

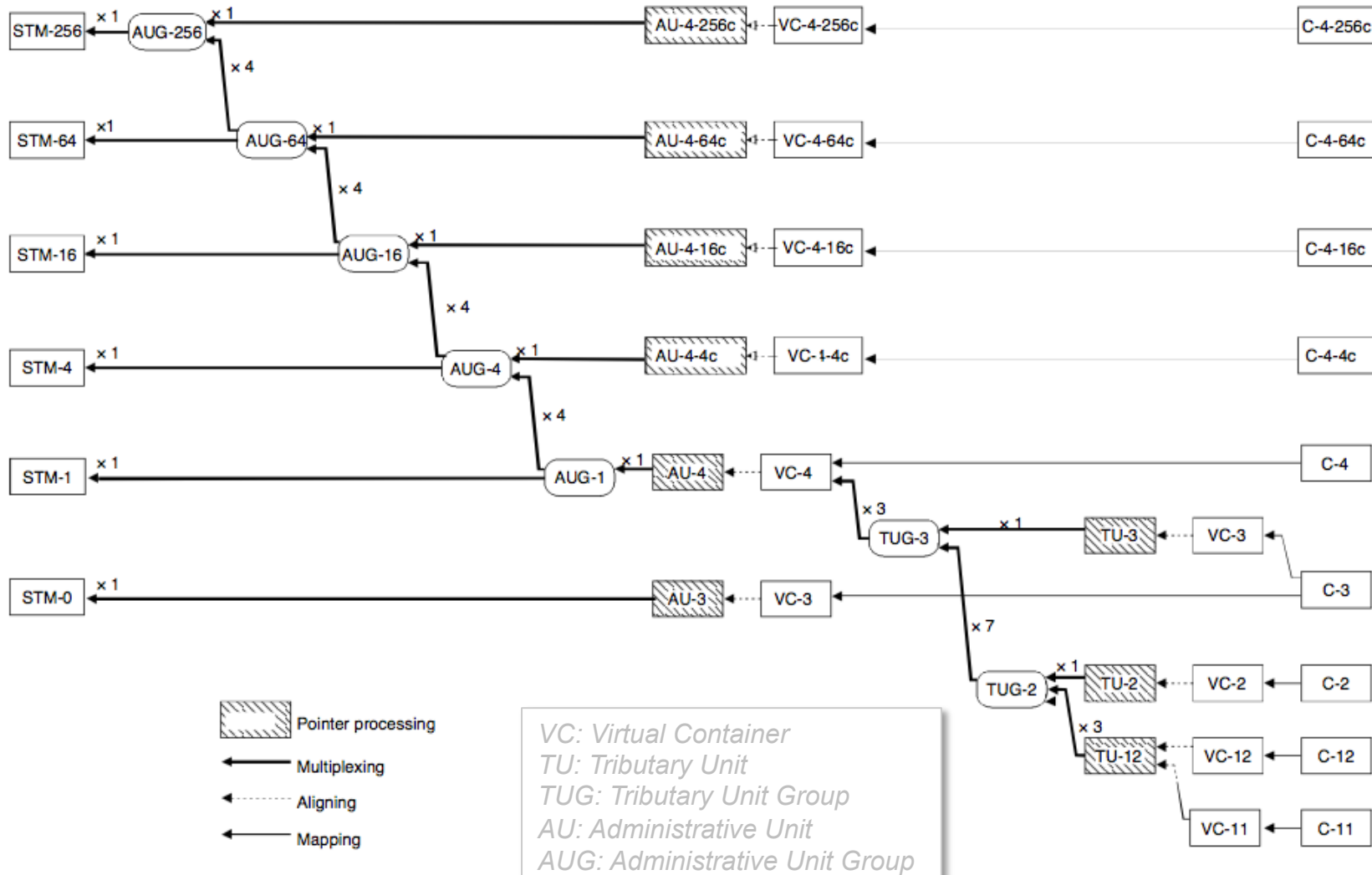
# SDH: STM-N, control y protección

Area de Ingeniería Telemática  
<http://www.tlm.unavarra.es>

Grado en Ingeniería en Tecnologías de  
Telecomunicación, 3º

# SDH: Multiplexación a STM-N

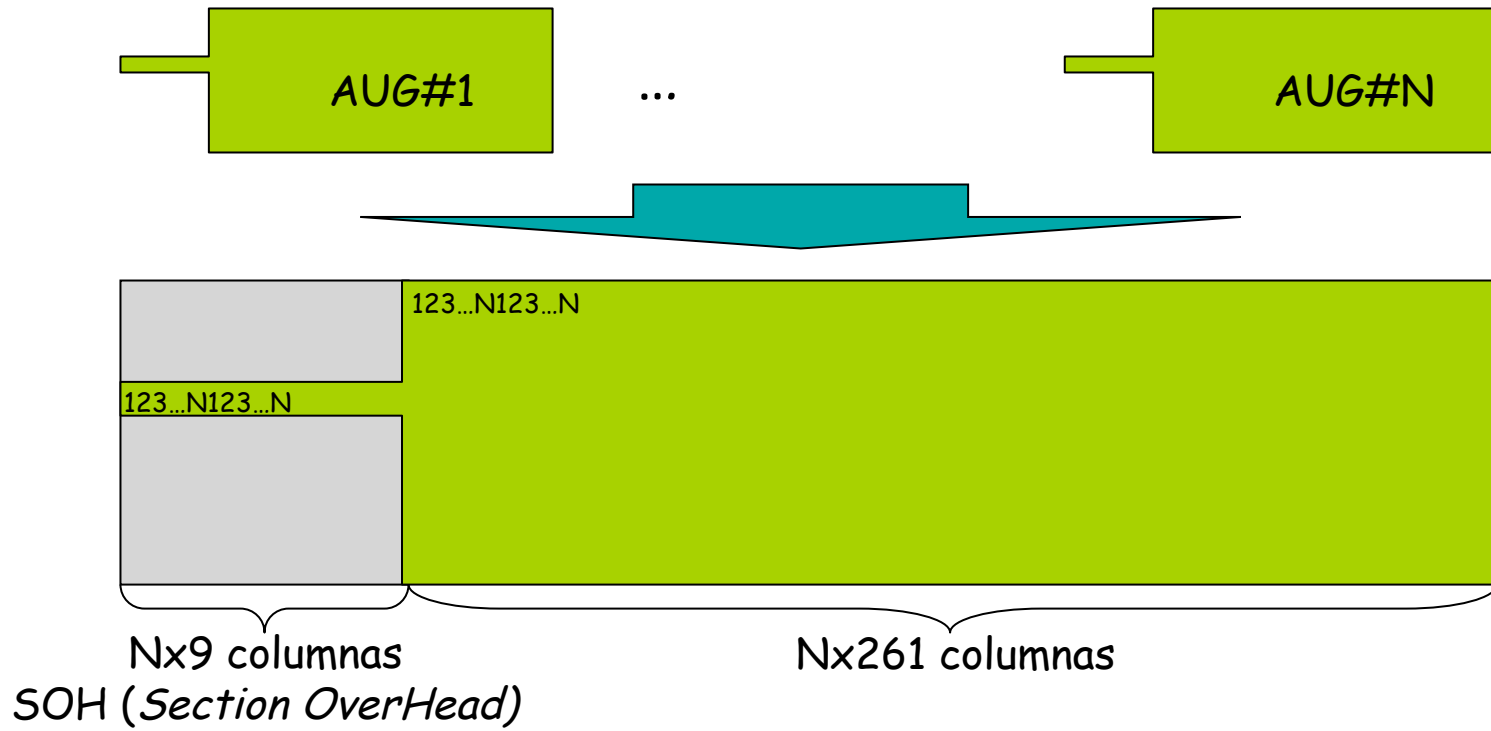
# Estructura de multiplexación STM-N



# Multiplexación en STM-N

- Un AUG tiene 9 filas x 261 columnas más 9 bytes en la fila 4 (el puntero)
- El STM-N contiene una SOH de Nx9 columnas y un payload de Nx261 columnas
- Los N AUG están entrelazados por bytes
- Se numeran de #1 a #N

VC: Virtual Container  
 TU: Tributary Unit  
 TUG: Tributary Unit Group  
 AU: Administrative Unit  
 AUG: Administrative Unit Group

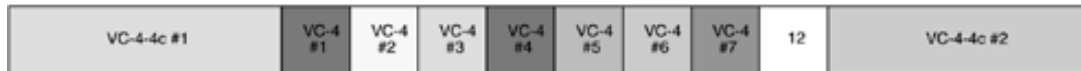


# Concatenación (contigua)

- El espacio que ocupan en la trama debe ser el equivalente a N contenedores virtuales VC-4 contiguos
- En el ejemplo siguiente:
  - En el caso (b) los VC-4 no utilizados (6, 8, 10 y 12) no son contiguos
  - En el (d) sí son contiguos 9, 10, 11 y 12 (hemos cambiado de *timeslot* los VC-4 número #5 y #7, esto se llama *regrooming*)
- Algunos fabricantes sí permiten que no sean contiguos o incluso no sean múltiplo de 4



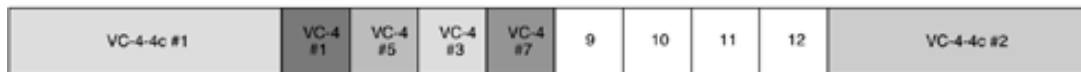
(a) Empty STM-16 (OC-48) signal



(b) STM-16 (OC-48) signal with two VC-4-4cs (STS-12cs) and seven VC-4s (STS-3cs)



(c) STM-16 (OC-48) signal with two VC-4-4cs (STS-12cs) and four VC-4s (STS-3cs)



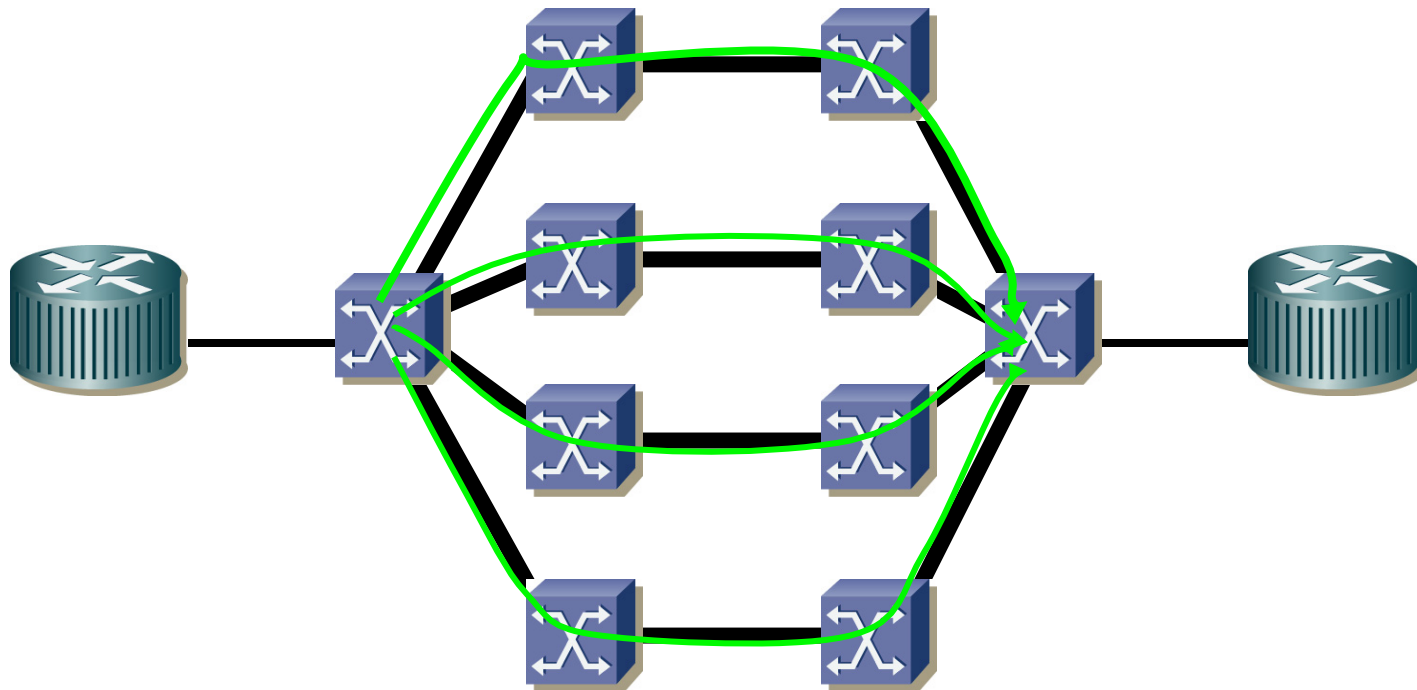
(d) Re-groomed STM-16 (OC-48) signal with two VC-4-4cs (STS-12cs) and four VC-4s (STS-3cs)



(e) STM-16 (OC-48) signal with three VC-4-4cs (STS-12cs) and four VC-4s (STS-3cs)

# Concatenación virtual

- Se pueden concatenar X tributarios (TUs) para formar un VC-X-v
- El resultado es un *Virtual Concatenation Group* (VCG), típicamente un VC-12-Xv ( $X=1\dots64$ ) aunque también podría ser un VC-4-Xv
- La inteligencia de la concatenación está en los extremos
- Cada VC puede encaminarse independientemente
- Soporta incremento y reducción de la capacidad añadiendo o retirando VCs



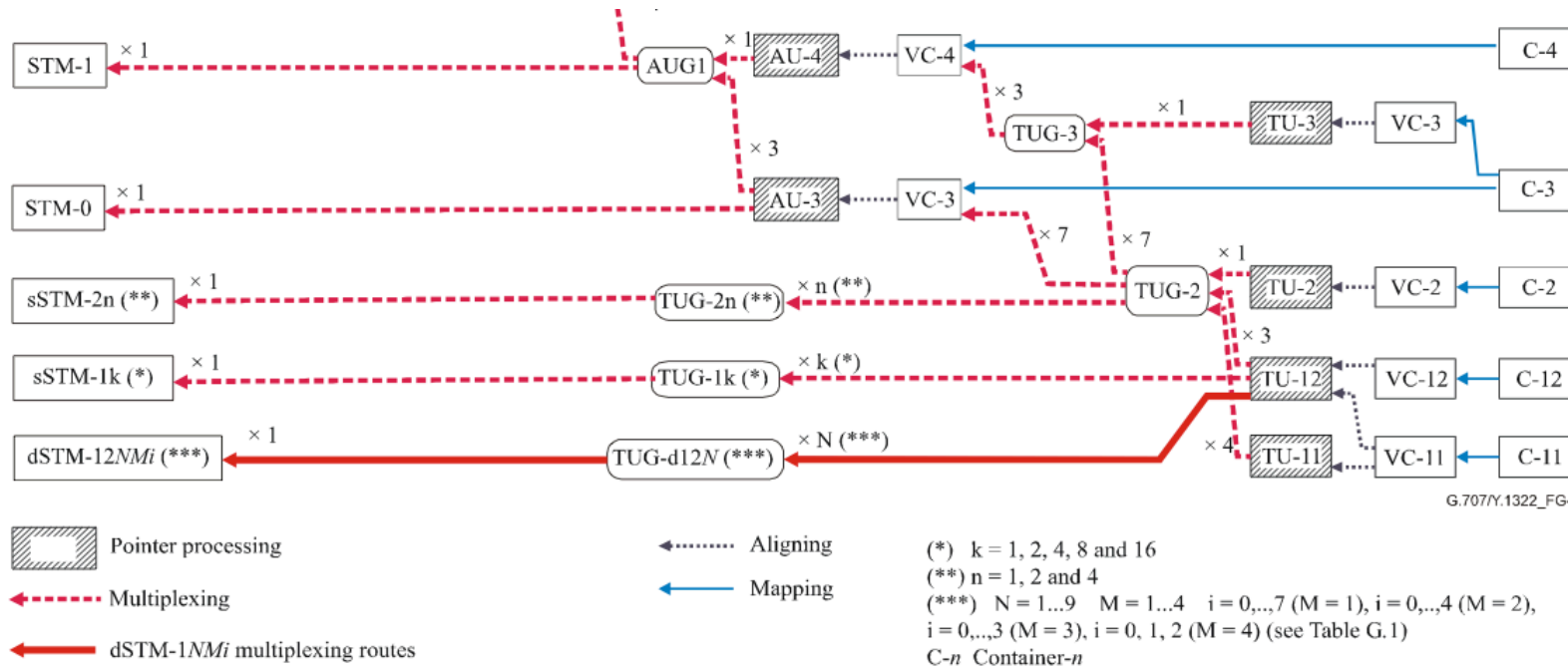
# Concatenación virtual

- Se pueden concatenar X tributarios (TUs) para formar un VC-X-v
- El resultado es un *Virtual Concatenation Group* (VCG), típicamente un VC-12-Xv ( $X=1\dots64$ ) aunque también podría ser un VC-4-Xv
- La inteligencia de la concatenación está en los extremos
- Cada VC puede encaminarse independientemente
- Soporta incremento y reducción de la capacidad añadiendo o retirando VCs
- LCAS (*Link Capacity Adjustment Scheme*):
  - ITU-T G.7042
  - Permite incrementar y reducir la capacidad añadiendo o retirando VCs mientras el grupo está en funcionamiento
  - Puede decrementar automáticamente la capacidad si uno de los miembros falla
  - Puede ser diferente la velocidad en cada sentido
- El extremo final reordena las tramas (diferente delay) con información de la cabecera SDH



# Y aún hay más...

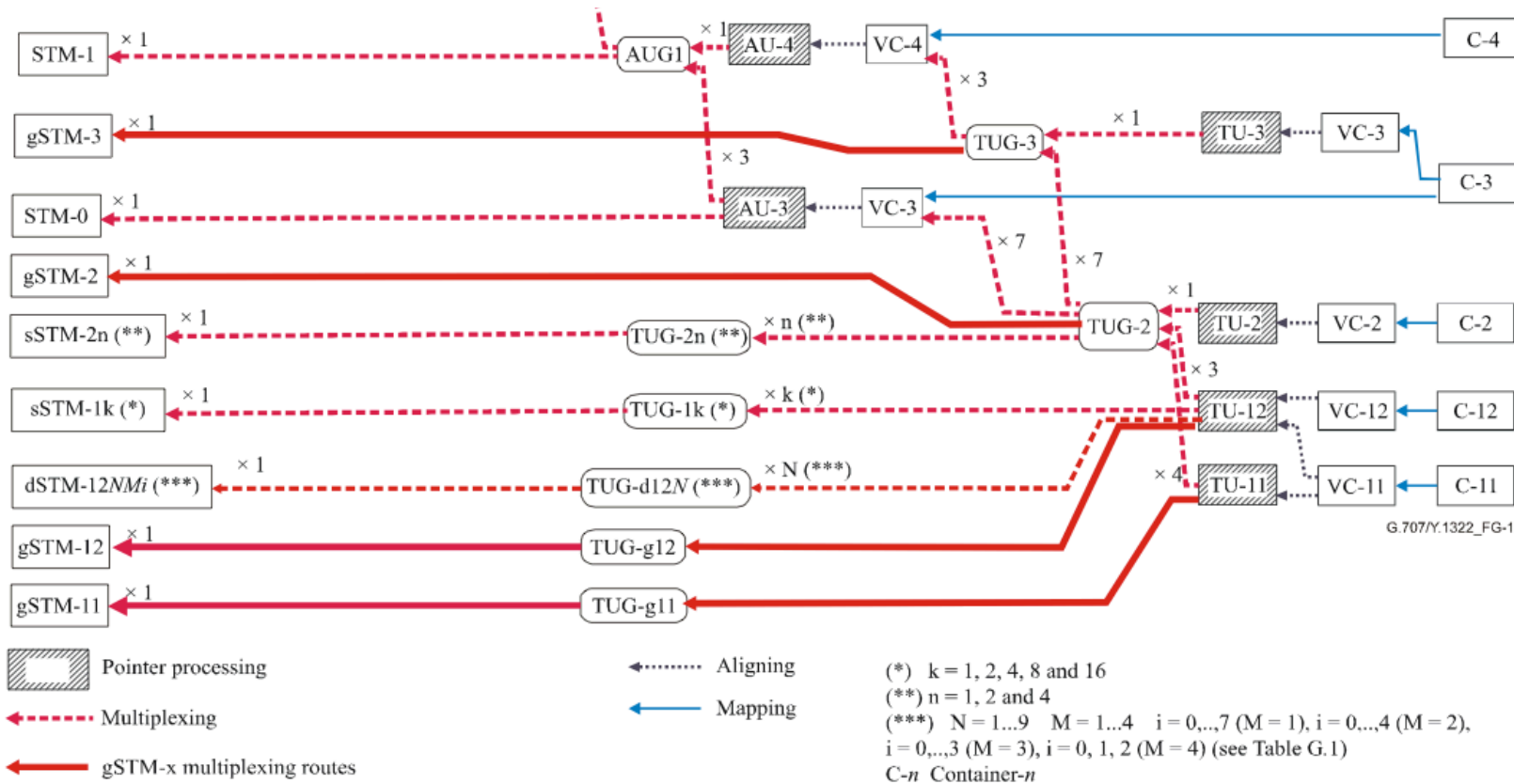
- Para transporte sobre ciertos DSLs (SHDSL)





# Y aún hay más...

- Para transporte sobre ciertas PONs (G-PON)



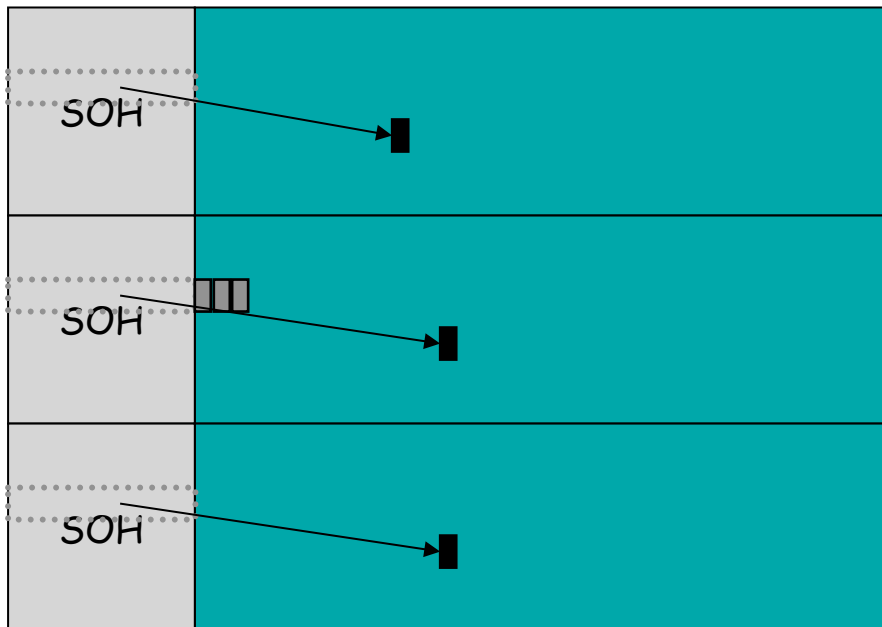
G.707/Y.1322\_FG-1

# SDH: Control y señalización



# Empleo del puntero

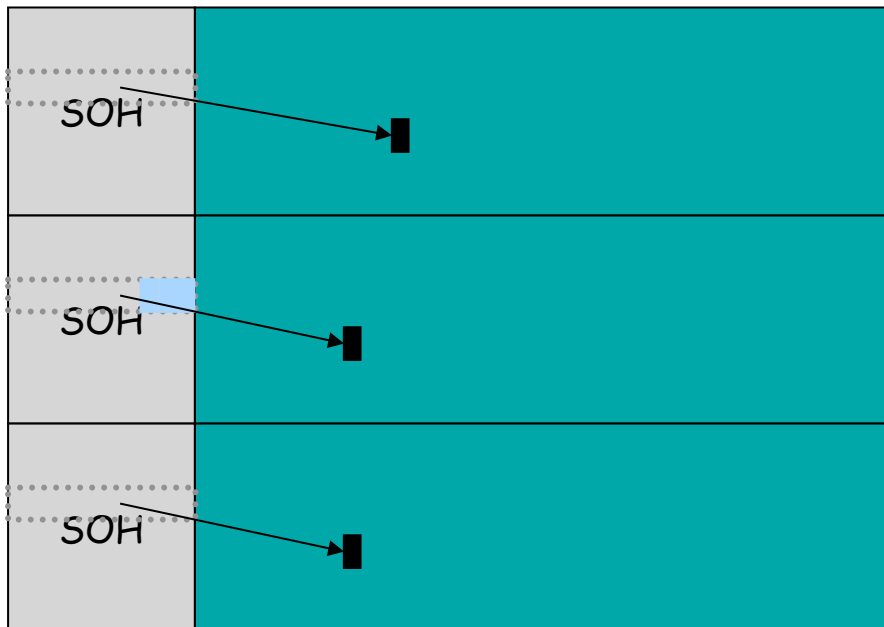
- Con los bytes H1 y H2 se designa la ubicación del octeto en donde comienza el VC-4
- Miden relativo al final del puntero (0 quiere decir que el VC-4 comienza tras el último byte H3)
- Mide en palabras de 3 bytes
- Si la **velocidad** del AUG (contenedor) es **más rápida** que el VC-4 (contenido):
  - El VC-4 se va “retrasando”
  - El puntero aumenta en 1 periódicamente
  - Se introducen 3 bytes de relleno tras el puntero



Justificación  
Positiva

# Empleo del puntero

- Con los bytes H1 y H2 se designa la ubicación del octeto en donde comienza el VC-4
- Miden relativo al final del puntero (0 quiere decir que el VC-4 comienza tras el último byte H3)
- Mide en palabras de 3 bytes
- Si la **velocidad** del AUG (contenedor) es **más lenta** que el VC-4 (contenido):
  - El VC-4 se va “adelantando”
  - El puntero disminuye en 1 periódicamente
  - Se emplean los tres bytes H3 para ajustar el desfase
- Existe puntero en todos los TUs. Por ejemplo para localizar un VC-12

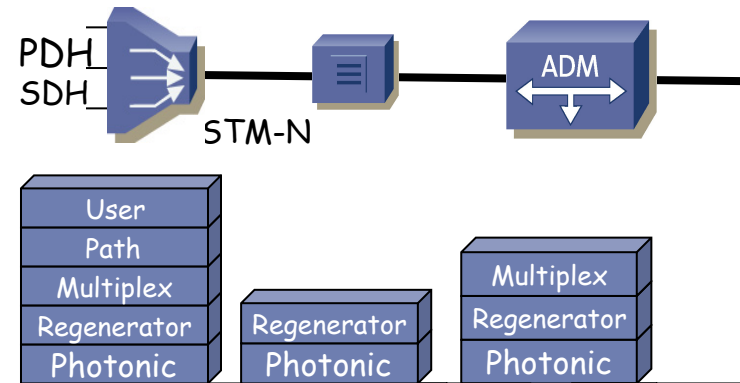


Justificación  
 Negativa

# SOH, algunas funcionalidades

- A1 y A2 : Marcan el comienzo de la trama, no sufren *scrambling* (11110110 00101000)
- B1 : para la supervisión de errores. Paridad par (BIP-8) de la trama anterior
- Δ : Uso depende del medio
- E1 y E2 : canales de órdenes de voz auxiliares
- F1 : empleado por el usuario (por ejemplo conexiones temporales de canales de datos y voz)
- D1-D12 : Data Communications Channel (DCC)
  - 192kbps en la RS
  - 576kbps en la MS
- K1 y K2 (bits 1-5): Señalización en la MS para APS (*Automatic Protection Switching*)
- K2 (bits 6-8): La indicación de defecto distante de sección de multiplexación (MS-RDI) devuelve al extremo de transmisión la indicación de que recepción ha detectado un defecto o alarma.

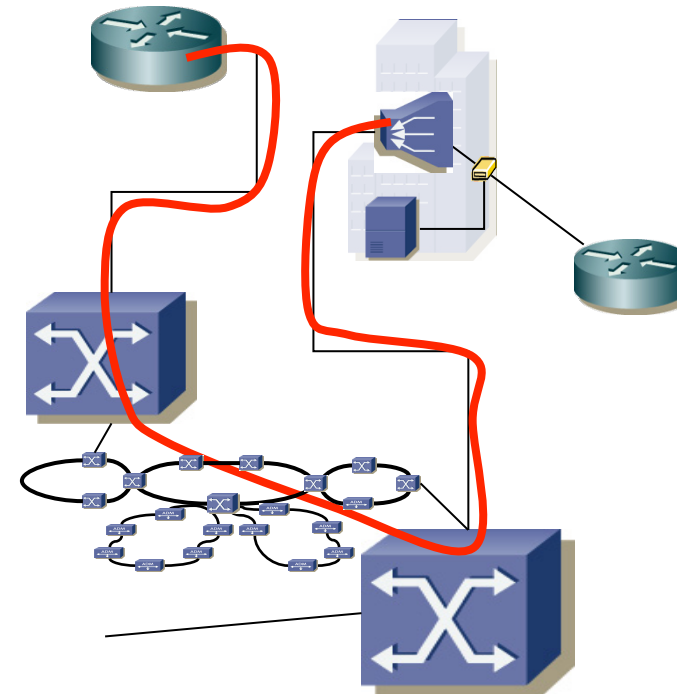
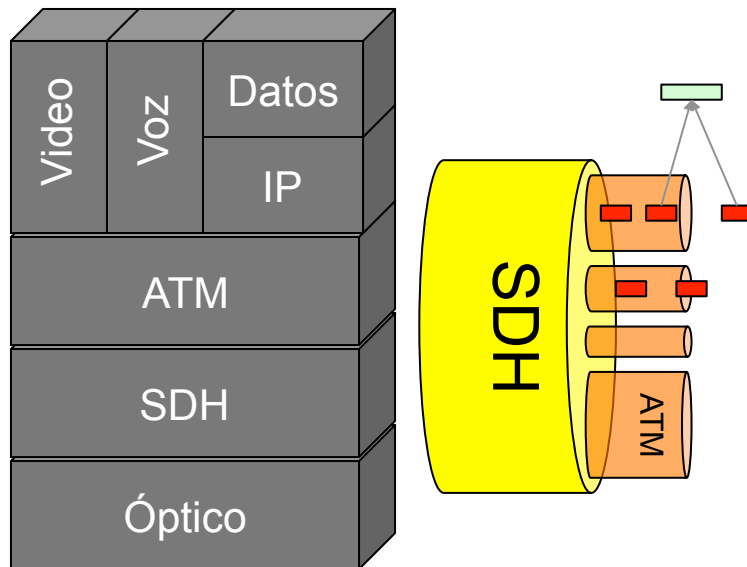
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	A1	A1	A1	A2	A2	A2	J0		
2	B1	Δ	Δ	E1	Δ		F1		
3	D1	Δ	Δ	D2	Δ		D3		
4	Punteros								
5	B2	B2	B2	K1			K2		
6	D4			D5			D6		
7	D7			D8			D9		
8	D10			D11			D12		
9	S1					M1	E2		



# Transporte sobre SDH

# IP over ATM over SDH

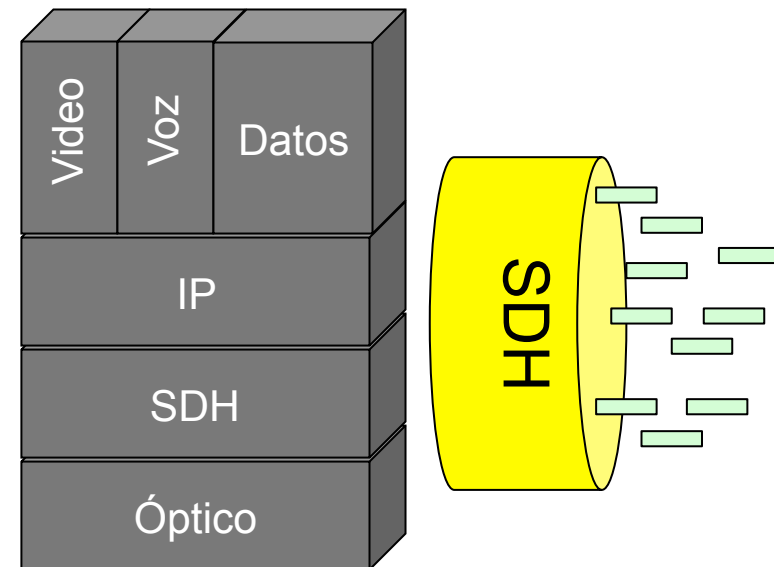
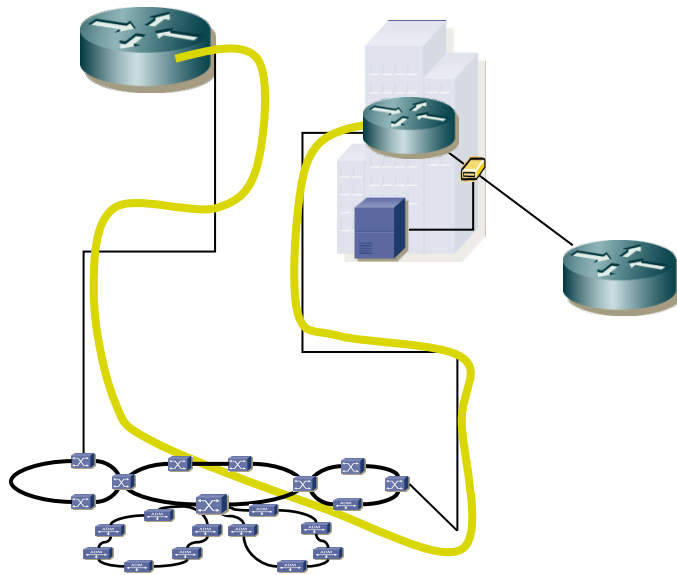
- ATM ofrece QoS
- Acomoda múltiples protocolos y servicios
- Mayor flexibilidad en el transporte





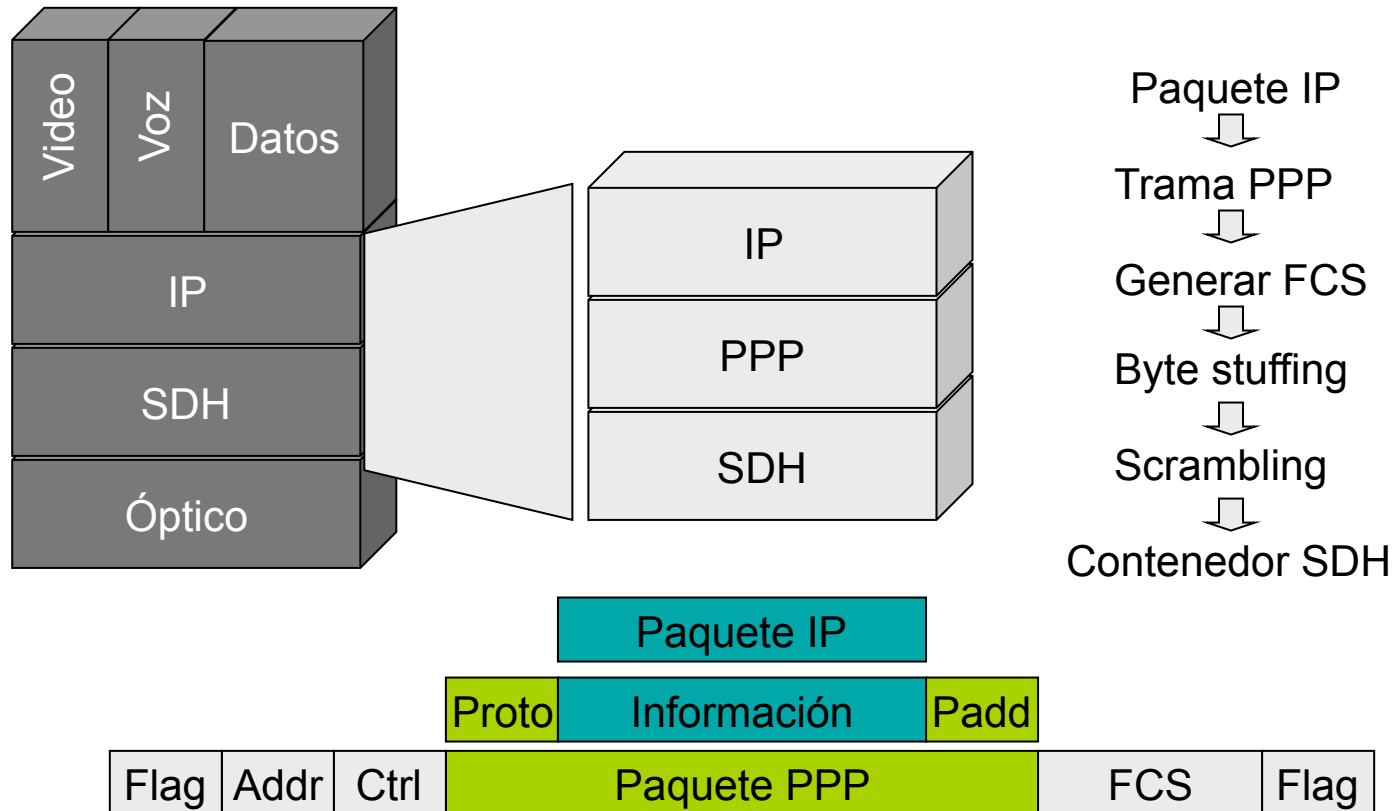
# IP over SDH

- Ya se puede ofrecer QoS con IP
- Mayor eficiencia al evitar cabeceras de celdas ATM, encapsulación y segmentación
- Suele emplear PPP (POS)
- Más simple



# POS

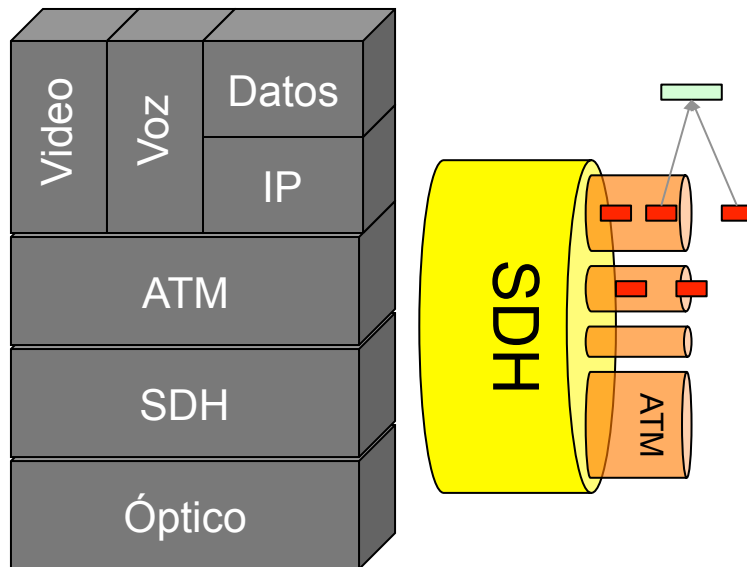
- *Packet Over SONET/SDH* (RFC 2615)
- Para tener entramado (*framing*): PPP (RFC 1661)
- PPP diseñado para líneas punto-a-punto... como los circuitos SDH
- Las encapsulaciones soportadas son VC-4, VC-4-4c, VC-4-16c y VC-4-64c



# IP over ...

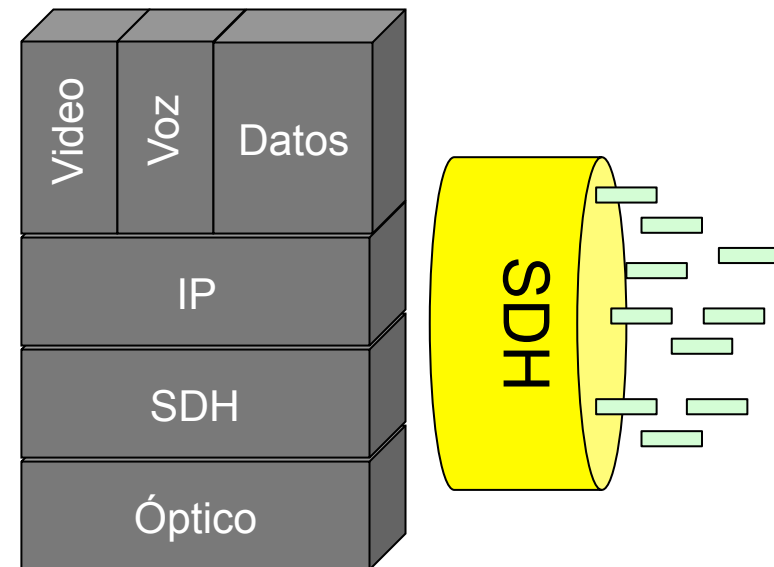
## IP sobre ATM sobre SDH

- ATM ofrece QoS
- Acomoda múltiples protocolos y servicios
- Mayor flexibilidad en el transporte



## IP sobre SONET/SDH

- Ya se puede ofrecer QoS con IP
- Mayor eficiencia al evitar cabeceras de celdas ATM, encapsulación y segmentación
- Suele emplear PPP (POS)
- Más simple



# GFP

- Asumiendo utilización 100% en la Ethernet...
- Las velocidades de Ethernet no se ajustan a las de SDH
  - 10 Mbps sobre VC-3 : 20%
  - 100 Mbps sobre VC-4 : 64%
  - 1Gbps sobre VC-4-16c : 42%
- ATM ofrece mejor ajuste de velocidades
- O mediante Concatenación Virtual:
  - 10Mbps en VC-12-5v : 92%
  - 100Mbps en VC-3-2v : 97%
  - 1Gbps en VC-4-7v : 92%
- Pero POS solo para ciertos contenedores
- Encapsulación G.7041:
  - Generic Framing Procedure (GFP, ITU T01b, ANSI T1X1.5)
  - Puede transportar: Ethernet, PPP, FiberChannel, Gigabit Ethernet, etc.
  - Se puede emplear con VCAT (Concatenación Virtual) y LCAS

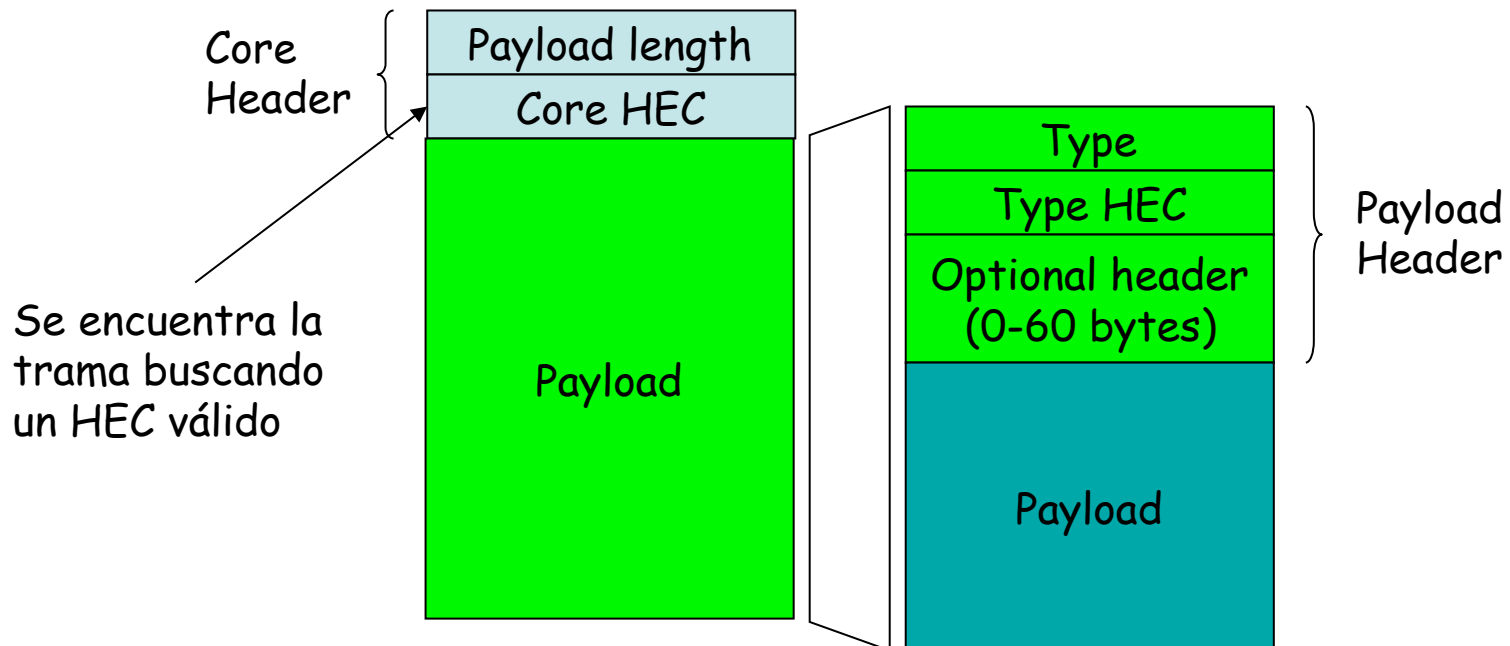
# GFP

## GFP basado en tramas (frame based)

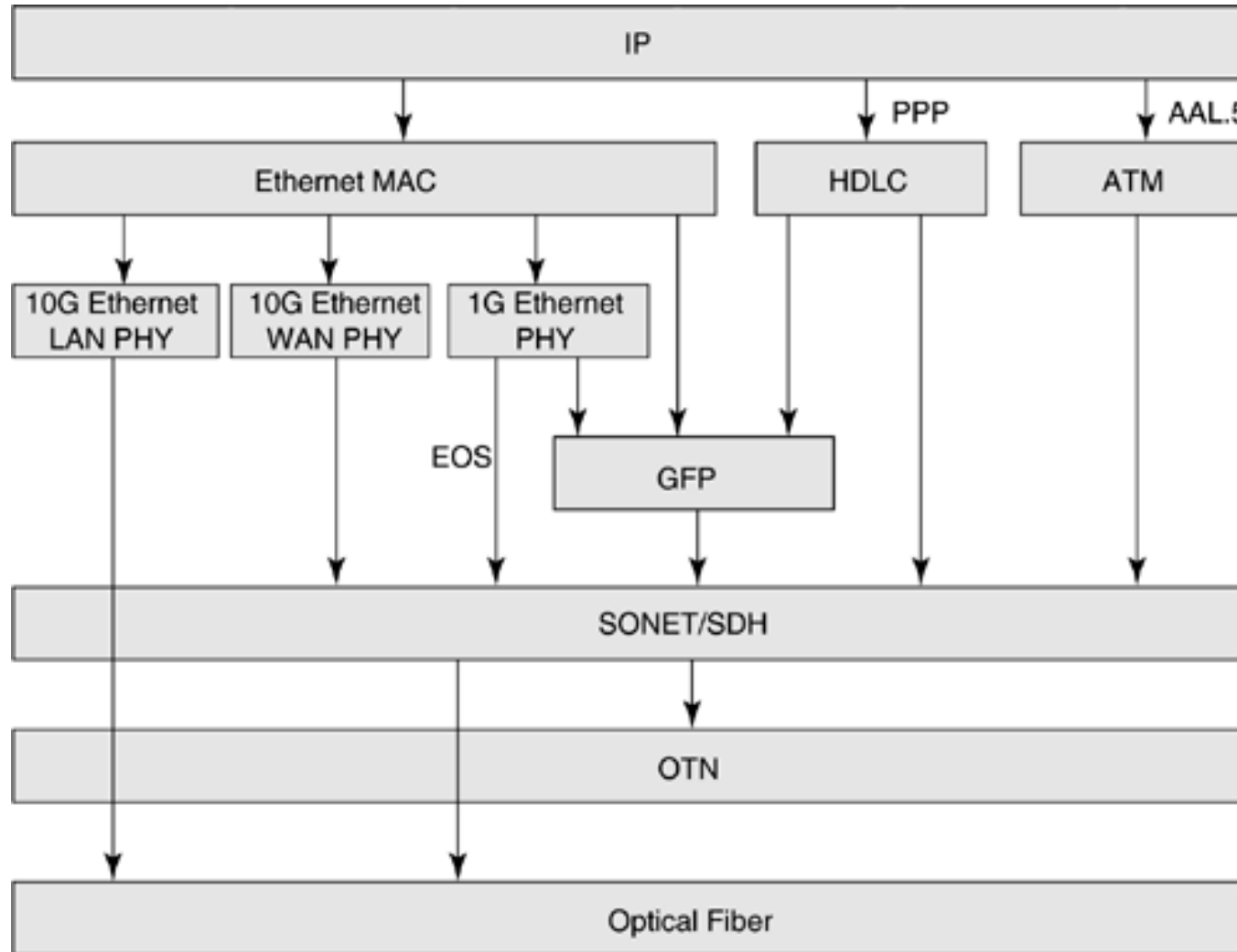
- Para conexiones que requieran eficiencia y flexibilidad
- Requiere store-and-forward
- Esto añade latencia

## GFP transparente

- Para servicios sensibles a la latencia
- El contenido del nivel físico a transmitir se introduce en tramas de longitud constante
- Orientado a SANs (*Storage Area Networks*)



# Transporte de IP



# Protección en SDH

# Protection vs Restoration

- *Protection* implica soluciones de backup precalculadas y preconfiguradas
- El tiempo de recuperación es muy corto
- Requiere reservar considerables recursos para la protección
- *Restoration* implica calcular la solución (camino alternativo) cuando se produce el fallo
- El fallo se comunica al NMS (*Network Management System*)
- El NMS calcula un camino alternativo y lo configura
- Mayores tiempo de recuperación





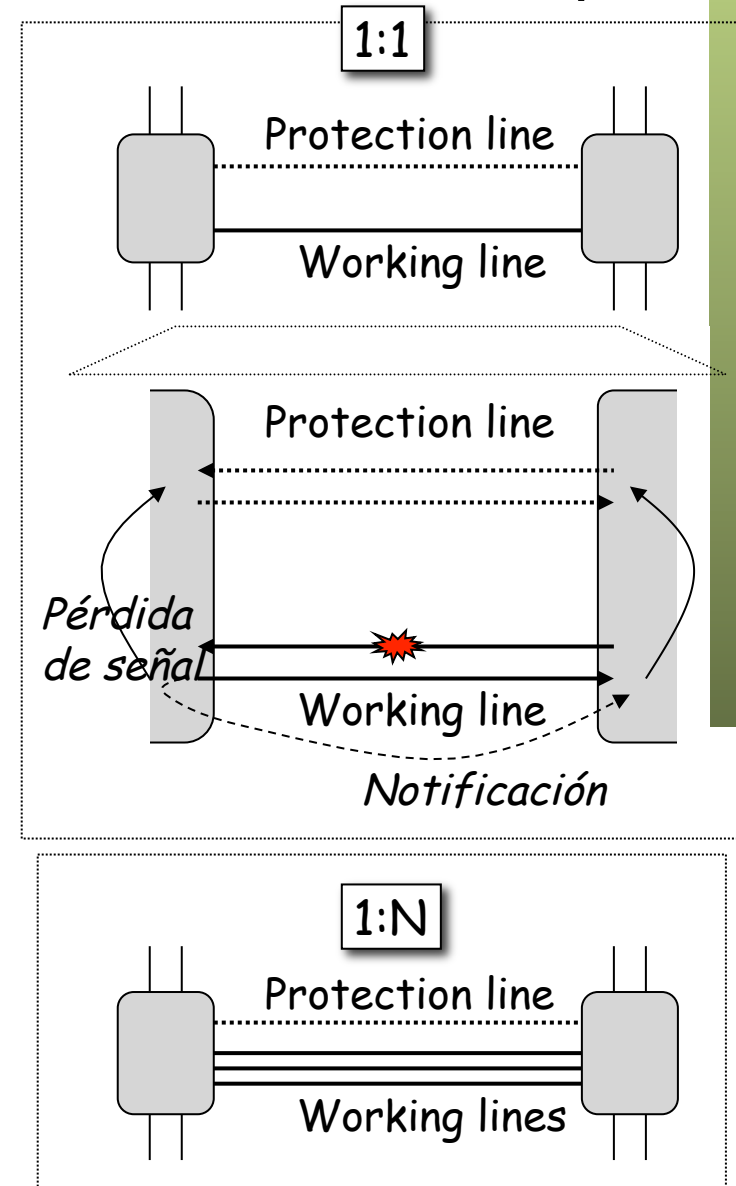
# Automatic Protection Switching (APS)

- Recuperación automática ante fallos: pérdida de la señal, demasiado BER, etc.
- “Protección”: La solución está precalculada
- Acciones coordinadas mediante mensajes del protocolo APS
- Se emplean los bytes K para esta señalización
- Busca tiempos de recuperación de 50-60ms
- Con caminos muy largos el retardo de propagación puede hacer difícil conseguir esos tiempos
- STM-16 en 50ms: 14,8 MBytes
- Operadores buscan fiabilidad de “5 nueves”, es decir, un tiempo de funcionamiento del 99.999% (¿cuántos minutos de fallo al año se puede permitir?)



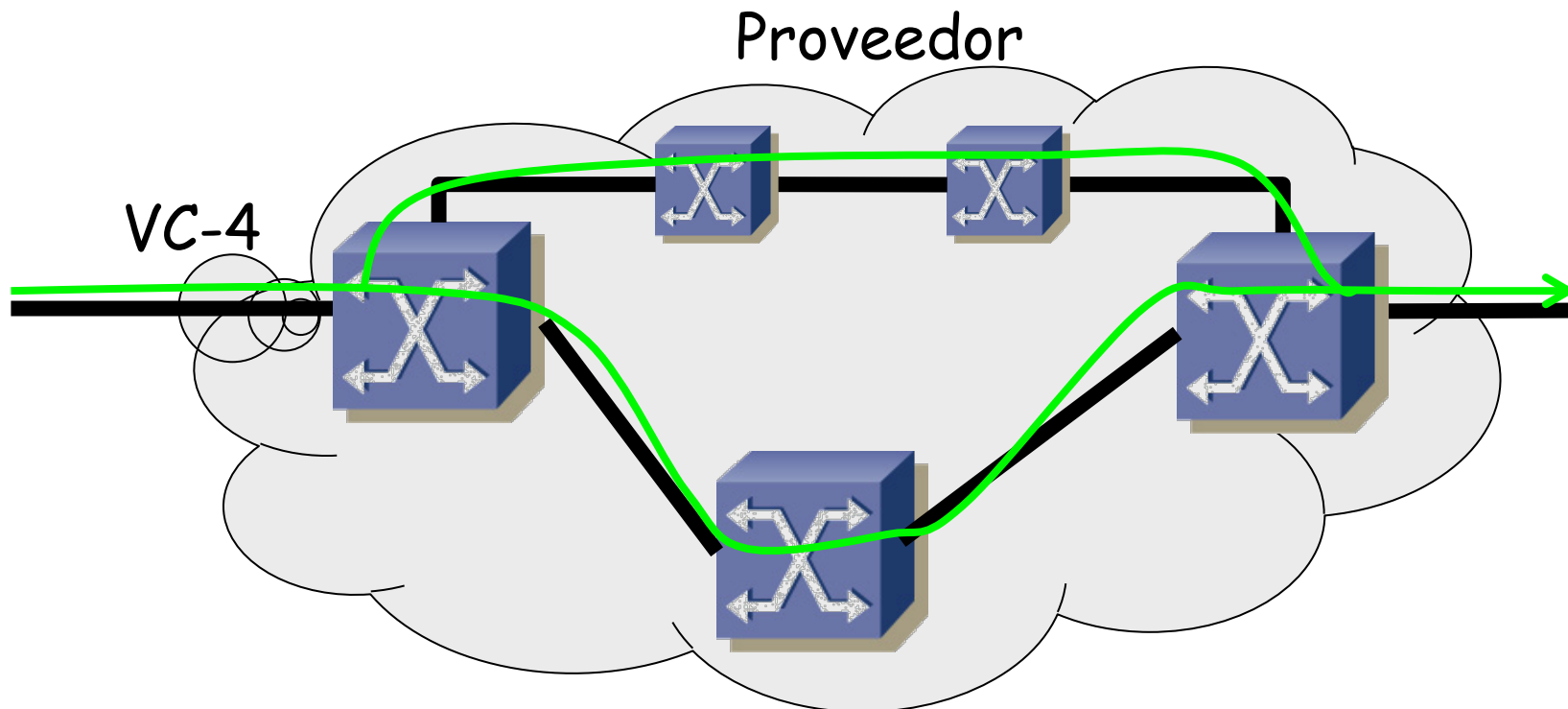
# MSP (*Multiplex Section Protection*)

- Entre dos nodos
- Protección 1:1
  - Cada línea es protegida por otra
  - Si algo falla se pasa a usar el camino de protección
  - Cuando no se necesita la de protección se puede usar para tráfico extra
  - Tras recuperar el camino principal se puede volver a él (*revertive mode*)
- Normalmente se usan simultáneamente y se escoge la de mayor calidad (1+1)
- Protección 1:N
  - Varias líneas son protegidas por la misma
- También protección M:N
- Recuperación en 3-4 one-way delays + tiempo de procesamiento



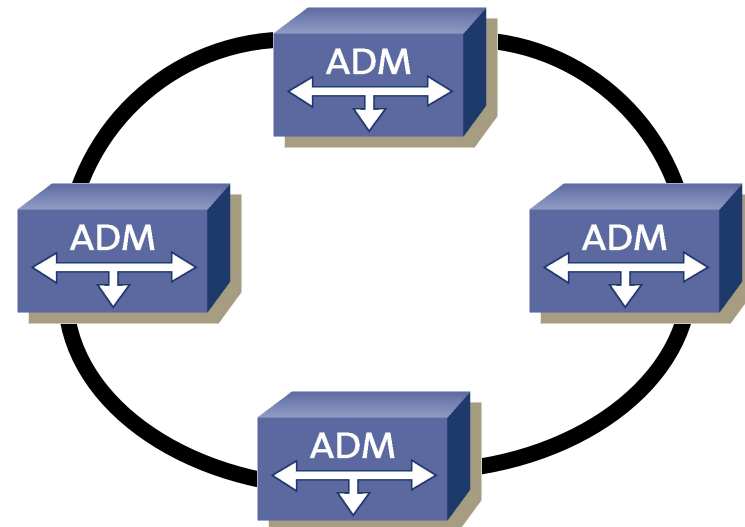
## SNCP (*Sub-Network Connection Protection*)

- El objetivo es proteger **parte** del camino de una conexión
- Por ejemplo esa sección pasa por un proveedor que quiere protegerla
- Normalmente se soporta solo protección 1+1 unidireccional
- Es decir, la señal va por dos caminos diferentes y se selecciona la mejor
- Soportaría el fallo de un nodo si no está en ambos caminos



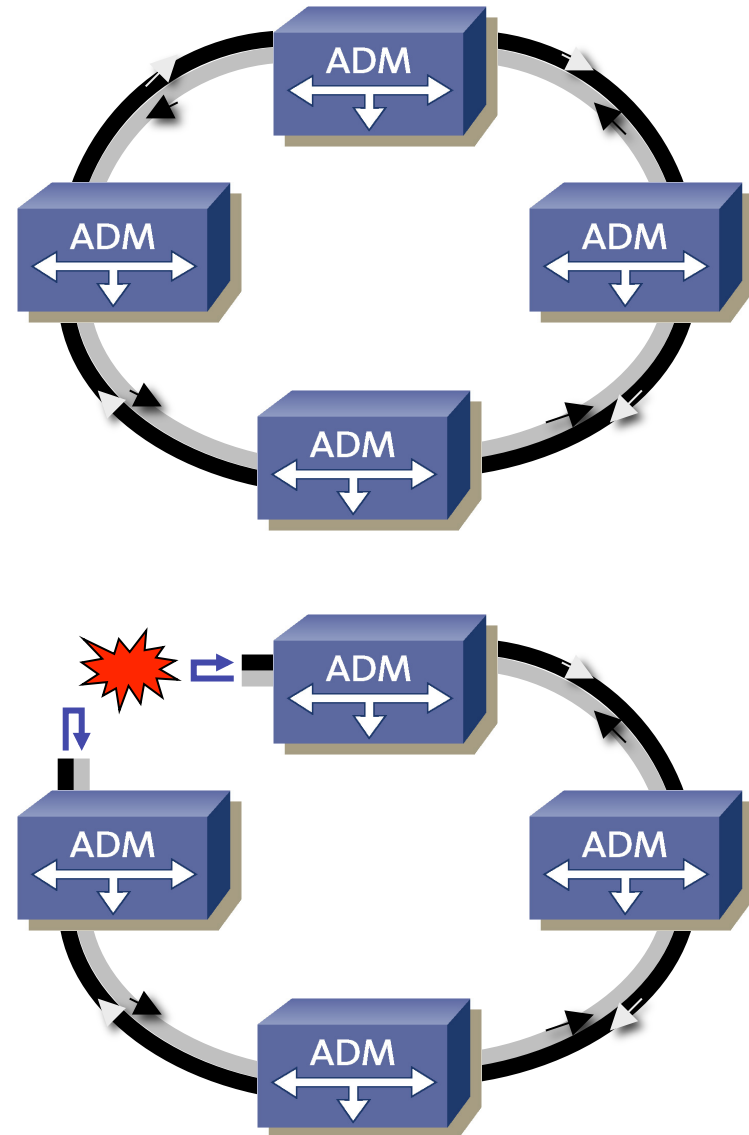
# Anillos

- Perfectos para ADMs con solo 2 puertos de agregados
  - Más simples que DXCs
  - Más baratos que DXCs
  - Disponibles antes que DXCs
- ¡ Sencillas decisiones de encaminamiento !
- Existe un camino alternativo para protección
- Técnicas de protección:
  - MS-SP Ring
  - MS-DP Ring
  - SNCP Ring
  - etc.

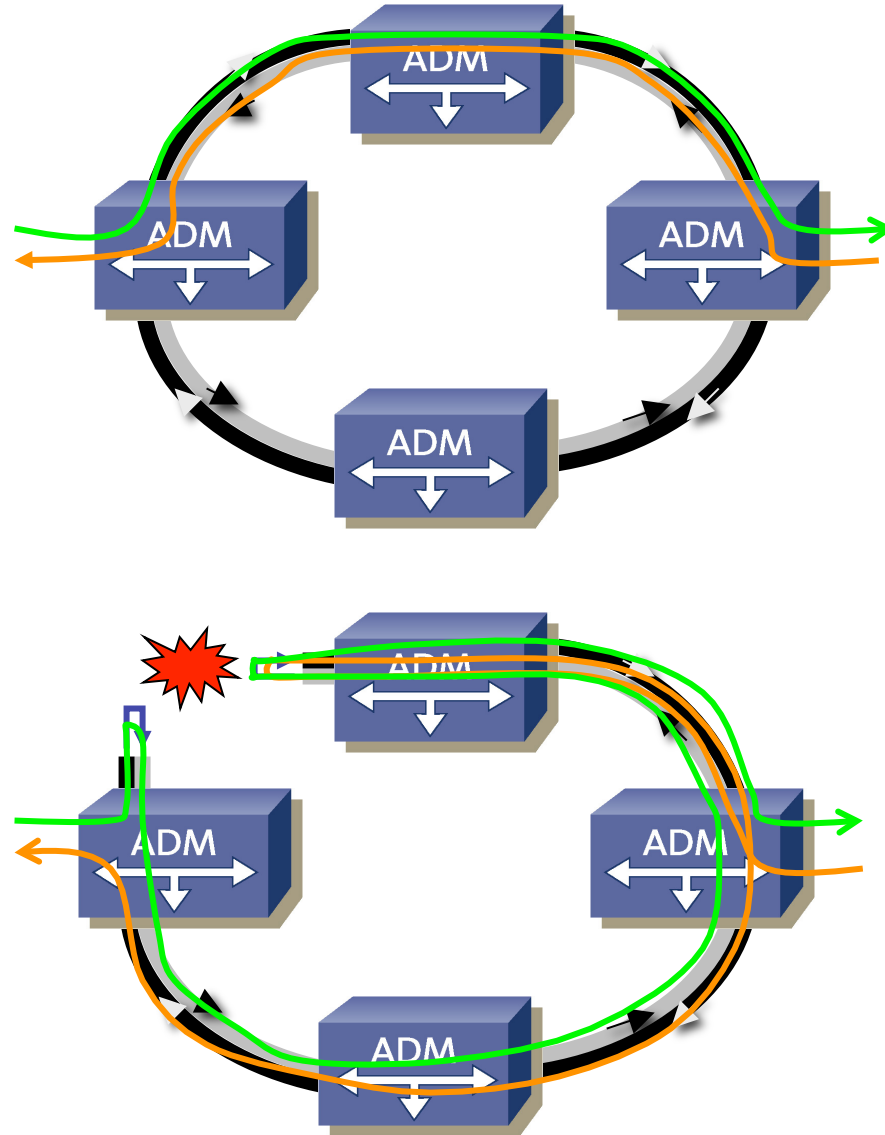


# Ejemplo: MS-SP Ring

- *Multiplex Section - Shared Protection Ring*
- Se emplea solo **la mitad** de la capacidad en cada sentido (*clockwise* y *counterclockwise*)
- Máximo 16 nodos
- Ante un fallo:
  - Nodos adyacentes lo detectan
  - Devuelven el tráfico por el otro sentido
- Ejemplo con 2 fibras (...)



# MS-SP Ring (Ejemplo)



# Ejemplo de red

