

BLOQUE IV.

Nivel de enlace de datos

SPANNING TREE PROTOCOL.



Contenidos

1. Introducción
 1. Funciones de un protocolo de enlace de datos
2. Entramado
 1. Protocolos orientados a carácter
 2. Protocolos orientados a bit
3. Corrección de errores
 1. Códigos de control de errores
 2. Códigos polinómicos
4. Técnicas de control de flujo y protocolos de control de errores

Contenidos

5. Protocolos de Control de Acceso al Medio
6. Direccionamiento
7. Hubs, Puentes y Conmutadores
8. Protocolo STP
9. Ejemplos de protocolos de nivel de enlace de datos
 1. HDLC
 2. PPP

Contenidos

5. Protocolos de Control de Acceso al Medio

6. Direccionamiento

7. Hubs, Puentes y Conmutadores

8. Protocolo STP

1. Definiciones

2. Cálculo y mantenimiento

1. Elección del puente raíz

2. Elección de los puentes designados

3. Estado de los puertos

4. Mantenimiento del árbol de distribución

3. Formato de BPDU

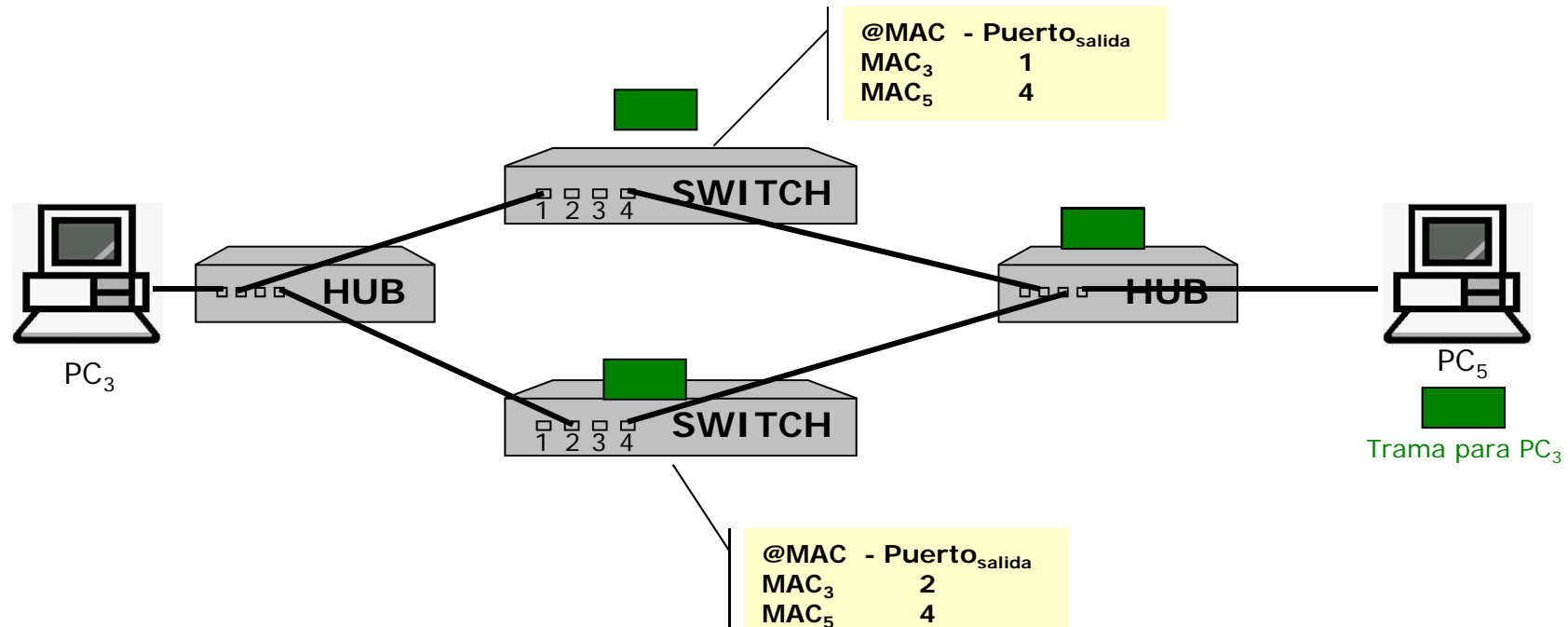
9. Ejemplos de protocolos de nivel de enlace de datos

8. Protocolo STP

- El protocolo de Árbol de Distribución (Spanning Tree Protocol IEEE 802.1D) tiene dos objetivos:
 - Proporcionar a las redes una mayor resistencia frente a las caídas de los enlaces
 - Proteger a la red de la aparición de bucles

8. Protocolo STP

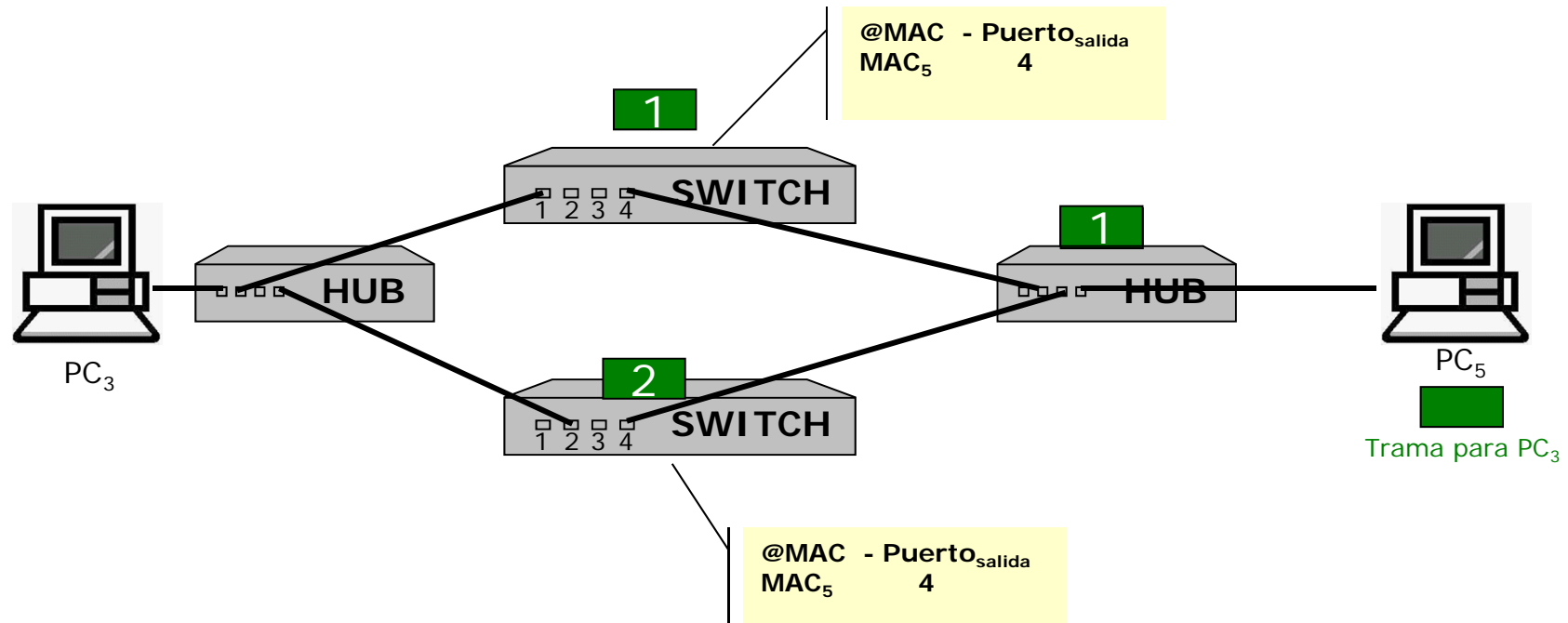
TRAMA DUPLICADA



¿Reenvía el hub la trama al switch? En ese caso, ¿qué hará el switch?

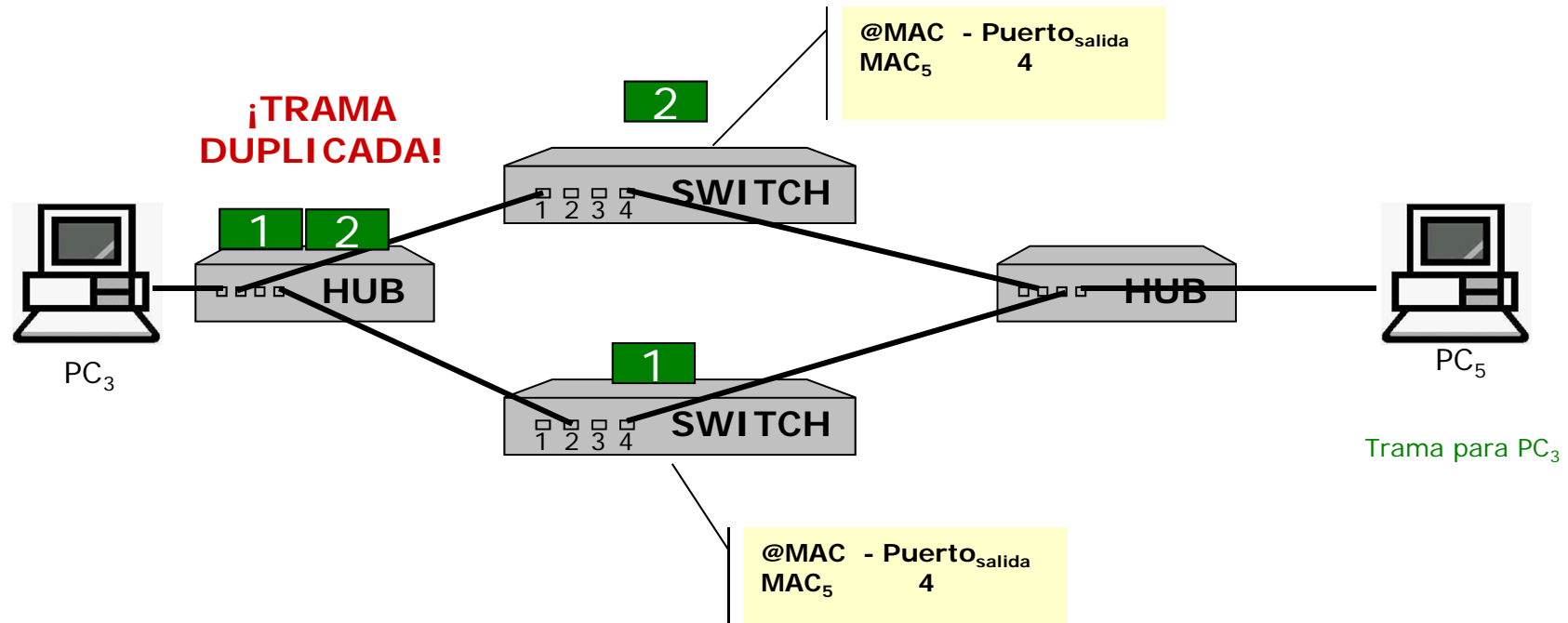
8. Protocolo STP

FORMACIÓN DE BUCLES



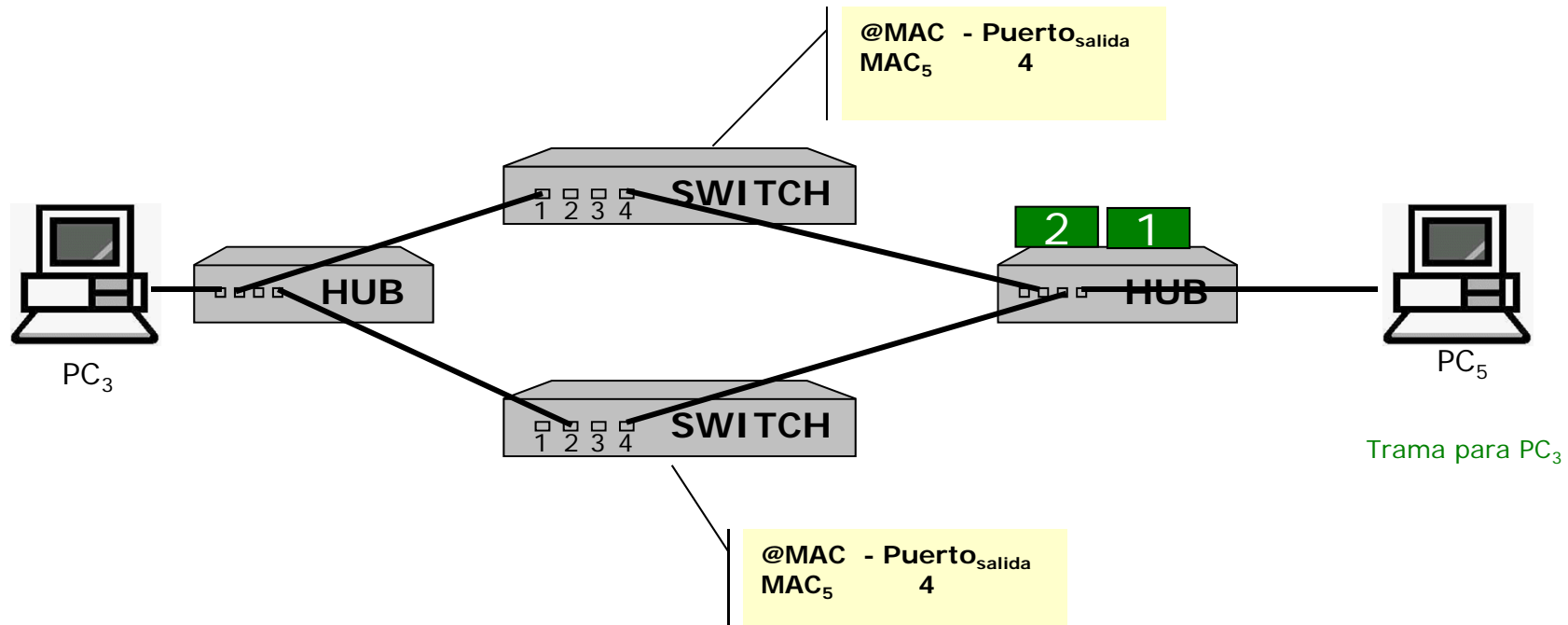
8. Protocolo STP

FORMACIÓN DE BUCLES



8. Protocolo STP

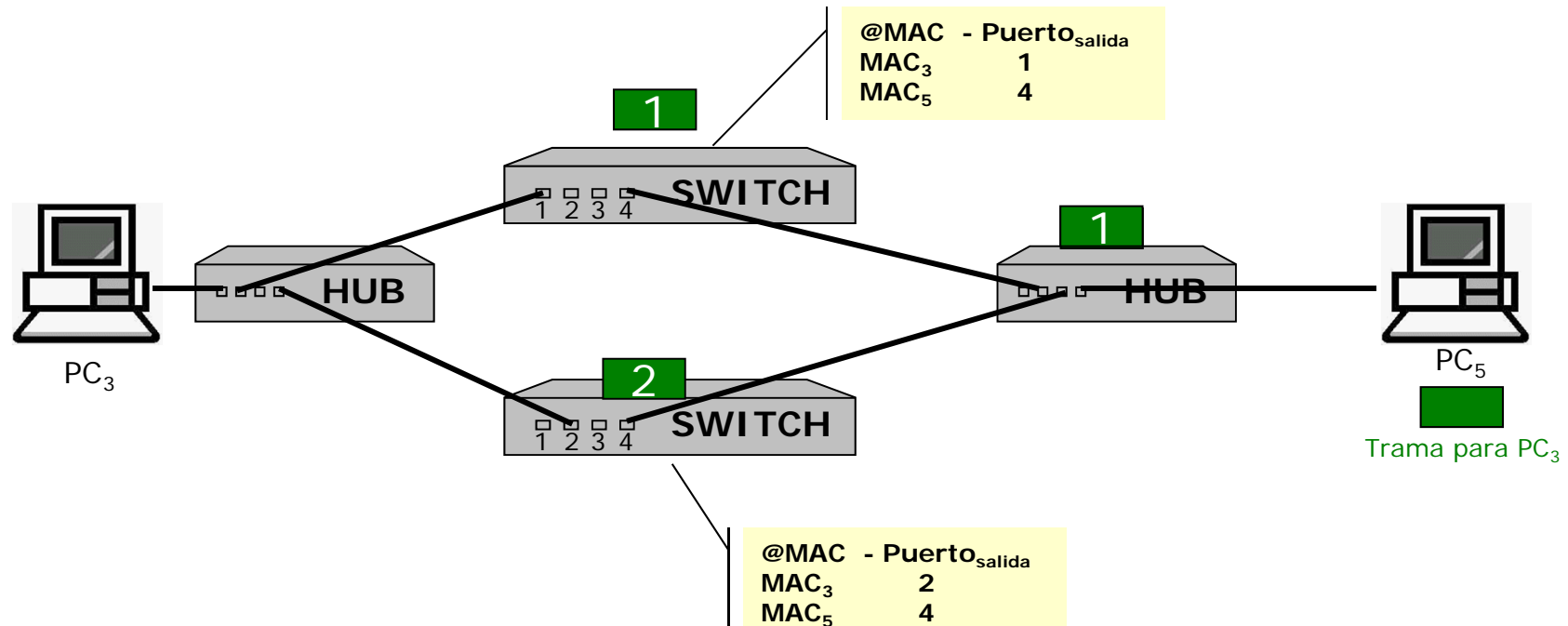
FORMACIÓN DE BUCLES



Los dos puentes seguirán creando copias de la trama hasta que sus memorias se agoten y se paralice la actividad de la red

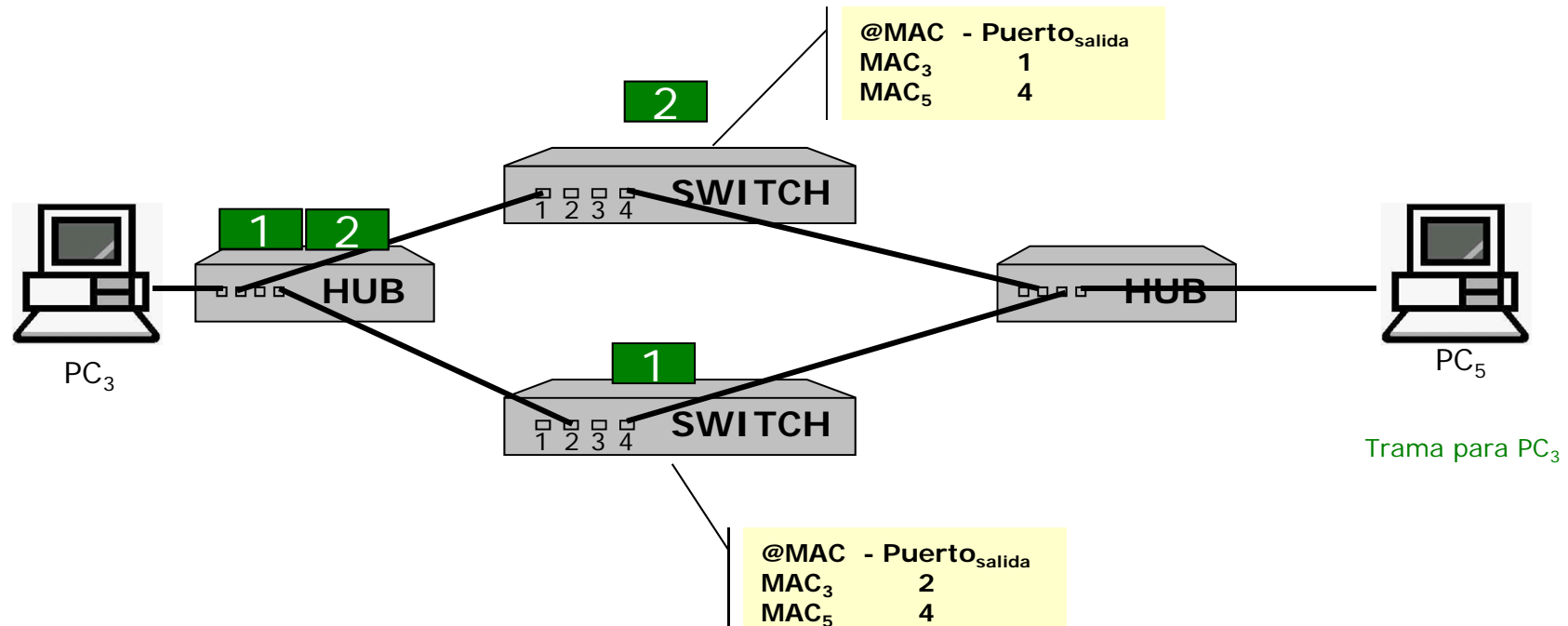
8. Protocolo STP

APRENDIZAJE INCORRECTO



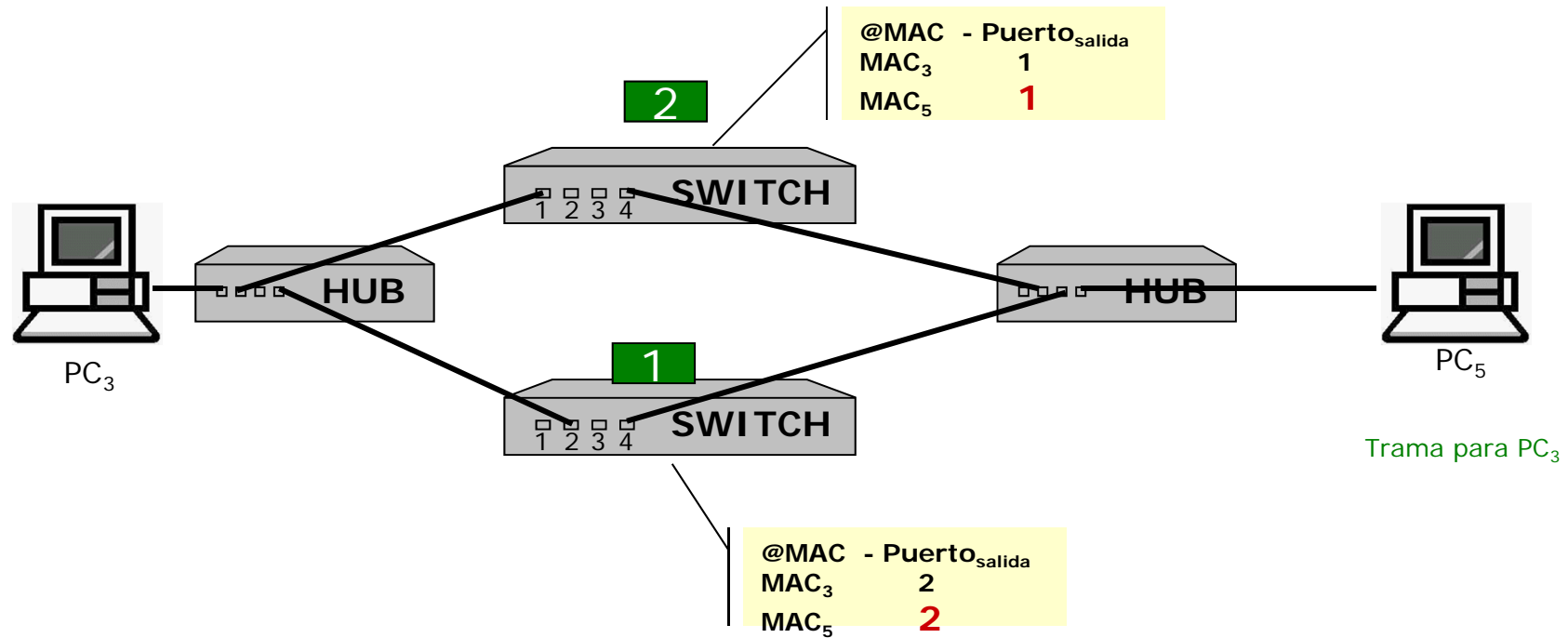
8. Protocolo STP

APRENDIZAJE INCORRECTO



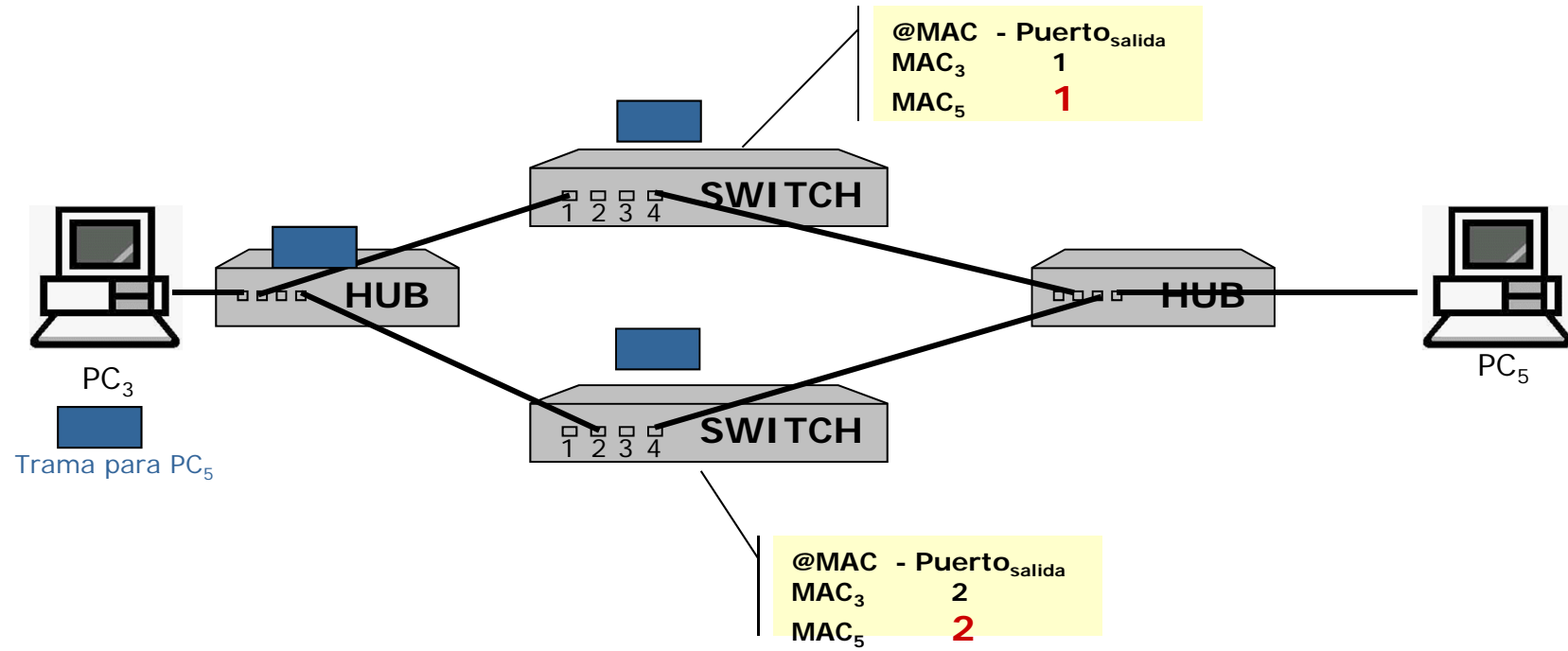
8. Protocolo STP

APRENDIZAJE INCORRECTO



8. Protocolo STP

APRENDIZAJE INCORRECTO



8. Protocolo STP

- Todos estos problemas:

- Aprendizaje incorrecto
- Bucles
- Tramas duplicadas

Consecuencia directa del hecho de tener bucles entre los conmutadores

- ¿Eliminar los bucles?

- Producto de una configuración errónea
- Intencionados para mejorar la disponibilidad de la red introduciendo redundancia
 - Necesidad de servicios siempre accesibles, sustitución de equipos, eliminación de puntos de fallo, ...

- Necesario mecanismo que permita crear bucles físicos que garanticen la disponibilidad de la red y al mismo tiempo se encargue de eliminar los bucles lógicos que puedan originar problemas ⇒ **STP**

Contenidos

5. Protocolos de Control de Acceso al Medio
6. Direccionamiento
7. Hubs, Puentes y Conmutadores
8. Protocolo STP

1. Definiciones

2. Cálculo y mantenimiento

1. Elección del puente raíz
2. Elección de los puentes designados
3. Estado de los puertos
4. Mantenimiento del árbol de distribución

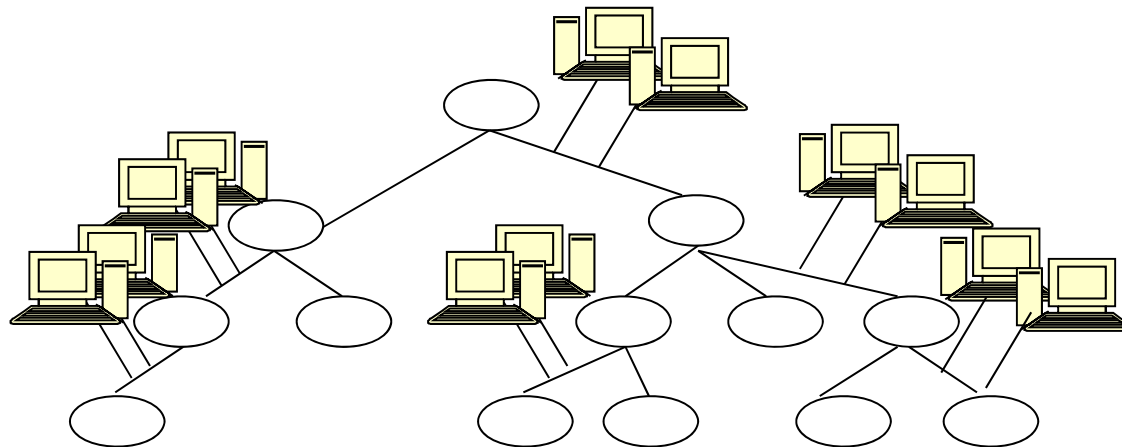
3. Formato de BPDU

9. Ejemplos de protocolos de nivel de enlace de datos: HDLC

8.1 Definiciones

TOPOLOGÍA EN ÁRBOL

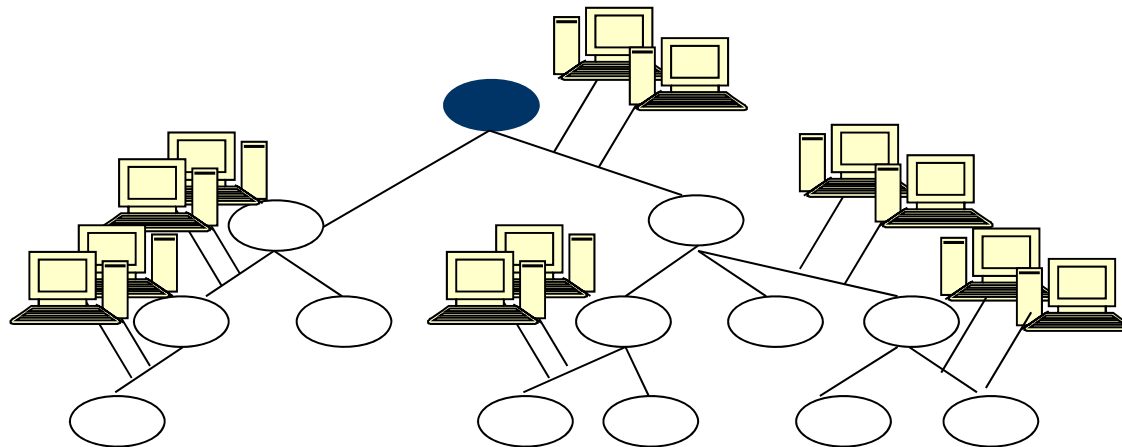
- Es una topología sin bucles que se extiende desde la raíz hasta la última de sus hojas
- Permite la comunicación entre dos estaciones cualesquiera sin bucles
- El protocolo STP intenta organizar todos los segmentos interconectados según una topología en árbol sin que ningún segmento quede aislado



8.1 Definiciones

PUENTE RAÍZ

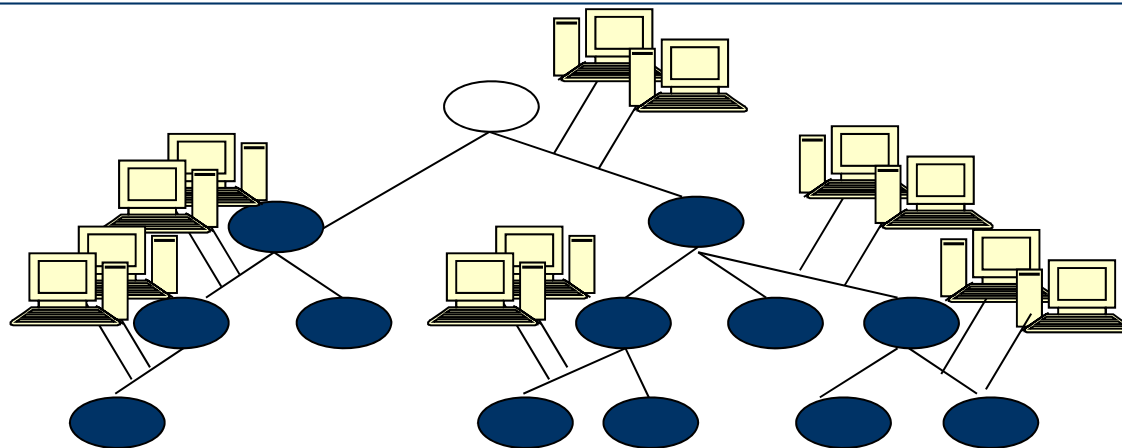
- El puente raíz es el centro lógico de la topología
- Siempre debe existir un puente raíz (y sólo uno) por árbol de distribución
- Cualquier puente tiene capacidad para convertirse en puente raíz
- Puede ir cambiando a lo largo del tiempo si la topología de la red cambia o si se añaden o eliminan puentes de la red



8.1 Definiciones

PUENTE DESIGNADO

- Para evitar que se formen bucles \Rightarrow garantizar que sólo uno de los puentes es responsable del reenvío de tráfico en la dirección puente raíz-estación final
- Si existe un único camino activo entre la raíz y cualquiera de los segmentos \Rightarrow no puede haber bucles
- El puente responsable del reenvío en cada enlace es el puente designado para dicho enlace
- Cada enlace debe tener un (y sólo un) puente designado
- El puente designado de cada enlace debe estar directamente conectado con dicho enlace
- El puente raíz es siempre el puente designado de todos los enlaces con los que está directamente conectado



8.1 Definiciones

PUERTO RAIZ Y PUERTO DESIGNADO

- **Puerto designado** \Rightarrow es el puerto por el que el puente se conecta al enlace del cual es puente designado
 - Un puente designado tendrá tantos puertos designados como enlaces para los que es puente designado
- **Puerto raíz** es el puerto que proporciona a un puente la conectividad en sentido estación final-puente raíz
 - Cada puente (excepto el puente raíz) tiene un único puerto raíz
- Todos los demás puertos de un puente designado estarán inactivos (inhibidos o bloqueados) en régimen permanente
- **Un puente sólo envía tráfico desde/hacia los puertos raíz/designados**
- Aunque un puerto esté bloqueado puede recibir o incluso transmitir mensajes del protocolo STP (mensajes de control para el mantenimiento de la topología en árbol)

8.1 Definiciones

IDENTIFICADORES DE PUENTE

- Campo de longitud 64 bits único para cada puente
- Se obtiene de la concatenación de un número de identificación globalmente-único (48 bits) y un valor de prioridad (16 bits)
 - Direcciones MAC globalmente únicas y longitud 48 bits → se puede usar MAC del puente como primera parte del identificador
 - Valor de prioridad → administrador

IDENTIFICADORES DE PUERTO

- Cada puerto del conmutador tiene un identificador de puerto
- Consta de dos campos: campo único de 8 bits que coincide con el número de puerto y un campo de 8 bits configurables de prioridad
 - Prioridad (al igual que el identificador de puente) se usa para que el administrador pueda decidir cuál será la topología resultante

8.1 Definiciones

- STP trata de configurar la red según una topología en árbol para acceder a cada estación final (hoja) partiendo del puente raíz siguiendo el camino con **menor coste**

- **Coste de un enlace**

$$Coste = \frac{1000}{R(Mbps)}$$

- Coste debe ser un número entero → expresión no admite velocidades de transmisión > 1Gbps
 - Solución: revisión de la norma IEEE 802.1 en 1998

Tasa de transferencia	Rango de costes recomendados	Valor de coste recomendado
4 Mbps	100-1000	250
10 Mbps	50-600	100
16 Mbps	40-400	62
100 Mbps	10-60	19
1 Gbps	3-10	4
10 Gbps	1-5	2

Contenidos

5. Protocolos de Control de Acceso al Medio

6. Direccionamiento

7. Hubs, Puentes y Conmutadores

8. Protocolo STP

1. Definiciones

2. Cálculo y mantenimiento

1. Elección del puente raíz

2. Elección de los puentes designados

3. Estado de los puertos

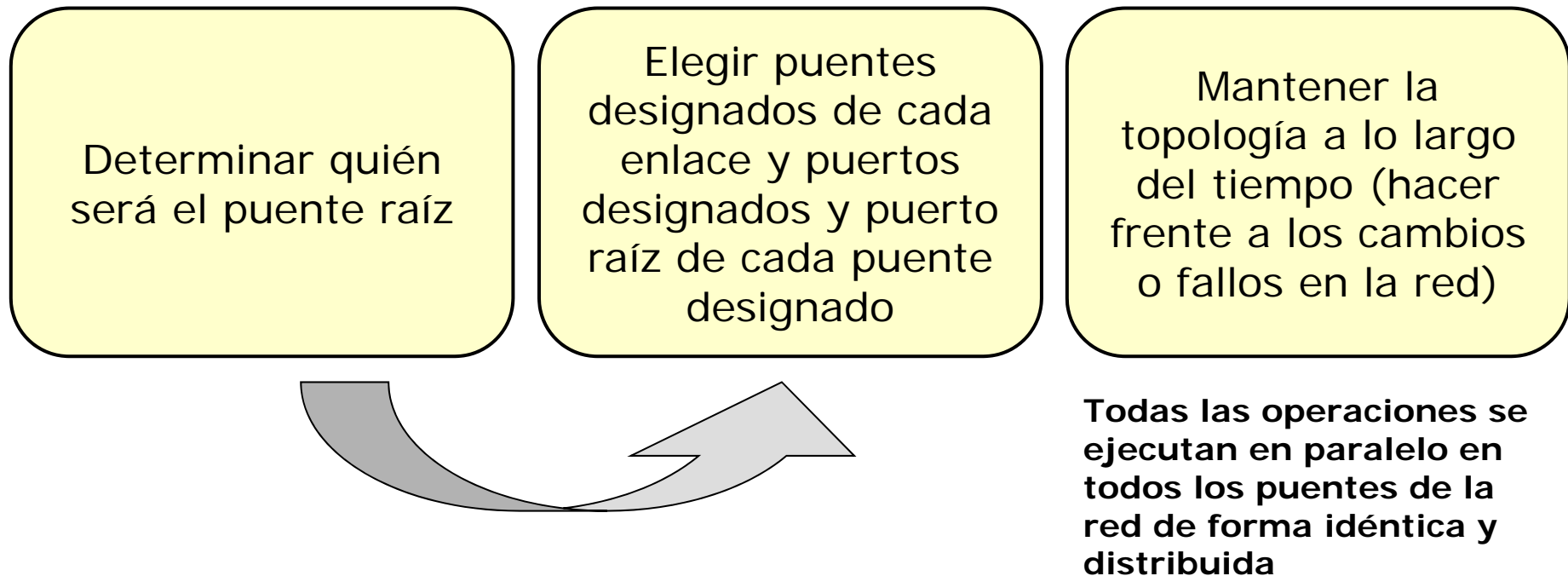
4. Mantenimiento del árbol de distribución

3. Formato de BPDU

9. Ejemplos de protocolos de nivel de enlace de datos: HDLC

8.2 Cálculo y mantenimiento

Obtener una topología de red en árbol sin bucles y donde el coste entre el puente raíz y cualquiera de las estaciones sea el menor posible



Contenidos

5. Protocolos de Control de Acceso al Medio
6. Direccionamiento
7. Hubs, Puentes y Conmutadores
8. Protocolo STP
 1. Definiciones
 2. Cálculo y mantenimiento
 1. Elección del puente raíz
 2. Elección de los puentes designados
 3. Estado de los puertos
 4. Mantenimiento del árbol de distribución
 3. Formato de BPDU
9. Ejemplos de protocolos de nivel de enlace de datos: HDLC

8.2.1 Elección del puente raíz

- Sólo puede haber un puente raíz
- Algoritmo de selección:
 - El puente con un identificador más bajo es el puente raíz
 - Un cambio en la topología que involucre al puente con identificador más pequeño (ej: se añade un puente con un identificador menor o se desconecta el nodo raíz) supone una reconfiguración del árbol de distribución

Contenidos

5. Protocolos de Control de Acceso al Medio
6. Direccionamiento
7. Hubs, Puentes y Conmutadores
8. Protocolo STP
 1. Definiciones
 2. Cálculo y mantenimiento
 1. Elección del puente raíz
 2. Elección de los puentes designados
 3. Estado de los puertos
 4. Mantenimiento del árbol de distribución
 3. Formato de BPDU
9. Ejemplos de protocolos de nivel de enlace de datos: HDLC

8.2.2 Elección de los puentes designados

- Identificar para cada enlace un puente designado (responsable de reenviar el tráfico desde la raíz a los equipos de ese enlace)
- El conmutador designado para cada enlace es aquel que ofrezca el camino de menor coste al puente raíz
 - Si dos puentes ofrecen caminos con el mismo coste \Rightarrow el puente que tenga el menor identificador es el que gana
 - Si puente designado tiene dos puertos para el mismo enlace \Rightarrow se escoge el puerto que tenga menor identificador como puerto designado (libertad del administrador para topología resultante)
 - El puerto raíz del puente designado será el puerto que le permita llegar hasta el puerto raíz con menor coste

Contenidos

5. Protocolos de Control de Acceso al Medio
6. Direccionamiento
7. Hubs, Puentes y Conmutadores
8. Protocolo STP
 1. Definiciones
 2. Cálculo y mantenimiento
 1. Elección del puente raíz
 2. Elección de los puentes designados
 3. Estado de los puertos
 4. Mantenimiento del árbol de distribución
 3. Formato de BPDU
9. Ejemplos de protocolos de nivel de enlace de datos: HDLC

8.2.3 Estado de los puertos

Inhibido

Bloqueado

Escucha

Aprendizaje

Reenvío

8.2.3 Estado de los puertos

Inhibido

- No puede recibir ni transmitir.
- Cuando esté estropeado, cuando el enlace al que se conecta falle, o si el administrador lo ha inhibido de manera intencionada

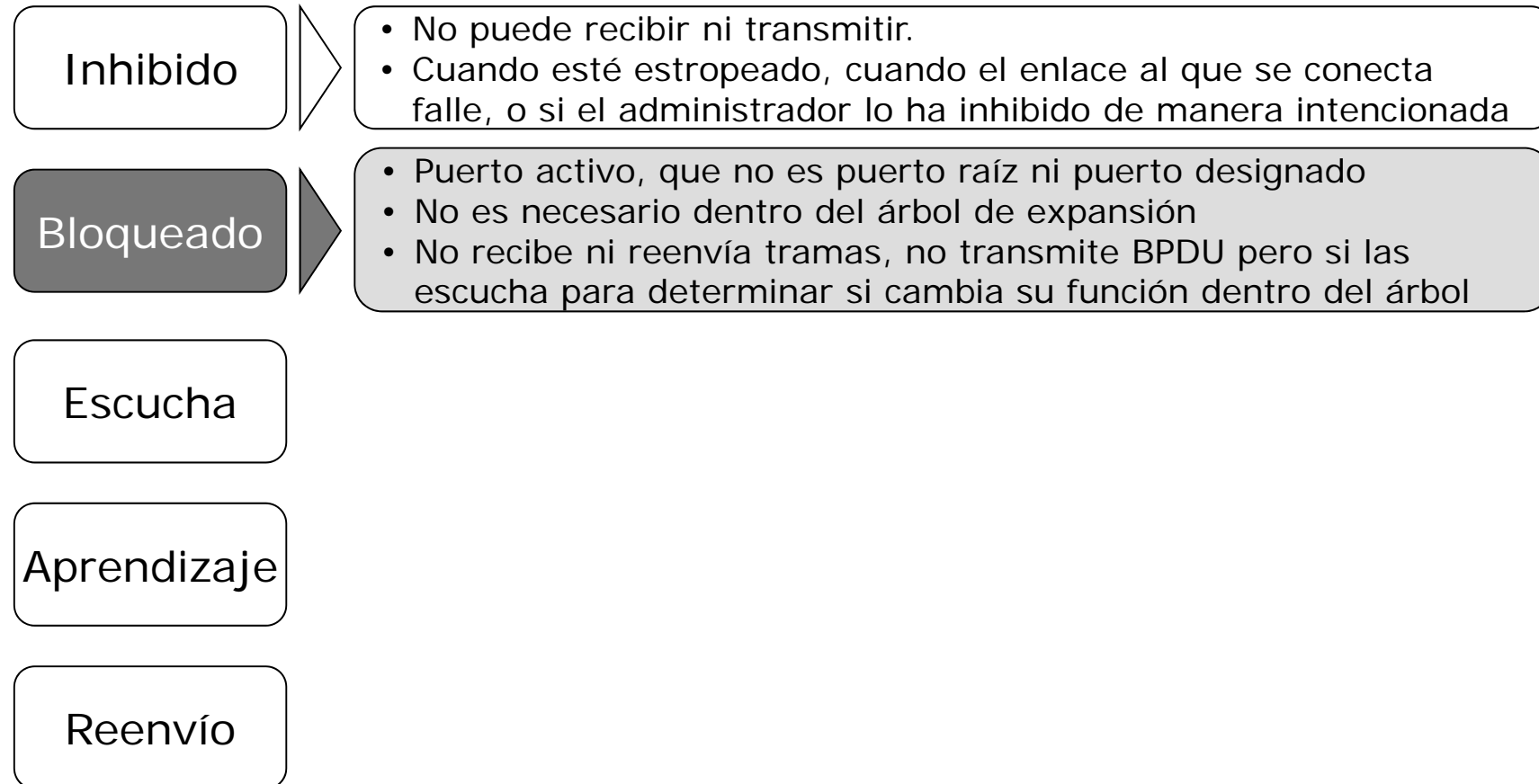
Bloqueado

Escucha

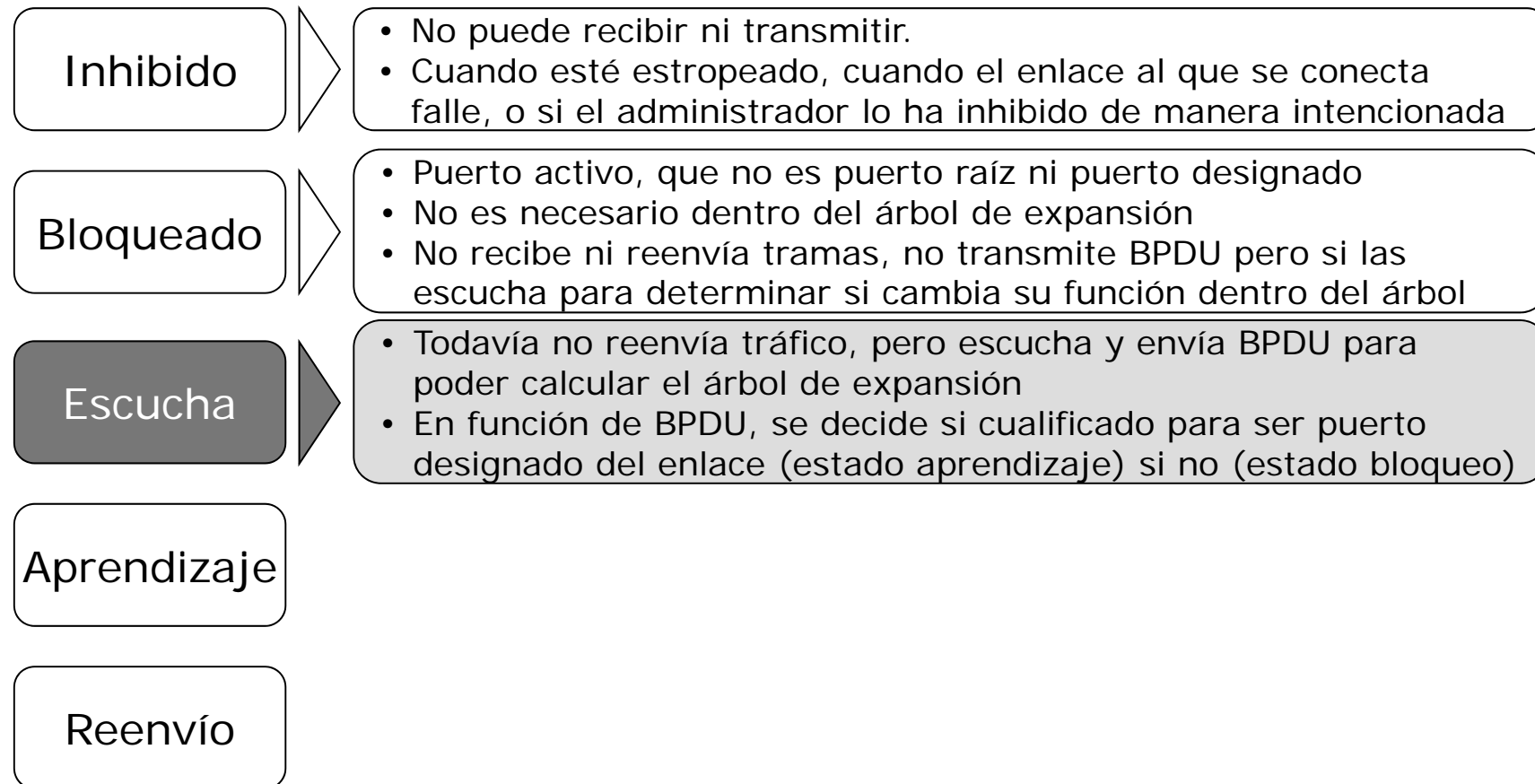
Aprendizaje

Reenvío

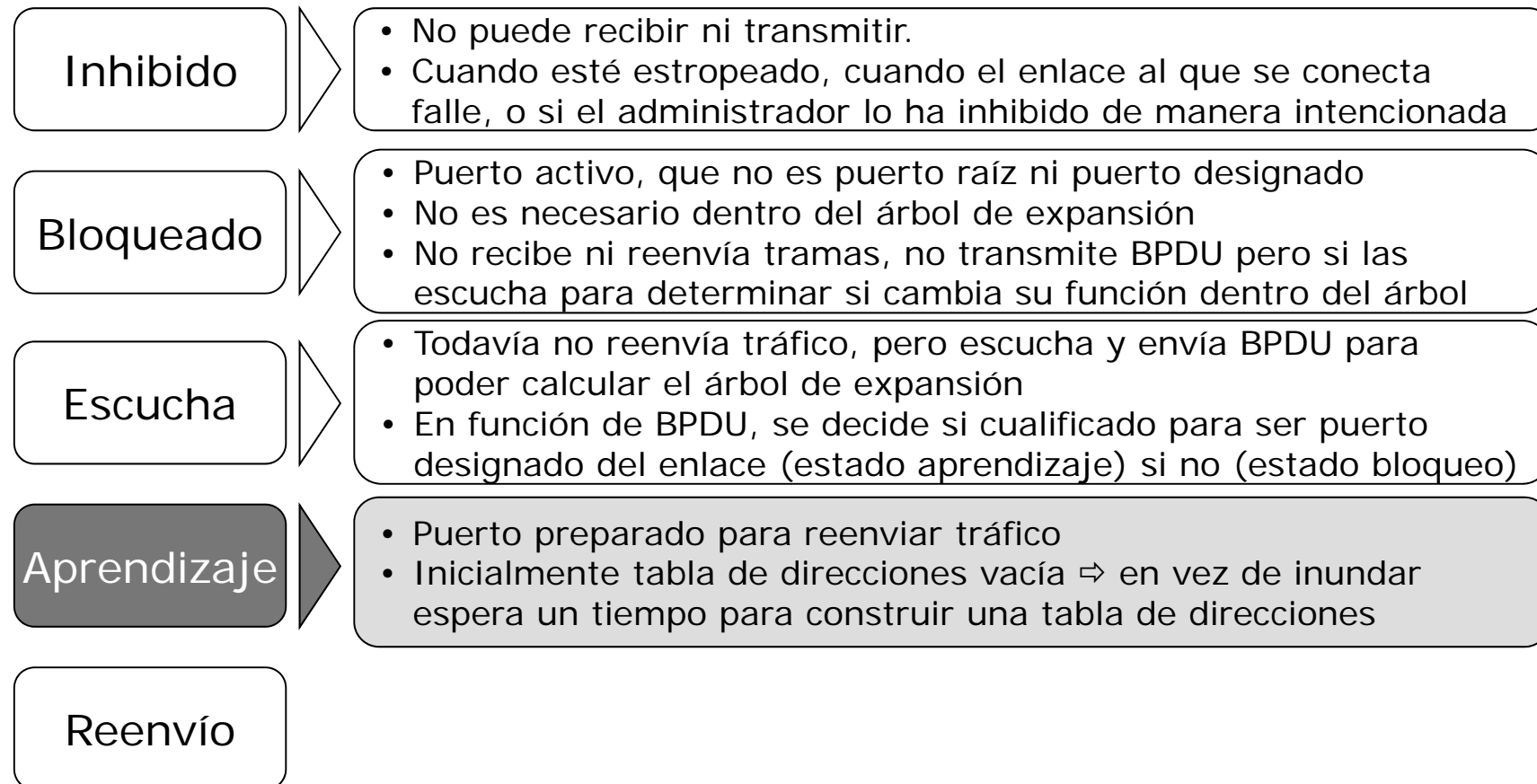
8.2.3 Estado de los puertos



8.2.3 Estado de los puertos



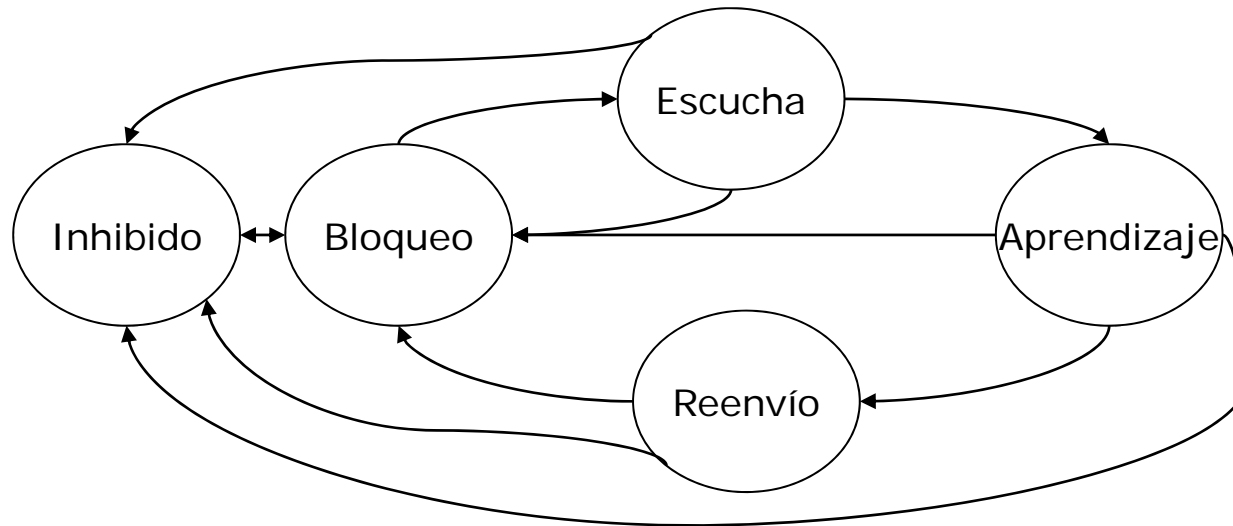
8.2.3 Estado de los puertos



8.2.3 Estado de los puertos

Inhibido	<ul style="list-style-type: none">• No puede recibir ni transmitir.• Cuando esté estropeado, cuando el enlace al que se conecta falle, o si el administrador lo ha inhibido de manera intencionada
Bloqueado	<ul style="list-style-type: none">• Puerto activo, que no es puerto raíz ni puerto designado• No es necesario dentro del árbol de expansión• No recibe ni reenvía tramas, no transmite BPDU pero si las escucha para determinar si cambia su función dentro del árbol
Escucha	<ul style="list-style-type: none">• Todavía no reenvía tráfico, pero escucha y envía BPDU para poder calcular el árbol de expansión• En función de BPDU, se decide si cualificado para ser puerto designado del enlace (estado aprendizaje) si no (estado bloqueo)
Aprendizaje	<ul style="list-style-type: none">• Puerto preparado para reenviar tráfico• Inicialmente tabla de direcciones vacía ⇨ en vez de inundar espera un tiempo para construir una tabla de direcciones
Reenvío	<ul style="list-style-type: none">• Reenvío de tramas• Estado normal para un puerto que pertenece al árbol de expansión

8.2.3 Estado de los puertos



	Recibe BPDUs	Transmite BPDUs	Aprende Direcciones	Reenvía tramas
Inhibido	--	--	--	--
Bloqueado	X	--	--	--
En escucha	X	X	--	--
En aprendizaje	X	X	X	--
Reenvío	X	X	X	X

Contenidos

5. Protocolos de Control de Acceso al Medio
6. Direccionamiento
7. Hubs, Puentes y Conmutadores
8. Protocolo STP
 1. Definiciones
 2. Cálculo y mantenimiento
 1. Elección del puente raíz
 2. Elección de los puentes designados
 3. Estado de los puertos
 4. Mantenimiento del árbol de distribución
 3. Formato de BPDU
9. Ejemplos de protocolos de nivel de enlace de datos: HDLC

8.2.4 Mantenimiento del árbol de distribución

- Eventos que pueden provocar un cambio en la topología de la red ⇒ en el árbol de distribución:
 - Eliminar/añadir una estación o un puente
 - Fallo o recuperación en un equipo o un enlace
 - Reconfiguración de parámetros del protocolo STP
- El árbol de expansión converge a la topología adecuada ⇒ emisión periódica de **mensajes de configuración**
 - Mantienen la topología, dejando inactivos aquellos puentes o puertos que puedan dar lugar a la aparición de bucles
 - Todos los conmutadores escuchan mensajes de configuración y comparan la información que contienen con la que ellos almacenan
 - Puente inicia acción de cambio de topología ⇒ mensaje *Cambio de Topología* por su puerto raíz
 - Puente raíz advierte del cambio al resto de puentes de la red enviando un mensaje de configuración con el campo *Change Flag* puesto a 1

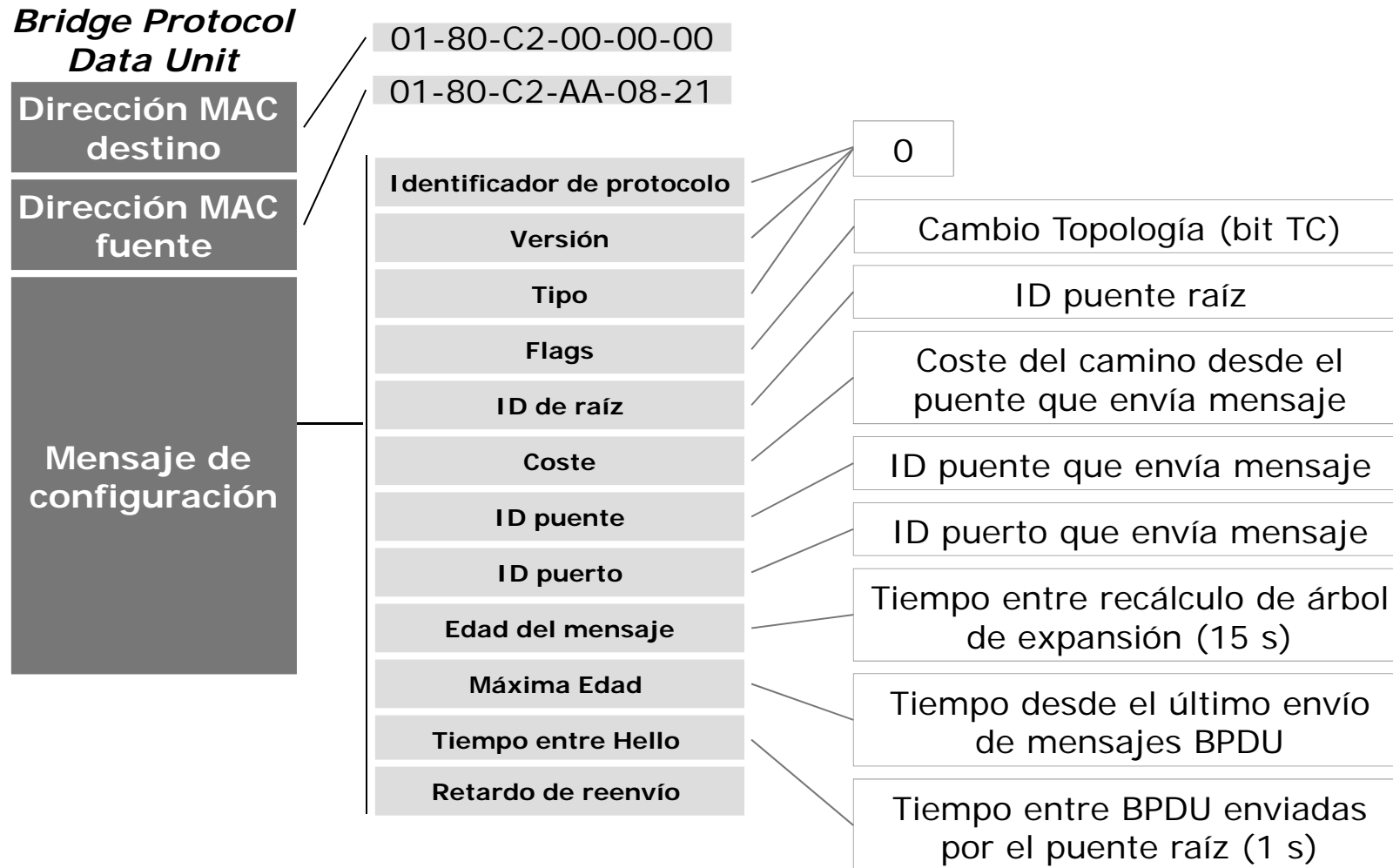
Contenidos

5. Protocolos de Control de Acceso al Medio
6. Direccionamiento
7. Hubs, Puentes y Conmutadores
8. Protocolo STP
 1. Definiciones
 2. Cálculo y mantenimiento
 1. Elección del puente raíz
 2. Elección de los puentes designados
 3. Estado de los puertos
 4. Mantenimiento del árbol de distribución
 3. Formato de BPDU
9. Ejemplos de protocolos de nivel de enlace de datos: HDLC

8.3 Formato de BPDU

- BPDU (Bridge Protocol Data Unit)
 - Cuando puente se enciende envía BPDU para seleccionar puente raíz (cada 2 segundos)
 - Se propone él mismo como puente raíz (como todos los puentes reciben todas las BPDU de los demás pueden alcanzar consenso en elección de puente raíz)

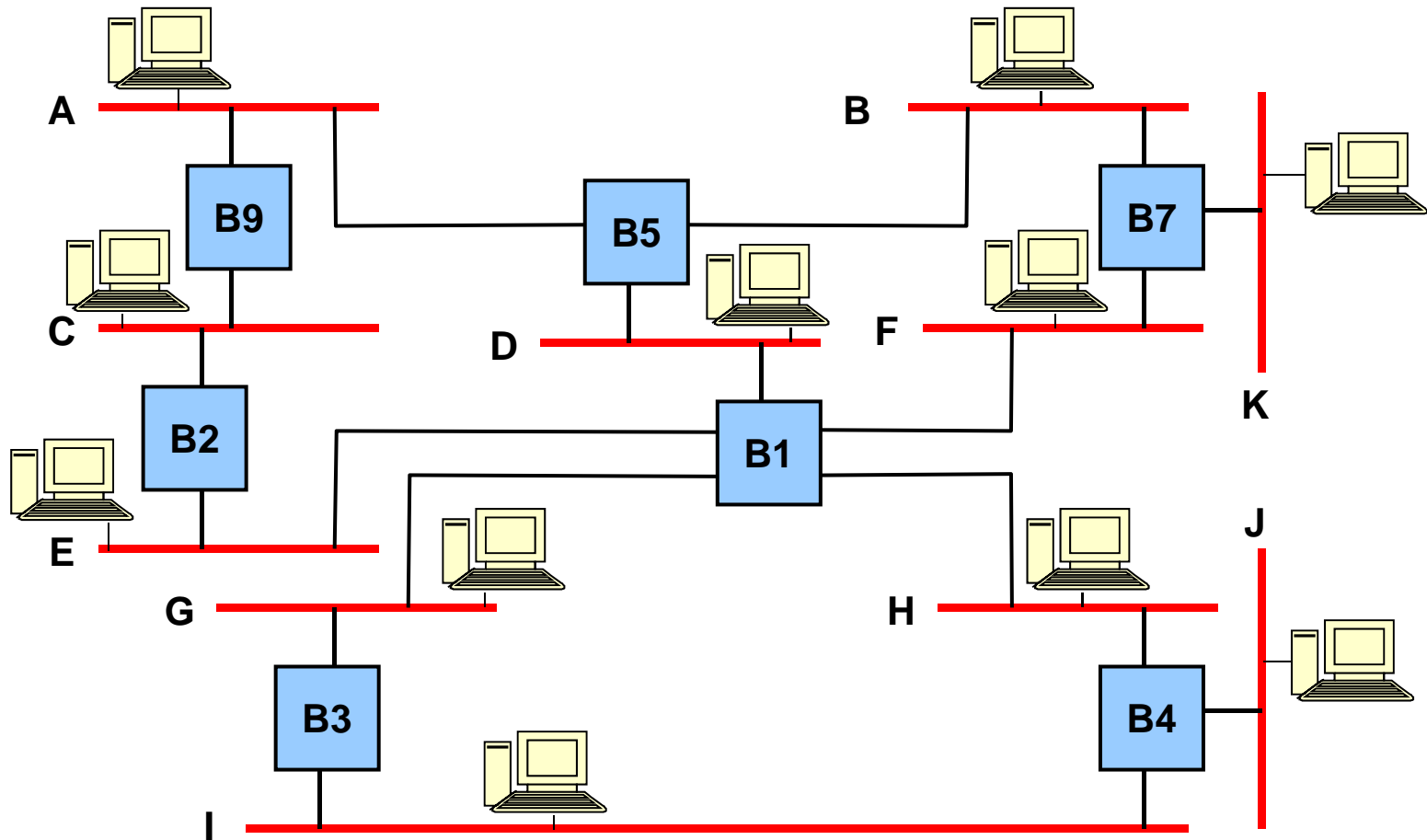
8.3 Formato de BPDU



8.3 Formato de BPDU

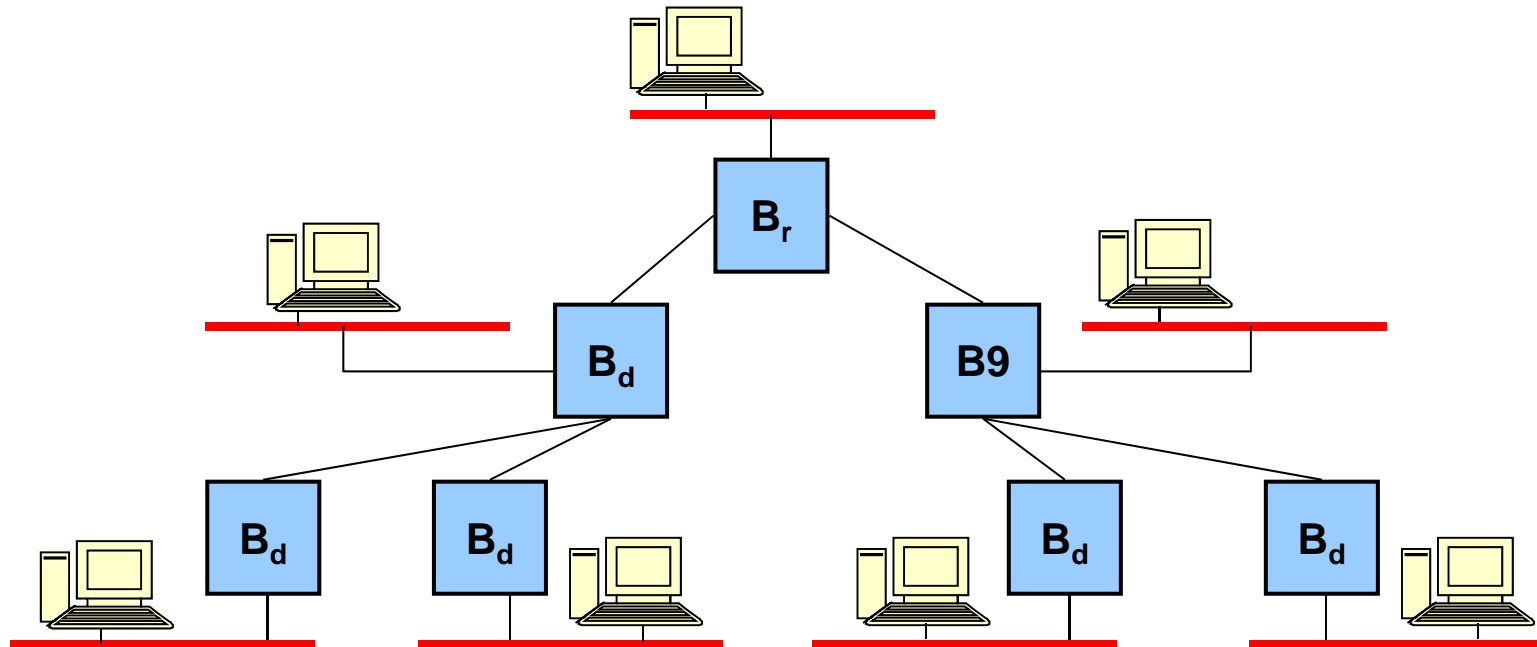
- Con las tramas BPDU:
 - Elegir un único puente raíz
 - Calcular la distancia del camino menos costoso al puente raíz
 - Cada segmento tiene un puente designado
 - Cada puente determina su puerto raíz y sus puertos designados (todos los puertos que pertenecen al árbol de expansión)

Ejemplo



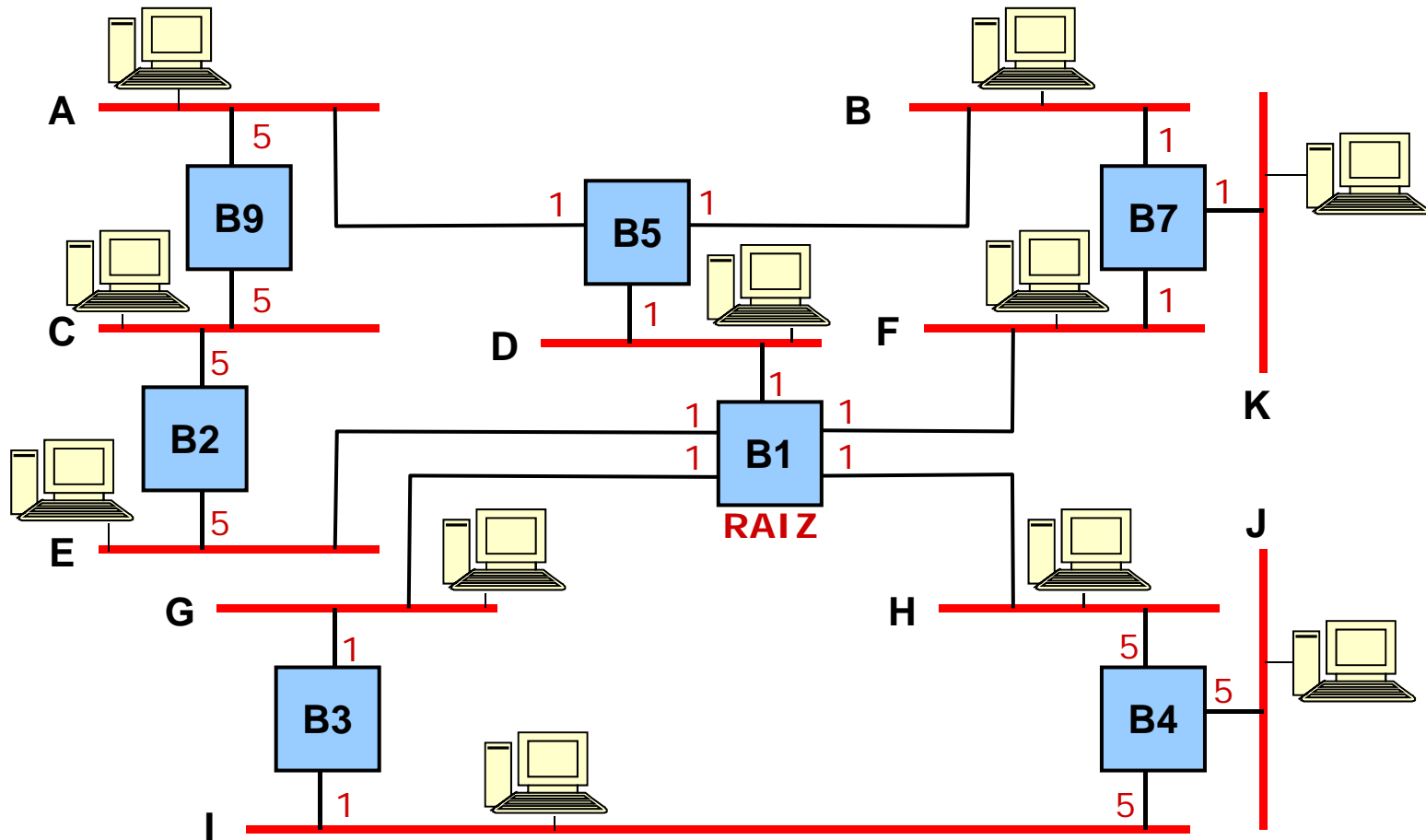
...topología física redundante en la que hay bucles...

Ejemplo



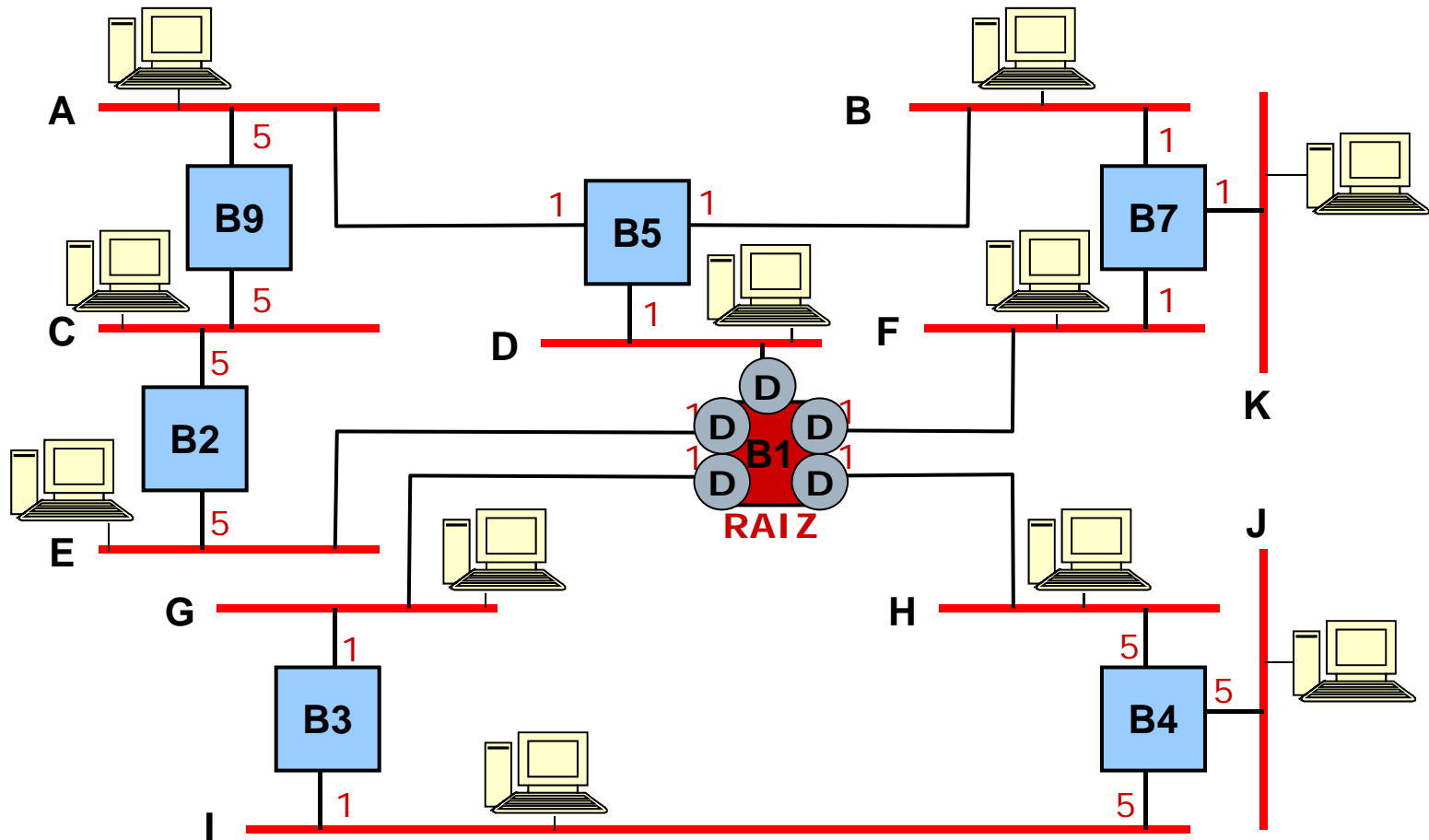
...topología física redundante en la que NO hay bucles...

Ejemplo



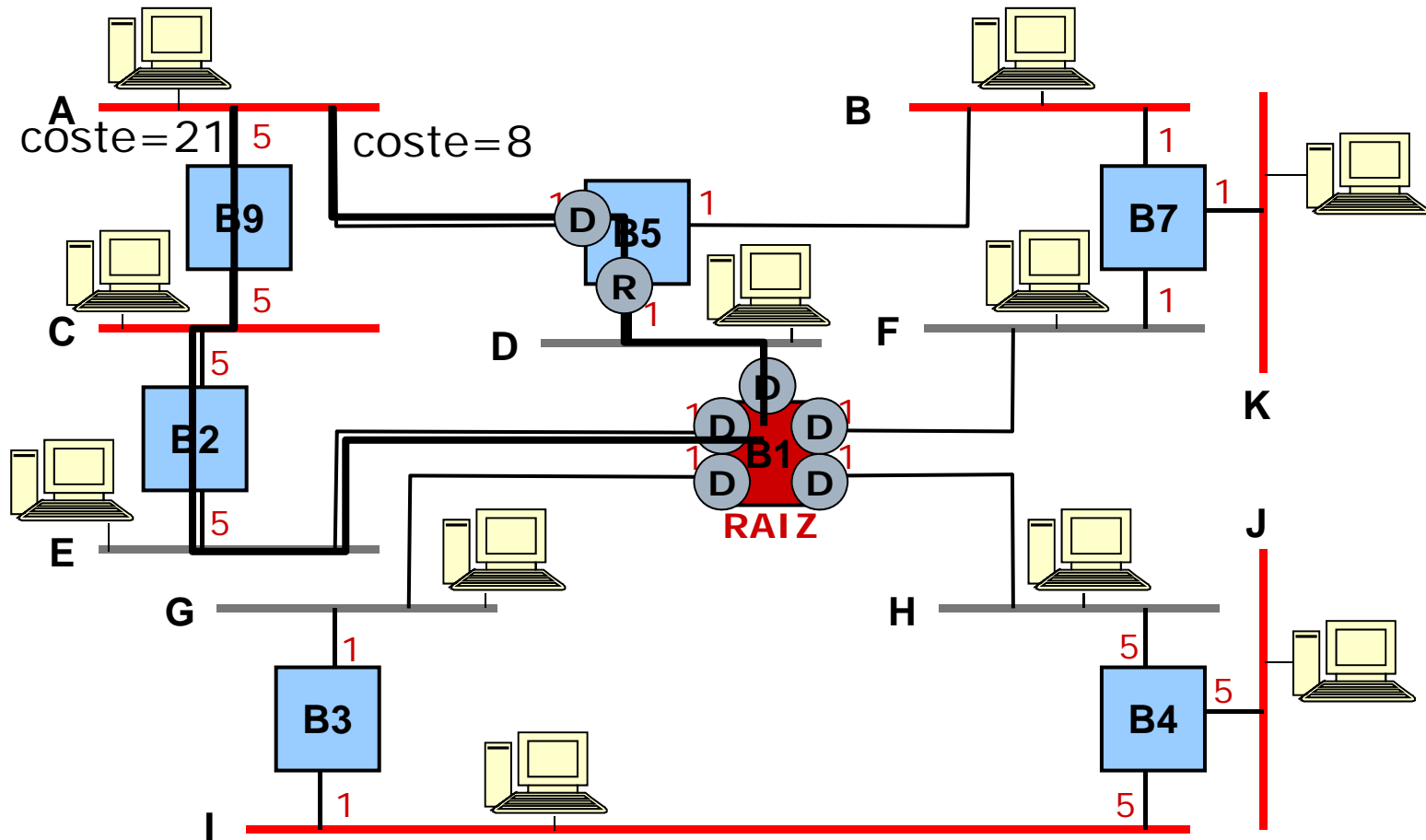
¿Cuál es el puente con el identificador más pequeño?

Ejemplo



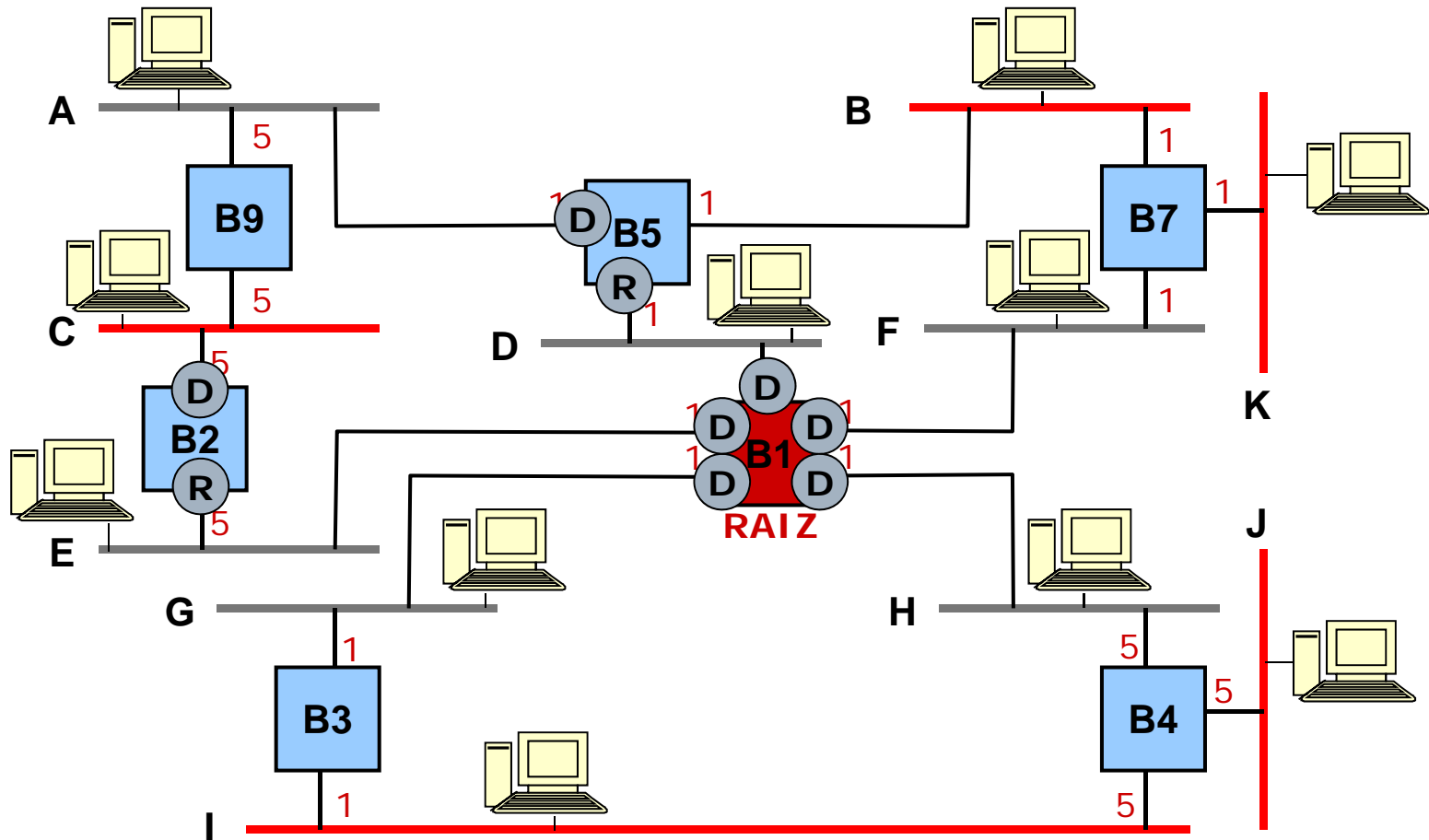
Por definición, el puente raíz es el puente designado para los segmentos a los que está directamente conectado

Ejemplo



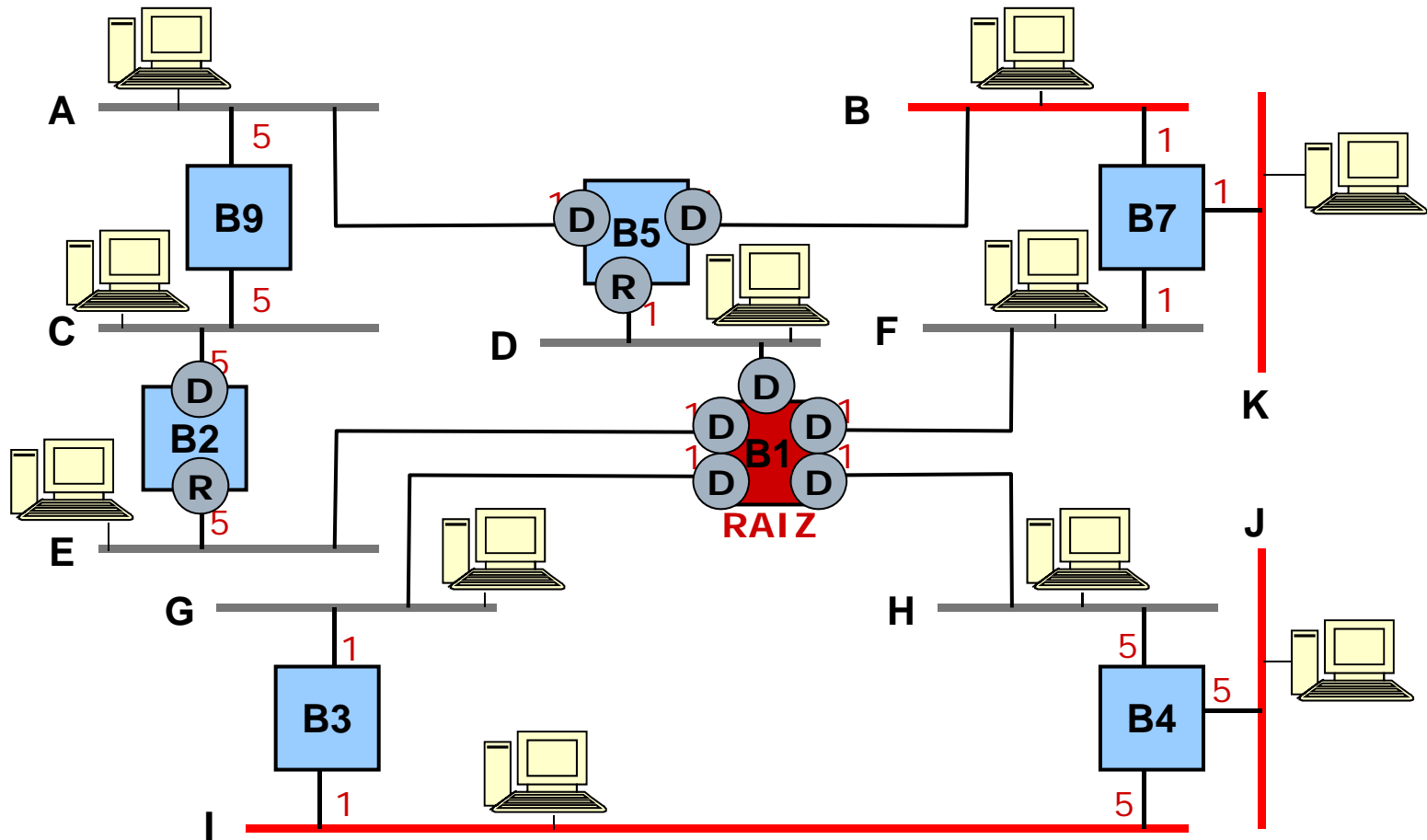
¿Cómo llegar a segmento A con menor coste?

Ejemplo



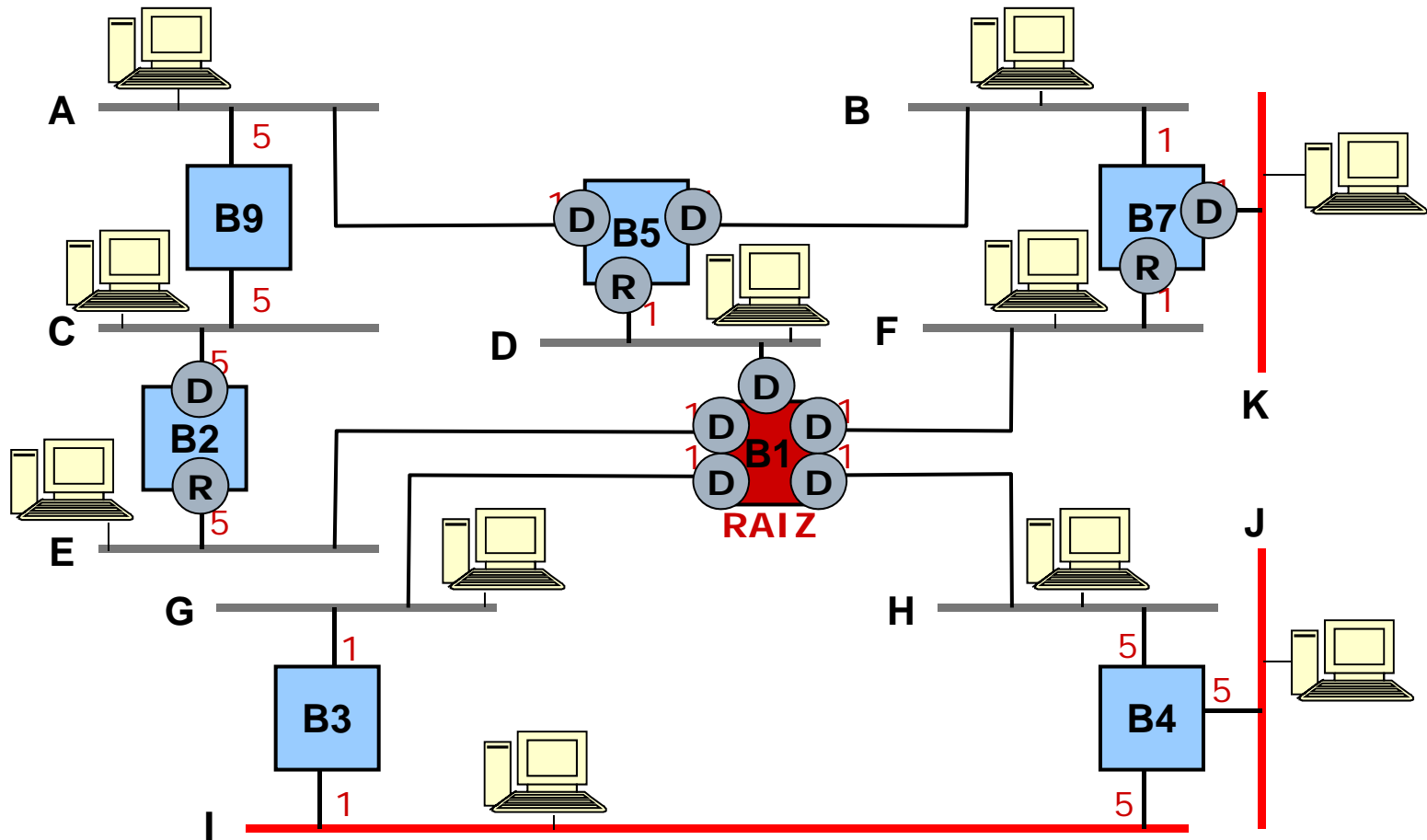
¿Cómo llegar a segmento C con menor coste?

Ejemplo



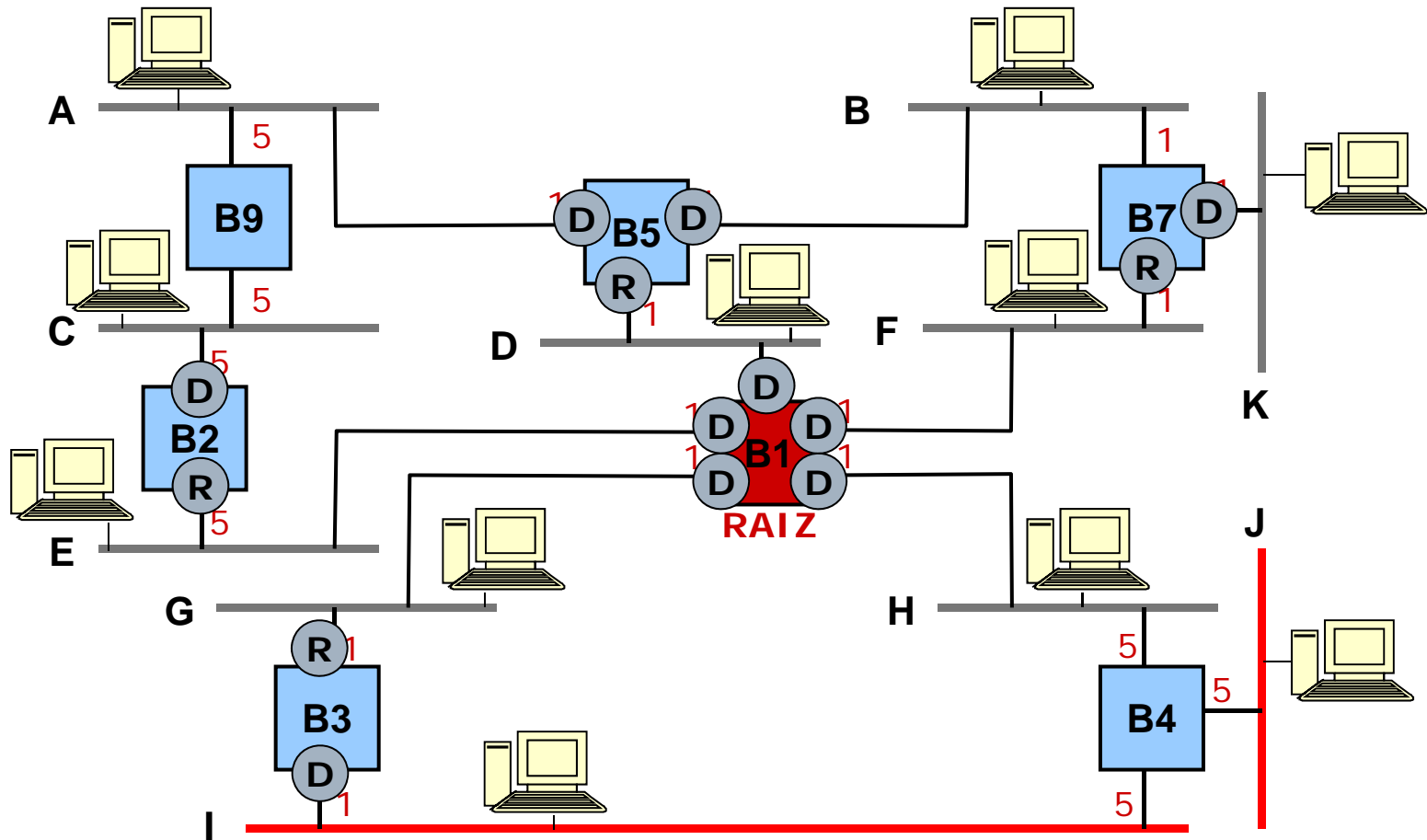
¿Cómo llegar a segmento B con menor coste?

Ejemplo



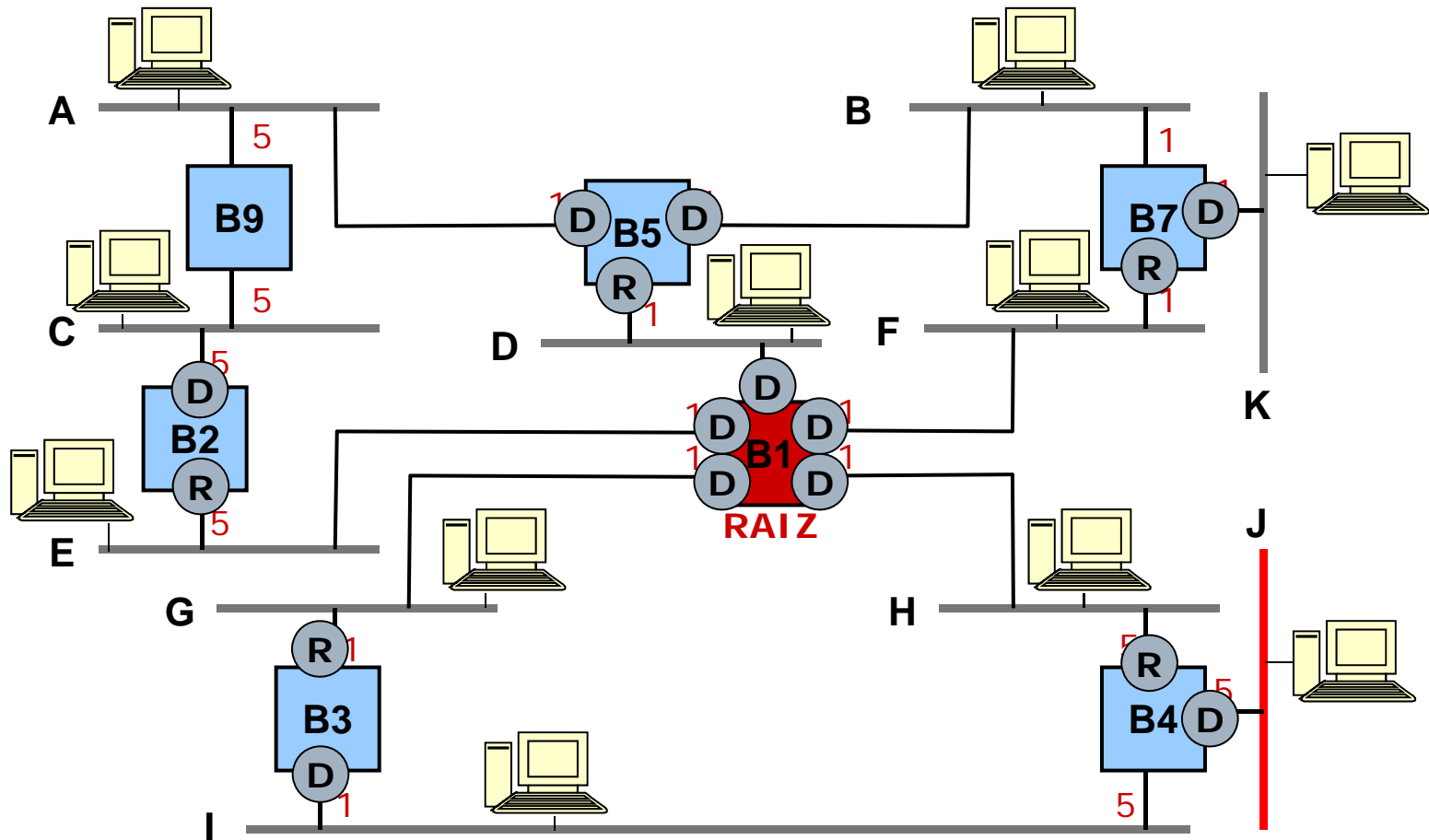
¿Cómo llegar a segmento K con menor coste?

Ejemplo



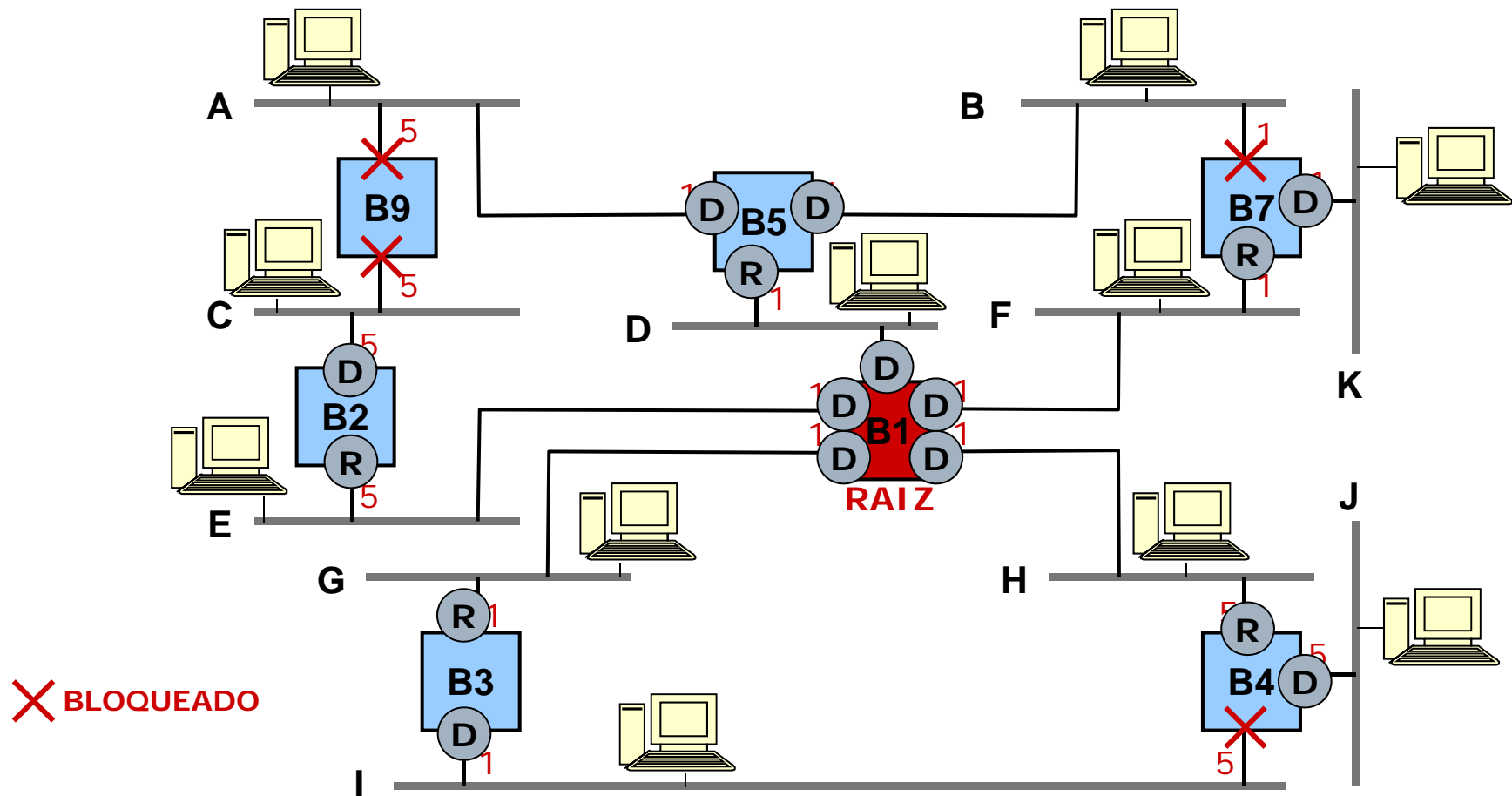
¿Cómo llegar a segmento I con menor coste?

Ejemplo



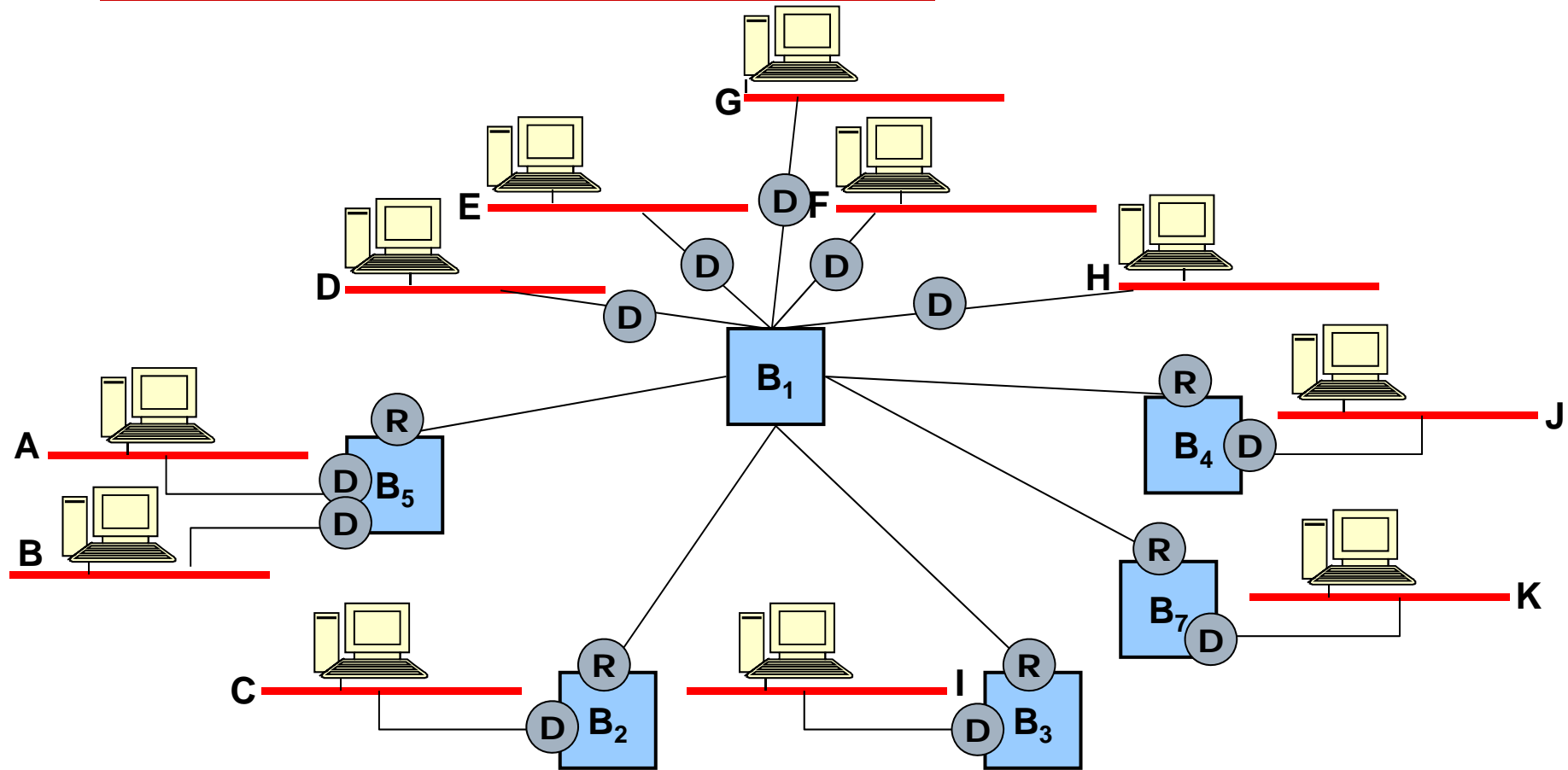
¿Cómo llegar a segmento J con menor coste?

Ejemplo



¿Cuál es la topología lógica resultante? Dibújala

Ejemplo



...topología física redundante en la que NO hay bucles...

Próximo día

1. Introducción
 1. Funciones de un protocolo de enlace de datos
2. Entramado
 1. Protocolos orientados a carácter
 2. Protocolos orientados a bit
3. Corrección de errores
 1. Códigos de control de errores
 2. Códigos polinómicos
4. Técnicas de control de flujo y protocolos de control de errores

Próximo día

5. Protocolos de Control de Acceso al Medio
6. Direccionamiento
7. Hubs, Puentes y Conmutadores
8. Protocolo STP
 1. Definiciones
 2. Cálculo y mantenimiento
 1. Elección del puente raíz
 2. Elección de los puentes designados
 3. Estado de los puertos
 4. Mantenimiento del árbol de distribución
 3. Formato de BPDU

9. Ejemplos de protocolos de nivel de enlace de datos: HDLC