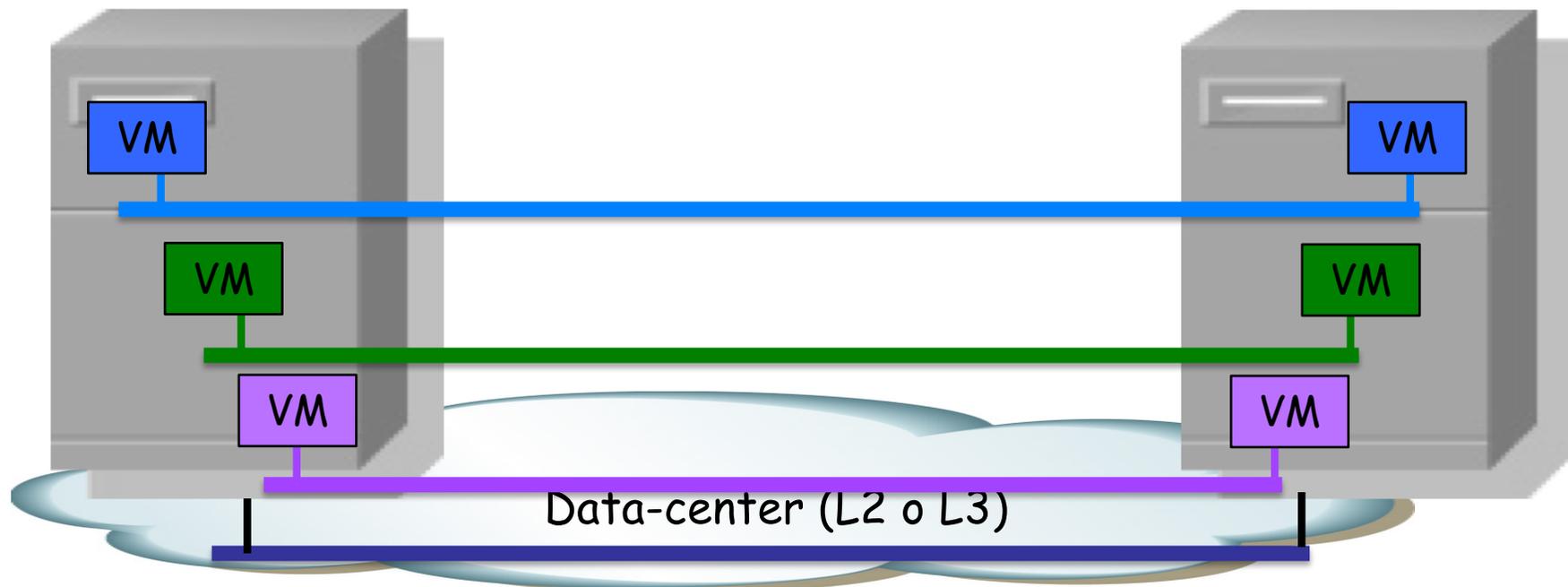


# Overlays en el data center

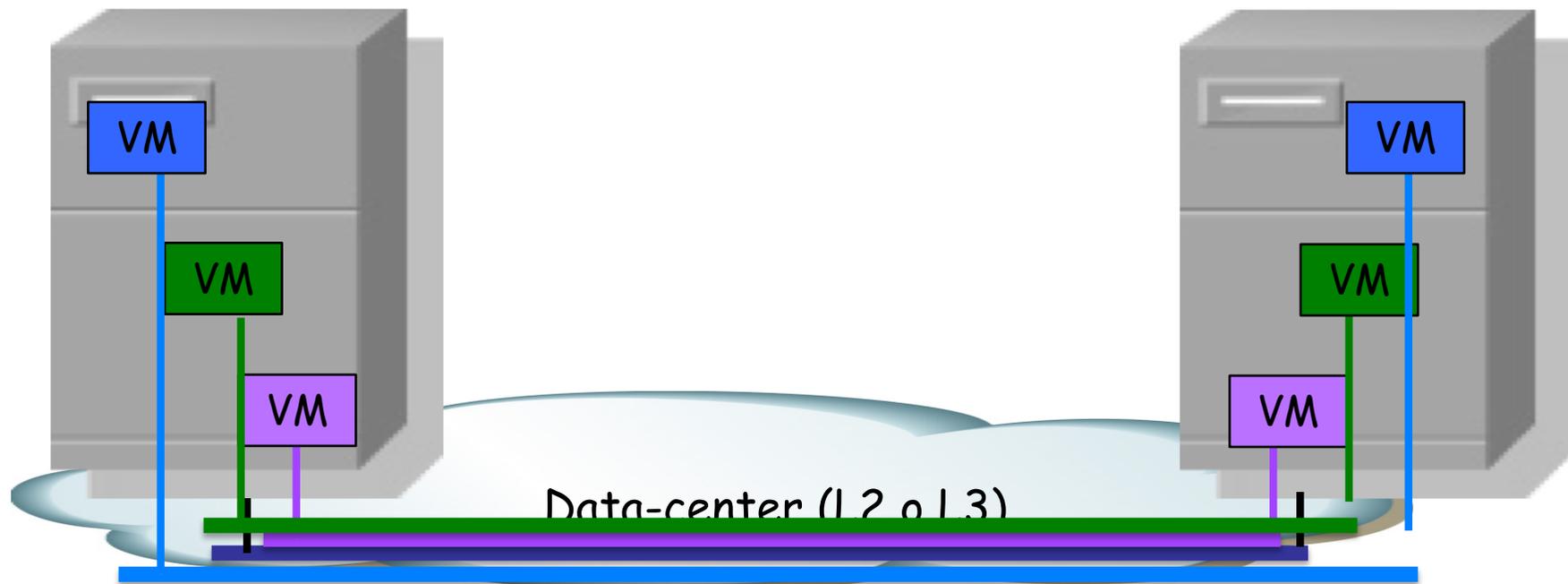
# Multi-tenancy

- VMs (o contenedores) de diferentes clientes del DC o de diferentes departamentos de la empresa
- Las del mismo cliente deben poder estar en su propia red, aislada del resto
- Deben poder utilizar el direccionamiento que quieran sin colisión con otros clientes o con la *underlay network*
- Deben poder migrarse, sin hacer cambios en las VMs, por todo el DC



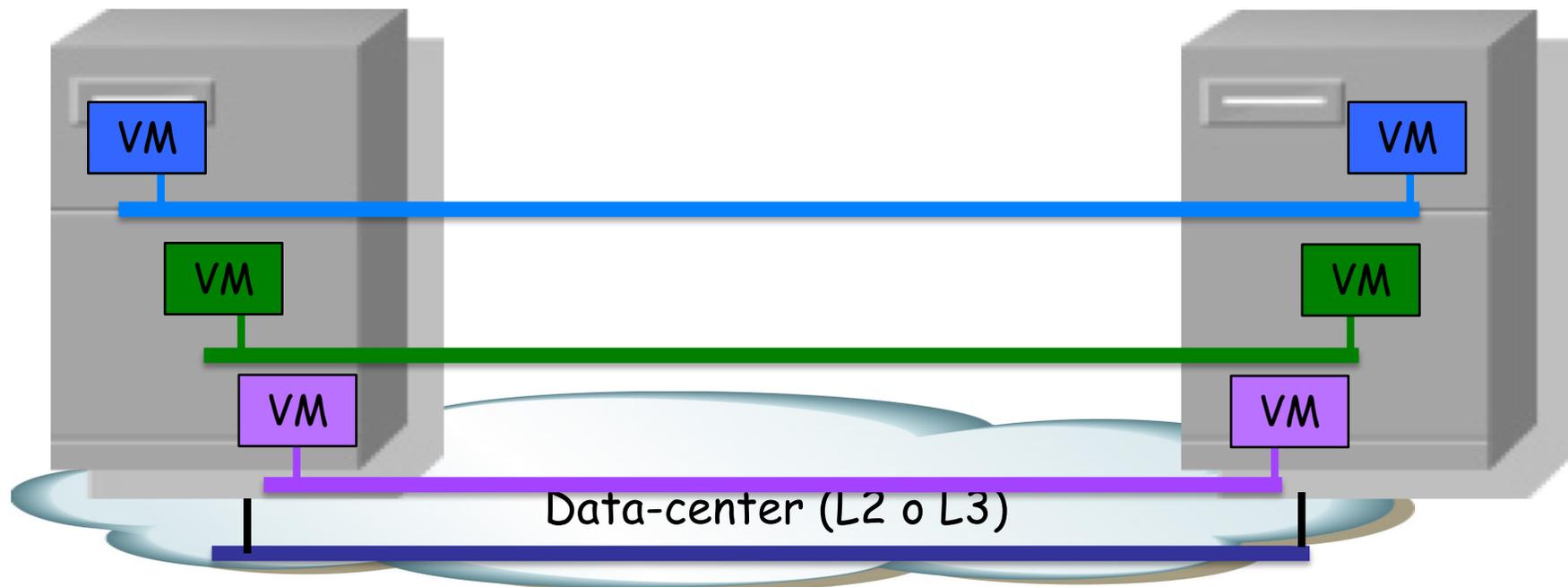
# VLANs

- ¿Podríamos emplear VLANs?
- Mapear cada red de tenant a una VLAN del DC
- Limitado a 4094 tenants (menos las VLANs que requiera el DC)
- Se ven las MACs de todas las VMs en los conmutadores del DC
- Todo el DC capa 2
- Implica extender los dominios de broadcast por todo el DC



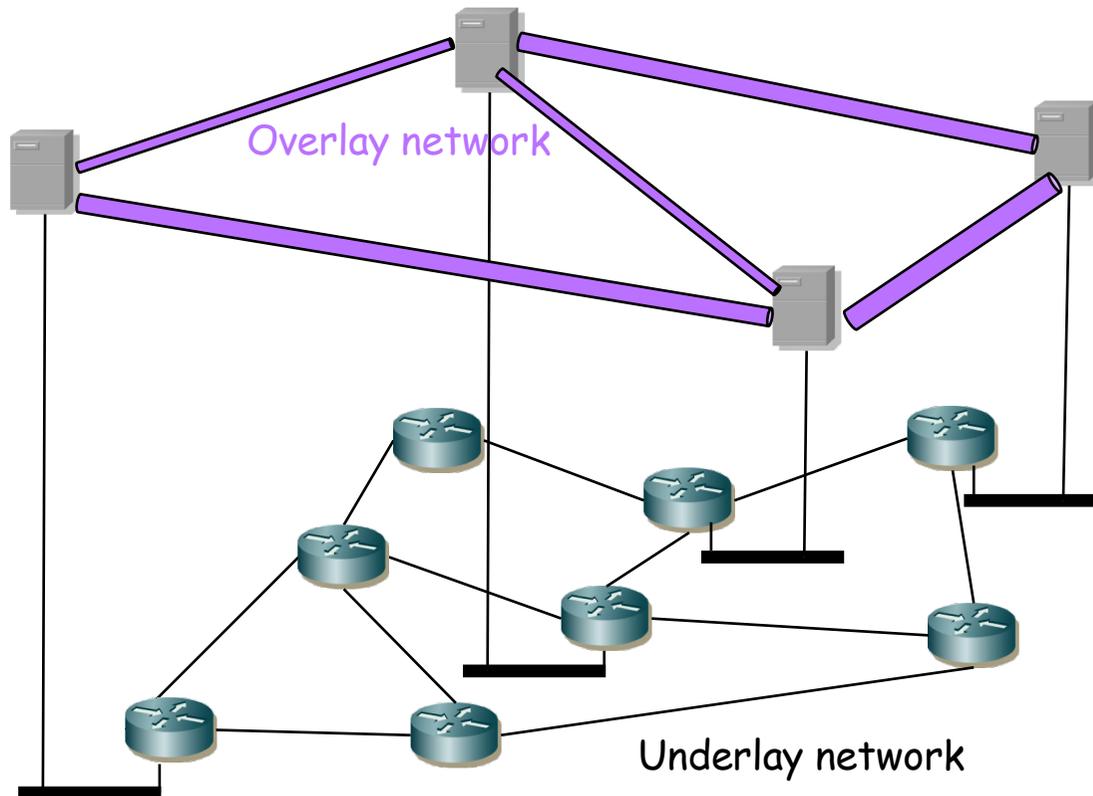
# Multi-tenancy

- IETF WG nvo3 (Network Virtualization over Layer 3)
- RFC 7364: “Overlays for Network Virtualization”, IBM, EMC, Cisco, AT&T, 2014)
- Overlay Network: una red virtual con **separación entre *tenants*** (inquilinos) **sin conocimiento por parte de la *underlay network*** de dichos tenants para el forwarding
- Desacople entre underlay y overlays



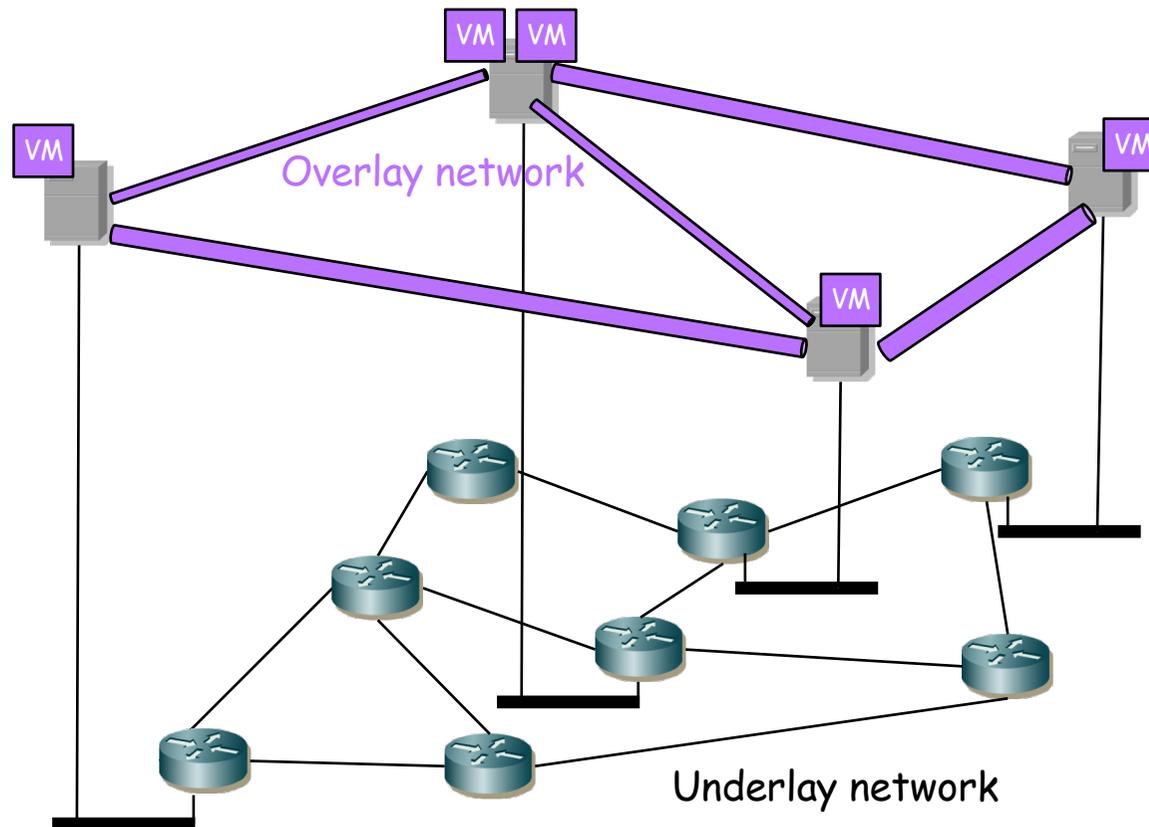
# Overlay network

- El DC dispone una red (underlay network)
- Combinación de Ethernet, IP, MPLS, etc
- Los hosts donde corren las VMs del cliente están distribuidos por el DC
- Esos hosts crean la overlay mediante túneles



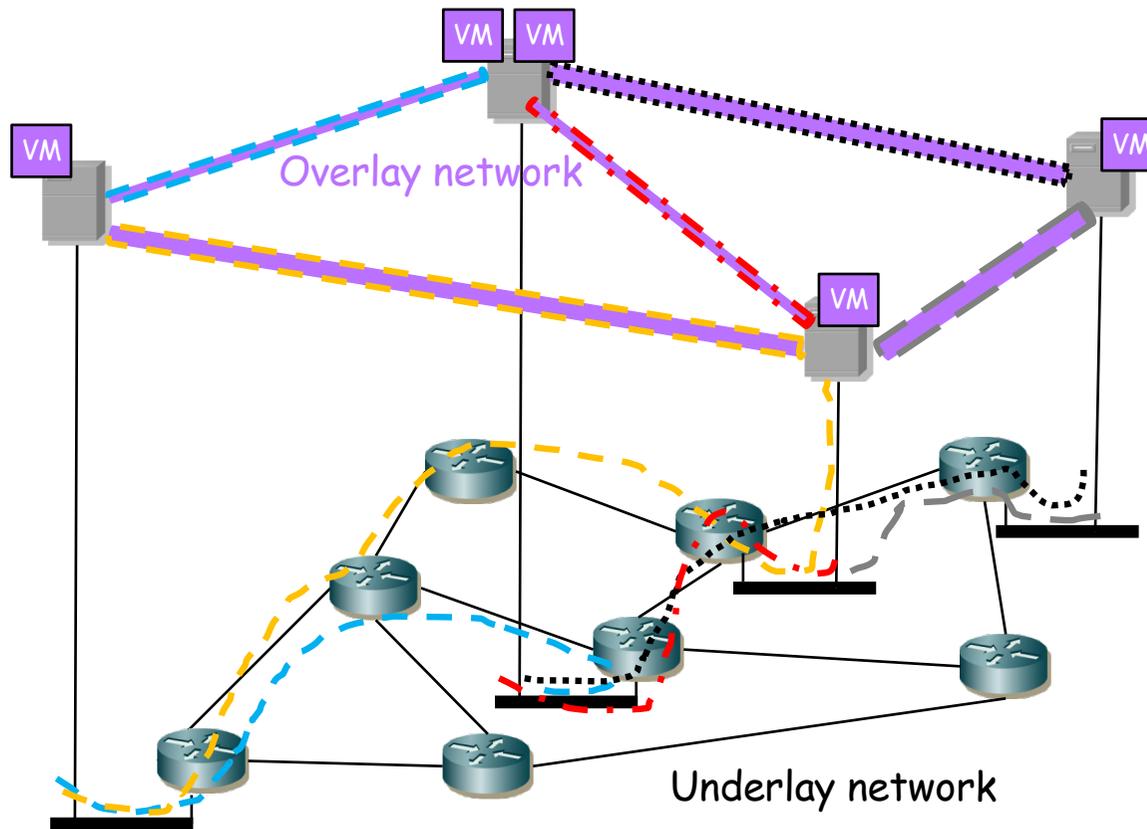
# Overlay network

- Comunicación entre VMs:
  - Paquete de una VM de overlay se encapsula en el primer salto o NVE (*Network Virtualization Edge*) (Switch, router, vSwitch)
  - Túnel hasta el NVE remoto
  - La red reenvía en base a esta encapsulación, ignorando el contenido
  - El NVE de egreso desencapsula y entrega a la VM (o host físico) destino
- El paquete transportado puede ser IP o Ethernet



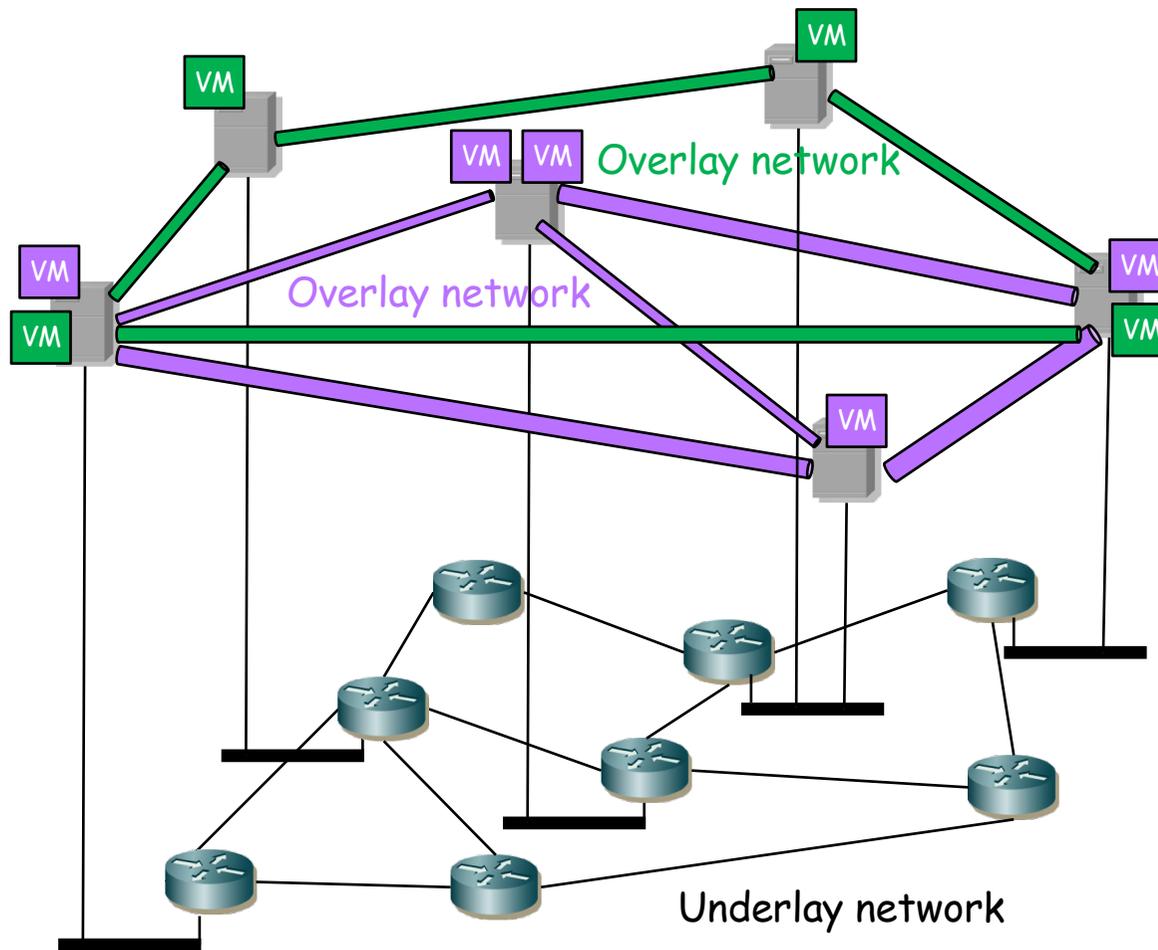
# Overlay network

- El tráfico de cada túnel sigue el camino que elija la underlay
- Esos caminos podrían ser simétricos o asimétricos
- Transparente para la overlay



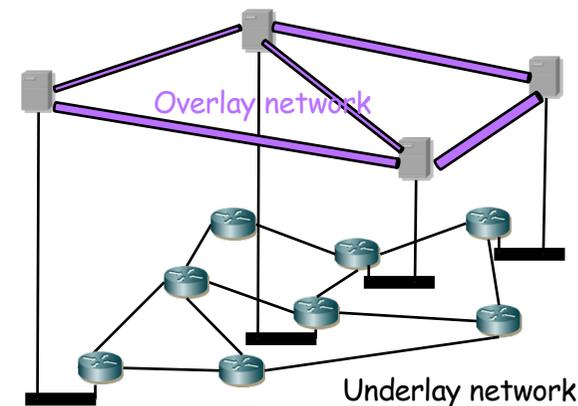
# Overlay network

- Cada Virtual Network (VN) es una *overlay*



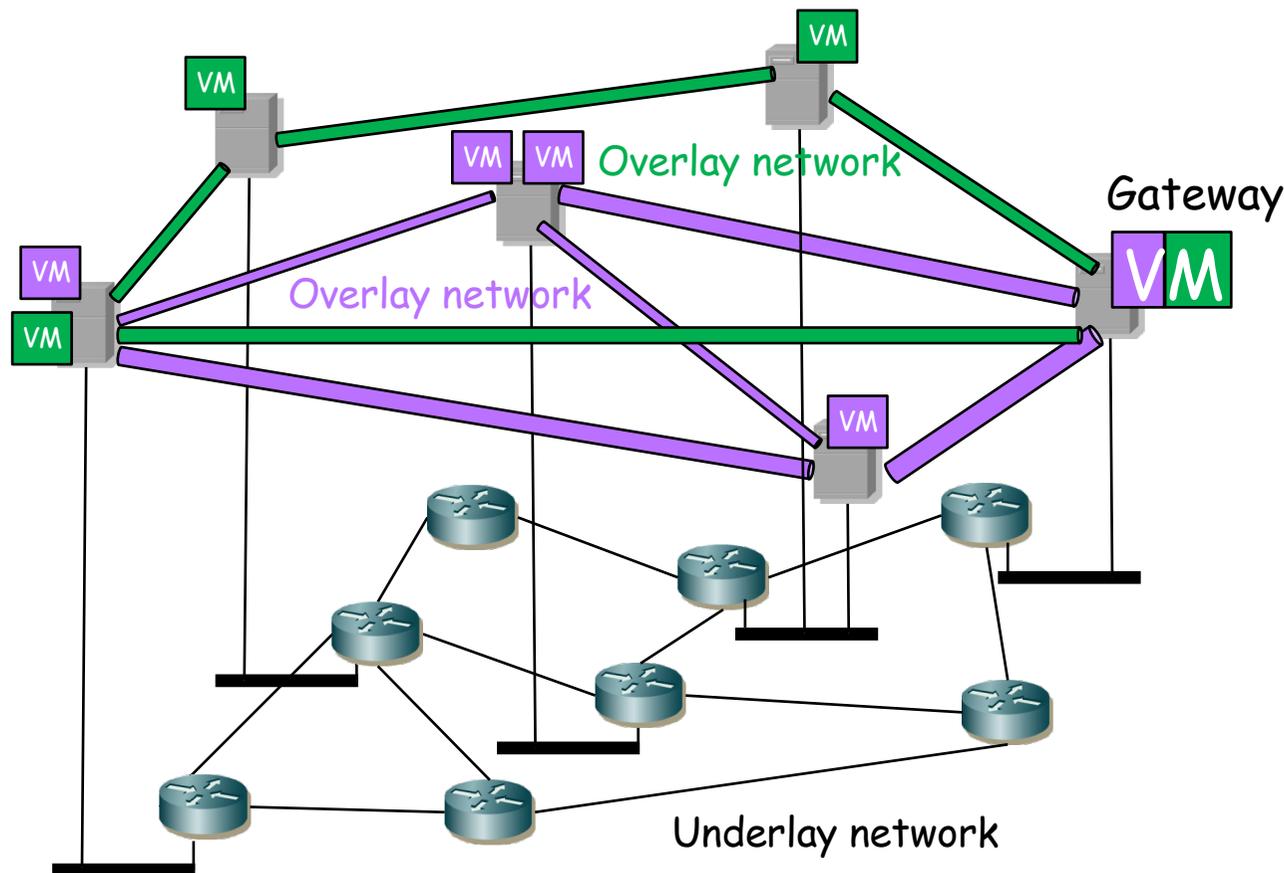
# Overlays

- Debe permitir gran número de overlay networks
- Miembros de la overlay muy dispersos por el DC
- VMs de la overlay muy dinámicos (creación, destrucción, on, off, move)
- Sin requerir cambios en la underlay network
- Permiten que las tablas de direcciones MAC de los conmutadores de la underlay no crezcan con el número de VMs
- Para ello intentan evitar que los conmutadores del núcleo aprendan las direcciones MAC de las VMs (hosts de overlay)
- Esto lo van a hacer encapsulando las tramas Ethernet de los hosts extremo
- Para entornos con mucho tráfico este-oeste en vez de norte-sur



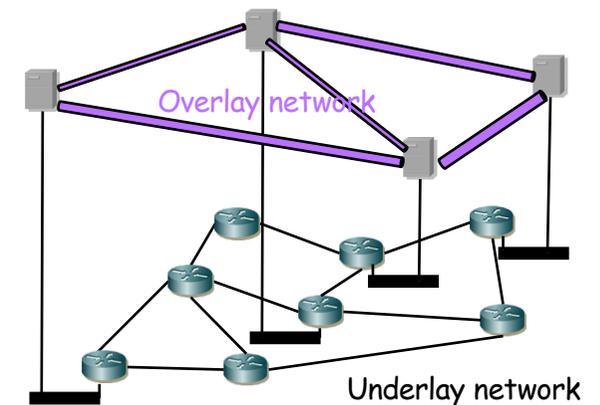
# Comunicación al exterior

- Un equipo hará de *gateway*
- Puede ser por ejemplo un equipo con interfaces en dos overlays
- O con otro interfaz en una subred de la underlay
- Puede ser una VM, un vSwitch o un equipo físico
- Si enruta a otra overlay deben no colisionar sus espacios de direcciones



# Overlays

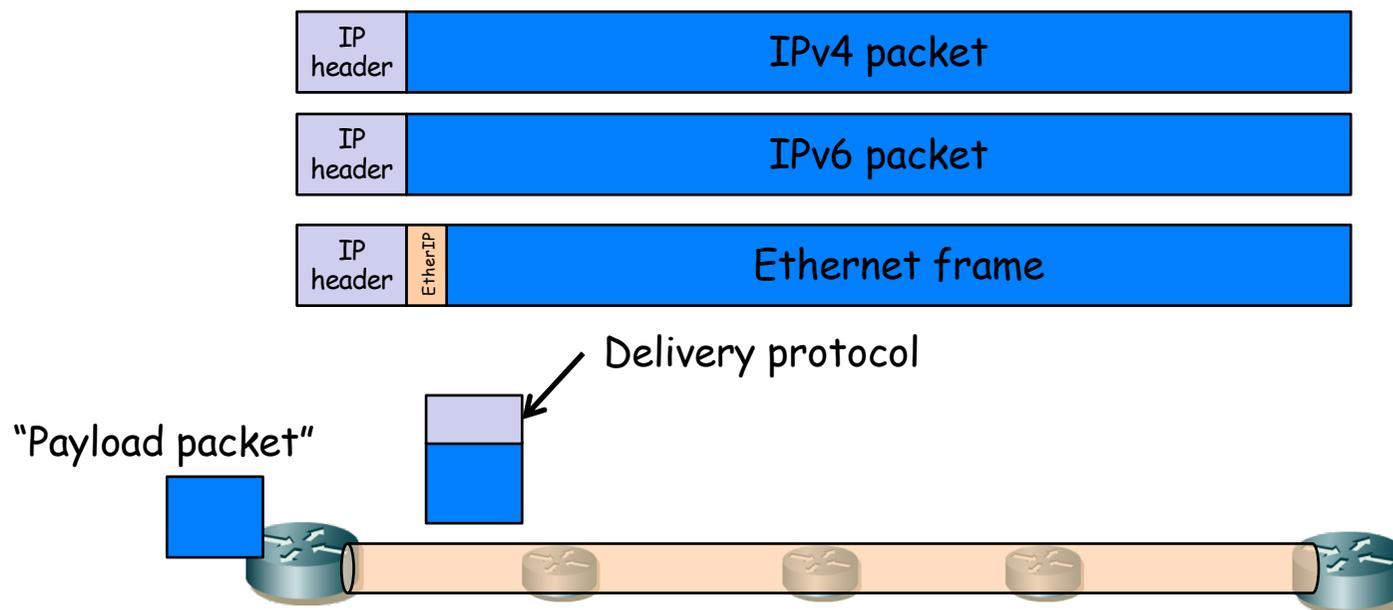
- Alternativas existentes:
  - BGP/MPLS IP o Ethernet VPNs
  - TRILL (Transparent Interconnection of Lots of Links)
  - SPB (Shortest Path Bridging)
  - NVGRE (Network Virtualization using GRE)
  - OTV (Overlay Transport Virtualization)
  - VXLAN (Virtual Extensible LAN)
  - FabricPath (TRILL)
  - LISP (Locator/ID Separation Protocol)
  - Geneve (Generic Network Virtualization Encapsulation)



# Túneles básicos

# Túnel directo sobre IP

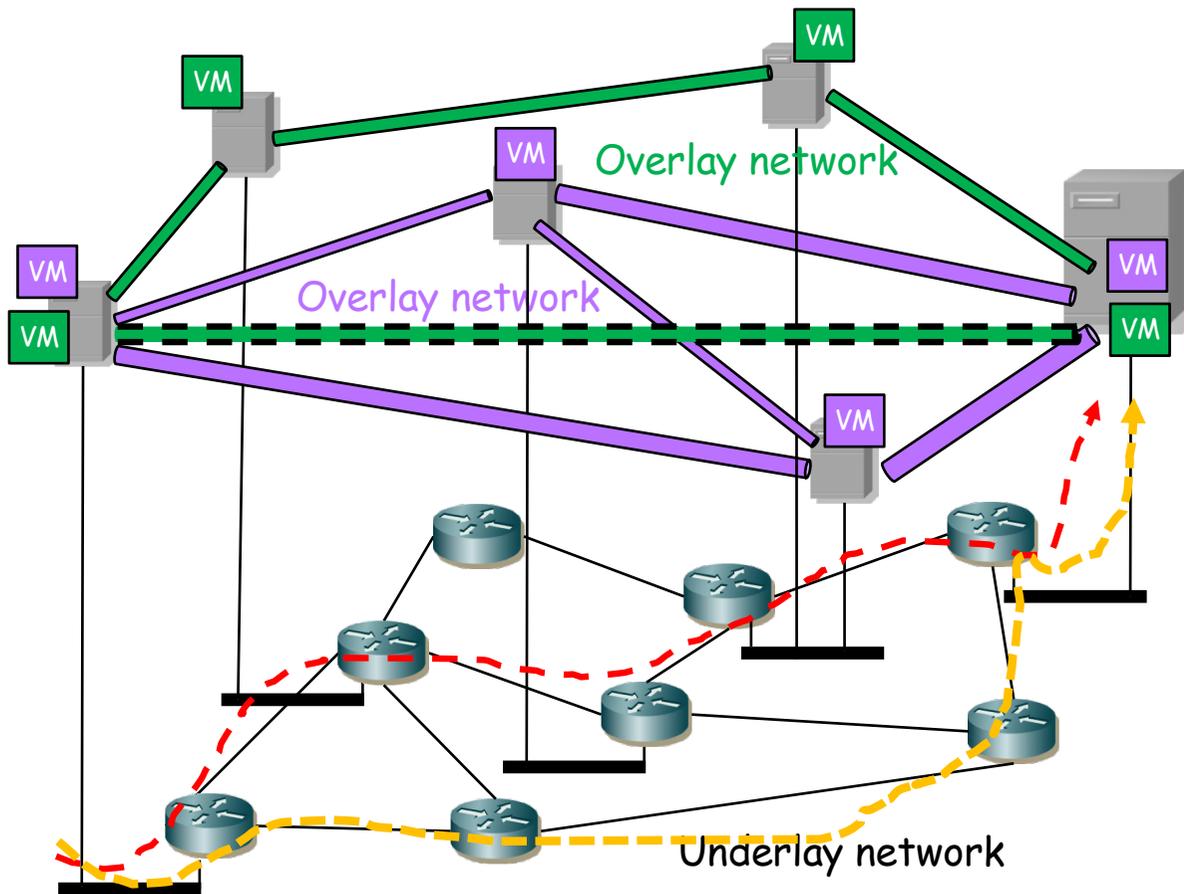
- Un extremo introduce el paquete a transportar en un paquete IP
- El paquete IP va dirigido a la dirección del otro extremo del túnel
- La red intermedia encamina en función de esa dirección destino, independiente del contenido
- ¿Qué podemos transportar dentro de IP?
  - Protocol = 4 : IPv4
  - Protocol = 41 : IPv6
  - Protocol = 97 : Ethernet-within-IP Encapsulation (RFC 3378), cabecera EtherIP de 2 bytes seguida de trama Ethernet





# Uso en overlays

- Todo un túnel es un mismo flujo IP-a-IP
- No podemos aprovechar ECMP en la underlay si queremos evitar desorden



upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**Redes de Nueva Generación**  
*Área de Ingeniería Telemática*



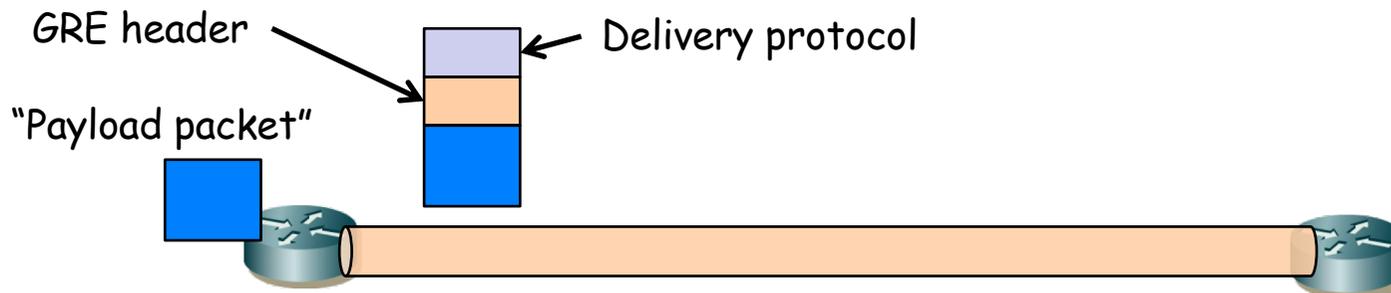
# GRE



# GRE

- RFC 2784 “Generic Routing Encapsulation (GRE)” (Procket Networks, Enron Communications, Cisco Systems, Juniper Networks, 2000)
- PPTP (Point-to-Point tunneling Protocol) usa algo similar a GRE
- La cabecera básica GRE ocupa 8 bytes
- Uno de los campos es un Ethertype (*Protocol Type*)
- La versión anterior (RFC 1701) tenía más campos que desaparecen en esta
- Aunque algunos se recuperan en la RFC 2890 “Key and Sequence Number Extensions to GRE” (Cisco, 2000) (...)

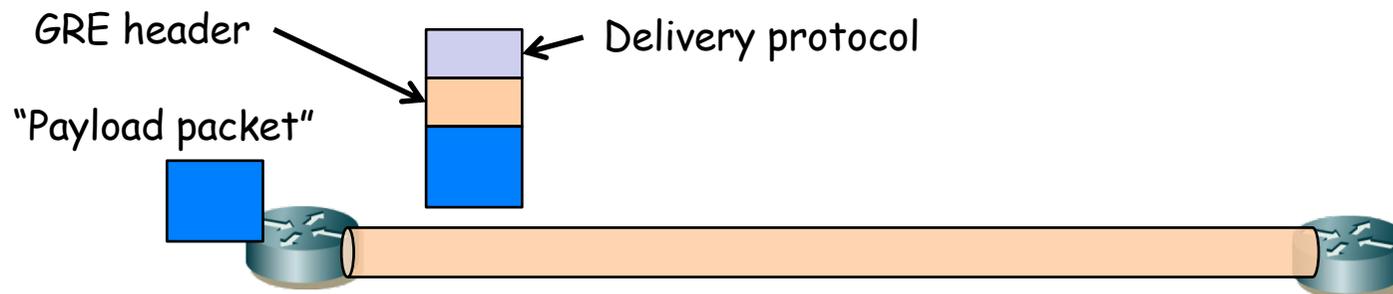
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1
C	Reserved0										Ver	Protocol Type																			
Checksum (optional)																Reserved1 (Optional)															



# GRE

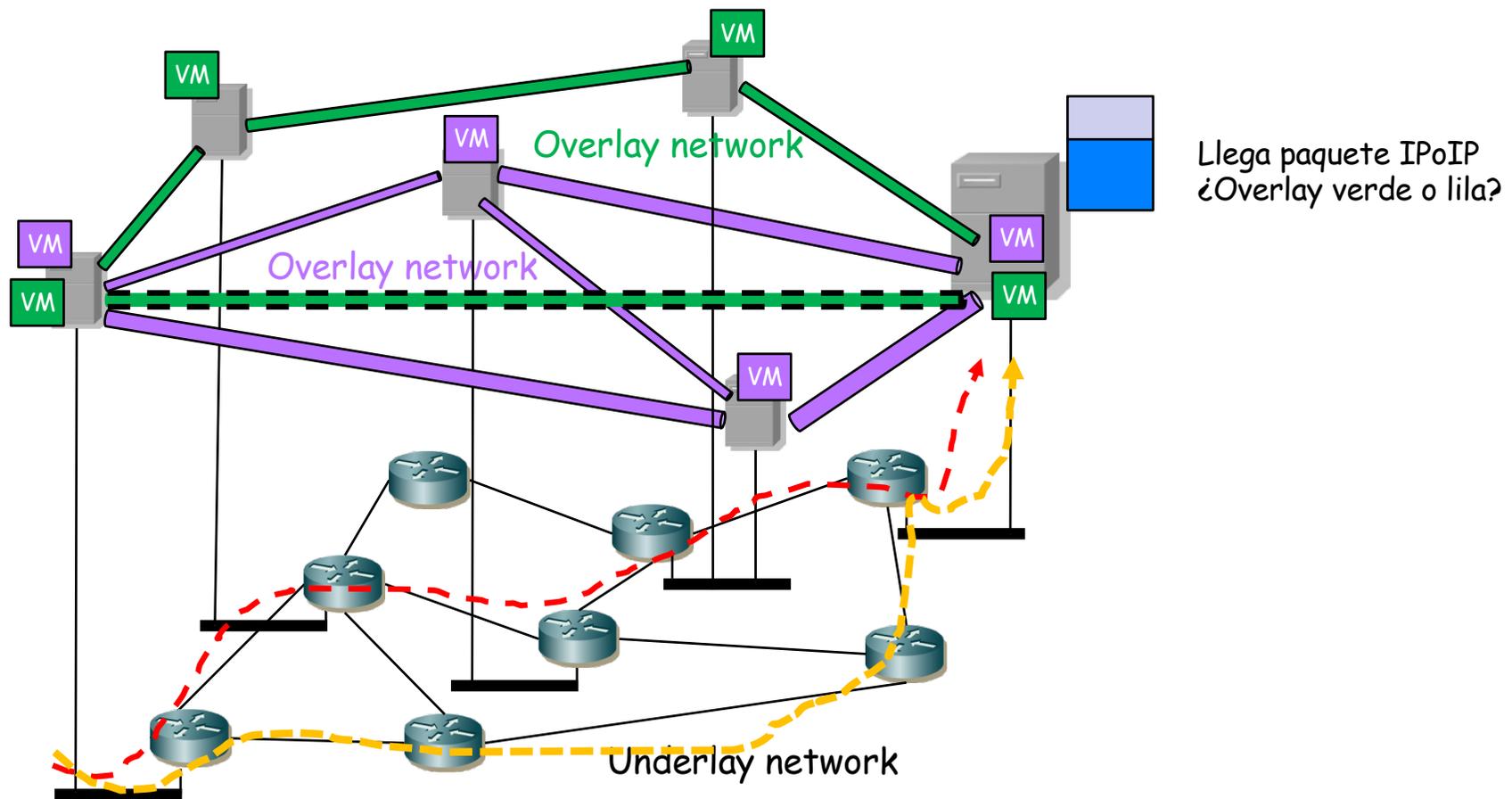
- RFC 2890 “Key and Sequence Number Extensions to GRE”
- “Key” sirve para distinguir flujos dentro del túnel
- “Sequence Number”
  - Si hay “key” entonces el número de secuencia es por “key”
  - Permite dar entrega en orden (aunque no fiable)
  - Si llega uno “anterior” lo descarta
  - Si llega uno que deja un hueco puede guardarlo intentando reconstruir la secuencia
  - Pasado cierto tiempo sin lograr reconstruir los reenvía

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1
C   K S  Reserved0										Ver					Protocol Type																
Checksum (optional)															Reserved1 (Optional)																
Key (optional)																															
Sequence Number (Optional)																															



# Uso en overlays

- Muchos chips de conmutador pueden calcular el hash para ECMP usando el campo key de GRE, permitiendo el reparto multipath
- No existe un identificador de la overlay en el paquete recibido
- Se podría identificar por la dirección IP a la que va dirigido (una dirección IP en cada host para cada overlay)



upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**Redes de Nueva Generación**  
*Área de Ingeniería Telemática*



# VXLAN



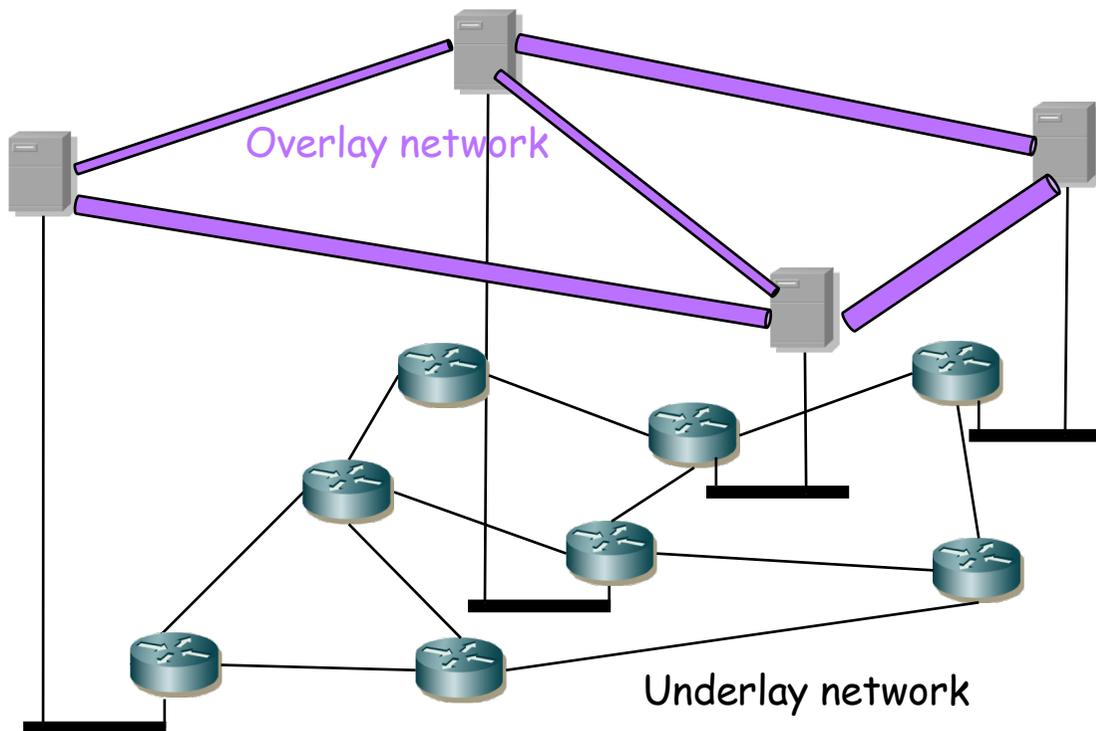
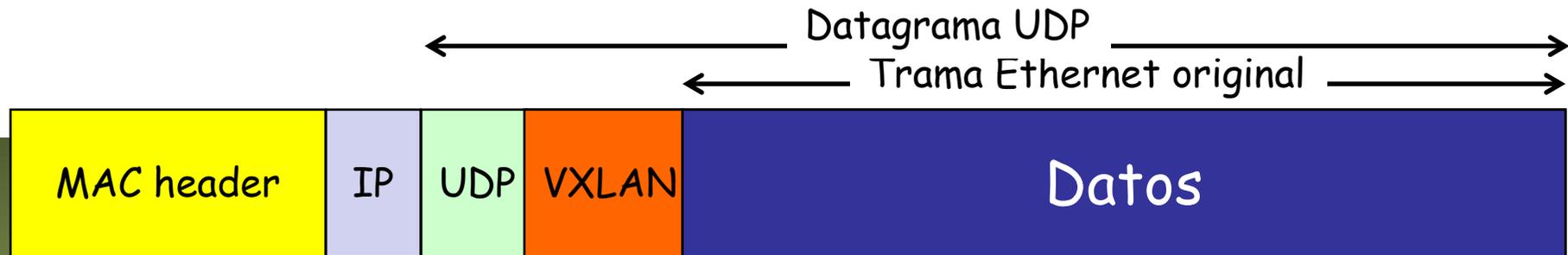
# VXLAN

- RFC 7348 “Virtual eXtensible Local Area Network (VXLAN): A Framework for Overlaying Virtualized Layer 2 Networks over Layer 3 Networks” (agosto 2014)
- RFC Informativa firmada por Cisco, VMware, Intel, Red Hat, Arista y Cumulus Networks
- Diseñado para un entorno de host virtualizado
- Emplea un esquema de overlay de capa 2 sobre capa 3 (o sea, un túnel), en el mismo data center o en otro



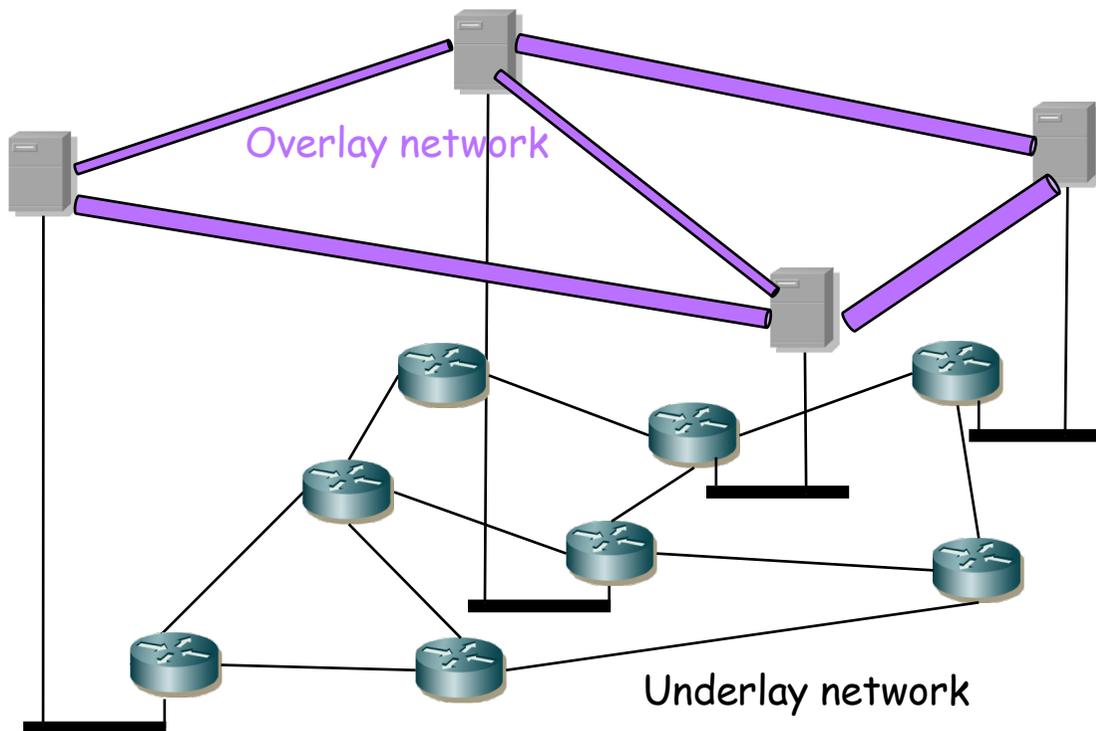
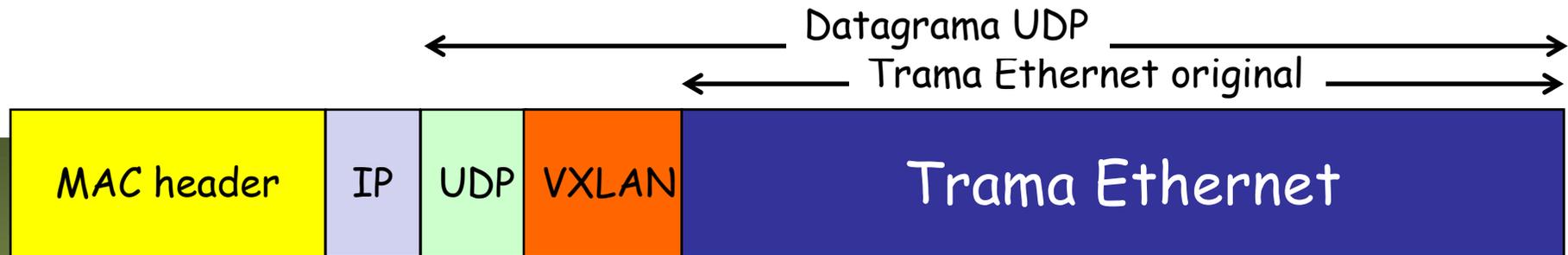
# VXLAN

- Túnel sobre capa 4 pues hace el transporte sobre UDP
- Cabecera VXLAN con identificador de la Virtual Network (VNI)



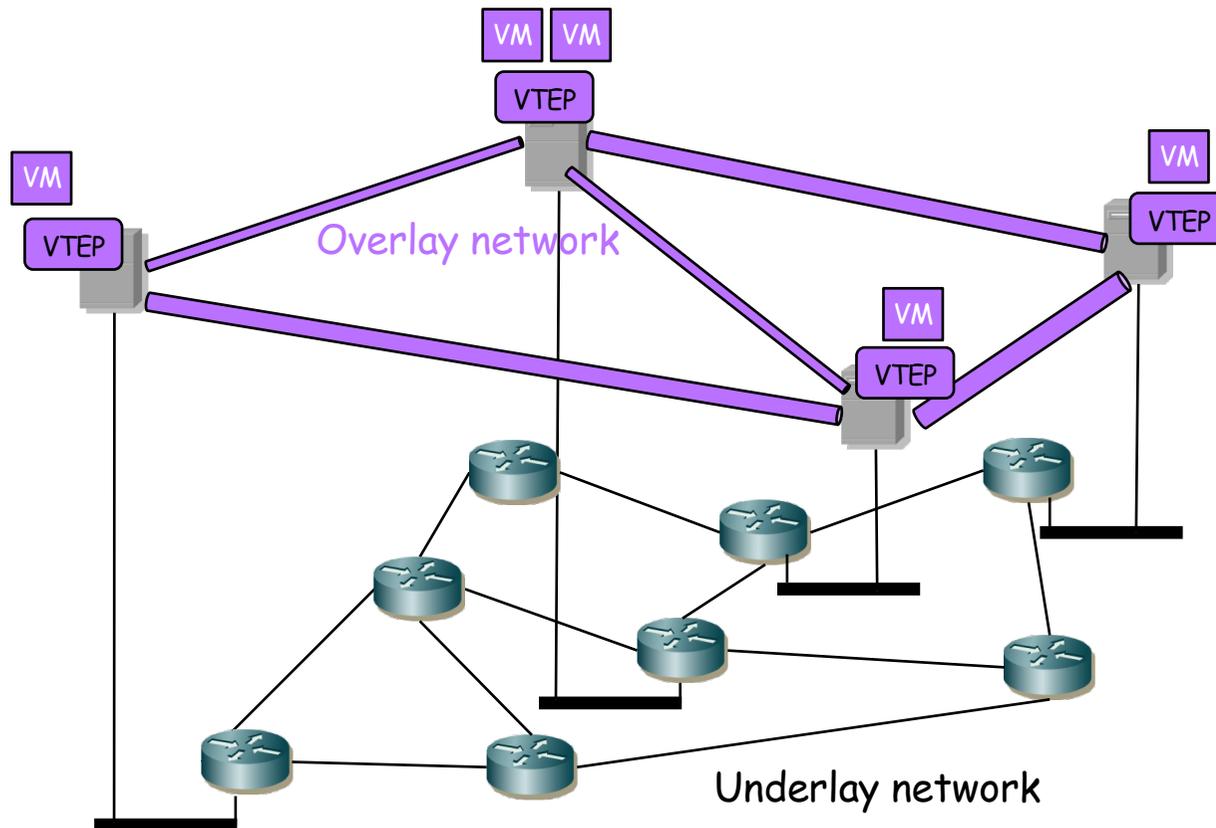
# VXLAN

- Contenido: trama Ethernet entregada por la VM



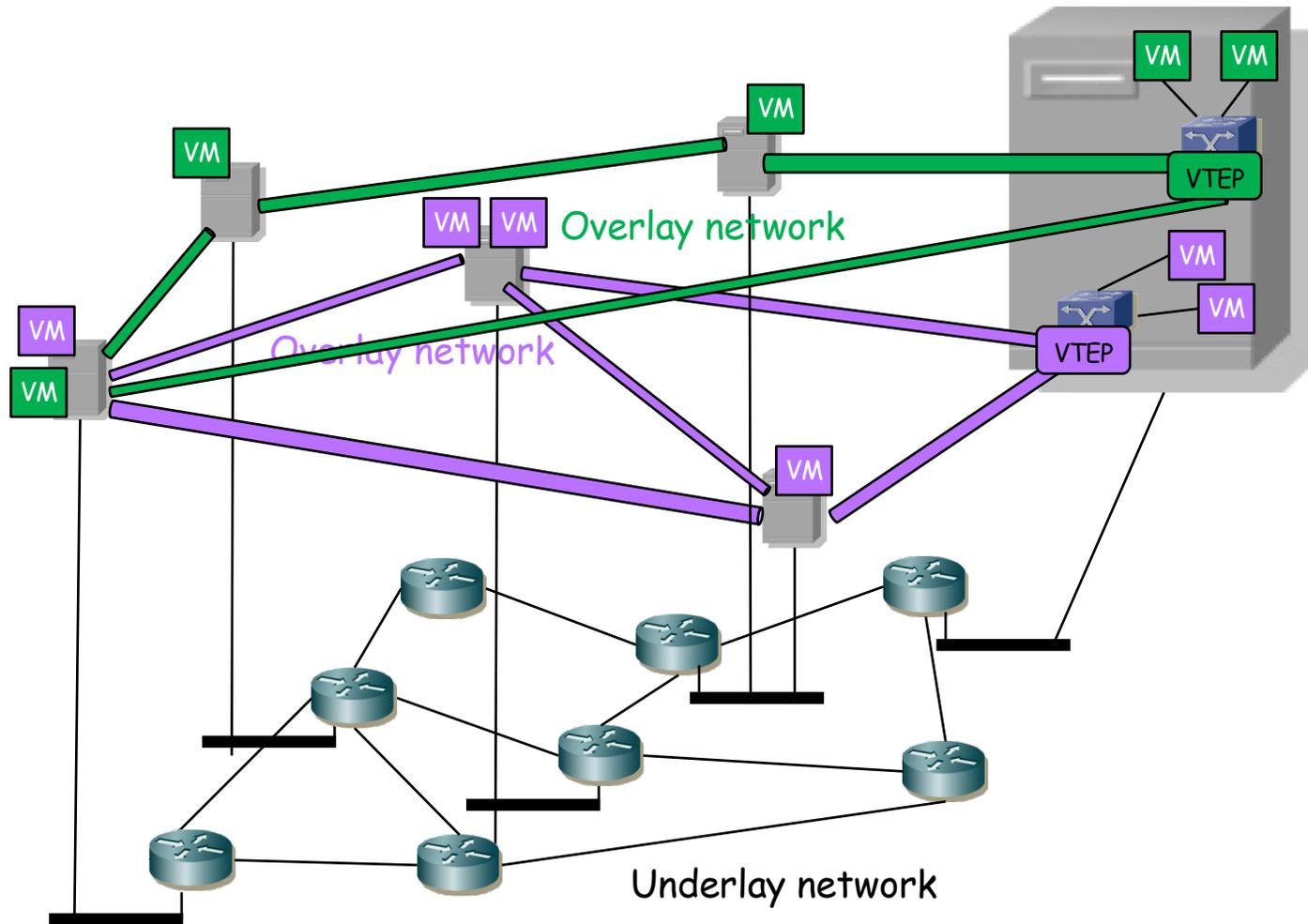
# VXLAN

- El extremo del túnel es el VTEP (VXLAN Tunnel EndPoint)
- Puede estar en un hypervisor o en un switch físico cercano



# Uso en overlays

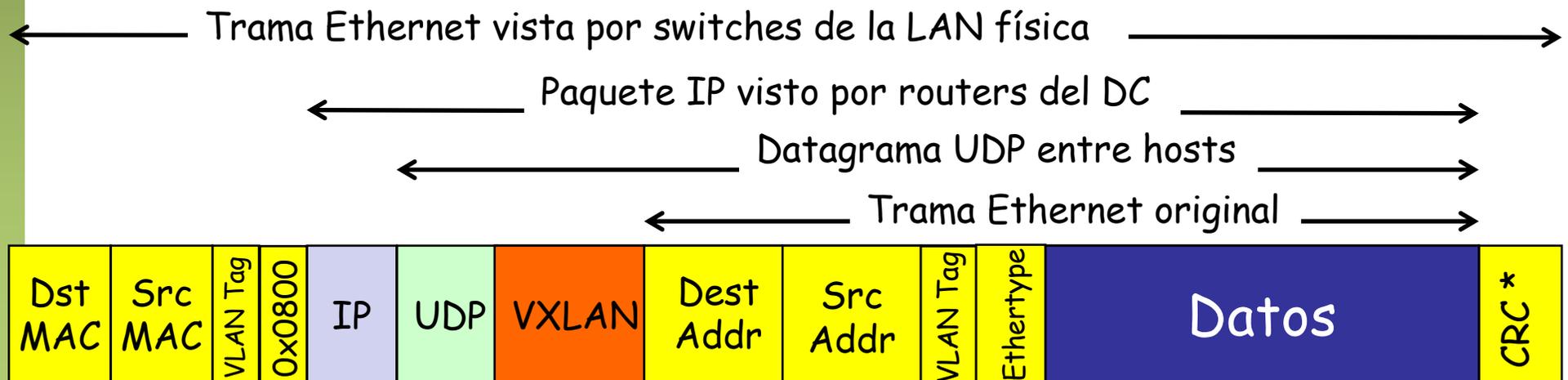
- La dirección IP origen no identifica a la overlay, sino el VNI
- Otra overlay, otro VNI



# VXLAN Data Plane

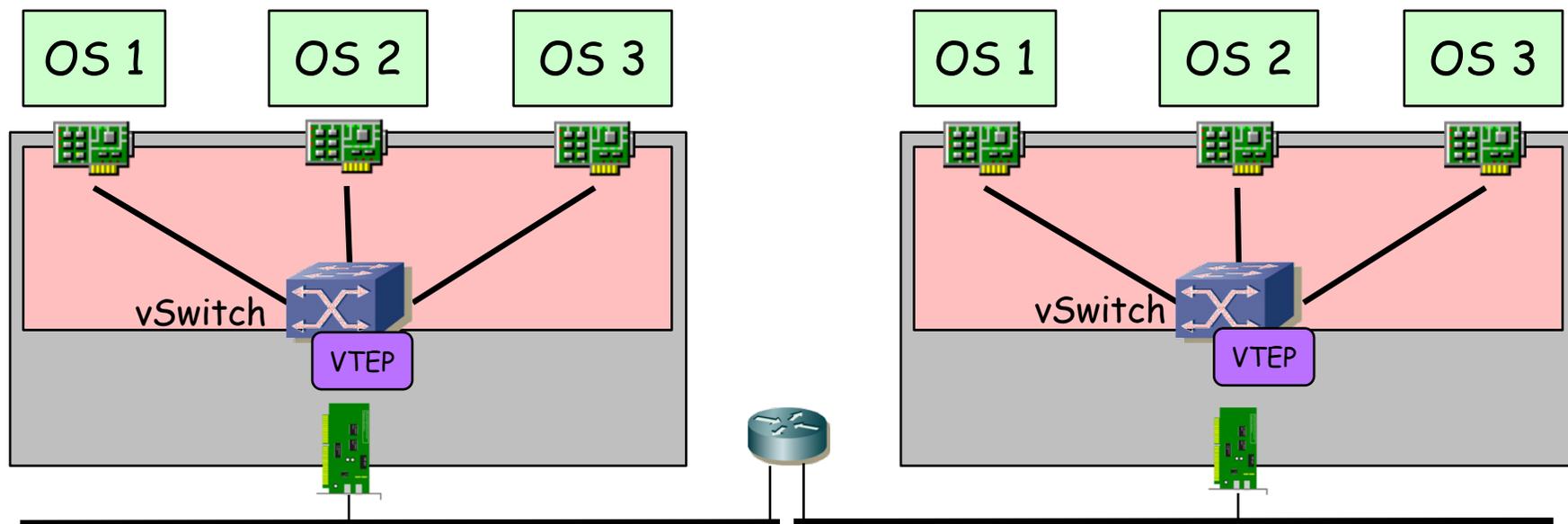
# VXLAN

- Puerto destino 4789, puerto origen se recomienda un hash de campos de la trama original para facilitar el balanceo de flujos en la red IP
- La cabecera VXLAN es de 8 bytes y fundamentalmente contiene el VNI
- VNI = *VXLAN Network Identifier* (de 24 bits)
- En un entorno de DC con múltiples usuarios permite separar más de los 4094 que permitiría una etiqueta de VLAN
- Los VLAN Tags (trama externa e interna) son opcionales
- Trama interna sin CRC
- Para las máquinas virtuales es transparente



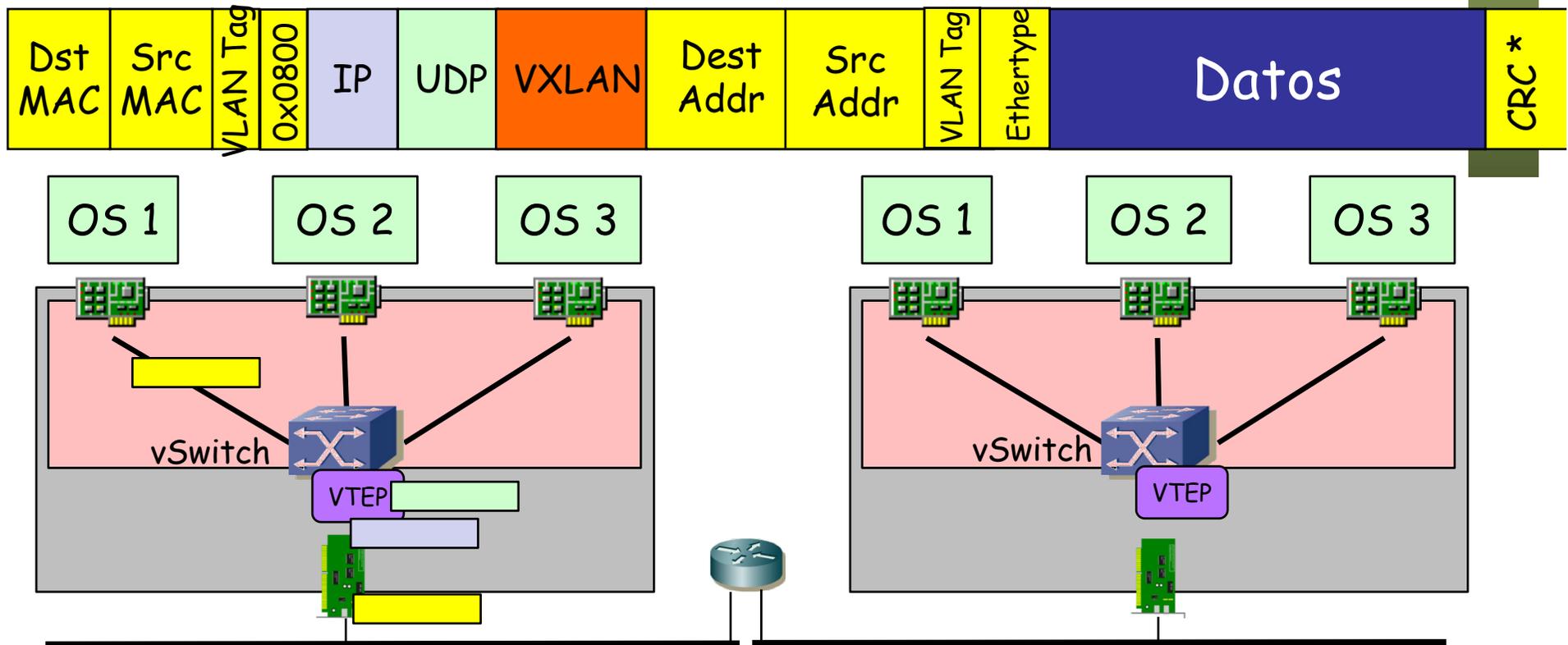
# VXLAN: *Data plane*

- Cada overlay se conoce como un “segmento VXLAN”
- Los hosts (VMs) de un segmento VXLAN solo pueden comunicarse entre ellos
- Se pueden repetir las direcciones MAC en distintos segmentos
- El VTEP se suele encontrar en el hypervisor (transparente para la VM)
- Podría estar en un ToR switch



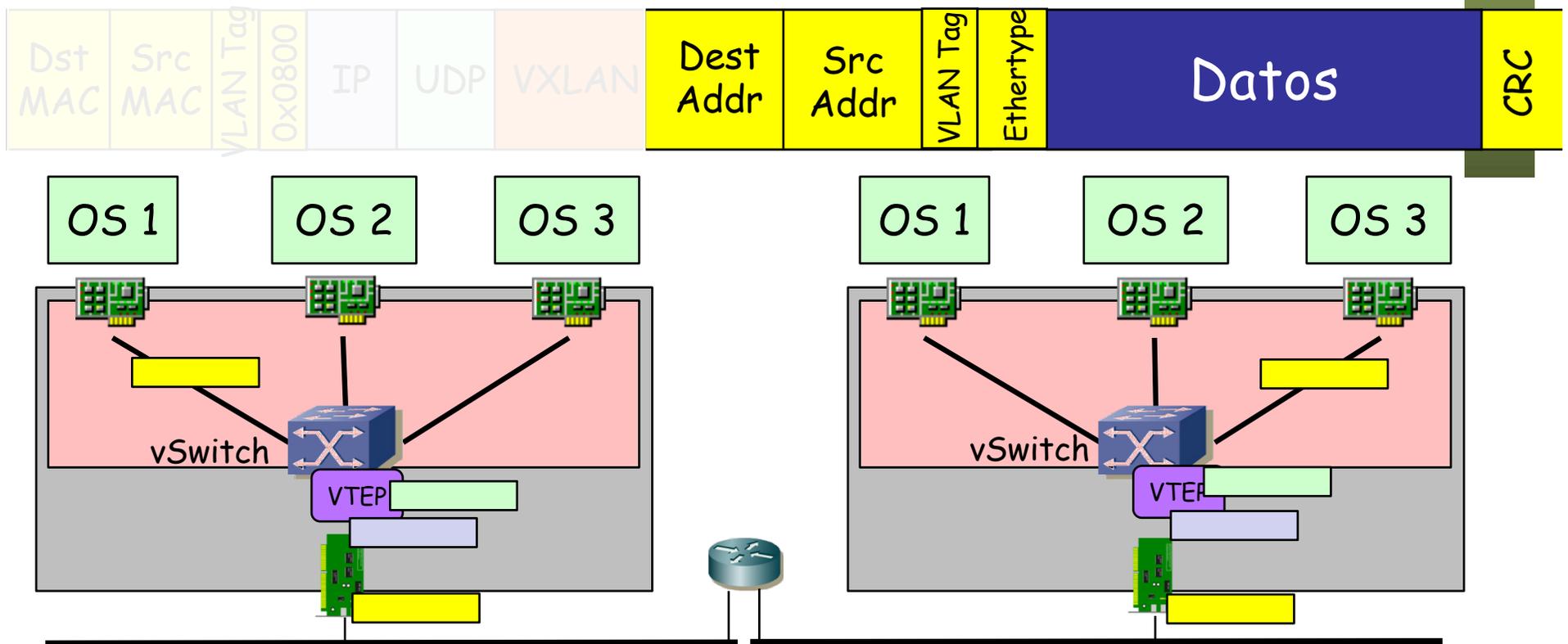
# VXLAN: *Data plane*

- La trama Ethernet que envía una VM la recibe el vSwitch
- La encapsula con el VNI (configuración de la VM) en un datagrama UDP
- Averigua la dirección IP del host que contiene la VM con esa MAC destino
- Le envía el paquete IP que contiene la trama
- Por supuesto en una trama Ethernet



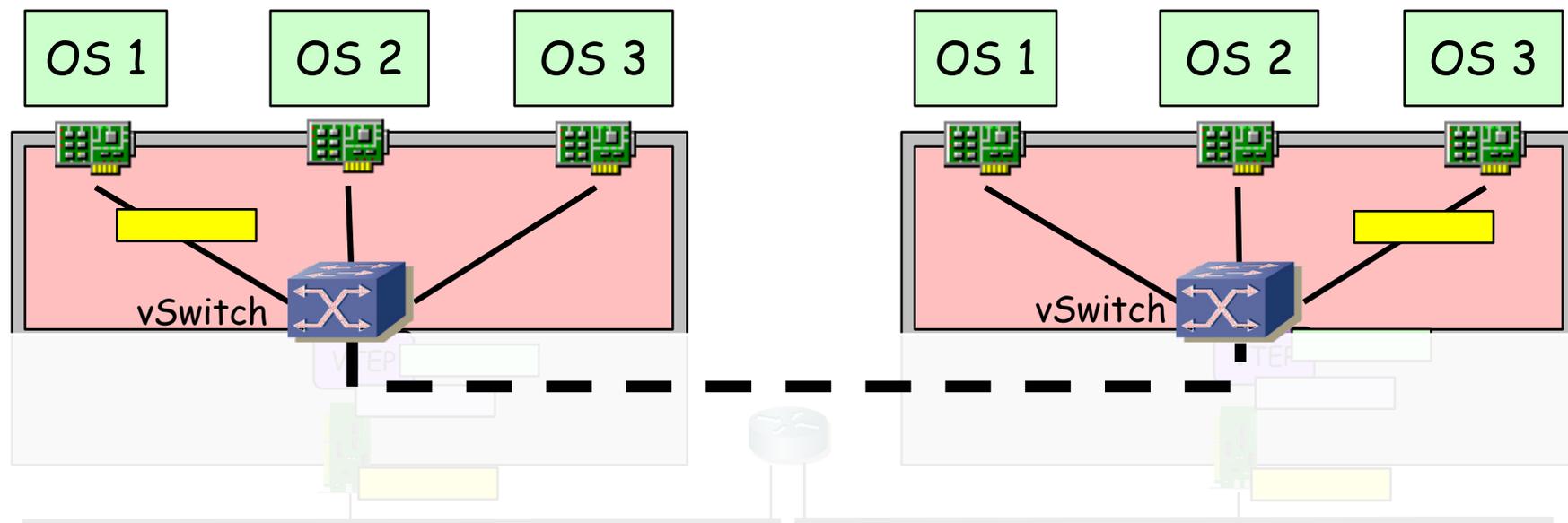
# VXLAN: *Data plane*

- Si hay LAGs o ECMP los switches que repartan flujos en función de capa 3+ pueden repartir estos flujos
- En el receptor el proceso es el inverso
- La VM destino nunca ve el paquete VXLAN
- Recibe directamente la trama que envió la VM origen



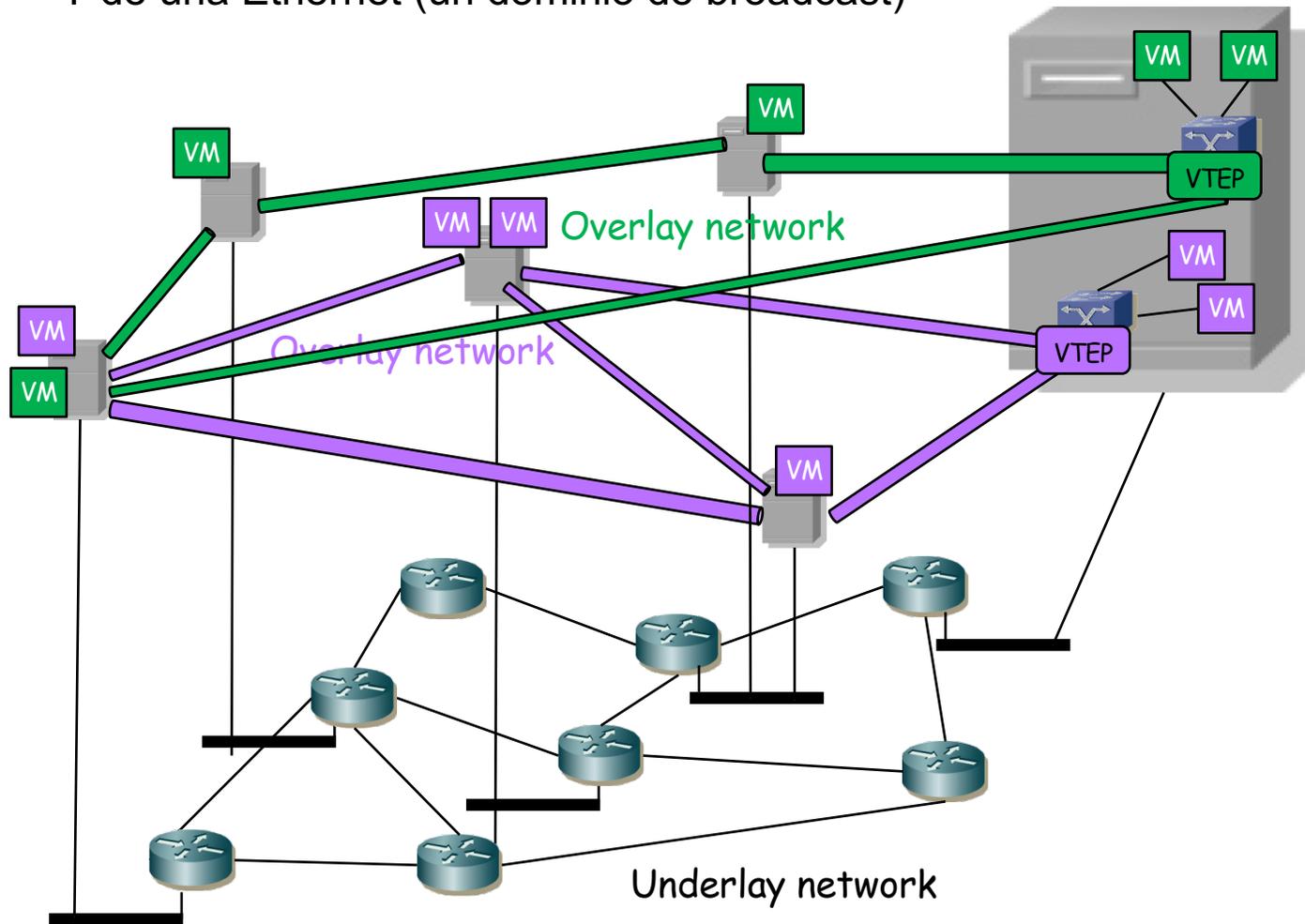
# VXLAN: *Data plane*

- El transporte entre las VMs es de las tramas Ethernet
- Se comportan como si estuvieran en la misma VLAN
- ¿O en varias VLANs? A fin de cuentas transporta el V-Tag
- La RFC no lo deja claro y parece más inclinada a retirar esa etiqueta (sección 6.1)



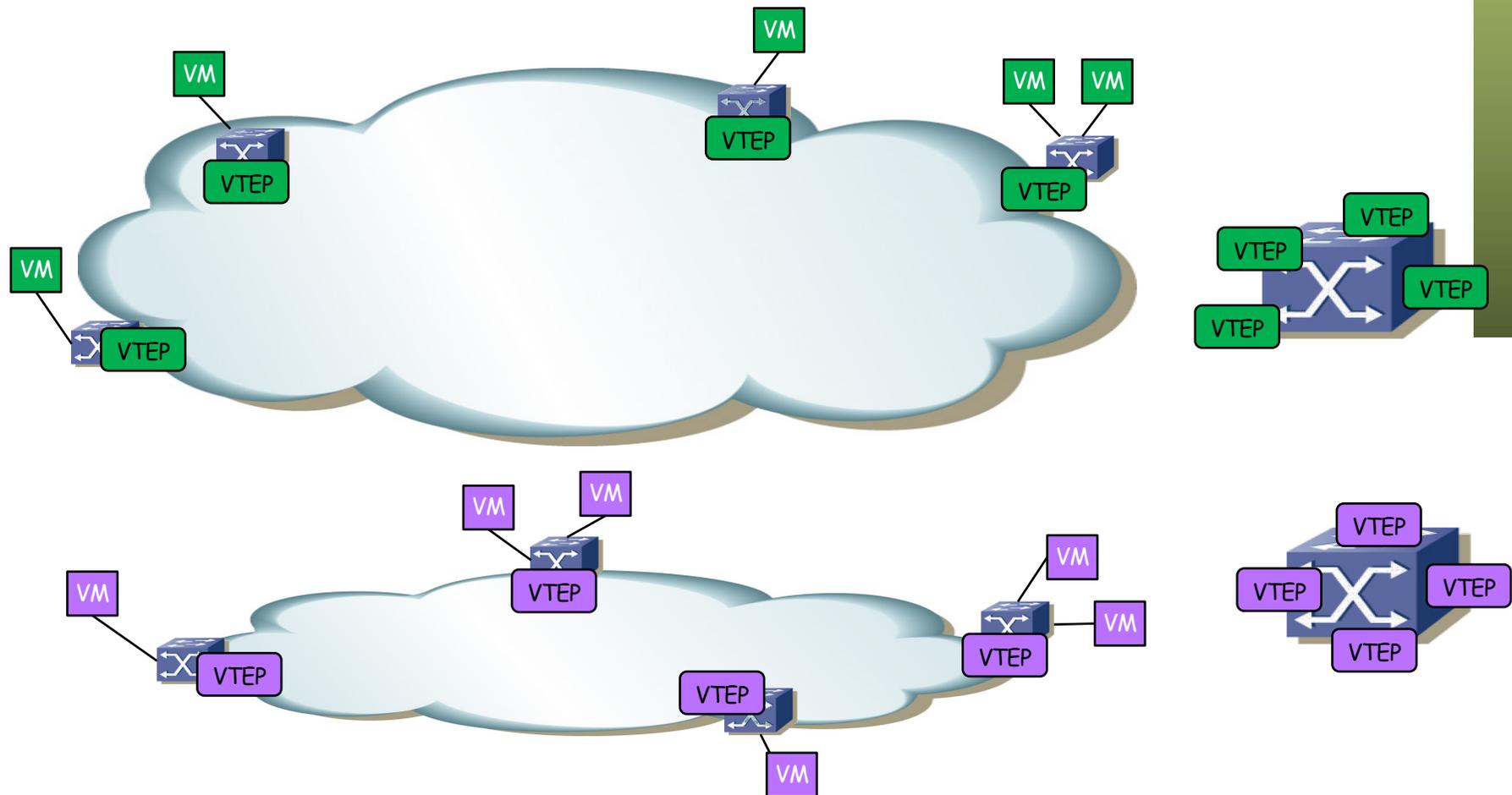
# Uso en overlays

- La underlay ve paquetes IP entre los hosts
- Ve que transportan paquetes UDP si lo necesita para el ECMP
- El resto es transparente
- Tenemos las ventajas de una red IP (routing, multipath, no STP)
- Y de una Ethernet (un dominio de broadcast)



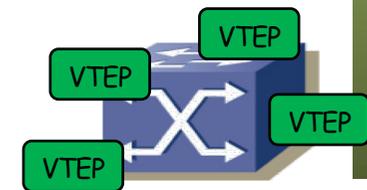
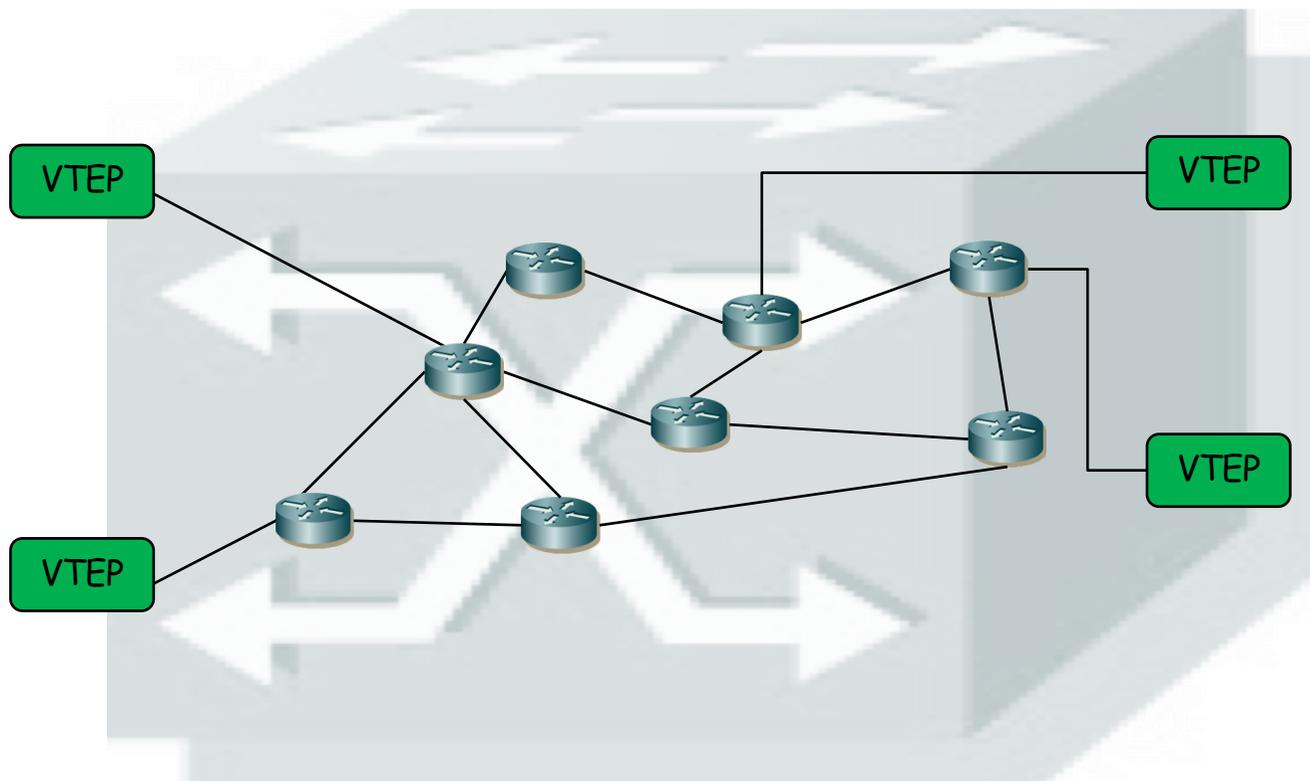
# Abstracción de la underlay

- La underlay da un servicio de interconexión a cada overlay
- Se comporta como un switch cuyo backplane se base en IP para mover las tramas entre los interfaces, que son los VTEPs



# Abstracción de la underlay

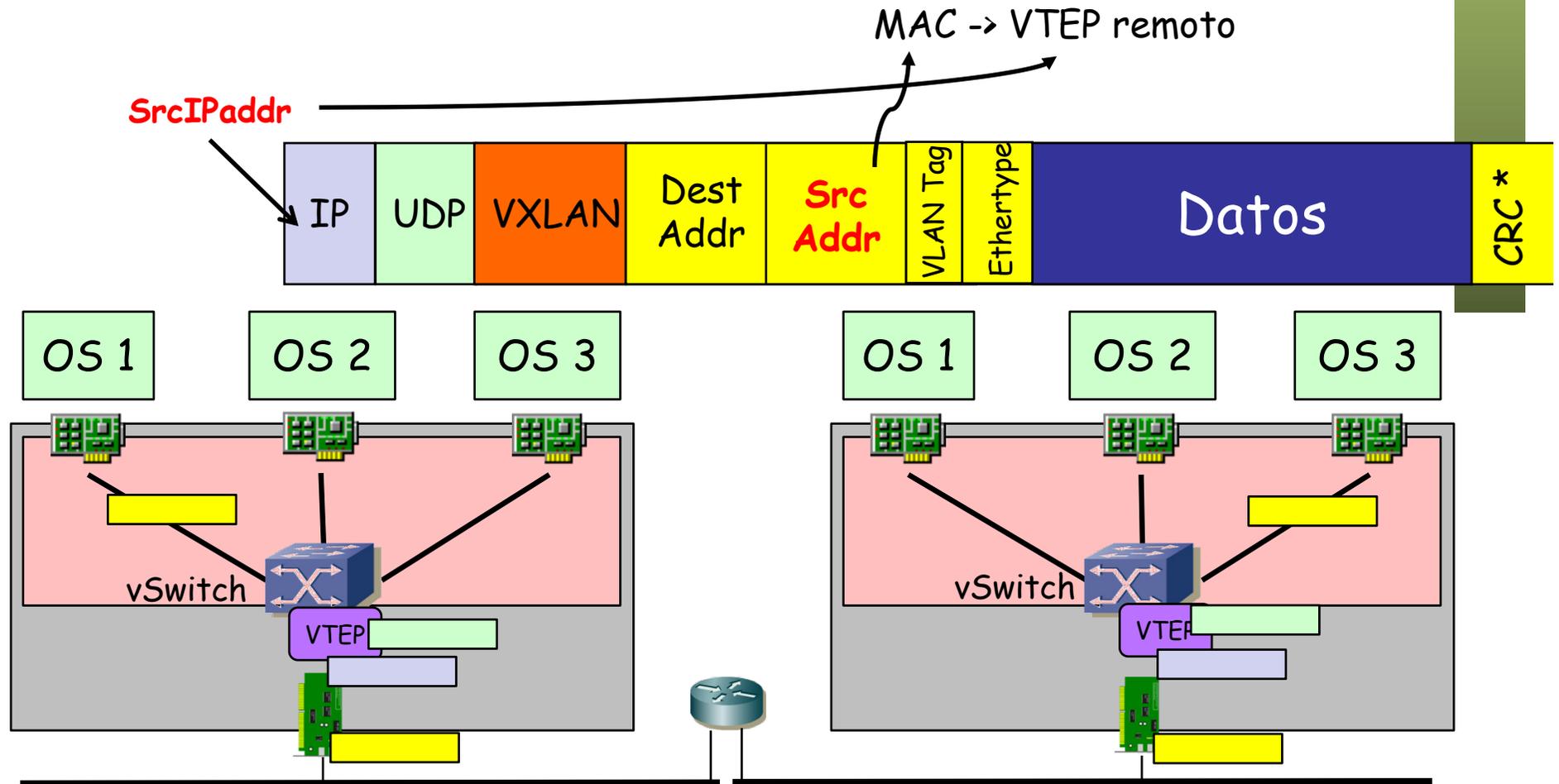
- La underlay da un servicio de interconexión a cada overlay
- Se comporta como un switch cuyo backplane se base en IP para mover las tramas entre los interfaces, que son los VTEPs



# VXLAN Control Plane

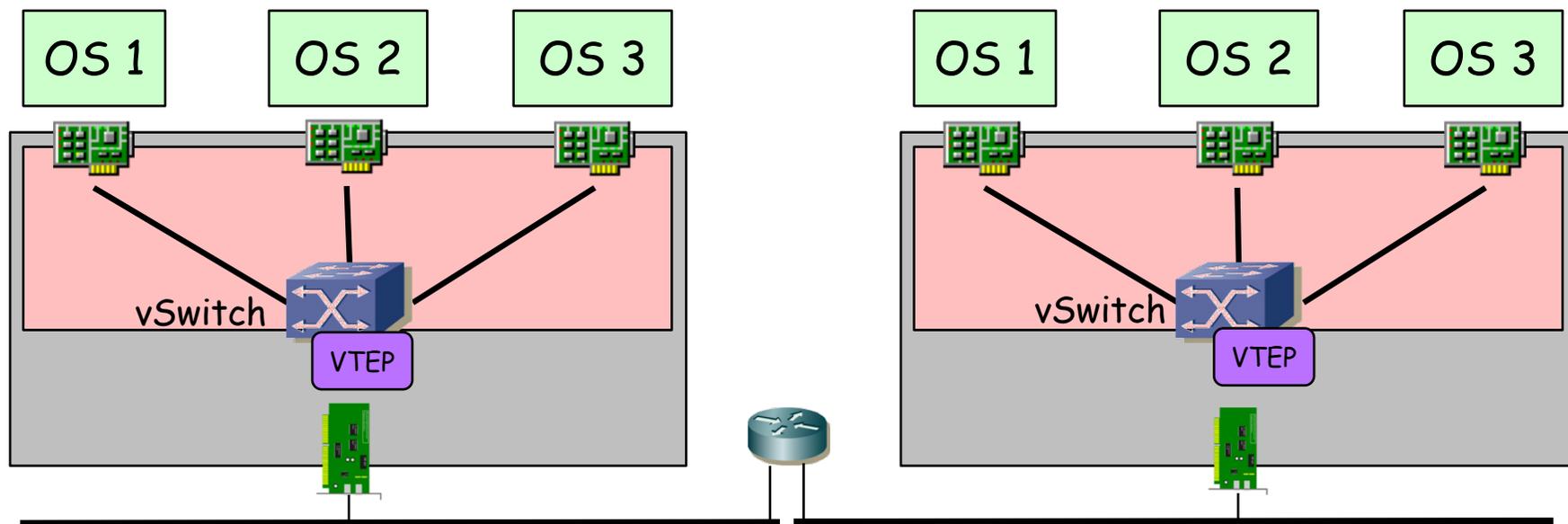
# VXLAN: *Control plane*

- Los vSwitch deben aprender la dirección IP del host de la VM
- Aprende con información del plano de datos: al recibir un paquetes de datos
- Aprende que la dirección MAC origen en la trama contenido es de un host en el VTEP con dirección IP la origen en el continente
- Cuando tenga una trama para esa MAC sabe a qué VTEP enviarla



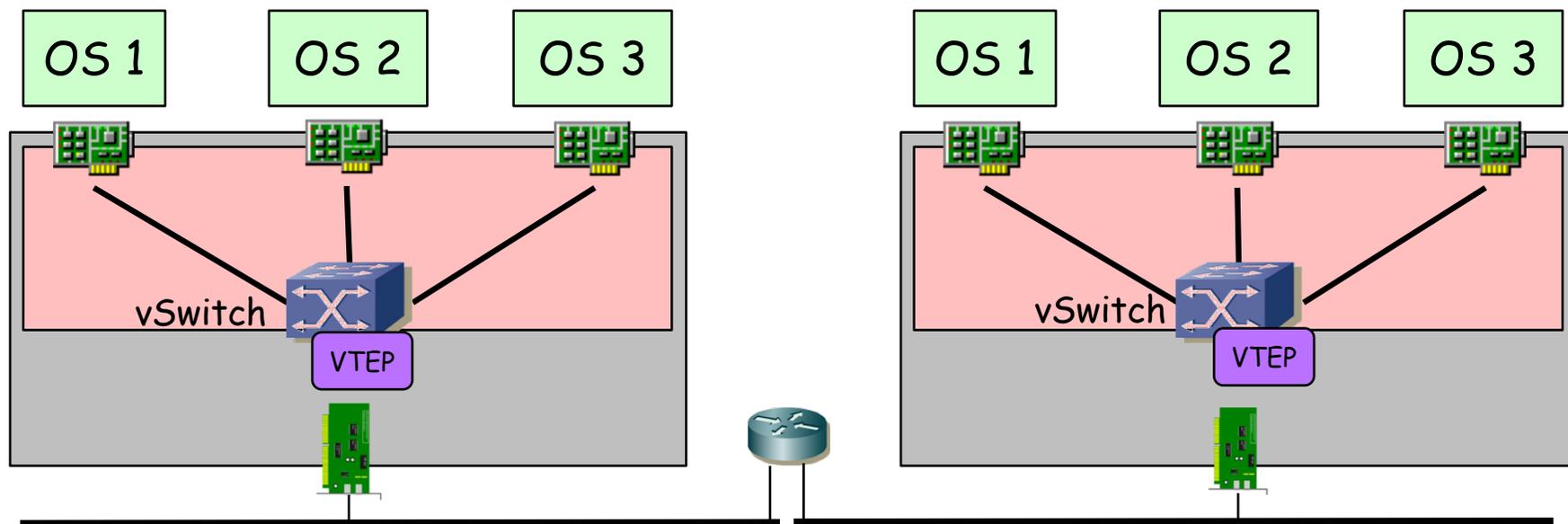
# VXLAN: *Control plane*

- ¿Y el BUM?
  - Broadcast
  - Unknown unicast
  - Multicast



# VXLAN: *Control plane*

- ¿Y el BUM? Por ejemplo los ARP
- Se envía a un grupo multicast IP (uno por segmento VXLAN)
- Todos los hosts del segmento VXLAN pertenecen a ese grupo
- Esto implica routing multicast en la red IP (algo como PIM-SM)
- El número de grupos multicast soportados por la red puede ser limitado, lo cual llevaría a compartirlos para varios segmentos VXLAN
- Hay soluciones unicast e híbridas, propietarias, mediante algún tipo de controlador o empleando MP-BGP



# NVGRE

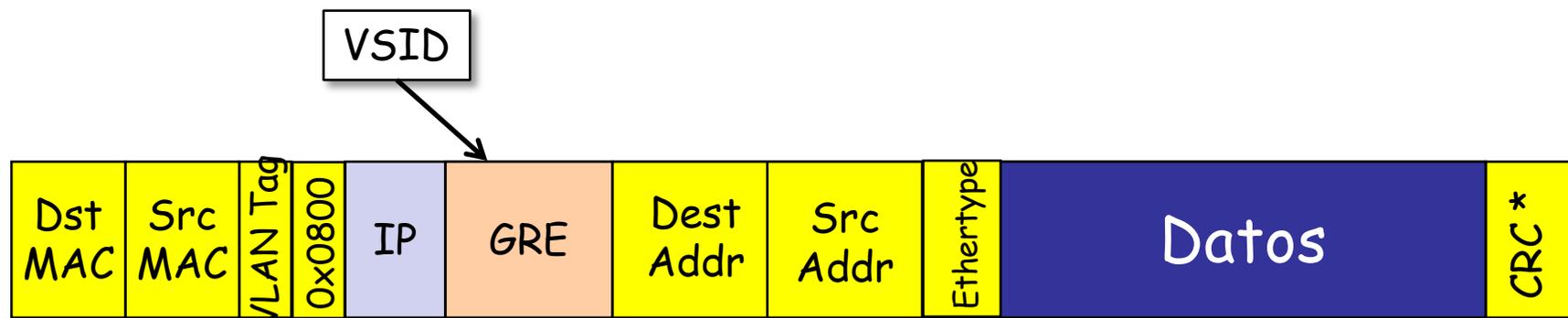
# NVGRE

- RFC 7637 “*NVGRE: Network Virtualization using Generic Routing Encapsulation*”
- RFC Informativa (Sept.2015) firmada por Microsoft
- Crea una topología capa 2 virtual sobre una red capa 3
- La trama (sin V-TAG) es encapsulada en el extremo (host, switch virtual, etc) en un paquete GRE y en un paquete IP (protocolo 0x2F)



# NVGRE

- El extremo se llama el NVGRE Endpoint
- La cabecera GRE contiene un Virtual Subnet ID (VSID)
  - De 24 bits (parte del campo *key* de GRE)
  - Los 8 bits restantes de la clave se usan para distinguir flujos y poder hacer reparto de carga en routers que entiendan GRE
  - Permite identificar un dominio broadcast capa 2 en un entorno multi-tenant



# NVGRE

- La RFC no detalla cómo el Endpoint conoce la dirección del destino al que mandar el paquete IP
- Broadcast y multicast
  - Se puede emplean encaminamiento multicast IP con una o más direcciones multicast por VSID
  - Se puede implementar con N-way unicast
- Lo soporta Hyper-V (draft propuesto por Microsoft)
- NICs pueden soportar *offloading* del encapsulado NVGRE



upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**Redes de Nueva Generación**  
*Área de Ingeniería Telemática*



# Geneve



# Geneve

- RFC 8926 (Noviembre 2020): “Geneve: Generic Network Virtualization Encapsulation”, firmada por Intel y VMware
- Formato estandarizado para el data plane
- Sobre UDP
- Puerto destino 6081, origen un hash de header encapsulado
- Protocol Type es el Ethertype del contenido (0x6558 = Ethernet)
- VNI de 24 bits
- 0 o más opciones en formato TLV
- Deja indeterminado el plano de control



# Overlays en el data center