

Ejercicios Tema 2. Conexión a la red

Ej. 1 En una red FastEthernet a 100 Mb/s con cuatro nodos A, B, C y D se producen simultáneamente tres comunicaciones unidireccionales: $A \rightarrow B$, $B \rightarrow C$ y $D \rightarrow C$. Suponiendo una distribución perfecta de la capacidad, calcula la velocidad a la que se producirá cada una de las 3 comunicaciones para estos dos escenarios

- Ethernet clásica (concentrador).
- Ethernet conmutada.

Ej. 2 Tenemos una Ethernet conmutada con 4 nodos A, B, C y D. Se producen estos eventos de comunicación nada más arrancar el conmutador:

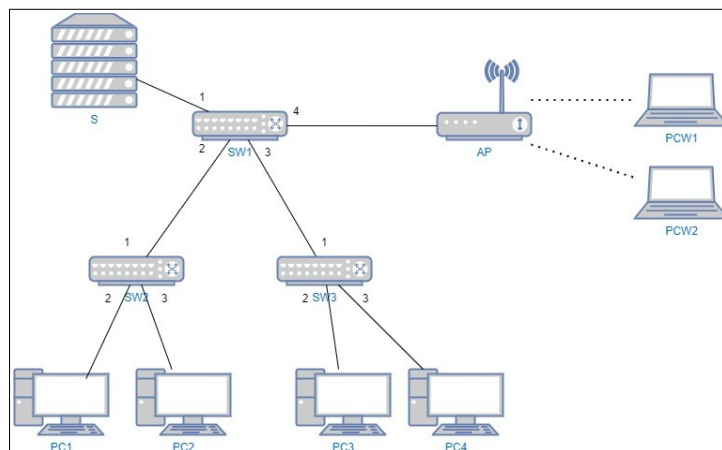
- T1: $A \rightarrow B$
- T2: $A \rightarrow C$
- T3: $C \rightarrow A$
- T4: $B \rightarrow C$

Si tuviésemos un “sniffer” (dispositivo que espía la información transmitida en una red) conectado al puerto D, indica qué observará en cada uno de los instantes de tiempo. Indica también la situación de la tabla de conmutación del conmutador antes y después de cada uno de los eventos.

Ej. 3 Disponemos de una red local (LAN) a la que hemos conectado un servidor de ficheros y 10 ordenadores personales que actúan como clientes. Supongamos que cada uno de los 10 clientes quiere acceder simultáneamente (comenzando al mismo tiempo) a un fichero de 1 MiB (recuerda, 1 Mi = 1024×1024 y B indica bytes). Además, asume que utilizamos un protocolo muy eficiente con sobrecargas (*overheads*, cabeceras) despreciables. Calcula y explica los tiempos medios necesarios para descargar el fichero en los siguientes escenarios:

- LAN implementada utilizando un access point wifi 802.11g a 54 Mb/s.
- LAN implementada utilizando un switch 100BASE-TX.
- LAN implementada utilizando un switch con un puerto 1000BASE-T (para el servidor), y puertos 100BASE-TX para los clientes.
- LAN implementada utilizando un switch 1000BASE-T.
- Recalcula los casos a, b y c si disponemos de 2 servidores y 20 clientes, proporcionando cada servidor acceso a 10 clientes.

Ej. 4 Sea la red de la figura:



Los enlaces cableados son GigabitEthernet (1 Gb/s) y la red Wifi opera a 400 Mb/s. La red está configurada de forma adecuada de manera que todos los “pings” funcionan. Usa #X para indicar la dirección MAC de la máquina X y @X para indicar su dirección IP.

Asumiendo que no ha habido ninguna actividad en la red durante mucho tiempo, responde a las siguientes preguntas:

- a) PC1 envía un datagrama a la dirección @PC2 de forma satisfactoria. Indica el estado de las tablas de conmutación de los conmutadores SW1, SW2 y SW3 inmediatamente después de la llegada del datagrama a PC2.
- b) Tras otro largo período de inactividad PCW1 envía una trama a la dirección MAC FF:FF:FF:FF:FF:FF. ¿Qué ordenadores lo recibirán? Justifica tu respuesta.
- c) El servidor S alberga una aplicación de almacenamiento de ficheros, del cual todos los PCs de la figura están recibiendo simultáneamente grandes ficheros. Calcula la máxima velocidad de transmisión efectiva que cada PC puede alcanzar (ignora las sobrecargas generadas por la información de control). Indica también el nivel de ocupación de cada enlace de la red.

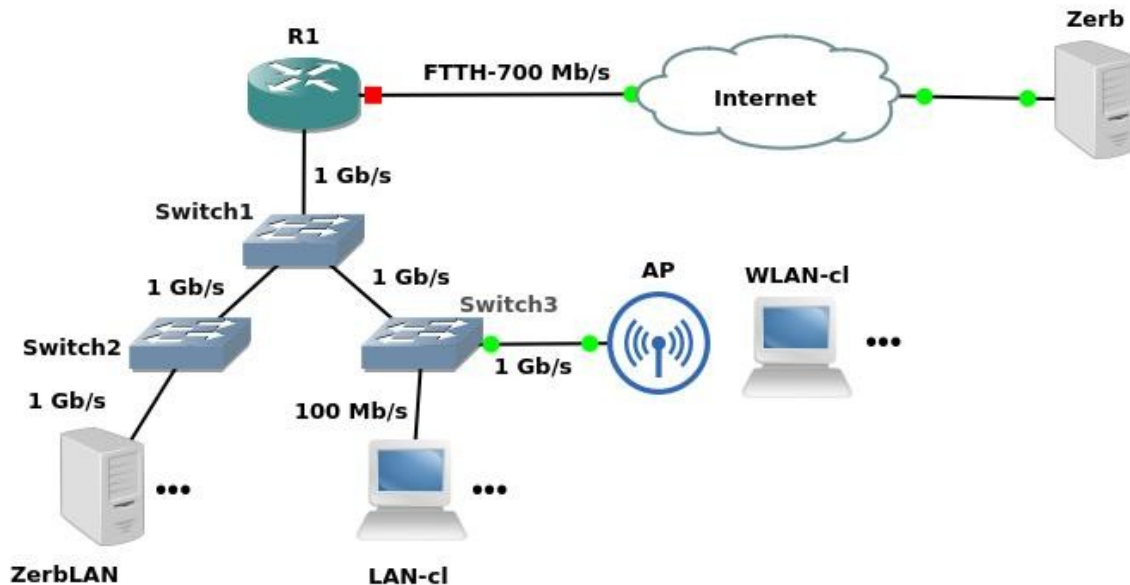
Ej. 5 Un router ADSL doméstico posee cuatro puertos de un Gigabit cada uno, una antena 802.11g (54 Mb/s) y una conexión a Internet con 20 Mb/s de bajada. ¿A qué velocidad descargarás un archivo desde Internet, como máximo, en cada uno de los siguientes casos?

- 1) Solo está conectado tu portátil mediante Wi-Fi.
- 2) Además de lo anterior, hay un PC conectado por cable y tu hermana está viendo en la TV una película que está en el disco del PC usando la conexión Wi-Fi y calidad HDTV (aprox. 4 Mb/s).
- 3) Además, tu hermano está viendo una película en TV con calidad de HDTV, usando modo streaming desde Internet y conexión Wi-Fi.

Ej. 6 Dados los conmutadores Ethernet F, A y B; A y B están conectados a F. Supongamos que el conmutador F tiene capacidad para definir VLANs, pero A y B no. También, supongamos que S1 y S2 son dos VLAN definidas en F: VLAN-S1 del puerto 1 al 8 y VLAN-S2 del puerto 9 al 16. Tenemos dos dispositivos, N1 y N2, conectados a la red. Para cada una de estas opciones, indicar (1) si N1 y N2 pueden estar en la misma VLAN, y (2) si N1 y N2 pueden pertenecer a distintas VLANs. Opciones:

- (a) N1 y N2 están conectados directamente a F.
- (b) N1 está conectado a F y N2 está conectado a A
- (c) N1 y N2 están conectados a A
- (d) N1 está conectado a A y N2 está conectado a B.

Ej. 7 Sea la red de la figura:

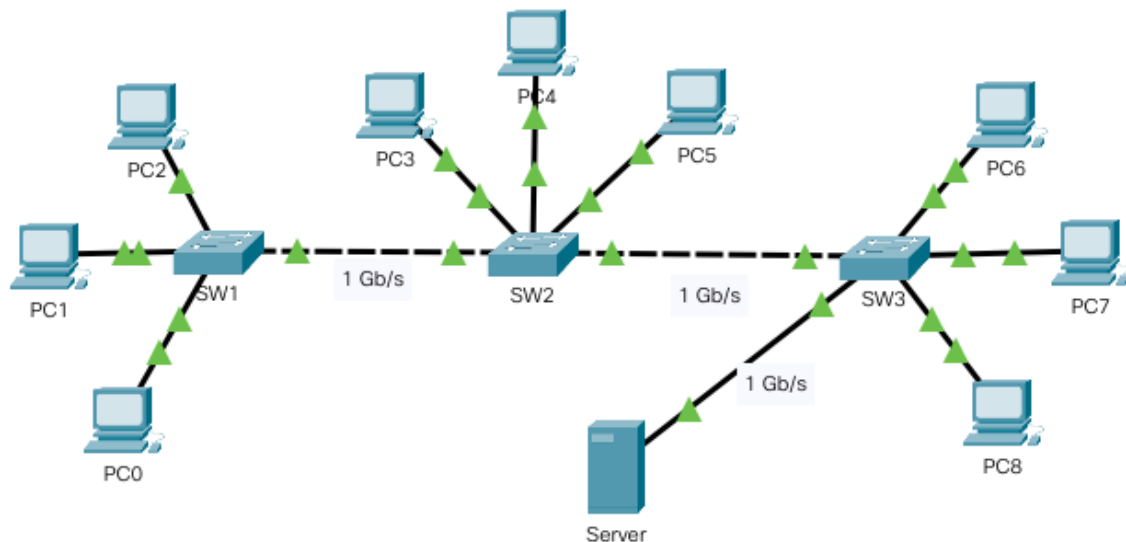


En la figura aparecen servidores conectados a la red corporativa local (ZerbLAN) y un servidor (Zerb) ubicado en Internet, fuera de la red local.

Hay dos tipos de clientes: los conectados por cable (LAN-cl en la figura), que se conectan mediante FastEthernet (100 Mb/s), y los conectados por wifi (WLAN-cl en la figura), que se conectan mediante 802.11n. Para este ejercicio consideraremos que la velocidad física real que el canal wifi ofrece es de 200 Mb/s.

- a) Supongamos que en un momento dado hay 5 clientes cableados y otros 5 clientes wifi que están descargando simultáneamente un fichero de 2 GiB ($\text{GiB} = 2^{30} \text{ B}$) de un servidor ubicado en la red local (ZerbLAN). Considera que no hay ningún otro tráfico en la red.
 - 1) ¿Cuánto tardará en descargar el fichero cada cliente cableado? ¿Y cada cliente wifi?
 - 2) ¿Qué nivel de ocupación habrá en la línea Switch1-Switch2?
 - 3) Supongamos ahora que la descarga es desde el servidor ubicado en Internet. ¿Cuánto tardará en descargar el fichero cada cliente cableado? ¿Y cada cliente wifi?
- b) La red local está estructurada en dos VLAN diferentes. Supón que se envía una trama desde un cliente cableado (LAN-cl) al servidor ZerbLAN.
 - 1) Si el cliente y el servidor están en la misma VLAN, ¿qué camino seguirá la trama? Enumera, en orden, los dispositivos por los que pasará (comenzando en LAN-cl y terminando en ZerbLAN).
 - 2) Si el cliente y el servidor están en distinta VLAN, ¿es posible que la trama llegue a su destino? Justifica tu respuesta. Si consideras que es posible, ¿qué camino tendría que seguir la trama? Enumera, en orden, los dispositivos por los que pasaría (comenzando en LAN-cl y terminando en ZerbLAN).

Ej. 8 Sea la red de la figura. Todos los PC se conectan a los conmutadores (switch) a través de conexiones Fast Ethernet (100 Mb/s), mientras que el servidor se conecta al conmutador SW3 mediante Gigabit Ethernet. Los enlaces entre los conmutadores son también Gigabit Ethernet.



- En un momento dado varios PCs (no todos visibles en la figura) están descargando, de forma simultánea, un fichero de gran tamaño desde el servidor conectado al conmutador SW3. Indica la velocidad a la que descargarán el fichero los PCs en las siguientes situaciones (justifica tu respuesta):
 - Hay 5 PCs descargando, todos ellos conectados al conmutador SW3.
 - Hay 10 PCs descargando, 5 de ellos conectados al conmutador SW3 y otros 5 al conmutador SW2.
 - Hay 15 PCs descargando, 5 de ellos conectados al conmutador SW3, 5 al conmutador SW2 y otros 5 al conmutador SW1.
- En un momento dado se realiza un intercambio de 4 tramas en la red. Primero, PC4 envía una trama al servidor y recibe una respuesta; posteriormente, PC1 envía una trama al servidor y recibe una respuesta. Suponiendo que, al inicio, las tablas de reenvío de los conmutadores están vacías, rellena la siguiente tabla indicando para cada conmutador la siguiente información:
 - Columna R/D/F: Indica una R si el conmutador reenvía la trama, una D si la difunde (broadcast) o una F si la filtra. No indiques nada si el conmutador no recibe esa trama.
 - Columna MAC aprendida: Indica qué direcciones MAC aprende el conmutador al recibir esa trama. Para indicarlo basta que pongas el nombre de la máquina (Server, PC0, PC1, PC2...).

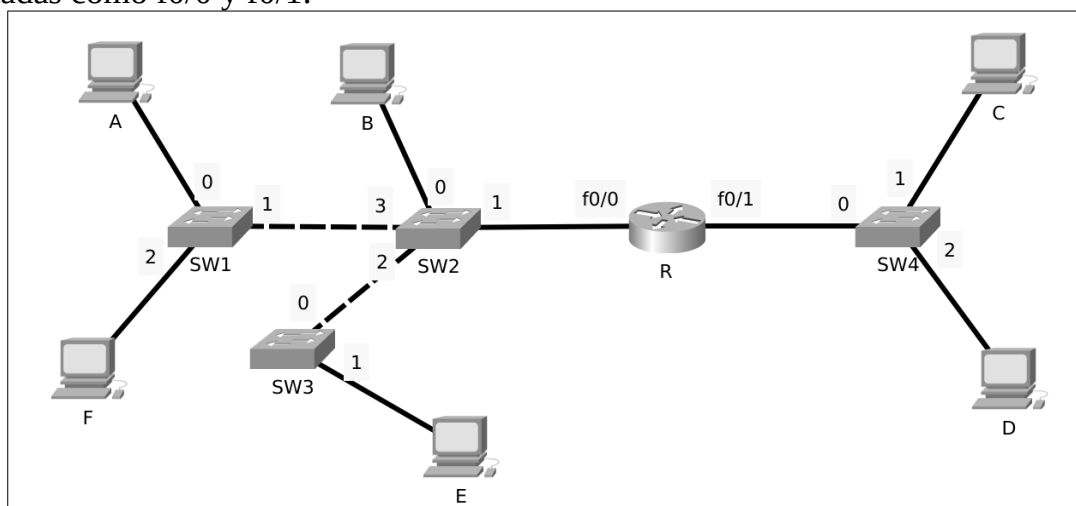
	SW1		SW2		SW3	
	R/D/F	MAC aprendida	R/D/F	MAC aprendida	R/D/F	MAC aprendida
PC4 → Server						
Server → PC4						
PC1 → Server						
Server → PC1						

Ej. 9 En tu casa has contratado una conexión a Internet FTTH a 100 Mb/s. El “router” que te han instalado tiene integrados un switch de 4 puertos Gigabit Ethernet y un punto de acceso Wifi 802.11n que opera a 600 Mb/s.

Netflix informa de las tasas de transmisión requeridas para sus servicios de streaming, indicando que una película en calidad Ultra HD necesita 7 GiB (GiB = 2^{30} Bytes) por hora y dispositivo. Asumimos que, debido a sobrecargas producidas por diferentes protocolos, la velocidad de transmisión disponible en la conexión FTTH es del 80 % de su capacidad. En la red Wifi asumimos una sobrecarga aún mayor, obteniendo tan solo del 50 % de su capacidad teórica.

- ¿Es posible ver 5 películas en streaming de forma simultánea a través de tu red Wifi? Aporta los cálculos necesarios para llegar a esa conclusión.
- En un centro de datos hay múltiples servidores de Netflix que comparten una misma conexión a Internet. Asumiendo que la sobrecarga de los protocolos es del 20 % (lo que significa que solo el 80 % de los datos transmitidos corresponden a datos reales de Netflix), calcula la velocidad de transmisión necesaria para la conexión a Internet del centro de datos para que los servidores puedan proveer servicio para 500 dispositivos accediendo a películas en calidad Ultra HD simultáneamente.

Ej. 10 Sea la red de la siguiente figura, donde hay dos redes Ethernet unidas por el router R. Los puertos de los conmutadores (switch) están numerados y las interfaces del router están etiquetadas como f0/0 y f0/1:



Comenzando con todas tablas de conmutación vacías se produce el envío de las siguientes tramas:

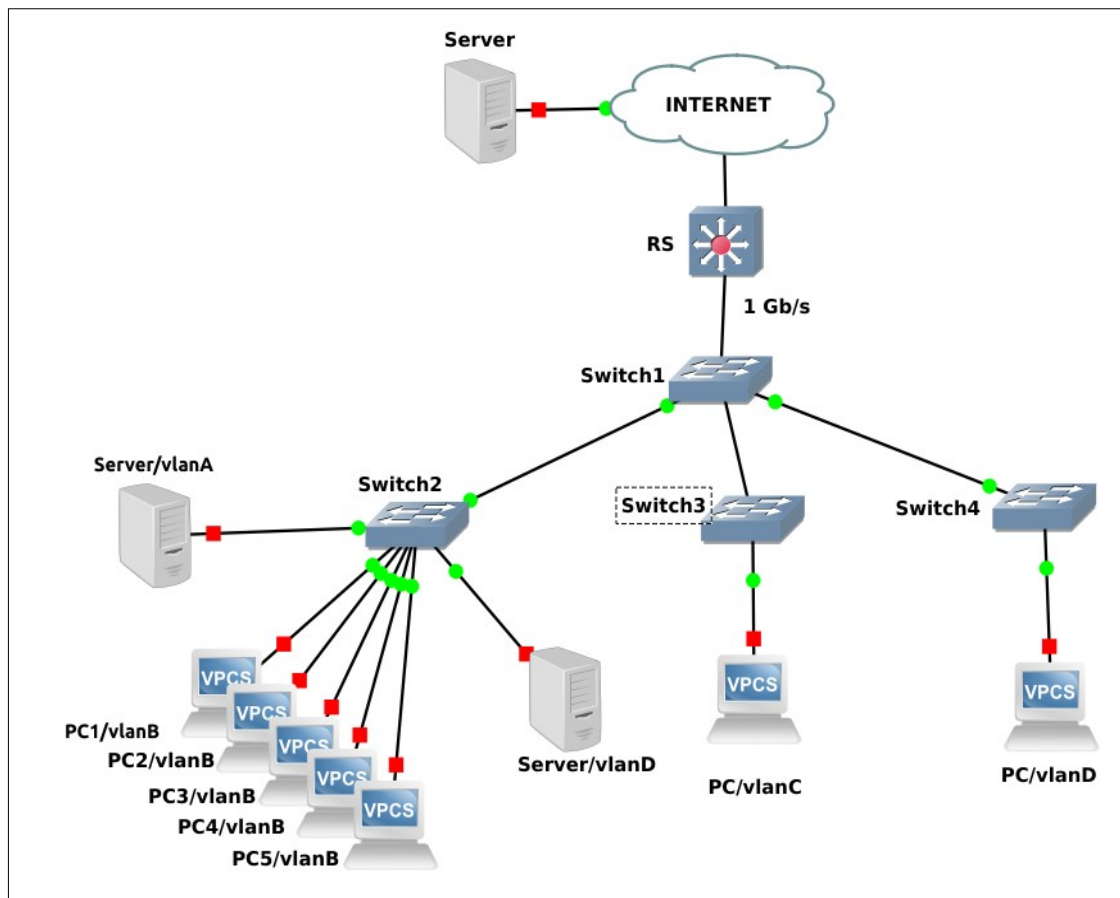
- A envía una trama a la dirección broadcast (FF:FF:FF:FF:FF:FF).
- B envía una trama a A.
- B envía una trama a F.
- F envía una trama a B.

Puedes usar la notación #A para indicar la dirección MAC del ordenador A.

Rellena la siguiente tabla, indicando qué información se añadirá en las tablas de conmutación de los conmutadores (switches) tras el envío de cada una de las tramas. Indica también quiénes recibirán cada una de las tramas (no incluyas los conmutadores).

Trama	SW1	SW2	SW3	SW4	Receptores
1					
2					
3					
4					

Ej. 11 Sea el siguiente esquema físico de una red conectada a Internet mediante el router-switch (switch 2/3) llamado RS.



Todas las líneas son FastEthernet (100 Mb/s), exceptuando la línea entre RS y Switch1, que es Gigabit Ethernet (1 Gb/s). Los equipos de usuario y los servidores se conectan a los conmutadores (switch) 2, 3 y 4 por puertos de acceso FastEthernet a 100 Mb/s. Todas las líneas son full-duplex, es decir, pueden transferir a la máxima velocidad de la línea de forma simultánea en ambos sentidos. Todos los switches y el router-switch RS tienen capacidad VLAN, y tienen definidas 4 VLAN identificadas como A, B, C, y D. Todos los switches tienen conectados ordenadores que corresponden a las 4 VLAN, por lo que la figura no está completa. Por ejemplo, en Switch4 hay dispositivos conectados a las VLAN A, B y C, además del que muestra la figura conectado a VLAN D.

Para cada uno de los siguientes flujos de datos dibuja sobre las figuras el tráfico que atraviesa cada enlace. Recuerda que los enlaces son bidireccionales por lo que debes indicar la dirección del tráfico además de la velocidad en Mb/s. No indiques nada en los enlaces sin tráfico.

- El servidor Server/vlanD conectado a Switch2 envía una gran cantidad de datos al cliente PC/vlanD conectado a Switch4.
- El servidor Server/vlanA conectado a Switch2 envía simultáneamente una gran cantidad de datos a 5 clientes PCx/vlanB conectados a Switch 2.
- El servidor que está fuera de nuestra red y está conectado a Internet, envía una gran cantidad de datos al cliente PC/vlanC conectado a Switch3.
- Las 3 transferencias previas (a, b y c) ocurren simultáneamente.

Ej. AUTOEVALUACIÓN Asocia los siguientes acrónimos y términos con la definición correspondiente. Ten en cuenta que algunas definiciones coinciden con más de un término.

Ethernet	CRC	Puerto
MPLS	ACK	Autoaprendizaje (Self-learning)
PPP	100BaseT	Dirección Broadcast
Trama	1000BaseT	STP (Spanning Tree Protocol)
IEEE 802.11	Hub	VLAN
WiFi	Switch	Switching Capacity
Protocolo MAC	Campo tipo (Ethertype)	Circuito virtual
Dirección MAC	CSMA/CD	Etiqueta (label)
Dirección física	Protocolo de acceso	Conmutador
FF:FF:FF:FF:FF:FF	Tabla de conmutación	CSMA/CA

- (1) Estándar GigabitEthernet para la regulación de los cable de cobre.
- (2) En una red, mecanismo para lograr la transmisión por el medio físico, se aplica en todos los nodos cuando el medio es compartido.
- (3) Tecnología de red comúnmente utilizada en redes LAN.
- (4) Cada punto de conexión física de un conmutador o concentrador.
- (5) Dirección de difusión en redes Ethernet.
- (6) Protocolo de acceso utilizado en redes Ethernet.
- (7) Técnica utilizada para definir (y nombrar) redes locales virtuales.
- (8) Nombre de la unidad de información de transmisión utilizada por el nivel de acceso.
- (9) En redes locales, el dispositivo para construir estrellas conmutadas.
- (10) Un protocolo utilizado para evitar bucles en redes Ethernet.
- (11) En redes MPLS, campo utilizado para conmutar tramas.
- (12) Nombre comercial de redes que usan tecnologías 802.11
- (13) Acuse de recibo enviado que indica que una trama ha sido entregada correctamente.
- (14) Tecnología de red WAN basada en la conmutación de etiquetas.
- (15) Tecnologías utilizadas en LAN inalámbricas.
- (16) En las redes locales cableadas, el dispositivo para construir estrellas de difusión.
- (17) Protocolo del nivel de enlace utilizado en conexiones entre dos extremos.
- (18) Dirección del nivel de acceso, que identifica a una máquina en una red.
- (19) La familia de códigos más utilizada para detectar errores (p. ej., utilizado en la trama Ethernet).
- (20) El camino definido entre dos nodos de una red conmutada.
- (21) Estándar FastEthernet para la regulación de los cable de cobre.
- (22) Dirección que identifica a todos los nodos en una red.
- (23) Uno de los campos de la trama de Ethernet que identifica el tipo de información que la trama transporta en su campo de datos.
- (24) Algoritmo utilizado para que un conmutador Ethernet complete su tabla de conmutación.
- (25) El protocolo MAC utilizado en redes 802.11.
- (26) En un conmutador Ethernet, tabla que necesita utilizar para determinar por dónde se reenvía una trama recibida.
- (27) En un switch el flujo de bits que puede procesar en ambos sentidos.

SOLUCIONES:**Ej. 1**

- a) No es posible la simultaneidad real. Cada comunicación va aproximadamente a 33 Mb/s.
- b) C recibe dos comunicaciones, mientras que A y B sólo una. $A \rightarrow B$ a 100 Mb/s, $B \rightarrow C$ y $D \rightarrow C$ a 50 Mb/s.

Ej. 2

T1: se observa la trama $A \rightarrow B$. El switch aprende la @A.

T2: se observa la trama $A \rightarrow C$. El switch no aprende nada nuevo.

T3: no se observa nada. El switch aprende la @C

T4: no se observa nada. El switch aprende la @B

Ej. 3

El tamaño de fichero es $F = 2^{20} \times 8 = 8.388.608$ bits. Las velocidades son $S=10^7$, 10^8 y 10^9 b/s para 10BASE-T, 100BASE-TX y 1000BASE-T respectivamente.

- a) La velocidad obtenida en una red Wifi es difícil de estimar. Una estimación muy básica podría ser la siguiente: la velocidad física máxima teórica es 54 Mb/s y los 10 clientes han de compartir el medio que se reparte entre 20 flujos (10 desde el servidor al punto de acceso y 10 desde el punto de acceso a los clientes): $54/20 = 2,7$ Mb/s. $T = 8.388.608 \text{ b} / (2,7 \times 10^6 \text{ b/s}) = 3,11 \text{ s}$.
- b) La velocidad del enlace del servidor es de 100 Mb/s, compartida por 10 clientes. Cada cliente puede utilizar potencialmente 1/10 parte (10 Mb/s). Por lo tanto $T = 8.388.608 \text{ b} / 10^7 \text{ b/s} = 0,84 \text{ s}$.
- c) La velocidad del enlace del servidor es de 1 Gb/s, compartida por 10 clientes. $T = 0,084 \text{ s}$.
- d) Como el factor limitante (cuello de botella) en el caso anterior es la velocidad del enlace del servidor, y esta no ha cambiado, los tiempos se mantienen.
- e) En el caso a) tendríamos 20 transmisiones simultáneas (40 flujos), todas ellas compartiendo el medio. La velocidad disponible sería de 1/40 de 54 Mb/s. Por lo tanto se duplicaría el tiempo de descarga respecto al caso anterior. En los casos b) c) y d) estamos utilizando un switch y, por lo tanto, cada servidor puede transmitir a la velocidad del enlace. Por ello, el tiempo de descarga no varía.

Ej. 4

- a) SW1: Puerto 1: #PC1
SW2: Puerto 2: #PC1, Puerto 3: #PC2
SW3: Puerto 1: #PC1
- b) Todos los ordenadores de la red ya que no hay routers que dividan la red en subredes ni redes virtuales (VLAN).
- c) El servidor debe repartir su enlace para enviar los ficheros a los 6 PCs dando a cada uno 167 Mb/s ($1000 \text{ Mb/s} / 6 = 167 \text{ Mb/s}$). Todos los enlaces son de 1 Gb/s por lo que pueden soportar esa carga, de la misma manera que la red Wifi que permite descargar a 200 Mb/s a cada PC ($400 \text{ Mb/s} / 2$). El enlace del servidor será, por tanto, el cuello de botella y estará al 100% de su capacidad. Los enlaces de los puertos 2, 3 y 4 de SW1 estarán a un 33 % de capacidad, ya que por ellos circularán dos flujos de 167 Mb/s. Finalmente, los enlaces de los PCs cableados estarán a un 16,7% de su capacidad, con un único flujo de descarga.

Ej. 5

- (1) 20 Mb/s (la conexión ADSL es el cuello de botella).
- (2) Si suponemos que la conexión wifi proporciona 54 Mb/s conseguiremos, como antes, 20 Mb/s (aunque en realidad con una tarjeta 802.11g la velocidad media suele ser menor).
- (3) 16 Mb/s.

Ej. 6

- (a) (1) Sí, N1 en F1 y N2 en F2. (2) Sí, N1 en F1, N2 en F9
 (b) (1) Sí, N1 en F1 y A en F2. (2) Sí, N1 en F1, A en F9
 (c) (1) Sí, A en F1 (2) No se puede, siempre estarán en la misma VLAN.
 (d) (1) Sí, A en F1 y B en F2. (2) Sí, A en F1, B en F9

Ej. 7

a.1) Cada cliente de la red cableada puede recibir a una velocidad de 100 Mb/s, mientras que todos los clientes de la red Wifi tienen que repartirse los 200 Mb/s (40 Mb/s cada uno). Por tanto, para poder atender toda esta demanda el servidor debe transmitir a 700 Mb/s (cosa que puede, ya que la conexión y todo el trayecto hasta el Switch 3 y el punto de acceso permite una velocidad de 1 Gb/s). En definitiva, los clientes cableados necesitarán $2 \times 2^{30} \times 8 \text{ b} / 10^8 \text{ b/s} = 172 \text{ s}$ (a 100 Mb/s) y los clientes wifi $2 \times 2^{30} \times 8 \text{ b} / 40 \times 10^6 \text{ b/s} = 429 \text{ s}$ (a 40 Mb/s).

a.2) Dado que los clientes cableados demandan 500 Mb/s (100 Mb/s cada uno) y los clientes Wifi 200 Mb/s, la línea está al 70 % de su capacidad (700 Mb/s).

a.3) Todo queda igual ya que la conexión a Internet es capaz de alimentar la demanda de 700 Mb/s de los clientes.

b.1) LAN-cl, Switch3, Switch1, Switch2, ZerbLAN

b.2) Es posible que la trama llegué a su destino, pero al estar en distintas VLAN es necesaria la participación de un router. En este caso, el router R1 puede hacer de enlace entre las VLAN, por lo que la trama tendría que pasar por el router: LAN-cl, Switch3, Switch1, R1, Switch1, Switch2, ZerbLAN

Ej. 8

a.1) 100 Mb/s. Los PCs aprovechan al 100 % su enlace Fast Ethernet ya que el Gigabit Ethernet del servidor tiene capacidad suficiente para ello.

a.2) 100 Mb/s. Los PCs aprovechan al 100 % su enlace Fast Ethernet ya que el Gigabit Ethernet del servidor tiene capacidad suficiente para ello. El enlace entre SW2 y SW3 también tiene suficiente capacidad para los 5 PCs conectados a SW2.

a.3) El cuello de botella es el enlace del servidor que no tiene capacidad para los 15 clientes, por lo que se repartirán los 1000 Mb/s entre todos: $1000 \text{ Mb/s} / 15 = 66,67 \text{ Mb/s}$.

El enlace entre SW1 y SW2 tiene capacidad para los 5 clientes y el enlace SW2-SW3 tiene capacidad para los 10 clientes.

b)

	SW1		SW2		SW3	
	R/D/F	MAC aprendida	R/D/F	MAC aprendida	R/D/F	MAC aprendida
PC4 → Server	D	PC4	D	PC4	D	PC4
Server → PC4			R	Server	R	Server
PC1 → Server	D	PC1	R	PC1	R	PC1
Server → PC1	R	Server	R		R	

Ej. 9

- a) El 80 % de la conexión a Internet son 80 Mb/s y el 50 % de la red Wifi son 300 Mb/s. Dado que ambos canales son compartidos, el cuello de botella será la conexión a Internet (80 Mb/s).

$7 \times 2^{30} \times 8 \text{ b} / 3600 \text{ s} = 16,7 \times 10^6 \text{ b/s}$. Es decir, cada dispositivo consume un ancho de banda de 16,7 Mb/s en calidad Ultra HD. 5 dispositivos simultáneamente necesitarán $16,7 \text{ Mb/s} \times 5 = 83,5 \text{ Mb/s}$ por lo que no será posible ($83,5 > 80$).

- b) $16,7 \text{ Mb/s} \times 500 = 8.350 \text{ Mb/s}$. Es decir, se necesita un ancho de banda libre de $8,35 \text{ Gb/s}$. Si solo se aprovecha el 80 % del ancho de banda disponible para el envío de datos, el ancho de banda real de la red debe ser al menos de $8,35 \text{ Gb/s} / 0,8 = 10,44 \text{ Gb/s}$.

Ej. 10

Trama	SW1	SW2	SW3	SW4	Receptores
1	#A 0	#A 3	#A 0		B, E, F, Rf0/0
2	#B 1	#B 0			A
3			#B 0		A, E, F, Rf0/0
4	#F 2	#F 3			B

Ej. 11

- a) Al estar emisor y receptor en la misma VLAN la comunicación es directa, sin tener que pasar por RS y todos los enlaces son de 100 Mb/s.
 - Server/vlanD → Switch2: 100 Mb/s
 - Switch2 → Switch1: 100 Mb/s
 - Switch1 → Switch4: 100 Mb/s
 - Switch4 → PC/vlanD: 100 Mb/s
- b) Al estar emisor y receptor en la diferente VLAN la comunicación debe pasar por RS. El cuello de botella está en el enlace del servidor y en el que está entre switches.
 - Server/vlanA → Switch2: 100 Mb/s
 - Switch2 → Switch1: 100 Mb/s
 - Switch1 → RS: 100 Mb/s
 - RS → Switch1: 100 Mb/s
 - Switch1 → Switch2: 100 Mb/s
 - Switch2 → PCx/vlanB: 20 Mb/s (los 100 Mb/s se dividen entre los 5 clientes, llegando 20 Mb/s a cada uno).
- c) El servidor que está fuera de nuestra red y está conectado a Internet, envía una gran cantidad de datos al cliente PC/vlanC conectado a Switch3.
 - El tráfico entra a RS desde Internet y este lo reenvía a destino. El cuello de botella está en el enlace entre switches y el enlace del PC.
 - RS → Switch1: 100 Mb/s
 - Switch1 → Switch3: 100 Mb/s
 - Switch3 → PC/vlanC: 100 Mb/s
- d) El tráfico de los apartados a y b debe compartir el enlace Switch2 → Switch1 por lo que se convierte en cuello de botella. Switch2 repartirá, de forma equitativa, el tráfico que le llega de Server/vlanA y de Server/vlanD en dirección a Switch 1, quedando para cada flujo 50 Mb/s. Por otra parte, el apartado c no cambia ya que solo comparte el enlace RS → Switch1 con el resto del tráfico y este enlace es de 1 Gb/s.
 - Server/vlanA → Switch2: 50 Mb/s
 - Server/vlanD → Switch2: 50 Mb/s
 - Switch2 → Switch1: 100 Mb/s
 - Switch1 → RS: 50 Mb/s
 - Switch1 → Switch4: 50 Mb/s
 - Switch4 → PC/vlanD: 50 Mb/s
 - RS → Switch1: 150 Mb/s (se suman los 100 Mb/s del apartado c)
 - Switch1 → Switch2: 50 Mb/s
 - Switch2 → PCx/vlanB: 10 Mb/s
 - Switch1 → Switch3: 100 Mb/s
 - Switch3 → PC/vlanC: 100 Mb/s

Ej. AUTOEVALUACIÓN

3	Ethernet	19	CRC	4	Puerto
14	MPLS	13	ACK	24	Self-learning
17	PPP	21	100BaseT	22	Dirección Broadcast
8	Trama	1	1000BaseT	10	STP (Spanning Tree Protocol)
15	IEEE 802.11	16	Hub	7	VLAN
12	WiFi	9	Switch	27	Switching Capacity
2	Protocolo MAC	23	Campo tipo (Ethertype)	20	Circuito virtual
18	Dirección MAC	6	CSMA/CD	11	Etiqueta (label)
18	Dirección física	2	Protocolo de acceso	9	Conmutador
5	FF:FF:FF:FF:FF:FF	26	Tabla de conmutación	25	CSMA/CA