

Fundamentos de Tecnologías y Protocolos de Red

Examen ordinario, curso 2019-2020

PRIMERA PARTE

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** (debe 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) ¿Cuál de las siguientes velocidades en Ethernet es posible sobre un cable categoría 6A a una distancia de 100m?

- 10Mbps
- 100Mbps
- 1Gbps
- 10Gbps
- Ninguna de las anteriores

b) ¿Cuál de los siguientes es un parámetro de Multiple Spanning Tree Protocol cuyo valor pueda cambiarse mediante la configuración de un puente?

- El número de puertos del conmutador
- La velocidad de transmisión de cada puerto
- La prioridad del puente
- La prioridad de un puerto del puente
- Ninguno de los anteriores

c) La dirección IP virtual protegida por un grupo VRRP

- Puede ser la dirección de uno de los interfaces que participa en el grupo VRRP
- Debe ser la dirección de broadcast de la red
- Debe ser la dirección de red
- Debe coincidir con la dirección MAC de uno de los interfaces de router que la protegen
- Ninguna de las anteriores

d) Indique las posibilidades válidas para una agregación de enlaces según 802.1AX (802.3ad)

- Dos conmutadores Ethernet interconectados por dos interfaces Ethernet en cada equipo, a 10Mb/s full-duplex sobre par trenzado todos ellos
- Dos conmutadores Ethernet interconectados por cuatro interfaces Ethernet en cada equipo, a 1Gb/s full-duplex sobre fibra óptica multimodo todos ellos
- Dos conmutadores Ethernet interconectados por 8 interfaces Ethernet en cada equipo, a 1Gb/s full-duplex todos ellos pero 4 parejas son sobre par trenzado y las otras cuatro sobre fibra óptica monomodo
- Un router conectado a un conmutador Ethernet por 3 interfaces Ethernet en cada equipo, a 1Gb/s full-duplex sobre par trenzado todos ellos
- Dos PCs interconectados por un enlace Ethernet 10Mb/s full-duplex y un red inalámbrica ad-hoc 802.11n a más de 54Mb/s
- Ninguna de las anteriores

e) Indique las afirmaciones correctas

- En una WLAN con infraestructura las tramas unicast dirigidas al punto de acceso deben ser confirmadas con una trama que se envía a la misma tasa de transmisión que la trama a la que confirma
- Las estaciones de una WLAN deben seguir un proceso de asociación al punto de acceso para que éste reenvíe sus tramas a otros dispositivos
- Una WLAN infraestructura viene identificada por la dirección MAC del interfaz inalámbrico del punto de acceso
- La comunicación entre dos PCs asociados a un punto de acceso en una WLAN con infraestructura es directa entre ellos y no por el punto de acceso siempre que el alcance de la señal lo permita
- Ninguna de las anteriores

2) PROBLEMA (3 puntos en total)

En la Figura 1 se muestra la topología física de la red de la que trata este problema. La sección inferior está formada por 3 redes (fondo entramado a rayas) que se corresponden con 3 sedes de una empresa. La sección superior está formada por otras 3 redes (fondo gris relleno) que se corresponden con 3 sedes de otra empresa. La zona central de la red es la red de un proveedor de interconexión metropolitano que emplea transporte Ethernet. También puede pensar que las sedes son los edificios de dos empresas diferentes en el mismo parque industrial, donde la MAN sirve de interconexión para todos los equipos del parque.

La primera sede de la primera empresa (Sede1a, Empresa1) está formada por la sección con los conmutadores C1a, C1b, C1c y C1d. La red de la segunda sede (Sede1b) está formada por la sección con los conmutadores C2a, C2b y C2c. La red de la tercera sede (Sede1c) está formada por los conmutadores C3a, C3b y C3c.

La primera sede de la segunda empresa (Sede2a, Empresa2) está formada por la sección con los conmutadores C4a, C4b, C4c y C4d. La red de la segunda sede (Sede2b) está formada por la sección con los conmutadores C5a, C5b y C5c. La red de la tercera sede (Sede2c) está formada por los conmutadores C6a, C6b y C6c.

Los enlaces en línea gruesa son 10GbE mientras que los de línea fina son 1GbE. Todos los interfaces de router están conectados a un puerto Ethernet configurado en trunking con encapsulado 802.1Q.

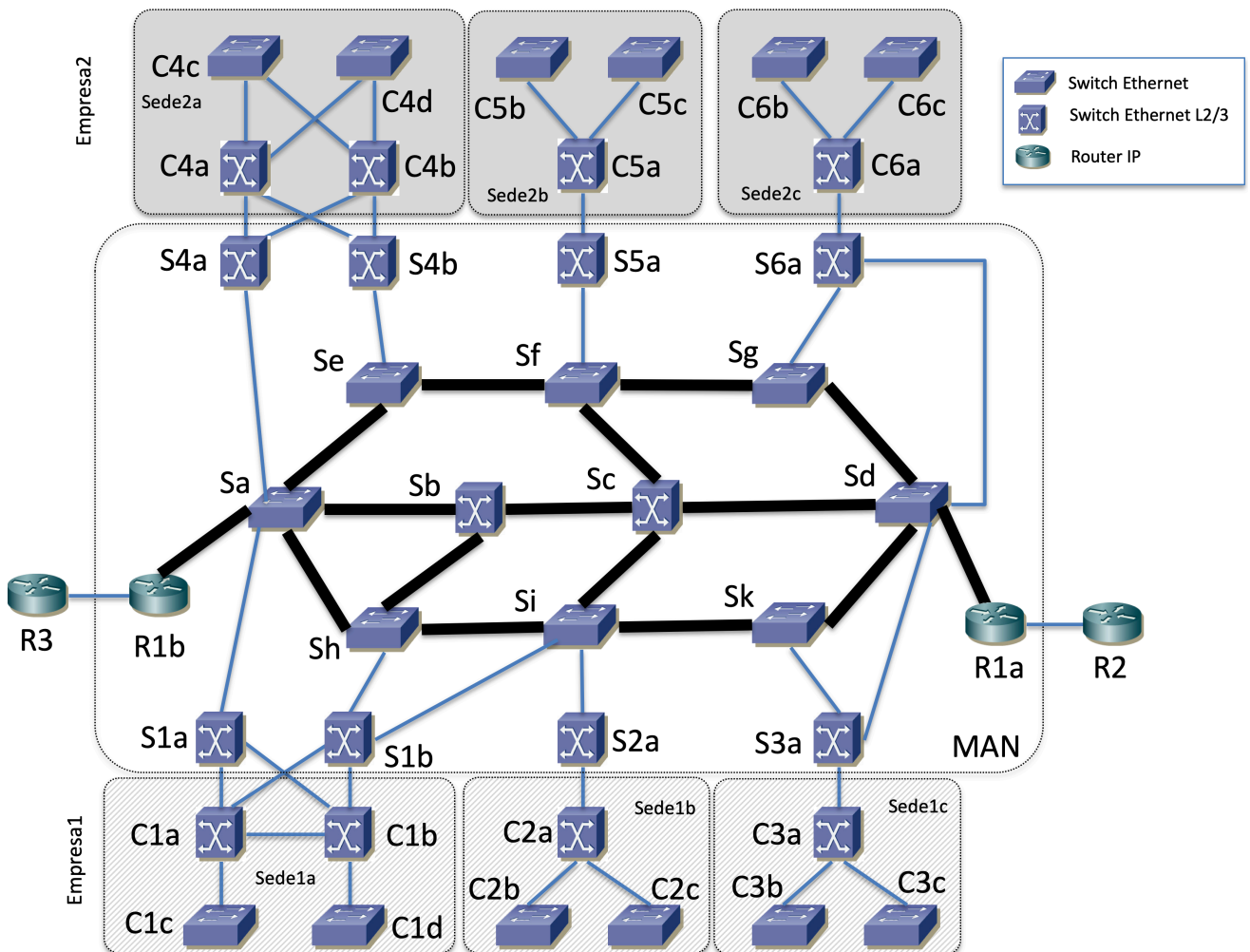


Figura 1 – Topología física del problema

Cuestión a) (0.5 puntos) Calcule el árbol de expansión resultante suponiendo que toda la red de la Figura 1 emplea RSTP, todos los equipos con capacidad de conmutación capa 2 hacen solo eso (no hacen routing IP), los costes de los enlaces son los valores por defecto de la versión actual de 802.1D (Tabla 3) y los valores de la Tabla 1 son los valores de prioridad y dirección MAC para el Bridge ID en los conmutadores. Dibuje en la Figura 2 los enlaces en los que ambos puertos extremo del enlace se encuentran en el estado de Forwarding y describa qué puertos de conmutador se encuentran bloqueados (por ejemplo “El puerto de C3c que va a C3a”). Si decide marcarlos en la figura hágalo con claridad y describa la simbología.

Se han marcado en rojo los puertos bloqueados en la figura 2.

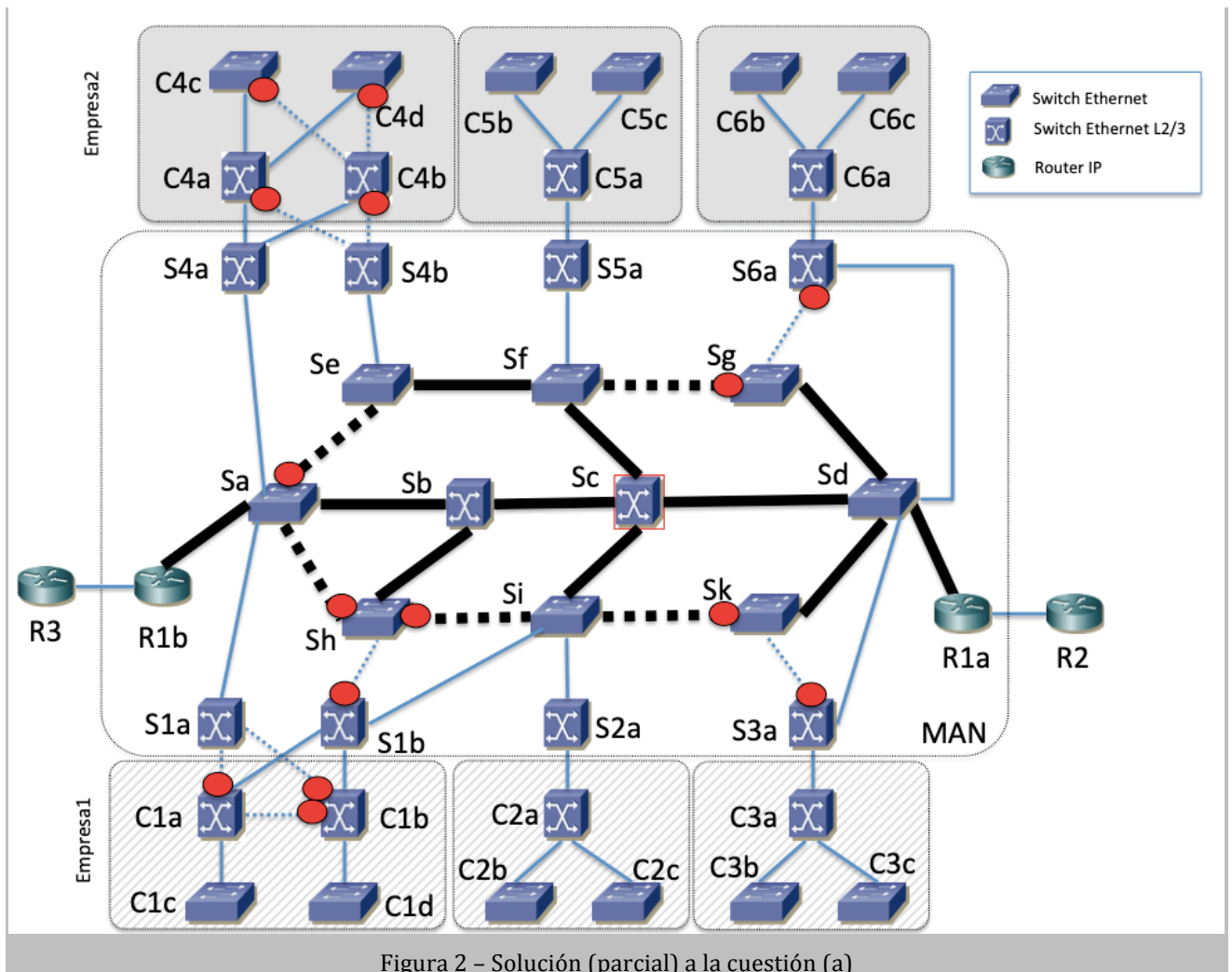


Figura 2 – Solución (parcial) a la cuestión (a)

El proveedor de la red metropolitana quiere emplear una VLAN diferente para interconectar las sedes de la Empresa1 que para las de la Empresa2. Pretende con ello conseguir en nivel IP lo que se ve en la Figura 3, donde una VLAN da soporte a la Red 1v y la otra a la Red 2v. Llamaremos por ejemplo VLAN 1a a la que da soporte a la Red 1a, y así con todas las demás (cada sede supondremos que emplea una VLAN para sus equipos).

Se crean 3 instancias de MSTP en los equipos, una para cada VLAN de interconexión, así como una tercera instancia para el resto de VLANs. Con ellas se quiere conseguir que las sedes de la Empresa1 empleen para la comunicación entre ellas los enlaces Sa-Sh, Sh-Si y Si-Sk y por otro lado que las sedes de la Empresa2 empleen para la comunicación entre ellas los enlaces Sa-Se, Se-Sf y Sf-Sg, de forma que no compitan en los enlaces de la red metropolitana. La tercera instancia mantendrá el árbol que se tenía en el apartado (a).

Supondremos que todos los enlaces entre conmutadores emplean 802.1Q para el transporte de las VLANs.

Este escenario recién descrito se quiere conseguir **sin cambiar los valores de prioridad** de los conmutadores (Tabla 1).

Cuestión b) (0.75 puntos) Describa la configuración para los parámetros de MSTP que sugeriría para conseguir lo descrito. Dibuje el árbol de expansión resultante para las dos instancias que corresponden a las VLANs 1v y 2v en las Figuras 4a y 4b marcando los enlaces que tengan ambos puertos extremos en el estado de Forwarding.

En la figura siguiente se ha indicado para cada enlace el coste que se configura en los dos puertos extremo del mismo. El resto de puertos (sin coste marcado) mantienen el coste por defecto. Con estos costes debería obtenerse el árbol dibujado, donde con línea continua están los enlaces que se solicitan (ambos extremos en estado de Forwarding) y en línea discontinua los que tienen algún extremo bloqueado. Esta solución cumple todas las condiciones indicadas, así que se puede emplear la misma configuración en las dos instancias, tanto para la Empresa 1 como para la 2.

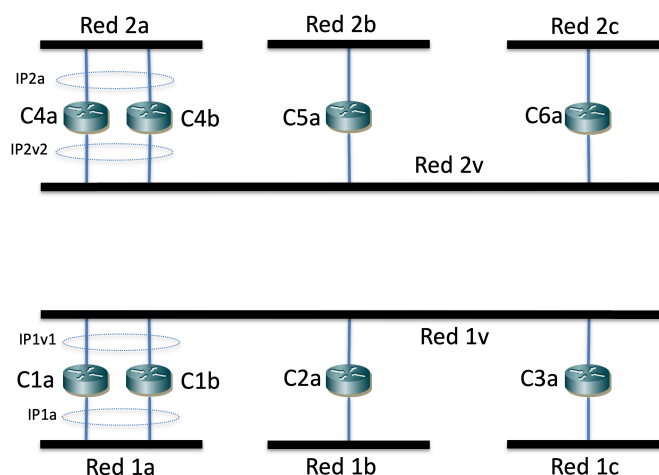
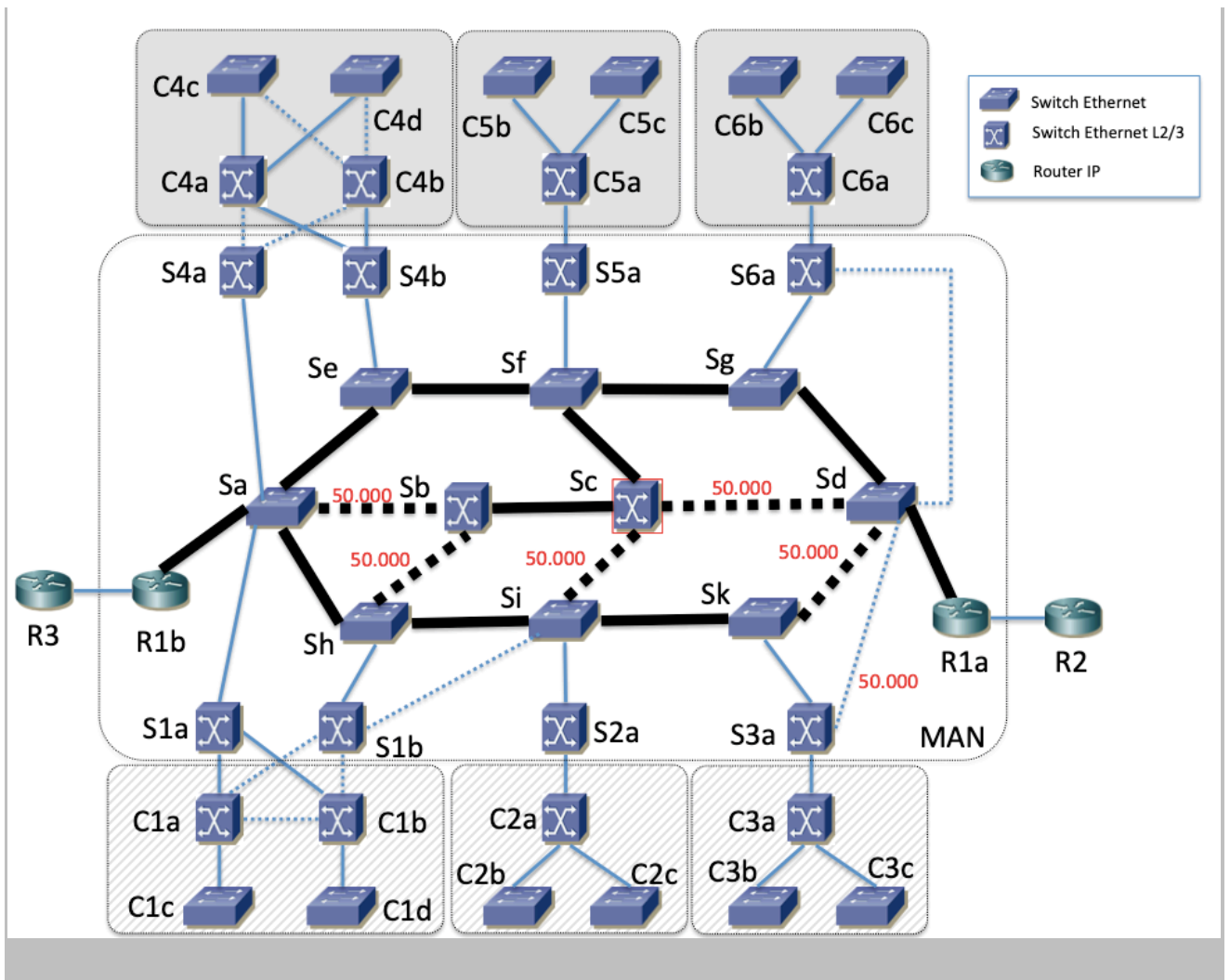


Figura 3 – Topología de nivel IP

Los equipos C1a y C1b forman un grupo VRRP en la Red 1a con dirección virtual IP1a y otro en la Red 1v con dirección IP virtual IP1v1.

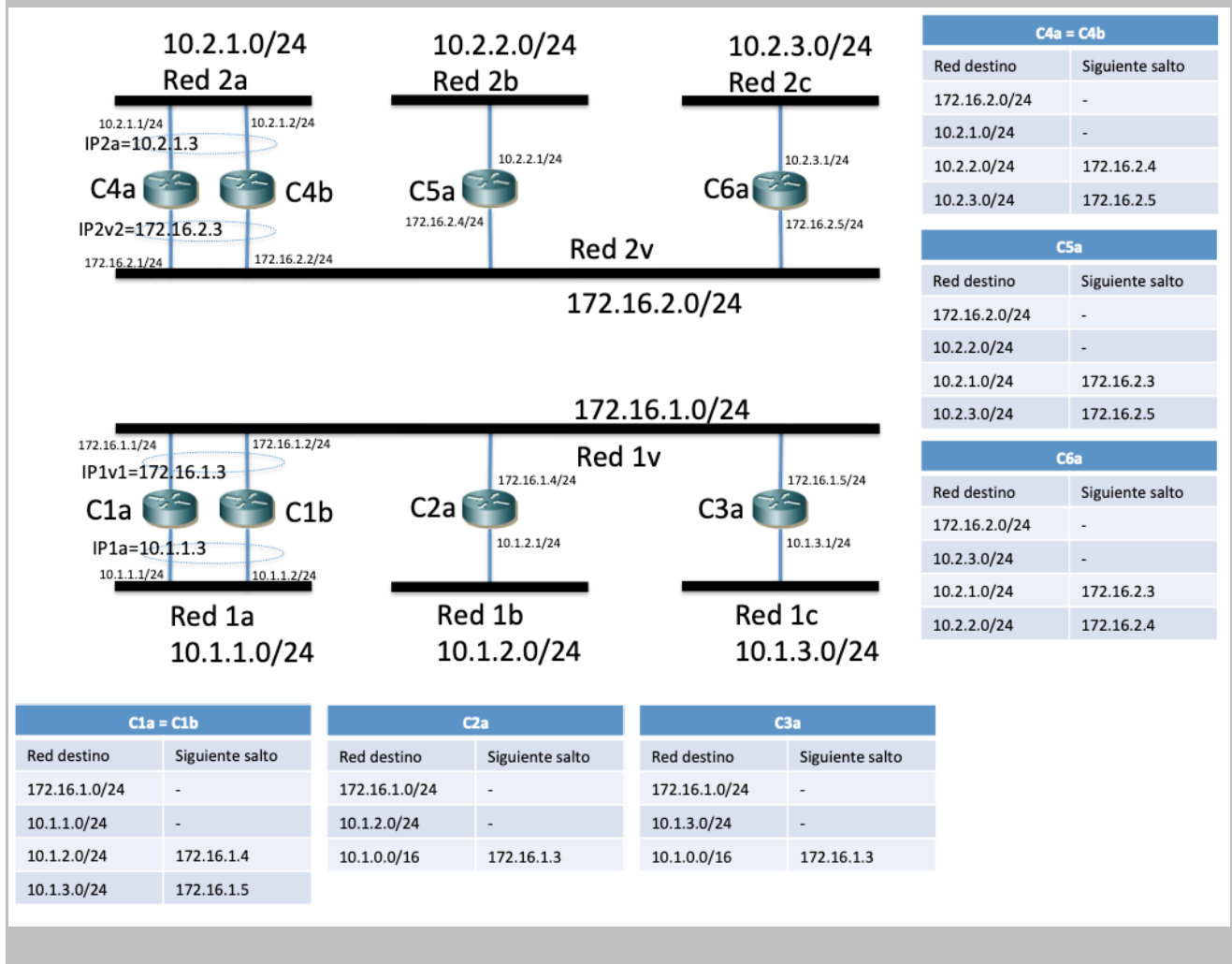
Los equipos C4a y C4b forman un grupo VRRP en la Red 2a con dirección virtual IP2a y otro en la Red 2v con dirección IP virtual IP2v2.

Ambas empresas quieren que haya comunicación a nivel IP correcta entre sus correspondientes hosts. La Empresa1 quiere que los hosts de las redes 1b y 1c se comuniquen entre ellos pasando su tráfico enrutado por alguno de los switches L2/3 de su Sede1a. La Empresa2 quiere que los hosts de sus sedes se comuniquen entre ellos por el camino más corto.

Siempre que haya configurado un grupo VRRP en un router se empleará en las rutas que vayan a ese siguiente salto. Quién debe ser el maestro de cada grupo VRRP está detallado en la Tabla 2.

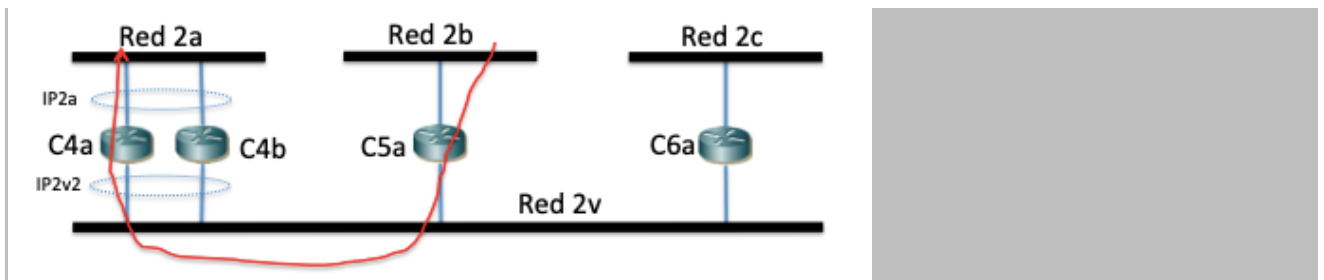
Cuestión c) (0.5 puntos) Describa la configuración de nivel IP de los routers de la Figura 3 para lograr lo descrito (esto incluye direcciones IP y máscaras, tablas de rutas, parámetros de configuración de VRRP, etc). Emplee el rango de direcciones 10.1.0.0/16 para la Empresa1 y 10.2.0.0/16 para la Empresa2. Dimensione las redes internas de las sedes de las empresas para al menos 200 hosts cada una. Emplee 172.16.0.0/18 para las redes de interconexión del operador de transporte (no repita direcciones en diferentes subredes ni aunque no haya camino entre ellas).

En la siguiente figura se ha indicado la configuración de cada interfaz (dirección y máscara), así como las direcciones virtuales de VRRP (sobre la elipse que agrupa los interfaces que participan en el grupo). En el interfaz maestro de un grupo se configurará prioridad 150 y en el de backup 100. Como no hay dos grupos VRRP en la misma subred se emplea el VRID 1 para todos ellos. En la figura se incluyen también las tablas de rutas de los equipos para cumplir lo solicitado de que en la Empresa 1 el tráfico entre sedes pase por alguno de los routers de la sede 1a mientras que en la Empresa 2 el tráfico vaya por el camino más corto.

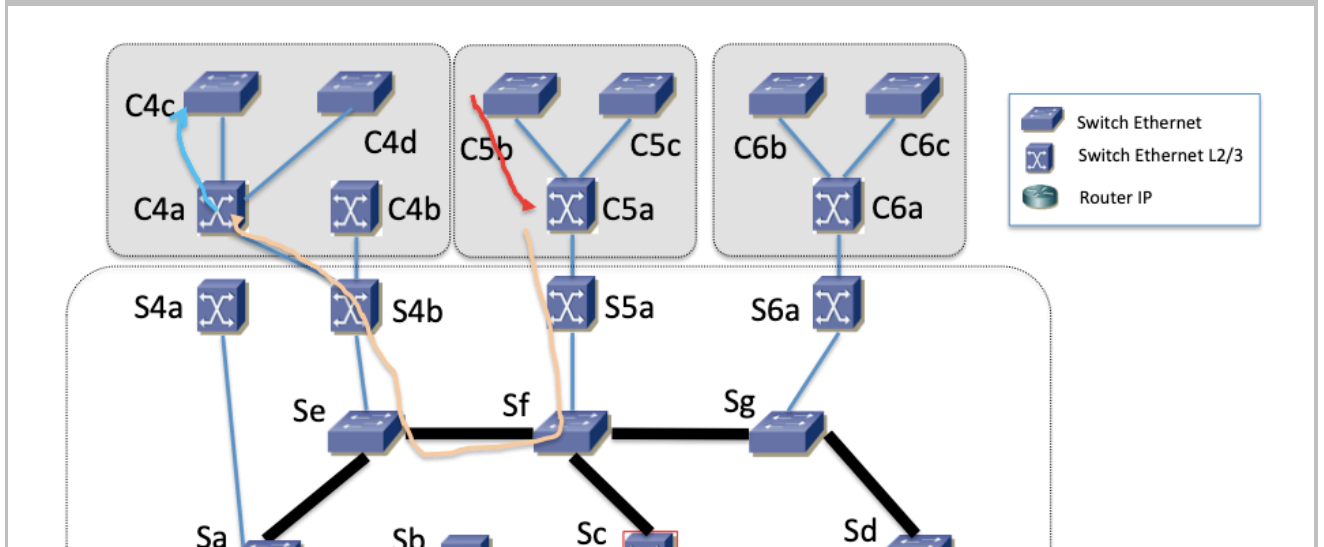


Cuestión d) (0.25 puntos) Describa el camino que seguirán los paquetes IP que envíe un host configurado en la Red 2b, conectado al conmutador C5b y que se dirigen a la dirección IP de un host de la Red 2a conectado al conmutador C4c. Indique en cada salto la dirección IP origen y destino y la dirección MAC origen y destino que aparecen en el paquete IP y en la correspondiente trama Ethernet. Ignore la fase de descubrimiento de direcciones MAC mediante ARP y explique con claridad a qué interfaz hace referencia cada dirección IP y dirección MAC que mencione.

Los saltos en capa 3 se ven en la siguiente figura:



En la siguiente figura está el camino físico:



En el segmento del camino en línea roja la dirección MAC origen es la del PC y la destino es la del interfaz de C5a en la subred 2b. En el segmento amarillo la dirección MAC origen es la del interfaz de C5a en la red 2v y la destino es la dirección MAC del grupo VRRP de la dirección IP2v2. En el segmento azul la dirección MAC origen es la del interfaz de C4a en la subred 2a y la destino es la del PC destino. Todo el camino las direcciones IP origen y destino son las de los hosts. El primer y tercer salto enrutado emplean el árbol de la tercera instancia, mientras que el segundo salto enrutado (segmento amarillo) emplea el árbol de la VLAN para la red 2v de interconexión de la Empresa 2. El árbol de la tercera instancia coincide con el resto de árboles en la sección de topología de los dos primeros saltos (dado que no hay caminos alternativos), así que se ha representado todo en una sola figura.

Sin cambiar la configuración de árboles de expansión, el operador de transporte incluye ahora un servicio de interconexión para estas empresas. Esto lo lleva a cabo como se muestra en la Figura 5, mediante los routers R1a y R1b, conectados a las redes de interconexión de cada una de las empresas. Para ello los puertos de conmutador a los que se conectan ambos routers están en trunking 802.1Q con las dos VLANs que dan transporte a las redes de interconexión.

R1a y R1b participan en un grupo VRRP en la Red 1v, con dirección IP protegida IP1v, así como en un grupo VRRP en la Red 2v, con dirección IP protegida IP2v (no confunda estas direcciones con IP1v1 e IP2v2).

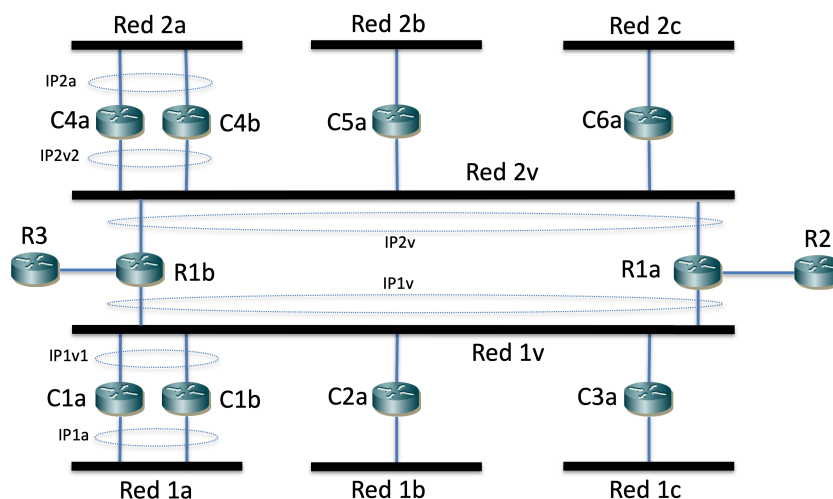


Figura 5 – Topología de nivel de red incluyendo equipos de acceso al exterior

Se emplean estas direcciones de los grupos VRRP en las rutas por defecto de algunos routers de las empresas. En el caso de la Empresa2, tienen IP2v como siguiente salto en una ruta por defecto todos sus conmutadores L2/3. En la Empresa1, como se quiere que todo el tráfico pase por alguno de los conmutadores L2/3 de la Sede 1a, el resto de conmutadores L2/3 de la misma tienen IP1v1 como siguiente salto en la ruta por defecto mientras que C1a y C1b tienen IP1v como siguiente salto de su ruta por defecto.

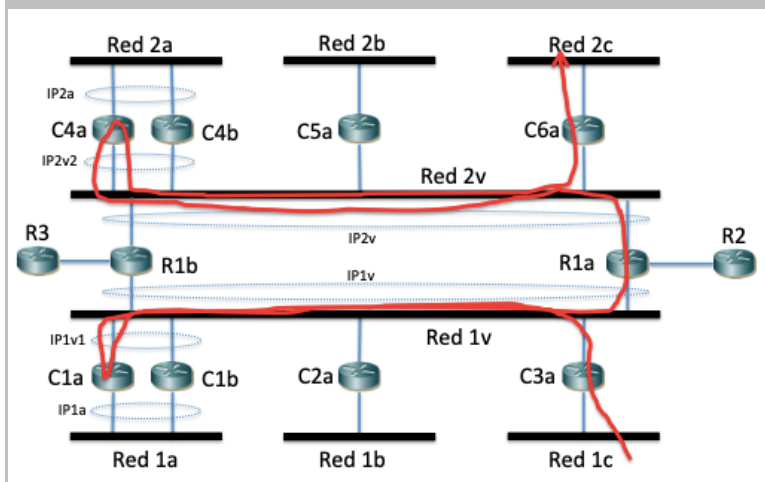
R1a y R1b tienen una ruta hacia 10.1.0.0/16 con siguiente salto IP1v1. También tienen una ruta hacia 10.2.0.0/16 con siguiente salto IP2v2.

R1a tienen una ruta por defecto con siguiente salto hacia R2.

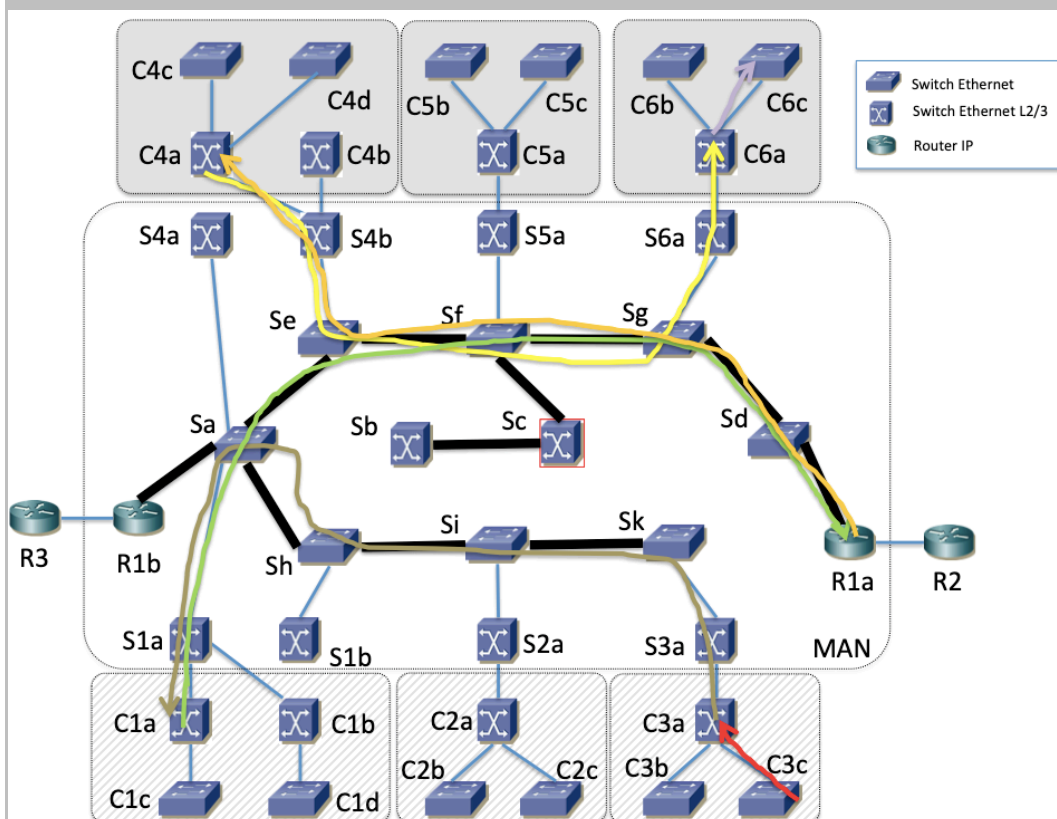
R1b tiene una ruta por defecto con siguiente salto hacia R3.

Cuestión e) (0.5 puntos) Describa en detalle el camino que seguirán los paquetes IP enviados por un host de la Red 1c, conectado al conmutador C3c, dirigidos a un host que se encuentra en la Red 2c conectado al conmutador C6c. Indique los enlaces físicos por los que pasará ese tráfico, la VLAN por la que pasa en cada segmento del camino y si en cada equipo se está haciendo conmutación en capa 2 o en capa 3 (routing).

La figura muestra el camino en capa 3:



El camino físico se muestra en esta figura:



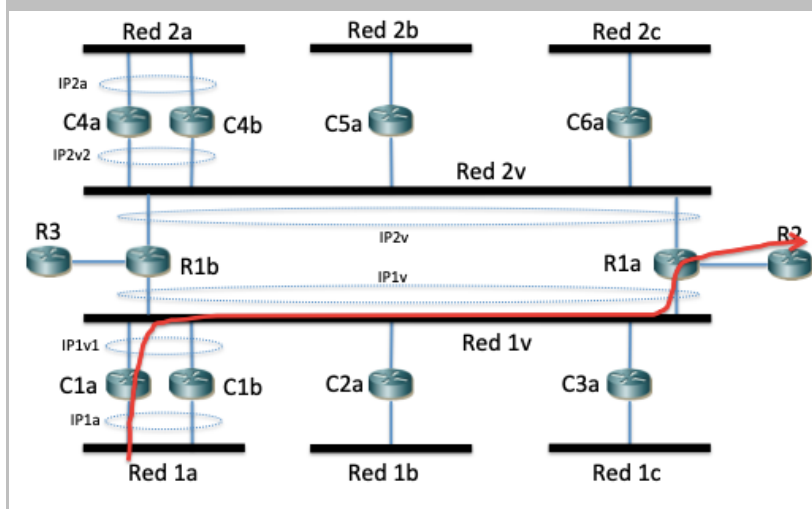
El segmento en cada color es por una VLAN. Se emplea el mismo árbol para las dos empresas. El paquete pasa por los árboles de las otras VLANs cuando está en la sede origen y destino, pero esas zonas de la topología no tienen más que un camino posible, que es el que se ha dejado en la figura.

El segmento rojo es en la VLAN de la red 1c. El segmento marrón y el verde son en la red 1v. El naranja y el amarillo son por la VLAN de la red 2c. Finalmente el segmento lila es por la VLAN de la subred 2c. Los segmentos del camino por la red 1c y la 2c son por otro árbol, pero que tiene los mismos enlaces activos en esas sedes, dado que no hay otra posibilidad.

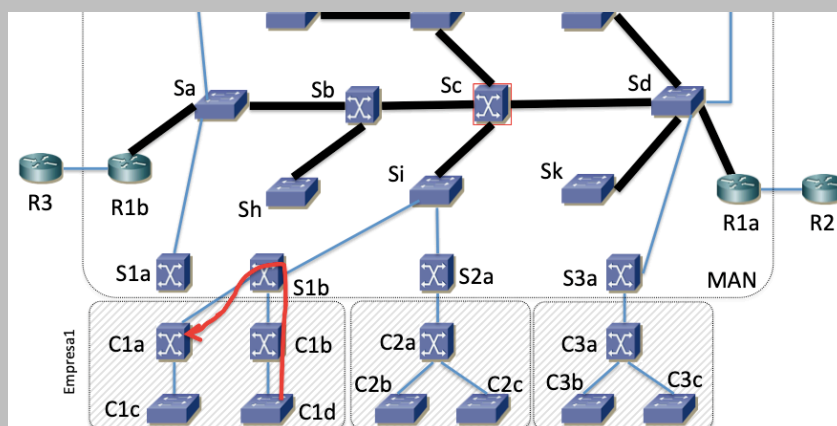
Se hace conmutación en capa 3 en C3a, C1a, R1a, C4a y C6a. En el resto la conmutación es en capa 2.

Cuestión f) (0.25 puntos) Describa en detalle el camino que seguirán los paquetes IP enviados por un host de la Red 1a conectado al conmutador C1d, dirigidos a un host externo a ambas empresas y a la red metropolitana. 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).

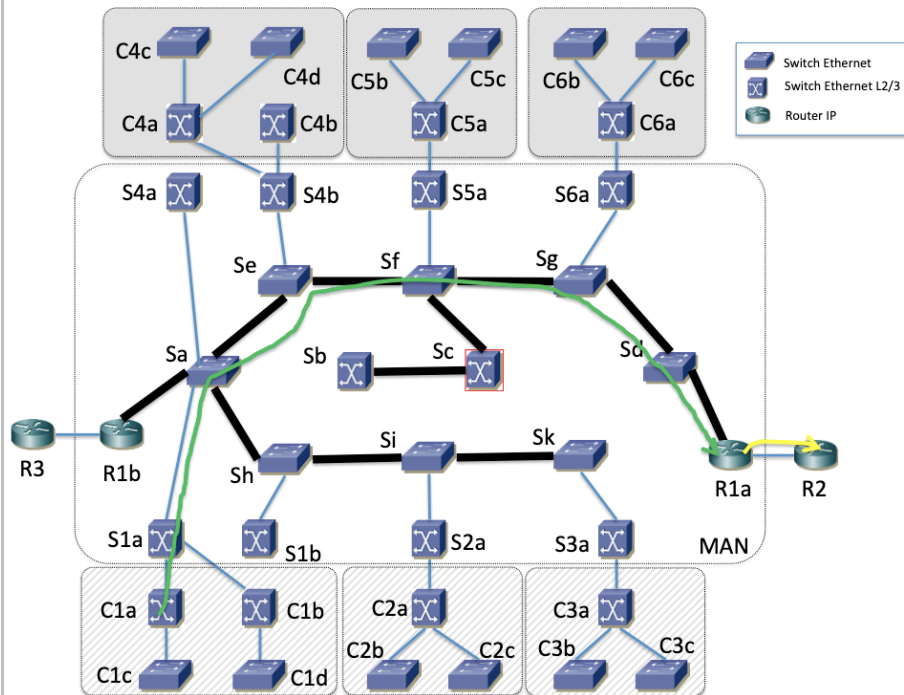
La figura muestra el camino en capa 3:



El primer salto, hasta C1a, es por la Red 1a. La VLAN que la soporta emplea la tercera instancia de árbol de expansión, la que mantiene el árbol del apartado (a). Así, ese salto sigue el camino físico de la siguiente figura:



El salto de C1a hasta R1a emplea la subred 1v y por lo tanto la VLAN de interconexión de la Empresa 1 y así el árbol de esa instancia. Finalmente el salto entre R1a y R2 es por el enlace directo.



Cuestión g) (0.25 puntos) Si no lo hizo ya, consiga ahora los objetivos planteados para el apartado (b) pero con un solo árbol de expansión (es decir, los objetivos de por qué enlaces va el tráfico y qué puente es la raíz). Si ya lo hizo se le contará como correcta esta pregunta. Describa la nueva configuración y dibuje el nuevo árbol

La solución que se dio en el apartado (b) resolvía ya esta pregunta.

Equipo	MAC	Prioridad	Equipo	MAC	Prioridad	Equipo	MAC	Prioridad
C1a	00:00:00:00:00:01	24576	C4a	00:00:00:00:00:0e	24576	Sa	00:00:00:00:00:1b	20480
C1b	00:00:00:00:00:02	32768	C4b	00:00:00:00:00:0f	32768	Sb	00:00:00:00:00:1c	20480
C1c	00:00:00:00:00:03	24576	C4c	00:00:00:00:00:10	24576	Sc	00:00:00:00:00:1d	12288
C1d	00:00:00:00:00:04	32768	C4d	00:00:00:00:00:11	32768	Sd	00:00:00:00:00:1e	12288
C2a	00:00:00:00:00:05	32768	C5a	00:00:00:00:00:12	32768	Se	00:00:00:00:00:1f	12288
C2b	00:00:00:00:00:06	32768	C5b	00:00:00:00:00:13	32768	Sf	00:00:00:00:00:20	20480
C2c	00:00:00:00:00:07	32768	C5c	00:00:00:00:00:14	32768	Sg	00:00:00:00:00:21	20480
C3a	00:00:00:00:00:08	32768	C6a	00:00:00:00:00:15	32768	Sh	00:00:00:00:00:22	20480
C3b	00:00:00:00:00:09	32768	C6b	00:00:00:00:00:16	32768	Si	00:00:00:00:00:23	20480
C3c	00:00:00:00:00:0a	32768	C6c	00:00:00:00:00:17	32768	Sk	00:00:00:00:00:24	20480
S1a	00:00:00:00:00:0b	32768	S4a	00:00:00:00:00:18	32768	S5a	00:00:00:00:00:25	32768
S1b	00:00:00:00:00:0c	32768	S4b	00:00:00:00:00:19	32768	S6a	00:00:00:00:00:26	32768
S2a	00:00:00:00:00:0d	32768	S3a	00:00:00:00:00:1a	32768			

Tabla 1 – Valores de prioridad configurados en los puentes y direcciones MAC de los mismos

Participantes	Subred	Dirección virtual	Maestro
C1a y C1b	1a	IP1a	C1a
C1a y C1b	1v	IP1v1	C1a
C4a y C4b	2a	IP2a	C4b
C4a y C4b	2v	IP2v2	C4a
R1a y R1b	1v	IP1v	R1a
R1a y R1b	2v	IP2v	R1b

Tabla 2 – Interfaces virtuales mediante VRRP

Link Speed	Recommended value
10 Mb/s	2 000 000
100 Mb/s	200 000
1 Gb/s	20 000
10 Gb/s	2 000

Tabla 3 – Costes por defecto para Spanning Tree

SEGUNDA PARTE

3) 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** (debe 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) ¿Cuál de los siguientes niveles de multiplexación SDH corresponde a unos 10 Gb/s?

- STM-1
- STM-4
- STM-16
- STM-64
- Ninguno de ellos

b) Indique qué forma de encapsular un paquete IP en un PVC ATM incluye en una cabecera el Ethertype de IP

- VC multiplexing
- LLC encapsulation con ISO NLPID
- LLC encapsulación con 802.1a SNAP
- Ninguna de las anteriores

c) Un paquete MPLS contiene 2 etiquetas, la más cercana a la cabecera de nivel de enlace y la más cercana al paquete transportado. Una operación *push*, ¿sobre cuál de ellas actúa?

- Sobre la más cercana a la cabecera de nivel de enlace, retirándola
- Sobre la más cercana a la cabecera de nivel de enlace, cambiando el valor de esa etiqueta por otro (aunque podría dejar el mismo)
- Sobre la más cercana al paquete transportado, retirándola
- Sobre la más cercana al paquete transportado, cambiando el valor de esa etiqueta por otro (aunque podría dejar el mismo)
- Ninguna de las anteriores

d) Un enlace STM-4 transporta 3 circuitos: un de ellos contiene un C-4, otro un C-3 y el tercero un C-12. Calcule cuántos circuitos más podrían atravesar ese enlace si cada uno de ellos transportara un C-12.

Un STM-4 puede transportar hasta 4 C-4. Uno está en uso, quedarían otros 3. De esos 3 C-4, uno de ellos se puede dividir para transportar 3 C-3, de los cuales uno está en uso, un segundo C-3 podemos sustituirlo por 21 C-12, de los cuales uno está en uso. Así, nos quedan:

+ 2 C-4 completos: cada C-4 puede sustituirse por 63 C-12, así que es equivalente a 126 C-12

+ 1 C-3 completo: cada C-3 puede sustituirse por 21 C-12

+ 20 C-12

El total son $126+21+20=167$ C-12

e) ¿Cuál de las siguientes soluciones DSL emplea mayor ancho de banda (en MHz) en el cable telefónico?

- HDSL
- ADSL
- VDSL

4) PREGUNTAS DE DESARROLLO (1 punto)

a) Explique qué son la MSOH y la RSOH en un STM-1. ¿Qué es capaz de hacer con los tributarios un equipo que procese la MSOH frente a uno que solo sea capaz de procesar la RSOH? (0.5 puntos).

La MSOH es la sobrecarga de la sección de multiplexación (Multiplex Section OverHead). La RSOH es la sobrecarga de la sección de regeneración (Regenerator Section OverHead). Ambas son parte de la SOH (Section OverHead) y son bytes de control en la trama SDH. Los equipos que procesan la MSOH son capaces de introducir y extraer tributarios de la trama SDH, mientras que los equipos que solo procesan la RSOH no, y solo regeneran el flujo (los equipos que procesan la MSOH procesan también la RSOH).

b) Explique el funcionamiento de un DSLAM IP en comparación con un DSLAM ATM (0.5 puntos).

Un DSLAM es un Digital Subscriber Line Access Multiplexer o el equipo multiplexor de un conjunto de líneas DSL. Contiene para ello los ATU-C o módems del lado de la operadora para cada línea DSL. Generalmente, sobre estas líneas DSL se transportan celdas ATM. En el caso del DSLAM ATM se comporta como un conmutador ATM, conmutando las celdas entre los enlaces ADSL y el enlace de agregación. En un DSLAM IP el equipo actúa como terminador de los circuitos virtuales ATM, implementando la capa de adaptación correspondiente para extraer el contenido, que habitualmente son tramas Ethernet o paquetes IP, comportándose entonces respectivamente como un conmutador Ethernet o un router IP.