

MEJORA DE LA CALIDAD DE SERVICIO PARA  
PLATAFORMAS MULTIMEDIA

IMPROVEMENT OF QOS FOR MULTIMEDIA  
PLATFORMS



TRABAJO FIN DE MÁSTER  
CURSO 2021-2022

AUTOR  
DÁMASO GONZÁLEZ PINO

DIRECTOR  
JOSÉ LUIS VÁZQUEZ POLETTI

COLABORADOR  
FRANCISCO JAVIER RODRÍGUEZ PÉREZ

MÁSTER EN INGENIERÍA INFORMÁTICA  
FACULTAD DE INFORMÁTICA  
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID



MEJORA DE LA CALIDAD DE SERVICIO PARA  
PLATAFORMAS MULTIMEDIA

IMPROVEMENT OF QOS FOR MULTIMEDIA  
PLATFORMS

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER EN INGENIERÍA INFORMÁTICA  
DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA DE COMPUTADORES Y  
AUTOMÁTICA

AUTOR  
DÁMASO GONÁLEZ PINO

DIRECTOR  
JOSÉ LUIS VÁZQUEZ POLETTI

COLABORADOR  
FRANCISCO JAVIER RODRÍGUEZ PÉREZ

CONVOCATORIA: SEPTIEMBRE 2022  
CALIFICACIÓN: 7

MÁSTER EN INGENIERÍA INFORMÁTICA  
FACULTAD DE INFORMÁTICA  
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

05 DE SEPTIEMBRE DE 2022

## **DEDICATORIA**

A todos los que me han hecho crecer  
como alumno, como docente y sobre  
todo como persona.

## **AGRADECIMIENTOS**

A todos los profesores que me han ayudado en mi etapa académica, a todos mis alumnos que me han hecho crecer como docente y sobre todo a mí familia, que siempre me ha apoyado en todos mis sueños y a la persona con la que comparto mi día a día, porque sin ella no hubiese sido posible llegar hasta aquí.



# RESUMEN

## MEJORA DE LA CALIDAD DE SERVICIO PARA PLATAFORMAS MULTIMEDIA

Se trata de un trabajo colaborativo entre la Universidad Complutense de Madrid y la Universidad de Extremadura, con el que se trata de mejorar la comunicación en la transferencia de datos.

El objetivo del trabajo es analizar formas de optimizar la calidad de servicio en plataformas multimedia. La hipótesis a evaluar es si acercando el contenido que los usuarios solicitan, se accederían a ellos más rápido, se descongestionaría la red y se reduciría el número de peticiones contra los servidores principales donde se encuentran alojados esos datos, o si por el contrario, acercar el contenido, podría no ser una alternativa óptima.

Por ello, hemos realizado las siguientes pruebas: (1) comparación de los requisitos técnicos necesarios en diferentes plataformas multimedia, (2) análisis de la percepción de los usuarios mediante encuestas sobre esos servicios, (3) trazado de rutas a servidores físicos y (4) simulación de diferentes topologías de red con distintos protocolos de encaminamiento.

Con las pruebas realizadas hemos podido comprobar que existen diversas alternativas para mejorar la calidad en estos servicios.

### **Palabras clave**

Redes, calidad de servicio, trazado de rutas, telecomunicaciones, telemática, computación, multimedia, retransmisión, videojuegos, la nube.



## **ABSTRACT**

IMPROVEMENT OF QoS FOR MULTIMEDIA PLATFORMS.

This is a collaborative project between the Complutense University of Madrid and the University of Extremadura, which aims to improve communications in data transfer.

The objective of the work is to analyze ways to optimize the QoS in multimedia platforms. The hypothesis to be evaluated is whether by bringing the content that users request closer, they would be accessed faster, the network would be decongested and the number of requests against the main servers where that data is hosted would be reduced, or if, on the contrary, bringing the content closer might not be an optimal alternative.

For this reason, we have carried out the following tests: (1) comparison of the technical requirements in different multimedia platforms, (2) analysis of the perception of users through surveys on these services, (3) tracing of routes to physical servers and (4) simulation of different network topologies with different routing protocols.

With the tests carried out, we have been able to verify that there are various alternatives to improve the quality of these services.

### **Keywords**

Networks, QoS, telecommunications, telematics, computing, multimedia, streaming, peering, gaming, cloud.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria .....	IV
Agradecimientos .....	V
Resumen .....	VII
Abstract .....	IX
Índice de figuras .....	XIII
Índice de tablas.....	15
Capítulo 1 - Introducción .....	17
1.1 Motivación .....	17
1.2 Objetivos.....	17
1.3 Plan de trabajo .....	17
1.4 Contribución del trabajo.....	17
Capítulo 2 - Casos de estudio .....	19
2.1 Primer caso: servicios de petición bajo demanda .....	19
2.1.1 Estado actual .....	20
2.2 Segundo caso: <i>cloud gaming</i> .....	23
2.2.1 Estado actual .....	25
2.3 Archivos de entrega final más comunes.....	28
2.3.1 Imagen.....	28
2.3.2 Vídeo.....	29
2.4 Observaciones .....	30
Capítulo 3 - Pruebas Realizadas.....	31
3.1 Encuestas.....	31
3.1.1 Observaciones .....	35
3.2 <i>Peering</i> y trazado de rutas.....	37

3.2.1 Pruebas contra servidores físicos .....	38
3.2.2 Simulación de trazado de rutas mediante software.....	50
Capítulo 4 - Problemas encontrados.....	63
4.1 Peering y trazado de rutas.....	63
4.2 Contactos.....	67
4.3 Pruebas en entornos reales.....	68
Capítulo 5 - Conclusiones y trabajo futuro.....	69
Motivation .....	71
Objectives .....	71
Working plan .....	71
Work contribution .....	71
Bibliografía.....	75
Apéndices.....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. GeForce Now vs. Stadia .....	33
Ilustración 2. Ejecución en local vs PSNow .....	34
Ilustración 3. Sistema de puntuación GeForce Now .....	35
Ilustración 4. Ajustes previos GeForce Now .....	36
Ilustración 5. Gráfica ruta Stadia España 01 .....	38
Ilustración 6. Gráfica ruta Stadia España 02 .....	40
Ilustración 7. Gráfica ruta Stadia Italia 01 .....	41
Ilustración 8. Gráfica perring Stadia Italia 02 .....	42
Ilustración 9. Gráfica perring Stadia California 01 .....	43
Ilustración 10. Gráfica perring Stadia California 02 .....	44
Ilustración 11. Gráfica perring Stadia California 03 .....	45
Ilustración 12. Gráfica perring Stadia California 04 .....	46
Ilustración 13. Gráfica perring Stadia California 05 .....	47
Ilustración 14. Gráfica ruta GeForce Now UK .....	48
Ilustración 15. Topología de red física inicial.....	52
Ilustración 16. Topología simplificada .....	53
Ilustración 17. Topología con ISP .....	54
Ilustración 18. Topología en PT .....	55
Ilustración 19. Topología en PT con ISP .....	56
Ilustración 20. Redistribución de la topología .....	57
Ilustración 21. Topología final .....	58
Ilustración 22. Implementación de eBGP .....	59
Ilustración 23. Latencias dentro de un mismo SA .....	60

Ilustración 24. Latencias entre diferentes SA .....	61
Ilustración 25. Traceroute bloqueado nVidia 01 .....	64
Ilustración 26. Traceroute bloqueado nVidia 02 .....	65
Ilustración 27. Traceroute bloqueado Netflix .....	66
Ilustración 28. Ejemplo de antialiasing 01 .....	82
Ilustración 29. Ejemplo de antialiasing 02 .....	82
Ilustración 30. Escaneo entrelazado vs progresivo .....	84
Ilustración 31. Frametime .....	85
Ilustración 32. Ejemplo de screen tearing.....	88
Ilustración 33. Espacios de color .....	90

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Bitrate YouTube .....	21
Tabla 2. Comparativa técnica streaming .....	22
Tabla 3. Latencia .....	24
Tabla 4. Frametime .....	25
Tabla 5. Ancho de banda necesario Stadia .....	26
Tabla 6. Ancho de banda necesario GeForce Now.....	26
Tabla 7. Comparativa técnica cloud gaming.....	28
Tabla 8. Latencias en el mismo SA.....	60
Tabla 9. Latencias en diferentes SA .....	61



# Capítulo 1 - Introducción

## 1.1 Motivación

Se trata de un proyecto colaborativo entre la Universidad Complutense de Madrid y la Universidad de Extremadura, con el que se trata de mejorar la comunicación en la transferencia de datos.

## 1.2 Objetivos

Trataremos de comprobar cuál sería la solución óptima para cada uno de los casos de estudio en la descongestión de redes, reduciendo la latencia y el número de peticiones contra los servidores principales donde se encuentran alojados los datos a los que los usuarios intentan acceder.

## 1.3 Plan de trabajo

Para ello, realizaremos distintas pruebas que se detallan a lo largo de la memoria, como simulación de servidores, trazado de rutas, simulación de topologías, cálculo de latencias, etc. Así podremos comprobar si existe mejora al tener el contenido distribuido según la demanda geográfica en un momento determinado, si por el contrario es más eficiente que los usuarios sean los que distribuyan el contenido que ya tienen cargado localmente entre los nuevos usuarios que pidan ese contenido en función del coste en la red (menor latencia, cercanía geográfica, mejor ancho de banda, etc.) o si lo óptimo sigue siendo mantener el contenido centralizado en grandes servidores centrales.

## 1.4 Contribución del trabajo

Hemos realizado un estudio donde se evalúa si es conveniente acercar el contenido a los usuarios para mejorar la calidad de servicio en diferentes aplicaciones.



## Capítulo 2 - Casos de estudio

En este capítulo trataremos dos grandes grupos de servicios multimedia; debido a su similitud en cuanto al intercambio de información, tiene sentido que los tratemos a la vez, pero debido a cómo se tratan los datos, debemos diferenciarlos en dos grupos diferentes dentro de los servicios multimedia.

Podemos encontrar servicios multimedia que solo envían datos, y que no se necesitan interacción por parte del usuario más allá de pedir esos datos, como pueden ser los servicios de *streaming* (petición de vídeo bajo demanda) y por otro lado los servicios que requieren de un intercambio constante de datos bidireccionalmente, como pueden ser los servicios de *gaming* en la nube.

En el primer grupo encontramos servicios de vídeo bajo demanda como pueden ser Netflix, Amazon Prime Videos, HBO Max, Disney+ y Movistar Plus+, entre muchas otras empresas que dan este tipo de servicio multimedia.

En el segundo grupo nos encontramos con servicios de empresas como nVIDIA con su servicio de juego en la nube *GeForce Now*, Google con *Stadia*, Sony con *PlayStation Now*, Microsoft con *Xbox Cloud Gaming*, Amazon con *Amazon Luna* y muchos otros servicios de *cloud gaming* similares.

### 2.1 Primer caso: servicios de petición bajo demanda

En este apartado lo que nos interesa principalmente es que la información llegue al usuario lo antes posible de forma estable.

La ventaja de este tipo de servicios es que la latencia pasa a un segundo plano, teniendo mayor importancia el ancho de banda, pero lo más importante con respecto al segundo caso de uso (*cloud gaming*) es que la información de los servicios de *streaming*, puede estar cacheada en función de la demanda geográfica en un momento determinado. En el caso del *cloud gaming*, veremos más adelante por qué no es viable que la información esté cacheada.

### 2.1.1 Estado actual

A continuación, se indica las necesidades técnicas de algunas de las plataformas de petición bajo demanda que hemos estudiado:

En el caso de **Netflix**, recomienda al menos un ancho de banda de 3 Mbps para una resolución de 1280 x 720 píxeles, 5 Mbps para 1920 x 1080 píxeles y 15 Mbps para una resolución 4K (UHD) 3840 x 2160 píxeles. [1] [2] [3]

En el caso de **HBO**, la máxima resolución que ofrecía la antigua plataforma de HBO España, era 1920 x 1080 píxeles, con un *bitrate* máximo de 3,5 Mbps. Tras la implementación de HBO Max en España en octubre de 2021, el *bitrate* para 1080p subió hasta los 10 Mbps con una recomendación mínima del ancho de banda en la red de 25 Mbps. Con la actualización del servicio, la resolución subió hasta un máximo de 3840 x 2160 píxeles con implementación de HDR y un *bitrate* medio de 27,5 Mbps para la máxima resolución [4]. Siendo necesario un mínimo de 25 Mbps y recomendado de al menos 50 Mbps. [5]

En el caso de **Movistar Plus+**, se requieren un ancho de banda de 13 Mbps para una resolución de 1920 x 1080i a 25 fps, mientras que para cinema 4K (UHD) 3840 x 2160 píxeles y 50fps en progresivo, es necesario un ancho de banda de 30 Mbps. [6] [7]

En el caso de **Youtube**, las resoluciones pueden variar desde 240p, hasta 4k (2160p), con un *framerate* máximo de 60 fps.

A continuación, se muestra una tabla resumen del *bitrate* para vídeo en función de la resolución y el número de fotogramas por segundos.

<b>Resolución</b>	<b>FPS</b>	<b>Bitrate</b>
720p	24 - 30 fps	1,5 - 4 Mbps
720p	60 fps	2,25 - 6 Mbps
1080p	24 - 30 fps	3 - 6 Mbps
1080p	60 fps	4,5 - 9 Mbps
4k	30 fps	13 - 34 Mbps
4k	60 fps	20 - 51 Mbps

Tabla 1. Bitrate YouTube

Para ver la tabla completa de tasa de *bitrate* en función de la resolución y los fotogramas por segundo, Google ofrece información muy detallada en su página oficial. [8]

Como hemos podido comprobar, el *bitrate* de las plataformas de vídeo de petición bajo demanda no es fijo en ninguno de los casos, ofreciendo distintas tasas de bit en función de la calidad de nuestra red.

Existen numerosas páginas web donde se puede ver comparativas detalladas de diferentes plataformas de *streaming* en cuanto a resolución, calidad de imagen y *bitrate*. [9]

A continuación, se muestra una tabla resumen comparando las plataformas anteriormente mencionadas:

<b>Plataforma</b>	<b>Resolución</b>	<b>Frame rate</b>	<b>Ancho de banda mínimo</b>
Netflix	1080p	24 fps	5 Mbps
Netflix	4k	24 fps	15 Mbps
HBO	1080p	24 fps	20 Mbps
HBO	4k	24 fps	25 Mbps (50 Mbps recomendado)
Movistar	1080i	25 fps	13 Mbps
Movistar	4k	25 fps	30 Mbps
YouTube	1080p	24/30 fps	3 Mbps (6 Mbps recomendado)
YouTube	1080p	60 fps	4,5 Mbps (9 Mbps recomendado)
YouTube	4K	24/30 fps	13 Mbps (34 Mbps recomendado)
YouTube	4K	60 fps	20 Mbps (51 Mbps recomendado)

*Tabla 2. Comparativa técnica streaming*

## 2.2 Segundo caso: *cloud gaming*

Este tipo de servicio se basa en contratar un servidor con hardware superior al que se puede encontrar en la media de los hogares. Los juegos se encuentran alojados remotamente en esos servidores y a los usuarios sólo les llegan las imágenes que genera el ordenador en remoto.

En la página web de *Steam* se pueden encontrar las encuestas realizadas para conocer el hardware de los usuarios.<sup>1</sup>

La principal limitación de este servicio es que los datos que se transmiten son únicos para cada usuario, por lo que no pueden estar cacheados, tienen que generarse a tiempo real. Para generar estos datos, es necesario un hardware específico que se encuentra alojado en grandes centros de computación en áreas geográficas muy concretas.

Para que la experiencia de usuario sea aceptable, se necesitan renderizar y transmitir a tiempo real 60 imágenes únicas en cada segundo (el estándar en videojuegos es de 60 fps, pero dependiendo de las limitaciones técnicas, el número de imágenes por segundo puede variar). A su vez, el servidor, necesita recibir todas las peticiones que realiza el usuario, ya que el juego se está ejecutando a tiempo real en el servidor y las acciones deben verse reflejadas en el juego al instante. Por ello, la latencia es clave para una experiencia óptima, a diferencia de los servicios de petición de vídeos bajo demanda, donde no era tan importante la latencia, ya que el espectador no necesita interactuar con el contenido en pantalla, pero en este tipo de servicios

---

<sup>1</sup> Encuestas de *Steam* para conocer el hardware de los usuarios:

<https://store.steampowered.com/hwsurvey/videocard/>

<https://store.steampowered.com/hwsurvey/processormfg/>

<https://store.steampowered.com/hwsurvey/cpus/>

<https://store.steampowered.com/hwsurvey/Steam-Hardware-Software-Survey-Welcome-to-Steam>

hablamos de milisegundos para perder o ganar una partida, de ahí la importancia de la latencia [10].

En cuanto a conexiones multijugador se habla de que una latencia de 3 ms es despreciable, de 5 ms es ideal, de 20 ms es Normal, 60 ms aceptable, 100 ms injugable y a partir de los 150 daría error la conexión al servidor [11].

A continuación, una tabla de latencias, resumiendo lo anteriormente mencionado:

Latencia	
3 ms	Despreciable
5 ms	Ideal
20 ms	Normal
60 ms	Aceptable
100 ms	Injugable
150 ms	Error

Tabla 3. Latencia

En este tipo de servicios (*cloud gaming*), sólo para el envío de cada imagen, necesitaríamos un *frame time* estable de 16,67 ms si el juego se renderiza a 60 fps y de 8,3 ms si lo hace a 120 fps.

El *frametime* es la inversa de la velocidad de fotogramas:

$$\text{Frametime de X fps es: } 1000/X = Y \text{ ms}$$

A continuación, se muestra una tabla con el *frametime* de los *frame rate* (fps) más comunes:

<b>Frame rate</b>	<b>Frametime</b>	<b>Descripción</b>
30 fps	33,33 ms	Más común en consolas.
<b>60 fps</b>	<b>16,67 ms</b>	<b>Más común en PC y servicios de <i>cloud gaming</i>.</b>
75 fps	13,33 ms	Más común en paneles IPS de gama media.
90 fps	11,11 ms	Más común en realidad virtual (VR).
120 fps	8,33 ms	Más común en paneles 3D y televisores <i>gaming</i> .
144 fps	6,94 ms	Más común en monitores <i>gaming</i> de competición.
240 fps	4,17 ms	Más común en monitores <i>gaming</i> de competición de alta gama.

Tabla 4. *Frametime*

Se ha demostrado, que a mayor número de fotogramas y a menor tiempo de respuesta del hardware, mejores resultados en partida. Por ejemplo, hay monitores *gaming* que ofrecen 360 fps, otros un *input lag* menor a 0,5 ms y lo habitual en periféricos *gaming* es una frecuencia de sondeo de 1000 Hz (1 ms de tiempo de respuesta). [12] [13]

### 2.2.1 Estado actual

Las necesidades técnicas necesarias para utilizar los servicios sobre los que hemos investigado, se detallan a continuación:

Para la plataforma de **Stadia**, propiedad de Google, a continuación se muestra una tabla resumen del ancho de banda necesario en función de la resolución y el número de fotogramas por segundos para la plataforma de Google *Stadia*<sup>2</sup>. [14]

---

<sup>2</sup> Datos técnicos oficiales de Google *Stadia*: <https://support.google.com/stadia/answer/9607891>

Resolución	FPS	HDR	Ancho de banda mínimo necesario
720p	60 fps	No	10 Mbps
1080p	60 fps	Sí	20 Mbps
4k	60 fps	Sí	35 Mbps

Tabla 5. Ancho de banda necesario Stadia

Para la plataforma de plataforma **GeForce Now**, propiedad de *nVIDIA*, a continuación se muestra una tabla resumen del ancho de banda necesario en función de la resolución y el número de fotogramas por segundos para la plataforma de *nVIDIA GeForce Now*<sup>3</sup>.

Resolución	FPS	Ancho de banda mínimo necesario
720p	60 fps	15 Mbps
1080p	60 fps	25 Mbps (50 recomendados)
4k	60 fps	75 Mbps recomendados

Tabla 6. Ancho de banda necesario GeForce Now

En el caso del servicio de *nVIDIA*, si no utilizas una conexión cableada, recomiendan siempre el uso de la frecuencia de 5 GHz antes que el de 2,4 GHz por su menor latencia y congestión. En caso contrario, saldrá un mensaje de advertencia que habrá que aceptar antes de poder iniciar el servicio. El mensaje, nos informará de que la experiencia de juego se podría ver afectada porque la conexión puede que no sea estable si utilizamos ese tipo de conexión.

---

<sup>3</sup> Datos técnicos oficiales de *nVIDIA GeForce Now*: <https://support.nvidia.eu/hc/es/articles/360000719809>

**Para la plataforma PlayStation Now**, propiedad de Sony, la única información técnica oficial que hay en cuanto a redes, es que se necesitan 5 Mbps para poder utilizar el servicio<sup>4</sup>.

Como dato curioso, cabe mencionar que el servicio de PlayStation Now, ofrece la posibilidad de retransmitir contenido a 60 fps, pero muchos de los juegos propiedad de Sony, son ejecutados a 30 fps, por lo que estaríamos desperdiciando ancho de banda con frames duplicados.

**Para la plataforma Xbox Cloud Gaming**, propiedad de Microsoft:

La única información técnica oficial que hay en cuanto a redes, es que se necesita tener al menos un ancho de banda de 10 Mbps en dispositivos móviles, 20 Mbps en consolas, PC y *tablets* y una conexión Wi-Fi o datos móviles 5 GHz. No dan datos en cuanto a resolución o fps de forma oficial<sup>5</sup>.

Debemos mencionar que el servicio de Microsoft actualmente continúa en beta, pero es posible utilizarlo en 28 países en este momento<sup>6</sup>.

**Para la plataforma Amazon Luna:**

La única información oficial que hay es que los vídeos se retransmitirán a 1080p/60fps<sup>7</sup>. Hay que mencionar que este servicio está todavía en fase de pruebas y sólo se puede probar con una cuenta de Amazon estadounidense.

---

<sup>4</sup> Datos técnicos oficiales de PlayStation Now: <https://www.playstation.com/es-es/ps-now/>

<sup>5</sup> Datos técnicos oficiales de Xbox Cloud Gaming: <https://www.xbox.com/es-ES/xbox-game-pass/cloud-gaming>

<https://www.xbox.com/es-ES/legal/subscription-terms>

<sup>6</sup> Disponibilidad de Xbox Cloud Gaming: <https://www.xbox.com/es-ES/regions>

<sup>7</sup> Datos técnicos oficiales de Amazon Luna: <https://www.amazon.com/luna/>

<https://www.amazon.com/gp/help/customer/display.html?nodeId=G24QJQ8LCD2GMUXE>

Plataforma	Resolución	Frame rate	HDR	Ancho de banda mínimo necesario
Stadia (Google)	720p	60 fps	No	10 Mbps
	<b>1080p</b>	<b>60 fps</b>	<b>Sí</b>	<b>20 Mbps</b>
	4K	60 fps	Sí	35 Mbps
GeForce Now (nVIDIA)	720p	60 fps	-	15 Mbps
	<b>1080p</b>	<b>60 fps</b>	-	<b>25 Mbps (50 recomendado)</b>
	4K	60 fps	-	75 Mbps recomendados
	4K	120 fps	-	75 Mbps
PlayStation Now (Sony)	-	60* fps	-	5 Mbps
Xbox Cloud Gaming (Beta - Microsoft)	-	-	-	10 Mbps en dispositivos móviles.
	-	-	-	<b>20 Mbps en consolas, PC y tablets.</b>
Amazon Luna (Beta)	1080p	60 fps	-	-

Tabla 7. Comparativa técnica cloud gaming

## 2.3 Archivos de entrega final más comunes

### 2.3.1 Imagen

El archivo jpg es uno de los formatos de imagen más extendido. Este códec tiene pérdida de información en el archivo final y un ratio de compresión de entre 1/6 a 1/10. El tamaño más habitual para un archivo en jpg de 1920 x 1080 pixeles es de entre 200 KB a 1 MB (dependiendo de la información de color que haya en la imagen, de la compresión del archivo y del porcentaje de pérdida que tenga la imagen), por lo tanto, la cantidad de datos totales para un segundo de vídeo a 60 fps debería ser de entre 12 MB y 60 MB (69 Mbit - 480 Mbit).

$$1 \text{ KB} = 1024 \text{ MB}$$

$$200 \text{ KB} \times 60 \text{ fps} / 1024 = 11,71878 \text{ MB}$$

$$1 \text{ MB} = 8 \text{ Mbit}$$

$$12 \text{ MB} \times 8 = 69 \text{ Mbit}$$

Para la obtención de los datos, hemos comparado diferentes bases de datos de imágenes jpg en 1080p de distintas fuentes, así como la generación de imágenes propias con diversos programas como *Photoshop*, *Krita*, *Paint*, *Davinci Resolve*, *Premiere*, capturadores de pantalla, etc. Además de la información de fuentes bibliográficas. [15] [16] [17] [18] [19] [20] [21] [22]

### **2.3.2 Vídeo**

El formato contenedor de vídeo más extendido es el mp4, con el códec de mayor compatibilidad h.264, también con pérdida y compresión. Este formato tiene un tamaño aproximado por cada segundo de entre 400 KB y 10 MB (3 Mbit - 80 Mbit), en función del *bitrate* del vídeo, de los colores en escena y de iluminación. [23] [24] [25]

Para comprobar estos datos, hemos realizado pruebas con diferentes vídeos de diferentes fuentes, así como la generación propia con diferentes videocámaras, teléfonos móviles, capturadoras de vídeo y programas de captura de vídeo como *ShadowPlay* de *nVidia*, *Action!* de *Mirillis*, *OBS* de código abierto o *Bandicam* de *Bandisoft*. Los vídeos fueron grabados en 1080p a 60fps y posteriormente fueron procesados con diferentes programas como *Davinci Resolve* o *Premiere Pro* para ver detalladamente la información.

En los vídeos se tomaron escenas con diferentes iluminación y detalles de color con un *bitrate* y fueron procesados de ente 20000 kbs a 50000 kbs, para comprobar que para escenas oscuras con apenas variación de color, se necesita menor información por segundo y puede que un vídeo codificado a 50000 kbs podía dar como resultado el mismo tamaño que el mismo vídeo codificado a 20000 kbs.

## 2.4 Observaciones

Para transmitir tal cantidad de datos en tan poco ancho de banda, como por ejemplo en el caso de *PlayStation Now* (5Mbps), debe haber una compresión y pérdida de información muy alta. Es sabido por ejemplo, que el códec de *YouTube* utiliza técnicas de *subsampling* (submuestreo de crominancia), elimina información de color dejando la de luminancia, ya que diversos estudios demuestran que el ojo humano es más sensible al contraste que al color [26] [27]. Esto se debe a la diferencia del número de células receptoras que tiene el ojo humano para cada tipo de información. Entre 4,6 millones a 6,5 millones de conos sensibles al color y de 90 a 120 millones de bastones sensibles a la luz.

Es posible encontrar información muy detallada sobre la técnica del *subsampling* [28], pero para el estudio no es necesario entrar en detalle de las diferencias en cuanto a la reducción cromática, más allá de conocer la definición genérica.

De igual modo, es posible encontrar artículos con mucha más información sobre el ojo humano. Para el trabajo que nosotros estamos realizando, sólo es necesario conocer la diferencia de cómo trata el color, la luminancia y el contraste el ojo humano, pero no es necesario conocer en detalle todos los aspectos fisiológicos del ojo. [26] [27]

Al igual que en el caso de información técnica del tipo de codificación que utilizan las plataformas de vídeo como H.265, VP9 o AV1. [29] [30] [31]

La eficiencia de esta técnica de reducción de crominancia manteniendo la información lumínica, se ve apoyada por las pruebas realizadas a una pequeña muestra de personas. En el capítulo siguiente, se pueden encontrar información detallada sobre las pruebas realizadas.

# Capítulo 3 - Pruebas Realizadas

## 3.1 Encuestas

Queríamos comprobar si los usuarios eran capaces de distinguir entre juegos ejecutados en la nube y en local, e incluso queríamos ver si notaban diferencias entre los diferentes servicios de *cloud gaming*, para comprobar si el ancho de banda era un factor clave de esos servicios o si por el contrario, utilizando técnicas de compresión y pérdida, les sería imposible distinguir esa pérdida de calidad.

Esto se pensó porque la información técnica proporcionada por las diferentes empresas no nos da información de la experiencia de usuario real, por lo que se realizó una encuesta basada en la experiencia de los usuarios al utilizar los diferentes servicios basados en la nube que están disponibles en España. Sólo se tuvo en cuenta los servicios que han salido de la fase beta, ya que se entiende que los servicios que aún están en *beta*, continúan en fase de pruebas, por lo que podrían afectar a la estabilidad del servicio y por tanto a la encuesta.

La encuesta se realizó sobre *GeForce Now*, *Stadia*, *PlayStation Now* y juegos ejecutados en local. A los usuarios se les mantuvo sin saber en qué momento se estaba ejecutando uno u otro servicio, para no condicionar el resultado con experiencias previas con las marcas. A los encuestados se les preguntó por la calidad de imagen del servicio, la estabilidad del mismo, la representación de colores y la experiencia general de uso, así como la posibilidad de mencionar otros datos que les hubiesen parecido relevantes durante el experimento y que no se hubiese contemplado en la encuesta previamente.

La muestra de personas que se pudo tomar fue de 10 personas, por lo que al ser una muestra pequeña, no es representativa de la sociedad, pero nos dio una idea de las diferencias en cuanto a la experiencia de uso en las diferentes plataformas y de cómo interpretar los datos obtenidos, ya que los encuestados respondieron de forma similar a las preguntas en cuanto a la calidad de imagen de los distintos servicio, la estabilidad de los mismos, la representación de colores y la experiencia general de uso.

Las pruebas fueron realizadas bajo las mismas condiciones de red, iluminación, hardware y tiempo de la prueba. Se decidió tomar los datos bajo las mismas condiciones para tener el experimento controlado en todo momento, ya que si se hubiese hecho en diferentes condiciones (domicilios, horas del día, tipo de red, etc.), los datos no serían consistentes, porque los resultados podrían variar según la red del domicilio en el que se hubiesen tomado los datos, también podrían verse afectados por las latencias de cada uno de los diferentes *routers* (*bufferbloat*), por el tipo de conexión e incluso por el tipo de cable utilizado del *router* hacia el ordenador y muchos otros factores que se hubiesen escapado a nuestro control.

Como hemos mencionado antes, los datos obtenidos fueron muy similares, con alguna pequeña variación en las respuestas de algunos de los usuarios. La mayoría de los usuarios afirmó que el servicio de *Google Stadia* era el más inestable, ya que comentaron que les molestó mucho el cambio tan brusco que la aplicación hacía automáticamente en función de la calidad de la red. También mencionaron que era el servicio con la imagen menos nítida como podemos ver en la "Ilustración 1. GeForce Now vs. Stadia", mencionando que se veía un efecto que hacía borrosa toda la imagen en comparación a los demás servicios.

En el caso de *PlayStation Now*, la mayoría de encuestados dijeron que apreciaban unos colores menos saturados en las imágenes, esto puede deberse a un bajo *bitrate* o al *subsampling* (submuestreo de crominancia), ya que Sony es uno de los servicios que menos ancho de banda exige, esto nos hace pensar que ese menor uso del ancho de banda lo consigue a través de la reducción de colores. Nos comentaron que a pesar de apreciar menos colores en la imagen, les parecía que los colores eran más naturales. Al no tener imágenes tan saturadas, aseguraban que las imágenes eran más similares a cómo ve el ojo humano en la vida real.

En el caso de *nVIDIA*, la mayoría coincidió en que era el servicio más estable, con mayor información de color y con las imágenes más nítidas, también afirmaron que la sincronización de los fotogramas con el monitor era más estable que en los demás servicios de *cloud gaming*, ya que en el servicio de *nVIDIA* no apreciaron en pantalla imágenes partidas durante la partida (*screen tearing*). Sin embargo, en los servicios de Google y de Sony, esto era muy notable e incluso les llegó a resultar muy molesto. Para

intentar corregir el problema de las imágenes partidas en pantalla, se comprobó la sincronización vertical, el modo de baja latencia del monitor y la activación de G-SYNC, pero en las plataformas de Google y de Sony no tuvo mejoría.



*Ilustración 1. GeForce Now vs. Stadia*

(Imágenes del videojuego "Destiny 2"<sup>8</sup>, desarrollado por Bungie)

En la imagen anterior podemos ver como el servicio de GeForce Now tiene imágenes más nítidas bajo las mismas condiciones de red.

---

<sup>8</sup> Destiny 2, desarrollado por Bungie: <https://www.bungie.net/7/es/Destiny/NewLight>

Además, se les puso el juego ejecutado localmente en un ordenador *gaming* de sobremesa y se les pidió que identificasen cuál era el ejecutado en la nube y cuál en el ordenador local. Varios de los encuestados no supieron distinguir cuál era el juego ejecutado en local y cuál en la nube, ya que algunos dijeron por ejemplo que el del servicio de Sony era el que se estaba ejecutando en local.



Ilustración 2. Ejecución en local vs PSNow

(Imágenes del videojuego "God of War"<sup>9</sup>, desarrollado por Santa Mónica Studio propiedad de Sony)

En las capturas anteriores, podemos observar que las imágenes del juego ejecutado en un ordenador local, son claramente más nítidas que las ejecutadas en las PlayStation de la nube. A pesar de ello, algunos usuarios no fueron capaces de distinguirlo mientras jugaban.

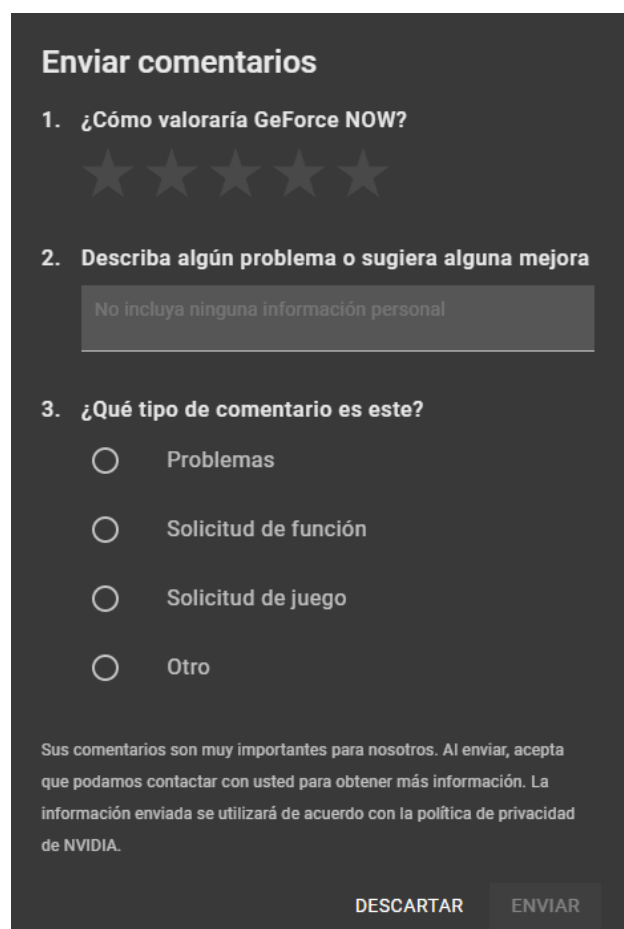
---

<sup>9</sup> God of War: <https://www.playstation.com/es-es/god-of-war/>

### 3.1.1 Observaciones

Los resultados obtenidos en este caso, nos indican que el ancho de banda no es un factor determinante para una experiencia satisfactoria y que con técnicas que a priori parece que perjudicarán la experiencia del usuario, vemos que realmente sucede todo lo contrario.

Debido a los resultados obtenidos durante la encuesta, se pensó que es buena idea que todos estos servicios tengan una encuesta con puntuación basada en la experiencia y posibles aspectos a mejorar como ya implementa *nVidia*:



The image shows a dark-themed feedback form titled "Enviar comentarios". It contains three main sections:

- 1. ¿Cómo valoraría GeForce NOW?** This section features a five-star rating system with five grey stars.
- 2. Describa algún problema o sugiera alguna mejora** This section includes a text input field with a placeholder that reads "No incluya ninguna información personal".
- 3. ¿Qué tipo de comentario es este?** This section has four radio button options: "Problemas", "Solicitud de función", "Solicitud de juego", and "Otro".

At the bottom of the form, there is a paragraph of text: "Sus comentarios son muy importantes para nosotros. Al enviar, acepta que podamos contactar con usted para obtener más información. La información enviada se utilizará de acuerdo con la política de privacidad de NVIDIA." Below this text are two buttons: "DESCARTAR" and "ENVIAR".

Ilustración 3. Sistema de puntuación GeForce Now<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> GeForce Now: <https://www.nvidia.com/es-es/geforce-now/>

También pensamos que para mejorar la estabilidad durante el servicio, es necesario que las aplicaciones den la posibilidad de configurar los ajustes antes y durante la ejecución de la aplicación, ya que no todos los servicios permiten configurar manualmente los parámetros de la aplicación, por lo que los ajustes varían de forma dinámica en función de la red:

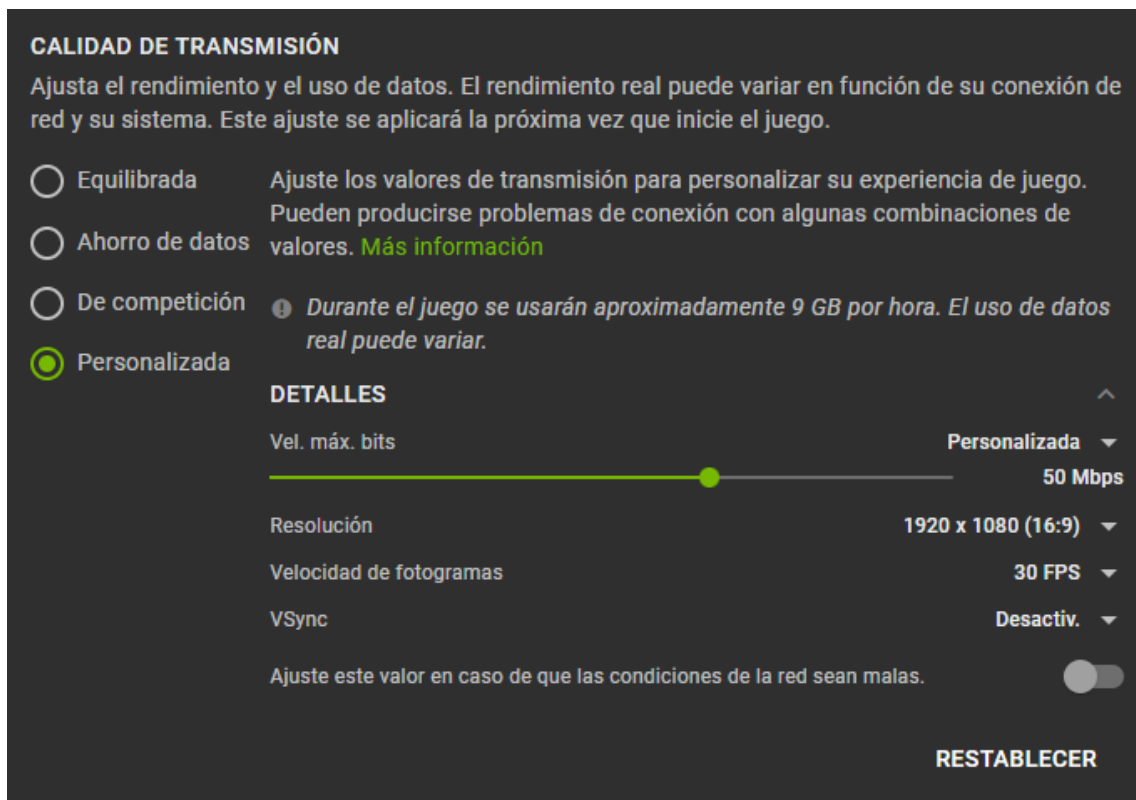


Ilustración 4. Ajustes previos GeForce Now<sup>11</sup>

<sup>11</sup> GeForce Now: <https://www.nvidia.com/es-es/geforce-now/>

## 3.2 Peering y trazado de rutas

A continuación, se muestran una serie de pruebas realizadas contra los servidores físicos de los servicios de *cloud gaming* antes mencionados. Para este tipo de pruebas, sólo se mostrarán públicamente las *IPs* que tienen de forma pública en su página web las compañías que proporcionan los servicios, como por ejemplo el caso de *Netflix*<sup>12</sup>, se mantendrán ocultas las demás por motivos de seguridad, ya que la memoria estará accesible de forma pública.

Para la realización de este tipo de pruebas se han utilizado los siguientes programas:

- *Visual Traceroute*, para hacer trazado de rutas de los paquetes a través de la red física.
- *WireShark*, para analizar el tráfico de red. Fue de mucha utilidad para averiguar las *IPs* de las que nos venía el tráfico.
- *Miro*, para la generación de la topología de red antes de hacer las pruebas.
- *PacketTracer*, para hacer las pruebas sobre topologías de red y poder implementar protocolos de encaminamiento sin limitaciones físicas.
- *Amazon Web Services (AWS)*, para realizar pruebas en remoto y poder simular los servicios prestados por las compañías de vídeo de petición bajo demanda y *cloud gaming*.
- Herramientas web como *PeeringDB*, *IPinfo*, *DB-IP* o *IPSHU* para conocer información detallada de las *IPs* de las que nos venía el tráfico.
- El paquete de *Microsoft Office*. *Word* para la documentación, *PowerPoint* para las presentaciones y *Excel* para la generación de tablas y diagramas.

Además, se ha utilizado software durante el proceso de pruebas que finalmente se descartó como por ejemplo: *Mininet*, *GNS3*, *NS3*, *Iperf*, etc. Se descartaron por su complejidad, curva de aprendizaje y sobre todo porque ya estábamos familiarizados con otros softwares que, para las pruebas a realizar, nos ofrecían herramientas similares. Además, nos decantamos por herramientas con interfaz gráfica, porque a la hora de presentar los datos, nos sería más fácil mostrar los resultados.

---

<sup>12</sup> *IPs Netflix*: [https://openconnect.netflix.com/es\\_mx/peering/#locations](https://openconnect.netflix.com/es_mx/peering/#locations)

### 3.2.1 Pruebas contra servidores físicos

Inicialmente creíamos que no sería posible realizar este tipo de pruebas, ya que esperábamos que los nodos bloqueasen las peticiones ping, pero para nuestra sorpresa en el caso de las pruebas contra los servidores de Google, funcionó.

Google Stadia (España):

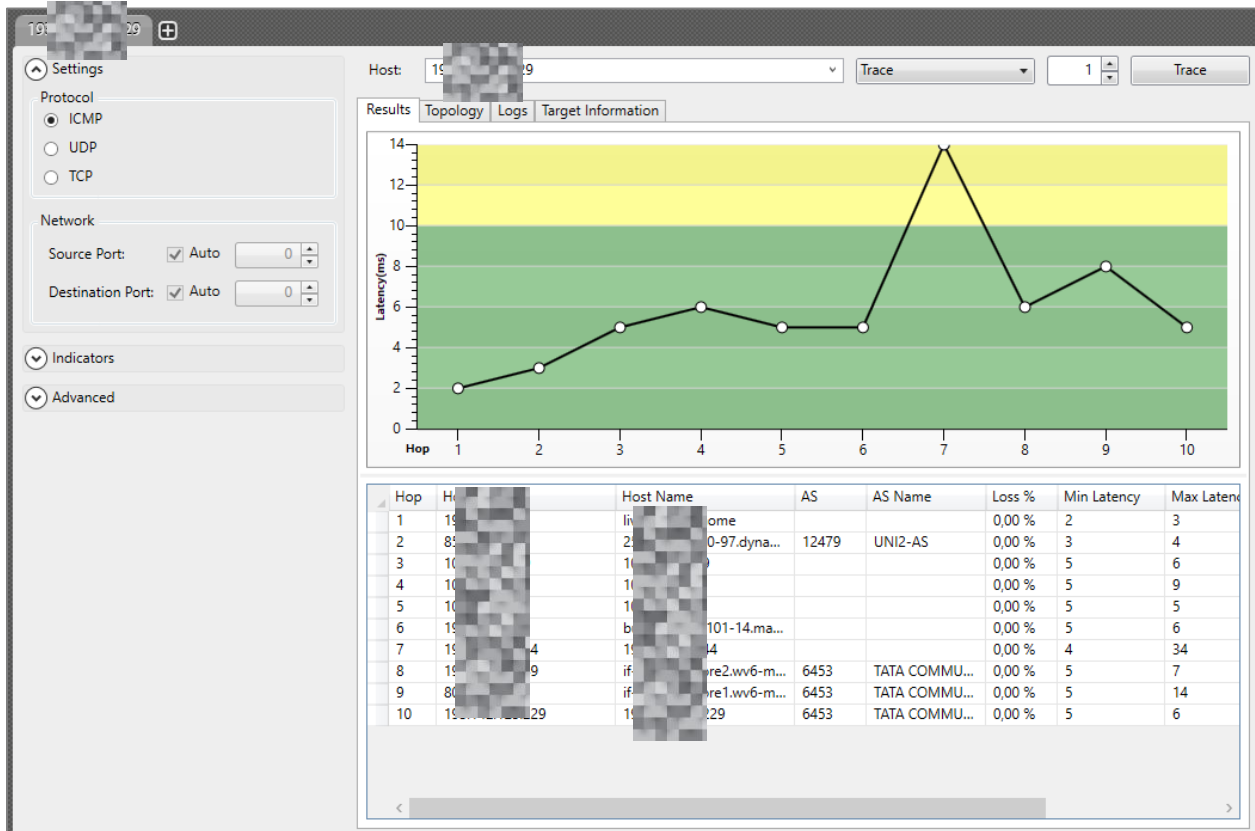


Ilustración 5. Gráfica ruta Stadia España 01<sup>13</sup>

Latencia mínima total: 44 ms

Latencia máxima total: 94 ms

Media del total de las latencias:  $(44+94)/2 = 69$  ms

<sup>13</sup> Sistema autónomo final perteneciente a Tata Communications España: <https://db-ip.com/as6453>

En la imagen anterior vemos que la latencia entre el salto seis y el siete se dispara. No podemos asegurar el motivo de ese cambio tan brusco, ya que no tenemos acceso a ese nodo, ni a las conexiones del mismo, pero debido a que sólo sucede en nodo puntual, podemos intuir que podría ser por la congestión de la red y en concreto de ese nodo. También podría deberse a la distancia entre nodos, pero tratándose de servidores dentro del mismo territorio contra los que se están haciendo las peticiones (en este caso España), pensamos que sería raro ese motivo. También se pensó que podría deberse a un cambio en el tipo de cableado entre nodos, pero nos resulta extraño que se hubiese tomado esa ruta al conllevar un mayor coste en la red por la disminución del ancho de banda. Tampoco tenemos información de a quién pertenece el SA, pero por la IP, podemos deducir que es uno diferente al del nodo 6 y al del nodo 8, por lo que lo más probable es que sea un problema puntual de ese nodo. Aunque la información que hemos encontrado al respecto, no es para el servicio de Google, sino del de Blizzar, hay usuarios de un mismo ISP que informaron<sup>14</sup> de problemas de latencias en un momento determinado al intentar conectarse a los servicios de Blizzar, pero usuarios con otro ISP no tuvieron esos problemas de latencia al conectarse al mismo servidor, lo que podría confirmar que se trata de un problema puntual en la red del proveedor de servicio. Otros informes [32] que podrían estar relacionados, también indican que el problema de latencias podría deberse a los proveedores de servicio.

---

<sup>14</sup> Informe de las latencias y posibles temas relacionados:  
<https://eu.forums.blizzard.com/es/wow/t/latencia-de-mundo-y-hogar-reciente-3009/16364/4>

La siguiente vez que se hizo trazó la ruta a la misma IP, comprobamos que tomó una ruta diferente, ya que el número total de saltos y el nombre de los nodos intermedios no son los mismos, consiguiendo una reducción en las latencias superior a un 50%:

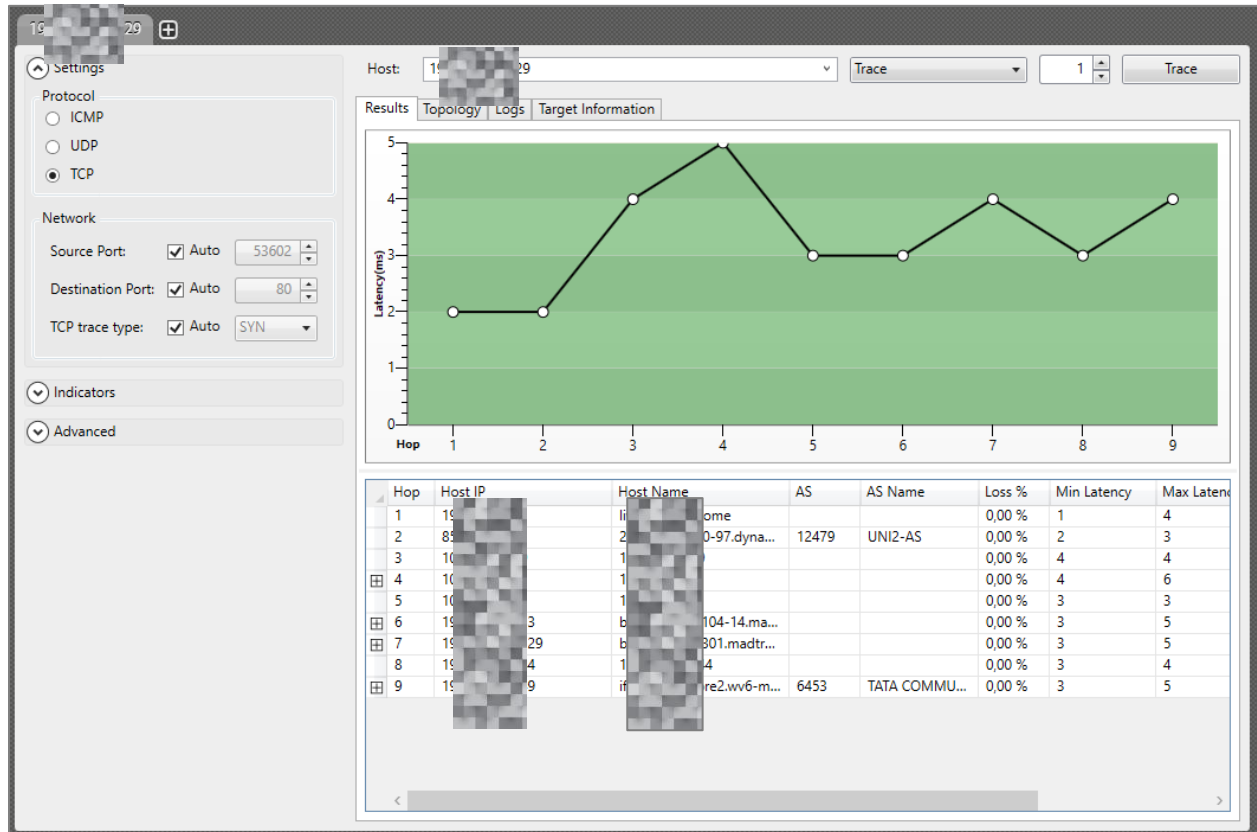


Ilustración 6. Gráfica ruta Stadia España 02

Latencia mínima total: 26 ms

Latencia máxima total: 39 ms

Media del total de las latencias:  $(26+39)/2 = 32,5$  ms

La reducción de la latencia fue de un 52.9%.

A pesar de ser una reducción considerable de tiempo, en el primer caso nos seguíamos encontrando con latencias aceptables según la "Tabla 1. Latencias", pero como apreciamos en la "Tabla 4. Frametime", podríamos sufrir de *microstutring*, microlatencias que podrían arruinar la experiencia del usuario, ya que se percibirían parones durante el juego al superar los 16,67 ms.

Además de hacer pruebas contra los servidores de Google España, se hicieron desde España contra diferentes zonas geográficas, como por ejemplo:

Google Stadia (Italia):

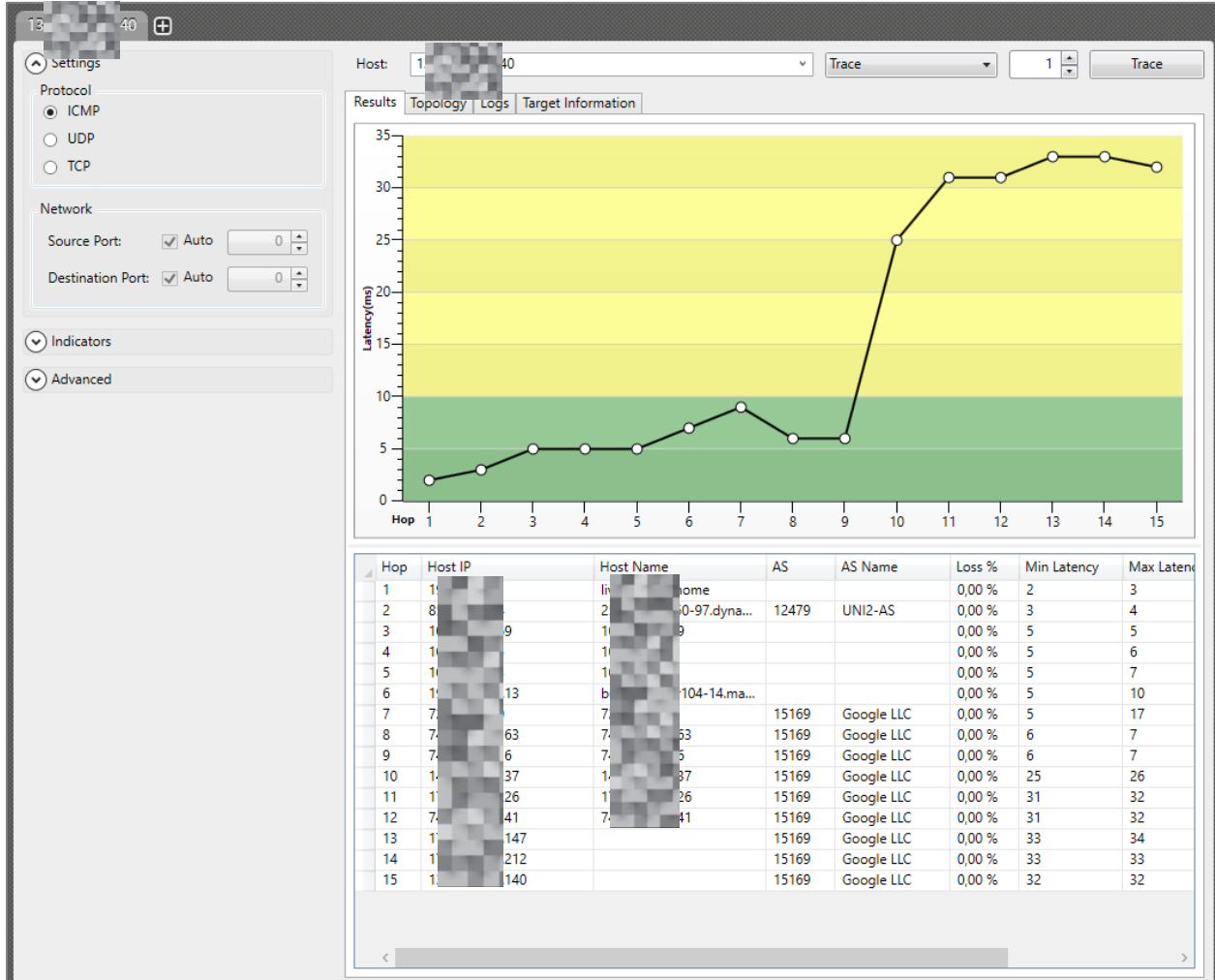


Ilustración 7. Gráfica ruta Stadia Italia 01

Latencia mínima total: 227 ms

Latencia máxima total: 255 ms

Media del total de las latencias:  $(227+255)/2 = 241$  ms

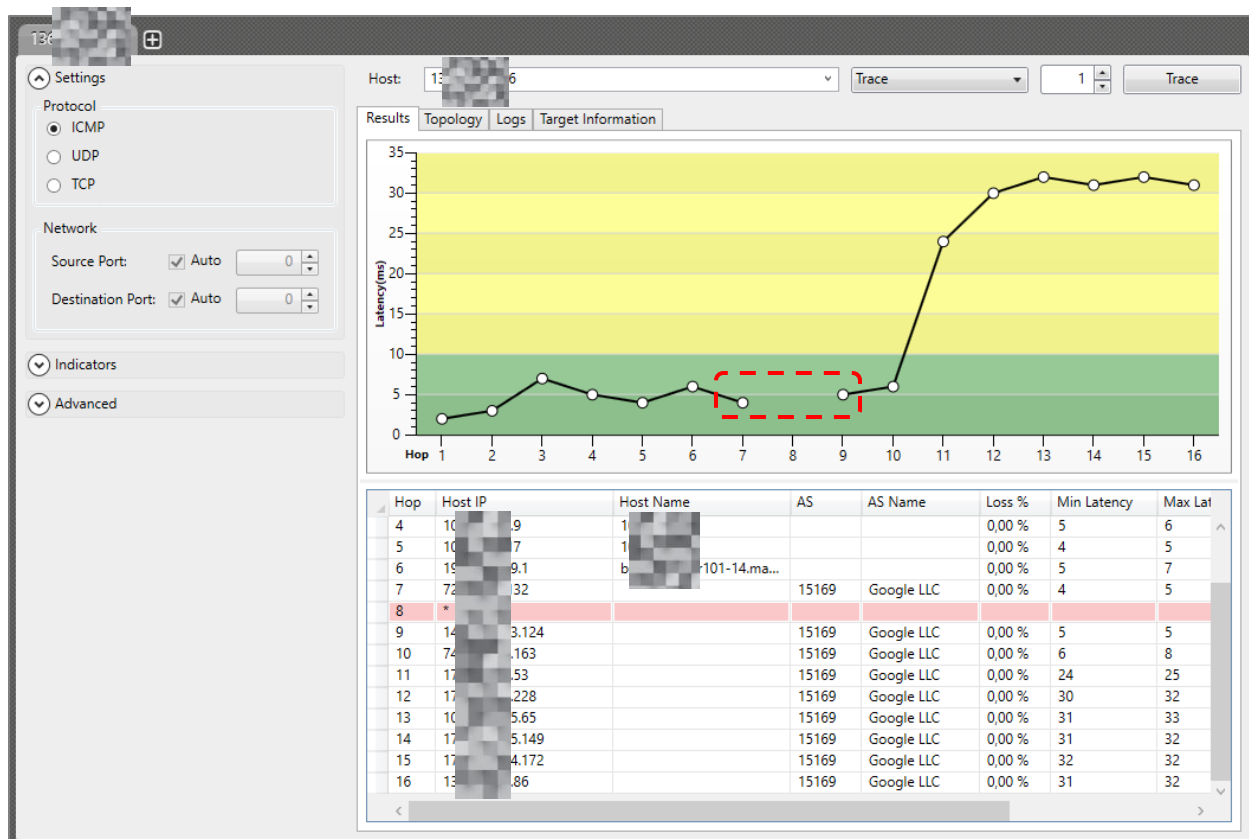


Ilustración 8. Gráfica perring Stadia Italia 02

En la gráfica anterior, vemos que en el salto 8, se bloqueó la petición ping, necesario para conocer la latencia, pero se permitió el trazado de rutas, ya que, si existiese pérdida en ese nodo, el siguiente tampoco sería visible.

Con las dos gráficas anteriores, también podemos ver en este caso que cuanto más se aleja el nodo físico, mayor latencia hay, lo que a priori podría parecer normal, pero no tiene por qué ser así, dependerá de cómo esté implementada la red, ya que, en las pruebas que se muestran a continuación, a otros servidores en Estados Unidos, la latencia se redujo con respecto a los servidores de IPs que procedían de Italia. Esto puede deberse a muchos factores, como al coste de la red, al material por el que viajan los nodos o que los nodos estén físicamente muy lejos entre sí. Como no podemos conocer esos datos, se decidió realizar pruebas simuladas por software que mostraremos en la "subsección 3.2.2" y así poder controlar esas variables.

A continuación, algunas de las pruebas realizadas a otros servidores de Google Stadia:

Google Stadia (Servidor de Mountain View, California):

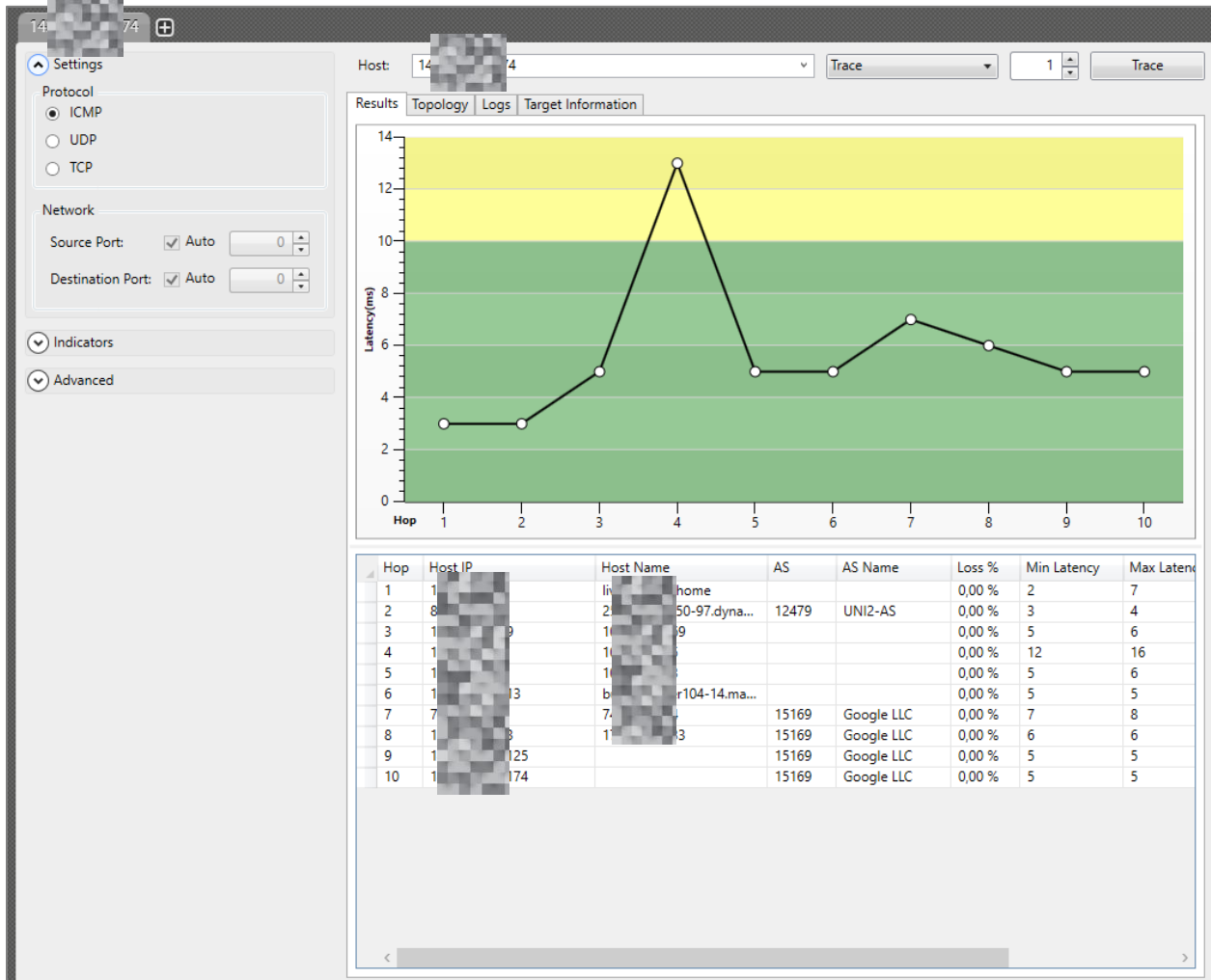


Ilustración 9. Gráfica perring Stadia California 01

Latencia mínima total: 55 ms

Latencia máxima total: 68 ms

Media del total de las latencias:  $(55+68)/2 = 61,5$  ms

En la imagen anterior vemos un comportamiento similar al que teníamos en la "Ilustración 5. Gráfica ruta Stadia España 01", donde un nodo tiene mayor latencia que el resto, el motivo podría ser el mismo. Un problema puntual de la red, el nodo o el ISP.

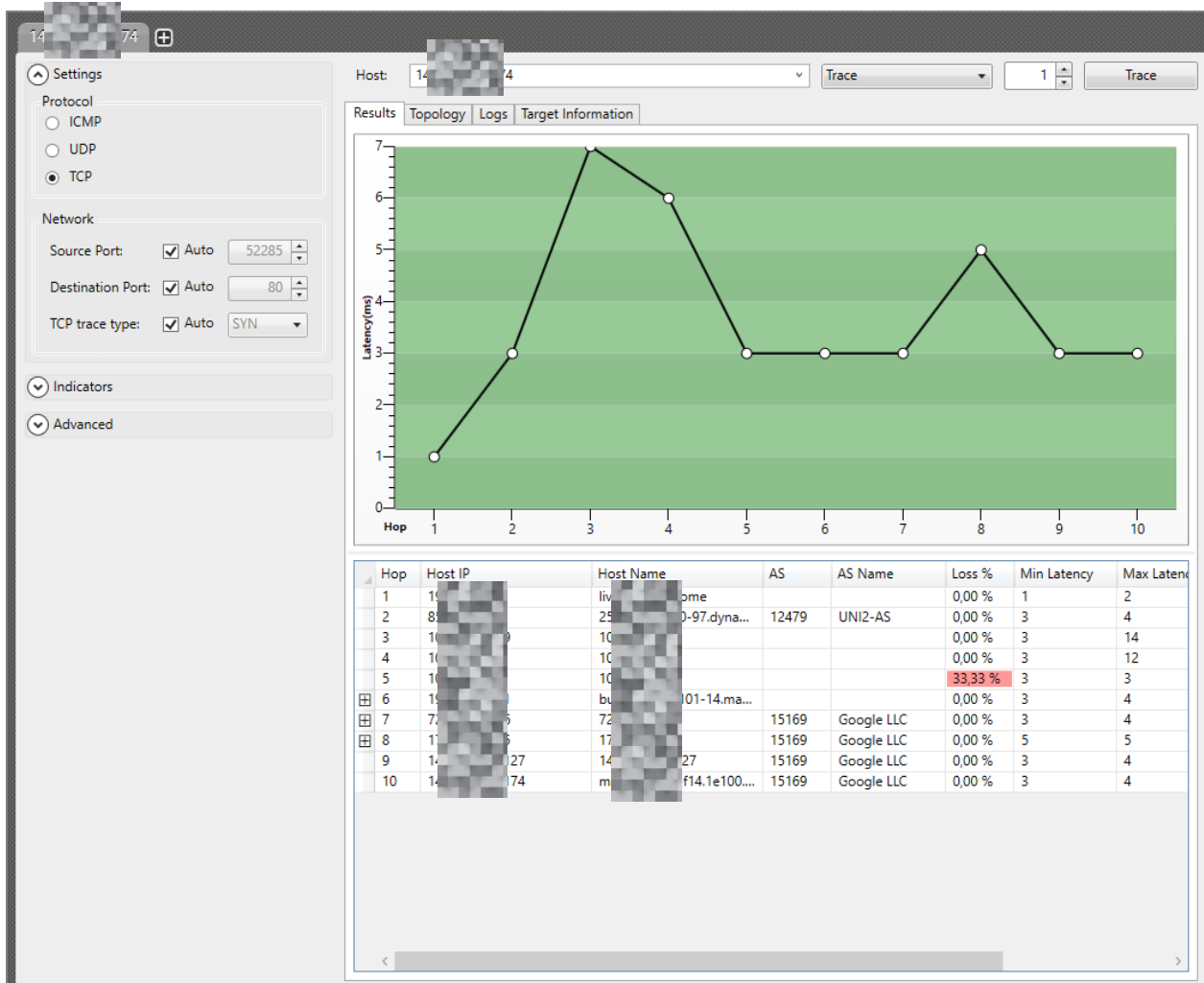


Ilustración 10. Gráfica perring Stadia California 02

Latencia mínima total: 30 ms

Latencia máxima total: 56 ms

Media del total de las latencias:  $(30+56)/2 = 43$  ms

Reducción de la latencia en un 30%.

Al igual que pasaba con las pruebas que realizamos contra el servidor de Italia, según la ruta que tomaran los paquetes, había nodos intermedios que estaban ocultando información:

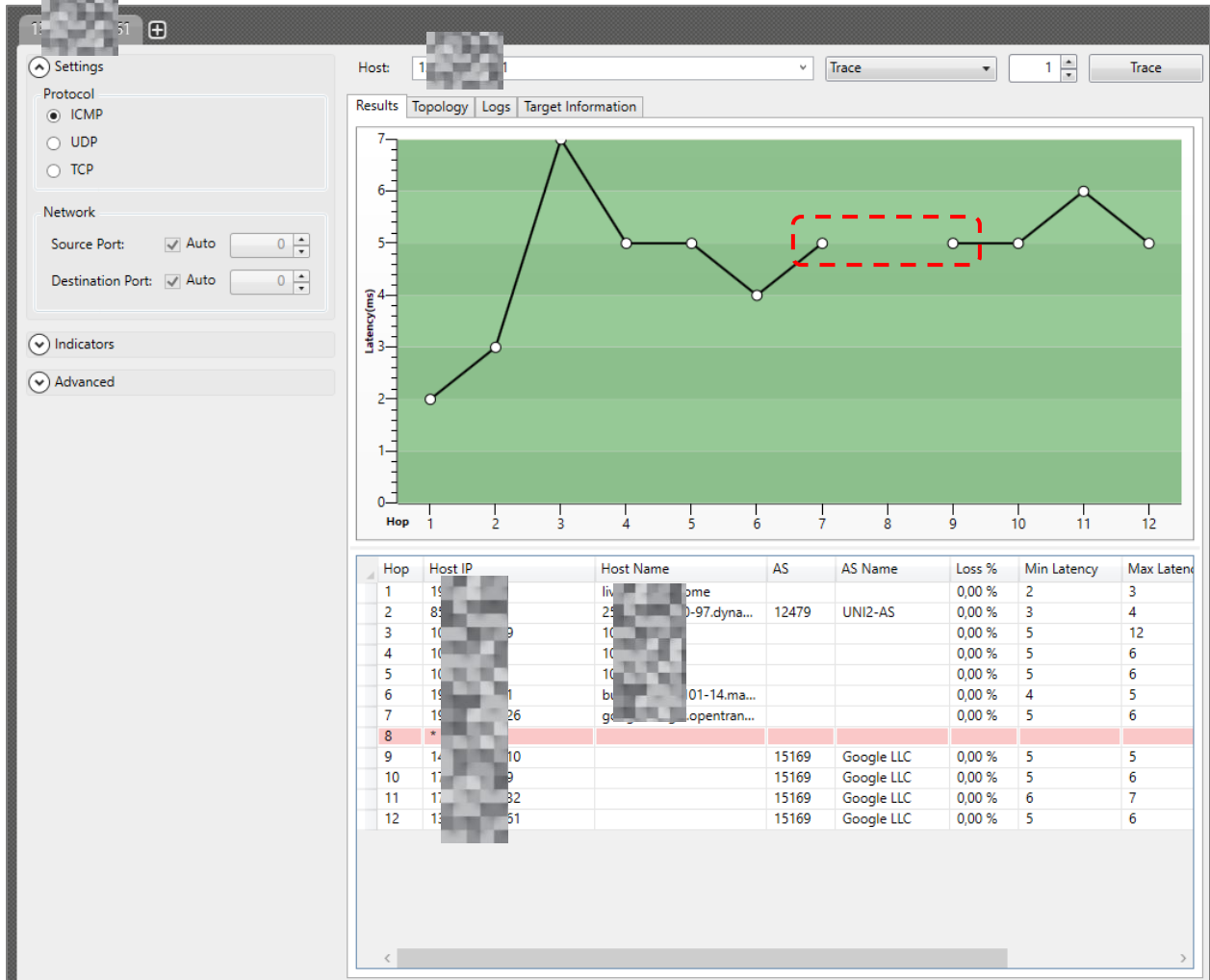


Ilustración 11. Gráfica perring Stadia California 03

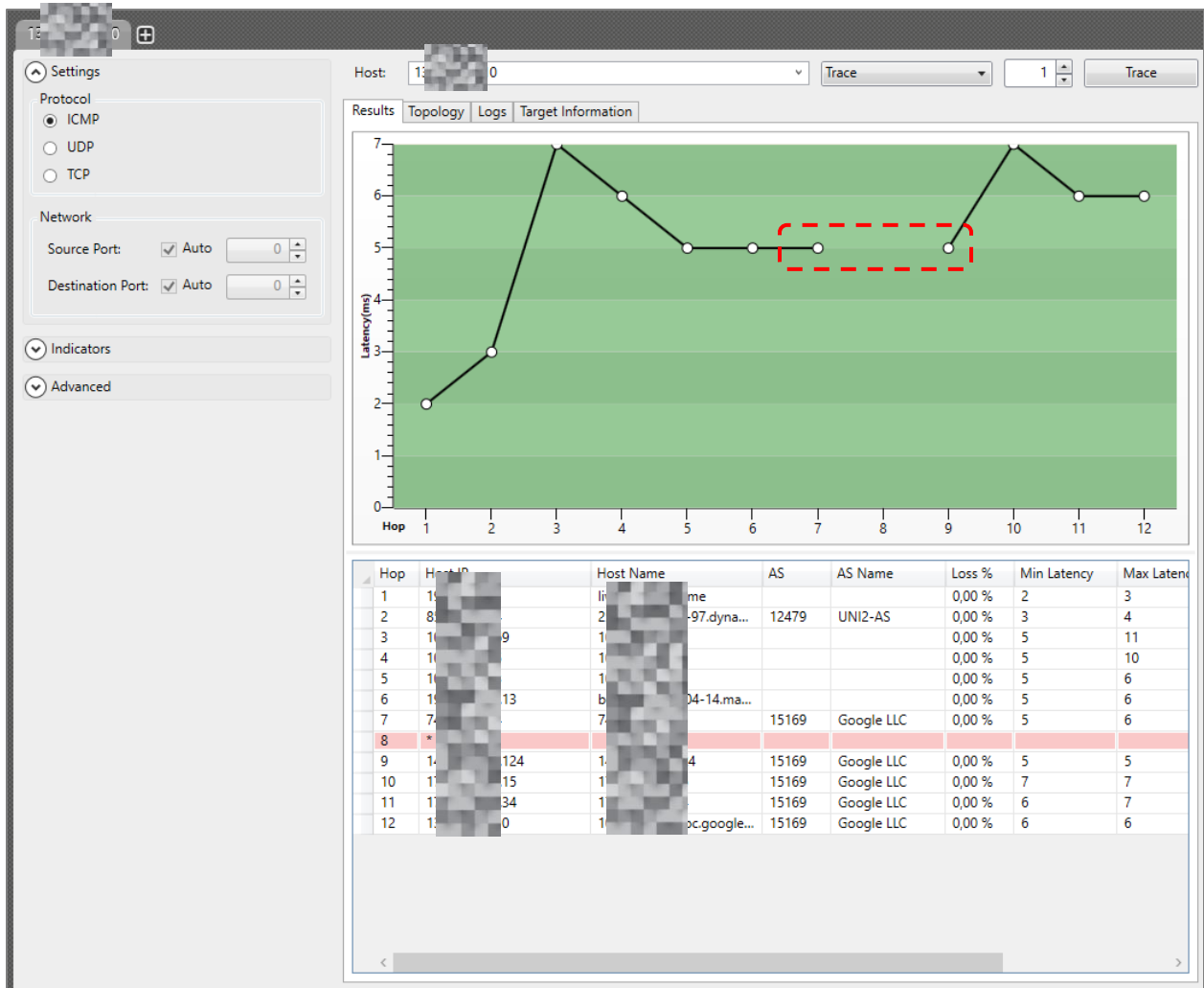


Ilustración 12. Gráfica perring Stadia California 04

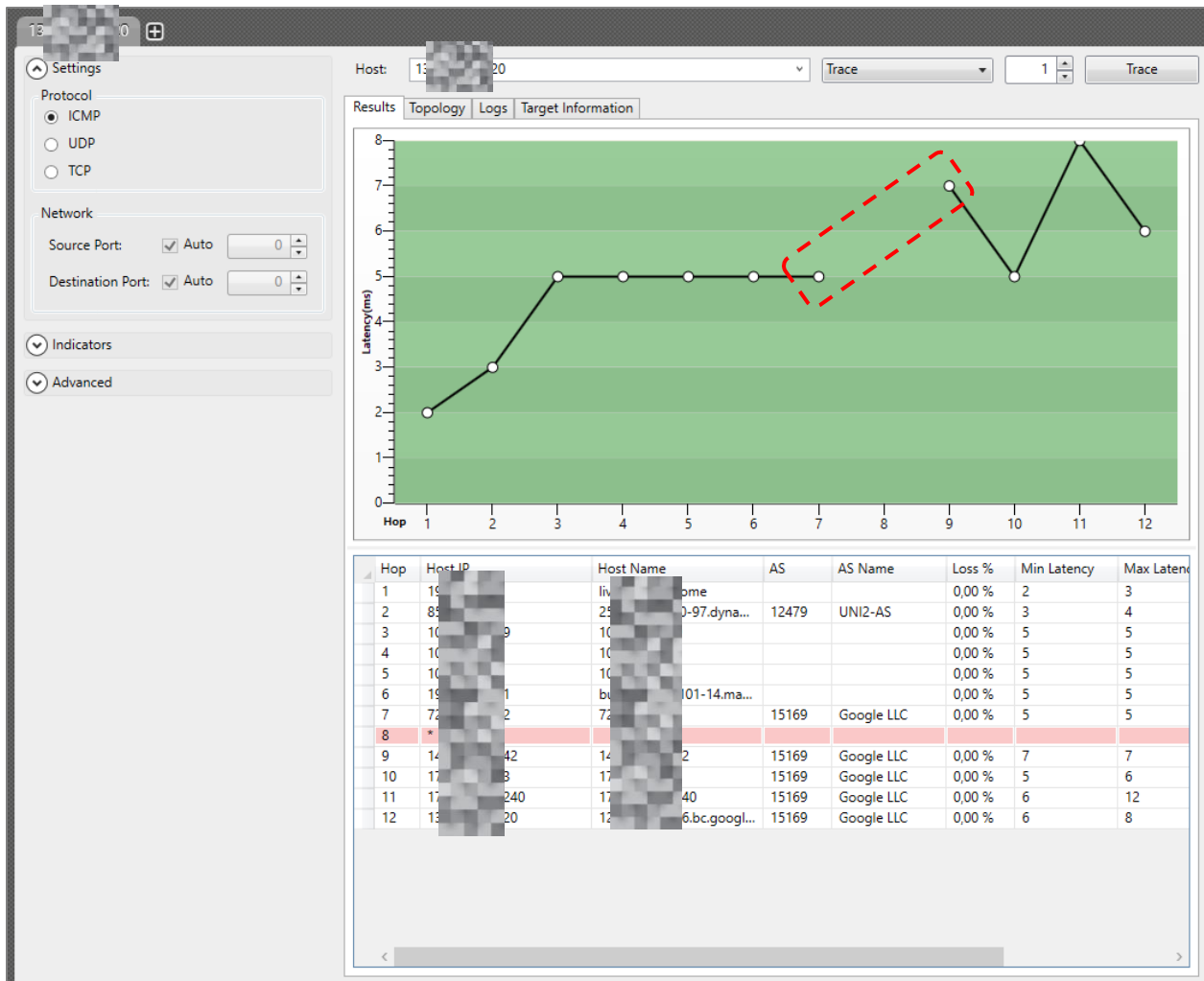


Ilustración 13. Gráfica perring Stadia California 05

Como mencionábamos antes, al igual que en las gráficas de los servidores italianos, vemos que en el salto 8, se bloquea la petición ping, pero no el trazado de rutas, ya que si hubiese sido así, los siguientes nodos tampoco serían visibles.

En el caso de GeForce Now de nVIDIA, la mayoría de las rutas bloquearon tanto el protocolo ping como el trazado de rutas. Esto es algo que esperábamos que en algún momento sucediese. Afortunadamente en el caso de Google los nodos no bloqueaban el trazado de rutas, lo que nos facilitó mucho el trabajo, pero en el caso de nVIDIA no sería tan fácil. Sólo nos permitió hacer trazado de rutas en muy pocas ocasiones y únicamente contra los servidores de Reino Unido. Nos bloquearon las peticiones ping para evitar seguramente un posible ataque de denegación de servicio.

A continuación, un ejemplo de ruta exitosa hacia los servidores de nVIDIA UK:

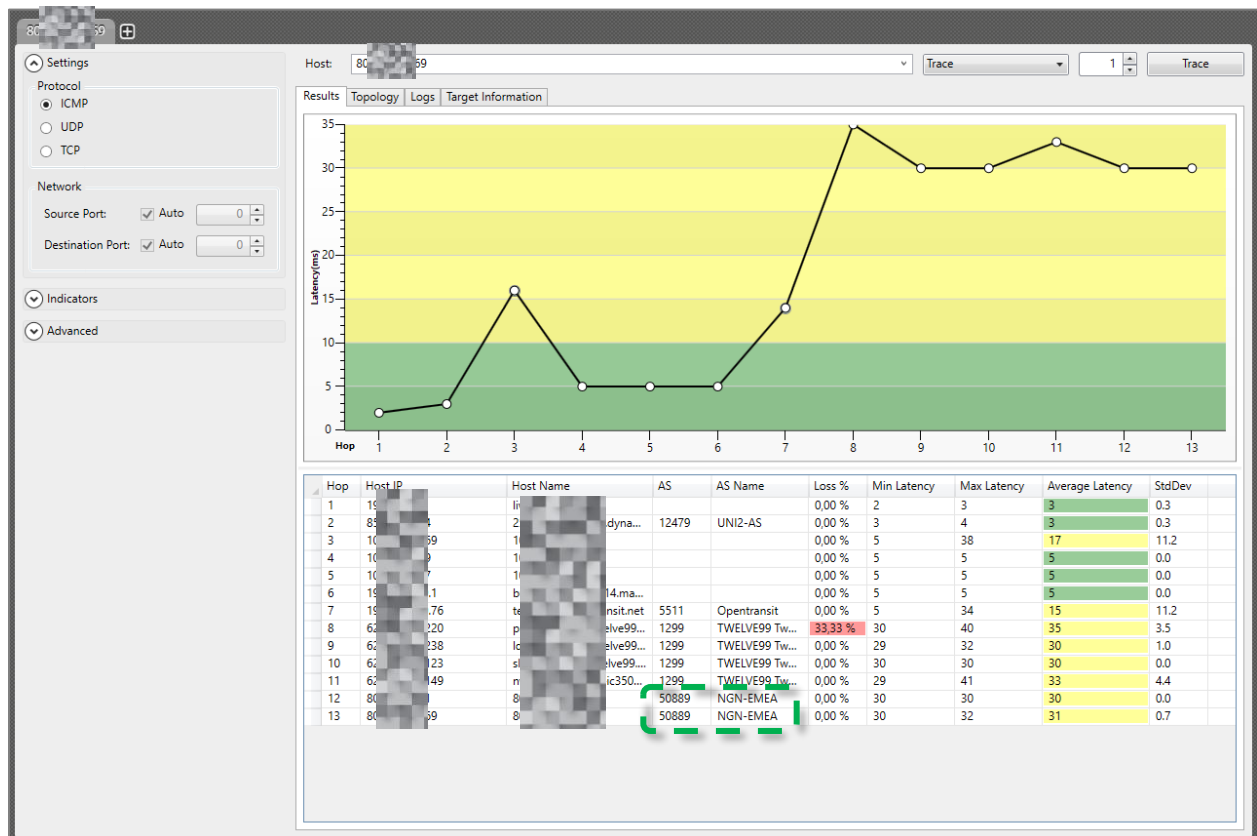


Ilustración 14. Gráfica ruta GeForce Now UK<sup>15</sup>

Latencia mínima total: 208 ms

Latencia máxima total: 299 ms

Media del total de las latencias:  $(208+299)/2 = 253,5$  ms

<sup>15</sup> Sistema autónomo nVIDIA UK: <https://db-ip.com/as50889-nvidia-ltd>

Las latencias del servicio de *nVIDIA* fueron mucho mayores que las obtenidas con los servidores de *Google*. Sin embargo, en los test realizados a los jugadores, vimos que el servicio de *nVIDIA* era más estable y la calidad de imagen mayor, pero debido al reducido número de pruebas que pudimos hacer contra los servidores de *nVIDIA*, no podemos decir que sea relevante para el estudio este último caso.

Las *IPs* de los servidores de *nVIDIA* las pudimos conocer la de dos formas, la primera gracias a *Wireshark* y a páginas web como *IPinfo* o *DB-IP*, ya que *Wireshark* nos mostraba un tráfico muy grande desde *IPs* concretas al utilizar el servicio de *GeForce Now*. Gracias a *IPinfo* y *DB-IP*, pudimos comprobar que esa *IP* efectivamente pertenecía a *nVIDIA*.

La segunda manera de conocer la *IP* desde la que nos venían los datos del servicio de *nVIDIA*, fue forzando a la aplicación de *GeForce Now* a mostrarnos la interfaz de *Steam* una vez dentro del juego, para así poder usar el navegador interno de *Steam* y buscar cual era nuestra *IP* pública. Esto podría ser un fallo de seguridad por parte de *nVIDIA* y *Steam*, ya que el comportamiento normal de la aplicación es cerrarse en el momento que se deja de ejecutar el juego.

Para otro tipo de servicios no se logró llegar al nodo final, por lo que no tenemos información del trazado de rutas. En el caso de *Netflix*, es necesario disponer de hardware especial para hacer pruebas de *peering*. Se intentó contactar con *Netflix* a través de correo electrónico<sup>16</sup> facilitado en su página web para hacer este tipo de pruebas, pero no obtuvimos respuesta por su parte.

---

<sup>16</sup> Contacto del programa *Open Connect* de *Netflix*: [peering@netflix.com](mailto:peering@netflix.com), [https://openconnect.netflix.com/es\\_mx/](https://openconnect.netflix.com/es_mx/)

Hay que mencionar, que de manera oficial no existen servidores disponibles de Google<sup>17</sup>, ni nVIDIA<sup>18</sup> en España, ni en Italia, pero vemos desde [www.IPinfo.io](http://www.IPinfo.io), que las IPs que apuntan a esos servidores, están registradas a nombre de esas empresas en esos territorios. Esto nos hizo pensar en un primer momento que la información estaba cacheada, pero como ya hemos explicado, en el caso de los servicios de *cloud gaming*, no es posible que los datos estén cacheados, porque el contenido se está ejecutando a tiempo real en una máquina física concreta y el contenido es único para cada usuario.

### **3.2.2 Simulación de trazado de rutas mediante software**

Ya que no todos los servicios nos permitieron hacer pruebas de trazado de rutas satisfactoriamente, decidimos simular las rutas mediante el programa *Packet Tracer*, lo que nos permitiría eliminar limitaciones físicas y tener conocimiento pleno de las características de la red.

Inicialmente, pensamos que una posible solución a la alta latencia era acercar los servidores físicamente a los usuarios, pero como hemos podido comprobar en las pruebas realizadas a los servidores de Google, podría ser que por la topología de red no fuese la opción óptima. Ya que, servidores que estaban más lejos físicamente, nos enviaron la información antes que otros que estaban más cerca.

Tras esto, nos pusimos en contacto con Telefónica, para así conocer su opinión y tratar una posible reorientación del estudio. En un primer momento les preguntamos por la viabilidad de reconvertir los edificios de telefonía que tienen en desuso, introduciendo así un nuevo modelo de negocio basado en alojar los equipos que servirían el contenido a los usuarios de la zona.

---

<sup>17</sup> Centro de datos de Google:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Centros\\_de\\_datos\\_de\\_Google](https://es.wikipedia.org/wiki/Centros_de_datos_de_Google)

<sup>18</sup> Servidores de nVIDIA: <https://status.geforcenow.com/>  
<https://www.nvidia.com/es-es/geforce-now/3080-regional-availability/>

La respuesta de Telefónica fue, que no entraba en sus planes reabrir los antiguos edificios de telefónica que tenían en desuso. Por ello, pensamos que también podría ser una buena idea, que en vez de que todos los usuarios hagan las peticiones contra los servidores principales de las diversas compañías, fuesen los propios usuarios los que compartiesen los datos que habían cargado en local, compartiéndoselos así a los nuevos usuarios pidiesen esos los datos. Para ello habría que desarrollar una aplicación que fuese capaz de comunicarse entre los diferentes equipos y que calculase la mejor ruta en función del coste de la red, comprobando si hay mejora con respecto a pedirlo a los servidores principales. También pensamos que se podría implementar un sistema de puntos y recompensas para que aquellos que aceptasen compartir los datos, tuviesen una ventaja o descuento en la suscripción, a diferencia de los suscriptores que decidiesen no compartir los datos.

Esta idea inicialmente sería válida para los servicios de petición de vídeo bajo demanda, ya que solo habría que hacer la petición del contenido que se quiere reproducir, pero no necesita más interacción con los datos. Sin embargo, sería inviable para el *cloud gaming*, ya que la aplicación tiene que estar ejecutándose a tiempo real y actualizarse al menos cada 16,67 ms, siendo la información de cada fotograma único para cada jugador, por lo que también se pensó en que sería posible montar una infraestructura, para que los usuarios que no estuviesen jugando en ese momento, compartiesen su fuerza de computación a los que estuviesen jugando, pero tampoco sería viable a día de hoy, ya que los datos de los juegos deberían estar almacenados en cada uno de los ordenadores en los que se está ejecutando la aplicación. Además, la tecnología *gaming actual*, no es capaz de aprovechar más de 6 núcleos físicos del procesador físico y tampoco de aprovechar al máximo dos tarjetas gráficas conectadas físicamente en paralelo, por lo que es inviable actualmente la utilización de cómputo distribuido para el *gaming*. [33] [34] [35] [36]

Tras esto, se pensó en simular las rutas mediante *software*, para ver si era óptimo acercar los servidores físicos a zonas geográficamente más cercanas a los usuarios, pudiendo probar diferentes topologías de red, para ver cómo se comportaban las latencias.

Se propusieron varios modelos de estudio y finalmente se decidió simular una topología física dividida en barrios, que a su vez se dividiese en edificios y por último en domicilios:

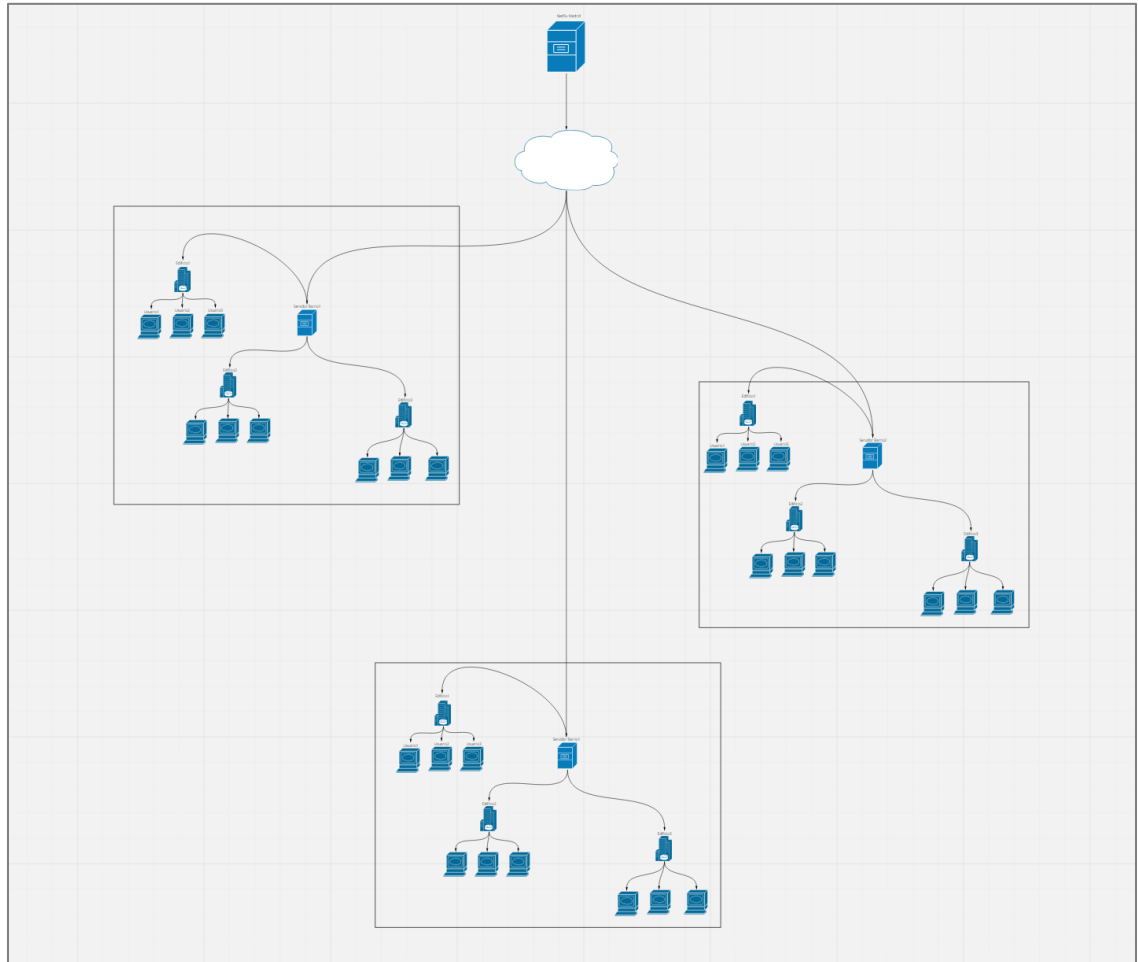


Ilustración 15. Topología de red física inicial<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> Software utilizado para la representación inicial de las gráficas: <https://miro.com/>

Para que se entendiese más fácilmente y de manera visual, decidimos centrarnos en una parte de la topología, un sólo barrio. Para ampliarlo, simplemente habría que replicarlo al resto de barrios modificando las características en la red y así poder simular diferentes situaciones:

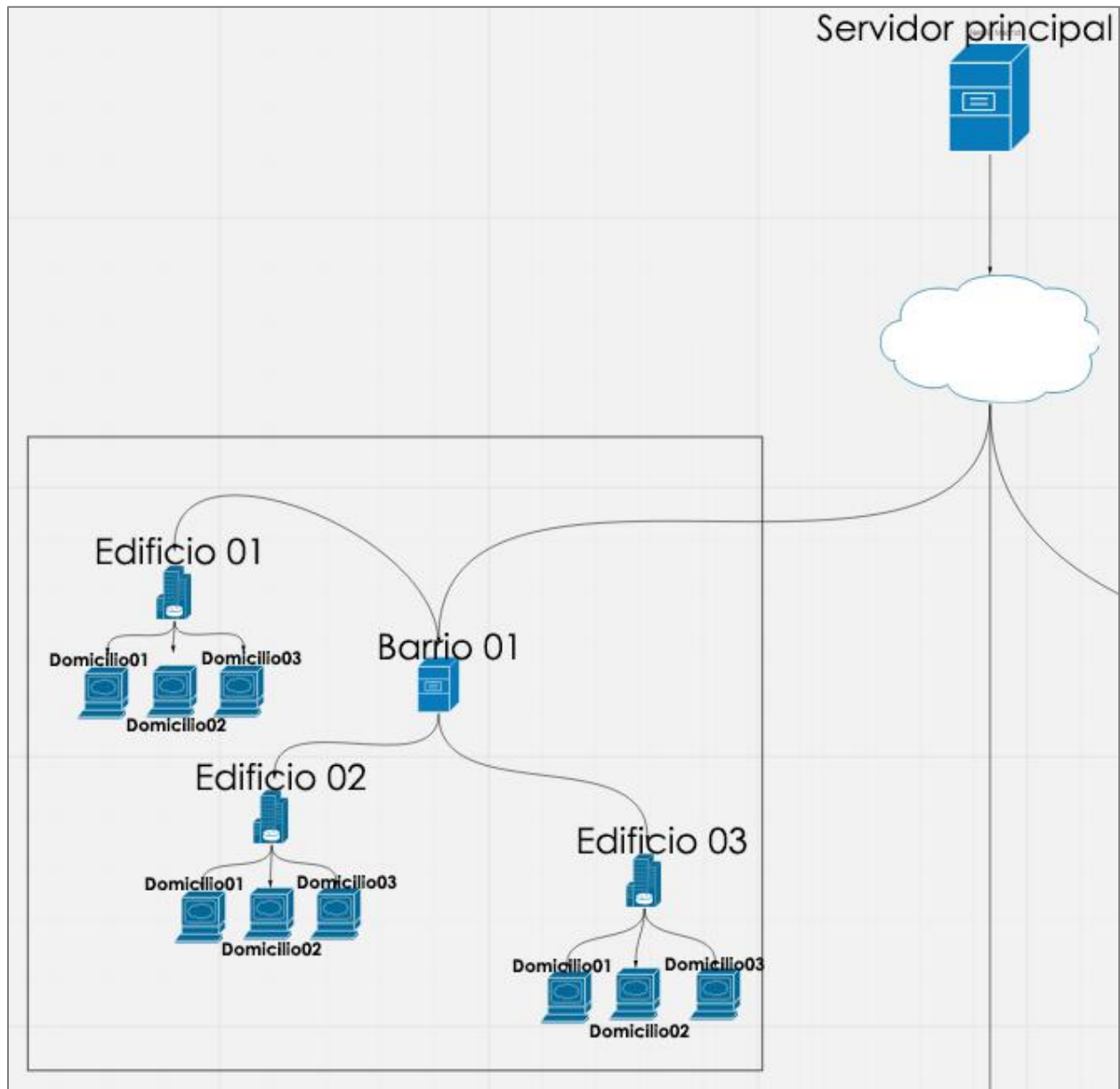


Ilustración 16. Topología simplificada

Para poder simular la topología y poder hacer trazado de rutas sin limitaciones, se decidió simplificar la topología para hacerla más legible y además de separarlo en barrios, también separarlo en proveedores de servicio, para poder demostrar si es óptimo o no el acercamiento físico de los servidores a los usuarios que demandan los datos:

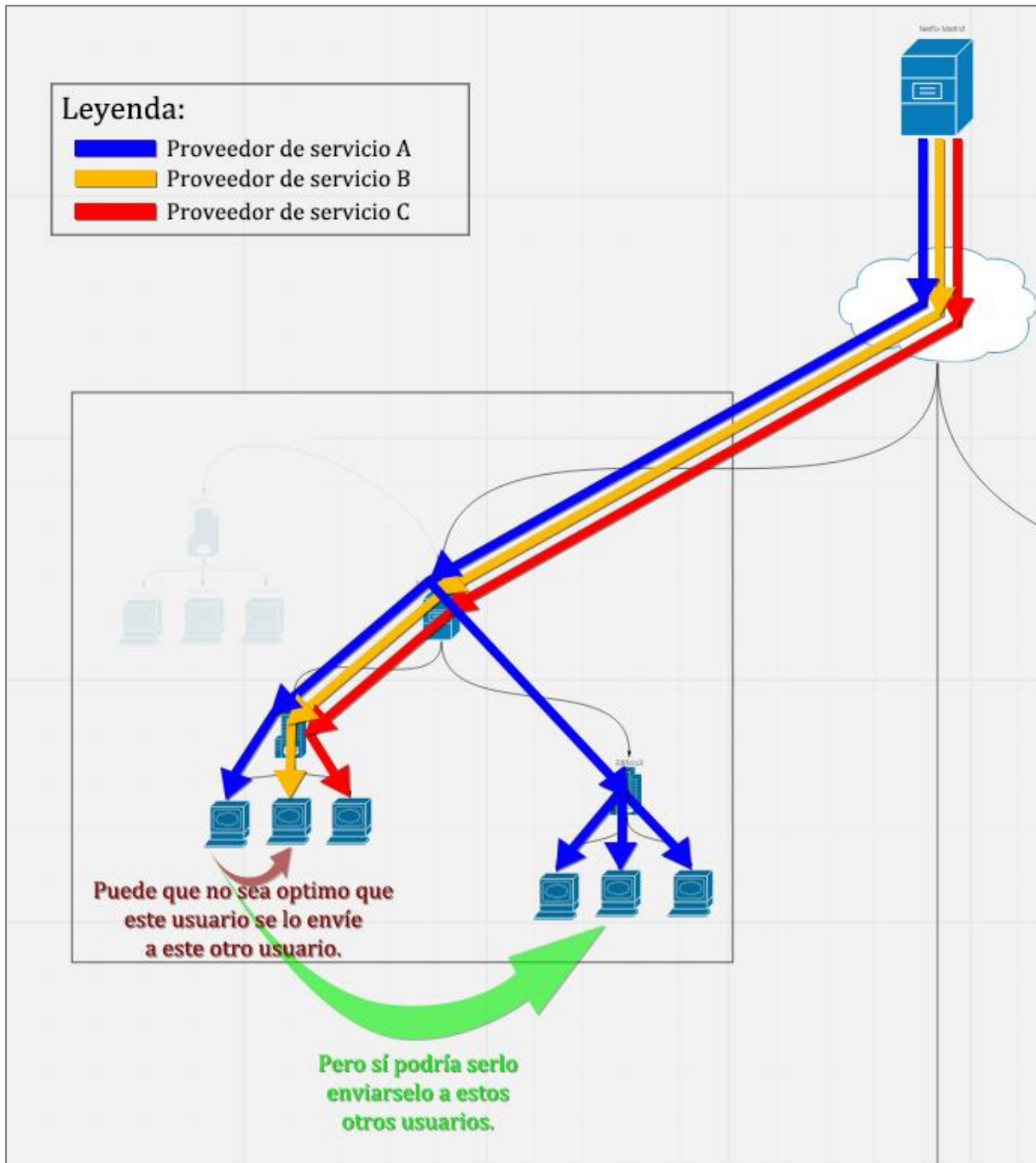


Ilustración 17. Topología con ISP

Topología inicial en *Packet Tracer*, simulando una posible topología física:

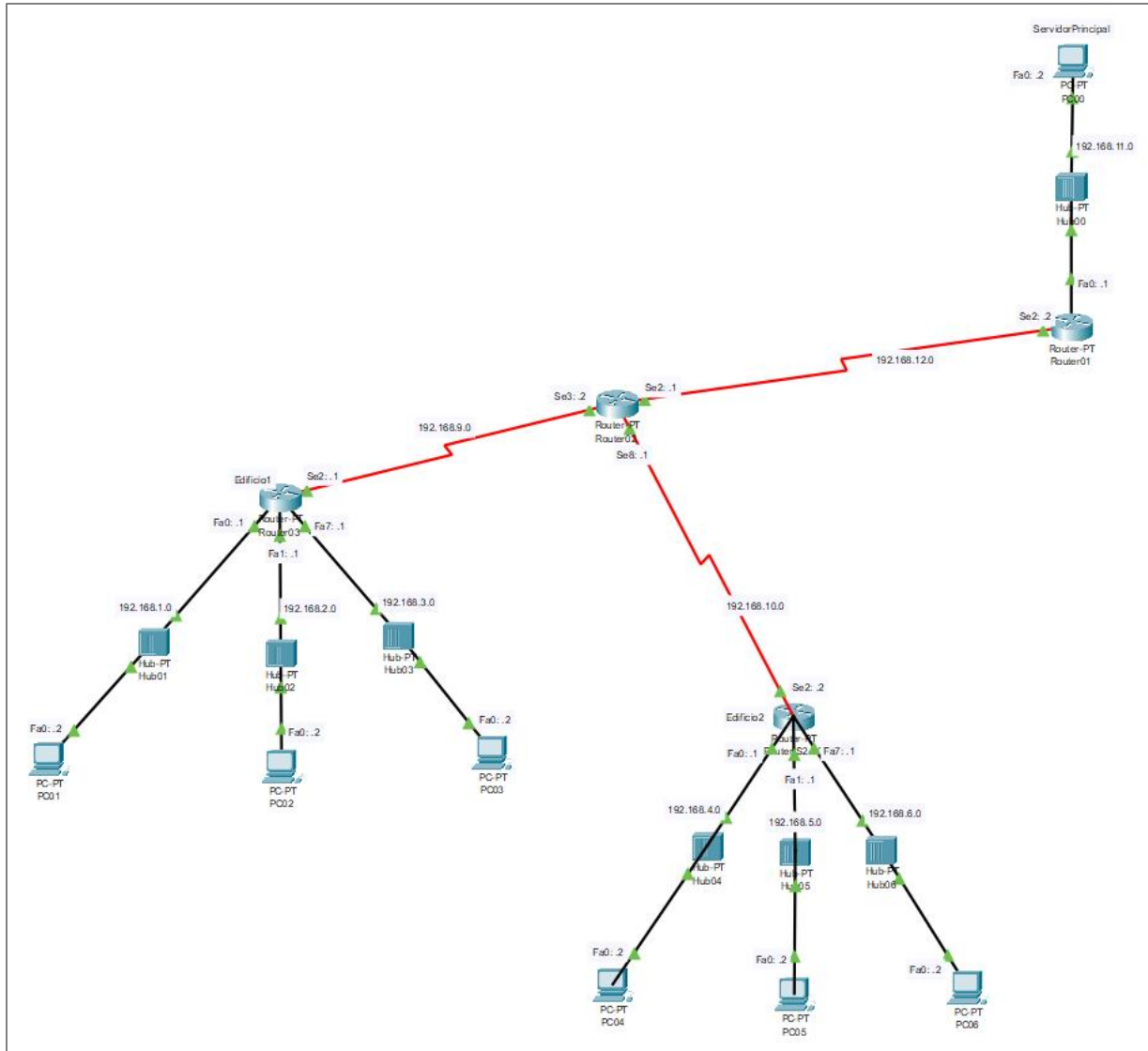


Ilustración 18. Topología en PT

Para separar las redes por proveedor de servicio, se pensó en eBGP, ya que así las redes de cada sistema autónomo (SA), no conocerían las redes internas de los demás SA. Mientras que para el encaminamiento interno, se optó por RIP, ya que la configuración de RIP en *Packet Tracer* es más rápida y sencilla que por ejemplo OSPF. Para las pruebas era irrelevante a un protocolo u otro debido al tamaño de la topología, sólo era necesario que los nodos se comunicasen entre sí.

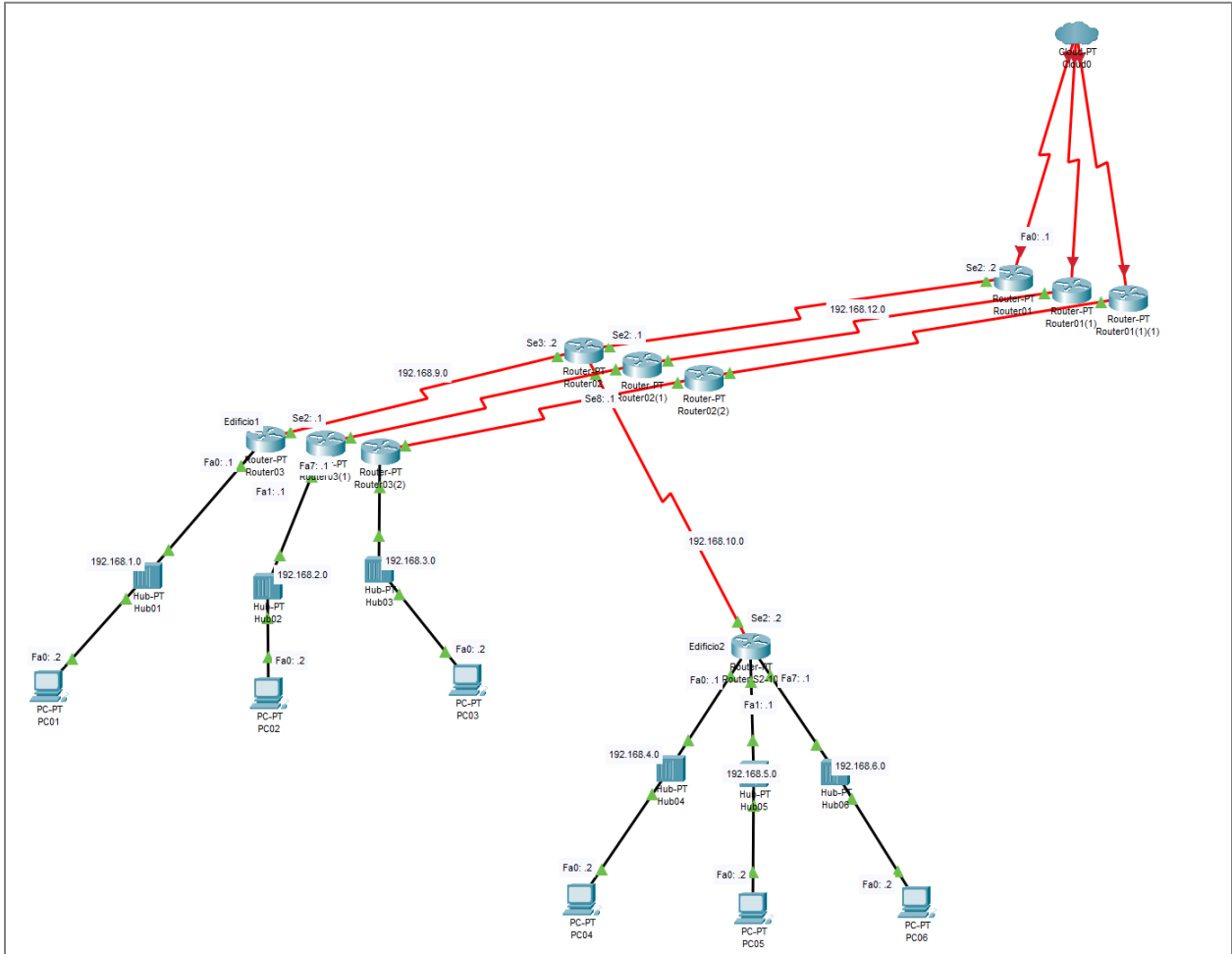


Ilustración 19. Topología en PT con ISP

Para simplificar la lectura de los sistemas autónomos se decidió reorganizar las redes en *Packet Tracer* por SA, en vez de por topología física, ya que así sería más fácil su lectura, pero la cercanía física seguiría siendo la misma:

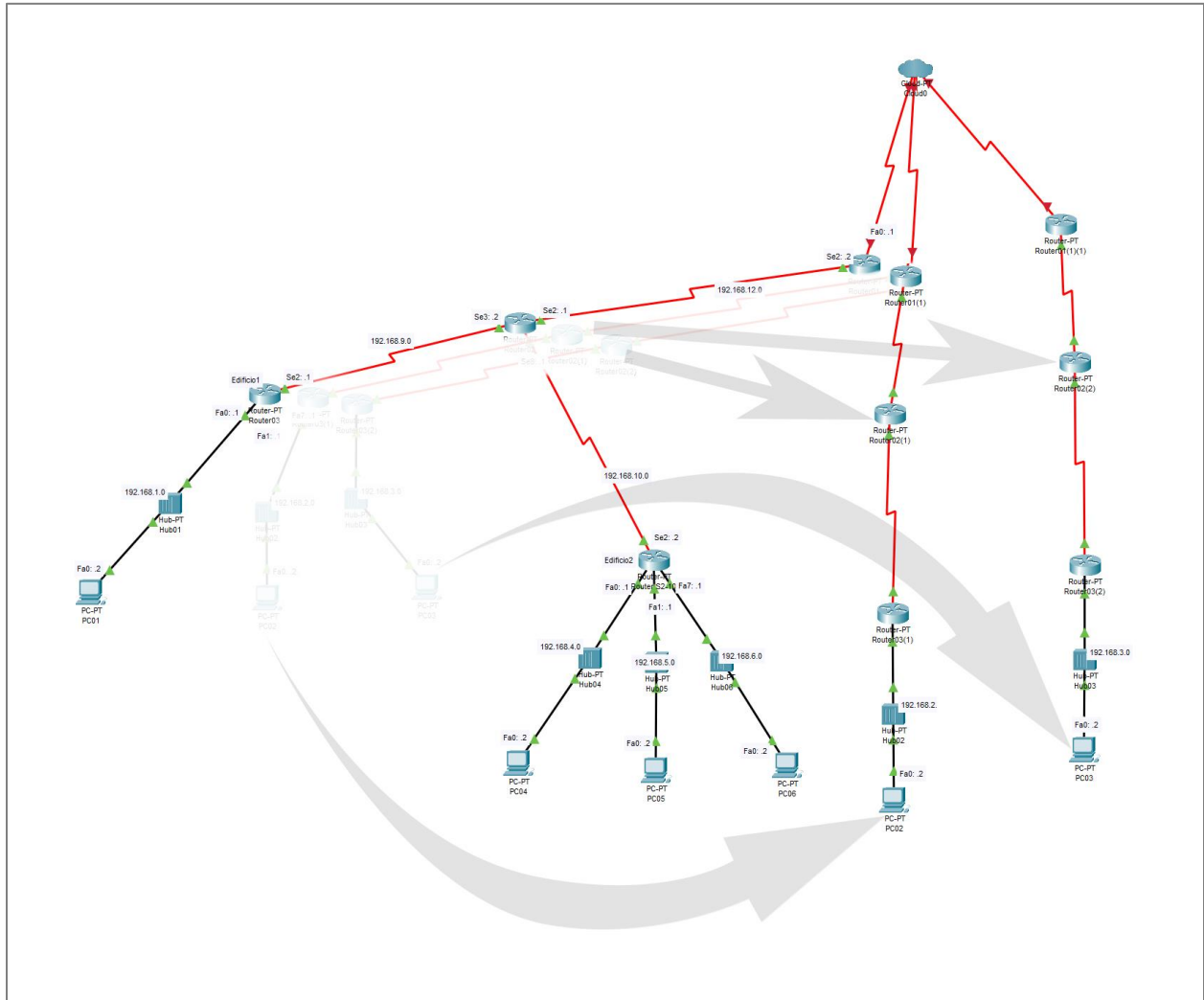


Ilustración 20. Redistribución de la topología

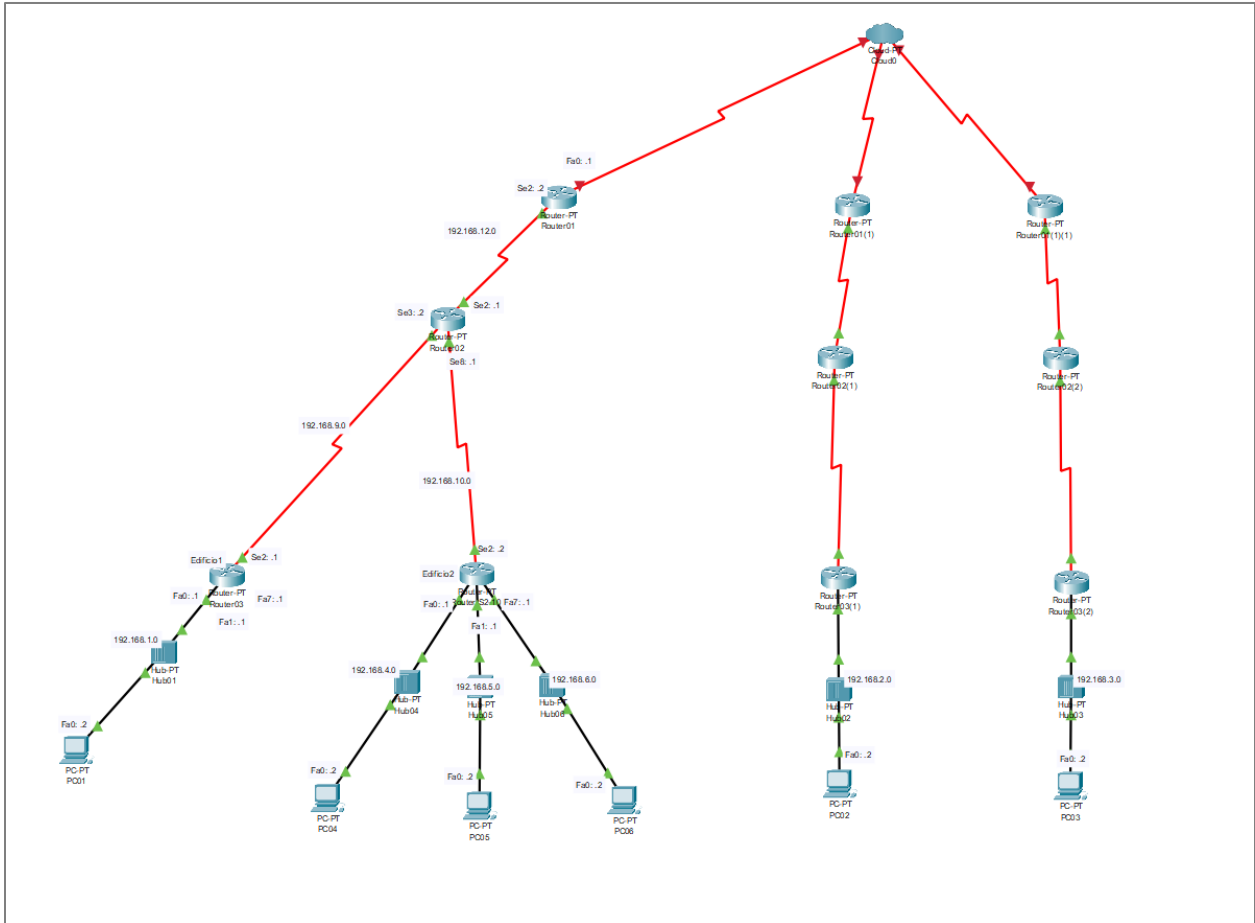


Ilustración 21. Topología final

Por último, se implementó el protocolo de encaminamiento externo, eBGP [37], separando así los ISP [38] en diferentes sistemas autónomos, simulando así el comportamiento físico de las redes en los edificios [39] [40]:

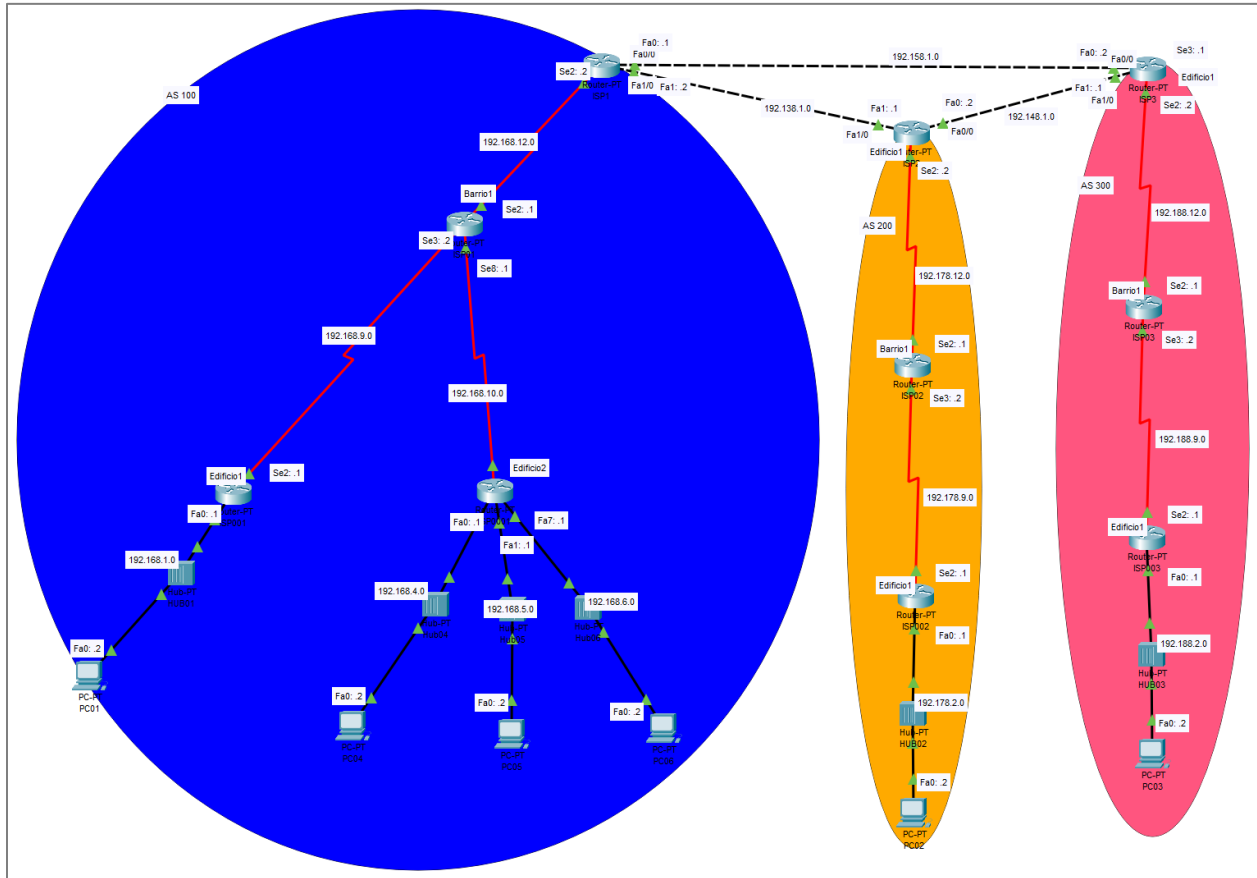


Ilustración 22. Implementación de eBGP<sup>20</sup>

<sup>20</sup> En realidad los ASN hasta 2007 tenían asignado un número de 16 bits y aunque ahora se ofrecen de 32 bits, para las simulaciones lo hemos simplificado, tomando el primer AS como el 100, el segundo como el 200 y el tercero como 300, ya que para la simulación era irrelevante.

A continuación, se muestran un resumen de los resultados obtenidos tras realizar las pruebas con eBGP implementado para simular los distintos proveedores de servicio separándolos por sistemas autónomos.

Un ejemplo de latencias obtenidas dentro del mismo sistema autónomo:

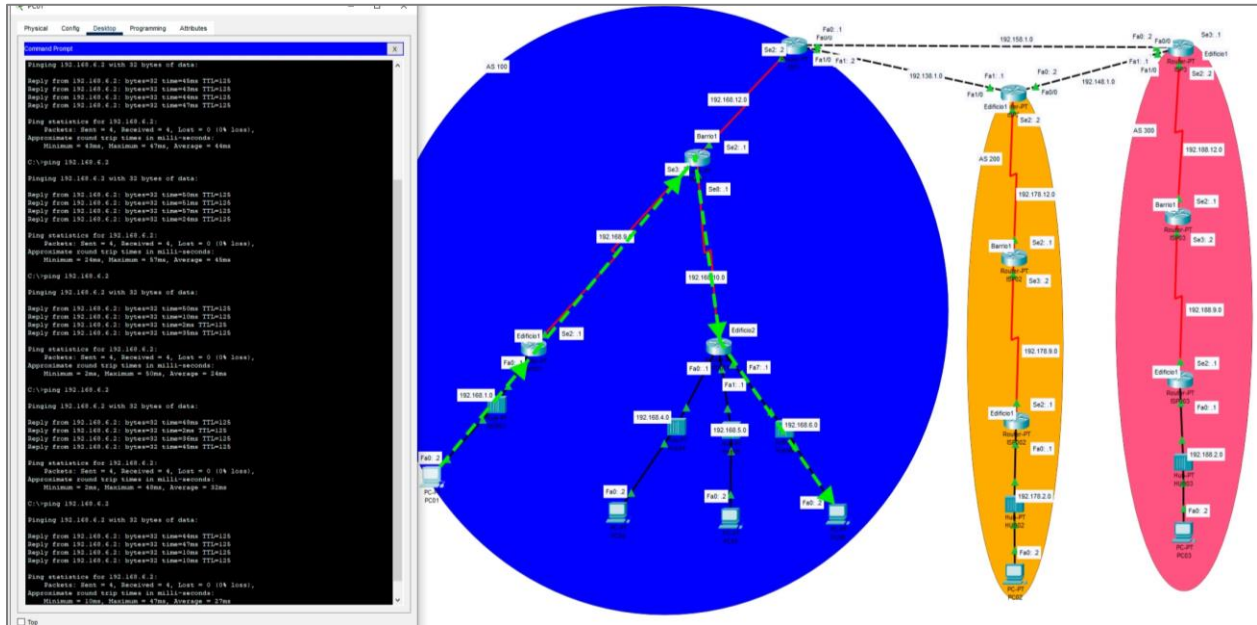


Ilustración 23. Latencias dentro de un mismo SA

A continuación, se muestran algunas de las latencias obtenidas en milisegundos, para facilitar la lectura de los datos que aparecen en la imagen debido al tamaño:

Latencias				
45	50	50	48	44
43	51	10	2	47
44	57	2	36	10
47	24	35	45	10

Tabla 8. Latencias en el mismo SA

Media: 35 ms

Un ejemplo de latencias obtenidas comunicando diferentes sistemas autónomos:

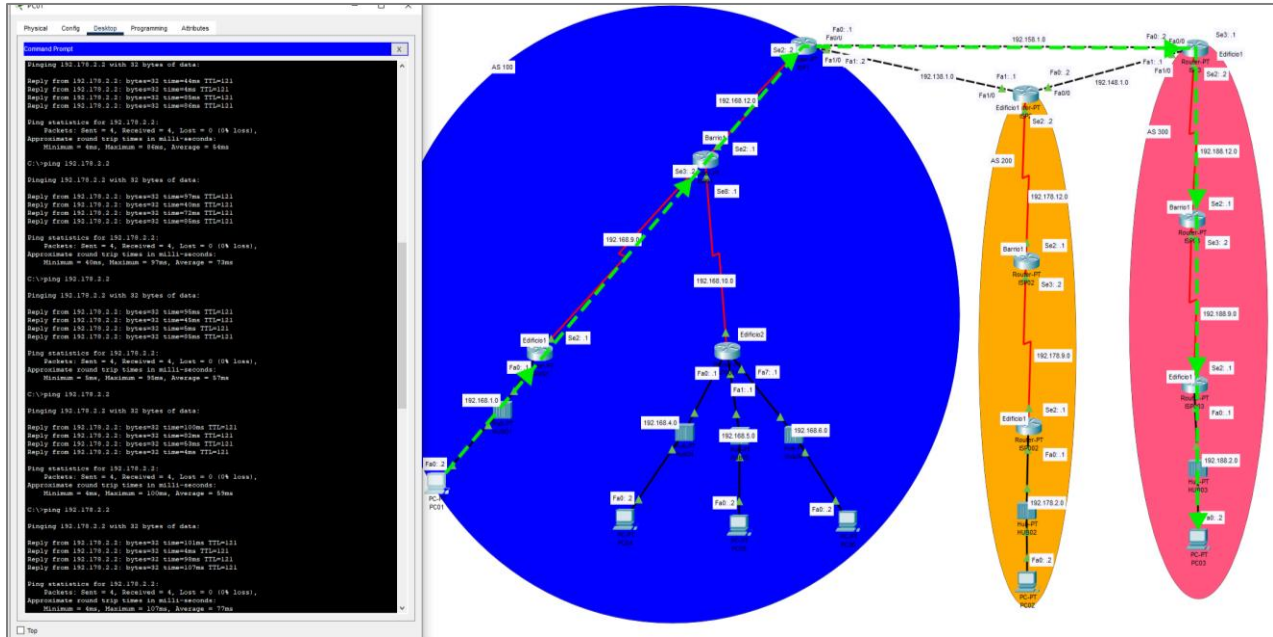


Ilustración 24. Latencias entre diferentes SA

A continuación, se muestran algunas de las latencias obtenidas en milisegundos, para facilitar la lectura de los datos que aparecen en la imagen:

Latencias				
44	97	95	100	101
4	40	45	82	4
85	72	5	53	98
86	85	85	4	107

Tabla 9. Latencias en diferentes SA

Media: 65 ms

Esta prueba se realizó con las mismas características en toda la red y sólo se tuvo en cuenta las latencias por pertenecer a diferentes sistemas autónomos, consiguiendo simular el recorrido que debería hacer la información si tuviese que comunicarse entre diferentes proveedores de servicio aunque los datos estuviesen muy cercanos físicamente. Se utilizó el mismo tipo de *router* para los diferentes proveedores de servicios, el mismo ancho de banda y el mismo tipo de cableado para controlar el experimento, ya que lo que se quería lograr con esta simulación es si realmente acercar los servidores sería lo óptimo o por el contrario si también influirían otros factores, como en este caso la topología de la red.

Tras hacer las pruebas en una topología tan pequeña, vemos que la posición geográfica de los datos es importante, pero no determinante.

Las pruebas nos dan como resultado una mayor latencia entre nodos geográficamente más cercanos, porque los datos tienen que recorrer mayor número de nodos para intercambiar información y porque es necesario que se comuniquen mediante diferentes protocolos de enrutamiento, ya que cada sistema autónomo desconoce las rutas internas de los demás SA.

Aunque los datos estén físicamente muy cercanos, es posible que tarden menos en llegar desde un servidor geográficamente que esté más lejos, ya que influyen muchos factores, como es la topología de la red y las características técnicas de la red, no sólo la posición geográfica.

Aunque la diferencia de latencia no es preocupante, sí vemos una clara diferencia. Si esto se extrapola a una topología real (mucho mayor), la diferencia debería ser también mayor, por lo que una posible investigación a futuro, podría ser la mejora de trazado de rutas, mejorando los protocolos de enrutamiento para que sean más eficientes; porque como también vimos en pruebas anteriores (con los servidores de Google), la latencia variaba en función de la ruta que tomaban los datos, independientemente de su posición geográfica, obteniendo mejores resultados con servidores estadounidenses que con los europeos. Por lo que un posible punto de mejora, podría ser que los datos encontrasen la ruta óptima de forma eficiente.

# Capítulo 4 - Problemas encontrados

## 4.1 Peering y trazado de rutas

El principal problema con el que creíamos que nos íbamos a encontrar, es la imposibilidad de medir las latencias a servidores reales, ya que imaginábamos que las IPs estarían ocultas y no podríamos hacer ping, ni trazado de rutas para evitar posibles ataques de denegación de servicios. Aunque contra los servidores de Google tuvimos mucha facilidad para hacer las pruebas, con los demás servicios no hubo tanta suerte y efectivamente, estaban bloqueados los protocolos de trazado de rutas.

Se intentó conocer las latencias en entornos reales, montando servidores privados e intentamos hacer consultas contra él, pero debido a que los proveedores de servicios ocultan los nodos, no pudimos obtener resultados. Los nodos bloqueaban las peticiones *ping*, y *traceroute/tracert*, por lo que había un 100% de pérdida en los nodos que se quería consultar.

A continuación, se muestran algunos resultados fallidos en cuanto al trazado de rutas:

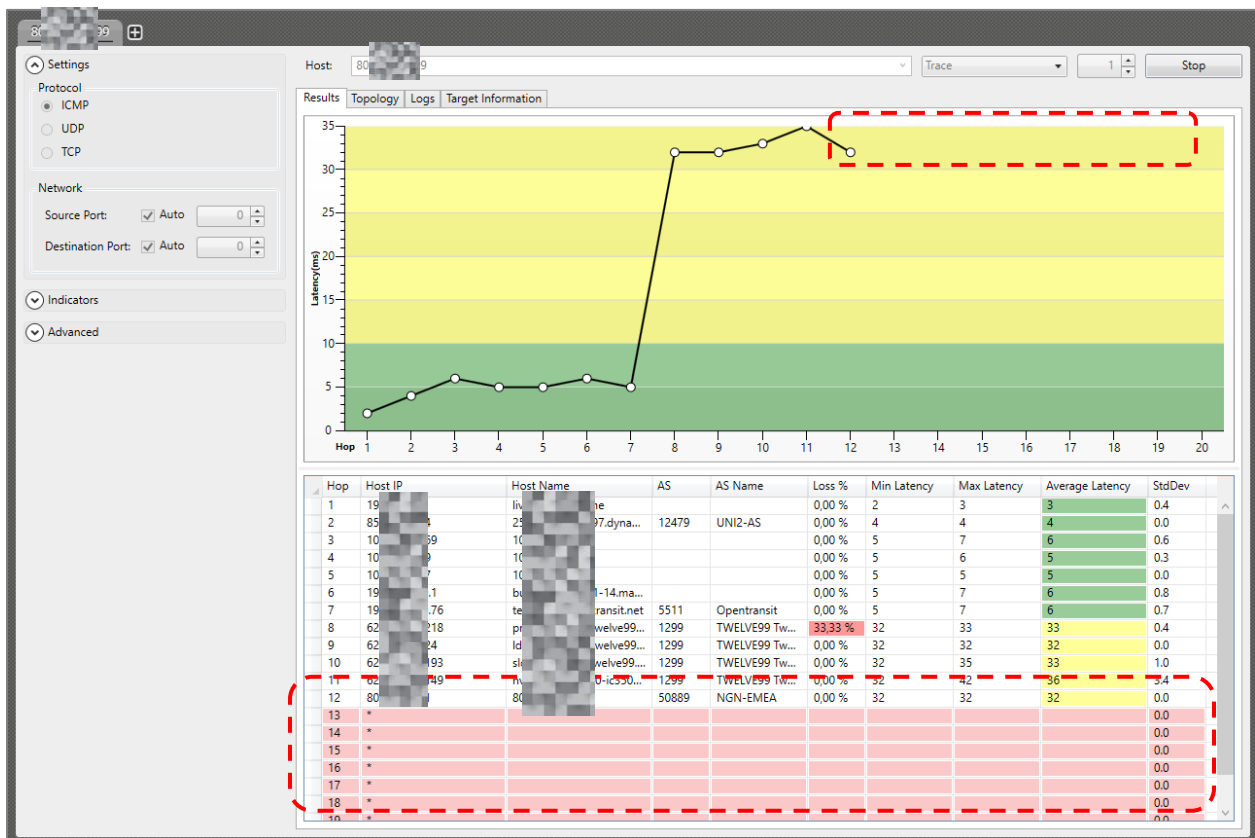


Ilustración 25. Traceroute bloqueado nVidia 01

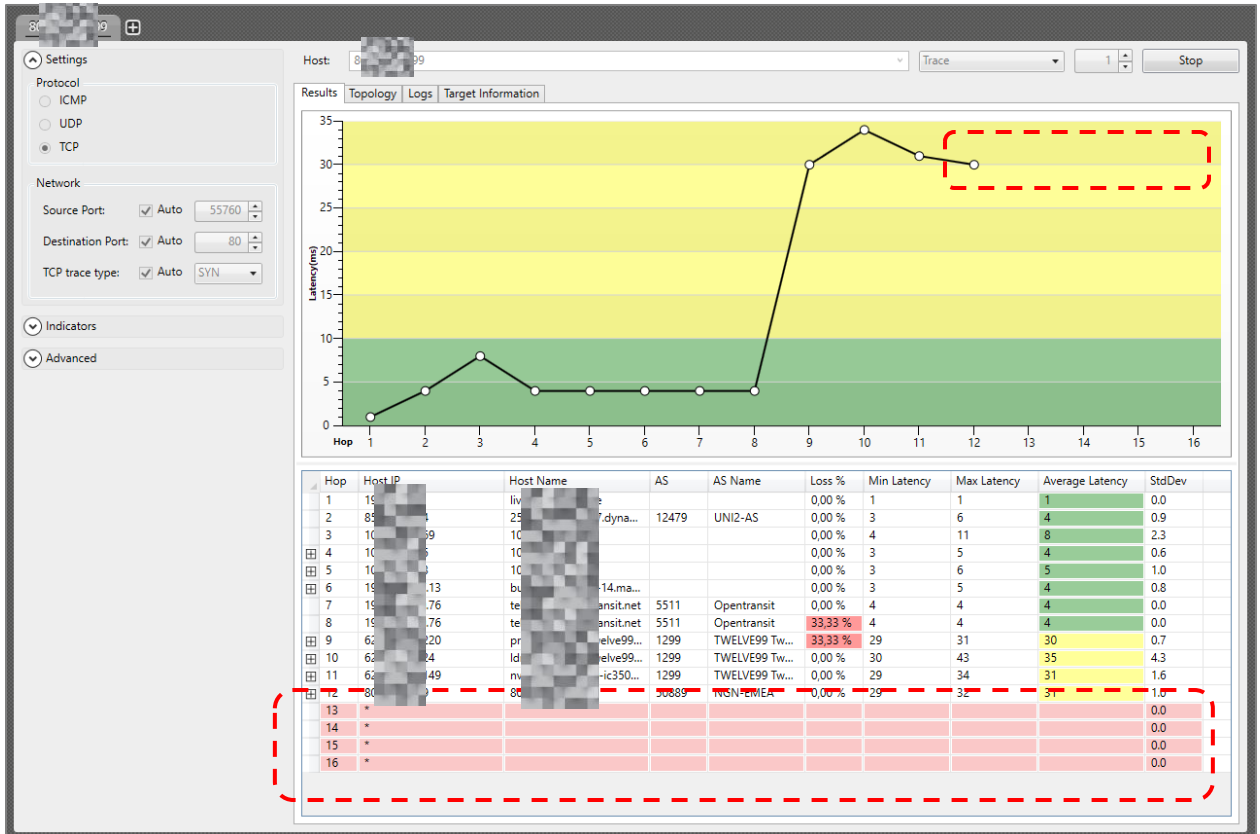


Ilustración 26. Traceroute bloqueado nVidia 02

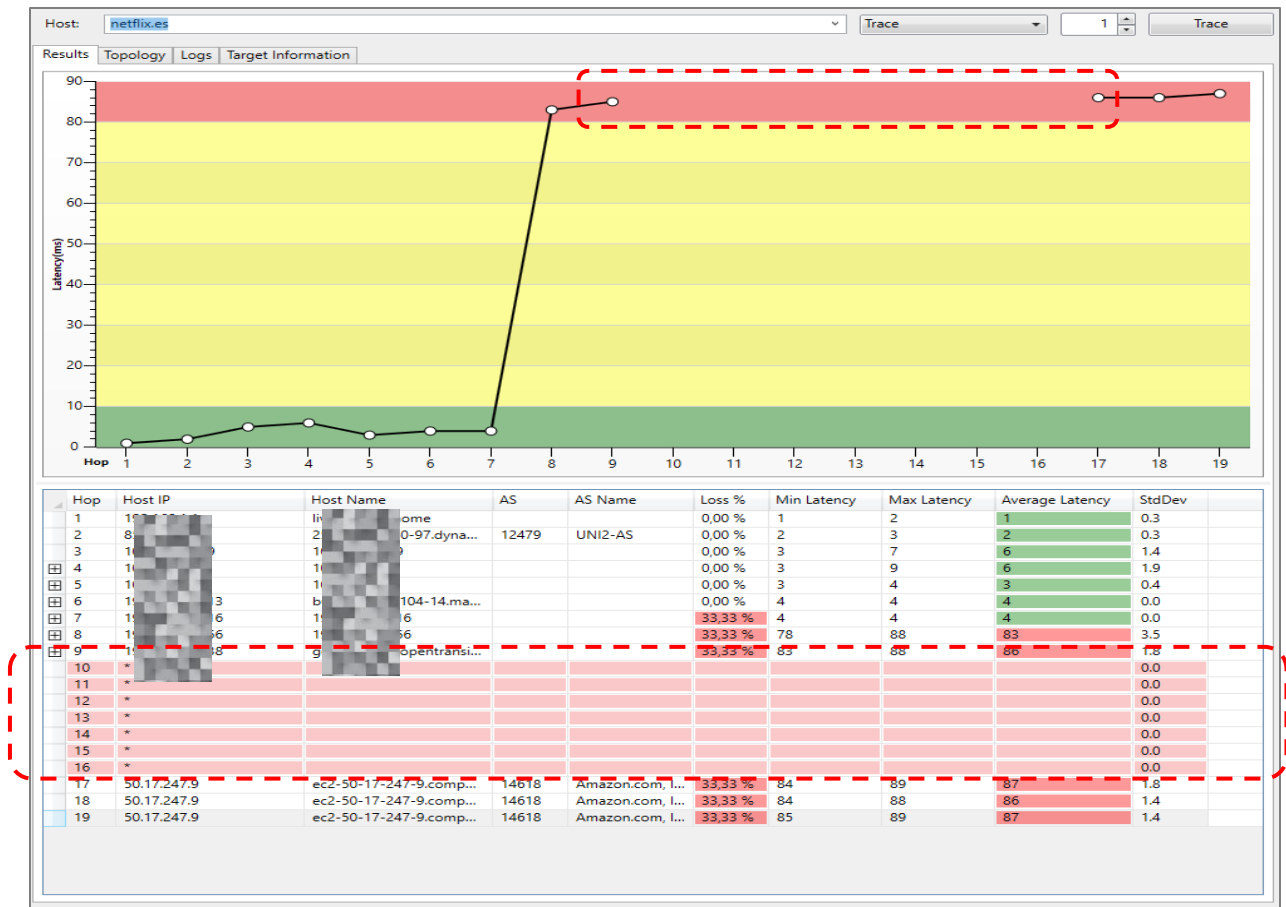


Ilustración 27. Traceroute bloqueado Netflix<sup>21</sup>

<sup>21</sup> Como dato curioso, pudimos comprobar que los servicios de *Netflix* se distribuyen desde los servidores de *Amazon*.

## 4.2 Contactos

Intentamos ponernos en contacto con varias empresas. Con Amazon para que nos permitiese desbloquear *ICM* para poder utilizar su servicio de *AWS* para la realización de las pruebas, con *Nexflix* para conseguir acceso a las herramientas de *peering* y con *nVIDIA* para realizar más pruebas con su servicio de *GeForce Now*, de ninguna de estas empresas obtuvimos respuesta por ninguno de los canales por los que contactamos. Con Telefónica tuvimos conversaciones para saber por su punto de vista y por la posibilidad de un nuevo modelo de negocio, pero nos dijo que no entraba en sus planes de negocio realizar ese tipo de pruebas, ni ampliar su oferta de servicios hacia ese tipo de servicios. Por último, contactamos con *Crytek*, una empresa desarrolladora de videojuegos.

Conseguimos contactar con el departamento de recursos humanos de *Crytek* para ver si le interesaba la propuesta, ya que anteriormente había trabajado con otra universidad española en temas de visualización.

Desde *Crytek* mostraron interés en la propuesta y desde recursos humanos contactaron con el director técnico de la empresa para estudiar la viabilidad de la misma. Nos comentaron que ellos creían que el problema estaba en el ancho de banda y como la empresa se dedica al desarrollo de softwares y no a la implementación de mejoras en red, se les escapaba el control sobre ello, ya que no dan servicios de red.

Nosotros les comentamos que el problema no era el ancho de banda, ya que los países europeos y norteamericanos (donde está el mayor número de ventas de la empresa y de los servicios estudiados en esta memoria), era suficiente para transmitir la información [41] [42] [43] [44] [45], ya que en España tenemos redes domésticas de 10 Gb/s muy baratas en las grandes ciudades, y en pueblos pequeños podemos tener hasta 600 Mb/s (según los datos de los proveedores de servicios españoles, disponible públicamente en sus respectivas páginas web).

Según los estudios de los que disponemos, en España el año pasado el ancho de banda medio en todo el territorio era de 165 Mb/s, y actualmente está en marcha una campaña para implantar 300 Mbs/s en todo el territorio. En Alemania (país donde está la sede central de la empresa), la media estuvo el año pasado en 60,55 Mb/s. Por tanto,

al menos en Europa y Estados Unidos, hay ancho de banda libre suficiente a nivel doméstico para los servicios de *cloud gaming* y vídeos de petición bajo demanda simultáneamente. El mayor problema del *cloud gaming*, es la latencia, pero entendíamos que no podían ayudarnos con el proyecto si no estaba en sus manos el ámbito red.

A pesar de no haber colaborado finalmente con la empresa sobre este tema, seguimos manteniendo muy buenas relaciones con ella y no se descarta la posibilidad de trabajar en ámbitos de visualización con ellos a futuro.

### **4.3 Pruebas en entornos reales**

Se solicitó ayuda a los vecinos para conocer sus *IPs* públicas y comprobar así que la *IP* pública era la misma para todo el edificio o estaba separada por proveedor de servicio, ya que en cada edificio lo común es que haya un recinto de instalaciones de telecomunicaciones (RITI (inferior), RITS (superior), RITU (único) para viviendas unifamiliares o ICT (Infraestructuras comunes) [38] [39] [40], por lo que las *IP* pública de todos los vecinos con el mismo proveedor de servicio debería ser la misma, pero debido a la limitación del bloqueo del enrutado, solo pudimos llegar hasta ahí en ese apartado, sin posibilidad de hacer trazado de rutas a los vecinos con distintos proveedores de servicios.

## Capítulo 5 - Conclusiones y trabajo futuro

Gracias a las distintas pruebas que hemos realizado, hemos podido evaluar si es conveniente acercar el contenido a los usuarios para mejorar la calidad de servicio. También hemos podido comprobar que la mejor solución, no es en todos los casos la misma, ya que dependerá de las características de la red como pueden ser la topología, el ancho de banda, los proveedores de servicios o los protocolos de encaminamiento.

A la conclusión que hemos podido llegar, es que por el hecho de acercar los datos físicamente a los usuarios, no tienen por qué acceder a ellos más rápido. El ejemplo más claro lo tenemos con el trazado de ruta a servidores físicos, ya que los datos nos llegaron antes de Estados Unidos, que de algunos servidores europeos. Con estas pruebas, también hemos podido comprobar que las latencias fueron variando en función de la ruta que tomaron los datos.

Con las simulaciones, también pudimos ver que los nodos que estaban físicamente más lejos, nos entregaban los datos más rápido. Esto es debido a que los nodos que estaban más cerca, tenían que recorrer más saltos en la red y porque al haberlos separado en distintos sistemas autónomos para simular diferentes proveedores de servicio, los nodos cercanos no conocían el enrutamiento fuera de su sistema autónomo, mientras que los que estaban lejos, pertenecían al mismo sistema autónomo y sí conocían las rutas internas.

Por ello, se podría seguir investigando en posibles alternativas según las distintas características de la red. Se podrían ampliar las pruebas realizadas a mayor número de servidores físicos. Se podrían realizar variaciones en las topologías simuladas, como en el número de nodos, el tipo de *routers*, el cableado, el coste o el ancho de banda. Se podría ampliar la encuesta realizada a un mayor número personas y bajo condiciones diferentes. Se podría investigar sobre nuevas técnicas de codificación y compresión de imagen y sonido.

Pero sobre todo, creemos que se podría seguir investigando en la mejora del trazado de rutas, mejorando los protocolos de enrutamiento para que sean más eficaces. Por lo que proponemos investigar sobre la posibilidad de implementar protocolos para que los nodos sean capaces de predecir el comportamiento de la red, conociendo previamente los nodos congestionados, reduciendo así el tiempo de redirección de los datos en la red.

# Chapter - Introduction

## Motivation

This is a collaborative project between the Complutense University of Madrid and the University of Extremadura, which aims to improve communication in data transfer.

## Objectives

We will try to verify what would be the optimal solution for each of the case studies in network decongestion, reducing latency and the number of requests against the main servers where the data that users try to access is hosted.

## Working plan

To do this, we will carry out different tests that are detailed throughout the report, such as server simulation, route tracing, topology simulation, latency calculation, etc. In this way we will be able to verify if there is an improvement by having the content distributed according to the geographical demand at a given moment, if on the contrary it is more efficient for the users to be the ones who distribute the content that they already have uploaded locally among the new users who request that content in depending on the cost in the network (lower latency, geographical proximity, better bandwidth, etc.) or if the optimum is still to keep the content centralized in large central servers.

## Work contribution

We have carried out a study evaluating whether it is convenient to bring content closer to users to improve the quality of service in different applications.



## Chapter - Conclusions and future work

Thanks to the different tests we have carried out, we have been able to assess whether it is convenient to bring the content closer to users to improve the quality of service. We have also been able to verify that the best solution is not the same in all cases, since it will depend on the characteristics of the network such as topology, bandwidth, service providers or routing protocols.

The conclusion that we have been able to reach is that by physically bringing the data closer to the users, they do not have to access it faster. We have the clearest example with the routing to physical servers, since the data reached us before from the United States, than from some European servers. With these tests, we have also been able to verify that the latencies were varying depending on the route that the data took.

With the simulations, we were also able to see that nodes that were physically further away delivered data to us faster. This is due to the fact that the nodes that were closer had to go through more hops in the network and because they had been separated into different autonomous systems to simulate different service providers, the nearby nodes did not know the routing outside their autonomous system, while that those who were far away belonged to the same autonomous system and did know the internal routes.

For this reason, possible alternatives could continue to be investigated according to the different characteristics of the network. The tests carried out could be extended to a greater number of physical servers. Variations could be made in the simulated topologies, such as the number of nodes, the type of routers, cabling, cost or bandwidth. The survey could be extended to a larger number of people and under different conditions. Research could be carried out on new image and sound coding and compression techniques.

But above all, we believe that further research could be done to improve route tracing, improving routing protocols to make them more efficient. Therefore, we propose to investigate the possibility of implementing protocols so that the nodes are capable of predicting the behavior of the network, previously knowing the congested nodes, thus reducing the time of redirection of the data in the network.



## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Netflix, «Uso de datos Netflix,» 2022. [En línea]. Available: <https://help.netflix.com/es-es/node/87>. [Último acceso: agosto 2022].
- [2] Netflix, «Resoluciones y ancho de banda Netflix,» 2022. [En línea]. Available: <https://help.netflix.com/es-es/node/87>. [Último acceso: agosto 2022].
- [3] Netflix, «Netflix 4K,» 2022. [En línea]. Available: <https://help.netflix.com/es-es/node/13444>. [Último acceso: agosto 2022].
- [4] A. Sabán, «HBO,» 26 octubre 2021. [En línea]. Available: <https://www.genbeta.com/multimedia/asi-ha-mejorado-calidad-imagen-hbo-max-comparada-hbo-espana-sorpresas-que-explican-que-sea-mejor-esperado>. [Último acceso: agosto 2022].
- [5] HBO, «HBO 4K,» 2022. [En línea]. Available: <https://help.hbomax.com/es-es/Answer/Detail/000001167>. [Último acceso: agosto 2022].
- [6] Alberto, «Movistar,» 23 junio 2016. [En línea]. Available: <https://comunidad.movistar.es/t5/Blog-Movisfera/C%C3%B3mo-emite-Movistar-C%C3%B3mo-innova/ba-p/2927046>. [Último acceso: agosto 2022].
- [7] J. M. López, «Movistar,» noviembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.movistar.es/blog/movistar-plus/bitrate-tasa-bits-netflix-movistar-plus/>. [Último acceso: agosto 2022].
- [8] Google, «Bitrate YouTube,» [En línea]. Available: <https://support.google.com/youtube/answer/2853702?hl=es>.
- [9] A. Sabán, «Streaming,» 6 diciembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.genbeta.com/multimedia/que-amazon-prime-video-mejor-que-netflix-para-ver-series-peliculas-que-estén-ambas-plataformas-1>. [Último acceso: agosto 2022].
- [10] J. Pastor, «La latencia es la gran enemiga de los gamers,» 2 septiembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.xataka.com/videojuegos/latencia-gran>

enemiga-gamers-nvidia-reflex-ayudara-a-detectarla-reducirla-al-minimo.  
[Último acceso: agosto 2022].

- [11] J. A. Lorenzo, «Latencia online,» 1 abril 2021. [En línea]. Available: <https://www.redeszone.net/tutoriales/redes-cable/mejorar-latencia-jugar-online/>. [Último acceso: agosto 2022].
- [12] T. Tamasi, «Mejores resultados en partida,» 3 diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.nvidia.com/en-us/geforce/news/what-is-fps-and-how-it-helps-you-win-games/>. [Último acceso: agosto 2022].
- [13] B. F. J. y. R. J. Teather, «Mejores resultados en partida,» 26 abril 2014. [En línea]. Available: [https://www.csit.carleton.ca/~rteather/pdfs/Frame\\_Rate\\_Latency.pdf](https://www.csit.carleton.ca/~rteather/pdfs/Frame_Rate_Latency.pdf). [Último acceso: agosto 2022].
- [14] F. Muñoz, «Ancho de banda Stadia,» 18 febrero 2021. [En línea]. Available: <https://stadiahoy.com/comparamos-el-bitrate-de-stadia-en-little-nightmares-2/>. [Último acceso: agosto 2022].
- [15] B. V., «Formatos de imagen,» 04 marzo 2022. [En línea]. Available: <https://www.hostinger.es/tutoriales/formatos-de-imagen>. [Último acceso: agosto 2022].
- [16] B. Romero, «Formatos de imagen,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.begoromero.com/formatos-de-imagen/>. [Último acceso: agosto 2022].
- [17] Z. Chagas, «Formatos de imagen,» 21 febrero 2017. [En línea]. Available: <https://rockcontent.com/es/blog/formatos-de-imagen/>. [Último acceso: agosto 2022].
- [18] G. Atico34, «Formatos de imagen,» 2022. [En línea]. Available: <https://protecciondatos-lopd.com/empresas/tipos-formato-imagen/>. [Último acceso: agosto 2022].
- [19] J. d. Andalucía, «Formatos de imagen,» [En línea]. Available: <https://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros->

- tic/11001762/helvia/sitio/upload/Formatos\_de\_imagen.pdf. [Último acceso: agosto 2022].
- [20] Wikipedia, «Formatos de imagen,» 16 mayo 2022. [En línea]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Joint\\_Photographic\\_Experts\\_Group](https://es.wikipedia.org/wiki/Joint_Photographic_Experts_Group). [Último acceso: 2022 agosto].
- [21] B. Jackson, «Formatos de imagen,» 18 junio 2021. [En línea]. Available: <https://kinsta.com/es/blog/jpg-vs-jpeg/>. [Último acceso: agosto 2022].
- [22] OCU, «Formatos de imagen,» 18 agosto 2009. [En línea]. Available: <https://www.ocu.org/tecnologia/camaras-digitales/noticias/el-peso-de-la-foto-depnde-del-formato460414>. [Último acceso: agosto 2022].
- [23] M. Martínez, «Formatos de vídeo,» 23 agosto 2022. [En línea]. Available: <https://www.movilzona.es/tutoriales/camaras/almacenamiento-necesario-video-hd-fullhd-4k-y-8k/>. [Último acceso: agosto 2022].
- [24] Alexwaka, «Formatos de vídeo,» 5 agosto 2011. [En línea]. Available: <https://www.somoswaka.com/blog/2011/08/el-tamano-y-formato-de-video-si-importa/>. [Último acceso: agosto 2022].
- [25] I. Sala, «Formatos de vídeo,» 10 septiembre 2015. [En línea]. Available: <https://eju.tv/2015/09/cuanto-ocupa-un-minuto-de-video-grabado-en-4k-con-los-nuevos-iphones/#:~:text=Cada%20minuto%20de%20grabaci%C3%B3n%20en,un%20pe-so%20de%20200%20MB>. [Último acceso: agosto 2022].
- [26] CRC Online, «Información sobre el ojo humano,» [En línea]. Available: <https://centros-psicotecnicos.es/formacion-continuada/cursos-medicos/curso-de-oftalmologia/sensibilidad-al-contraste>.
- [27] R. A. MD, «Información sobre el ojo humano,» 2 agosto 2022. [En línea]. Available: <https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/fotorreceptores>. [Último acceso: agosto 2022].
- [28] M. Á. Navas, «Subsampling,» 9 noviembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.profesionalreview.com/2019/11/09/que-es-444-422-y-420->



- [37] CISCO, «BGP,» 17 agosto 2005. [En línea]. Available: [https://www.cisco.com/c/es\\_mx/support/docs/ip/border-gateway-protocol-bgp/23675-27.html](https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/ip/border-gateway-protocol-bgp/23675-27.html). [Último acceso: agosto 2022].
- [38] R. V. Liñán, «ISP,» 26 septiembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=T8PZFphXGHk>. [Último acceso: agosto 2022].
- [39] IngeniaMax, «Redes edificio,» 31 julio 2017. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=ngHeABFeM-8>. [Último acceso: agosto 2022].
- [40] McGraw Hill Education, «Redes edificios,» [En línea]. Available: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171632.pdf>.
- [41] The Global Economy, «Ancho de banda medio por país,» 2016. [En línea]. Available: [https://es.theglobaleconomy.com/rankings/Internet\\_bandwidth/](https://es.theglobaleconomy.com/rankings/Internet_bandwidth/). [Último acceso: agosto 2022].
- [42] C. Valero, «Ancho de banda medio por país,» 3 septiembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.adslzone.net/noticias/internet/velocidad-internet-paises-2020/>. [Último acceso: agosto 2022].
- [43] «Ancho de banda medio por país,» 2022 abril 25. [En línea]. Available: <https://hipertextual.com/2022/04/paises-banda-ancha-rapida-2022>. [Último acceso: agosto 2022].
- [44] J. Jiménez, «Ancho de banda medio por país,» 22 abril 2022. [En línea]. Available: <https://www.redeszone.net/noticias/redes/paises-mejor-velocidad-internet-movil/>. [Último acceso: agosto 2022].
- [45] Wikipedia, «Ancho de banda medio por país,» 27 febrero 2022. [En línea]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Velocidad\\_de\\_conexi%C3%B3n\\_a\\_Internet\\_por\\_pa%C3%ADses](https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Velocidad_de_conexi%C3%B3n_a_Internet_por_pa%C3%ADses). [Último acceso: agosto 2022].

- [46] J. Roca, «Antialiasing,» 31 mayo 2022. [En línea]. Available: <https://hardzone.es/reportajes/que-es/anti-aliasing-juegos/>. [Último acceso: agosto 2022].
- [47] «Antialiasing,» [En línea]. Available: <https://www.profesionalreview.com/guias/que-es-antialiasing/>. [Último acceso: agosto 2022].
- [48] Sony, «Escanéo entrelazado y progresivo.,» 24 07 2022. [En línea]. Available: <https://www.sony-latin.com/es/electronics/support/camcorders-and-video-cameras-memory-camcorders/articles/00032537>. [Último acceso: agosto 2022].
- [49] Blackmagic Design, «Desentrelazado,» [En línea]. Available: <https://www.blackmagicdesign.com/es/products/teranex/conversions>. [Último acceso: agosto 2022].
- [50] Adobe, «Vídeo entrelazado, vídeo no entrelazado y búsqueda progresiva.,» 4 agosto 2022. [En línea]. Available: <https://helpx.adobe.com/es/premiere-pro/using/interlacing-field-order.html>. [Último acceso: agosto 2022].
- [51] J. Linneman, «Frametime,» 2 junio 2014. [En línea]. Available: <https://www.eurogamer.net/digitalfoundry-2014-frame-rate-vs-frame-pacing>. [Último acceso: agosto 2022].
- [52] B. Gómez, «Frametime,» 16 octubre 2022. [En línea]. Available: <https://www.profesionalreview.com/2021/10/16/frametime/#:~:text=El%20frametime%20se%20define%20como,en%20pantalla%20durante%20ese%20tiempo>. [Último acceso: agosto 2022].
- [53] J. D. d. U. Echevarría, «Screen tearing,» 20 mayo 2021. [En línea]. Available: <https://hardzone.es/reportajes/que-es/tearing-imagen-monitor/>. [Último acceso: agosto 2021].
- [54] Wikipedia, «Espacios de color,» 6 marzo 2022. [En línea]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Espacio\\_de\\_color](https://es.wikipedia.org/wiki/Espacio_de_color). [Último acceso: agosto 2022].

## APÉNDICES

### Glosario

2K: resolución no estándar de resoluciones 2048 x 1080 o 1920 x 800 píxeles, se empezó a utilizar en cine para dar un aspecto panorámico. Cuando mencionan 2K comercialmente, en realidad se refieren a 1440p (2560 x 1440 píxeles), el resultado de duplicar la resolución 720p.

4K: cuando se habla de 4K a nivel comercial, se hace refiriéndose a una resolución de 3840 x 2160 píxeles, no a ninguno de los estándares cinematográficos 4K (apertura total 4K, académico 4k y cinema digital 4K). La K se usa mayoritariamente en inglés para referirse al mil y aunque lo recomendado sería escribirlo en minúscula, ya que esto proviene del griego, que fue tomado en el sistema métrico decimal para el kilogramo (mil gramos), no se hace y se suele escribir en mayúscula, cuando en realidad la K mayúscula se utiliza para otra unidad, el Kelvin. En el caso del 4K, hace referencia a 4 mil píxeles horizontales, aunque vemos que técnicamente, no es correcto. También es llamado *UHD* de sus siglas en inglés *Ultra High-Definition* cuando se quiere hacer referencia al doble de resolución que el 1080p y *UHDV* cuando se quiere hacer mención triple de resolución que el 720p.

*Aliasing*: en el ámbito de la visualización, el *aliasing* es el defecto producido al intentar representar curvas o líneas diagonales en una matriz de píxeles, esto se produce porque la matriz donde se va a representar la imagen, es de menor resolución que la necesaria para representar de forma óptima los colores y degradados de esa imagen. En castellano podríamos llamarlo, efecto de dientes de sierra.

Para evitar este defecto, hay muchas técnicas, entre ellas el *supersampling* ya mencionado y otros métodos como el *FXAA*, *SSAA/FSAA*, *MSAA*, *SMAA*, *EQAA/CSAA*, *QSAA*, etc.

Para esta memoria no es necesario conocer las demás técnicas de *antialiasing* en detalle, por lo que sólo mencionaré como dato curioso y porque se ha hablado de ello a lo largo de la memoria el método *SMAA*, que fue desarrollado por *Crytek* en colaboración con la Universidad de Zaragoza y de ahí que contactásemos con esa empresa.

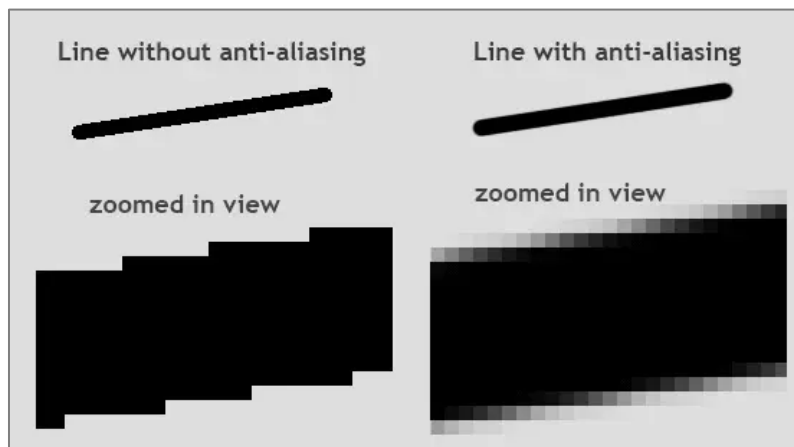


Ilustración 28. Ejemplo de antialiasing 01 [46]

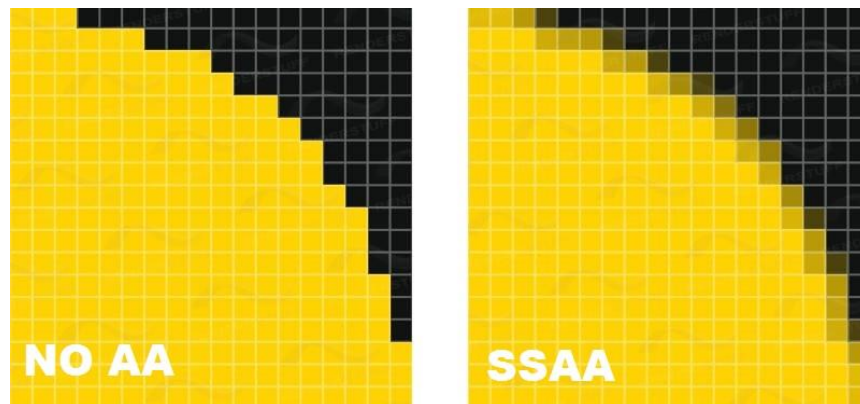


Ilustración 29. Ejemplo de antialiasing 02 [47]

Ancho de banda: en redes, hace referencia a la cantidad de información que puede transmitirse en un segundo, no ha de confundirse con la velocidad a la que se entregan los datos.

*ASN*: número identificativo de cada sistema autónomo.

*Beta*: termino en inglés que sirve para designar que un programa todavía está en fase de pruebas. Dependiendo en qué fase esté, se pueden usar otros términos como por ejemplo, *Alpha*.

*Bitrate*: hace referencia a la cantidad de información que se reproduce por unidad de tiempo de un archivo.

*Buffer*: hace referencia al espacio de memoria en el que se almacenan datos temporalmente.

*Bufferbloat*: es una causa de alta latencia y *jitter* en redes, es causado al llenarse el búfer de paquetes. Puede causar una variación de retardo en los datos y reducir el rendimiento de la red.

*Cloud*: termino ingles que podría traducirse como servicios en la nube. Es un sistema de servidores en red accesible para ejecutar tareas o almacenar datos en remoto.

*Cloud gaming*: podría traducirse como juegos en la nube. Son aquellos servicios que permiten la conexión a un servidor para jugar en remoto desde ellos.

Entrelazado: Cuando en una resolución vemos por ejemplo 1080i, esa “i” hace referencia a entrelazado (del inglés *interlaced*). Esto significa que la imagen sólo contiene la mitad de información, en un fotograma se renderizan las líneas impares y en el siguiente las pares y así continuamente. Esto se debía en un principio al limitado ancho de banda de la televisión analógica. [48] [49] [50]



Ilustración 30. Escaneo entrelazado vs progresivo [49]

Imagen propiedad de Blackmagic Design.

*FullHD*: para este término, no se usa una traducción al castellano, hace referencia a una resolución de 1920 x 1080 píxeles, también se utiliza el término 1080p.

*Frame rate (fps)*: hace referencia al número de fotogramas en un segundo (*frames per second*), el estándar en videojuegos son 60 fps.

*Frametime* [51]: tiempo de renderizado de cada fps expresado en ms. Normalmente se representa el conjunto de latencias durante un periodo de tiempo determinado en una gráfica. En la horizontal estaría el número de fotograma y en la vertical, el tiempo en ms. Cuanto más estable sea, menor será el micro *stuttering*.



Ilustración 31. Frametime [52]

*Gaming*: palabra inglesa que hace referencia a todo lo relacionado con el mundo de los videojuegos.

*Hardware*: son las partes físicas de un sistema informático, puede ser desde un procesador, hasta un monitor, pasando por un teclado y un ratón.

*HD*: alta definición en inglés (*High Definition*), cuando se habla de resolución HD, nos referimos a 1280 x 720 píxeles, también se utiliza el término 720p.

*HDR*: alto Rango Dinámico del inglés *High Dynamic Range*. Se puede definir de diferentes maneras: óptica, electrónica, matemáticamente, etc. En este caso, nos interesa saber que lo que se consigue a diferencia del *SDR* es aumentar el contraste y número de colores en pantalla. El estándar actual *HDR* para vídeo es de una profundidad de color de 10 *bit* por canal, dando como resultado 1073 millones de colores. Hay muchos tipos de *HDR* con especificaciones diferentes (*HDR10*, *HDR400*, *Dolby Vision*, *HLG*, etc.), la principal diferencia es la luminancia y la profundidad de color.

*HFR*: del inglés *High Frame Rate*, siglas que significan alta velocidad de fotogramas (fps). Este término, proviene del cine y se considera alta velocidad de fotogramas a 48 imanes por segundo, el doble del estándar cinematográfico (24 fps). Sin embargo, en videojuegos, es raro encontrar ese término, ya que el estándar para que una secuencia de imágenes se vea fluida, es de 60 fps. Esto se debe a la necesidad de interacción continua durante una partida.

Hz: en términos de visualización, hace referencia a la frecuencia de actualización de un panel. Esto se traduce en el número de imágenes que es capaz de representar un panel por cada segundo. El estándar en monitores y televisiones es de 60 Hz, por lo tanto, pueden mostrar 60 imágenes en cada segundo (60 fps).

*ICMP*: del inglés *Internet Control Message Protocol*. Es un protocolo de control de mensajes. Las peticiones *ICMP* pueden estar bloqueadas para evitar la denegación de servicios, por lo que puede ser que el ping no nos conteste, pero la red esté funcionando perfectamente.

*Input lag*: hace referencia a la latencia en dispositivos de entrada, como pueden ser periféricos como ratones, teclados, *controllers* (mandos de consola), etc.

*ISP*: del inglés *Internet Service Provider*, hacer referencia a los proveedores de servicios de red. Son cada una de las empresas que ofrecen conexión a internet. En el caso de España, tenemos ejemplos como pueden ser Movistar, Vodafone y Orange.

*Jitter*: hace referencia a una alteración no deseada y repentina en la señal de la red, haciendo que varíen las latencias de la red.

Latencia: puede definirse como el retardo desde que se origina una orden de transmisión, hasta que llega a destino el dato enviado.

*Micro stuttering*: efecto producido debido a la diferencia de latencias entre fotogramas. Podría traducirse como microparones.

ms: hace referencia a la milésima parte de un segundo y es la unidad con la que se expresan los milisegundos.

*Peering*: Hace referencia a la interconexión de redes para intercambiar información de encaminamiento entre redes diferentes mediante protocolos de enlace frontera como *BGP*.

*Ping*: sirve en el diagnóstico de redes, para comprobar por *ICMP* si los nodos se están comunican entre sí y conocer sus latencias.

Píxel: Proviene del inglés *picture element* y hace referencia a la unidad mínima de color de una imagen o panel.

Profundidad de color: se expresa en *bits* y hacer referencia a la cantidad necesaria de *bits* para poder representar el color de un píxel. La profundidad de color más utilizada actualmente es de 8 *bits*, seguido de 10 *bits* para el *HDR*.

Progresivo: Cuando en una resolución vemos por ejemplo 1080p, esa "p" hace referencia a escaneo es progresivo. Esto significa que se muestran todas las líneas de un fotograma a la vez. [48] [49] [50]

*RGB*: Hace referencia al modelo aditivo de colores. Proviene del inglés *Red, Green, Blue* (rojo, verde y azul), que son los colores primarios para la mezcla de colores en términos lumínicos. Convive con el modelo *CMYK*, del inglés *Cyan, Magenta, Yellow* y *Key* (black), en castellano serían los colores cian, magenta, amarillo y negro. Este último modelo se utiliza para la representación sustractiva de colores en la mezcla de pigmentos.

SA: Siglas que significan sistema autónomo. En el ámbito de redes, un SA hace referencia a un conjunto de *IPs* que poseen políticas de encaminamiento común.

*Screen tearing*: es un defecto que se produce al no estar sincronizados los fotogramas que renderiza la gráfica con los que puede representar el monitor en función de los Hz de este. Cuando la gráfica renderiza más imágenes de las que el monitor es capaz de representar, puede que en pantalla se vean varios fotogramas a la vez, lo que da como resultado imágenes partidas. Existen diferentes técnicas para evitar este problema, como pueden ser *V-Sync*, *G-Sync* y *Free-Sync*, etc. Por su contra, estas técnicas, aumentan la latencia.



Ilustración 32. Ejemplo de *screen tearing* [53]

Imagen del videojuego "*Enslaved: Odyssey to the West*"<sup>22</sup>, desarrollado por *Ninja Theory* y distribuido por *Namco Bandai*.

---

<sup>22</sup> Videojuego "*Enslaved: Odyssey to the West*", desarrollado por *Ninja Theory* y distribuido por *Namco Bandai*: [https://store.steampowered.com/app/245280/ENSLAVED Odyssey to the West Premium Edition/?l=spanish](https://store.steampowered.com/app/245280/ENSLAVED_Odyssey_to_the_West_Premium_Edition/?l=spanish)

*SDR*: Proviene del inglés *Standard Dynamic Range*. Las imágenes tienen una profundidad de color de 8 *bits* por canal (*RGB*), 24 *bits* en total, lo que da como resultado, 16,7 millones de colores. El contraste y el número de colores es menor que en una imagen *HDR*.

*Sniffer*: En el ámbito de redes, un *Sniffer* es un analizador de protocolos, un programa que capta tramas en una red para el análisis de paquetes de datos.

*Software*: la definición técnica de este término, podría ser: sistema lógico necesario para realizar tareas específicas en el ámbito de la informática. Una manera más simple de definirlo, podría ser diciendo que el software son los programas de un sistema informático.

*sRGB*: Hace referencia al espacio de color estándar *RGB*, fue diseñado para su utilización los monitores *CRT*, del inglés *Cathode Ray Tube* y en castellano, rayos catódicos. A día de hoy, se sigue utilizando junto a muchos otros como *Adobe RGB*, *NTSC*, *DCI-P3*, etc. Estos modos son utilizados para indicar los colores que puede captar un sensor o representar un panel con respecto a los colores que es capaz de captar el ojo humano. El *sRGB* puede representar aproximadamente el 35% de los colores, mientras que el modo *Adobe RGB*, llega a representar un 50%. Hay otros modos que pueden representar colores que el ojo humano no captaría, como por ejemplo *ProPhoto RGB*.

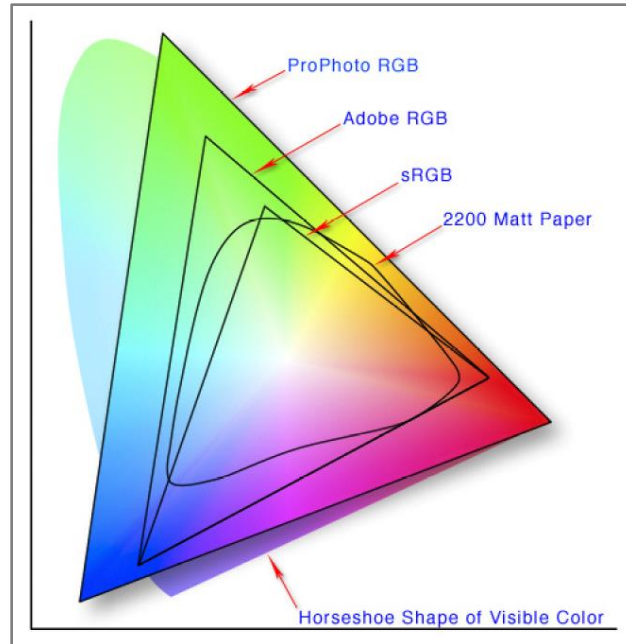


Ilustración 33. Espacios de color [54]

*Steam*: Es una plataforma que pertenece a la empresa Valve que ofrece servicio venta digital de juegos.

*Streaming*: palabra inglesa que originalmente hacía referencia a la transmisión de vídeo y audio en red a tiempo real. Actualmente también se utiliza para aplicaciones de petición de vídeo bajo demanda, donde el contenido se descarga al mismo tiempo que se consume.

*Subsampling*: en castellano podría traducirse como submuestreo cromático, submuestreo de color o submuestreo de crominancia, pero es muy raro encontrar el termino traducido. Son diversas técnicas para reducir la información de color en una imagen, manteniendo la información de luminancia. Con ello se consigue reducir el tamaño del archivo final, pero sin perder contraste en la imagen. Esto se hace porque el ojo humano es más sensible a la luz que al color.

*Supersampling*: podría traducirse como suavizado de supermuestreo o simplemente como supermuestreo, pero es muy raro encontrar este término en castellano. Es una técnica que consiste en el reescalado de imagen, la imagen se renderiza a una resolución mayor de la que el monitor puede representar. Esto sirve por ejemplo para reducir el *aliasing*, pero es necesario una mayor potencia de cómputo. Si existe la posibilidad de renderizar imágenes con un *framerate* estable, lo óptimo sería utilizar un panel a la resolución nativa a la que se va a renderizar, ya que nos beneficiaríamos no solo de un *aliasing* menor, sino de todos los detalles que nos proporcionaría esa resolución nativa.

*Tracert/tracerouter*: Estos dos comandos, sirven para el diagnóstico en el trazado de rutas, mostrándonos información como el número de saltos y la latencia entre nodos.

*VSync* (Sincronización vertical) o *VRR* (*Variable Refresh Rate*): técnicas por las cuales se sincronizan los fotogramas renderizados con los Hz del monitor. Hay diferentes estándares para implementar estas técnicas como por ejemplo *G-Sync* de *nVIDIA*, *Free-Sync* de *AMD*, *VESA Adaptive-Sync*, *HDMI 2.1 Variable Refresh Rate*, *Apple ProMotion* o *Qualcomm Q-Sync*.

