



3º Grado en Ingeniería Informática

Transmisión de Datos y Redes de Computadores

TEMA 5. REDES MULTIMEDIA (2020-2021)



Multimedia y aplicaciones multimedia

- **Multimedia** significa literalmente “**muchos medios**” para mostrar o interactuar con un sistema.
- En nuestro ámbito y por simplicidad, diremos que una **aplicación multimedia** es aquella que emplea **audio y/o vídeo**.



Aplicaciones y servicios multimedia

Clasificación

- **Contenido almacenado** (en un servidor).
 - El usuario descarga el contenido y luego lo va reproduciendo.
 - El control (*play, pause, forward, rewind*) se hace a través de interfaz web.
 - Poco sensible al número de usuarios conectados.
- **Contenido en directo (*streaming*)**.
 - El contenido se va transmitiendo en tiempo real.
 - Sólo hay control de *play* y *pause*.
 - Sensible al número de usuarios (salvo aplicaciones P2P Vídeo, que implica cierto retardo en su inicio)
- **Aplicaciones interactivas (videoconferencia, voip)**.
 - Bidireccional.
 - No debe haber retardos.

Aplicaciones y servicios multimedia

Clasificación

- **Asimétricas.**
 - Volumen de tráfico diferente en cada sentido.
 - Ej: en vídeo bajo demanda, hacia el usuario se envía el vídeo y hacia la web se envían comandos de control sobre el vídeo.
- **Simétricas.**
 - Se envía una cantidad de datos similar en ambos sentidos.
 - Todos los participantes tienen un rol activo.
 - Ej: videoconferencia

Aplicaciones y servicios multimedia

Clasificación

- **Multicast.**
 - Punto a multipunto.
 - Hay un emisor y múltiples receptores.
 - Ej: vídeo en streaming, videoconferencia múltiple.
- **Unicast.**
 - Punto a punto (Ej: audioconferencia).
 - Un emisor y un receptor.
 - Puede haber múltiples punto a punto (vídeo o audio bajo demanda).

Aplicaciones y servicios multimedia

- Flujos de audio/vídeo almacenados



- Flujos de audio/vídeo en directo




- Conversaciones de voz/vídeo sobre IP



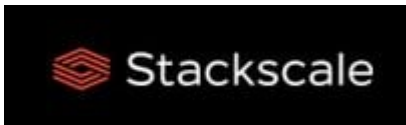
Aplicaciones y servicios multimedia

Impacto

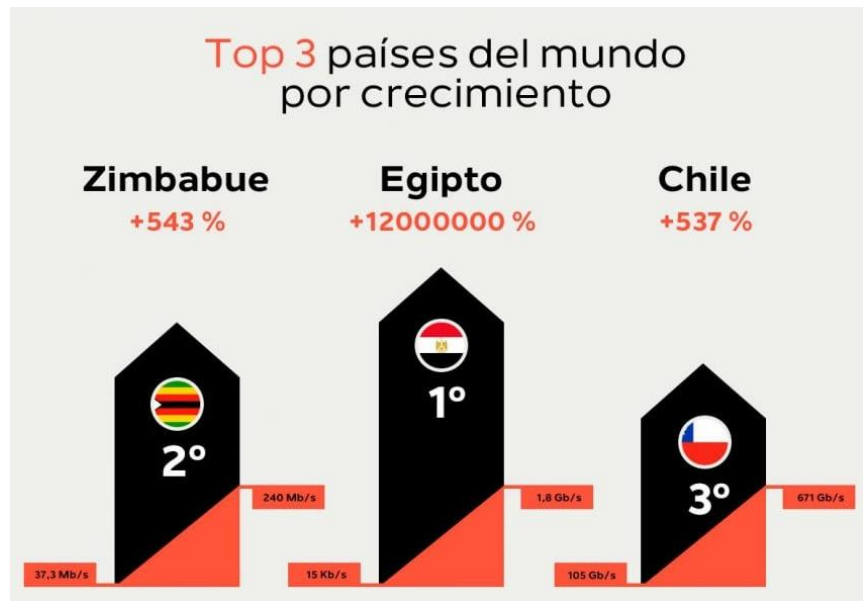
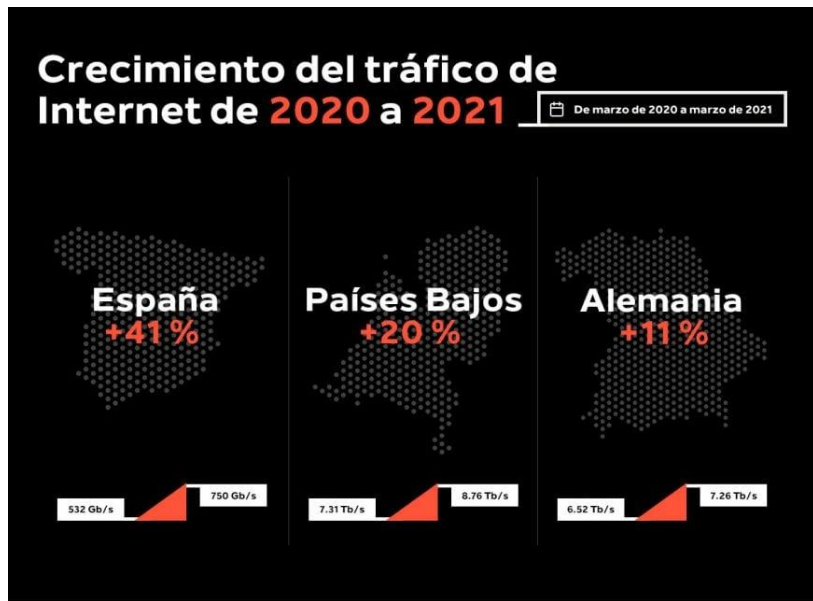
- **En 2018** → 58% del tráfico en Internet fue vídeo
- **En 2019** → 80% del tráfico en Internet fue vídeo
- **En 2020** → 82% del tráfico en Internet fue vídeo ([Cisco](#))
- **En 2022** → se estima que el 85% del tráfico en Internet será vídeo
- **Youtube** es la segunda web más visitada de todo Internet, sólo por detrás de Google ([Alexa](#))
- Los usuarios ven más de **1000 millones de horas de vídeo en Youtube cada día** ([YouTube](#))
- En 2020 hubo más de **1 millón de minutos de vídeo** cruzando Internet **cada segundo** ([Cisco](#))
- Un ejecutivo de **Facebook** predijo en 2019 que en **2021** dicha red social **sólo contendrá vídeo y nada de texto** ([Quartz](#)) 

Aplicaciones y servicios multimedia

Durante COVID-19



- La pandemia ha cambiado las cifras



Aplicaciones y servicios multimedia

Impacto

- En 2018 el 58% del tráfico de descarga en Internet era vídeo.
- La mayor parte de ese tráfico se repartía entre unos pocos servicios/empresas.
- Netflix y Youtube copan ese tráfico.
- En España, en 2021, en torno al 70% del tráfico de descarga es vídeo.

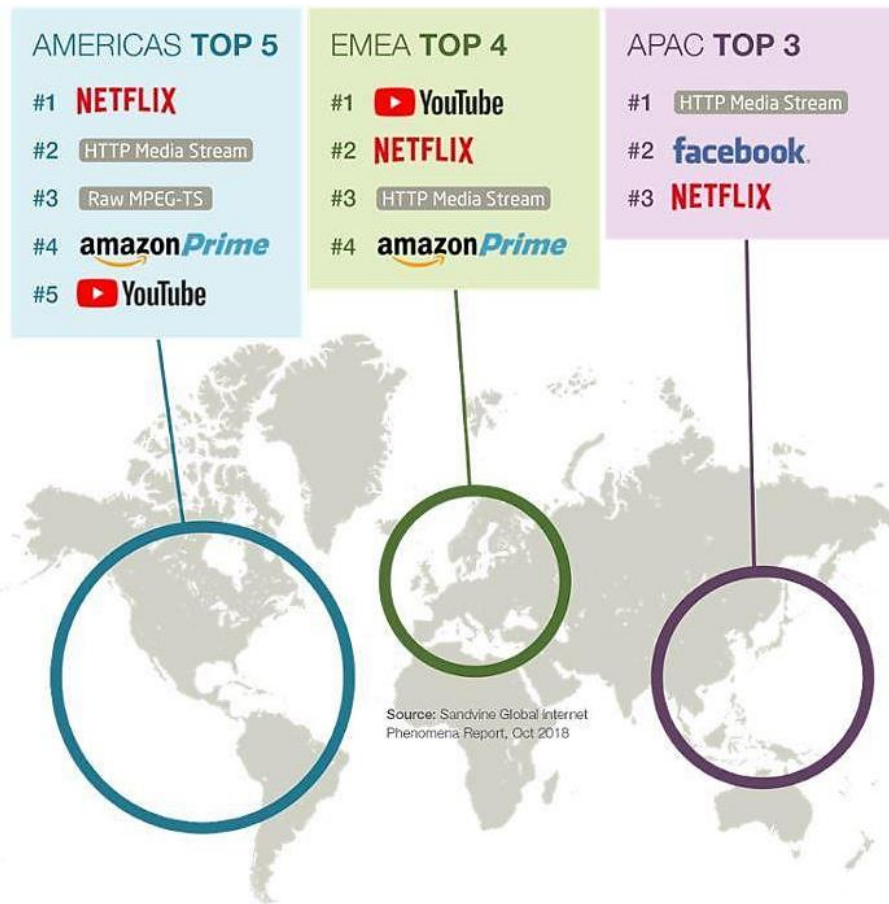


Figura: PCMag (2018)

Aplicaciones y servicios multimedia

Impacto

- En 2018 Netflix era el responsable del **15% de todo el tráfico** de descarga en Internet

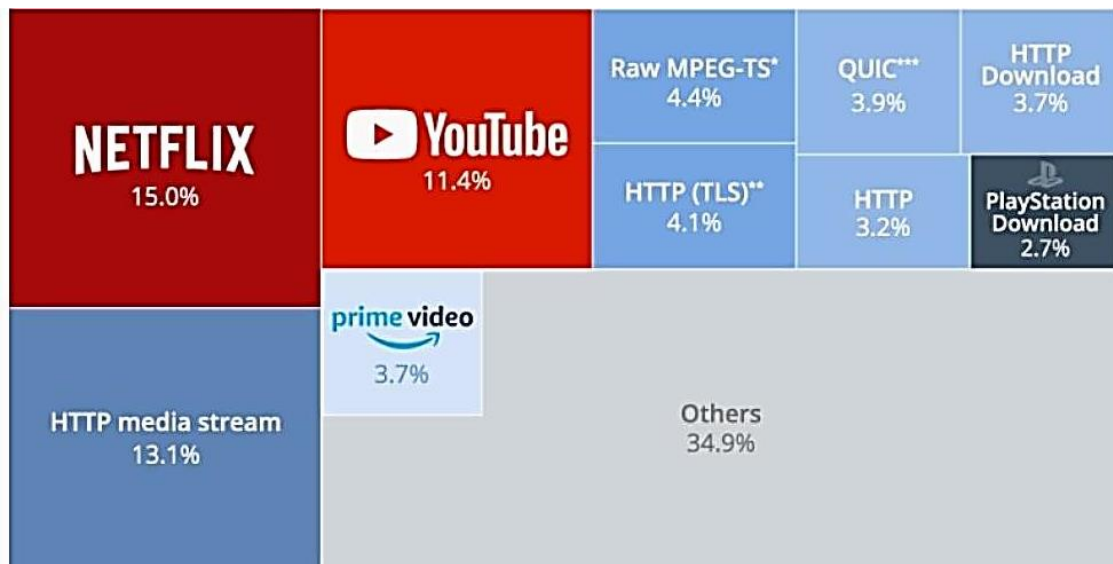


Figura: PCMag – Reparto de tráfico en Internet (2018)

Aplicaciones y servicios multimedia

Aplicaciones de vídeo

- En general requieren una alta tasa de bits T (bps) para vídeo en directo y visualización fluida.
- Gran capacidad de compresión.
- Permite definir distintas calidades según circunstancias
 - Baja calidad: $T = 100$ Kbps
 - Alta calidad: $T = 3$ Mbps

Aplicaciones de audio

- Requiere menor tasa de bits
- Los usuarios son más sensibles a cortes/alteraciones
 - Retardo (*delay*)
 - Retardo variable (*jitter*)
 - Interrupciones de la transmisión

Aplicaciones y servicios multimedia

Tasa constante

- CBR (*Constant Bit Rate*)
- No se envía a ráfagas (de distinto tamaño)
- Usualmente en el audio y sólo algunos codificadores de vídeo

Tasa variable

- VBR (*Variable Bit Rate*)
- El envío se hace a ráfagas
- Lo hacen casi todos los codificadores (codecs)

Aplicaciones y servicios multimedia

Aplicaciones de vídeo

- Ejemplos de información transferida y tasas recomendadas:

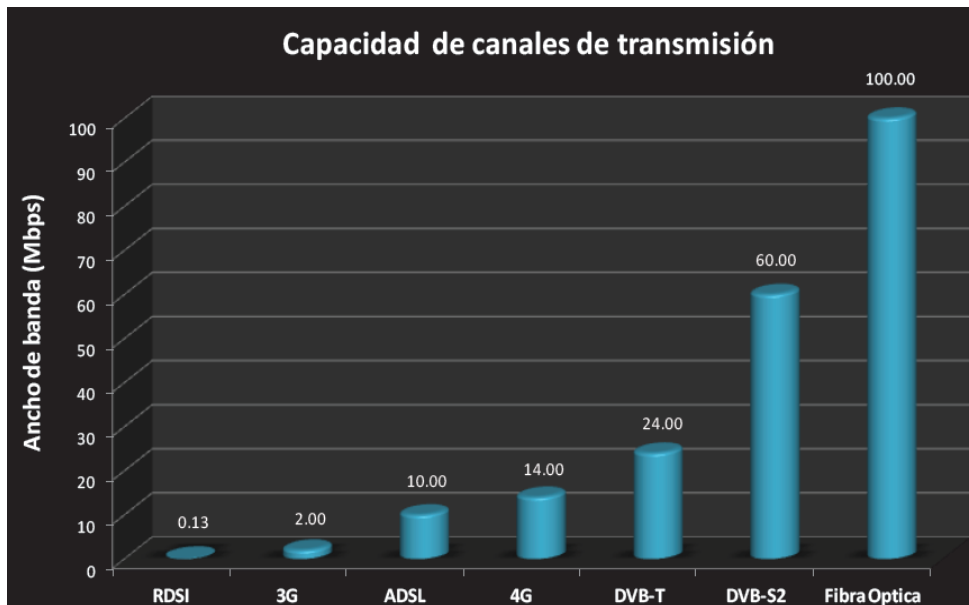
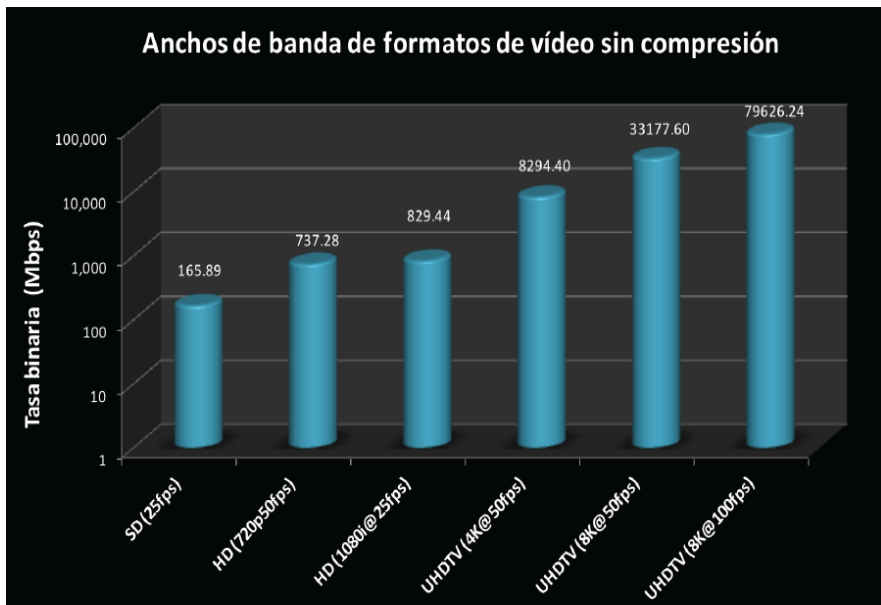
Aplicación	Características	T	Información transferida (1 hora)
Facebook	<ul style="list-style-type: none">• Acceso a 1 foto cada 10 s.• Tamaño foto: 200KB	160 Kbps	70 MB
Spotify	<ul style="list-style-type: none">• Descarga de canciones de la nube• Codificación MP3	128 kbps	56 MB
Netflix	<ul style="list-style-type: none">• Vídeo codificado	2 Mbps	900MB

Aplicaciones y servicios multimedia

Aplicaciones de vídeo

- Dadas las capacidades de canal de transmisión de las tecnologías de acceso actuales, el **envío de vídeo no sería posible sin compresión**.

Figuras: Sapec (2015)



Compresión de vídeo

- Un **vídeo** es una **secuencia de imágenes (array de píxeles)** mostradas con una **tasa constante** (fotogramas por segundo).
- La **compresión reduce** algún factor del vídeo (de las imágenes que lo componen).
- Permite crear **distintas versiones/calidades** del vídeo en función del grado de compresión.

Se reducen

- FPS (*frames per second*)
- Resolución
- Redundancia
 - Espacial
 - Temporal



Compresión de vídeo

Reducción de FPS

- Se graban o se envían un número menor de frames por segundo.
 - WebCam: 30 fps
 - Cámara deportiva: 60 fps
 - TV/Monitor (juegos): 120 fps
- Capacidad de refresco → Hz del Monitor/TV que indican el número de veces que se actualiza la pantalla por segundo



Compresión de vídeo

Reducción de FPS

- A menor número de FPS se pueden dar problemas, por ejemplo en retransmisiones deportivas.

EJEMPLO:

A 30 fps, los fotogramas se presentan cada 33.3 ms. En un programa deportivo de motor, a 300 Km/h, sólo veríamos lo que pasa cada 3 metros.



Compresión de vídeo

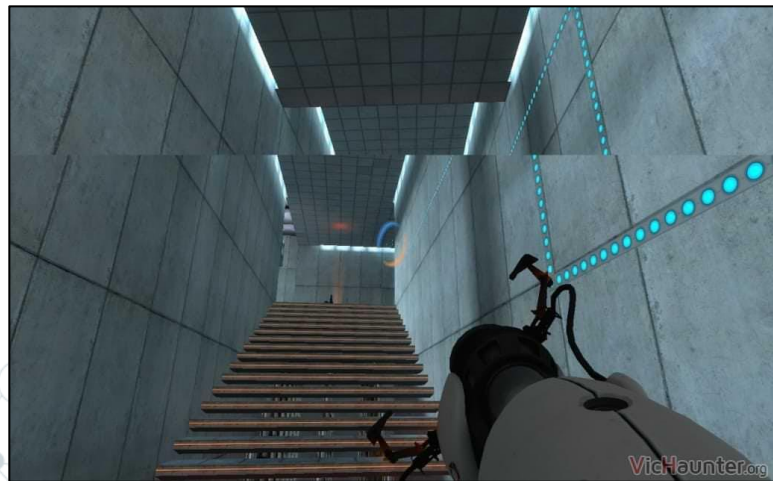
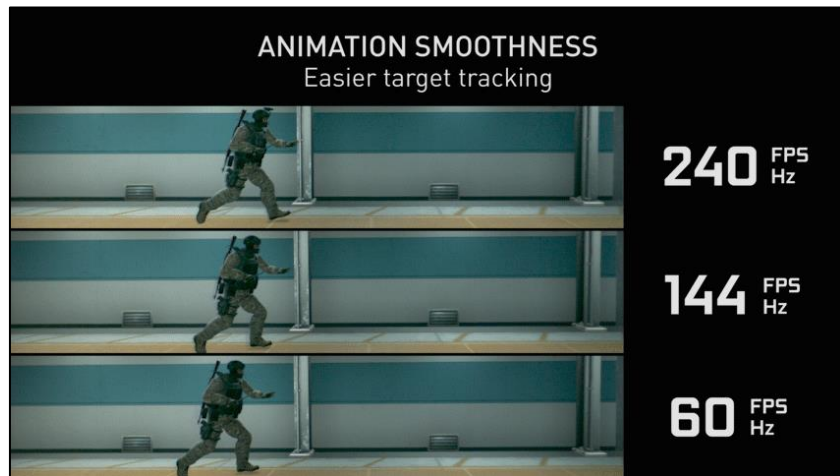
Reducción de FPS

- A mayor número de FPS se tendrían ventajas, por ejemplo en juegos: Menor **Input Lag**

EJEMPLO: A 250 fps un nuevo fotograma se renderiza cada 4 ms mientras que a 100 fps es cada 10 ms. Por ello, a 250 fps una acción se presenta 6 ms antes. En juegos como Counter Strike es vital.

- O desventajas: Mayor **Tearing**

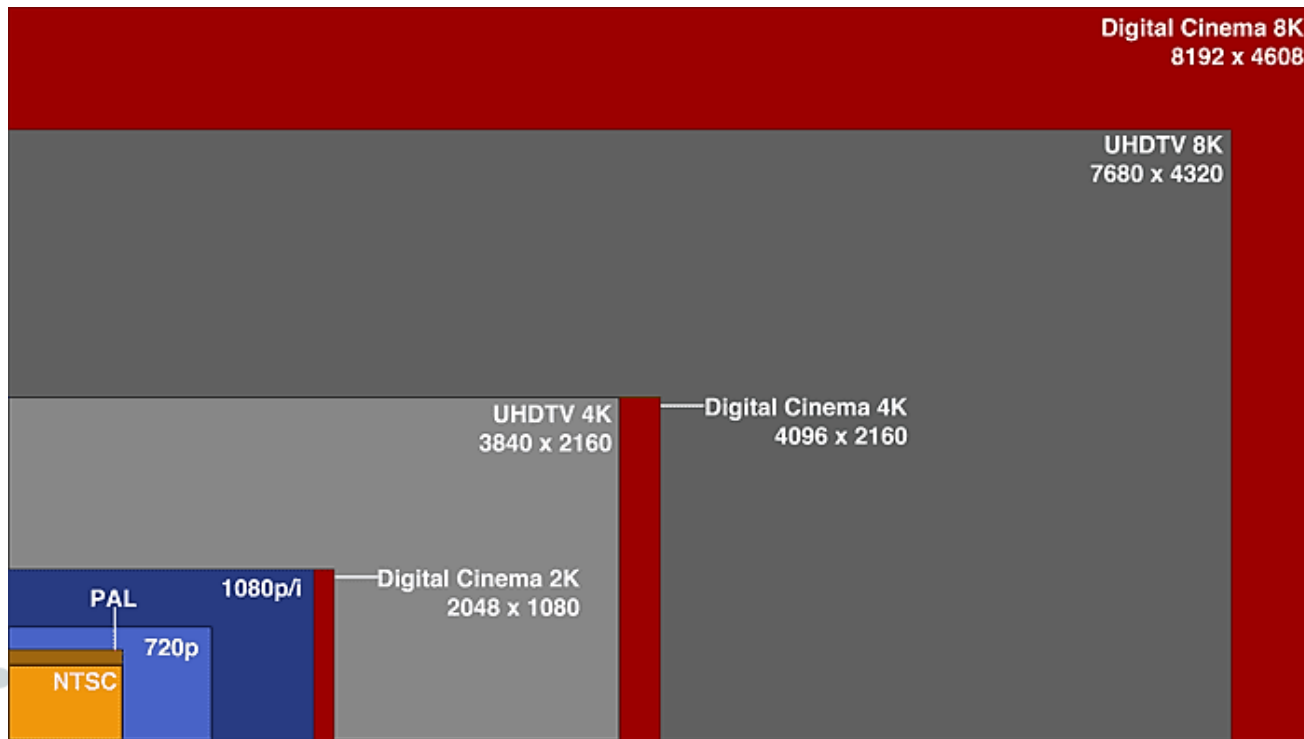
EJEMPLO: Si se generan más fps que los Hz de refresco del monitor. Se empieza a mostrar un frame siguiente mientras aún no se ha terminado el anterior.



Compresión de vídeo

Reducción de Resolución

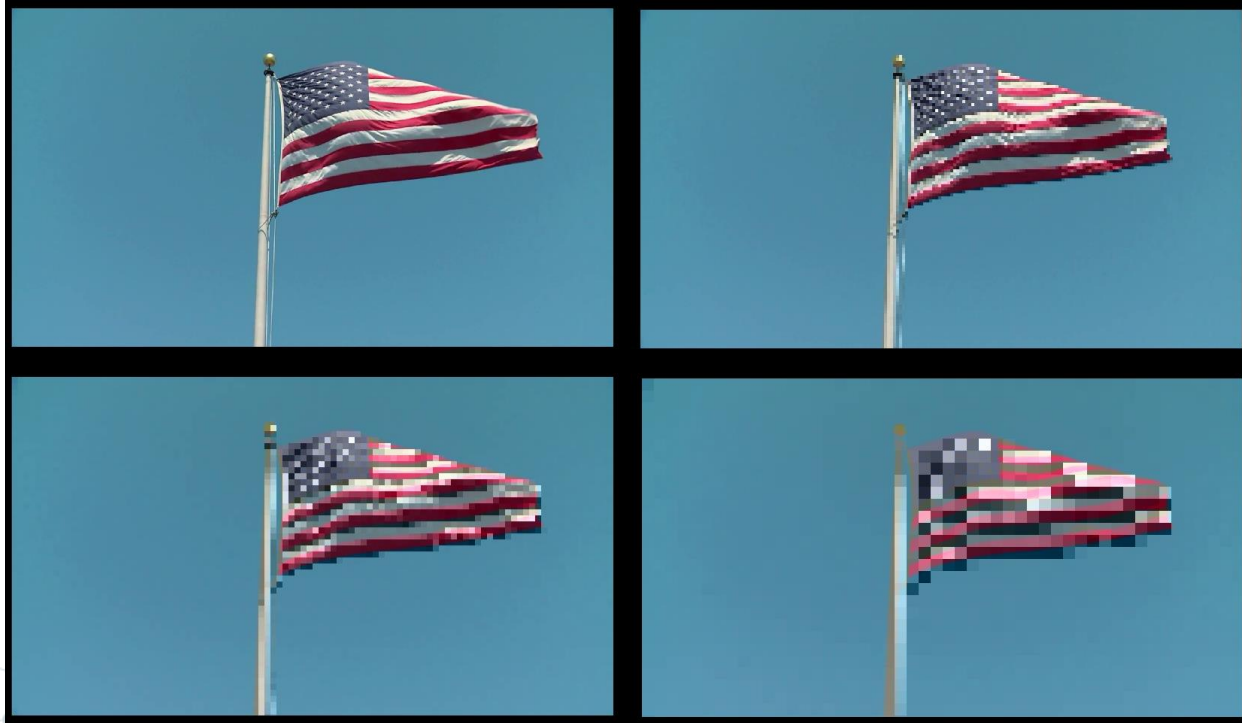
- Reduciendo el tamaño de los frames (número de pixels por fotograma)



Compresión de vídeo

Reducción de Resolución

- Se calcula cada pixel como la media de los de alrededor



Compresión de vídeo

Reducción de Redundancia Espacial

- Se comprime cada frame individualmente.
- Se encuentra información similar en un conjunto de píxeles que promedia y unifica, quitando leves diferencias de color que no son detectadas por la percepción humana. Así, cada frame termina teniendo un tamaño muy inferior al original.
- O se hace una transformada discreta aplicando alguna función, como el coseno (DCT) sobre bloques de NxN píxeles (Ej: 8x8)

ALGORITMO RLE (*Run Length Encoding*)

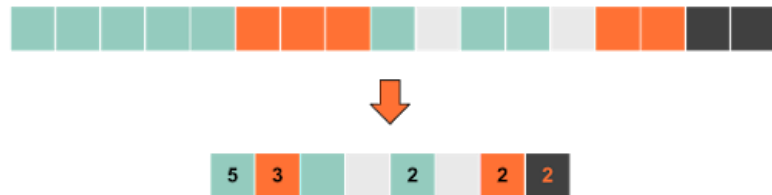
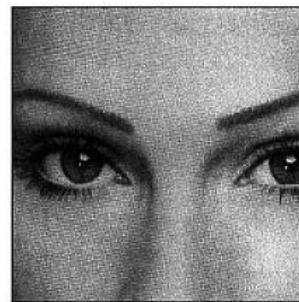


Figura: Stoimen.com

ALGORITMO JPEG (*Joint Photographers Experts Group*)



a. Original image



b. With 10:1 compression



c. With 45:1 compression

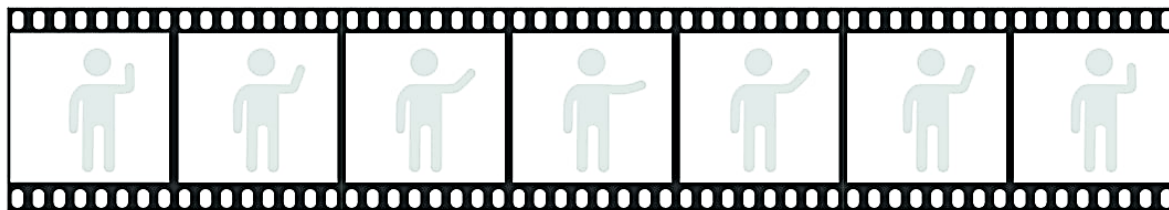
Figura: DSPGuide

Compresión de vídeo

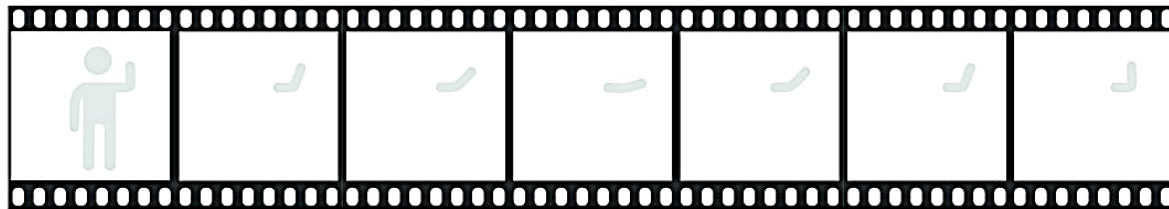
Reducción de Redundancia Temporal

- Tasa de compresión mayor que en la espacial.
- Sólo se guardan/envían las diferencias entre un frame y el siguiente en la secuencia.
- También se añade predicción del frame siguiente.

Figura: imagenysonido8m



SECUENCIA ORIGINAL



COMPRESIÓN CON REDUCCIÓN DE REDUNDANCIA TEMPORAL

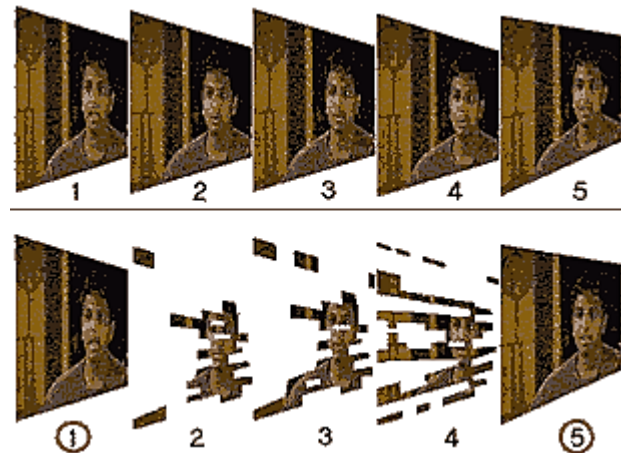


Figura: MundoDix

Compresión de vídeo

Reducción de Redundancia Temporal

- Se eligen algunos frames (*S frames*) y se generan por interpolación los que habrá entre ellos. FRC (*frame rate converter*).
- Predicción de frames en base a anterior y posterior:
 - *Frame I*, está completo. Son los usados para predecir.
 - *Frame P*, sólo guarda las diferencias con el frame anterior (MPEG-1).
 - *Frame B*, guarda las diferencias con el frame anterior y el siguiente. El resto se predice. (MPEG-2)

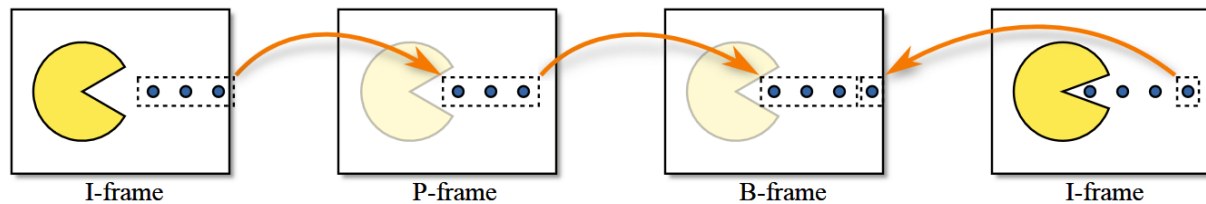


Figura: Wikipedia – Petteri Aimonen

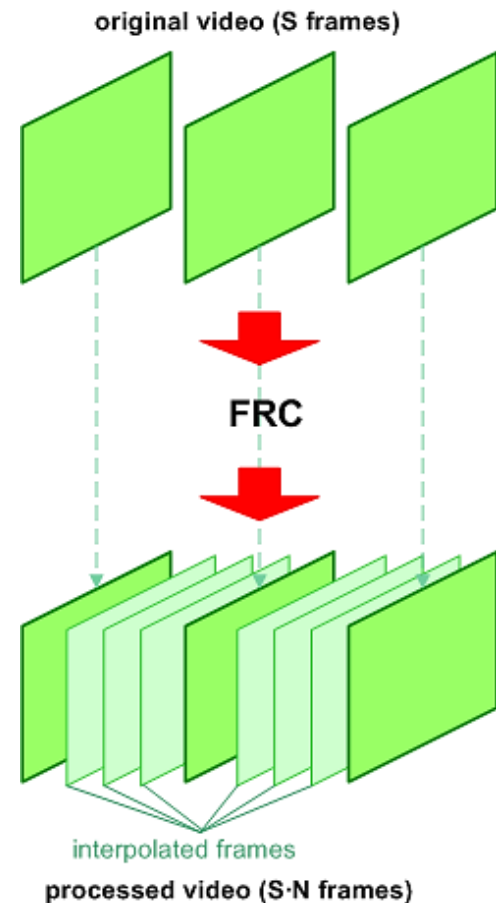


Figura: MSU Graphics & Media Lab (Video Group)

Compresión de vídeo

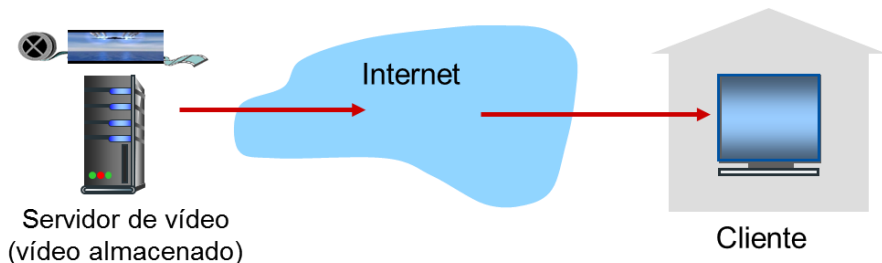
Reducción de Redundancia Temporal

- Estándares
 - H.264 o MPEG-4 AVC (Advanced Video Coding): Más avanzado que MPEG-2. Mejores ratios de compresión.
 - H.265 HEVC (High Efficiency Video Coding): Mejora en un 50% el H.264. Permite ratios 500:1
- Resumen de tasas requeridas para la transmisión de vídeo tras comprimir.

Formato	MPEG-2	MPEG-4 AVC	H.265 HEVC
SD	5 Mbps	1 Mbps	
HD	20 Mbps	6 Mbps	3 Mbps
4K			10-15 Mbps

Flujos de vídeo (HTTP)

Figura: [Kurose and Ross. Computer Networking: A top down Approach. Slides]



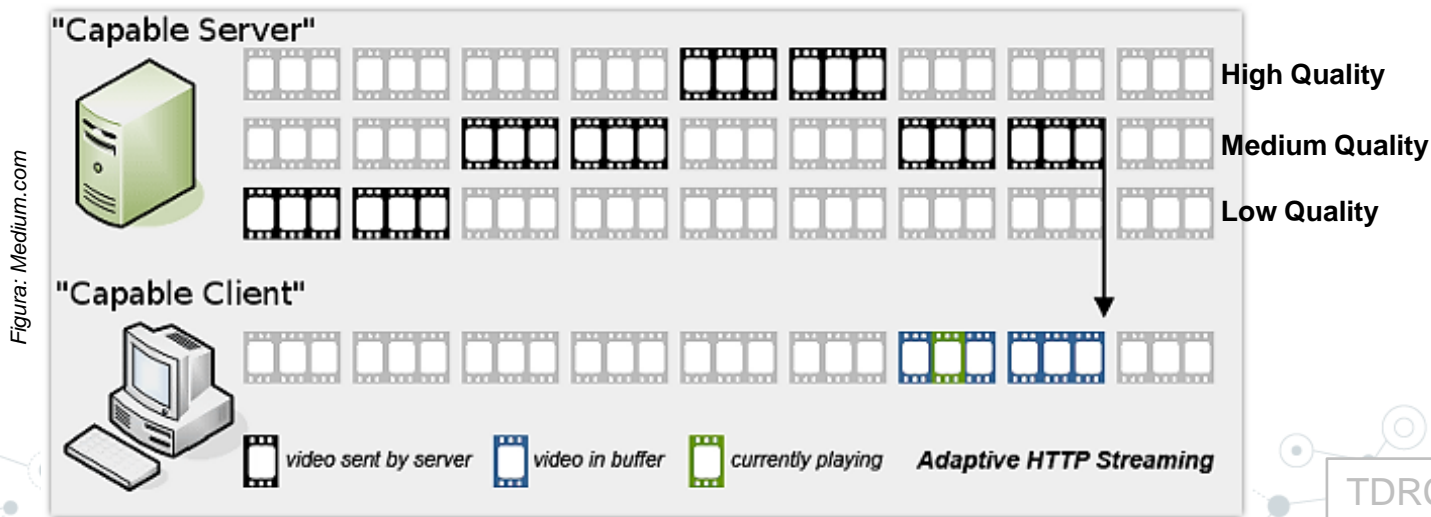
DASH

- **Dynamic Adaptive Streaming over HTTP**
- Funciona sobre TCP.
- **Servidor:**
 - Divide el vídeo en múltiples segmentos (*chunks*).
 - Cada segmento se almacena con diferentes tasas de bits (diferente calidad).
 - Fichero “*manifest*” describe los segmentos y contiene la URL de cada uno.
- **Cliente:**
 - Tiene un *buffer* en el que va almacenando partes del vídeo antes de ser visualizadas.
 - Mide periódicamente la capacidad (ancho de banda) del canal entre él y el servidor.
 - Consulta *manifest* y solicita un segmento cada vez:
 - . Elige el que mayor tasa de bits tenga que sea soportable por el ancho de banda disponible.
 - . Puede elegir diferentes calidades (tasas de bits) en diferentes instantes.

Flujos de vídeo (HTTP)

DASH - “Inteligencia” en el cliente (él determina)

- **Cuándo** se solicita el siguiente segmento → para que no se vacíe el buffer, ni se sature.
- **Qué** tasa de bits/Calidad debe solicitar → más calidad cuando haya mayor ancho de banda disponible.
- **Dónde** solicitar cada segmento → ante varias alternativas de servidores (URLs), elige la que es más cercana o la que ofrece mayor ancho de banda.



Redes de Distribución de Contenidos

Content Distribution Networks (CDNs)

YouTube tiene más de 2000 millones de usuarios

- Hay que servir contenidos de entre **millones de vídeos/audios disponibles** a **miles de millones de usuarios**.
- **¿Usar un solo mega-servidor?**
 - Único punto de fallo.
 - Congestión de la red.
 - Clientes lejanos con largo recorrido de red (alto retardo/ping).
 - múltiples copias del mismo vídeo enviadas por diversos enlaces.

... NO ES ESCALABLE



Redes de Distribución de Contenidos

Content Distribution Networks (CDNs)

- Hay que servir contenidos de entre **millones de vídeos/audios disponibles** a **miles de millones de usuarios**.
- **CDNs**
 - Almacenan múltiples copias de los vídeos en diferentes localizaciones distribuidas geográficamente.
 - Se dirige cada solicitud (de usuario) a un servidor de la CDN que le pueda proporcionar la mejor experiencia (menor latencia, más ancho de banda).
 - CDNs privadas → propiedad del propio proveedor de contenidos (CDN Google para vídeos de YouTube).
 - CDN comerciales → distribuyen contenidos de múltiples proveedores (Akamai usa CDNs comerciales).

Redes de Distribución de Contenidos

Content Distribution Networks (CDNs)

- **Ejemplo:** Usuario quiere ver MadMen en Netflix.

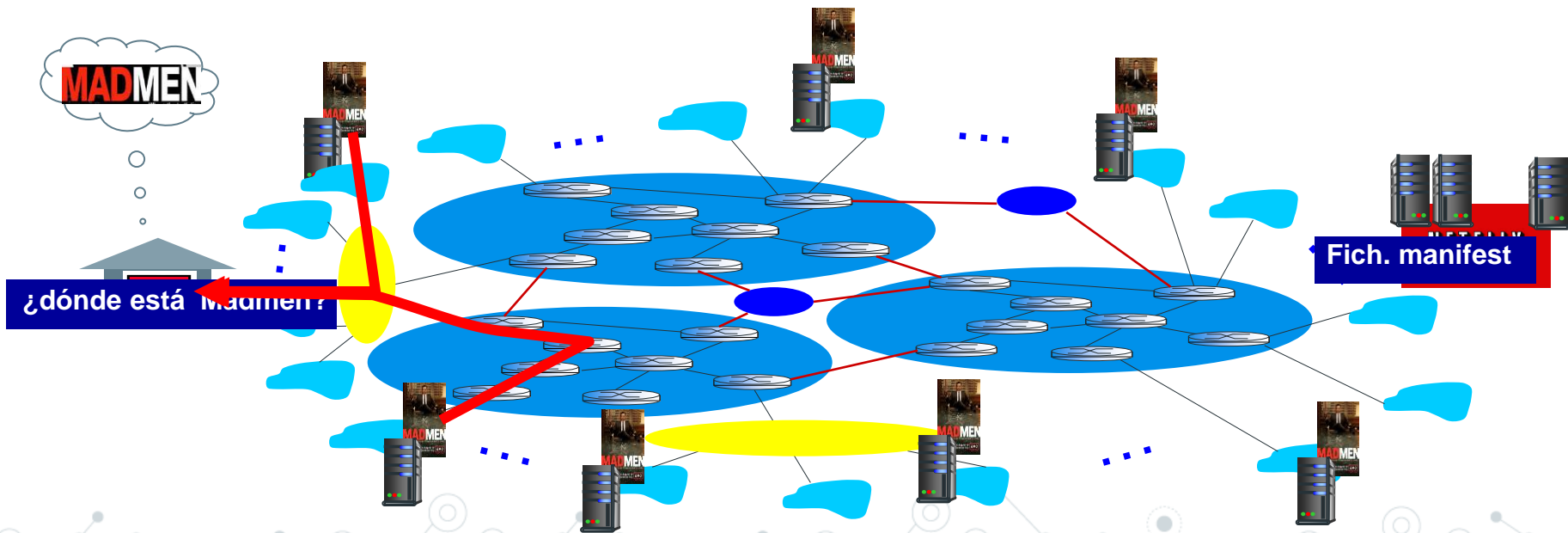
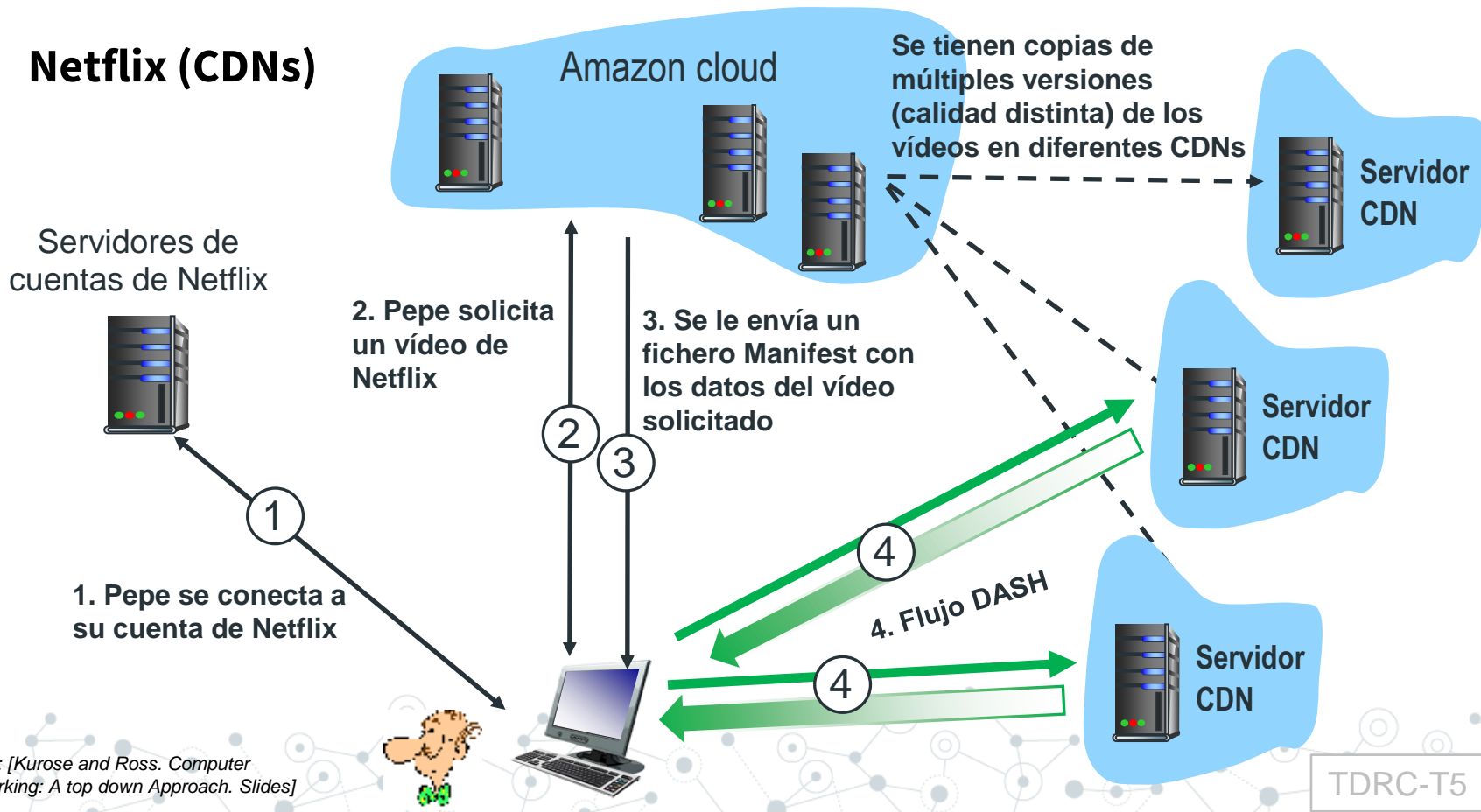


Figura y Animación: [Kurose and Ross. Computer Networking: A top down Approach. Slides]

Redes de Distribución de Contenidos

Netflix (CDNs)



Redes de Distribución de Contenidos

Google (CDNs)

(Datos de 2017)

- Incluye contenidos de diverso tipo: mapas, correo, vídeos, documentos, etc.
- 14 mega centros de datos (en diversos países), cada uno con más de 100000 servidores. Sirven contenido dinámico ⇔ resultados de búsquedas, Gmail, Documentos.
- 50 clústeres (distribuidos por el mundo) con 100-500 servidores cada uno, para servir contenido estático ⇔ vídeos de YouTube.
- Cientos de clústeres de “introducción profunda” en ISPs. Éstos se montan dentro de la propia red de los ISPs, para estar más “cerca” (en número de saltos) de los usuarios.
- Tiene una red privada propia (mucho más eficiente que la Internet pública).

Ejemplo:

Las búsquedas se gestionan primero en los servidores de los ISPs, se coge el contenido estático de una caché, mientras se reenvía la consulta a los demás servidores para obtener el contenido dinámico.

Bibliografía

- James F. Kurose, Keith W. Ross. Redes de computadoras. Un enfoque descendente. 7º Edición. Editorial Pearson S.A., 2017.
- White Paper SAPEC -- Junio 2015 Tecnologías de compresión de vídeo
- P. García-Teodoro, J.E. Díaz-Verdejo, J.M. López-Soler. Transmisión de datos y redes de computadores, 2ª Edición. Editorial Pearson, 2014.
- Behrouz A. Forouzan. Transmisión de datos y redes de comunicaciones, 4º Edición. Editorial Mc Graw Hill 2007.

The background of the slide features a complex, light gray network pattern. It consists of numerous small circles, some of which are solid gray and others are hollow with a gray outline. These circles are interconnected by a web of thin, light gray lines, creating a dense, interconnected mesh that covers the entire slide area.

¿Alguna duda?