

SDH

Jerarquía Digital Sincrona

- El sistema **PDH europeo** es el más utilizado en Latinoamérica y especialmente en nuestro país.
- Los **canales a multiplexar se unen** formando **tramas de nivel superior** a capacidades estandarizadas de 2 Mbps, 8 Mbps, 34Mbps, 140Mbps y 565Mbps.
- El método de multiplexación **a partir de la segunda jerarquía se realiza bit a bit.**
- Esta es **una de las barreras de PDH** para poder manejar altas tasas de transmisión que en la actualidad se hace necesario para el uso de sofisticadas aplicaciones demandadas por los usuarios.



- Otra limitación que se puede identificar es **la falta de sincronismo entre los equipos**, PDH es plesiócroma (casi sincrónica).
- Esto significa que **no todas las señales multiplexadas proceden de equipos que transmiten a la misma velocidad** de transmisión
- Para poder igualar las velocidades de las fuentes **se añade o se retira bits al multiplexar o demultiplexar** en cada uno de los niveles de la jerarquía
- A estos bits se denomina **bits de justificación**.



- Este hecho genera un **gran problema de falta de flexibilidad** en una red con diversos niveles jerárquicos.
- Si a un punto de la red se le quieren **añadir canales de 64 Kbps**, y el enlace existente es de 8 Mbps o superior, debe pasarse por **todas las etapas de demultiplexación** hasta acceder a un canal de 2 Mbps y **luego multiplexar todas las señales nuevamente**.



- Otro problema adicional de los sistemas basados en PDH es la **insuficiente capacidad de gestión de red a nivel de tramas**.
- La multiplexación bit a bit para pasar a un nivel de jerarquía superior y con bits de relleno convierte en **tarea muy compleja seguir** un canal de tráfico a través de la red.
- En el formato de **SDH solo los canales que son requeridos son demultiplexados**, eliminando la necesidad de volver y volver a multiplexar.
- En otras palabras, **SDH hace ver a los canales individuales “visibles”** y fácilmente pueden ser agregados o eliminados.



Definición de SDH

- Este estándar se definió por el CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía) actualmente la UIT-T y especifica:
 - G.707 (Velocidades Binarias de la Jerarquía Digital Sincrónica)
 - G.708 (Interfaz de nodo de red para SDH)
 - G.709 (Interfaces para la red óptica de transporte).



- Cuando se utiliza **SDH** se elimina la necesidad constante de multiplexar y demultiplexar las señales.
- Esto porque **todas las señales son sincronizadas a la misma frecuencia** haciendo innecesarios los bits de relleno
- Permitiendo **esto introducir y extraer dinámicamente las señales** de las tramas portadoras mediante los multiplexores denominados add-drop (ADM).



- **SDH es un protocolo de transporte**, de la capa física del modelo OSI.
- Esta **basado en la existencia de una referencia temporal** común que multiplexa diferentes señales dentro de una jerarquía común y gestiona su transmisión de forma eficiente a través de redes ópticas, con mecanismos internos de protección.
- SDH nace de la necesidad de insertar o extraer canales con facilidad, debido a que con los protocolos plesíncronos es necesario desmontar y volver a montar la señal para poder insertar o extraer un circuito; además se puede administrar mejor la red.



CAPAS O NIVELES DE UNA RED SDH

- La **jerarquía digital síncrona** en términos de un modelo de capas ha sido **dividida en cuatro niveles** que están directamente relacionados con la topología de red y son:
- Interface Físico (Physical Interface)
- Sección de Regenerador (Regenerator Section)
- Sección de Multiplexación (Multiplexer Section)
- Encaminamiento (VC-N Layer)



INTERFACE FÍSICA

- Es el nivel más bajo, el cual **representa el medio de transmisión.**
- Este es **usualmente fibra óptica o posiblemente un enlace de radio o un enlace satelital.**
- **Incluye una especificación** del tipo de fibra óptica que puede ser utilizada y detalles como las potencias mínimas requeridas, las características de dispersión y atenuación de los láseres, y la sensibilidad requerida en los receptores.



SECCIÓN DE REGENERADOR (sección)

- La sección de regeneración es el **camino entre regeneradores**.
- **Parte de la cabecera de una trama (RSOH, Regenerator Section Overhead) está disponible para la señalización necesaria dentro de esta capa.**
- Esta capa **especifica los niveles básicos de las tramas para convertir las señales eléctricas en señales ópticas.**
- **Se encarga de crear las tramas básicas de SDH, convertir señales eléctricas a ópticas, presentar algunas facilidades de monitoreo.**



SECCIÓN DE REGENERADOR

- Para grandes distancias se puede requerir repetidores regenerativos.
- Podemos decir que **es el tramo entre dos equipos que regeneran la señal:**

- Multiplexores
- Regeneradores
- Radioenlaces
- Terminales ópticos, etc



SECCIÓN DE MULTIPLEXACIÓN (línea)

- El nivel de multiplexación comprende la **parte del enlace SDH entre multiplexores**.
- Este nivel es **responsable de la sincronización, el multiplexado de los datos en las tramas, la protección de las funciones de mantenimiento y de la conmutación**.
- Parte de la cabecera de una trama (MSOH, multiplex section overhead)** es utilizada para las necesidades de la sección de multiplexación.
- Podemos decir que es el **tramo entre dos equipos que multiplexan o demultiplexan la señal: multiplexores TM, ADM, DXC**.



ENCAMINAMIENTO (VC-4 Y VC-12 LAYER)

- Es el nivel responsable del **transporte extremo-a-extremo** de los **contenedores virtuales** con la apropiada velocidad de señalización.
- Encargado de conectar terminales.
- Los datos **son ensamblados al principio y no son desensamblados ni es posible acceder a ellos hasta que no llegan al final**, es decir, los contenedores virtuales están disponibles como carga útil en los dos extremos de esta sección.



ENCAMINAMIENTO (VC-4 Y VC-12 LAYER)

- Las dos capas VC representan una parte del proceso de mapeo.
- El mapeo es el procedimiento por el que las señales tributarias, tales como PDH y ATM están empaquetadas en los módulos de transporte de SDH.
- El mapeo VC-4 se utiliza para señales de 140 Mbps o señales ATM y el VC-12 se utiliza para señales de 2 Mbps.

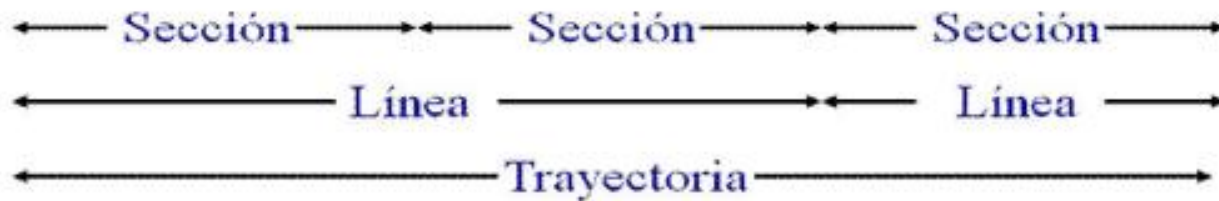
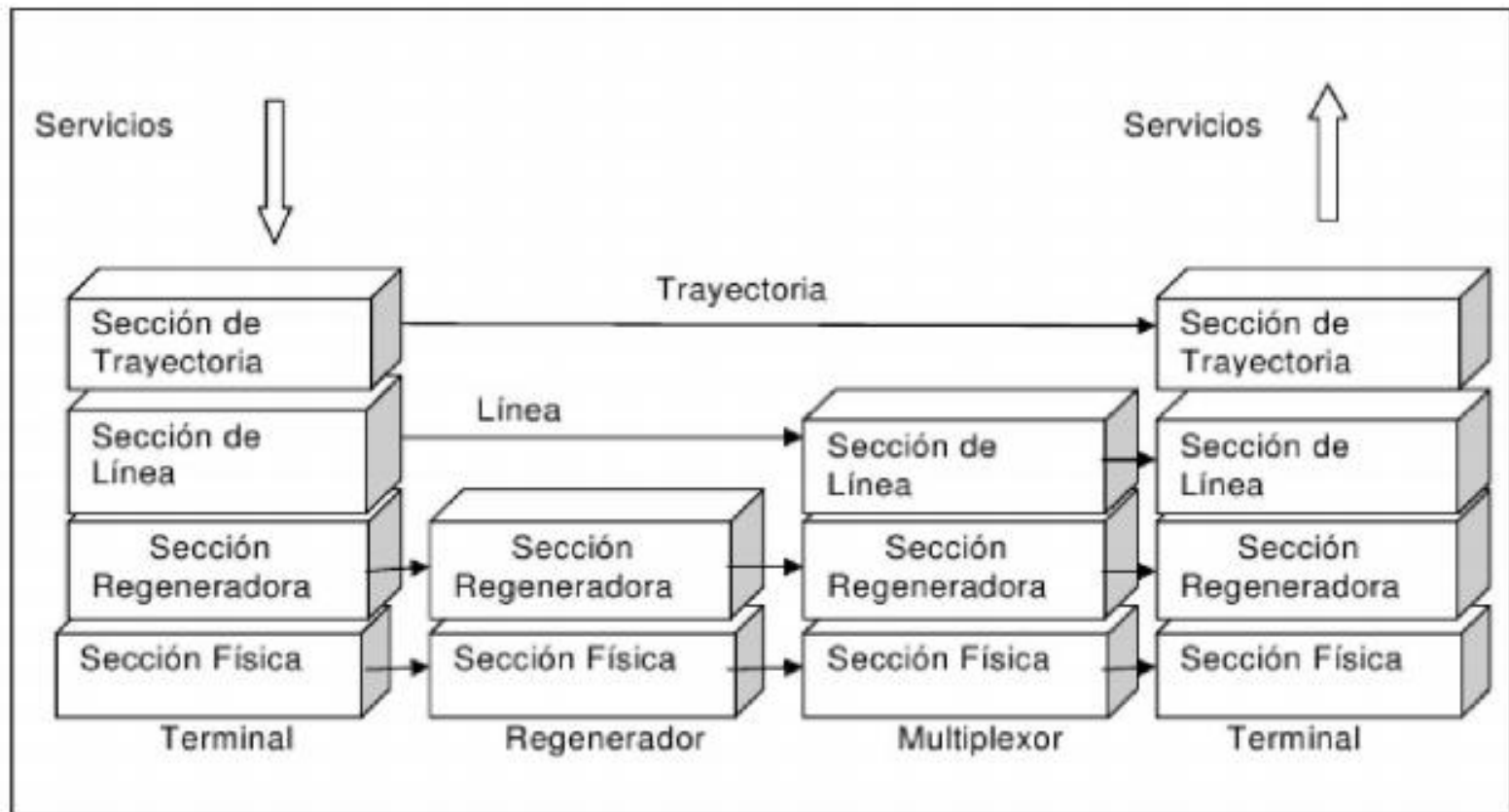


TRAYECTORIA (Path)

- **Es un circuito extremo a extremo que se ubica entre dos puntos terminales o usuarios finales de la red de transporte.**
- **Es la conexión lógica entre un punto donde se ensambla un VC y otro donde este es desensamblado.**
- **Es como un caño que conecta dos puntos, entre los cuales se manifiesta un servicio atravesando una serie de secciones de multiplexión.**

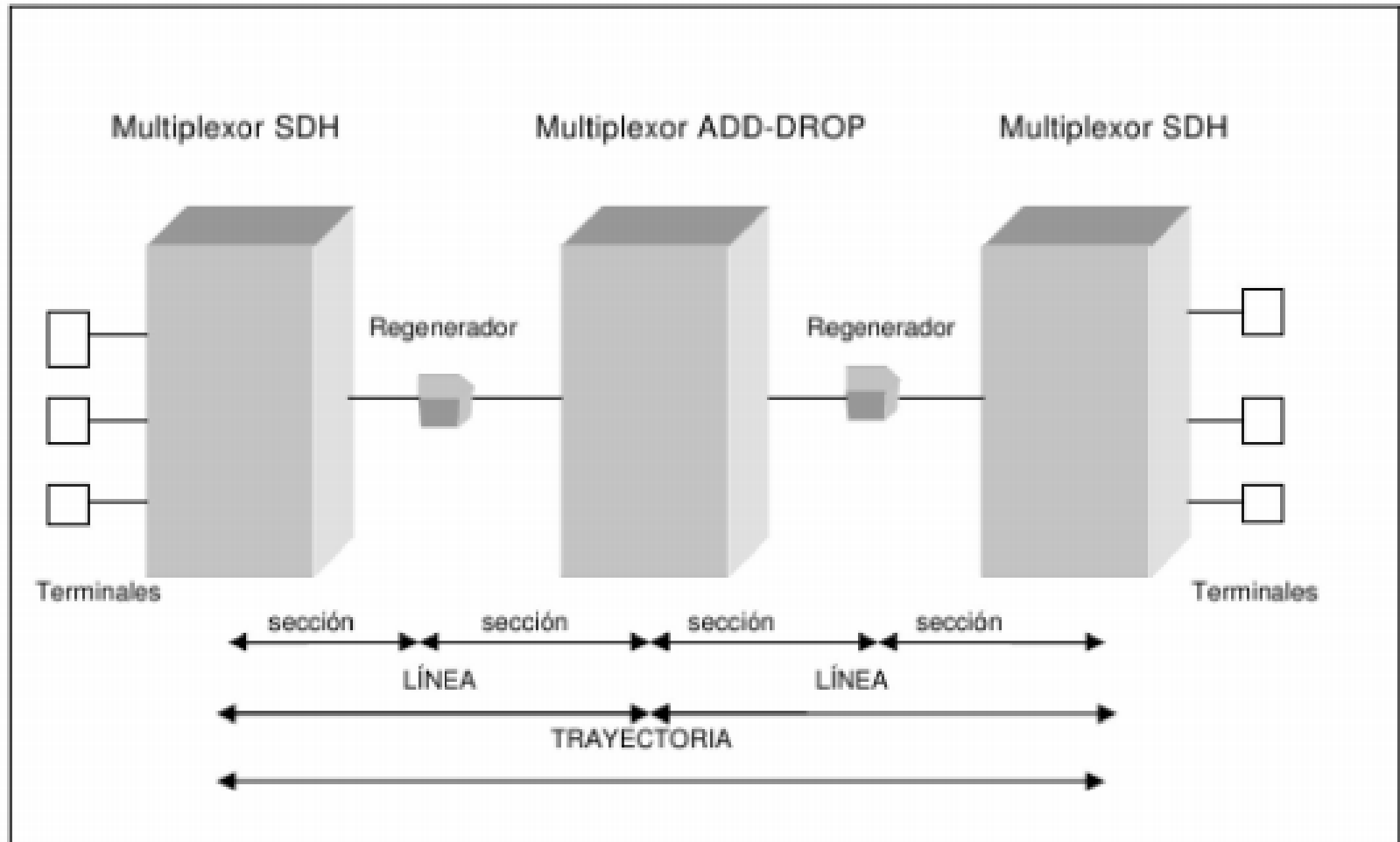


Redes de Banda Ancha

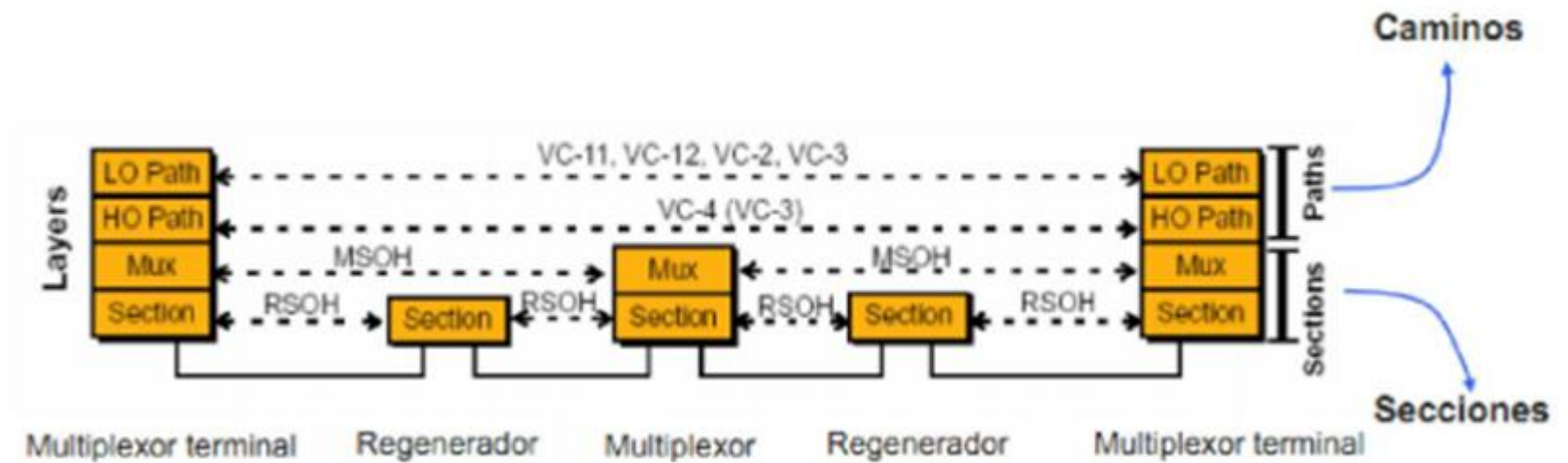


COMPONENTES DE UNA RED SDH

Redes de Banda Ancha



Redes de Banda Ancha



ELEMENTOS DE RED

Las redes SDH actuales están construidas, básicamente, a partir de cuatro tipos distintos de equipos o elementos de red (ITU-T G.782):

- 1) regeneradores
- 2) multiplexores terminales
- 3) multiplexores de inserción y extracción
- 4) distribuidores multiplexores



Regenerador

- Es el **responsable de restituir el reloj y la relación de amplitud de las señales** de datos entrantes que han sufrido atenuación y distorsión.
- **Manteniendo las características físicas de la señal** a lo largo de toda la red supervisando la calidad de la señal recibida.
- Los regeneradores **obtienen la señal de reloj** a partir de la ristra de bits entrante.



Multiplexores de Terminal de líneas

- Se utilizan para **multiplexar las distintas señales plesiócronas o síncronas** en sus interfaces tributarias de entrada y crear la señal STM-N.
- Por ejemplo, un MT STM-4, puede tener entradas a 155 Mbps, 140 Mbps, 34 Mbps y 2 Mbps; y la interfaz de línea será a 622 Mbps.
- Del mismo modo, los MTs **se utilizan para recibir la señal STM-N y demultiplexarla en las distintas señales plesiócronas o síncronas.**

El MT hace de inicio y final de las comunicaciones.



Multiplexores de Inserción y Extracción (ADM)

Permiten **extraer o insertar tráfico** en algún punto intermedio de una ruta de transmisión.

Es decir se encargan de insertar y extraer señales plesiócronas y sincrónicas de baja velocidad en un flujo SDH.

Permiten **acceder a los VCs de la señal agregada, sin demultiplexar la señal completa STM-N.**



Digital Cross-Connects (DXC)

- El DXC, es una **matriz de conmutación de contenedores virtuales**.
- Su función principal es la **interconexión de contenedores virtuales en el interior de flujos STM-N**.
- Permite realizar **conmutación, inserción y extracción** de señales plesiócronas o síncronas a varios niveles.
- Permitirá el mapeo de señales plesiócronas en afluentes síncronos llamados contenedores virtuales, así como la conmutación entre estos, desde el conmutador virtual de menor nivel hasta el de nivel superior.



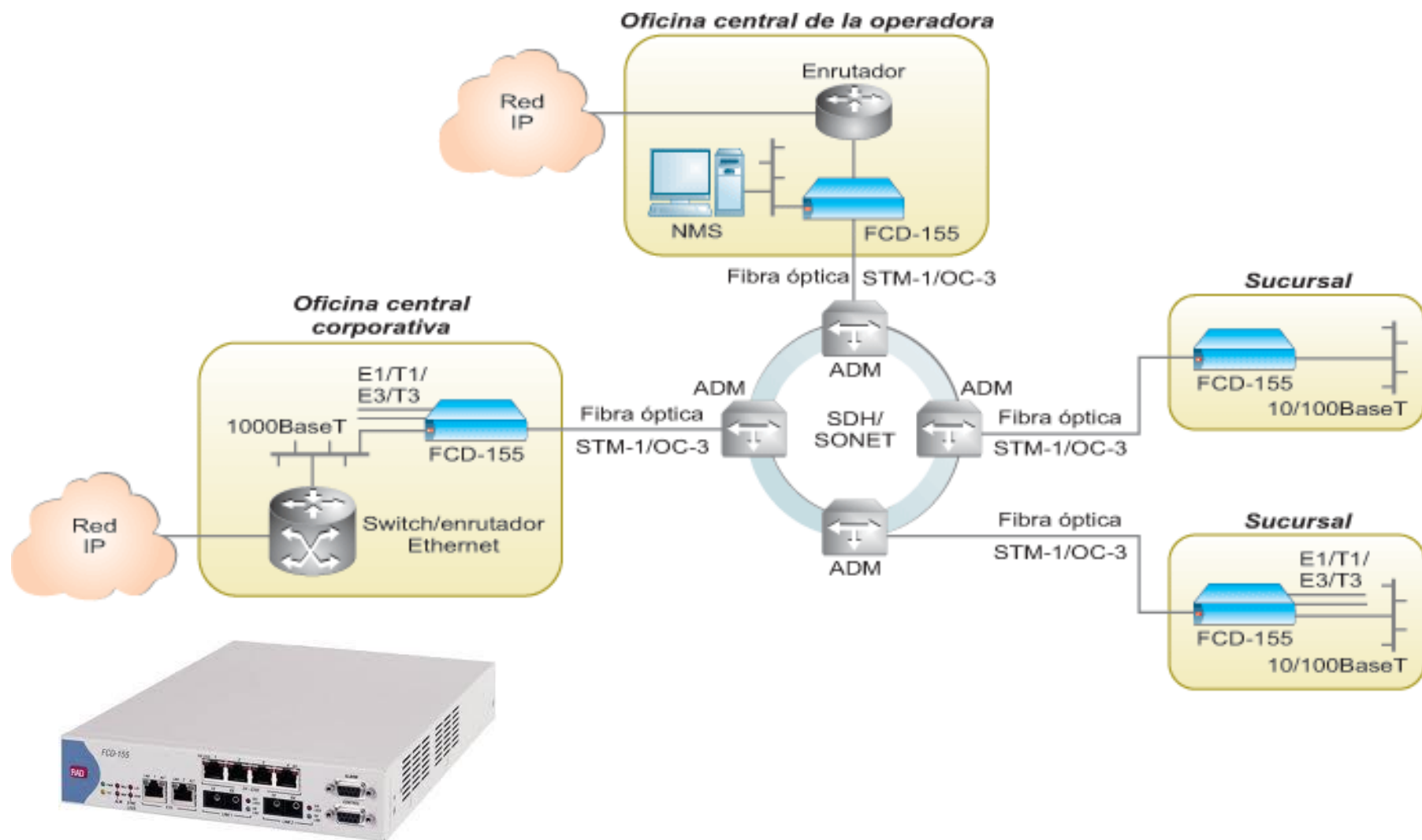
- Los DXCs son los puntos de mayor flexibilidad en la red SDH.
- Posibilitando que el operador realice de forma remota interconexiones semipermanentes entre diferentes canales, capacitando el **encaminamiento de flujos a nivel de VC** sin necesidad de multiplexaciones o demultiplexaciones intermedias.
- Se suele emplear la notación DXC N/M, donde el número entero N indica el nivel más alto de las señales terminadas en sus puertos y el número M indica el nivel mínimo de interconexión.



- Los dos tipos principales son: el DXC 4/4 y el DXC 4/1.
- El DXC 4/4 proporciona una interconexión totalmente transparente para el encaminamiento de canales de 140 Mbps o 155 Mbps, que pueden formar parte de conexiones a 622 Mbps o 2,5 Gbps.
- El DXC 4/1 en cambio proporciona interconexión transparente hasta los 2 Mbps.



Redes de Banda Ancha



VELOCIDADES BINARIAS JERÁRQUICAS

- La **primera jerarquía de velocidad** síncrona fue definida como **STM-1 (Synchronous Transport Module, Módulo de Transporte Sincrónico)**.
- Esta es la estructura numérica base en SDH y **tiene una velocidad de 155.520 Mbps**.
- Este valor coincide con el triple de STS-1 de la red SONET ($3 \times 51.84 \text{ Mbps} = 155.52 \text{ Mbps}$).
- **A partir de STM-1, y multiplexando byte a byte** de manera que la estructura de la trama permanece inalterada, **se obtienen tasas de orden superior o (velocidades mayores) llamadas STM-N**.



- Las velocidades binarias de SDH superiores se obtendrán como múltiplos enteros de la velocidad binaria de primer nivel $N \times \text{STM-1}$.
- Estas se indican mediante el correspondiente factor de multiplicación de la velocidad de primer nivel.
- **Se han estandarizado las tramas STM-4 ($4 \times 155.520 = 622.080 \text{ Mbps}$) y STM-16 ($16 \times 155.520 = 2488.320 \text{ Mbps}$).**
- **Si se necesitan velocidades superiores, como STM-64 o STM-256, solo es necesario multiplexar la unidad básica otro nivel más, y la estructura de trama permanece inalterada.**



- También se definen **SDH de capacidad media baja** para ser compatible con **SONET** (Synchronous Optical NETwork) propuesta por Bell Core y normalizada por ANSI y su nivel más bajo es 51840 Kbits/seg.
- Obsérvese que **la capacidad de una trama básica STM- 1** puede ser cargada con diversas combinaciones de afluentes, por ejemplo:
 - un canal ATM a 149 Mbit/s
 - 63 circuitos E1
 - un circuito E3 y 42 E1
 - dos circuitos T3



- El estándar SDH está **definido originalmente** para el transporte de señales de 1,5 Mbps, 2 Mbps, 6 Mbps, 34 Mbps, 45 Mbps y 140 Mbps a una tasa de 155 Mbps.
- Posteriormente ha sido desarrollado para transportar otros tipos de tráfico, como por ejemplo ATM ó IP, a tasas que son múltiplos enteros de 155 Mbps.
- **La flexibilidad en el transporte de señales digitales de todo tipo permite, de esta forma, la provisión de todo tipo de servicios sobre una única red SDH:** servicio de telefonía, provisión de redes alquiladas a usuarios privados, creación de redes MAN y WAN, servicio de videoconferencia, distribución de televisión por cable, etc.

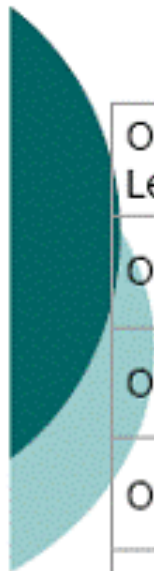


Redes de Banda Ancha

Bit Rate	Abreviación	SDH	Capacidad SDH
51.84 Mbps	51 Mbps	STM-0	21 E1
155.52 Mbps	155 Mbps	STM-1	63 E1 o 1 E4
622.08 Mbps	622 Mbps	STM-4	252 E1 o 4 E4
2488.32 Mbps	2.4 Gbps	STM-16	1008 E1 o 16 E4
9953.28 Mbps	10 Gbps	STM-64	4032 E1 o 64 E4



Redes de Banda Ancha



Optical Level	Electrical Level	Line Rate (Mb/s)	Payload Rate (Mb/s)	Overhead Rate (Mb/s)	SDH Equivalent
OC-1	STS-1	51.840	50.112	1.728	-
OC-3	STS-3	155.520	150.336	5.184	STM-1
OC-12	STS-12	622.080	601.344	20.736	STM-4
OC-48	STS-48	2488.320	2405.376	82.944	STM-16
OC-192	STS-192	9953.280	9621.504	331.776	STM-64
OC-768	STS-768	39813.120	38486.016	1327.104	STM-256

OC: Optical Carrier

STM: Synchronous Transmission Mode

STS: Synchronous Transport Signal



CONCEPTOS BÁSICOS

Módulo de Transporte Síncrono (STM):

- Un STM (synchronous transport module) es la estructura de información utilizada para soportar conexiones de capa de sección en la SDH.
- Consta de campos de información útil y de cabeceras de sección (SOH)** organizados en una estructura de trama de bloque que se repite cada 125s.
- La información está adaptada para su transmisión** por el medio elegido a una velocidad que se sincroniza con la red.



- **El STM básico se define a 155.520 Kbps y se denomina STM-1.**
- Los STM de mayor capacidad se constituyen a velocidades equivalentes a N veces la velocidad básica.
- **Se han definido capacidades de STM para N 4, N 16 y N 64.**
- El STM-1 incluye un solo grupo de unidades administrativas (AUG) así como la tara de sección (SOH).
- El STM-N contiene N AUG así como la SOH.



Contenedor-n (n 1-4):

Un contenedor es la **estructura que forma la carga útil de información de red**.

Básicamente es la **unidad básica de empaquetamiento** para los canales tributarios.

Este **contiene tanto bits de información como de justificación** para sincronizar la señal PDH al reloj de frecuencia SDH, al igual que otros bits con función de relleno.



Se han definido funciones de adaptación de muchas velocidades binarias de red comunes en un número limitado de contenedores normalizados.

Se tiene un contenedor especial para cada señal tributaria de PDH.

C-4 para señales de 140 Mbps

C-3 para 45 y 34 Mbps

C-2 para 6,3 Mbps

C-12 para 2 Mbps

C-11 para 1,5 Mbps.



Estos contenedores **tienen siempre un tamaño mayor que la carga a transportar.**

La capacidad remanente es utilizada, en parte, para la justificación.

Esto con el fin de **eliminar las desviaciones temporales** entre las señales PDH.

Cuando se hace la correspondencia con tributarios síncronos, se insertan bytes de relleno fijos, en vez de bytes de justificación.



C-11: Hasta 25 octetos cada 125 μ s (3 columnas de un STM menos 2 octetos).

C-12: Hasta 34 octetos cada 125 μ s (4 columnas de un STM menos 2 octetos).

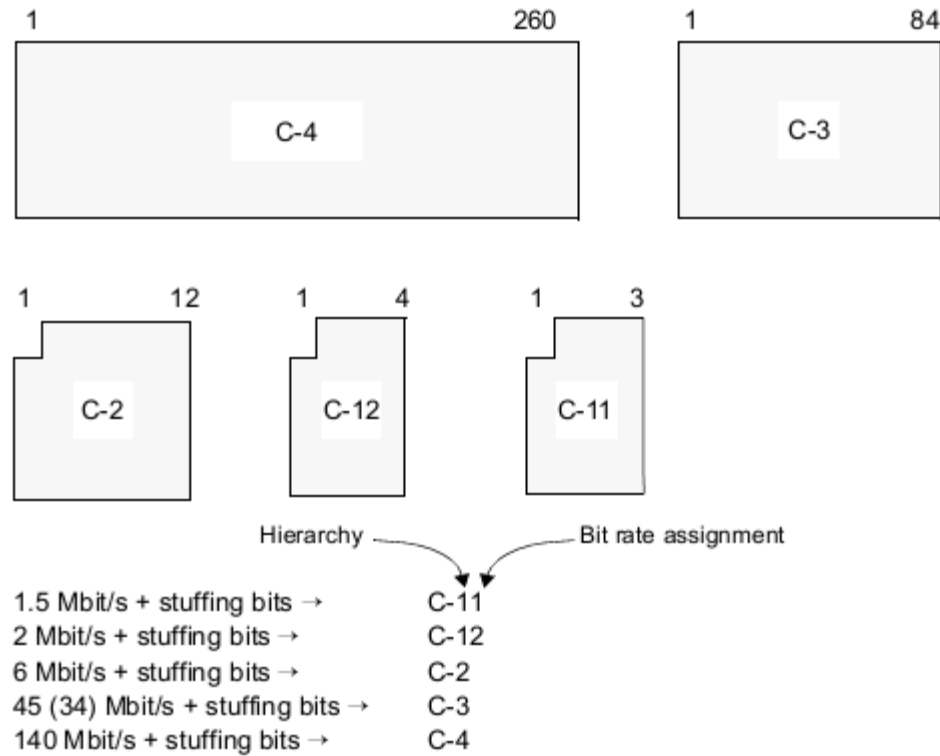
C-2: Hasta 106 octetos cada 125 μ s (12 columnas de un STM menos 2 octetos).

C-3: Hasta 756 octetos cada 125 μ s (84 columnas de un STM).

C-4: Hasta 2340 octetos cada 125 μ s (260 columnas de un STM).



Redes de Banda Ancha



Cabecera de Ruta (Path Overhead – POH-):

Cada contenedor tiene **algún tipo de control sobre la información asociada a él.**

Esta información **es generada en el nodo originario de la ruta y es terminada en el nodo final del camino.**

El POH contiene un Control de Errores y Origen/Destino del CV.

Esta información **sirve para transportar de manera confiable el contenedor desde el origen hasta el destino.**



El POH se agrega al formar el VC al principio de la ruta y se evalúa solo al final de esta, en el momento que se descompone el contenedor

Entonces, el POH **contiene información para supervisión y mantenimiento de una ruta interconectada en la red.**

La tara de trayecto o POH (Path OverHead) tiene como **misión monitorizar la calidad e indicar el tipo de contenedor**; por lo tanto, el formato y tamaño del POH depende del tipo de contenedor.



Contenedor Virtual-n (VC-n):

Un contenedor virtual VC (virtual container-n) es la estructura de información utilizada para soportar conexiones de capa de trayecto en la SDH.

Consta de campos de información de carga útil (Contenedor) y de la tara de trayecto (POH) organizados en una estructura de trama de bloque que se repite cada 125 ó 500 s.

El VC es la entidad de carga útil que viaja sin cambios a lo largo de la red, siendo creada y desmantelada en los distintos puntos de acceso o terminación del servicio de transporte.



Hay dos tipos:

1. **VC de orden inferior VC-11, VC-12 y VC-2** que constan de un solo C-n ($n=1;2$) mas la POH de ese nivel
2. **VC de orden superior VC-3 y VC-4** comprenden un solo C-n ($n=3; 4$) o un grupo de unidades tributarias TUG-2, TUG-3 junto con la POH de ese nivel



Hay diferentes tipos de contenedores virtuales (VC):

Un VC-12 es construido de un contenedor C-12, el cual contiene una señal PDH de 2 Mbps.

Un VC-3 porta un contenedor C-3 que contiene una señal PDH de 34 Mbps.

Un VC-4 porta una señal PDH de 140 Mbps en un contenedor C-4.

Adicionalmente un VC-4 puede ser conformado con 63 VC-12's. Esto simplifica el transporte y gestión de estas señales a través de la red.



VC-11: 26 octetos cada 125 μ s (3 columnas de un STM menos 1 octeto).

VC-12: 35 octetos cada 125 μ s (4 columnas de un STM menos 1 octeto).

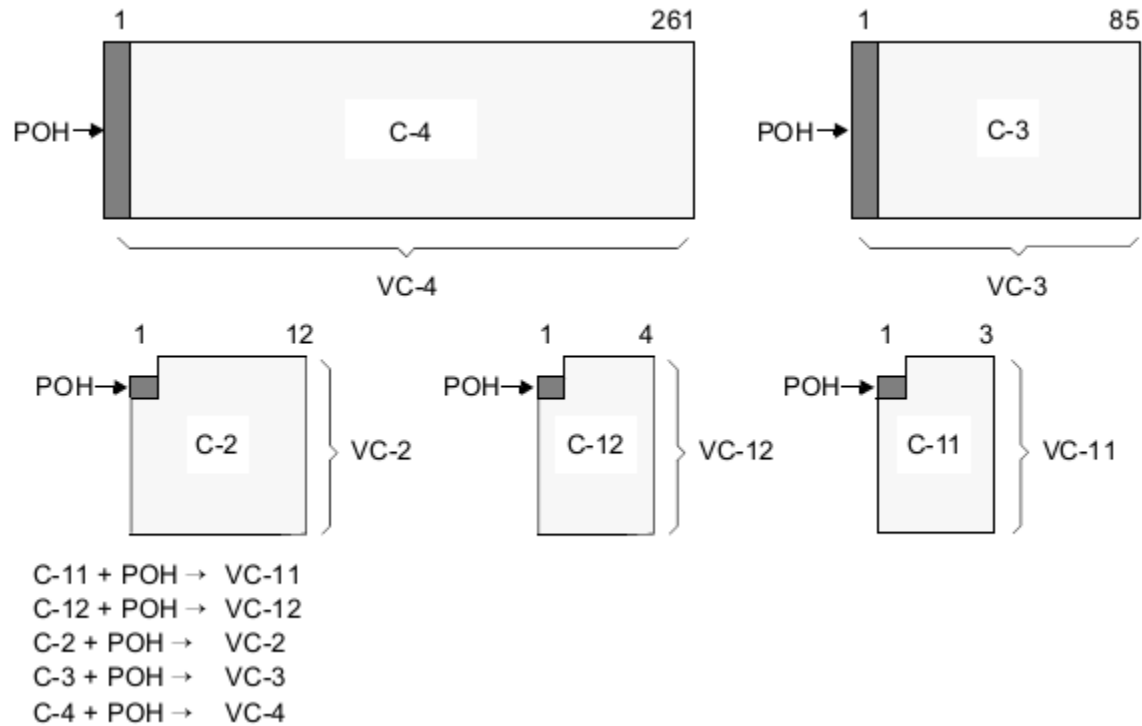
VC-2: 108 octetos cada 125 μ s (12 columnas de un STM menos 1 octeto).

VC-3: 85 columnas de un STM cada 125 μ s.

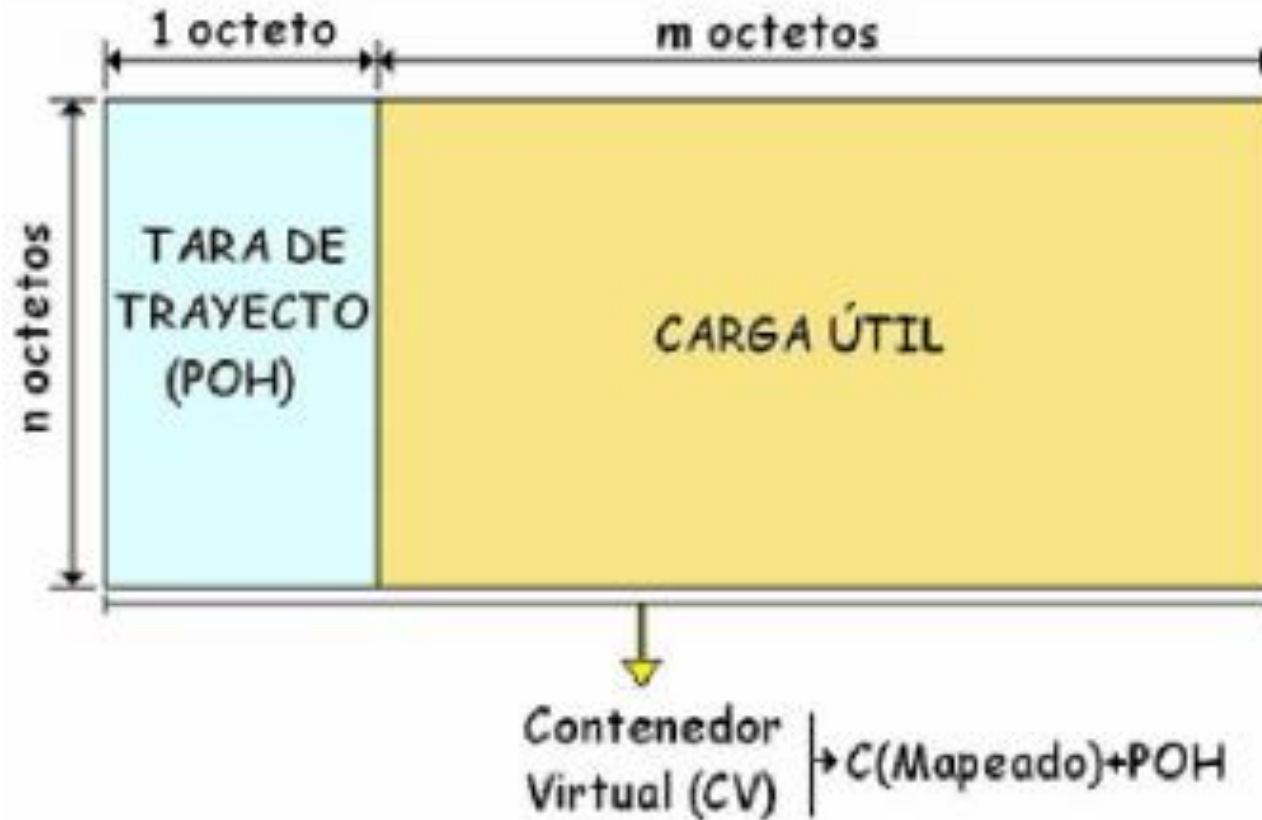
VC-4: 261 columnas de un STM cada 125 μ s.



Redes de Banda Ancha



Redes de Banda Ancha



Puntero:

Indicador cuyo valor define el desplazamiento de la trama de un contenedor virtual con respecto a la referencia de trama de la entidad de transporte sobre lo que es soportado.

Es decir que el **payload** tiene cierta libertad para deslizarse dentro del **VC**, siempre **siendo apuntado por el puntero** correspondiente.

La unidad formada por el puntero y el VC se denomina unidad administrativa o **AU-n (*Administrative Unit*)**, o bien unidad tributaria o **TU-n (*Tributary Unit*)**.



La utilización de punteros en SDH supone **muchas ventajas respecto a la utilización de bits de justificación en PDH**, desempeñando principalmente dos funciones:

- La primera misión del puntero es **identificar la posición de los VCs en la trama correspondiente**, que será una AU o TU. Esto permite asignar de forma flexible y dinámica el VC con la información útil dentro de la trama AU o TU.
- La segunda misión del puntero es **adaptar la velocidad binaria de los VC a la velocidad binaria del canal de transmisión**. Es decir, mediante un mecanismo de justificación positiva, negativa o nula, permiten absorber las diferencias de frecuencia entre las diferentes señales que forman un STM-N.



Unidad Tributaria-n (TU-n):

Todos los VCs, excepto el VC-4, pueden transmitirse dentro de la STM-1, depositados dentro de un VC más grande.

El VC “menor o de orden inferior” puede, por regla general, tener deslizamientos de fase dentro del VC “mayor o de orden superior”.

A tal efecto, el VC de orden superior debe tener incorporado un puntero que identifique la relación de fase entre ambos VCs.



Una unidad tributaria o afluente (tributary unit-n) es una estructura de información que proporciona la adaptación entre la capa de trayecto de orden inferior y la capa de trayecto de orden superior.

Consta de una **carga útil de información (el contenedor virtual de orden inferior) y un puntero** que señala el desplazamiento del comienzo de la trama de carga útil con relación al comienzo de la trama del contenedor virtual de orden superior.



Las posiciones dentro de la TU-n son marcadas por el puntero, **indicando a qué distancia (en octetos) del inicio se encuentra el primer octeto del “CV”**.

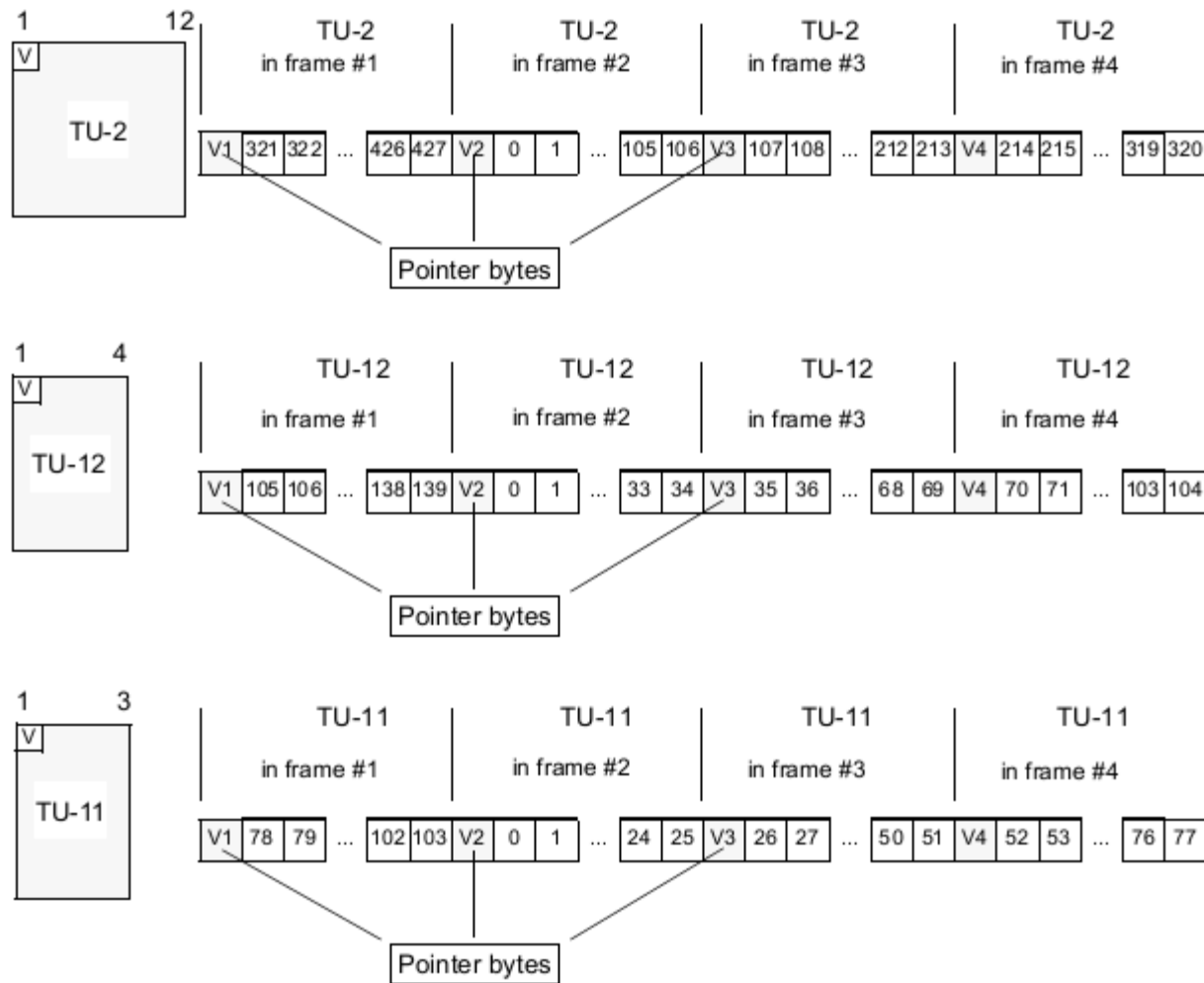
En consecuencia, el “CV” puede “flotar” dentro del área de carga que tiene asignada.

La TU-n (n 1, 2, 3) consta de un VC-n junto con un puntero de unidad afluyente.

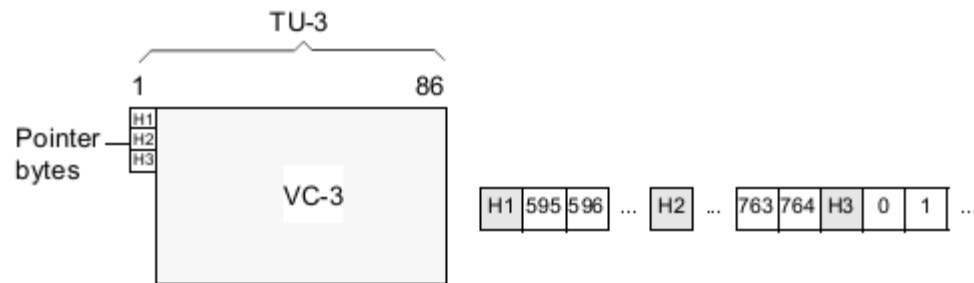
Las unidades tributarias son: TU-11, TU-12, TU-2 y TU-3, formadas por la alineación de los VC-11, VC-12, VC-2 y VC-3, contenedores virtuales VC-1 respectivamente



Redes de Banda Ancha



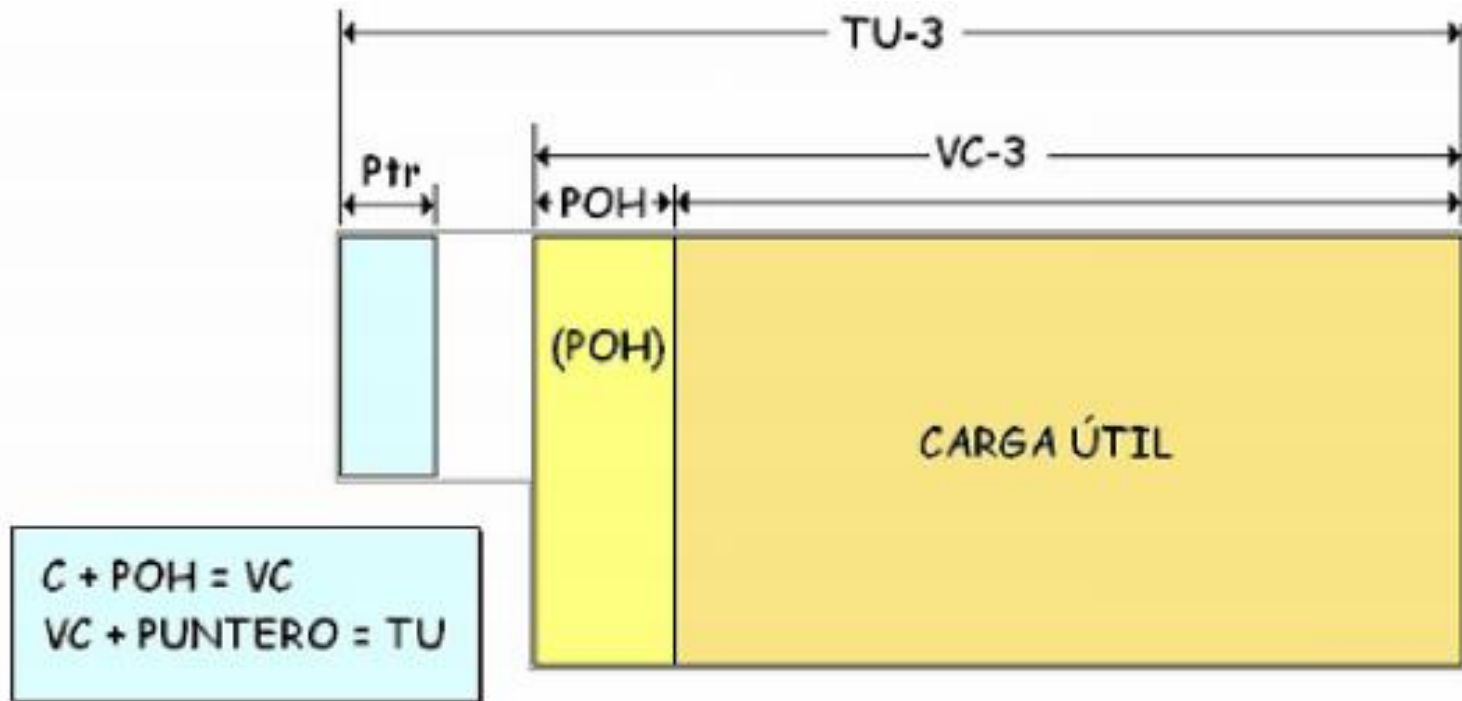
Redes de Banda Ancha



VC-2 + TU-2 pointer → TU-2
VC-12 + TU-12 pointer → TU-12
VC-11 + TU-11 pointer → TU-11 or
VC-11 + stuff. info + TU-12 pointer → TU-12
VC-3 + TU-3 pointer → TU-3



Redes de Banda Ancha



Grupo de unidades afluentes (TUG)

Todas las señales tributarias, de cualquier jerarquía y origen, deben poder acomodarse a la estructura sincrónica del STM-1.

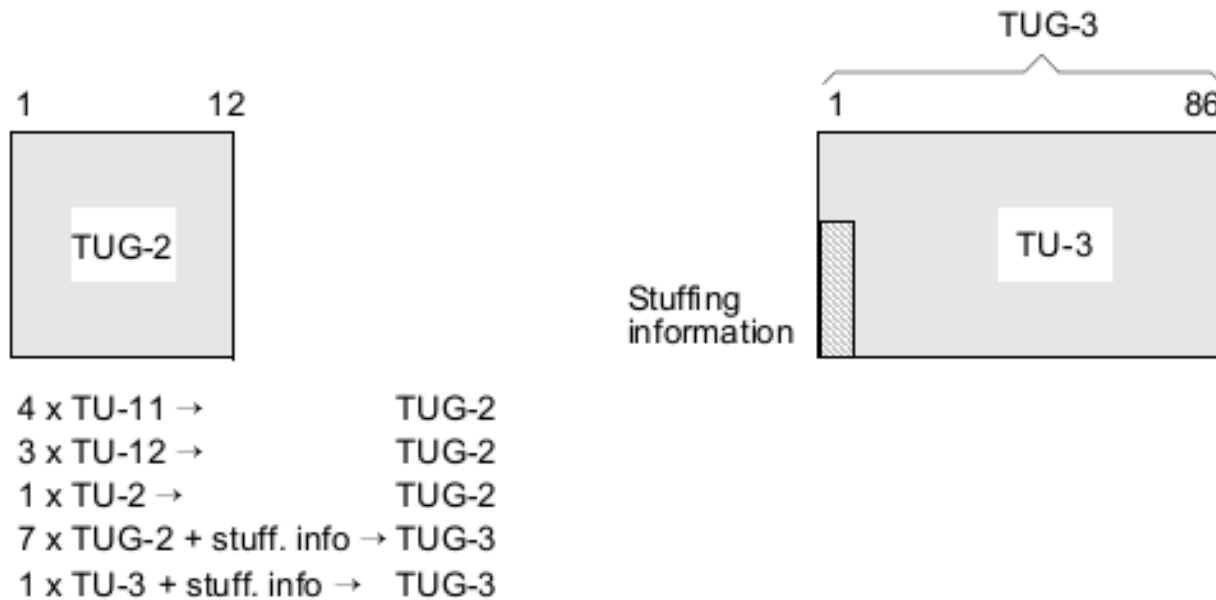
Para eso, se define las TUG que son una o más unidades afluentes que ocupan posiciones fijas y definidas en un VC-n de orden superior.

Las TUG se definen de manera que pueden construirse cargas útiles de capacidad mixta formadas por unidades afluentes de tamaños diferentes para aumentar la flexibilidad de la red de transporte.

Un TUG-2 consta de un conjunto homogéneo de TU-1 idénticas o de una TU-2. Un TUG-3 consta de un conjunto homogéneo de TUG-2 o de una TU-3.



Redes de Banda Ancha



Unidad Administrativa-n (AU-n):

Los VC-4 y VC-3, son transmitidos directamente en la trama STM-1.

En este caso los PTR del AU incorporados en la trama STM-1 contienen la relación de fase entre la trama y el VC respectivo.

Una unidad administrativa (administrative unit-n) es la estructura de información que proporciona la adaptación entre la capa de trayecto de orden superior y la capa sección de multiplexación.



Consta de una carga útil de información (el contenedor virtual de orden superior) y un puntero de unidad administrativa que señala el desplazamiento del comienzo de la trama de carga útil con relación al comienzo de la trama de la sección de multiplexación.

Básicamente es una estructura de información cuya función consiste en proveer adaptación entre una carga útil de un VC de orden superior y un STM-N.



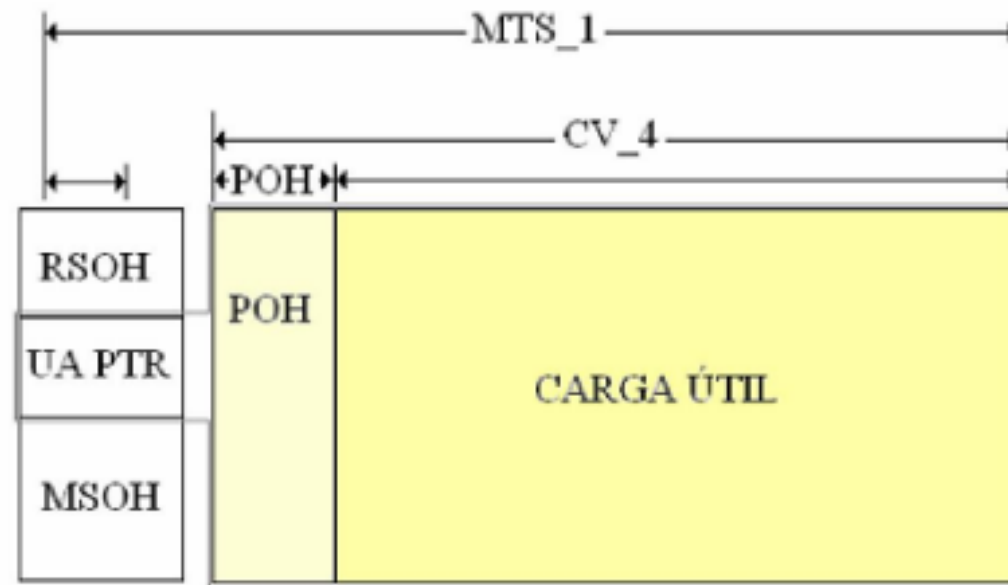
Esta consiste de un VC de orden superior y un puntero AU el cual se encarga de mostrar el desplazamiento entre el comienzo de una trama VC de orden superior y el de una trama STM-N.

Existen dos tipos, **el AU-4 que consta de un VC-4 y un puntero AU, y el AU-3 que consiste en un VC-3 y un puntero AU.**

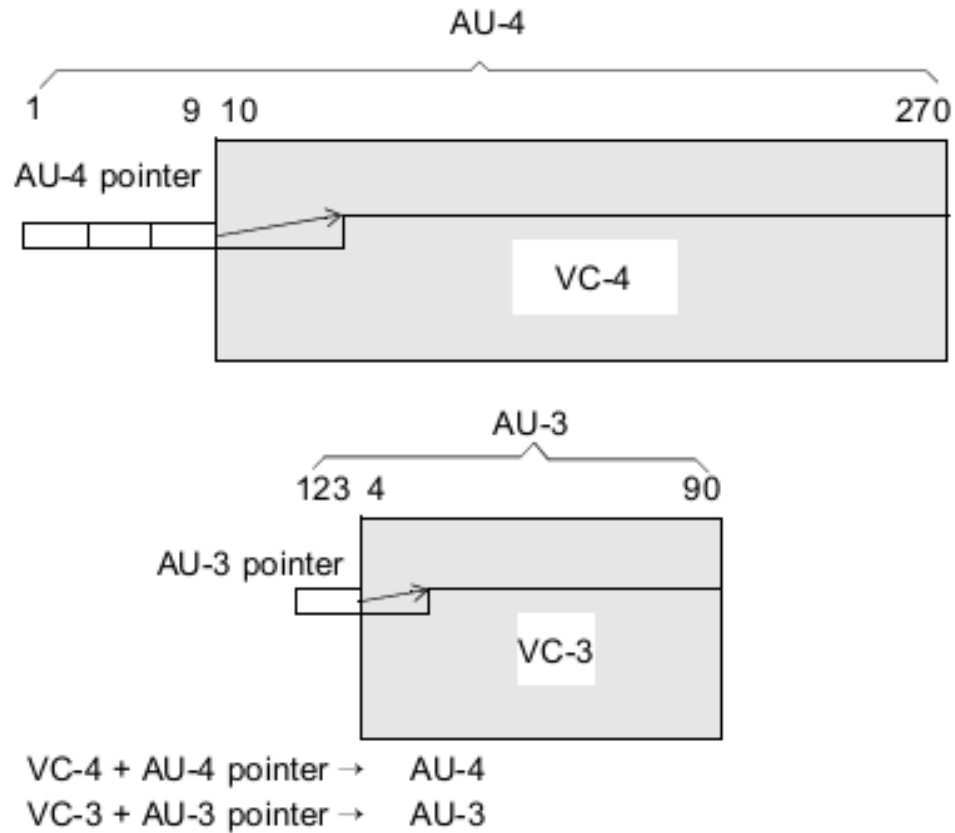
En la trama STM-1 pueden transmitirse, 1 x AU4, o bien 3 x AU3.

Vale la pena aclarar que la transmisión del VC3 puede efectuarse directamente a través del AU3 o indirectamente en un AU4, en donde se depositan 3 VC3 dentro de un VC4.





Redes de Banda Ancha



Grupo de unidades administrativas (AUG)

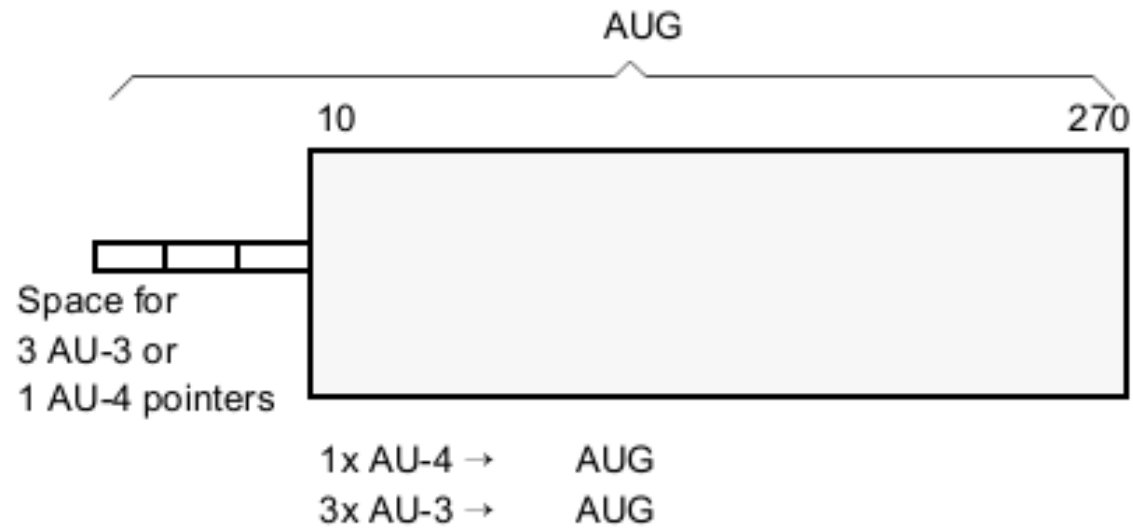
Se denomina a una o más unidades administrativas que ocupan posiciones fijas y definidas en una cabida útil de STM.

Es un caso similar a la Unidad Tributaria pero con los punteros situados fuera de la carga, ocupando espacio de cabeceras.

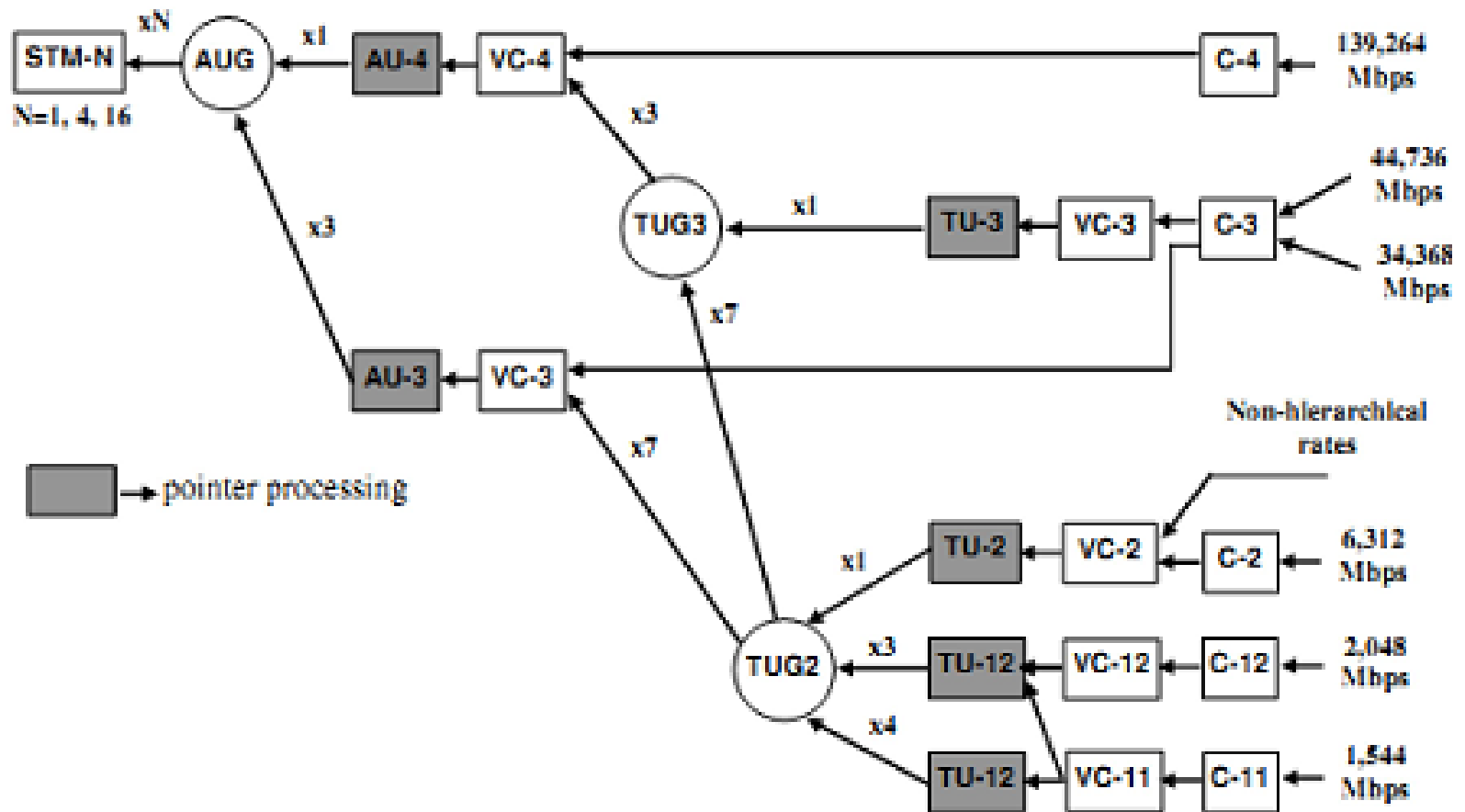
Las AUG constan de un conjunto de tres AU-3 o una AU-4



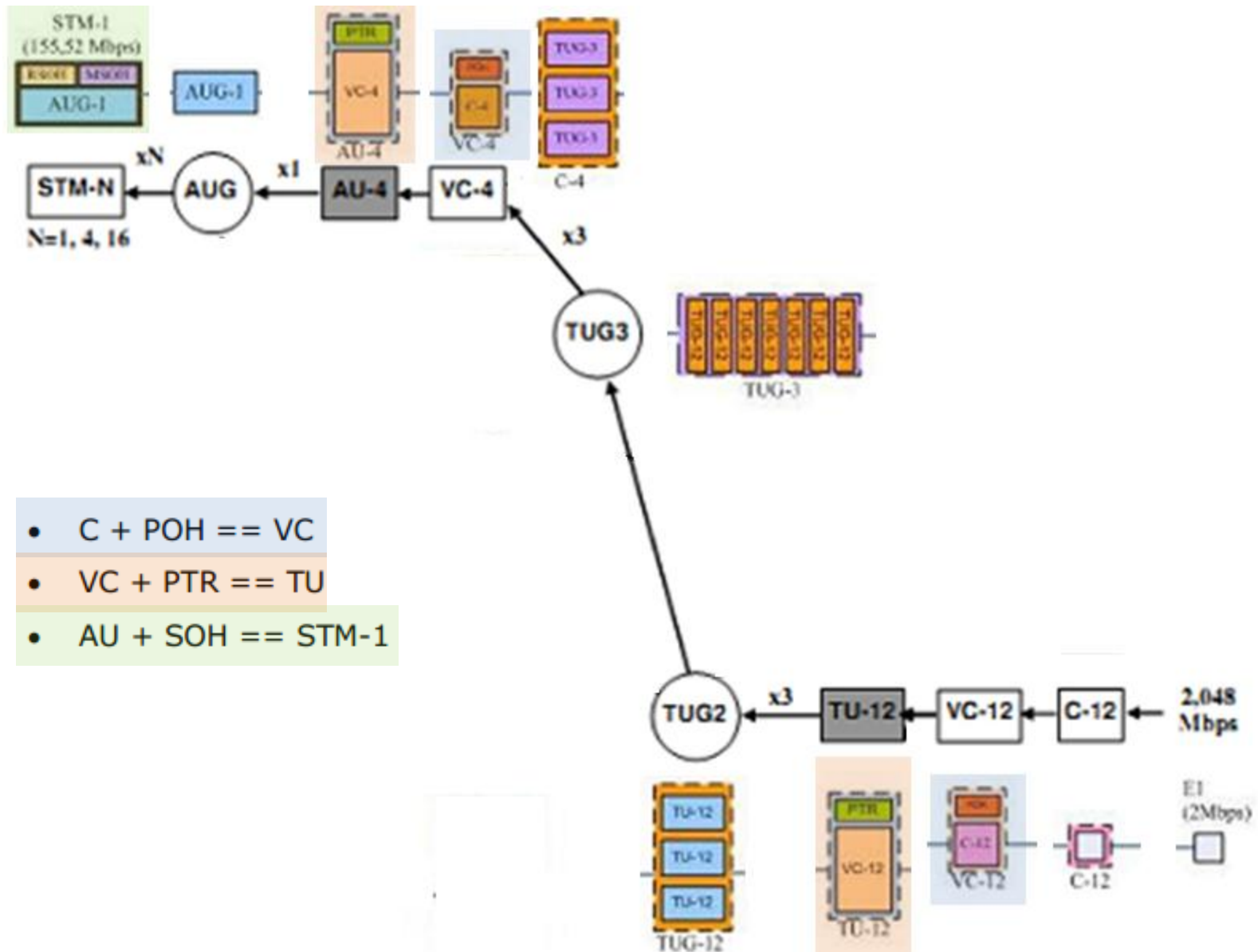
Redes de Banda Ancha



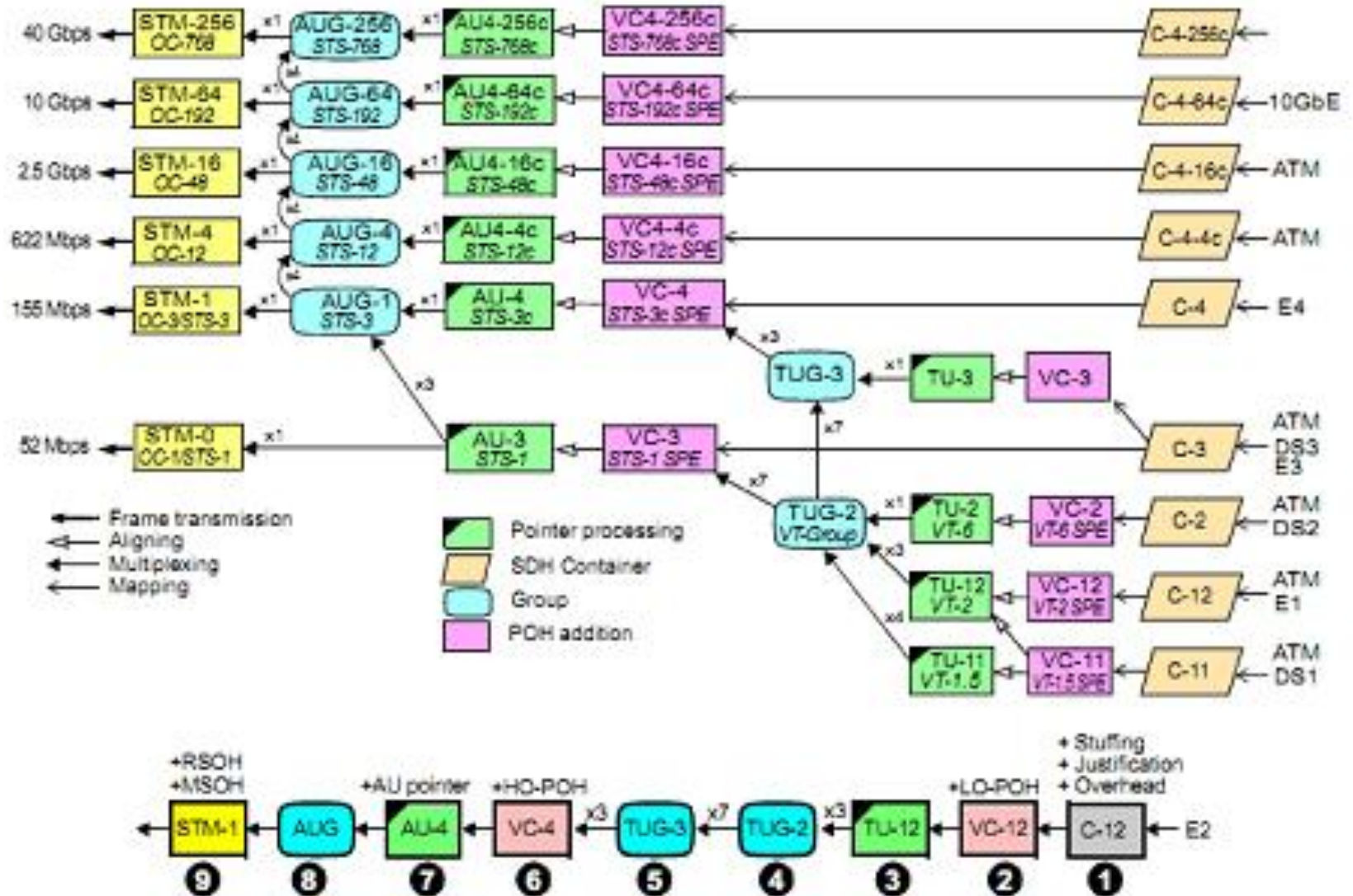
Redes de Banda Ancha



Redes de Banda Ancha

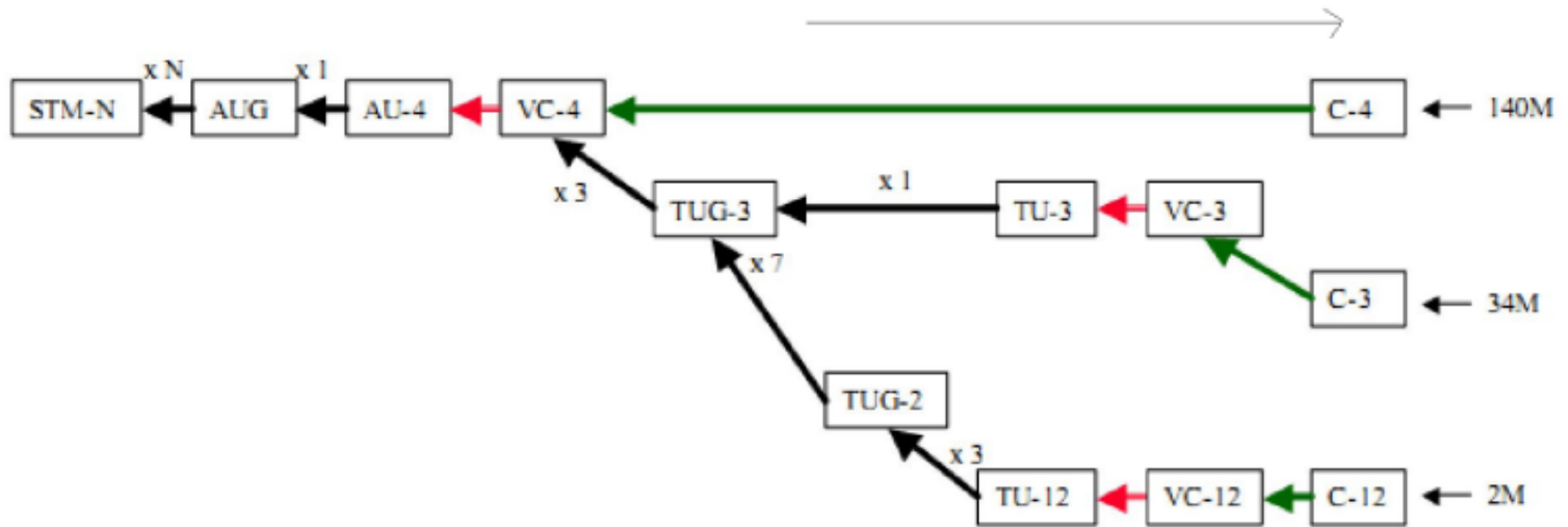
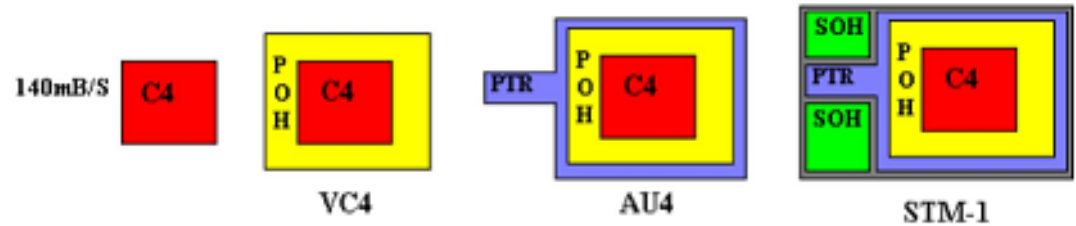


Redes de Banda Ancha



Redes de Banda Ancha

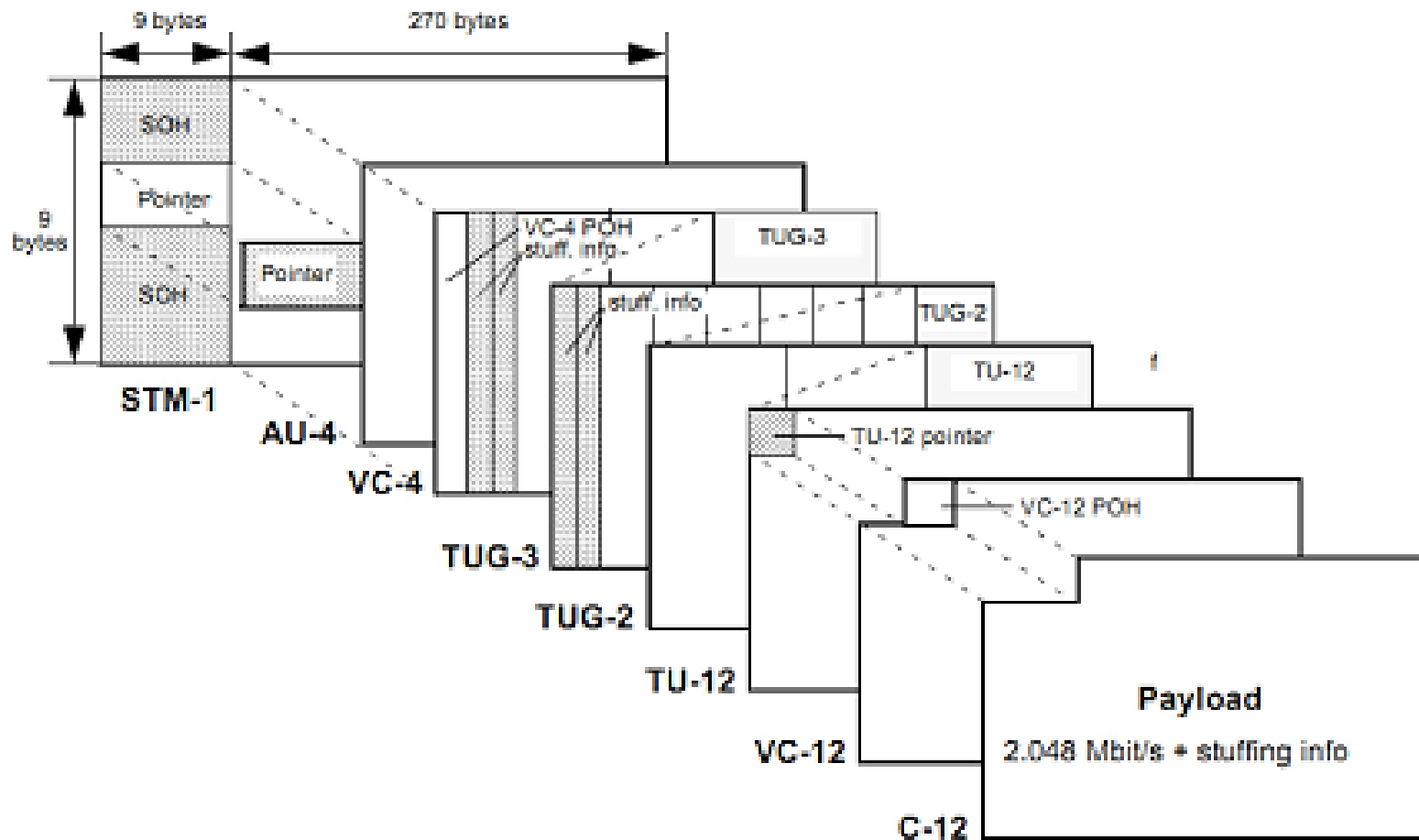
- $C + POH == VC$
- $VC + PTR == TU$
- $AU + SOH == STM-1$



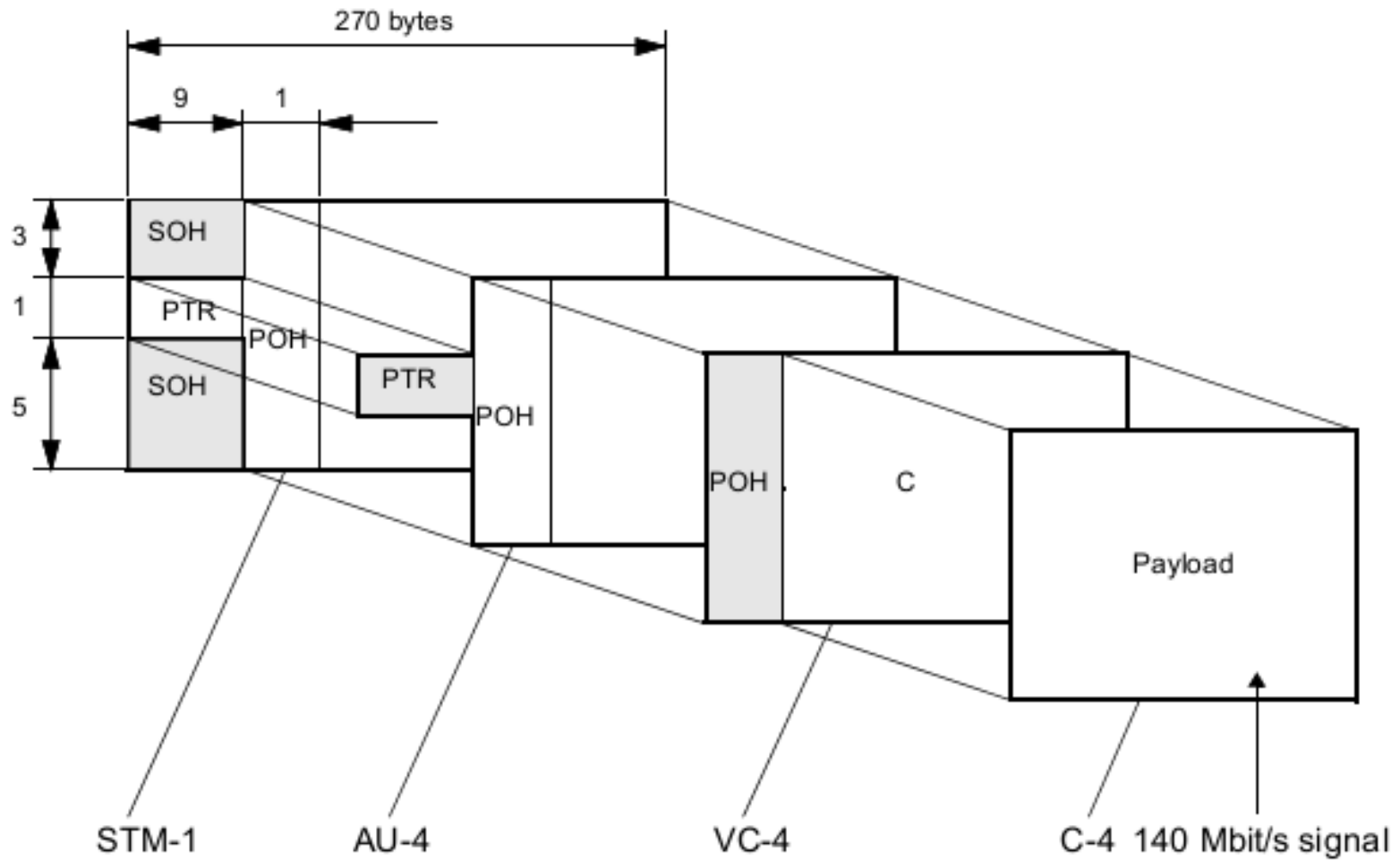
- ← Multiplexación.
- ← Alineación: adición de un puntero.
- ← Mapeado en un contenedor (C) y adición de una cabecera (VC)



Redes de Banda Ancha



Redes de Banda Ancha



FORMATO DE LA TRAMA SDH

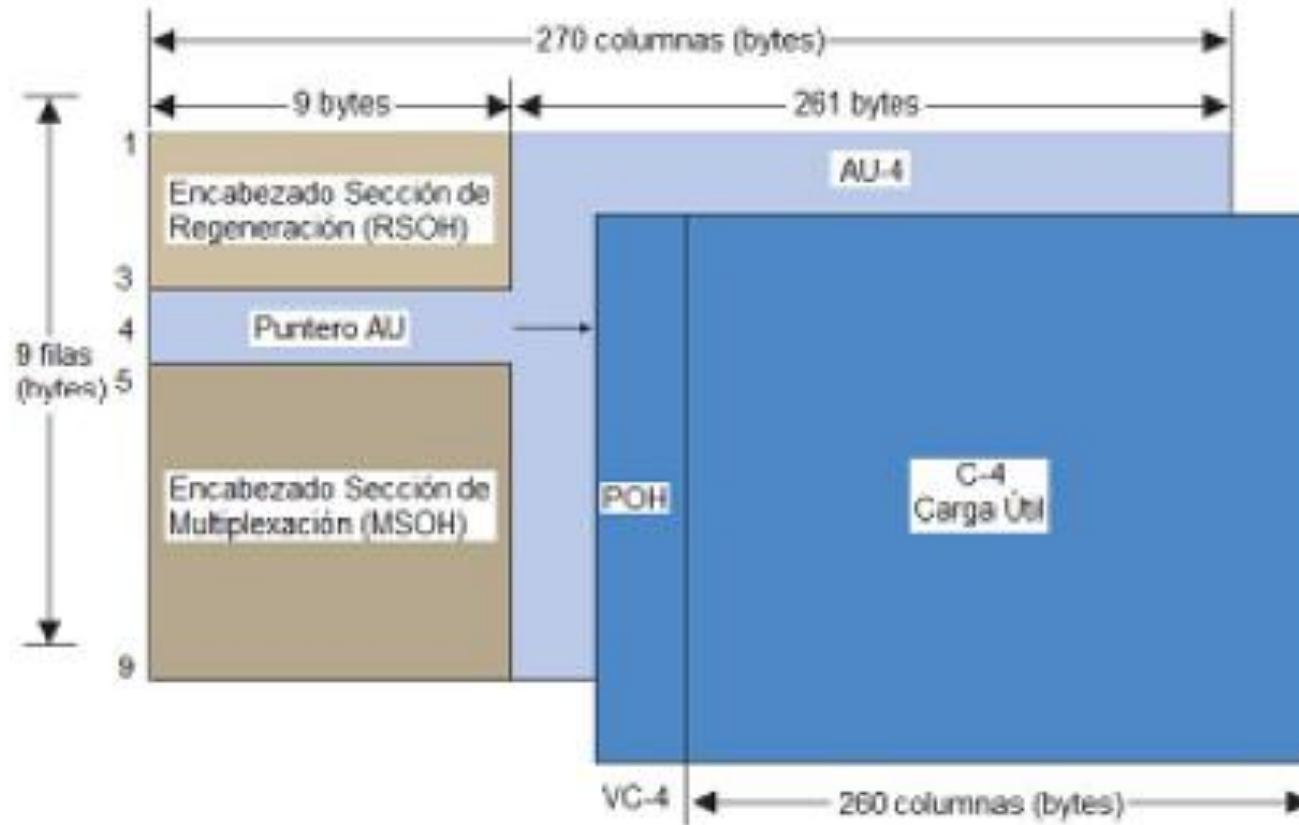
- La base de la jerarquía SDH, es el denominado módulo de transporte sincrónico de primer nivel STM-1.
- La trama está compuesta de 2430 bytes (270 columnas o bytes * 9 filas o bytes).
- Estas se repiten periódicamente cada 125µs.
- La trama tiene una velocidad binaria de $(9 \times (270 \times 8)) \times 8.000 = 155,520$ Kbps.
- Es transmitido en una serie de bytes fila por fila.
- La forma matricial de representar la trama básica es solamente para lograr una representación compacta y ordenada.



- Sin embargo los octetos son transmitidos secuencialmente, uno tras otro.
- Desde el primer octeto de la primera línea, hasta el último, siguiéndole el primer octeto de la segunda línea.
- Así sucesivamente, hasta el último octeto de la novena línea, en una secuencia que dura 125 μ seg.
- Al STM-1 se representa en dos dimensiones como un arreglo de 9 filas, cada fila está compuesta por 270 bytes.



Redes de Banda Ancha



PARTES DEL STM-1

Dentro de la trama STM-1 se distinguen tres áreas principales:

A. Taras u ***OverHead***

1. La tara de trayecto o **POH**

2. La tara de sección o **SOH**

B. Los punteros de justificación

C. La carga útil.



- Las taras u ***OverHead*** son bytes reservados para la información del propio sistema.
- Parte de ellos son asignados a los VCs y otros a los STMs.
- La información contenida en las taras **se utiliza básicamente para:**
 - A. monitorización de la calidad
 - B. detección de errores
 - C. canales de comunicaciones
 - D. canales de datos
 - E. protección automática, etc



La **tara de trayecto o POH** se asigna al contenido útil al multiplexarse en el VC, permaneciendo con este VC hasta que sea demultiplexada la carga útil.

De esta forma, **un trayecto es el tramo de la red SDH comprendido entre dos puntos de ensamblado y desensamblado de VCs.**

La **tara de sección o SOH** forma parte de la trama STM.

Puesto que una sección de multiplexación puede estar formada por varias secciones de regeneración, **la SOH se divide en la tara de sección de multiplexación o MSOH y la tara de sección de regeneración o RSOH.**



Las primeras 9 columnas contienen la tara de sección o **SOH** (***Section OverHead***).

Esto **para soportar características del transporte** tales como el alineamiento de trama, los canales de operación y mantenimiento, la monitorización de errores, etc.

Se distingue entre:

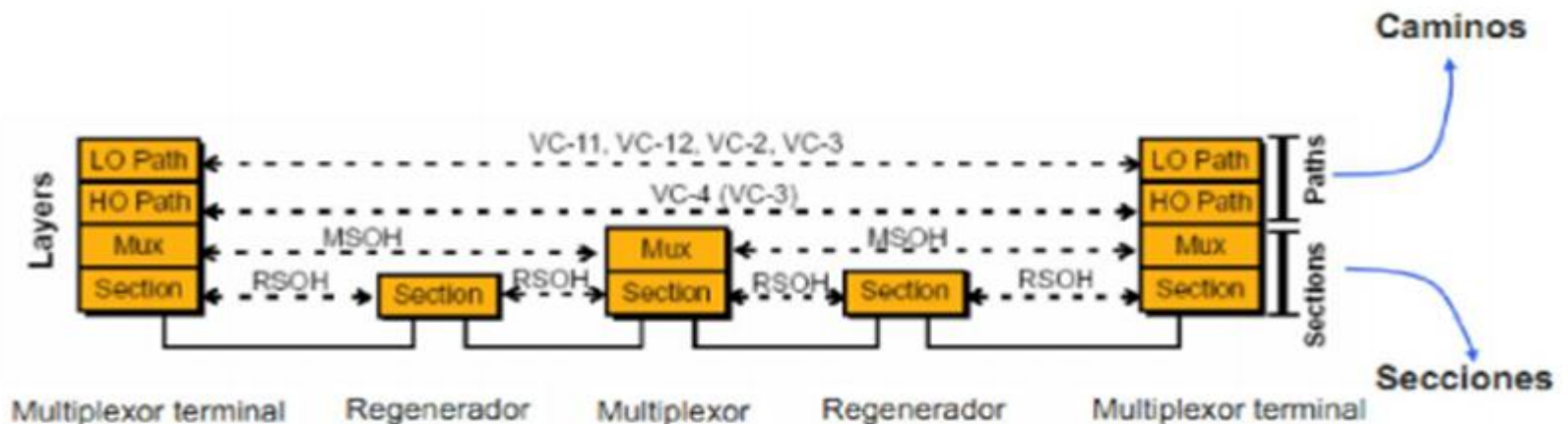
La tara de la sección de regeneración o RSOH (*Regenerator Section OverHead*)

La tara de la sección de multiplexación o MSOH (*Multiplex Section OverHead*).



El SOH se divide en:

- RSOH (Regeneration Section Overhead, Cabecera para la Sección de Regeneración)
- MSOH (Multiplex Section Overhead, Cabecera para la Sección de Multiplexación).



El **RSOH** está conformada por 3 filas de 9 bytes, en total 27 bytes.

El contenido de la RSOH es examinado y puede ser modificado, no solo por los multiplexores terminales, sino también por los regeneradores de línea.

Parte de su contenido es:

1. Señal de alineamiento de trama, etiquetas,
2. Información de gestión, supervisión de errores de la señal de línea (RSOH) y
3. Canales de servicio.



El **MSOH** está estructurada por 5 filas de 9 bytes, en total 45 bytes.

Los 9 primeros octetos de las líneas 5 a 9, solo pueden ser accedidos en los nodos multiplexores.

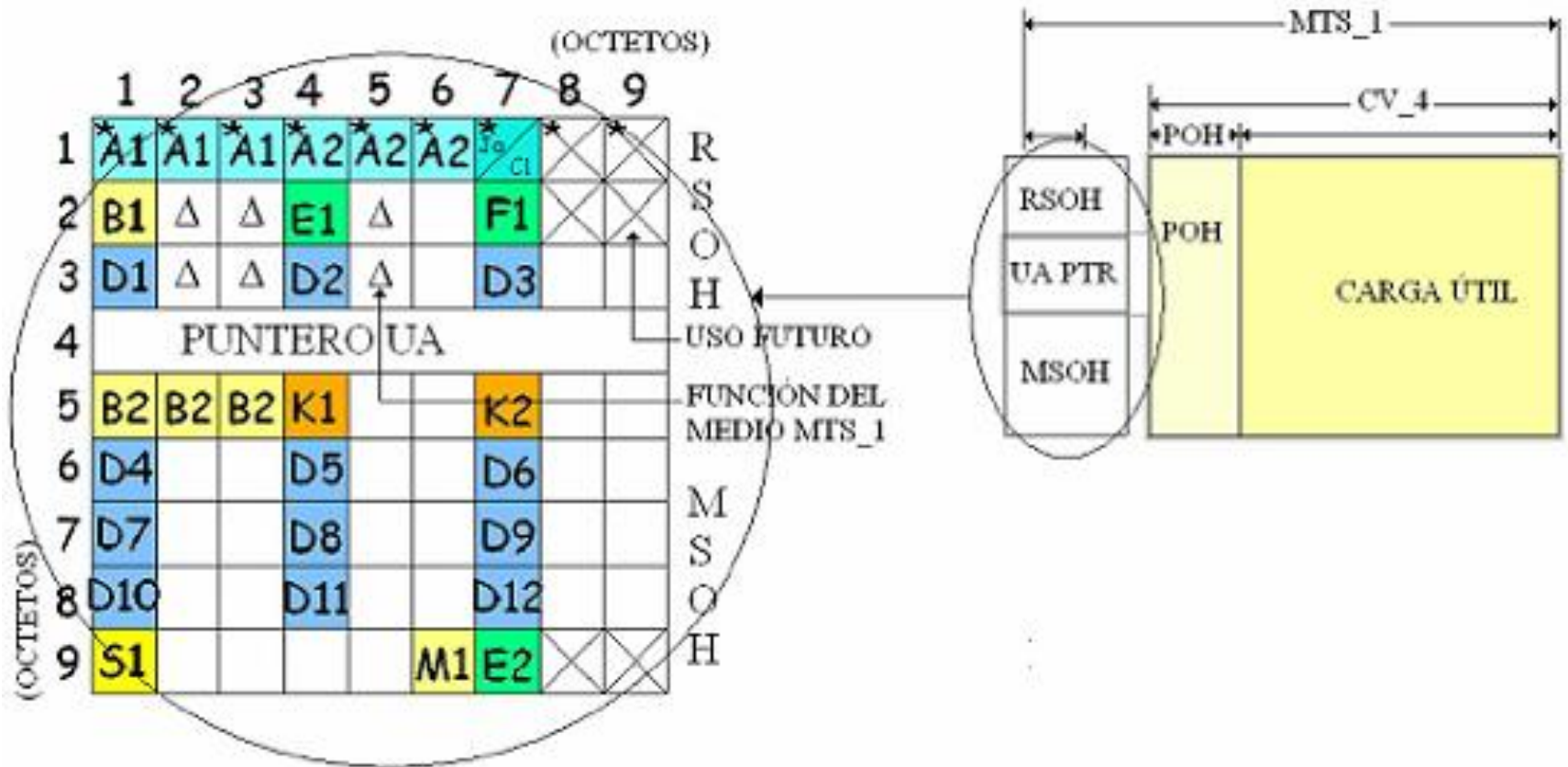
Forman la Tara de sección de Multiplexación (MSOH).

Parte de **su contenido es:**

1. Supervisión de errores de la Sección Múltiplex,
2. Canales de control, para la conmutación de protección
3. Canales de servicio.



Redes de Banda Ancha



OCTETOS A1 Y A2.

Los octetos A1 y A2 corresponden a la Tara de Sección de Regeneración y se utilizan para el “ALINEAMIENTO DE TRAMA”.

A1 = 11110110 y A2 = 00101000.

Están definidos para cada señal STM-1 del STM-N.



OCTETO J0/C1 (UNA TRAMA VALE J0 Y LA SIGUIENTE C1).

J0: Se usa por el equipo de recepción para verificar la continuidad de su conexión al transmisor.

C1: Utiliza el contenido del byte como identificador de la trama STM-1 dentro de un STM-N.



OCTETO B1.

Corresponde a la RSOH y se utiliza para el transporte de un checksum de paridad entrelazada a 8 bits de la trama previa de STM-N, antes de su codificación.

Permite la supervisión de errores en la sección de regenerador.

La BIP-8 se calcula en base a todos los bits de la trama STM-N anterior, después de la aleatorización, y se coloca en el octeto B1 antes de la aleatorización.



OCTETOS E1 Y E2.

El octeto E1 corresponde a la Tara de Sección de Regeneración “RSOH” y el octeto E2 corresponde a la “MSOH”.

Ambos se utilizan como canales vocales de órdenes para operaciones de mantenimiento en Sección de Regeneración y de Multiplexación respectivamente.

E1 es parte de la RSOH y se puede tener acceso al mismo en los regeneradores.

E2 es parte de la MSOH y se puede tener acceso al mismo en las terminaciones de la sección múltiplex.



OCTETO F1.

El octeto F1 se utiliza como canal de usuario para operaciones de mantenimiento de regeneradores, por ejemplo, para conexiones temporales de canal de datos/voz, a efecto de un mantenimiento especial.



OCTETOS (12) D1..D12.

Los octetos D1 a D3 se encuentran en la RSOH y los octetos D4 a D12 en la MSOH.

Ambos grupos de octetos se utilizan como canales de datos a 192 Kbit/seg. y 576 Kbit/seg. respectivamente.

Esto para la operación de gestión de los regeneradores/multiplexores en una red SDH.



OCTETOS (3) B2

Cecksum de paridad entrelazada de 24 bits (BPP-24) calculado sobre la trama STM-1, excepto la RSOH.

Permite el control de errores de la Sección de Multiplexación.

OCTETOS K1 Y K2.

Octetos para el control de la función de protección “Automatic Protection Switching” de la Sección de Multiplexación.



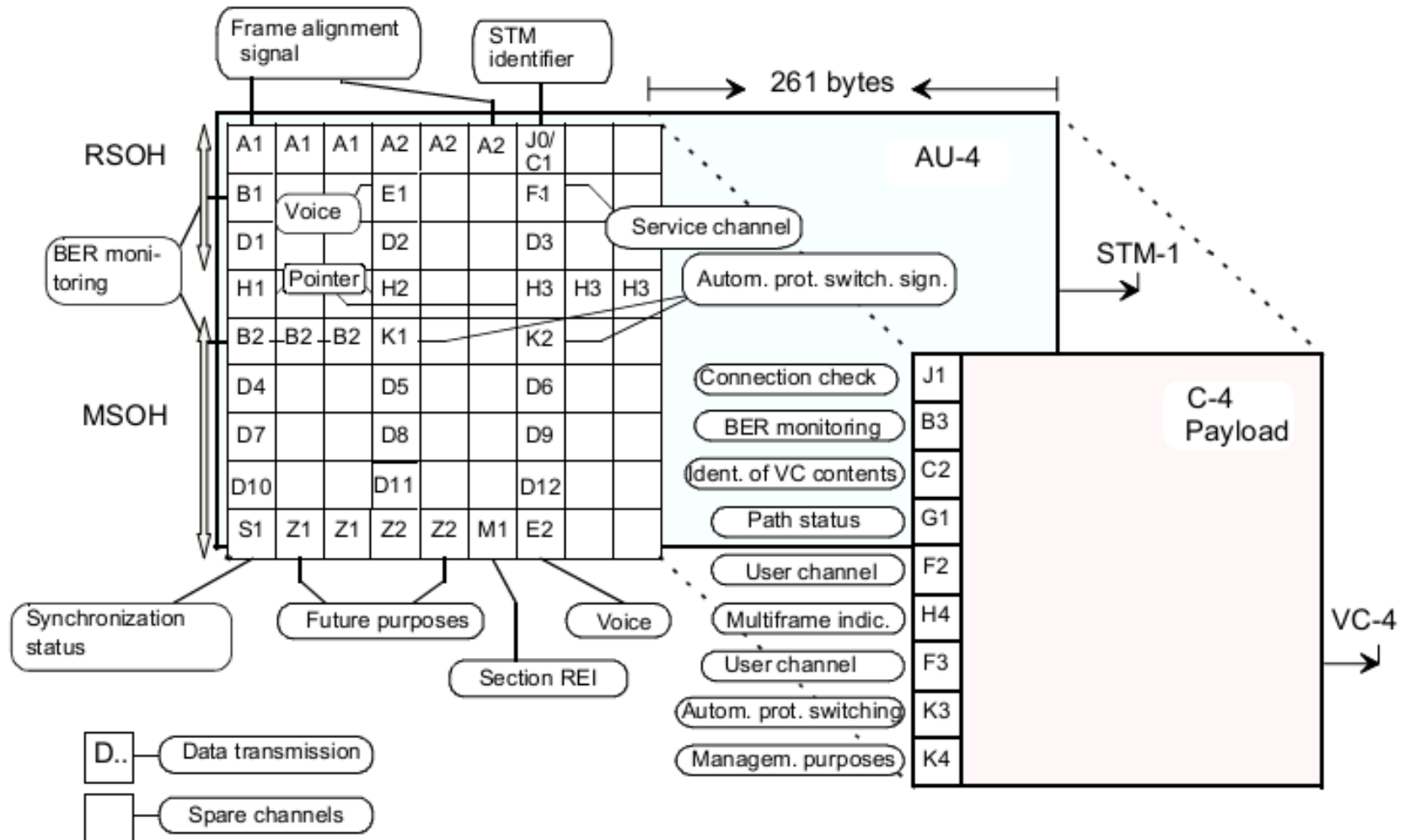
OCTETOS S1 Y M1.

El byte S1 indica el estado (calidad) de la sincronización del enlace.

El Octeto M1 indica el número de errores B2 detectados en el extremo lejano.



Redes de Banda Ancha

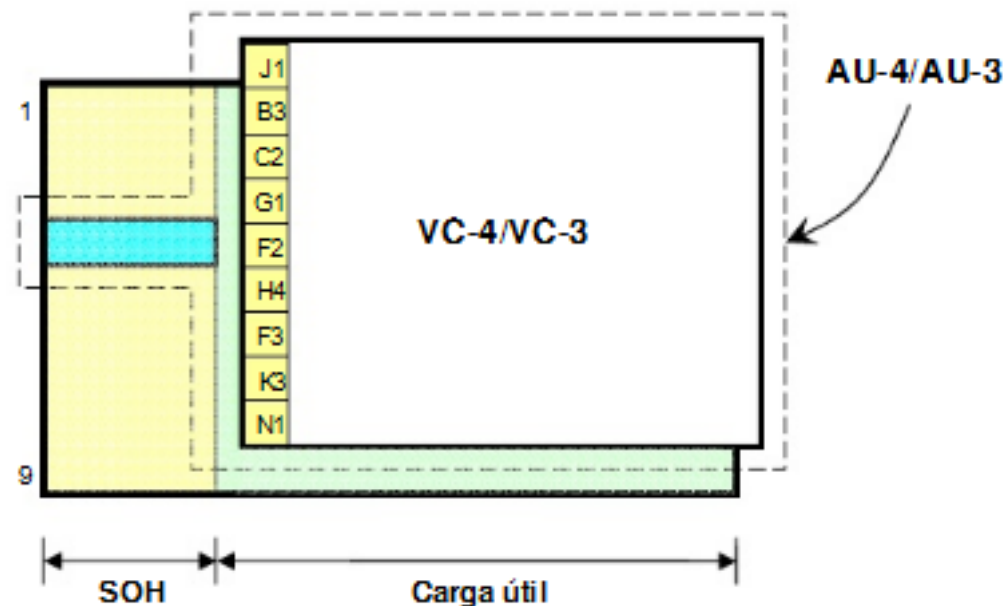


Existen dos tipos de POH:

1) Encabezado de Trayecto de Orden Superior (HO-POH):

Este se asigna y es transportado con el VC de orden superior (VC-3/VC-4).

Se encuentra en las nueve filas de la primera columna del Contenedor Virtual VC-4 o VC-3.



J1: Este es el primer byte del VC-3/VC-4. Esta posición es referenciada por el puntero y representa el punto de referencia de la estructura del VC3/VC4

Permite comprobar que las conexiones se han establecido con el trayecto adecuado.

B3: Control de errores. Utiliza el método BIP-8 (paridad par vertical).

C2: Etiqueta de señal. Indica si el VC-4 está “inequipado” o si transporta 2M, 34M, 140M, ATM, etc, dando el formato del contenedor.

G1: Alarmas de extremo remoto.

F2: Canal de usuario.



H4: Se utiliza para indicar la posición de la multitrama VC-12

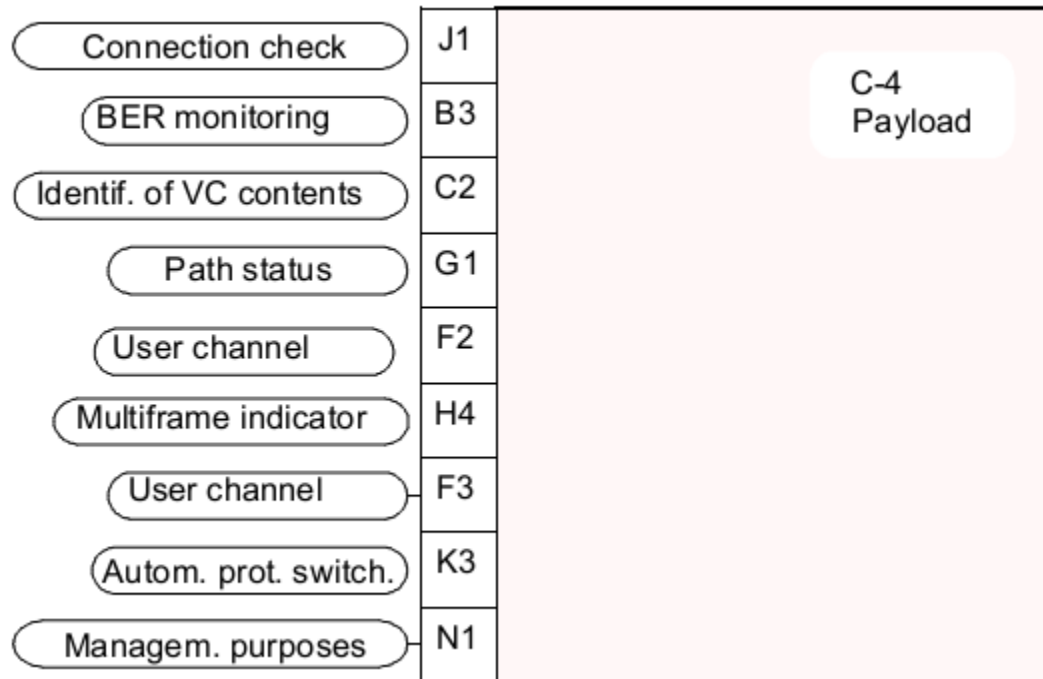
F3: Canal de usuario.

K3: Señalización para Conmutación Automática (APS). Similar a los bytes K1 y K2 de la SOH, pero a nivel de trayecto.

N1: Byte de Operador de Red: se utiliza para TCM: Tandem Connection Monitoring: Monitorización de Conexiones en Cascada.

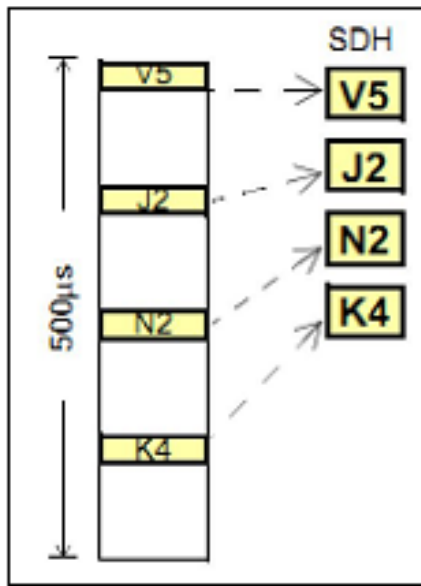


Redes de Banda Ancha



2) Encabezado de Trayecto de Orden Inferior (LO-POH):

El POH de orden inferior se asigna y es transportado con el VC de orden inferior.

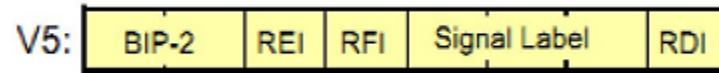


Con la excepción de no tener ni el canal de usuario ni el indicador de posición, **las funciones del encabezamiento de trayecto de orden inferior son idénticas a las del encabezamiento de trayecto de orden superior.**

Estos bits son transmitidos en cuatro frames consecutivos formando un multiframe de 500 us.

El byte V5 es el primer byte en VC-1x/VC-2 y es el byte referenciado por el puntero de la TU.

Se utiliza para transmitir la siguiente información:



BIP-2: Estos dos bits se utilizan para monitorear errores sobre el trayecto completo

REI (Remote Error Indication): Indicación de error remoto

RFI (Remote failure indication): Indicación de falla remota

RDI (Remote Defect Indication): Indicación de defecto remoto



El byte J2 (Path Trace) tiene una función idéntica que el byte J1 de orden superior.

El byte N2 (Network operator byte) este byte está provisto con propósitos de management.

El byte K4 (Autom. protecting switching) Asegura el control de protection de switching en path de bajo orden.



PTR (Pointer, Punteros):

El concepto de red y multiplexación síncrona implica que los relojes de todos los elementos de la red estén “enganchados” a una fuente primaria de sincronismo.

Sin embargo, la norma SDH permite la operación del sistema incluso en presencia de tributarios o flujos que no se encuentren sincronizados con el reloj principal.



Esto posibilita:

- ✓ **Transportar flujos de la jerarquía plesiócrona (PDH) existente.**
- ✓ **Enfrentar los posibles errores, malfuncionamientos o disturbios en el sistema de distribución de sincronismo de la red.**

La solución adoptada es la de **utilizar un puntero con capacidad de movimiento**, que no elimina el uso de búferes de entrada pero, reduce su tamaño y por lo tanto el retardo aplicado al afluente.

El puntero **señala el comienzo de la información de control POH**, asociada a cada canal de tráfico, de modo que la carga útil sea fácilmente localizada.



El puntero **permite** **asignar** **de forma flexible y dinámica** los **distintos CV's** **dentro del área de carga de las unidades.**

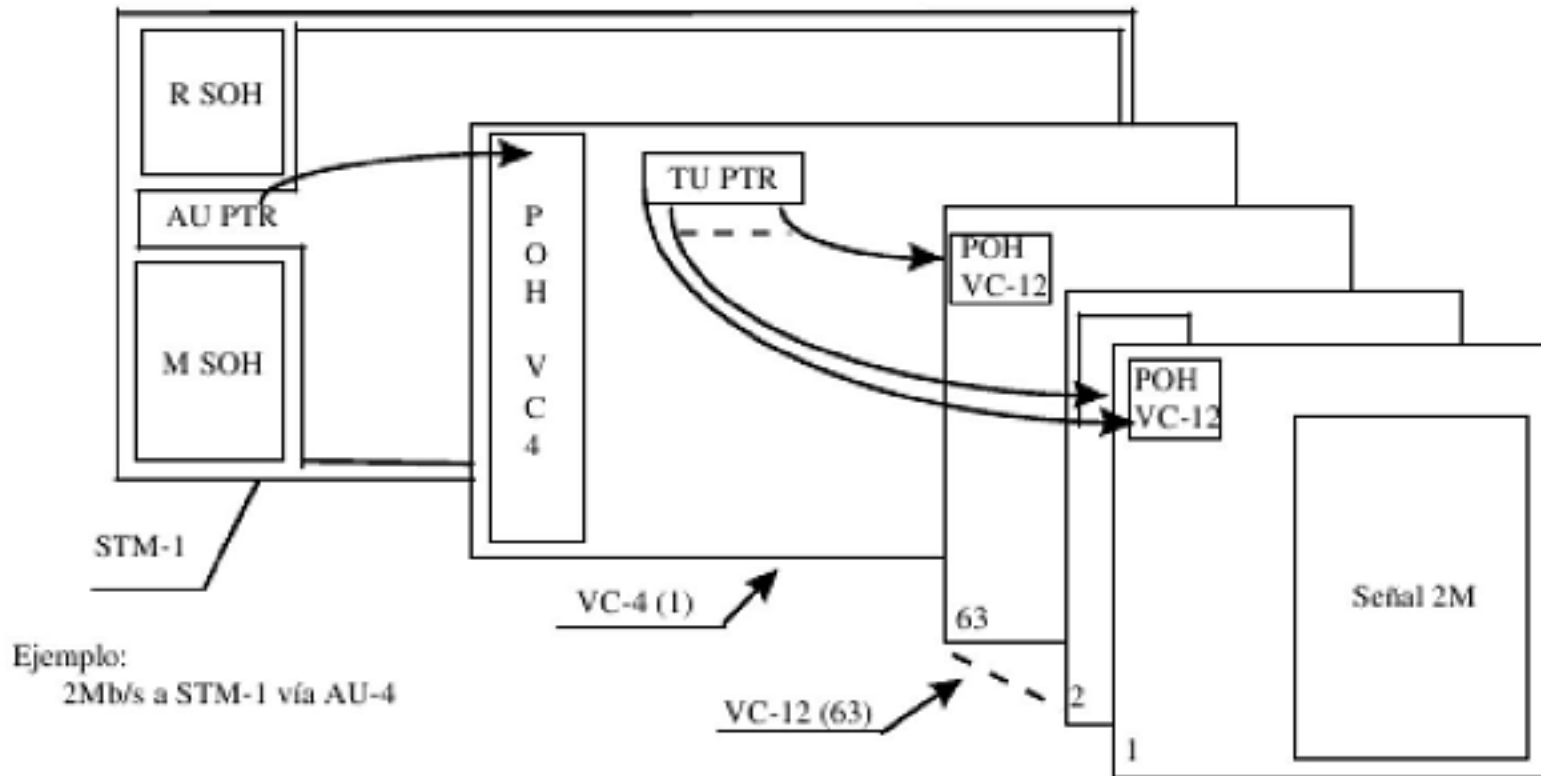
Esto significa que los CV's pueden flotar dentro de la trama.

El puntero permite absorber mediante un **mecanismo de justificación positiva/nula/negativa**, las diferencias de frecuencia entre las diferentes señales que van a constituir el STM-N.

Existen dos punteros: AU y TU



Redes de Banda Ancha



El **puntero AU** se utiliza para colocar los VCs de orden superior en los STM-N. Este también muestra la **dirección donde comienza la trama de carga útil del VC dentro de la trama STM**.

Proporciona un método para permitir una **alineación flexible y dinámica del VC-n dentro de la trama de AU-n**.

La alineación dinámica significa que se **permite al VC-n «flotar» dentro de la trama de AU-n**.

Así, el puntero es capaz de absorber las diferencias no solamente en las fases de VC-n y de la SOH, sino también en las velocidades de trama.



El **puntero TU** se encarga de alinear varios VCs de orden inferior en un VC de orden superior.

Además **indica la dirección donde comienza la carga útil del VC dentro de la trama VC de orden superior.**



Un puntero normalmente se divide en cuatro partes.

- **H1, H2, H3** y otros bytes no utilizados forman el puntero AU.
- **V1, V2, V3 y V4** (uso futuro) forman el puntero TU.

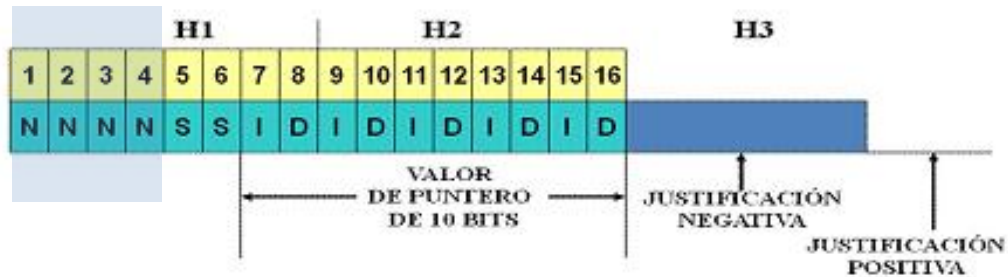
Las primeras dos partes de un puntero (H1,H2) Y (V1,V2) se utilizan para la indicación de direcciones y control de justificación.

La tercera parte (H3) y (V3) es la llamada “oportunidad de justificación”, lo que quiere decir que se encarga de indicar cuándo es necesaria la justificación.

El uso de Hn y Vn es idéntico.



Los primeros **cuatro bits más significativos dentro del byte H1** son conocidos como NDF o “new data found” flag.



Este NDF puede ser “normal = 0110” o “set = 1001”.



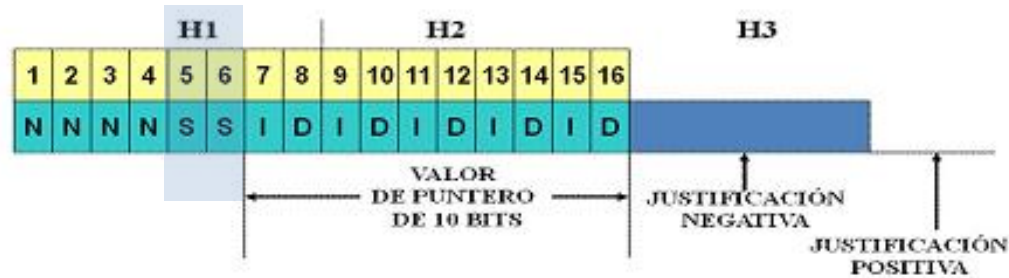
Cuando está en **modo “normal”**, entonces una de las tres condiciones puede existir:

- a) Sin justificación de frecuencia,
- b) Justificación positiva
- c) Justificación negativa ha sido realizada.

El **modo “set”** indica que un cambio arbitrario del valor del puntero ha ocurrido debido a un cambio en la posición del VC.



Los próximos dos bits conocidos como **S-bits** , indican el tamaño del contenedor virtual.



Los dos últimos bits de **H1** forman, junto con **H2** , una palabra de 10 bits para la dirección del inicio del VC en la parte de PAYLOAD.

Esta dirección es un número binario con un valor entre 0 y 782.



Total de bytes STM-1 – Total bytes de overhead = Rango de valores del puntero

$$(2430 - 81)/3 = 783 \text{ posiciones validas de puntero.}$$

Un valor de 0 indica que el primer byte del payload se inicia inmediatamente después del byte H3.

Si el valor de puntero es 1, el payload se inicia en el segundo byte después de H3, y así sucesivamente.



Si se atribuye un valor nuevo para el puntero, los bits 7 a 16 contienen efectivamente la valor del puntero.

Si es necesario realizar una operación de Justificación de frecuencia, el valor del puntero debe incrementarse o decrementarse.

Para esto los bits del 7 al 16 se dividen en dos grupos:

- bits de incremento (I)
- bits de decremento (D)



Hay 5 bits en cada grupo:

- Si el puntero debe incrementarse los bits I se invierten
- Si el puntero debe decrementarse los bits D se invierten.

La modificación del valor de puntero, estableciendo un nuevo valor incrementando o decrementando el valor antiguo **puede realizarse al menos una vez en 4 unidades.**

Si tenemos un ajuste de puntero en una unidad, luego, **en las siguientes tres tramas por lo menos (es decir, en una trama de cada cuatro), el valor del puntero permanece constante**



Por **ultimo los bytes H3 y los 3 bytes siguientes** (bytes 10, 11 y 12 de la 4ª fila) permiten ajustar la velocidad del VC-4 a la del STM-1 mediante justificación positivo-nula-negativa.

De este modo un STM-1 puede transportar un VC-4 con un reloj distinto (plesiócrono).

- Si el VC-4 va más rápido que el STM-1, se utilizan los bytes H3 para transportar el exceso de VC-4 (justificación negativa).
- Si el VC-4 va más lento que el STM-1, no se utilizan los bytes 10, 11 y 12 (justificación positiva).



Justificación Negativa

Si la velocidad del VC-4 es más rápida que el AUG:

- ✓ El VC-4 se va “adelantando”
- ✓ El puntero disminuye en 1 periódicamente
- ✓ Se emplean los tres bytes H3 para ajustar el desfase



Sea el valor del puntero 214.

Su equivalente decimal es 0011010110 que se muestra en primera fila:

Negative Justification:

Frame Status	New Data Flag				Unused Bits		I	D	I	D	I	D	I	D	I	D
Normal Frame	0	1	1	0	X	X	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0
Inverted D bits	0	1	1	0	X	X	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
New Ptr Value	0	1	1	0	X	X	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1
New Ptr Value	0	1	1	0	X	X	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1
Norm Frame	0	1	1	0	X	X	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1

Ahora en el frame donde debe realizarse la justificación negativa, **los bits D son invertidos**, como se muestra en la segunda fila de la figura.

Es en este frame que el byte después el H3 se utiliza para transportar un byte de datos.



Tan pronto como el receptor detecta que los bits D fueron invertidos, inmediatamente **toma hasta H3 ya que contiene información del payload** y también el valor del puntero se disminuye en el equipo de receptor para que apunte a la carga ajustada.

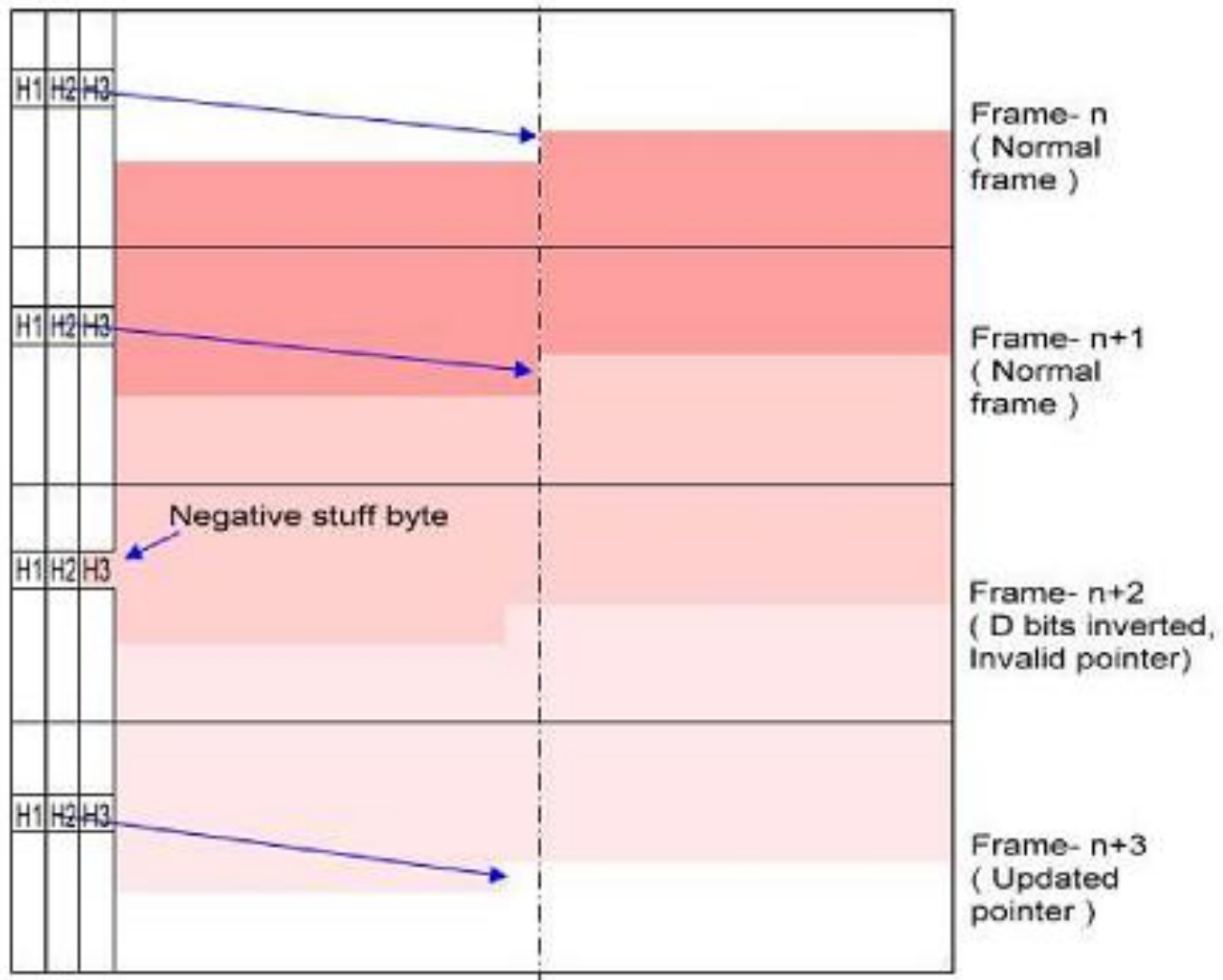
En el cuadro siguiente el receptor recibe el valor del puntero disminuido.

Este nuevo valor de puntero se repite para el siguiente frame, así como para el cuarto frame.

El nuevo valor de puntero que recibió en el cuarto frame está disponible para el nuevo ajuste de puntero.



Redes de Banda Ancha



Justificación Positiva

Si la velocidad del VC-4 es más lenta que el AUG:

- ✓ El VC-4 se va “retrasando”
- ✓ El puntero aumenta en 1 periódicamente
- ✓ Se introducen 3 bytes de relleno tras el puntero



Supongamos el valor del puntero en 214.

Su equivalente decimal es 0011010110 que se muestra en primera fila:

Positive Justification:

Frame Status	New Data Flag				Unused Bits		I	D	I	D	I	D	I	D	I	D
Normal Frame	0	1	1	0	X	X	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0
Inverted I bits	0	1	1	0	X	X	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0
New Ptr Value	0	1	1	0	X	X	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1
New Ptr Value	0	1	1	0	X	X	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1
Normal Frame	0	1	1	0	X	X	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1

Luego, al ser necesario realizar justificación positiva, **se invierten los bits I**, que se muestra en la segunda fila.



Es en este frame, donde el byte después de H3 es “robado”.

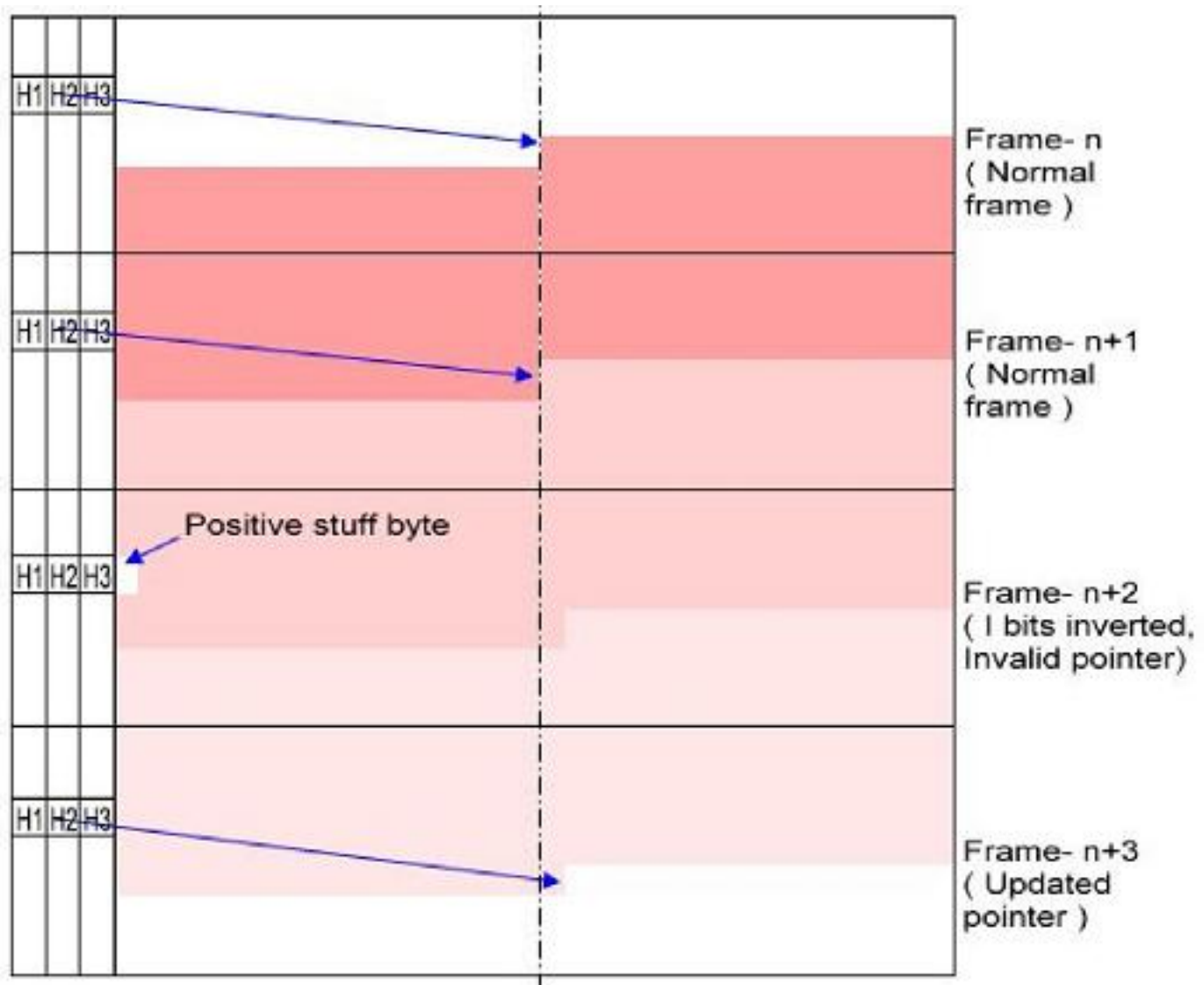
Tan pronto como el receptor detecta que los bits 1 están invertidos, **descarta el byte después H3**, ya que el contenido es sin sentido (normalmente contiene todos los ceros) y también se incrementa el valor del puntero en el lado receptor para que apunte a la carga ajustada.

En el frame siguiente el receptor recibe el valor del puntero incrementado. Este nuevo valor de puntero se repite para el siguiente frame, así como para el cuarto frame.

El nuevo valor de puntero que se recibió en el cuarto frame está disponible para un nuevo ajuste de puntero.



Redes de Banda Ancha



Frame Status	New Data Flag				Unused Bits		I	D	I	D	I	D	I	D	I	D
Normal Frame	0	1	1	0	X	X	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1
NDF Set	1	0	0	1	X	X	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0
New Ptr Value	0	1	1	0	X	X	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0
New Ptr Value	0	1	1	0	X	X	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0
Normal Frame	0	1	1	0	X	X	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0



Ajuste del puntero utilizando los bits NDF:

¿Como se realiza el ajuste en caso de ser necesario un salto a un valor mayor que 1? Para esto, se utilizan los **bits NDF**.

En este caso, **los bits NDF se colocan en 1001**.

En el frame en el cual se modifican los bits NDF, **se introduce inmediatamente el nuevo valor del puntero, sin necesidad de inversión de bits I o D**.

Los ajustes de punteros mediante NDF, tampoco pueden ocurrir más de un frame de cada cuatro. Esto es debido a que el nuevo valor del puntero es aceptado solo si este es recibido en tres frames consecutivos.



Para facilitar la multiplexación e interconexión eficiente de las señales en una red SDH se permite que el VC-4 fluctúe dentro de la capacidad de carga proporcionada por las tramas STM-1.

Esto quiere decir que el VC-4 puede comenzar en cualquier punto de la capacidad de carga de STM-1 y es poco probable que esté contenido por entero en una trama.

Lo más probable es que comience en una trama N y termine en la siguiente N+1.

Para esto, los bytes de punteros indican la ubicación del primer byte del VC-4.



Estructuras de punteros para AU4

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	.	.	.	.	...	.	.	.	.	269	270
1										522	-	-	523	-	-	524	-	-	...	607	-	-	608	-	-
2										609	-	-	610	-	-	611	-	-	...	694	-	-	695	-	-
3										696	-	-	697	-	-	698	-	-	...	781	-	-	695	-	-
4	H1	Y	Y	H2	1*	1*	H3	H3	H3	0	-	-	1	-	-	2	-	-	...	85	-	-	86	-	-
5										87	-	-	88	-	-	89	-	-	...	172	-	-	173	-	-
6										174	-	-	175	-	-	176	-	-	...	259	-	-	260	-	-
7										261	-	-	262	-	-	263	-	-	...	346	-	-	347	-	-
8										348	-	-	349	-	-	350	-	-	...	433	-	-	434	-	-
9										435	-	-	436	-	-	437	-	-	...	520	-	-	521	-	-
1										522	-	-	523	-	-	524	-	-	...	607	-	-	608	-	-
2										609	-	-	610	-	-	611	-	-	...	694	-	-	695	-	-
3										696	-	-	697	-	-	698	-	-	...	781	-	-	695	-	-
4	H1	Y	Y	H2	1*	1*	H3	H3	H3	0	-	-	1	-	-	2	-	-	...	85	-	-	86	-	-
5										87	-	-	88	-	-	89	-	-	...	172	-	-	173	-	-

The bits S S are set to '1 0'.



Estructuras de punteros para AU3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		265	266	267	268	269	270
1										522	522	522	523	523	523	524	524	524	.....	607	607	607	608	608	608
2										609	609	609	610	610	610	611	611	611	.....	694	694	694	695	695	695
3										696	696	696	697	697	697	698	698	698	.....	781	781	781	782	782	782
4	H1	H1	H1	H2	H2	H2	H3	H3	H3	0	0	0	1	1	1	2	2	2	.....	85	85	85	86	86	86
5										87	87	87	88	88	88	89	89	89	.....	172	172	172	173	173	173
6										174	174	174	175	175	175	176	176	176	.....	259	259	259	260	260	260
7										261	261	261	262	262	262	263	263	263	.....	346	346	346	347	347	347
8										348	348	348	349	349	349	350	350	350	.....	433	433	433	434	434	434
9										435	435	435	436	436	436	437	437	437	.....	520	520	520	521	521	521
1										522	522	522	523	523	523	524	524	524	.....	607	607	607	608	608	608
2										609	609	609	610	610	610	611	611	611	.....	694	694	694	695	695	695
3										696	696	696	697	697	697	698	698	698	.....	781	781	781	782	782	782
4	H1	H1	H1	H2	H2	H2	H3	H3	H3	0	0	0	1	1	1	2	2	2	.....	85	85	85	86	86	86
5										87	87	87	88	88	88	89	89	89	.....	172	172	172	173	173	173

The bits S S are set to '1 0'.



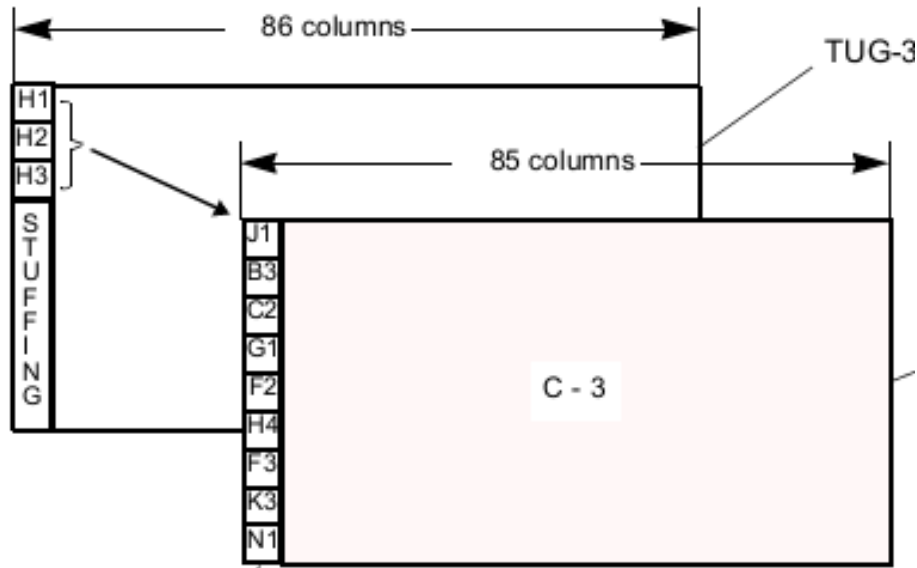
Estructura del puntero de TU3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		81	82	83	84	85	86
1	H1	595	596	597	598	599	600	601	602	603	.....	674	675	676	677	678	679
2	H2	680	681	682	683	684	685	686	687	688	.....	759	760	761	762	763	764
3	H3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	.....	79	80	81	82	83	84
4	S T U F F I N G	85	86	87	88	89	90	91	92	93	.....	164	165	166	167	168	169
5		170	171	172	173	174	175	176	177	178	.....	249	250	251	252	253	254
6		255	256	257	258	259	260	261	262	263	.....	334	335	336	337	338	339
7		340	341	342	343	344	345	346	347	348	.....	419	420	421	422	423	424
8		425	426	427	428	429	430	431	432	433	.....	504	505	506	507	508	509
9		510	511	512	513	514	515	516	517	518	.....	589	590	591	592	593	594
1	H1	595	596	597	598	599	600	601	602	603	.....	674	675	676	677	678	679
2	H2	680	681	682	683	684	685	686	687	688	.....	759	760	761	762	763	764
3	H3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	.....	79	80	81	82	83	84
4	S T	85	86	87	88	89	90	91	92	93	.....	164	165	166	167	168	169
5		170	171	172	173	174	175	176	177	178	.....	249	250	251	252	253	254

They are set to $S = 10$.



Estructura del puntero de TU3



		1	2	3	4	5	6	...	82	83	84	85	86
1	H1	595	596	597	598	599		...	675	676	677	678	679
2	H2	680	681	682	683	684		...	760	761	762	763	764
3	H3	0	1	2	3	4		...	80	81	82	83	84
4	S T U F F I N G	85	86	87	88	89		...	165	166	167	168	169
5		170	171	172	173	174		...	250	251	252	253	254
6		255	256	257	258	259		...	335	336	337	338	339
7		340	341	342	343	344		...	420	421	422	423	424
8		425	426	427	428	429		...	505	506	507	508	509
9		510	511	512	513	514		...	590	591	592	593	594
1	H1	595	596	597	598	599		...	675	676	677	678	679
2	H2	680	681	682	683	684		...	760	761	762	763	764
3	H3	0	1	2	3	4		...	80	81	82	83	84
4		0	-	-	1	-		...	-	-	86	-	-
5		85	86	87	88	89		...	165	166	167	168	169



Estructura del puntero de TU2



Estructura del puntero de TU11



Estructura del puntero de TU12



Están compuestos por 4 bytes. V1, V2, V3 y V4.

Estos cuatro bytes están ubicados en 4 frames consecutivos, que componen un multiframe.



1. Bytes V1 y V2 son equivalentes a los bytes H1 y H2.
 - a. Bits 1 a 4 representan el valor de NDF y llevan el valor del puntero.
 - b. Bits 5 y 6 indican el tipo de TU.
 - i. En caso de TU2 es 00
 - ii. En caso de TU11 es 11
 - iii. En caso de TU12 es 10
 - c. Bits 7 a 16 forman un 10 bits Word ID que contiene el valor del puntero.
2. Byte V3 es utilizado para operaciones de justificación, similar al byte H3 en AU
3. Byte V4 no está definido



Carga Util (Payload):

Es la información sin cabeceras, que transporta señales entre 1.5 Mbps (T1) y 140 Mbps (E4).

El orden de transmisión es por filas y en cada fila los bytes se transmiten de izquierda a derecha.

Las primeras nueve filas y columnas contienen la tara de sección (SOH), con la excepción de la cuarta fila que se utiliza para el puntero AU.

Las siguientes 261 columnas o bytes corresponden a la carga útil, donde se transporta o un VC-4 o tres VC-3s.

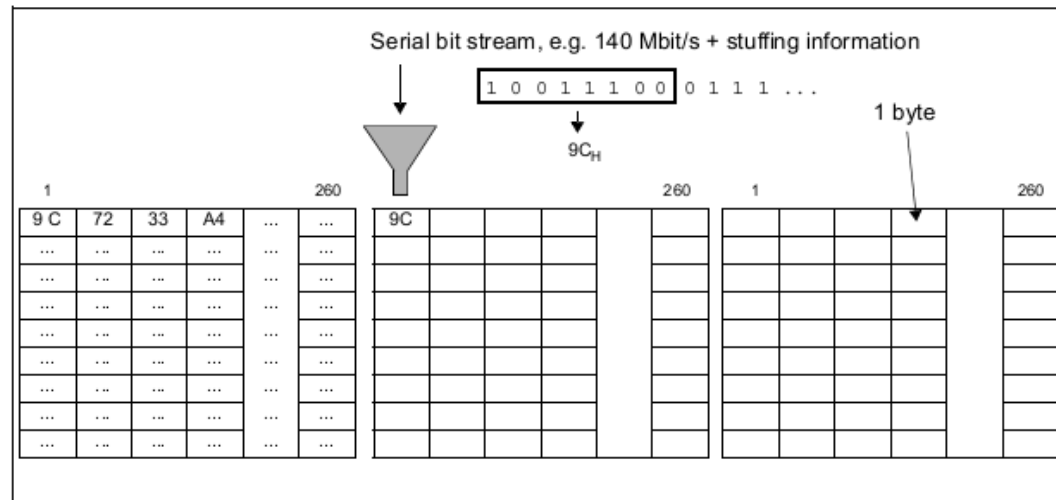


La señal serial de entrada (ej 140Mbits/s) es primero convertida al modo byte-oriented de la estructura del bloque.

Tamaño del bloque: 260 columnas x 9 filas de 1 byte c/u = 2340 bytes

Numero de bloques por segundo: 8000

Capacidad de transmisión: $260 \text{ c} \times 9 \text{ f} \times 8000 \text{ bps} = 18,720\text{kBps}$ o $149,760\text{kbps}$



La frecuencia de trama es igual a 8 KHz, seleccionada de modo que 1 byte de la trama pueda corresponder a la capacidad de transmisión de un canal de 64 Kbps.

De esta manera es posible hacer que todos los bytes en una columna pertenezcan a una misma fuente de información y esto permite un sistema bien sencillo para procesar las señales SDH.

