

# Fundamentos de Tecnologías y Protocolos de Red

Parcial de temas 1-3, curso 2019-2020

Soluciones en fondo **GRIS**

## Comentarios previos

Este examen vale **3.5 puntos**. Su nota se sumará a los 1.5 puntos del examen ordinario de diciembre, que será sobre el tema 4. Entre esos 5 puntos hay que obtener al menos 2.5 para poder sumar la nota del resto de actividades evaluables (actividades en casa, prácticas, ejercicio en grupo). Este examen contiene un problema por 3 puntos y un pequeño cuestionario (todas sus preguntas tienen el mismo valor) por los 0.5 restantes.

Algunas cuestiones pueden contener tablas, dibujos o espacio disponible para contestar. En ese caso conteste en la propia hoja del enunciado, así como en el caso de las preguntas de selección múltiple. En el resto de situaciones conteste en una hoja independiente marcando claramente a qué pregunta está contestando. Ponga el nombre en todas las hojas (preferiblemente en todas las páginas), incluidas las del enunciado.

Puede haber diferentes versiones del examen con sutiles diferencias, así que debe entregar las hojas del enunciado, no solo porque en parte conteste en ellas sino también para saber a qué versión del examen está contestando. Las diferentes versiones no entrañan diferente dificultad, solo cambios sutiles en los enunciados y cuestiones para detectar casos de copia. En caso de que necesite añadir hipótesis para resolver alguna cuestión explique dichas hipótesis y sea consistente.

En el examen de diciembre de la evaluación ordinaria del curso 2019-2020 habrá un apartado de 3.5 puntos con la misma estructura que éste, para cumplir con la guía docente. Aquellas personas que entreguen en ese examen dicho apartado anularán la nota obtenida en éste, sustituyéndola por la que obtengan en ese examen (sea mayor o menor).

## 1) CUESTIONARIO (mínimo 0 puntos, máximo 0.5 puntos)

En el siguiente cuestionario tiene siempre un hueco para añadir cualquier consideración que le haya llevado a elegir esa respuesta, de forma que si cree que la pregunta o las opciones eran ambiguas pueda explicar brevemente su razonamiento. Todas las preguntas puntúan 0.1. En las preguntas tipo test se deben marcar todas las respuestas correctas y ninguna de las incorrectas (puede entender una pregunta que diga “¿cuál?” como “¿cuál o cuáles?”). Una respuesta incorrecta resta 0.05 y es cualquiera en la que se haya dejado de marcar alguna respuesta correcta o se haya marcado alguna incorrecta. Una respuesta en blanco puntúa 0.

a) ¿Para cuál o cuáles de las siguientes velocidades de enlace Ethernet NO existe la opción de *half-duplex*?

- 10Mbps
- 100Mbps
- 1Gbps
- 10Gbps
- 40Gbps
- 100Gbps
- Para todos existe

A partir de 10GE, el resto solo existen como full-duplex. Los anteriores sí pueden trabajar en modo half-duplex

b) Los siguientes son los costes por defecto en función de la velocidad para enlaces Ethernet cuando se emplea STP según la versión de 1998 de estándar 802.1D. Indique, para cada coste, para qué velocidad del enlace Ethernet era el valor recomendado (las velocidades a repartir son 10Mbps, 100Mbps y 1000Mbps)

- 100 Velocidad: 10 Mbps
- 19 Velocidad: 100 Mbps
- 4 Velocidad: 1000 Mbps

A mayor capacidad en el enlace menor coste.

c) ¿Puede un switch capa 2/3 ser la raíz de un árbol de expansión (RSTP) y al mismo tiempo actuar como *backup* de un grupo VRRP?

- Sí
- No
- Sí pero solo si la topología dispone de las 3 capas (acceso, distribución y núcleo)

Son tareas completamente independientes.

d) Indique cuál es el rango máximo válido de valores de identificador de VLAN en la cabecera 802.1Q

- Entre 1 y 254
- Entre 1 y 4094
- Entre 1 y 16384
- Múltiplos de 4096 entre 0 y 65536
- Ninguno de los anteriores

Es un campo de 12 bits donde los valores extremo están reservados

e) Indique cuál o cuáles de los siguientes valores pueden aparecer en la cabecera 802.11 de una trama que envía un terminal inalámbrico con destino otro terminal inalámbrico cuando ambos están asociados al mismo punto de acceso

- La dirección MAC del interfaz del host origen
- La dirección MAC del interfaz del host destino
- La dirección MAC del punto de acceso
- La dirección IP del host origen
- La dirección IP del host destino
- Los flags TCP (si contiene un segmento TCP)
- Ninguna de ellas

Si dice "en la cabecera 802.11". Las direcciones IP saldrán en una cabecera IP y los flags TCP son de la cabecera TCP. La cabecera 802.11 en modo infraestructura tiene 3 direcciones MAC (origen, destino y punto de acceso).

## 2) PROBLEMA (3 puntos en total)

En la Figura 1 se muestra la topología física de la red de una empresa cuyos equipos se encuentran repartidos entre dos edificios. Estos dos edificios están interconectados mediante dos alternativas, por un lado empleando enlaces de fibra transportando Ethernet a 10Gbps, propiedad de la propia empresa, y por otro lado mediante una red metropolitana, propiedad de un proveedor de transporte que ofrece un servicio similar a una LAN Ethernet capa 2. En la figura, los enlaces en línea gruesa son 10GE y el resto 1GE.

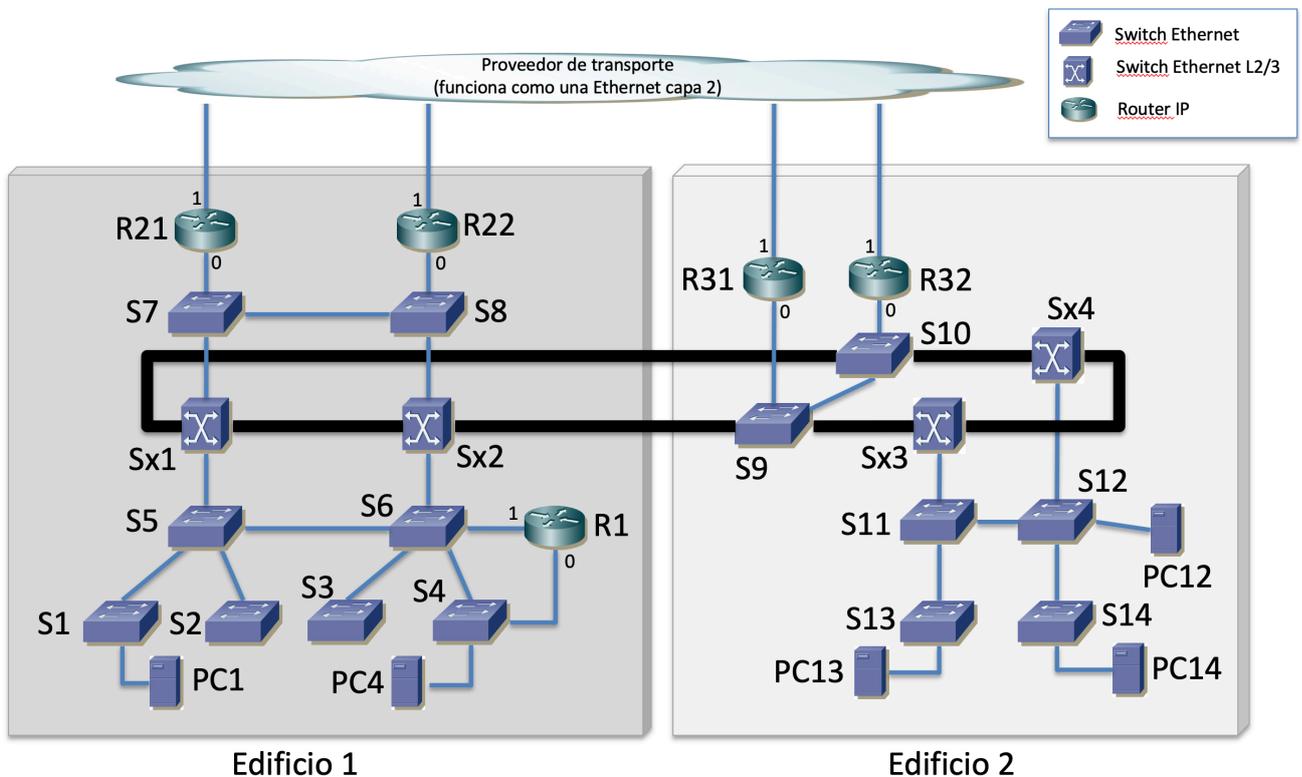


Figura 1 – Topología física

Todos los enlaces entre conmutadores emplean trunking 802.1Q y todos los interfaces de router están conectados a un puerto Ethernet configurado en una única VLAN sin encapsulado 802.1Q. La empresa ha empleado tradicionalmente RSTP para ofrecer cierto nivel de protección en sus LAN Ethernet mediante un árbol común a todas las VLANs. La Tabla 1 contiene la configuración de prioridad para el Bridge ID de cada uno de los equipos con funcionalidad de capa 2. Los pesos de los enlaces son los correspondientes a su velocidad física.

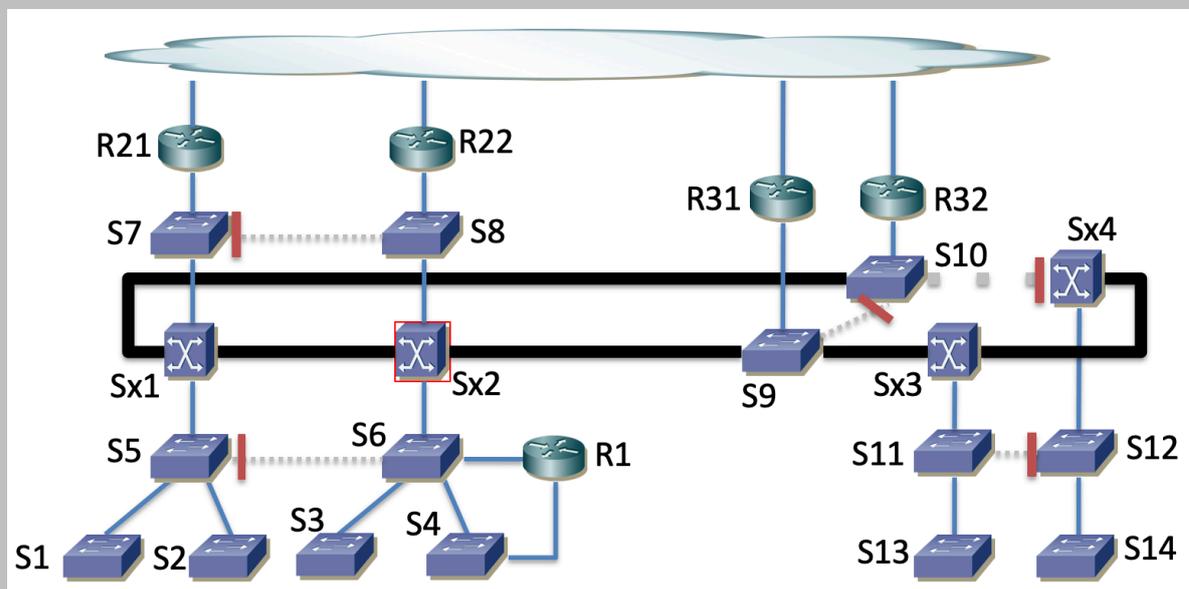
Switch	Prioridad	Switch	Prioridad	Switch	Prioridad
S1	32768	S7	32768	S13	16384
S2	32768	S8	32768	S14	16384
S3	32768	S9	32768	Sx1	16384
S4	32768	S10	32768	Sx2	4096
S5	32768	S11	16384	Sx3	16384
S6	32768	S12	16384	Sx4	8192

Tabla 1 – Valores de prioridad en los BID de los conmutadores

**Cuestión a) (0.75 puntos)** Indique cuáles serán los puertos de conmutador en estado Bloqueado una vez estabilizado el cálculo del árbol de expansión. Indique cada puerto nombrando a qué otro conmutador lleva el enlace (ejemplo: “está bloqueado el puerto de S99 del enlace que va a S98”). Indique si el enlace entre Sx1 y Sx2 y el enlace entre Sx3 y Sx4 tienen ambos puertos en estado de Forwarding o no y en caso de que no, describa qué cambiaría en la configuración de RSTP para lograr que ambos enlaces lo estuvieran.

*El puente raíz es Sx2, ya que tiene el menor valor de prioridad y no empata con ningún otro conmutador.*

*En la siguiente topología están marcados con un segmento rojo los puertos bloqueados.*



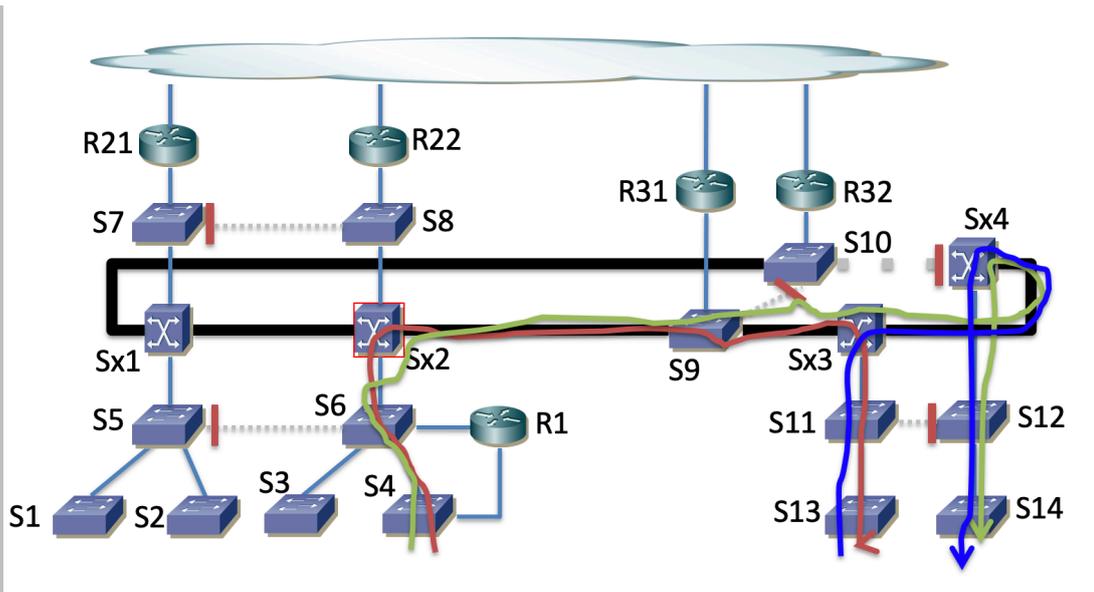
*Está bloqueado el puerto de S7 del enlace que va a S8. Está bloqueado el puerto de S5 del enlace que va a S6. Está bloqueado el puerto de Sx4 del enlace que va a S10. Está bloqueado el puerto de S10 del enlace que va a S9. Está bloqueado el enlace de S12 del enlace que va a S11.*

*En el caso por ejemplo de S7 el camino S7-S8-Sx2 tiene un coste superior a S7-Sx1-Sx2 por los diferentes costes de los enlaces por su diferente velocidad. Lo mismo sucede con S5. En el caso del enlace S10-Sx4, el coste desde Sx4 es el mismo, sea por Sx3 o por S10, sin embargo Sx3 tiene menor valor de prioridad que S10 (menor bridge ID), así que el puerto raíz de Sx4 es el del enlace hacia Sx3. En el enlace S10-Sx4, Sx4 tiene un coste mayor hasta la raíz que S10, así que su puerto es el bloqueado.*

*Tanto el enlace Sx1-Sx2 como el enlace Sx3-Sx4 tienen los puertos extremo en el estado de Forwarding.*

**Cuestión b) (0.5 puntos)** PC4, PC13 y PC14 se encuentran conectados a puertos de conmutador que están todos ellos configurados en la misma VLAN, extendida por toda la red. Describa el camino físico que seguiría una trama Ethernet enviada por PC4 y dirigida a la dirección MAC de PC13 una vez que los conmutadores han aprendido el único camino en el árbol a esa dirección MAC. Repita el proceso para una trama Ethernet enviada por PC4 y dirigida a PC14 y por otra enviada por PC13 y dirigida a PC14.

*En la figura siguiente se ven los caminos físicos:*

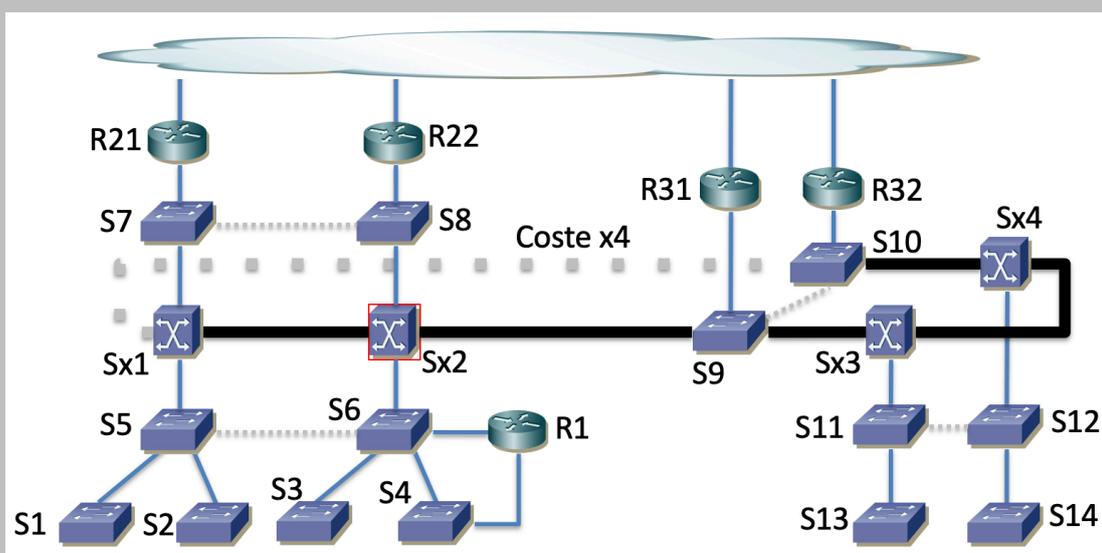


En rojo el camino de PC4 a PC13, que pasa por S4, S6, Sx2, S9, Sx3, S11 y S13. En verde el camino entre PC4 y PC14, que pasa por S4, S6, Sx2, S9, Sx3, Sx4, S12 y S14. En azul el camino de PC13 a PC14, que pasa por S13, S11, Sx3, Sx4, S12 y S14.

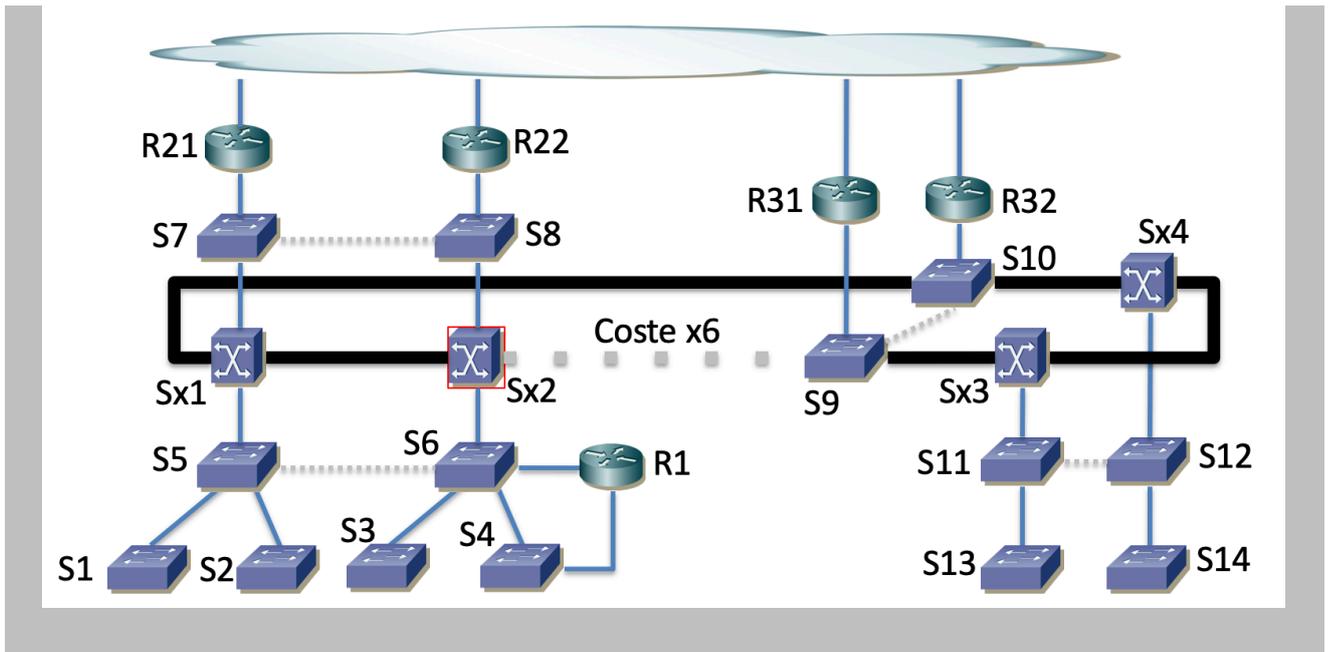
Empleando MSTP, el personal de gestión de red decide pasar a emplear 2 instancias del protocolo de árbol de expansión. Para la instancia 1 se desea que el tráfico entre los edificios de las VLANs internas pueda circular únicamente por el enlace entre Sx2 y S9. Para la instancia 2 se desea que el tráfico entre los edificios pueda circular únicamente por el enlace entre Sx1 y S10.

**Cuestión c) (0.5 puntos)** Describa la configuración que propone para ambas instancias, que logre el objetivo descrito. Dibuje ambos árboles de expansión, omitiendo del dibujo aquellos enlaces con algún extremo bloqueado (procure hacer un dibujo con los equipos y enlaces en la misma posición para facilitar la corrección). En caso de que los objetivos sean imposibles explique por qué.

Existen múltiples soluciones. La que se plantea a continuación se basa en cambiar los pesos de algunos enlaces en el cálculo de costes de MSTP. Partiendo de los costes por defecto del estándar actual, para la primera instancia se aumentaría el coste del enlace entre Sx1 y S10 a un valor 4 veces el que tiene por defecto. Esto hará que el camino desde S10 hasta la raíz (Sx2) sea de menor coste por Sx4, resultando el árbol siguiente (no hay cambios fuera del anillo de enlaces 10GE).



Para la segunda instancia se aumenta el coste del enlace entre Sx2 y S9 a un valor 6 veces el valor por defecto. De esta forma, desde S9 tiene menos coste hasta la raíz el camino que pasa por Sx3.



La Figura 2 muestra la topología de capa 3 de la red, donde se han presentado las 7 redes IP empleadas. Cada una de estas redes IP se emplea en una VLAN Ethernet independiente. Estas VLANs se extienden por todos los equipos de la empresa con capacidad de conmutación capa 2.

Las VLANs empleadas por las redes A, B y C se asignan a la instancia 1 de MSTP. Para el resto de VLANs se emplea la segunda instancia. Si ha dejado en blanco la cuestión (c), considere que hay un solo árbol de expansión, que corresponde al calculado en la cuestión (a). Si ha contestado al apartado (c) y la respuesta que ha dado es incorrecta, la evaluación del resto de cuestiones queda supeditada a que se puedan evaluar los conceptos que se están buscando.

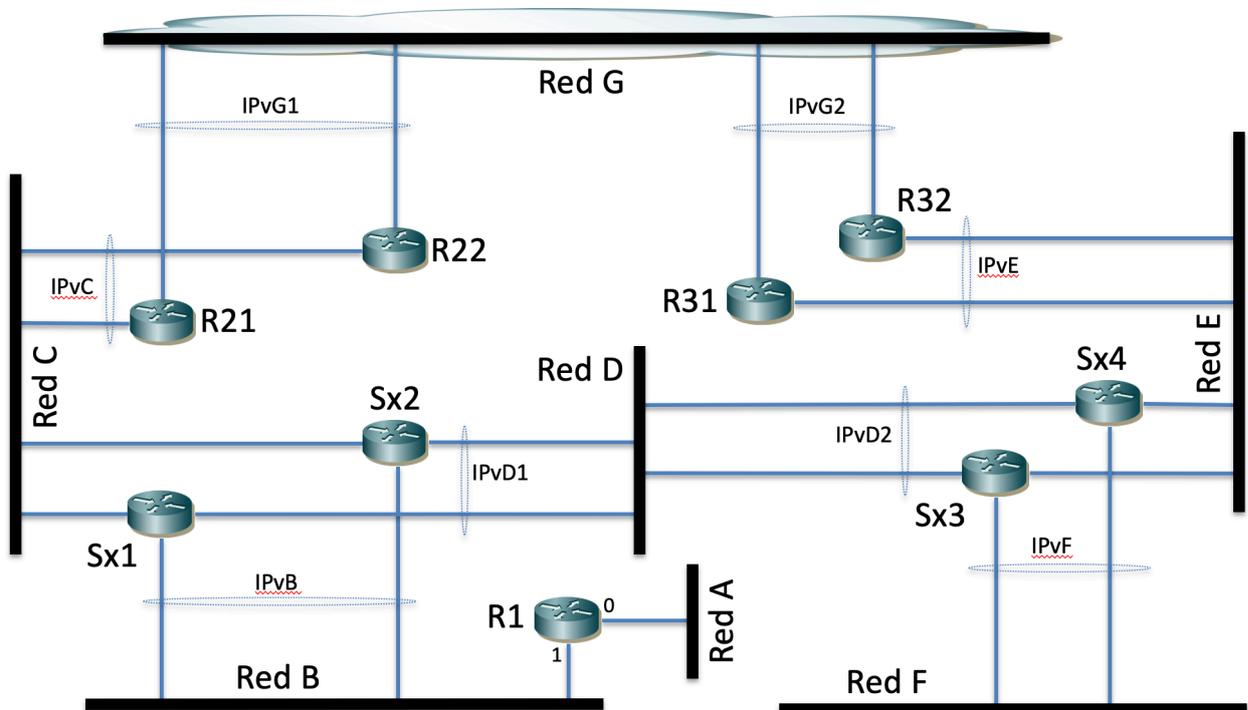


Figura 2 – Topología de capa 3

La Tabla 2 describe los diferentes grupos VRRP existentes. Por ejemplo, la primera línea dice que Sx1 y Sx2 participan en un grupo VRRP en la Red B, siendo la dirección IP protegida IPvB y el maestro el interfaz de Sx1 en esa subred.

Participantes	Subred	Dirección virtual	Maestro
Sx1 y Sx2	B	IPvB	Sx1
Sx1 y Sx2	D	IPvD1	Sx1
Sx3 y Sx4	D	IPvD2	Sx3
Sx3 y Sx4	F	IPvF	Sx4
R31 y R32	E	IPvE	R31
R21 y R22	C	IPvC	R21
R21 y R22	G	IPvG1	R21
R31 y R32	G	IPvG2	R32

Tabla 2 – Interfaces virtuales mediante VRRP

Sx1 y Sx2 tienen una ruta estática hacia la red F con siguiente salto IPvD2 y una ruta hacia la red A con siguiente salto la dirección IP del interfaz 1 de R1. También tienen ambos una ruta por defecto con siguiente salto IPvC.

Sx4 tiene una ruta estática hacia las redes A y B con siguiente salto IPvD1.

Sx3 y Sx4 tienen una ruta por defecto con siguiente salto IPvE.

R1 tiene configurada una ruta por defecto vía IPvB.

R21 y R22 tienen configurada una ruta hacia las redes A y B con siguiente salto la dirección IP de Sx1 en la red C. Tienen también una ruta por defecto con siguiente salto IPvG2.

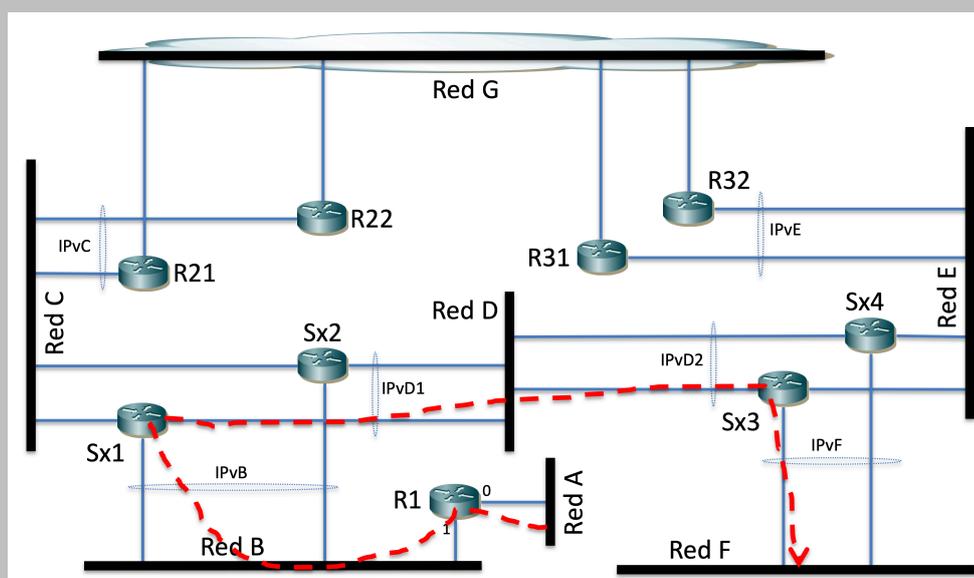
R31 y R32 tienen configurada una ruta por defecto con siguiente salto IPvG1.

No hay más rutas estáticas ni se emplea ningún protocolo de encaminamiento dinámico

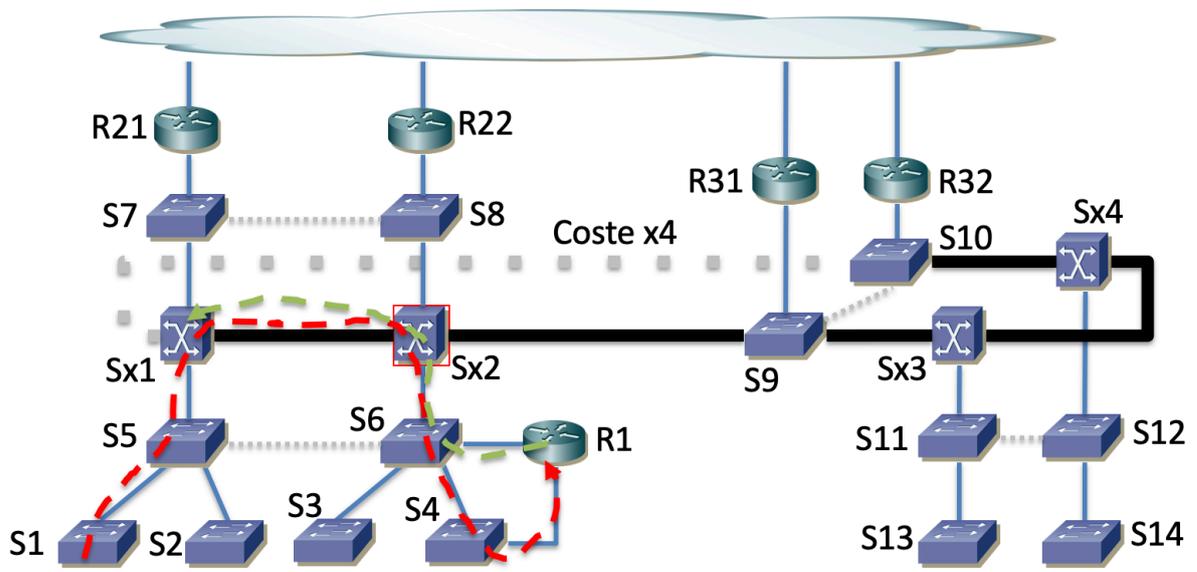
Los hosts de la red A tienen configurado como ruta por defecto la dirección IP de R1 en su interfaz 0. Los hosts de la red B tienen configurada IPvB como ruta por defecto. Los hosts de la red F tienen configurada IPvF como ruta por defecto.

**Cuestión d) (0.5 puntos)** Describa en detalle el camino que seguirán los paquetes IP enviados por PC1, que se encuentra en la red A, dirigidos a PC12, que se encuentra en la red F (su conexión física está descrita en la Figura 1). Indique los enlaces físicos por los que pasará ese tráfico y si en cada equipo se está haciendo conmutación en capa 2 o en capa 3 (routing).

En la figura siguiente se muestra el camino en capa 3 que seguirán los paquetes:



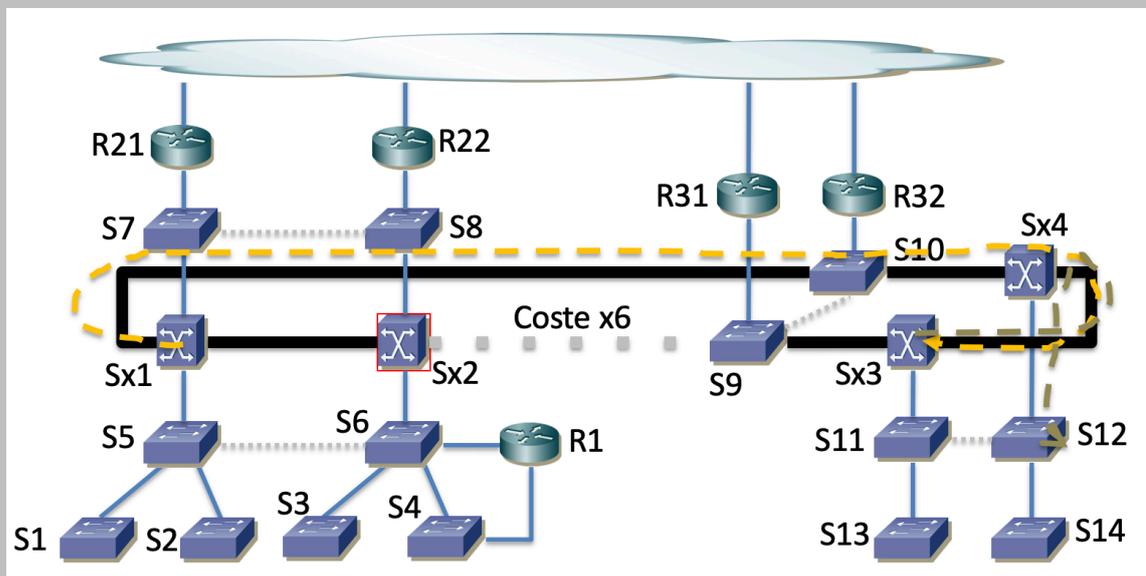
Los primeros dos saltos en capa 3 son por la red A y la red B, las cuales siguen el árbol de expansión de la primera instancia de MSTP. Así, el camino físico en estos dos saltos es el que se muestra a continuación:



La sección en rojo es el primer salto desde el host hasta R1, que pasa por S1, S5, Sx1, Sx2, S6 y S4, todos los saltos conmutados en capa 2.

R1 enruta (conmuta en capa 3) y el camino verde es el que sigue por la VLAN que da soporte a la red B hasta llegar a Sx1 (maestro del grupo VRRP que está como siguiente salto para la ruta que se sigue desde R1). Este camino pasa por S6, Sx2 y Sx1. En Sx1 la conmutación que se hace es en capa 3, mientras que en los anteriores era en capa 2.

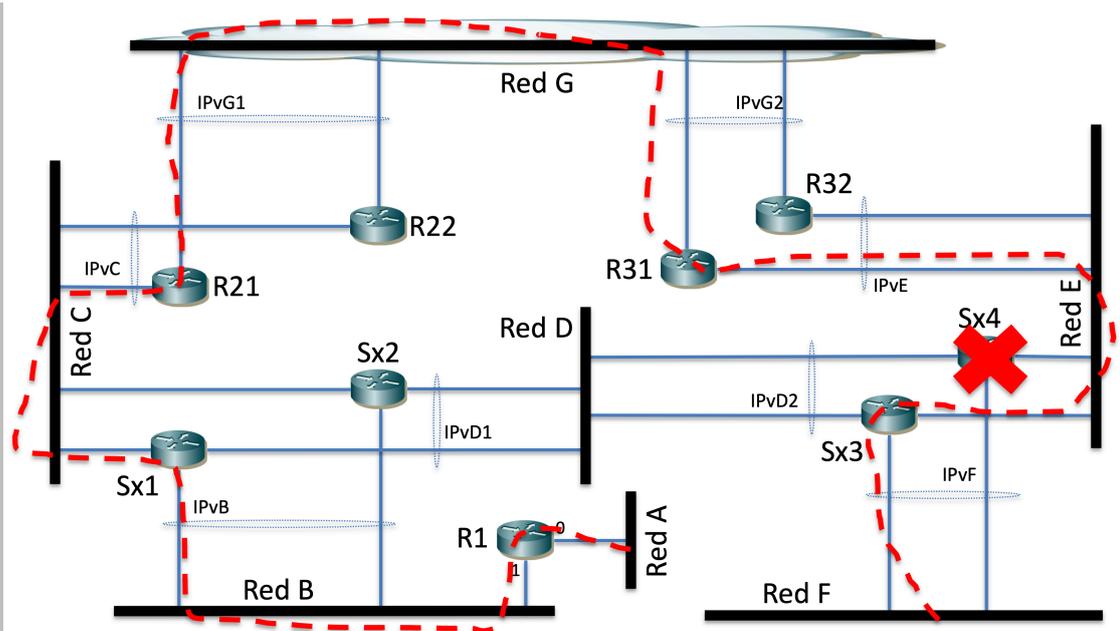
La siguiente figura muestra los saltos por las subredes D y F, que siguen el árbol de expansión de la segunda instancia de MSTP (de nuevo diferente color para el camino por cada VLAN):



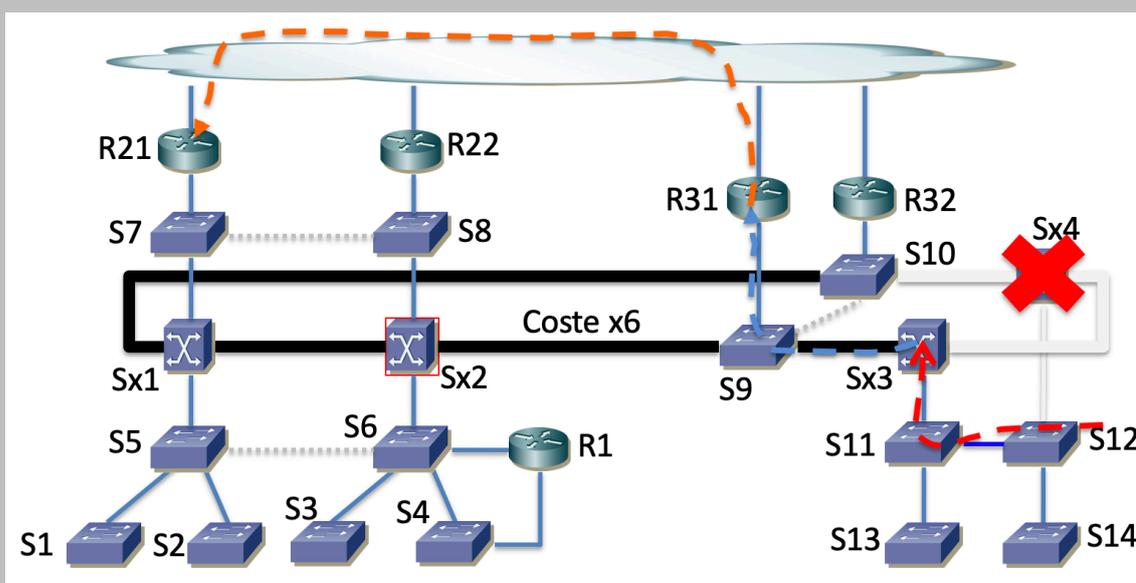
El camino desde Sx1 a Sx3 es por la VLAN que da soporte a la red D y el camino pasa por S10 y Sx4 (conmutador en capa 2) para llegar a Sx3 donde se enruta (conmutación en capa 3) hacia la subred F donde se encuentra el destino. En la subred F el camino físico pasa de nuevo por Sx4 y por S12 conmutado en capa 2 para llegar así a PC12.

**Cuestión e) (0.5 puntos)** Falla la alimentación Sx4. Describe los cambios que se producen en la red y qué camino seguirán ahora los paquetes enviados por PC12 dirigidos a PC1.

La siguiente figura muestra el camino en capa 3 entre la red F y la red A, donde al desaparecer Sx4 toma Sx3 la responsabilidad del grupo VRRP que hay en la red F.

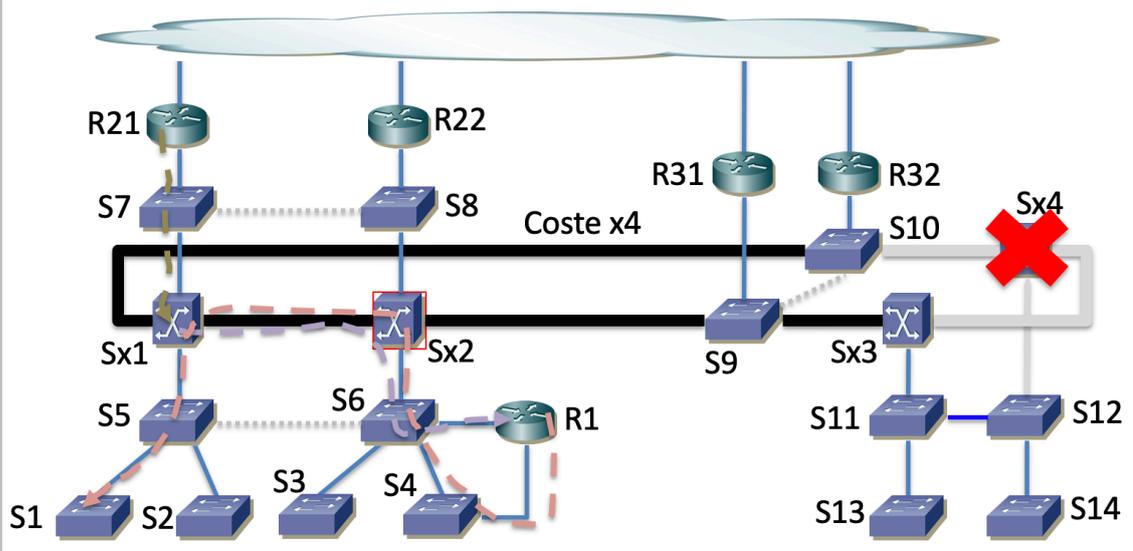


Se recalcula el árbol de la segunda instancia con la nueva configuración física. El paso por la red F y la red E sigue ahora el camino que se muestra en la siguiente figura. Además, el salto entre R31 y R21 se dice en el enunciado que actúa como una Ethernet capa 2.



Así, físicamente pasa por S12, S11, Sx3, S9, R31, y R21 (diferente color en cada VLAN).

Por las subredes A, B y C el camino sigue el árbol de la primera instancia (que queda con la misma topología una vez desaparecido Sx4):



Tras R21 el camino pasa por S7, Sx1, Sx2, S6, R1, S4, S6, Sx2, Sx1, S5 y finalmente S1, donde está conectado el PC1.

**Cuestión f) (0.25 puntos)** Explique por qué no pueden participar en el mismo grupo VRRP el interfaz 0 de R1 y el interfaz de Sx2 en la red B.

No tiene sentido ya que esos interfaces están en subredes IP (y en VLANs) diferentes. Formar un grupo VRRP entre ellos no funcionaría porque cada interfaz no podría recibir los mensajes VRRP del otro interfaz del grupo, ya que son mensajes IP multicast a una dirección IP no enrutable (y de todos modos no van a poder responder a los ARPs de los hosts pues no están en la misma VLAN).