proporcionando señales de referencia de sincronización a la subred SEC; o
- 2) están tomando una referencia de la subred; o
- 3) están filtrando una señal de sincronización tomando referencia de un elemento de red SDH y alimentando la señal filtrada a su SEC. Las SSU que desempeñan este cometido requieren una atención especial.

La tarea del ingeniero es determinar los parámetros que pueden proporcionarse del algoritmo SSM en cada subred SEC, de modo que en condiciones normales, el flujo de la información de temporización entre las SSU sea conforme al plan diseñado para el nivel SSU y que en situaciones de fallo, la sincronización se restablezca lo mejor posible sin crear bucles de temporización, violaciones de la jerarquía (es decir, que se activen referencias con rastreabilidad insuficiente), o inestabilidades. Las variables a su disposición son la selección de posibles referencias (asignaciones/desasignaciones), la fijación de prioridades para las referencias asignadas, la utilización de asignaciones SSM fijas a determinadas entradas de referencia y fijación de umbrales de silenciamiento para salidas de sincronización. Hay que efectuar la fijación de asignaciones y de prioridades para el oscilador interno (denominado "T0" en la Recomendación UIT-T G.783) y para la salida del reloj externo (denominado "T4" en la Recomendación UIT-T G.783) de un elemento de red SDH. Entre las SSU independientes y SEC se supone una interfaz de 2048 kHz de acuerdo con la cláusula 13/G.703 o una interfaz no SSM que transporta un enlace a 2048 kbit/s especializado de acuerdo con la cláusula 9/G.703.

El número de posibles topologías diferentes de subred SEC es muy grande, pero el tamaño de las subredes SEC será restringido, porque en la mayoría de los casos se cumplirá la recomendación de limitar el número de SEC entre SSU que están adyacentes en el nivel SSU a 20 relojes como máximo. Aunque el número de posibles subredes SEC es muy grande, en principio no difieren mucho entre sí, por lo que se puede funcionar con un número limitado de subredes SEC, determinar los parámetros SSM y adaptar esos ejemplos para aplicación a subredes SEC reales.

III.7.1 Aplicación del protocolo SSM en el nivel SSU

La Recomendación UIT-T G.704 define el conjunto de mensajes y el formato de transmisión para el transporte de mensajes de estados de sincronización por la interfaz a 2048 kbits entre un elemento de red (con un SEC) y una SSU.

Esta interfaz hace posible en principio incluir el nivel SSU en la aplicación del algoritmo SSM. Sin embargo, este asunto queda en estudio. En la base instalada actualmente, la interfaz entre la SSU y los NE de SDH no soporta en general el transporte de SSM. Además, hay que realizar más estudios para investigar el diseño y la estabilidad del algoritmo SSM cuando abarca los SEC y SSU. El resultado de futuros estudios podría ser que haya que enmendar el protocolo SSM cuando se aplique también en el nivel SSU.

Una propiedad del restablecimiento de sincronización controlado SSM es que, una vez establecido el protocolo, funciona automáticamente. El operador no tiene control directo. Esto hace que sea muy conveniente que se efectúe una simulación rigurosa antes de que se aplique el esquema SSM. Mientras más compleja sea la red, más importante será. Obviamente, la inclusión de SSU en esquemas de restablecimiento de sincronización controlados por SSM puede complicar enormemente la red de sincronización, puesto que en ese caso podría cubrir toda la zona de sincronización en vez de sólo una subred SEC.

Por estos motivos, la hipótesis expuesta en este apéndice es que el protocolo SSM sólo se soporta en el nivel SEC y que la interfaz entre SSU y SEC no soporta la transmisión de SSM.

III.7.2 Ejemplos de subredes SEC con parámetros SSM

A continuación se indican varias subredes SEC principalmente diferentes y sus parámetros SSM. Los parámetros de otras subredes SEC pueden ser diseñados adaptando los esquemas principales presentados aquí. El número de esquemas puede aumentar en el futuro.

En las figuras III.5 a III.9 se utiliza una determinada notación para indicar cómo se proporcionan los parámetros del protocolo SSM y los mensajes resultantes en las señales STM-N salientes en condiciones normales (sin fallos). Los convenios de notación se muestran en la figura III.4. El elemento de red (casilla gris) tiene dos partes separadas por una línea de puntos para mostrar los procesos de selección independientes para el SEC interno (T0) y la salida de sincronización externa (T4). Si T4 está subordinado a T0 esto se indica con una flecha directa entre las dos partes (no mostradas en la figura III.4). Las flechas que entran y salen de los elementos de red denotan la sincronización que transporta entradas y salidas (SMT-N a 2048 kHz o no SSM a 2048 kbit/s). Las flechas de trazo continuo indican la portadora activa en condiciones normales, y las entradas de referencia se representan con flechas de trazo interrumpido. Las referencias no asignadas se muestran con flechas de puntos. Obsérvese que el hecho de que una referencia esté actualmente activa, en reserva o no asignada es determinado por el equipo receptor. Algunas flechas están divididas para mostrar que sirven como una entrada a ambos procesos de selección de referencia, T0 y T4. Si esta entrada dividida falla, falla para ambas entradas simultáneamente.

Los números en los círculos blancos indican prioridades asignadas (ningún número significa que una referencia no está asignada para participar en el proceso de selección de referencia). Las etiquetas en las elipses indican los mensajes de estados de sincronización salientes calculados (que serán los mensajes recibidos por el elemento de red hacia el destino). "≥ SSM" en la casilla de salida de sincronización externa indica el nivel de silenciamiento (todas las señales con rastreabilidad "SSM"

o mejor son transferidas). Por último, "= SSM" en una casilla gris indica el valor fijo "SSM" asignado a una entrada de referencia. En estos casos "SSM" puede ser "PRC", "SSU-A", "SSU-B" o "SEC".

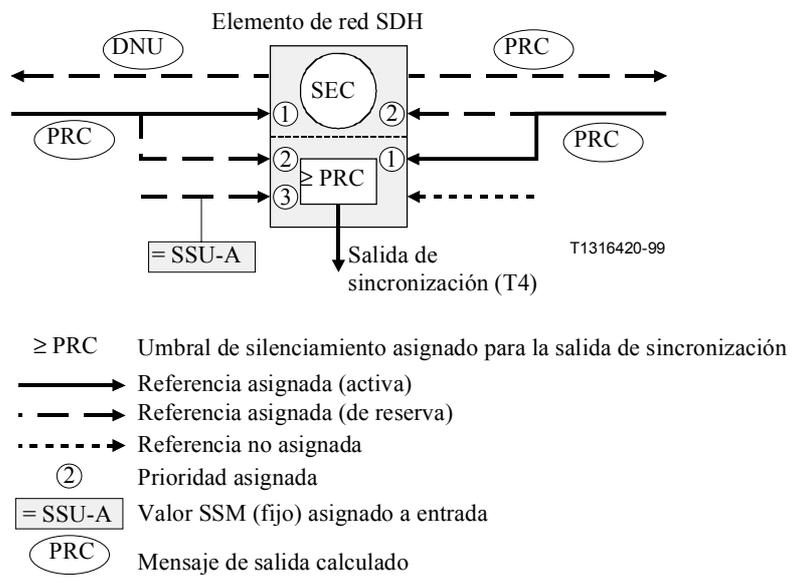


Figura III.4/G.803 – Convenios utilizados en el diseño de subred SEC

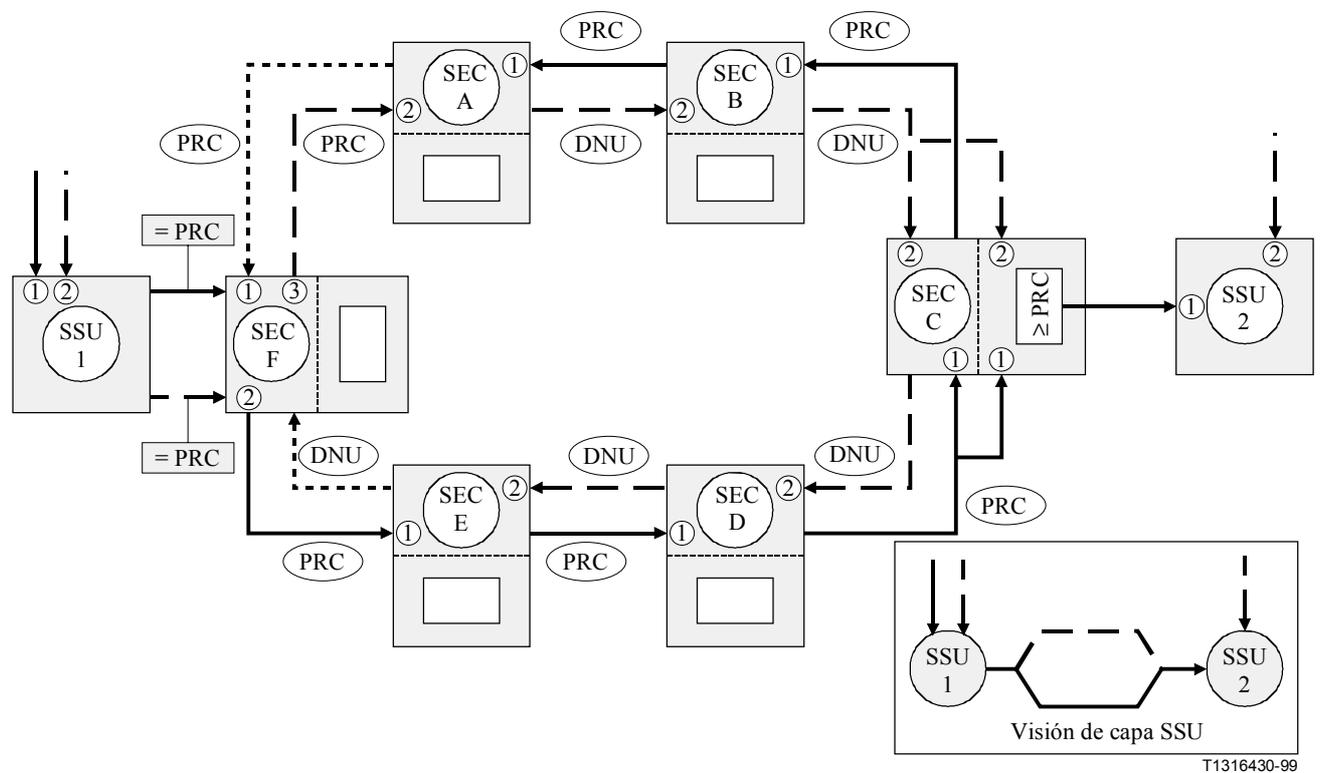


Figura III.5/G.803 – Red en anillo SDH con una SSU fuente y una SSU sumidero

En el nivel SSU el flujo de sincronización es de SSU-1 a SSU-2. SSU-2 necesita otra referencia de otra fuente que esté fuera del ámbito de esta subred SEC, así como las referencias de SSU-1.

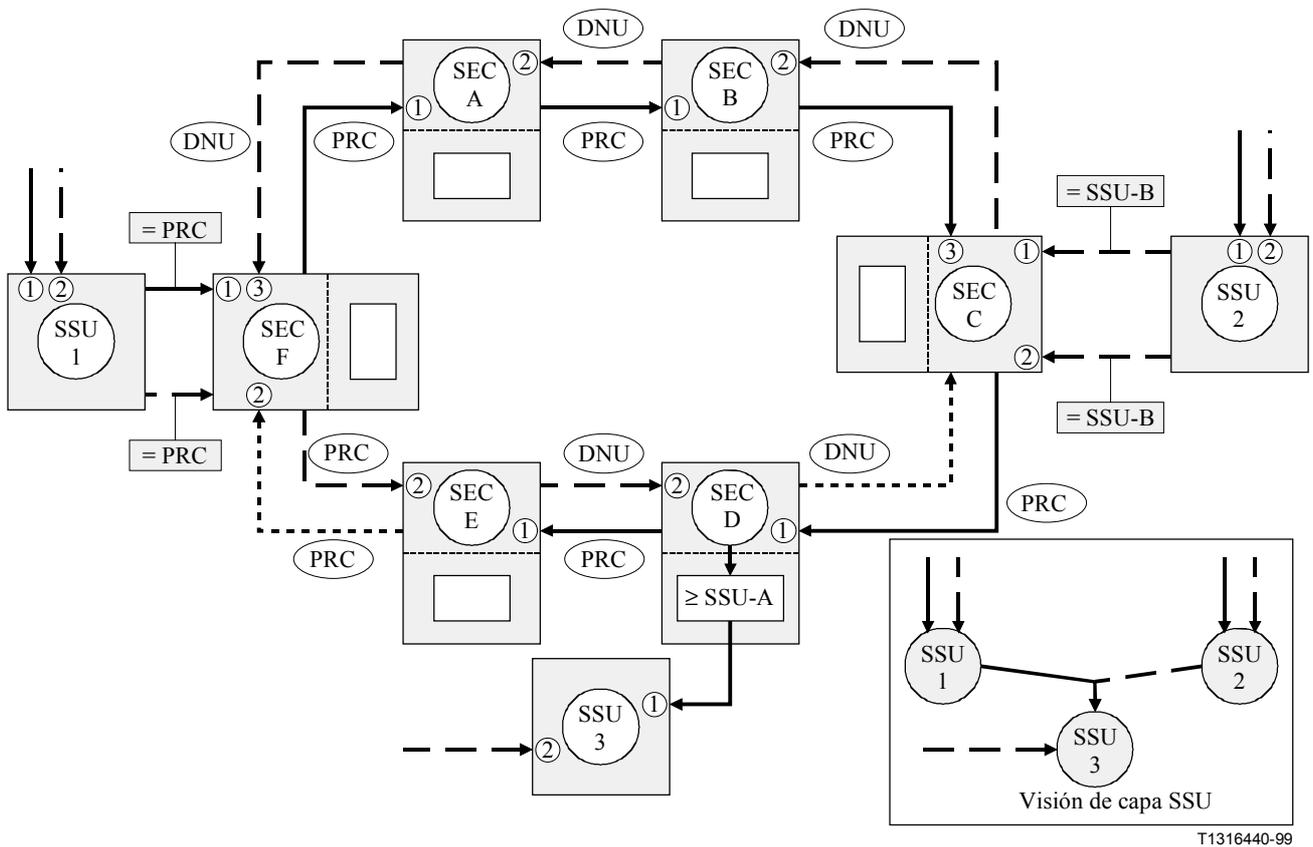
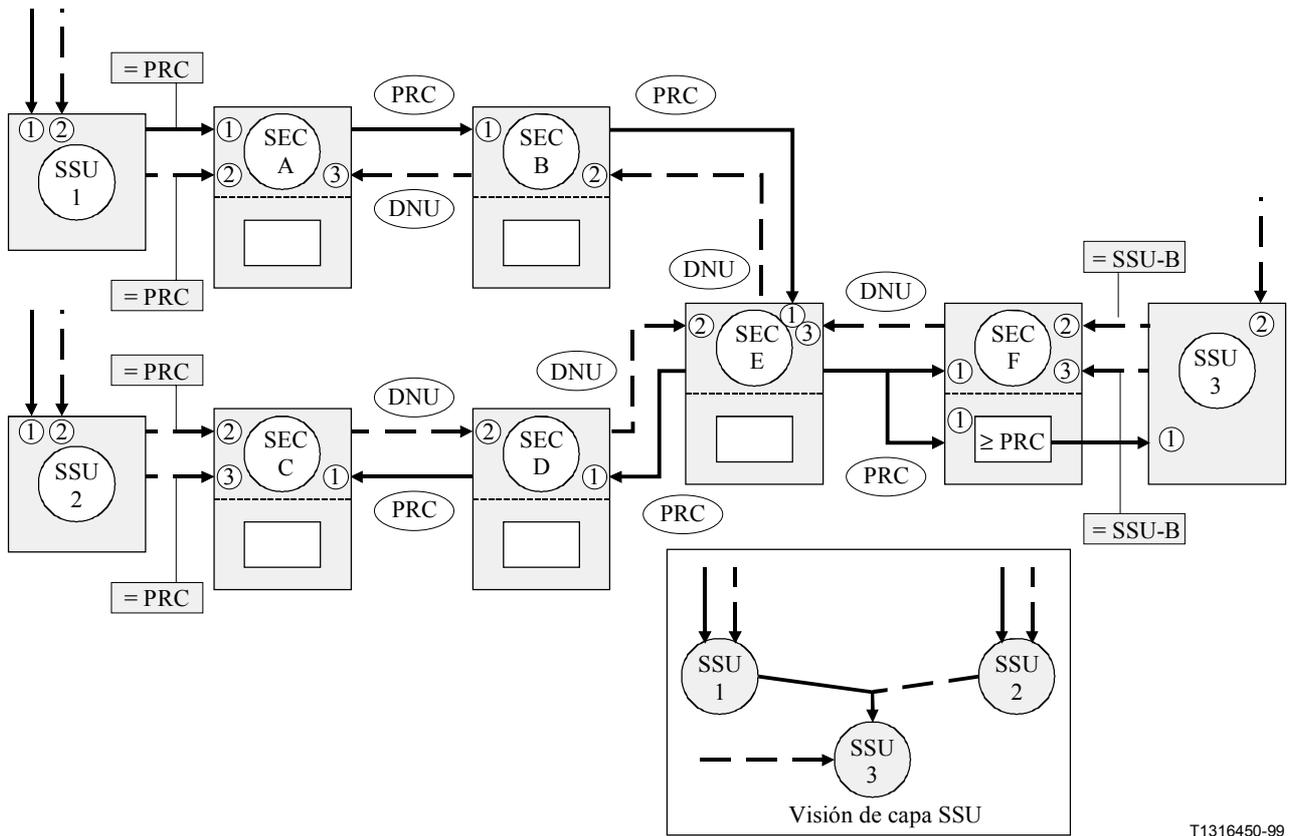


Figura III.6/G.803 – Red en anillo SDH con dos SSU fuente y una SSU sumidero

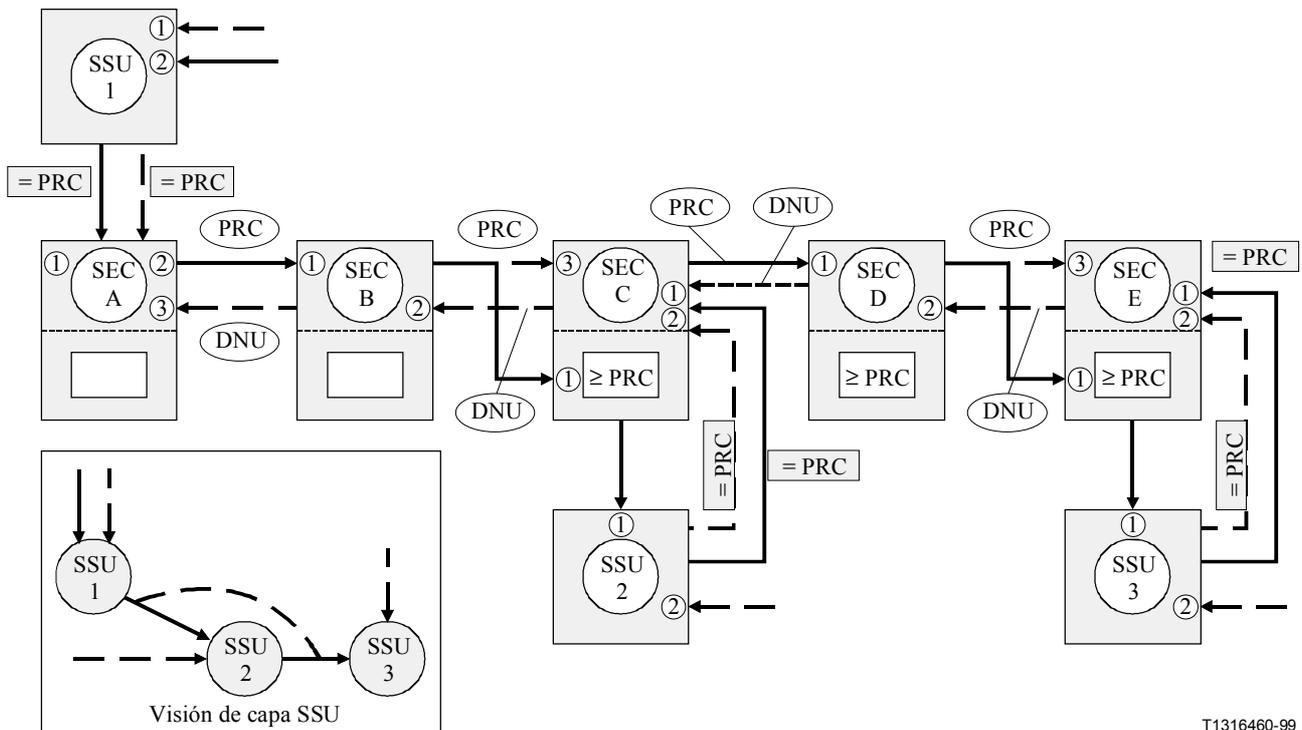
Normalmente el flujo de sincronización en el nivel SSU es entre SSU-1 y SSU-3, el trayecto entre SSU-2 y SSU-3 es un respaldo.



T1316450-99

Figura III.7/G.803 – Red Y SDH con dos SSU fuente y una SSU sumidero

Normalmente el flujo de sincronización en el nivel SSU es entre SSU-1 y SSU-3, el trayecto entre SSU-2 y SSU-3 es un respaldo.



T1316460-99

Figura III.8/G.803 – Red lineal SDH con SSU de filtrado

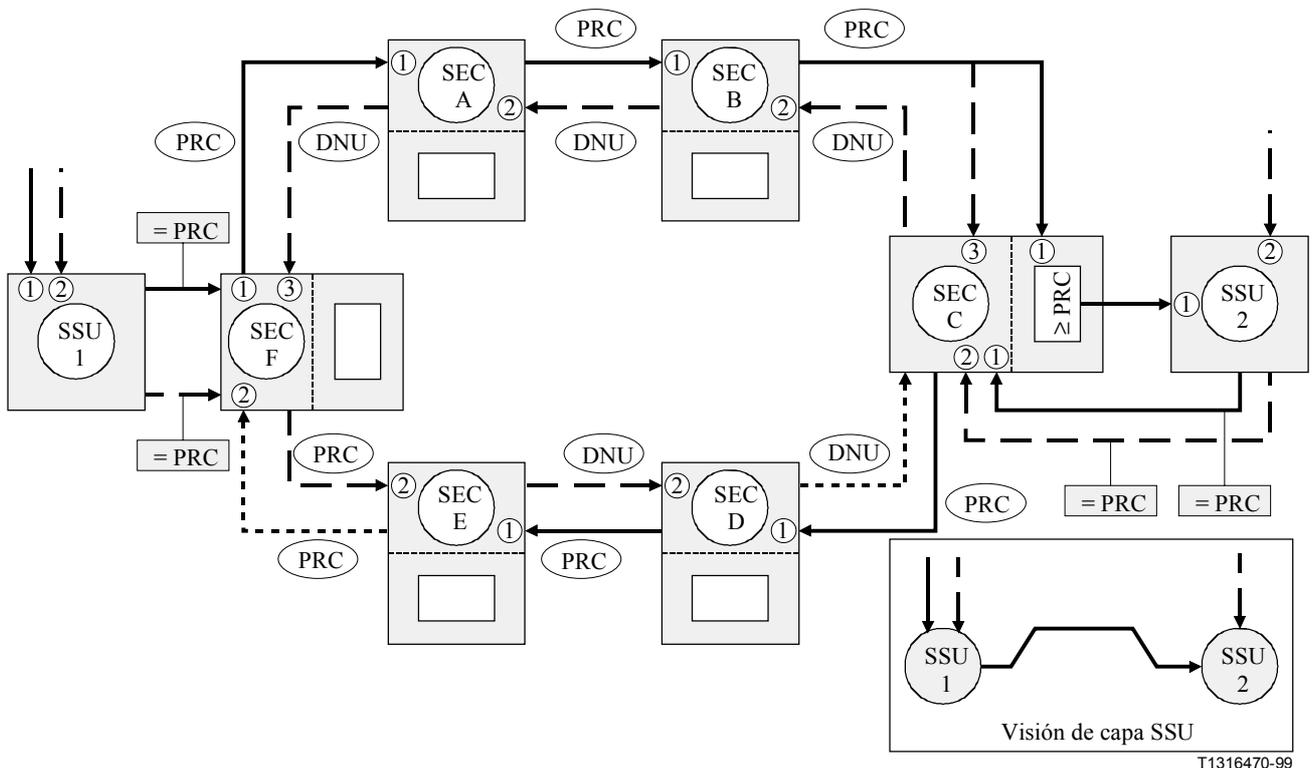


Figura III.9/G.80d3 – Red SDH en anillo con SSU de filtrado

III.8 Síntesis de la red de sincronización

La metodología de diseño de una red de sincronización descrita en este apéndice consiste en varios pasos:

- Dividir una zona de sincronización en subredes de nivel SSU y SEC.
- Agrupar las SSU de acuerdo con su calidad, definida como periodo de autonomía PRC, en varias clases.
- Asignar referencias primarias, secundarias, etc., a cada SSU de una manera conforme al esquema de etiquetado N(m) o una alternativa equivalente.
- Definir los parámetros del protocolo SSM para cada subred SEC utilizando el cuerpo de redes de ejemplo, teniendo en cuenta las SSU interconectadas directamente.
- Diseñar la sincronización dentro de la oficina para cada oficina. Esta última etapa no se examina en este apéndice.

El diseño de la zona de sincronización se debe realizar antes de la entrega de los equipos. Los resultados del proceso de diseño de sincronización de redes se describen a menudo en un plan de sincronización. Este plan puede contener mapas de la zona y todas las oficinas con las referencias normales, los valores de todos los parámetros proporcionados que afectan a la sincronización en la zona y un registro de todas las actividades de mantenimiento relacionadas con la sincronización. El plan puede contener también resultados de mediciones y evaluación de la red de sincronización. El plan debe ser revisado cada vez que se instala un nuevo equipo en la zona. Se suele nombrar un coordinador de sincronización para mantener el plan y coordinar las actividades conexas en la zona de sincronización.

III.9 Definiciones utilizadas en el apéndice III

(Periodo de) autonomía PRC	Periodo de tiempo durante el cual un reloj, después que ha descalificado todas sus entradas de referencia, puede restringir su deriva de fase dentro de los límites de red para señales de sincronización.
Nivel PRC	Conjunto de relojes conformes a la Recomendación UIT-T G.811 en un dominio de operador que son los relojes maestros para las diferentes zonas de sincronización cuando la red de sincronización no experimenta fallos.
Nivel SEC	Conjunto de relojes conformes a la Recomendación UIT-T G.813 en una zona de sincronización y sus interconexiones. Las SSU no forman parte del nivel SEC. Obsérvese que algunas redes pueden tener elementos de red SDH que contienen relojes distintos a los de la Recomendación UIT-T G.813. A condición de que el nivel de calidad de estos relojes sea más bajo que el de las SSU instaladas en la red, a los efectos de este apéndice se pueden considerar como relojes SEC:
Subred SEC	Conjunto de relojes SEC en elementos de red SDH interconectados por portadoras de referencia STM-N. Al diseñar la sincronización en una subred SEC, hay que considerar también las SSU conectadas directamente.
Nivel SSU	Conjunto de relojes conformes a la Recomendación UIT-T G.812 en una zona de sincronización y sus interconexiones. Los SEC no forman parte del nivel SSU, pero se considera que son transparentes en conexiones entre SSU. En condiciones sin fallos, sólo hay un nivel SSU interconectado en una zona de sincronización.
Zona de sincronización	Zona geográfica en la cual todos los equipos que tienen que funcionar síncronamente están sincronizados con el reloj maestro de esa zona.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Transmisiones de señales radiofónicas, de televisión y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsimil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación