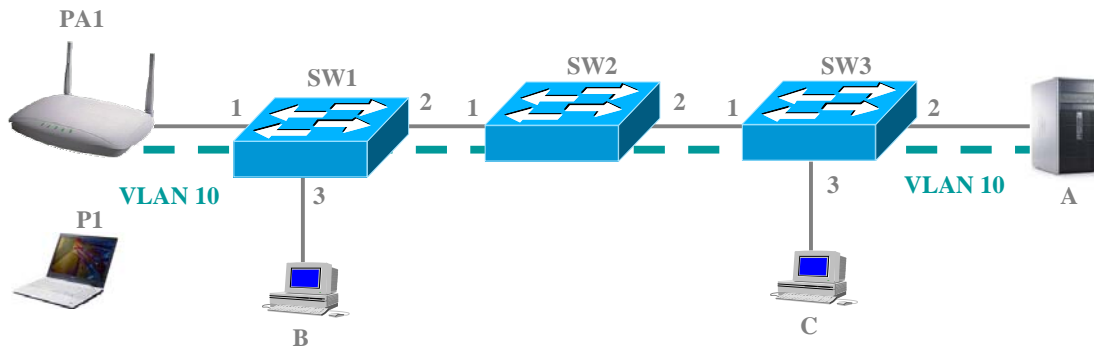


2009-02-06-01-S01

Una parte de una oficina empresarial tiene una topología de red, que se representa simplificada en la figura siguiente:



El equipo portátil P1 está asociado al punto de acceso PA1 el cual establece una red inalámbrica 802.11b. Como puede verse el PA1 está conectado, a su vez, a una red cableada que funciona según la norma 100-BASE-TX (todos los equipos ethernet se posicionan en full duplex). En la red aparecen tres switches ethernet (SW1, SW2, SW3), unidos entre sí con segmentos de trunking, también a 100 Mbps.

En la ethernet se ha formado una VLAN (Virtual LAN), de tal forma definida, que todas las tramas que entran (o salen) por el puerto 1 del SW1 se hacen pertenecer a la VLAN, denominada VLAN-10. Idénticamente todas las tramas que entran (salen) por el puerto 2 del SW3 se hacen pertenecer a la VLAN-10. Los SW1, SW2 y SW3 en sus segmentos de trunking etiquetan las tramas de la VLAN según la 802.1Q. El formato de las tramas etiquetadas puede verse al final del enunciado.

En este contexto tenemos que todas las máquinas funcionan de acuerdo a la arquitectura de comunicaciones TCP/IP.

- a) Para realizar un estudio de la transmisión en la red, supongamos que el portátil P1 envía 206 octetos de aplicación (cabecera incluida) al servidor A, el servidor A, responde con 506 octetos de aplicación (cabecera incluida). Considere que el protocolo de aplicación se apoya en UDP. Suponga también que las **tablas ARP de P1 y A están llenas**.

- 1) Dibuje la torre de protocolos de los dispositivos implicados en la comunicación.
- 2) Dibuje los cronogramas a nivel de aplicación, de transporte e IP, de la transferencia enunciada.
- 3) Dibuje el cronograma a nivel físico de la transferencia.
- 4) Calcule el tiempo total empleado en realizarla.

- b) En una segunda fase, la máquina B envía a la máquina C, 106 octetos de datos a nivel de aplicación y sobre transporte UDP, la máquina C responde con 206 octetos de datos, a nivel de aplicación. En esta fase suponga que las **tablas ARP de B y C están vacías**.

- 1) Diga cuantos dominios de difusión (broadcast) hay establecidos en la red, y dominios de colisión. Explique por qué.
- 2) Cuando B hace la petición ARP, diga que máquinas la reciben. Explique por qué.
- 3) Dibuje el cronograma a nivel físico de la transferencia completa.
- 4) Calcule el tiempo total empleado en realizarla.

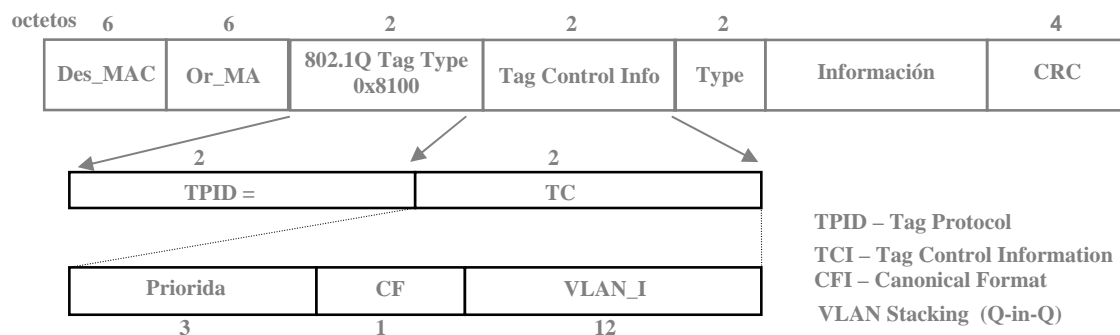
Datos y consideraciones:

- La velocidad en la ethernet cableada se establece a 100 Mbps.
- Las rutas a nivel IP están bien establecidas.
- El tiempo de proceso y conmutación es despreciable en switches, host y AP.
- La cabecera IP es de 20 octetos y no existen opciones.
- La cabecera UDP es de 8 octetos.
- La capa MAC+ física de ethernet introduce 26 octetos.
- Tamaño de los paquetes ARP = 28 octetos.
- La MTU de las dos redes es de 1500 octetos.

Considere que en la red inalámbrica:

- La red es una 802.11b. Suponga, por facilidad de cálculo, que todos los bits a nivel físico se transmiten a 11Mbps (aunque debe saber que el preámbulo PLCP y la cabecera PLCP se transmiten siempre en 192 μ segundos; es decir: siempre a 1 Mbps).
- Los portátiles están siempre asociados al punto de acceso.
- No hay fragmentación a nivel MAC 802.11b. El tamaño máximo del área de datos de la trama MAC es de 2312 octetos.
- Las cabeceras añadidas por las distintas capas/subcapas son:
LLC+SNAP= 8 octetos, MAC= 34 octetos y PLCP (Physical Layer Convergence Protocol) = 24 octetos.
- Los RTS threshold de los equipos, con interfaz inalámbrico, son: RTS-THR (P1) = 2347 octetos. RTS-THR (PA1) = 2347 octetos. El valor Threshold hace referencia al tamaño total de la trama a nivel MAC.
- El tamaño a nivel MAC de las distintas tramas de control es:
RTS = 20 octetos, CTS= 14 octetos y ACK= 14 octetos
- Considerar que los tiempos de proceso y propagación son despreciables y que:
 $t_{SIFS}=10 \mu$ sg (tiempo de espera de intervalo corto entre tramas).
 $t_{DIFS}=50 \mu$ sg (tiempo de espera de intervalo distribuido entre tramas).

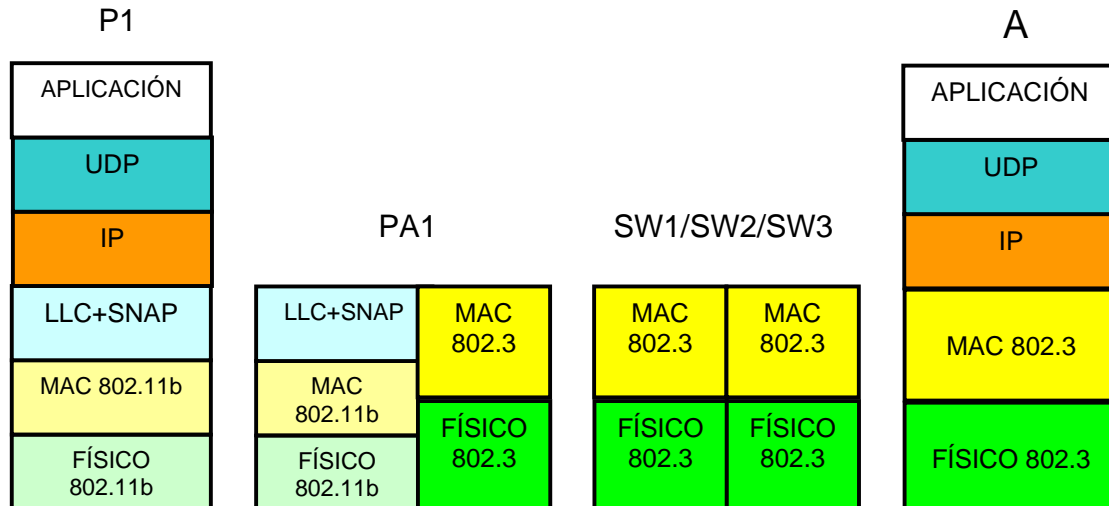
El formato de las tramas etiquetadas según la 801.1Q es el siguiente:



SOLUCIÓN

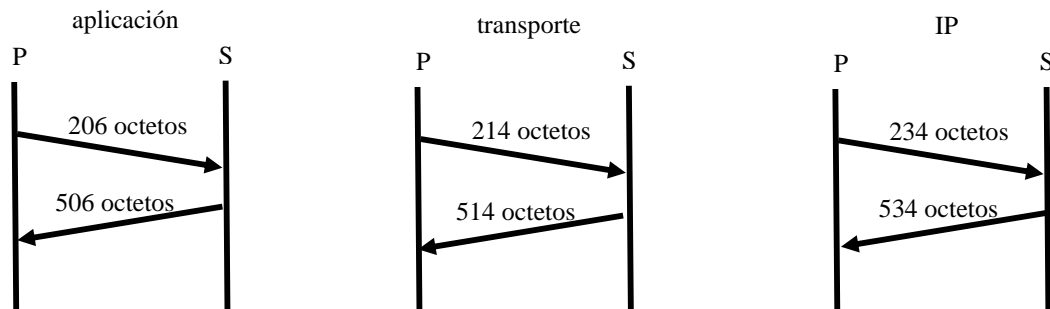
a)

1) Torres de protocolos de los dispositivos implicados en la comunicación:



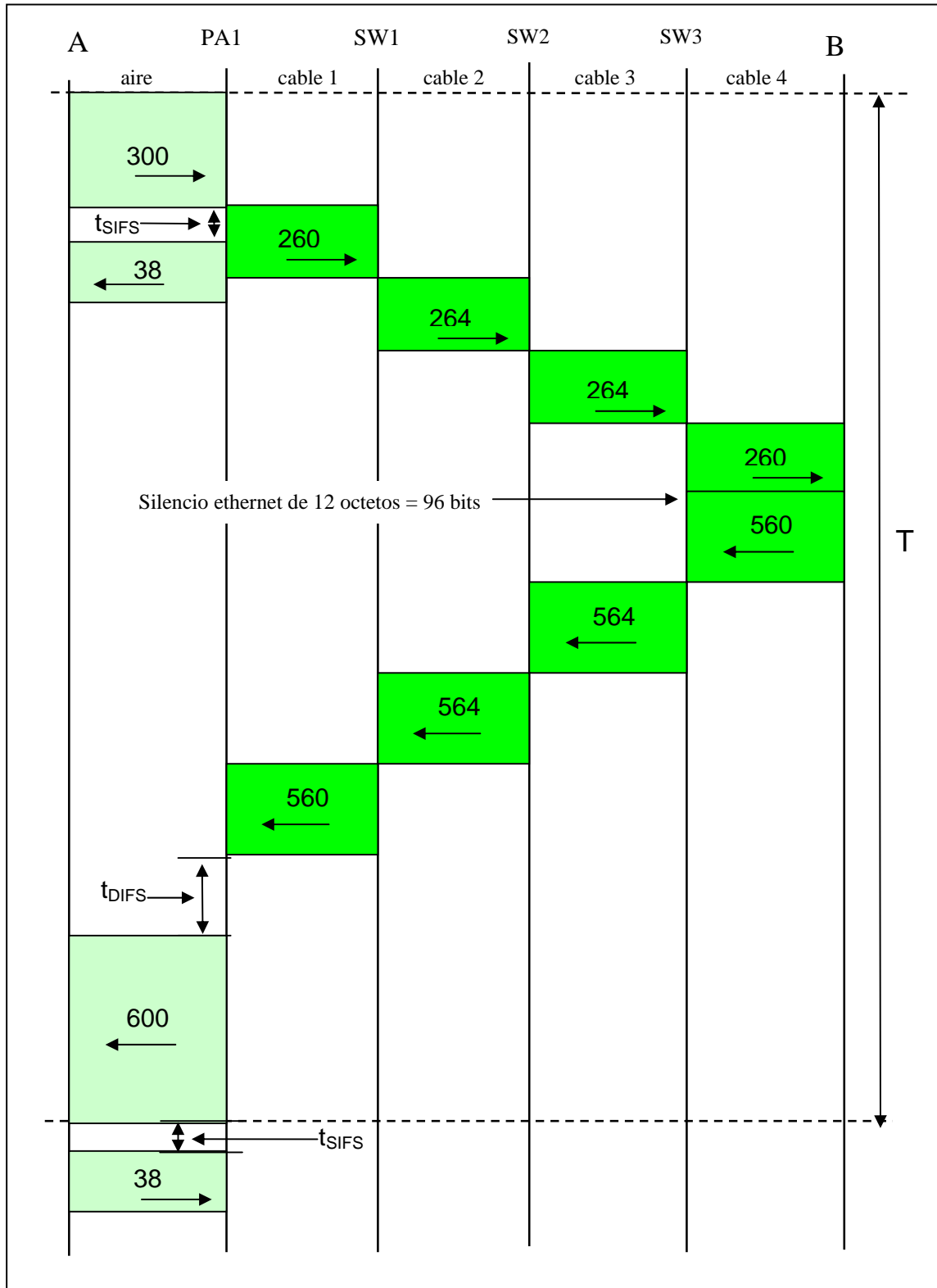
P1 es una estación inalámbrica, incorpora por debajo de la capa IP, LLC+SNAP, lo mismo le ocurre al Punto de Acceso PA1.

2) Cronogramas a nivel de aplicación, transporte e IP.



Aplicación 206 octetos. Transporte = $206 + 8 = 214$ octetos. Red (IP) = $214 + 20 = 234$ octetos
 Aplicación 506 octetos. Transporte = $506 + 8 = 514$ octetos. Red (IP) = $514 + 20 = 534$ octetos

3) Cronograma a nivel físico, los números están expresados en octetos:



4) Explicación del cronograma:

No se ha dibujado el tiempo t_{DIFS} que ha de permanecer el medio libre, antes de transmitir la primera trama de datos, la estación P1.

La estación P1 transmite 206 octetos a nivel de aplicación que son $234+8+34 = 276$ a nivel MAC. Como NO supera el umbral de la estación, NO utilizará RTS.

Longitud del ACK en el aire: $14 + 24 = 38$ octetos == 304 bits

Longitud de datos que envía P1 en el aire: $234 + 8 + 34 + 24 = 300$ octetos == 2400 bits

Longitud de la trama cuando está entre el PA1 y SW1: $234+26=260$ octetos == 2080 bits

Longitud de la trama cuando está entre el SW1 y el SW2 y entre el SW2 y el SW3: $234 + 4 + 26 = 264$ octetos == 2112 bits. Suma 4 octetos del encapsulado 802.1Q.

Longitud de la trama de datos de A, en el cable, entre A y SW3, es: $534 + 26 = 560$ octetos == 4480 bits.

Longitud de la trama de datos de A, en el cable, entre SW3 y SW2 y entre SW2 y SW1, es: $534 + 4 + 26 = 564$ octetos == 4512 bits. Suma 4 octetos del encapsulado 802.1Q.

Longitud de la trama de vuelta, en el aire, entre PA1 y P1, es: $534+8+34+24 = 600$ octetos == 4800 bits.

La respuesta de vuelta del servidor de 534 octetos se convierten en el PA1 en $534+8+34=576$ octetos, a nivel MAC, menor que el $RTS-THER(PA1)$ que es 2347, así el PA1 TAMPOCO utilizará RTS.

Para el cálculo que permite saber si la estación o el AP utilizarán el RTS; se ha tenido en cuenta que el $THERESHOLD$ se considera a nivel MAC.

Para el cálculo del tiempo calcularemos el tiempo en el lado del aire hasta el final de la transmisión de la trama de datos por la estación A. Luego le sumaremos los dos tiempos de transmisión de las tramas de datos en el cable y volveremos al aire para terminar de sumar los tiempos.

$T = t_{datos1 \text{ en el aire}} + t_{datos1 \text{ en el cable 1}} + t_{datos1 \text{ en el cable 2}} +$
 $+ t_{datos1 \text{ en el cable 3}} + t_{datos1 \text{ en el cable 4}} + t_{silencio \text{ ethernet}} +$
 $+ t_{datos2 \text{ en cable 4}} + t_{datos2 \text{ en el cable 3}} + t_{datos2 \text{ en el cable 2}} +$
 $+ t_{datos2 \text{ en el cable 1}} + t_{DIFS} + t_{datos 2 \text{ en aire}}$

$$T = 2400 / 11 \cdot 10^6 + 2080 / 100 \cdot 10^6 + 2112 / 100 \cdot 10^6 +$$
$$+ 2112 / 100 \cdot 10^6 + 2080 / 100 \cdot 10^6 + 96 / 100 \cdot 10^6 +$$
$$+ 4480 / 100 \cdot 10^6 + 4512 / 100 \cdot 10^6 + 4512 / 100 \cdot 10^6 +$$
$$+ 4480 / 100 \cdot 10^6 + 50 \mu s + 4800 / 11 \cdot 10^6 =$$

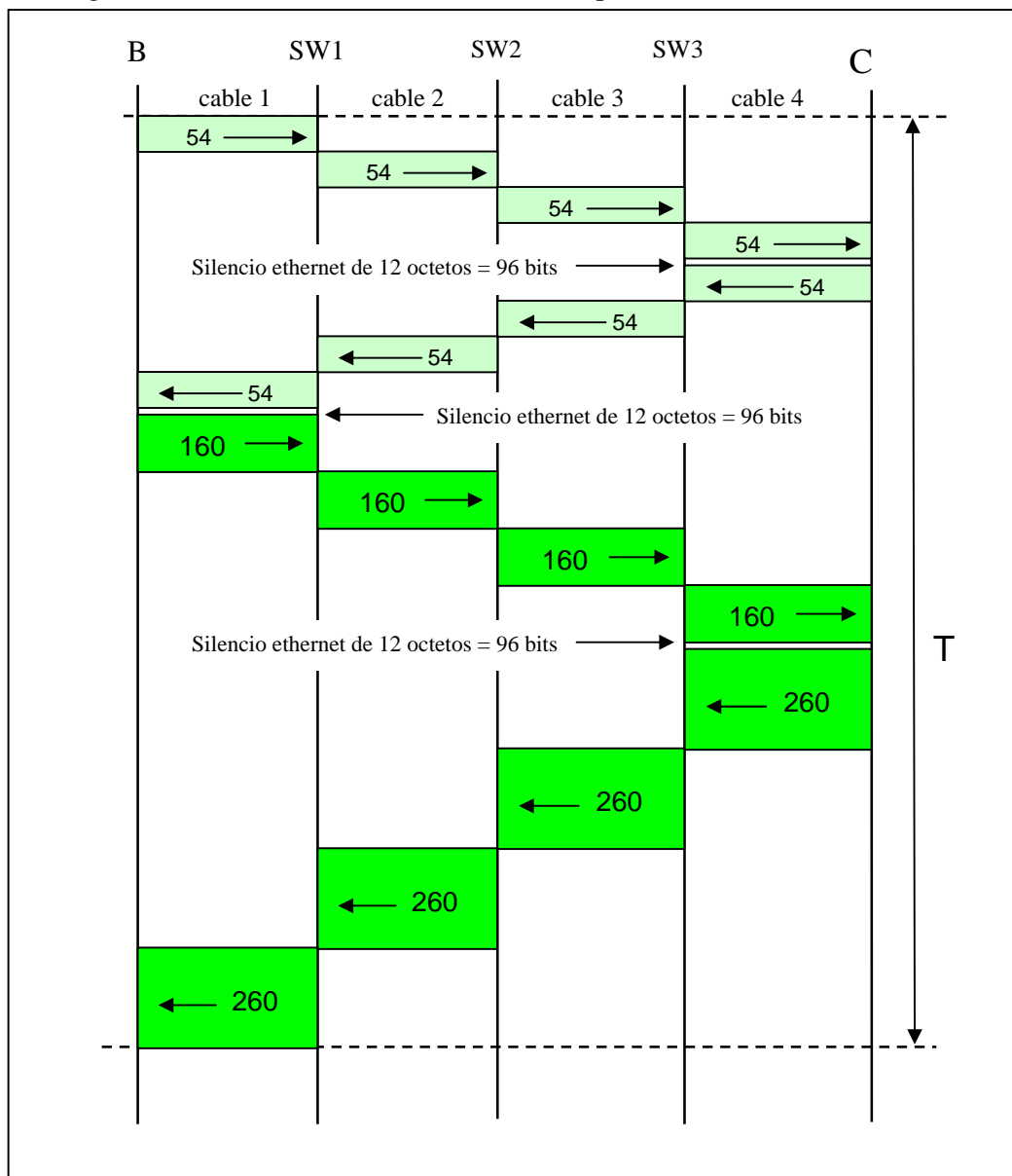
$$= 218,18 + 20,80 + 21,12 +$$
$$+ 21,12 + 20,80 + 0,96 +$$
$$+ 44,80 + 45,12 + 45,12 +$$
$$+ 44,80 + 50 + 436,35 = 969,17 \mu\text{segundos}$$

b)

1) Según está establecida la VLAN y la LAN hay dos dominios de difusión. Uno corresponde a la VLAN y el otro al resto de puertos y equipos. Dominios de colisión solo hay uno: que corresponde a la red inalámbrica. En la ethernet cableada no hay ningún dominio de colisión pues están todos los enlaces en full-duplex, no se van a producir colisiones.

2) La petición ARP de B solo la recibe la máquina C, pues las otras están en otro dominio de difusión.

3) Cronograma a nivel físico, los números están expresados en octetos:



Explicación del cronograma:

Como las tablas ARP de B y de C están vacías. B lanzará un paquete ARP Request, de difusión, preguntando por la dirección ethernet de C. Los Switches retransmitirán el paquete ARP hasta que llegue a C. La respuesta de C a B será un ARP Reply del mismo tamaño que el ARP Request.

A continuación B, transmitirá la trama e datos dirigida a C quien le replicará cuando la reciba.

Longitud del ARP en los cables: $28 + 26 = 54$ octetos == 432 bits.

En este caso no se ha considerado trama mínima pues los equipos se ponen a full duplex, desactivan el CSMA/CD y no tiene sentido hablar de trama mínima.

Igualmente como no forman una VLAN no se encapsula según 802.1Q y todos los paquetes tienen el mismo tamaño en todos los enlaces entre switches.

Longitud de la trama de B en los cables: $106 + 8 + 20 + 26 = 160$ octetos == 1280 bits

Longitud de la trama de C en los cables: $206 + 8 + 20 + 26 = 260$ octetos == 2080 bits

Calculo del tiempo de transmisión:

$$T = 4 \cdot t_{\text{ARP}} + t_{\text{silencio ethernet}} + 4 \cdot t_{\text{ARP}} + t_{\text{silencio ethernet}} + 4 \cdot t_{\text{trama datos de B}} + t_{\text{silencio ethernet}} + 4 \cdot t_{\text{trama datos de C}}$$

$$T = 4 \cdot (432 / 100 \cdot 10^6) + 0,96 \mu\text{s} + 4 \cdot (432 / 100 \cdot 10^6) + 0,96 \mu\text{s} + 4 \cdot (1280 / 100 \cdot 10^6) + 0,96 \mu\text{s} + 4 \cdot (2048 / 100 \cdot 10^6) =$$

$$= 4 \cdot 4,32 \mu\text{s} + 0,96 \mu\text{s} + 4 \cdot 4,32 \mu\text{s} + 0,96 \mu\text{s} + 4 \cdot 12,80 \mu\text{s} + 0,96 \mu\text{s} + 4 \cdot 20,48 \mu\text{s} =$$

$$= 17,28 \mu\text{s} + 0,96 \mu\text{s} + 17,28 \mu\text{s} + 0,96 \mu\text{s} + 51,2 \mu\text{s} + 0,96 \mu\text{s} + 81,92 \mu\text{s} =$$

$$= 170,56 \mu\text{s}$$

ooooooooooooOOOOOOOOOOOOOOoooooooooooo