



PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons  
Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Para ver una copia de dicha licencia, visite  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

**ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA VIDEO  
STREAMING EN REDES DUAL STACK IPV4/IPV6**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO DE LAS TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR**

**Hugo Javier Ortega Bernal**

**ASESOR**

**Ing. Arturo Díaz Rosemberg**

**LIMA – PERÚ**

**2010**

## RESUMEN

La presente Tesis tiene por finalidad explicar las ventajas y desventajas de las arquitecturas IPv4 e IPv6 para el servicio de video *streaming* en tiempo real. Para ello se realiza la implementación de un servidor de video, operando en redes IPv4, IPv6 y *Dual Stack* (IPv4/IPv6) para llegar así a conclusiones y resultados que sirvan de referencia a otros trabajos relacionados al tema y a las empresas dedicadas a ofrecer estos servicios.

El trabajo se divide en cuatro capítulos que se detallan a continuación:

En el capítulo I “Preliminares” se exponen los fundamentos teóricos para poder abordar el tema de video *streaming* sobre una red *Dual Stack*.

En el capítulo II “Escenarios de prueba” se describen los posibles entornos a considerar y las características generales de cada uno de ellos incluyendo la red *Dual Stack*, los requerimientos que deben cumplir las redes para poder aplicar video *streaming*, además de sus ventajas y desventajas sobre el escenario *Dual Stack*.

En el capítulo III “Diseño” se explica la implementación del servicio de video *streaming* instalando un servidor con soporte IPv4 y posteriormente modificando el escenario para transmitir datos sobre IPv6.

Finalmente, en el capítulo IV “Pruebas y Análisis de Resultados” se adjuntan los resultados de las pruebas, se observa la calidad de servicio en cada caso, así como el tráfico de la red, terminando con las “Conclusiones y Recomendaciones” fruto del estudio realizado.

## INDICE

Resumen .....	1
Índice .....	2
Lista de Figuras .....	5
Lista de Tablas .....	8
Introducción .....	9
Capítulo I: Preliminares .....	10
1.1 Redes IPv4, IPv6 y Dual Stack .....	10
1.1.1 Definición de una red IPv4 .....	10
1.1.2 Definición de una red IPv6 .....	11
1.1.3 Definición de una red Dual Stack .....	11
1.2 Compresión de Audio y Video .....	12
1.2.1 Visión general de las técnicas de compresión .....	12
1.2.1.1 H.261 y H.263 .....	13
1.2.1.2 MPEG-1 .....	13
1.2.1.3 MPEG-2 .....	13
1.2.1.4 MPEG-4 .....	13
1.2.1.5 H-264 .....	14
1.2.1.6 Comparación entre codificadores .....	15
1.3 Aplicaciones del Streaming Media .....	15
1.3.1 Audio bajo demanda .....	15
1.3.2 Video bajo demanda .....	16
1.3.3 Streaming en vivo .....	16
1.3.4 Streaming bajo demanda .....	16
1.3.5 Teléfonos móviles .....	17
1.3.5 Softwares creados para el streaming .....	17
1.4 Protocolos para el Streaming .....	17
1.4.1 Protocolos RTP y RTCP .....	17
1.4.1.1 RTP (RFC 3550) .....	18
1.4.1.2 RTCP .....	18
1.5 Cliente y Servidor de Video Streaming .....	18
1.5.1 Servidor de video streaming .....	18

1.5.2 Cliente de video streaming.....	19
Capítulo II: Escenarios, requerimientos y gestión de las redes IPv4, IPv6 y Dual Stack .....	20
2.1 Escenarios IPv4, IPv6 y Dual Stack.....	20
2.1.1 Escenario IPv4.....	21
2.1.2 Escenario IPv6.....	22
2.1.3 Escenario Dual Stack.....	23
2.2 Requerimientos del Video Streaming Unicast, Broadcast y Multicast.....	24
2.2.1 Streaming Unicast.....	24
2.2.2 Streaming Broadcast.....	25
2.2.3 Streaming Multicast.....	26
2.3 Arquitectura de una Red IPv4 y IPv6.....	27
2.3.1 Arquitectura de una Red IPv4.....	27
2.3.2 Arquitectura de una Red IPv6.....	27
2.3.3 Comparativa de performance entre IPv4, IPv6 y Dual Stack.....	28
2.3.3.1 Paquetización MPEG 2 TS.....	29
2.3.3.2 Paquetización MPEG 4 SL.....	30
2.3.3.3 Estadísticas hechas por CISCO.....	31
a) Througput en el CISCO 2811.....	32
b) Latencia en el CISCO 2811.....	33
c) Utilización de la CPU, CISCO 2811.....	34
2.3.4 Conclusión teórica.....	35
Capítulo III: Diseño de la Red IPv4, IPv6 y <i>Dual Stack</i> .....	38
3.1 Implementación del Video Streaming sobre una Red IPv4, IPv6 y <i>Dual Stack</i> .....	38
3.2 Implementación del servidor y clientes de video <i>streaming</i> .....	44
3.2.1 Implementación del servidor de video.....	44
3.2.1.1 Servidor <i>streaming</i> VLC.....	44
3.2.1.2 Servidor <i>streaming</i> DSS.....	45
3.2.2 Implementación del cliente.....	51
3.2.2.1 Cliente <i>streaming</i> VLC.....	51
3.2.2.2 Cliente <i>streaming</i> Quick Time.....	55
Capítulo IV: Pruebas en cada implementación de red, rendimiento de la CPU y retardo.....	56
4.1 Pruebas en una red IPv4.....	56

4.1.1 Video MP4V con tasa de transmisión 100Kbps.....	56
4.1.2 Video MP4V con tasa de transmisión 300Kbps.....	58
4.1.3 Video H264 con tasa de transmisión 100Kbps.....	60
4.1.4 Video H264 con tasa de transmisión 300Kbps.....	62
4.1.4 Video H264 con tasa de transmisión 1Mbps.....	64
4.2 Pruebas en una red IPV6.....	66
4.2.1 Video MP4V con tasa de transmisión 100Kbps.....	67
4.2.2 Video MP4V con tasa de transmisión 300Kbps.....	69
4.2.3 Video H264 con tasa de transmisión 100Kbps.....	71
4.2.4 Video H264 con tasa de transmisión 300Kbps.....	73
4.1.4 Video H264 con tasa de transmisión 1Mbps.....	75
4.3 Pruebas en una red IPv4/IPv6.....	77
4.3.1 Video MP4V con tasa de transmisión 100Kbps.....	77
4.3.2 Video MP4V con tasa de transmisión 300Kbps.....	79
4.3.3 Video H264 con tasa de transmisión 100Kbps.....	81
4.3.4 Video H264 con tasa de transmisión 300Kbps.....	83
4.1.4 Video H264 con tasa de transmisión 1Mbps.....	85
4.4 Resumen de las pruebas realizadas.....	87
4.5 Evaluación económica de la maqueta.....	88
Conclusiones y Recomendaciones.....	89
Trabajos futuros.....	90
Bibliografía.....	92
Anexos.....	95

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 2.1: ESCENARIO IPv4
- FIGURA 2.2: ESCENARIO IPv6
- FIGURA 2.3: ESCENARIO DUAL STACK
- FIGURA 2.4: STREAMING UNICAST
- FIGURA 2.5: MULTIPLES UNICAST STREAMS
- FIGURA 2.6: STREAMING BROADCAST
- FIGURA 2.7: STREAMING MULTICAST
- FIGURA 2.8: PAQUETE IPv4
- FIGURA 2.9: PAQUETE IPv6
- FIGURA 2.10: PROCEDIMIENTO MPEG-2 TS
- FIGURA 2.11: CABECERA IP/UDP/TS/PES
- FIGURA 2.12: CABECERA IP/UDP/RTP/TS/PES
- FIGURA 2.13: PROCEDIMIENTO MPEG-4 SL
- FIGURA 2.14: CUADRO DESCRIPTIVO DEL ROUTER CISCO 2811
- FIGURA 2.15: CONFIGURACIÓN DE LOS DIFERENTES TRAFICOS
- FIGURA 2.16: CUADRO ESTADISTICO DEL TROUGHPUT CON RESPECTO A LOS DIFERENTES TRAFICOS
- FIGURA 2.17: CUADRO COMPARATIVO ENTRE LOS DIFERENTES TRAFICOS Y TAMAÑO DE PAQUETES
- FIGURA 2.18: CUADRO ESTADISTICO DE LA LATENCIA CON RESPECTO A LOS DIFERENTES TRAFICOS
- FIGURA 2.19: CUADRO ESTADISTICO DEL USO DE LA CPU CON RESPECTO A LOS DIFERENTES TRAFICOS
- FIGURA 3.1: RED DE PRUEBA
- FIGURA 3.2: SUBNETEO DE LA RED DE PRUEBA
- FIGURA 3.3: RED DE PRUEBA CON DIRECCIONES IPv4
- FIGURA 3.4: RED DE PRUEBA CON DIRECCIONES IPv6
- FIGURA 3.5: PASO 1, SERVIDOR VLC
- FIGURA 3.6: PASO 2, SERVIDOR VLC
- FIGURA 3.7: PASO 3, SERVIDOR VLC
- FIGURA 3.8: PASO 4, SERVIDOR VLC CON IPv4
- FIGURA 3.9: PASO 4, SERVIDOR VLC CON IPv6

FIGURA 3.10: PASO 4, SERVIDOR VLC  
FIGURA 3.11: PASO 1, SERVIDOR DSS  
FIGURA 3.12: PASO 2, SERVIDOR DSS  
FIGURA 3.13: PASO 3, SERVIDOR DSS  
FIGURA 3.14: PASO 4, SERVIDOR DSS  
FIGURA 3.15: PASO 5, SERVIDOR DSS  
FIGURA 3.16: PASO 1, CLIENTE VLC  
FIGURA 3.17: PASO 2, CLIENTE VLC  
FIGURA 3.18: PASO 3, CLIENTE VLC IPV4  
FIGURA 3.19: PASO 3, CLIENTE VLC IPV6  
FIGURA 3.20: PASO 4, CLIENTE VLC  
FIGURA 3.21: PASO 1, CLIENTE QUICK TIME  
FIGURA 3.22: PASO 2, CLIENTE QUICK TIME  
FIGURA 3.23: PASO 3, CLIENTE QUICK TIME  
FIGURA 3.24: PASO 4, CLIENTE QUICK TIME  
FIGURA 4.1: CAPTURA DE TRAMAS MP4V-100KBPS-IPV4  
FIGURA 4.2: RETARDO MP4V-100KBPS-IPV4  
FIGURA 4.3: RENDIMIENTO DE LA CPU MP4V-100KBPS-IPV4  
FIGURA 4.4: CAPTURA DE TRAMAS MP4V-300KBPS-IPV4  
FIGURA 4.5: RETARDO MP4V-300KBPS-IPV4  
FIGURA 4.6: RENDIMIENTO DE LA CPU MP4V-300KBPS-IPV4  
FIGURA 4.7: CAPTURA DE TRAMAS H264-100KBPS-IPV4  
FIGURA 4.8: RETARDO H264-100KBPS-IPV4  
FIGURA 4.9: RENDIMIENTO DE LA CPU-H264-100KBPS-IPV4  
FIGURA 4.10: CAPTURA DE TRAMAS H264-300KBPS-IPV4  
FIGURA 4.11: RETARDO H264-300KBPS-IPV4  
FIGURA 4.12: RENDIMIENTO DE LA CPU-H264-300KBPS-IPV4  
FIGURA 4.13: CAPTURA DE TRAMAS H264-1Mbps-IPV4  
FIGURA 4.14: RETARDO H264-1Mbps-IPV4  
FIGURA 4.15: RENDIMIENTO DE LA CPU H264-1Mbps-IPV4  
FIGURA 4.16: CAPTURA DE TRAMAS MP4V-100KBPS-IPV6  
FIGURA 4.17: RETARDO MP4V-100KBPS-IPV6  
FIGURA 4.18: RENDIMIENTO DE LA CPU MP4V-100KBPS-PIV6  
FIGURA 4.19: CAPTURA DE TRAMAS MP4V-300KBPS-IPV6

- FIGURA 4.20: RETARDO MP4V-300KBPS-IPV6
- FIGURA 4.21: RENDIMIENTO DE LA CPU MP4V-300KBPS-IPV6
- FIGURA 4.22: CAPTURA DE TRAMAS H264-100KBPS-IPV6
- FIGURA 4.23: RETARDO H264-100KBPS-IPV6
- FIGURA 4.24: RENDIMIENTO DE LA CPU H264-100KBPS-IPV6
- FIGURA 4.25: CAPTURA DE TRAMAS H264-300KBPS-IPV6
- FIGURA 4.26: RETARDO H264-300KBPS-IPV6
- FIGURA 4.27: RENDIMIENTO DE LA CPU H264-300KBPS-IPV6
- FIGURA 4.28: CAPTURA DE TRAMAS H264-1Mbps-IPV6
- FIGURA 4.29: RETARDO H264-1Mbps-IPV6
- FIGURA 4.30: RENDIMIENTO DE LA CPU H264-1Mbps-IPV6
- FIGURA 4.31: RETARDO MP4V-100KBPS-DUALSTACK-IPV4
- FIGURA 4.32: RETARDO MP4V-100KBPS-DUALSTACK-IPV6
- FIGURA 4.33: RENDIMIENTO DE LA CPU MP4V-100KBPS-DUALSTACK
- FIGURA 4.34: RETARDO MP4V-300KBPS-DUALSTACK-IPV4
- FIGURA 4.35: RETARDO MP4V-300KBPS-DUALSTACK-IPV6
- FIGURA 4.36: RENDIMIENTO DE LA CPU MP4V-300KBPS-DUALSTACK
- FIGURA 4.37: RETARDO H264-100KBPS-DUALSTACK-IPV4
- FIGURA 4.38: RETARDO H264-100KBPS-DUALSTACK-IPV6
- FIGURA 4.39: RENDIMIENTO DE LA CPU H264-100KBPS-DUALSTACK
- FIGURA 4.40: RETARDO H264-300KBPS-DUALSTACK-IPV4
- FIGURA 4.41: RETARDO H264-300KBPS-DUALSTACK-IPV6
- FIGURA 4.42: RENDIMIENTO DE LA CPU H264-300KBPS-DUALSTACK
- FIGURA 4.43: RETARDO H264-1Mbps-DUALSTACK-IPV4
- FIGURA 4.44: RETARDO H264-1Mbps-DUALSTACK-IPV6
- FIGURA 4.45: RENDIMIENTO DE LA CPU H264-1Mbps-DUALSTACK

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1.1: CUADRO COMPARATIVO DE LOS DIVERSOS FORMATOS

TABLA 1.2: SOFTWARES UTILIZADOS POR EL STREAMING

TABLA 2.2: TAMAÑO EN BYTES DE LA CABECERA DEL PAQUETE STREAMING

TABLA 3.1: CUADRO CON LAS DIRECCIONES WAN's DE LA RED DE PRUEBA

TABLA 4.1: RECOPIACION DE LOS DATOS OBTENIDOS EN ESTE CAPITULO

TABAL 4.2: EVALUACION ECONOMICA DE LA MAQUETE DE PRUEBAS



## INTRODUCCIÓN

El mundo es cada vez más competitivo, las empresas buscan constantemente medios que transmitan sus mensajes a los clientes con mayor eficiencia, esta exigencia se manifiesta en el pedido de mayor información, no solo local sino mundial, acceder a la información y que mejor, que la visualización de esta de manera rápida y eficiente. Con el fin de cubrir estas exigencias la Internet se presenta como un medio de comunicación alterna que busca satisfacer estas necesidades, por lo que se han incrementado estudios basados en poner todos los medios de comunicación sobre la Internet, como radio y televisión. La constante evolución en las telecomunicaciones ha desarrollado el *streaming* como el instrumento para transmitir voz y video en tiempo real.

La presente Tesis busca implementar una solución *streaming* y para ello es necesario un servidor de video y un cliente o receptor del video, se propone para el servidor de video dos programas basados en Linux, el primer software denominado *VLC (Video Lan Client)* en modo servidor y el segundo denominado *DSS (Darwin Streaming Server)* según sea el requerimiento de la red a implementar (IPv4, IPv6 o *Dual Stack*), para cliente se propone dos software basados en Windows, el primero denominado *VLC (Video Lan Client) en modo cliente* como cliente del *VLC en modo servidor* y el segundo denominado *Quick time* como cliente del *DSS*. Las redes IPv4, IPv6 y *Dual Stack* son por las cuales se analizará el desenvolvimiento de la tecnología *streaming*, en cada una de estas redes se realizaran pruebas de rendimiento del CPU y retardo de los paquetes, con el fin de observar de manera real el comportamiento del video *streaming* en cada una de las redes ya mencionadas, así se espera obtener conclusiones que contribuyan a conocer y entender porque es mas óptimo trabajar en una red que en otra, teniendo como respaldo el análisis teórico hecho previo a las pruebas en la implementación.

## CAPITULO I: Preliminares

Este capítulo recopilará información y fundamentos teóricos sobre los cuales se procede a implementar una transmisión de videos usando *streaming*. Fundamentalmente los aspectos relacionados a las técnicas más relevantes aplicadas en las redes de tipo IP para la transmisión de señales multimedia comprimidas mediante codificadores.

### 1.1 REDES IPV4, IPV6 Y DUAL STACK

Las redes IPv4, IPv6 y *Dual Stack* son las más usadas hoy en día, empezando por la más popular y la más antigua de las mencionadas, la red IPv4 sobre la cual trabaja la Internet, pero la incorporación de nuevos servicios y mas usuarios a esta ha dado lugar a buscar una nueva red que soporte estos nuevos servicios y el incremento de usuarios, con esta idea nace IPv6 y como la transición no se da en forma rápida, debido a que se tiene que cambiar toda la infraestructura, nace la red hibrida o Dual Stack (IPv4/IPv6) como solución a este proceso de cambio. [SMC2005]

#### 1.1.1 Generalidades de una red IPv4

Esta es la versión 4 del protocolo IP (Internet Protocol), fue la primera versión que se implementó extensamente y forma la base de la Internet. IPv4 usa direcciones de 32bits, se divide en 4 clases A, B, C y D, tiene como base el protocolo TCP y UDP, sobre la pila de protocolos TCP/IP. TCP es un protocolo orientado a la conexión, esto significa que primero se establece una conexión entre las máquinas para recién comenzar a enviar los paquetes, por lo que este protocolo nos permite una conexión fiable. UDP es un protocolo no orientado a la conexión, no establece una conexión previa con el otro extremo solo envía los paquetes, por lo que este protocolo no es fiable, los paquetes pueden perderse o llegar dañados. La pila TCP/IP, tiene 4 capas; la primera es la capa de accesos a la red, es la parte física donde se transmiten y reciben los bits, la segunda es la capa de la Internet, donde se controla la comunicación entre un equipo y otro y se enrutan los paquetes, la tercera capa es la de transporte, se encarga de coordinar la comunicación, de hacerla segura y confiable y asegura que los datos lleguen correctamente, finalmente la cuarta capa, que es la capa de aplicación, en esta interactúan los programas que acceden a la red. [BEH2008]

### 1.1.2 Generalidades de una Red IPv6

Esta es por muchos la solución a los grandes problemas de IPv4, sobretodo del protocolo IP, tales como: el retardo, dado que todos los paquetes tienen que ser procesados en cada router; la falta de optimización de los protocolos de encaminamiento; la fragmentación, uno de los problemas que provoca sobrecarga en los router y en la red; la seguridad en la transmisión de los paquetes y finalmente lo que hoy en día es muy común hablar de calidad de servicio de la Internet (*Best Effort*). Ahora no se tiene 32 bits como en IPv4, sino 128 bits por lo que tenemos muchas más direcciones que solucionan el gran problema de quedarnos sin direcciones como sucederá con IPv4 en un futuro cercano. Existen también otras mejoras como en el enrutamiento incorporando una estructura de direcciones jerarquizada, esto permite tener bloques adyacentes de direcciones IPv6. Podemos mejorar nuestro QoS con un campo llamado Etiqueta de flujo con la posibilidad de definir flujos de paquetes, este por ser muy útil para comunicaciones en tiempo real como una video conferencia, además IPv6 da seguridad y movilidad, seguridad porque permite autenticar y encriptar; movilidad por el simple hecho de que nos olvidaríamos de utilizar las IPs privadas que restringen a una LAN, podríamos tener una IP única que permita moverse por el mundo, gracias a la gran cantidad de direcciones. Entonces se tiene a una IPv6 que recoge los mismos protocolos de IPv4, así como su objetivo básico pero hace mejoras y sobre todo, abre nuevas posibilidades, como también incorpora nuevos protocolos. [DDA2007]

### 1.1.3 Redes *Dual Stack*

Las redes *Dual Stack* es la alternativa que permite la coexistencia entre las redes IPv4 e IPv6, vislumbrándose como la nueva red del futuro, conformada por routers que soportan IPv4 e IPv6, por lo que se puede implementar tanto protocolos de las dos versiones, es por esto que se puede utilizar aplicaciones de video conferencia que van a ser transportadas de manera transparente tanto por una red IPv4 como por una IPv6. Finalmente, este tipo de red hoy en día es la más utilizada para unir la red antigua con la moderna. [RAA2006]

## 1.2 COMPRESIÓN DE VIDEO Y AUDIO

Las técnicas de compresión están basadas en un conocimiento preciso y exhaustivo de cómo el cerebro y los ojos trabajan en combinación para formar el complejo sistema visual humano. Como resultado de estos estudios se produce una reducción significativa del tamaño del archivo de video sin prácticamente ningún efecto para la calidad visual. Un video es una secuencia de imágenes, una imagen está representada por un arreglo de píxeles y cada píxel está conformado por un número de bits, las técnicas de compresión reducen el número de bits necesarios para representar cada píxel de una imagen.

A finales de los 80, se formó el *Motion Picture Expert Group* (MPEG, Grupo de Expertos en Imágenes en Movimiento) con el propósito de definir un estándar para la codificación de imágenes en movimiento y audio. Desde entonces ha producido los estándares para MPEG-1, MPEG-2 y MPEG-4. Para reducir las sobrecargas del medio en la distribución de esas secuencias y con el fin de conseguir la reducción deseada de los datos de las imágenes se emplean los siguientes criterios:

- educir matrices de color en la imagen. R
- educir la resolución de color respecto a la intensidad de luz prevaleciente. R
- educir partes pequeñas, invisibles de la imagen. R
- n el caso de una secuencia de vídeo, las partes de una imagen que no cambian se dejan en su forma original. [RAW2005] E

### 1.2.1 Visión general de las técnicas de compresión

Al digitalizar una secuencia de video analógica se puede llegar a tener un archivo de millones de bits por cada segundo, lo cual implicaría un gran ancho de banda a utilizar en una transmisión multimedia, para resolver el problema en la actualidad existen diferentes técnicas de compresión, muy utilizadas en la Internet para la transmisión de las aplicaciones multimedia. Como son los que se mencionaran en los siguientes puntos. [RAW2005]

### 1.2.1.1 H.261 y H.263

Son recomendaciones de la ITU. Ambos están basados en la misma técnica que los estándares MPEG y pueden ser interpretados como versiones simplificadas de la compresión de vídeo MPEG. Fueron diseñados originalmente para video conferencia sobre líneas telefónicas con poco ancho de banda. En cualquier caso no utiliza alguna de las técnicas más avanzadas de MPEG para el mejor aprovechamiento del ancho de banda. [ADM2001]

### 1.2.1.2 MPEG-1

Está centrado en streams de bits de aproximadamente 1,5 Mbps y originalmente para el almacenamiento de vídeo digital en CD's. Se enfoca más en la compresión, que en la calidad de las imágenes. Puede ser considerado como la calidad tradicional del VCR pero en formato digital. [RAW2005]

### 1.2.1.3 MPEG-2

Se centró en la ampliación de la técnica de compresión MPEG-1 para cubrir imágenes más grandes y mayor calidad, pero con un menor coeficiente de compresión y por consiguiente mayor uso de ancho de banda. MPEG-2, ISO/IEC 13818, también ofrece técnicas más avanzadas para mejorar la calidad del vídeo con la misma cantidad de bits. El inconveniente es la necesidad de un equipamiento más complejo. En cualquier caso estas características suelen adaptarse a su uso en aplicaciones en tiempo real. Un ejemplo de su uso son las películas en DVD que están comprimidas utilizando las técnicas del MPEG-2. [PTD2000]

### 1.2.1.4 MPEG-4

La tercera generación de MPEG está basada en la misma técnica. Una vez más, el nuevo proyecto se enfocó en los usos de nuevas aplicaciones, las nuevas características más importantes de MPEG-4, ISO/IEC 14496, relacionadas con la compresión de vídeo son el soporte de aplicaciones con menor consumo de ancho de

banda, como por ejemplo: unidades móviles, reproductores de video; por otro lado, las aplicaciones con una calidad extremadamente alta y sin casi limitar de ancho de banda es sin duda lo que ha originado su consumismo en el mercado. MPEG-4, además soporta contenidos en 2D y 3D. Ofrece mayor versatilidad en cuanto a relaciones de transmisión, con una relación de transmisión muy baja (desde 2 Kb/s para conversación, 5 Kb/s para vídeo) hasta relaciones muy altas (5 Mb/s para vídeo con calidad transparente, 64 Kb/s por canal para audio con calidad similar al CD). A todo ello, el MPEG-4 ofrece una administración y protección mejorada de la propiedad intelectual. MPEG-4, ha sido diseñado tanto para la teledifusión como para la difusión por la Web, mejorando la convergencia de ambos canales, ya que permite la integración de contenidos provenientes de ambos en la misma escena multimedia. Esta facilidad de difusión viene provista gracias a las diferentes relaciones en la transmisión que el estándar permite. Para la difusión de video con flujos muy bajos (*VLBV*, *very low bit rate video*) están disponibles diversos algoritmos y herramientas para aplicaciones que trabajen con flujos entre los 5 y 64 Kbps/s. Un ejemplo es claramente la difusión por la Web. Esta posibilidad soporta la secuencia de imágenes con resoluciones espaciales muy bajas (desde pocos píxeles por línea y filas hasta resolución CIF) y relación de cuadro baja (desde los 0 Hz para imágenes fijas hasta los 15 Hz). Las aplicaciones básicas que soportan esta aplicación pueden codificar secuencias de imagen rectangular con una alta eficiencia de codificación y una alta resistencia a los errores, bajo tiempo de recuperación de datos y una baja complejidad para aplicaciones de comunicación multimedia a tiempo real. Además pueden ofrecer el acceso remoto, avance rápido y retroceso rápido para aplicaciones de almacenaje y acceso multimedia. La versión MPEG-4 parte 14 permite la transmisión de flujos por Internet tiene como extensión oficial MP4. [RAW2005]

#### 1.2.1.5 H.264

H.264 o MPEG-4 parte 10 es una norma que define un códec de vídeo de alta compresión, desarrollada conjuntamente por el ITU-T Video Coding Experts Group (VCEG) y el ISO/IEC Moving Picture Experts Group (MPEG). La intención del proyecto H.264/AVC fue la de crear un estándar capaz de proporcionar una buena calidad de imagen con tasas binarias notablemente inferiores a los estándares previos (MPEG-2, H.263 o MPEG-4 parte 2). La robusta transmisión a través de las redes se basa en el

estándar que está diseñado para facilitar la aplicación para la más amplia gama de plataformas. [VCD2007]

### 1.2.1.6 Comparación entre codificadores

En la Tabla 1.1 se muestra algunos puntos comparativos entre las diferentes técnicas de compresión más utilizadas hoy en día.

**TABLA 1.1: CUADRO COMPARATIVO DE LOS DIVERSOS FORMATOS**

Fuente: "H.264 and MPEG-4 Video Compression" [RAW2005].

	<b>MPEG1</b>	<b>MPEG2</b>	<b>MPEG4</b>
<b>Tamaño típico de imagen</b>	352x240(perfil estándar)	720x480(perfil principal, máximo nivel)	720x480(perfil principal, L2)
<b>Ancho de banda típico</b>	1.5Mbps	5Mbps	2Mbps
<b>Ancho de banda máximo</b>	2.5Mbps	15Mbps	4Mbps

De acuerdo a lo que se muestra en la Tabla 1.1, MPEG-4 ofrece numerosas ventajas, sobretodo, en el campo de la difusión por la Web. Este estándar otorga una mayor importancia y relevancia al receptor y decodificador, que casi se comporta de la misma manera que un ordenador. La principal aportación del MPEG-4 es una mayor eficiencia del uso del ancho de banda, algo necesario dado el auge del Internet. [RAW2005]

## 1.3 APLICACIONES DEL STREAMING MEDIA

Las aplicaciones del *streaming* se pueden encontrar en gran medida en la Internet, todo depende de la creatividad del que brinda el servicio, pudiendo encontrar Arte, Cultura,

Noticias, Música, Negocio, etc. Teniendo en cuenta que este tipo de aplicaciones no solo lo encontramos en la Internet sino que se ha expandido a las redes celulares.

### 1.3.1 Audio bajo demanda

Con el *streaming* el audio logra una emisión instantánea en comparación con el MP3. Existen muchas aplicaciones que hoy en día están formando parte de nuestra vida cotidiana, como la radio por la Internet, archivos pequeños de entrevistas audibles, grupos musicales, etc. [DAA2005]

### 1.3.2 Video bajo demanda

El lanzamiento de productos, entrenamiento hacia los clientes, conferencias, seminarios y educación a distancia. El *streaming* permite la difusión de grandes archivos de audio y video a través de la Internet, pudiendo escuchar o visualizar contenido en tiempo real o previamente editado, sin necesidad de descargarlo previamente en una PC. [DAA2005]

### 1.3.3 Streaming en vivo ( Webcast )

Consiste en la transmisión de audio y video a través de la Internet en el instante en que es emitido o producido. A continuación se presentan algunas de las aplicaciones del *streaming* en vivo: [DAA2005]

- Transmisiones de radio y televisión.
- Conciertos musicales
- Eventos deportivos
- Aplicaciones en medicina
- Congresos y conferencias
- Educación a distancia
- Video chat
- Turismo y entre otras aplicaciones

### 1.3.4 Streaming bajo demanda (Streaming on-demand)

Consiste en el almacenamiento de archivos de audio y/o video en servidores que luego son solicitados por los visitantes del sitio Web, como por ejemplo: [DAA2005]

- Archivos de noticias
- Difusión de entrevistas y conferencias.
- Educación a distancia
- Presentaciones corporativas

### 1.3.5 Teléfonos móviles

La nueva generación 3G, los celulares con wireless podrán usar el *streaming* para visualizar los videos con el MPEG4 códec, estos son muy livianos hablando de ancho de banda por lo que su transmisión es muy rápida. Lo interesante de los celulares es que cada día aparecen nuevos sistemas para dar un mejor servicio a los clientes tan igual como si estuvieras en el hogar conectado a la Internet con una PC. [DAA2005]

### 1.3.6 Softwares creados para el *streaming*

Hoy en día los sistemas operativos más utilizados son tres como se muestran en la Tabla 1.2, para ellos se han desarrollado un grupo de softwares que convierten una PC en un cliente o servidor de video. Los principales softwares que soportan *Streaming* se muestran en la siguiente Tabla 1.2. [RENA2008]

**TABLA 1.2: SOFTWARES UTILIZADOS POR EL STREAMING**

Fuente: "The technology of video and audio streaming" [DAA2005].

<b>Sistema Operativo</b>	Windows	Mac OS	Linux
<b>Servidor y/o cliente <i>Streaming</i></b>	Media Player, VLC	Quick Time, VLC	VLC, DSS y otros

## 1.4 PROTOCOLOS PARA STREAMING

Los protocolos utilizados para transmitir este tipo de datos en tiempo real en su mayoría están estar basados en UDP, puesto que TDP es un protocolo está orientado a la conexión y en caso de que se produzca un error o se pierda un dato en la transmisión, éste se vuelve a retransmitir. Para vídeo y sonido en tiempo real estas correcciones pueden ocasionar un retardo que podría degrada el flujo de transmisión.

### 1.4.1 Protocolos RTP y RTCP

Los protocolos más importante para realizar la transmisión de vídeo y sonido en tiempo real es **RTP (Real-time Transport Protocol)** y **RTCP (Real-time Transport Control Protocol)**, los cuales proporciona servicios de entrega y control en la red desde el origen hasta el destino para la transmisión de datos multimedia en tiempo real.

#### 1.4.1.1 RTP (RFC 3550)

Una comunicación de datos en tiempo real por medio de redes necesita protocolos específicos de transporte debido a sus características de performance y sincronización. Para eso se han definido los protocolos RTP (Real-time Transport Protocol) y RTCP (Real-time Transport Control Protocol) que posibilitan y controlan la transmisión en tiempo real. RTP, provee de transporte end to end en tiempo real de los datos, ya sea video o audio, entre sus principales características es identificar el tipo de paquete a transportar numerando los paquetes, para que la receptora pueda ordenarlos en el caso que lleguen desordenados; otra sería el tiempo exacto de la generación de los datos, para la sincronización en el caso de enviar datos diferentes transmitidos simultáneamente. Este protocolo funciona sobre el protocolo UDP debido a su rapidez de transmisión del paquete, lo que no sucede con el protocolo TCP que tiene mucho retardo por su campo de control o verificación. [DAA2005]

#### 1.4.1.2 RCTP

Es el protocolo del control de RTP, este protocolo envía periódicamente paquetes de control a los participantes (servidor y cliente) en una sesión, la función principal es crear mecanismos de control sobre la calidad en la distribución de los datos, para diagnosticar fallos en la distribución, esto lo hace mediante un identificador en la capa de transporte para identificar a cada participante (CNAME), informando las estadísticas de emisión y recepción de estos siempre que estén activos. [DAA2005]

## 1.5 CLIENTE Y SERVIDOR DE VIDEO STREAMING

Desarrollo o implementación para la aplicación del *streaming* de video en tiempo real consta básicamente de solo dos elementos, el servidor *streaming* y el cliente, cada uno con su respectivo software basado en la tecnología *streaming*.

### 1.5.1 Servidor de video streaming

Un servidor de vídeo *streaming* es un recurso que facilita la transmisión de clips o películas de vídeo a través de la red. Un servidor generalmente consta de un equipo de 32 o 64 bits, pero con características de alta disponibilidad y performance, tales como los fabricados por IBM, HP, etc. y contiene un software que puede ser propietario o gratuito, dentro de los gratuitos están el Darwin Streaming Server (DSS) y el Video Lan Client (VLC) en su modo servidor, estos trabajan bajo el sistema operativo Linux que es no propietario, también pueden trabajar con Windows, la diferencia entre uno y otro es la facilidad de su instalación y uso, sobretodo porque el DSS es más fácil de operar y sobre todo por tener un entorno Web, lo contrario con el VLC es su modo servidor que nos muestra un entorno de Unix, con muchos comandos lo que puede dificultar su operación.

### 1.5.2 Cliente de video *streaming*

El sistema de video *streaming* consiste en que la reproducción de videos que no requerirán una descarga previa en el ordenador del cliente, sino que el servidor entregará los datos de forma continua, sincronizada y en tiempo real. Es por ello, que el video *streaming* permitirá a los clientes visitar un sitio Web con fin de visualizar vídeos de forma rápida y segura, esto permitirá la difusión de grandes archivos de audio y video

a través de la Internet, pudiendo visualizar el contenido en tiempo real o previamente editado, sin necesidad de descargarlo a una PC. Como por ejemplo: transmisiones de radio y televisión, congresos y conferencias, educación a distancia, video-chat, turismo y promociones, visualización remota de distintas actividades, presentaciones corporativas, lo que mejora el servicio otorgado al cliente.



## ***CAPITULO II: Escenarios, requerimientos y gestión en las redes IPV4, IPV6 y Dual Stack***

Este capítulo propondrá los escenarios tanto en IPV4, IPV6 y *Dual Stack* de los cuales se toman los respectivos datos que a continuación en el siguiente capítulo se usarán para comparar el rendimiento de cada uno, también se recopilará información sobre los requerimientos de una red bajo video *streaming* y finalmente se indicará como se gestionan estas redes y que protocolos servirán para ese propósito.

### **2.1 ESCENARIOS IPV4, IPV6 Y DUAL STACK**

Para la construcción de estos escenarios se toman en cuenta las características convencionales de una red, es decir un componente central o “*backbone*” y otras “redes de acceso”. El *backbone* está conformado por un grupo de routers y en esta Tesis se ha considerado tres, puesto que si bien existe la posibilidad de utilizar solamente uno, dos o más, se requieren al menos de tres routers para evaluar el desempeño del protocolo OSPF en sus versiones IPv4 e IPv6. Del mismo modo, el escenario propuesto permite verificar el proceso de selección de la mejor ruta bajo las condiciones de las interfaces de los equipos de laboratorio. Sin embargo, esto no quiere decir que se emplean mecanismos adicionales de QoS ya que no son objeto de este trabajo, pero si se busca utilizar el mejor protocolo de enrutamiento dentro de los más conocidos y no considerar opciones de menor desempeño como por ejemplo RIP. Las redes que buscan comunicarse son tres para el caso de esta tesis, una con un servidor que entrega el video *streaming*, otra con clientes que trabajen bajo el protocolo IPv4 y la última con clientes que trabajen bajo el protocolo IPv6. Cabe resaltar que el backbone debe estar conformado por routers que soporten tanto IPv4 como IPv6, en este caso los equipos CISCO 2811. Como referencia de una red que opera con IPv4, IPv6 y *Dual Stack* bajo el protocolo de enrutamiento OSPF en su *backbone* puede citarse la red CUDI de México. [CUD1999]

#### **2.1.1 Escenario IPV4**

El escenario que se muestra a continuación en la Figura 2.1, es de una red IPv4, donde se observa un backbone que soporta IPv4, una red LAN con un servidor *streaming* que opera con IPv4, y dos redes LAN con sus clientes IPv4 conectados a un router CISCO 1721 que solo soportan IPv4.

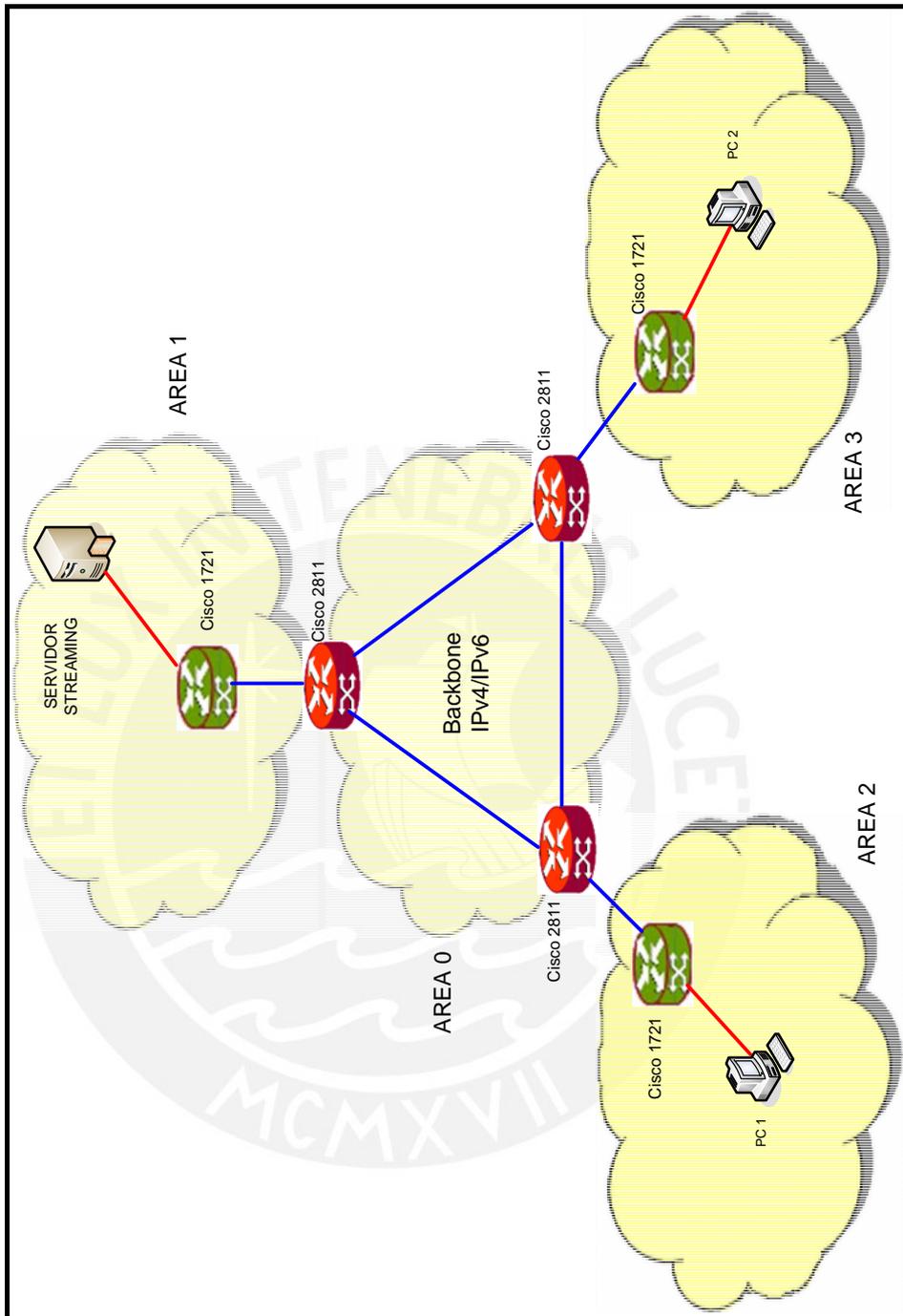


FIGURA 2.1: ESCENARIO IPv4

### 2.1.2 Escenario IPv6

El escenario que se muestra a continuación en la Figura 2.2, es de una red IPv6, donde se observa un backbone que soporta IPv6, una red LAN con un servidor de video que entrega video *streaming* sobre IPv6, y dos redes LAN con sus clientes IPv6, en este caso todos los routers son CISCO 2811.

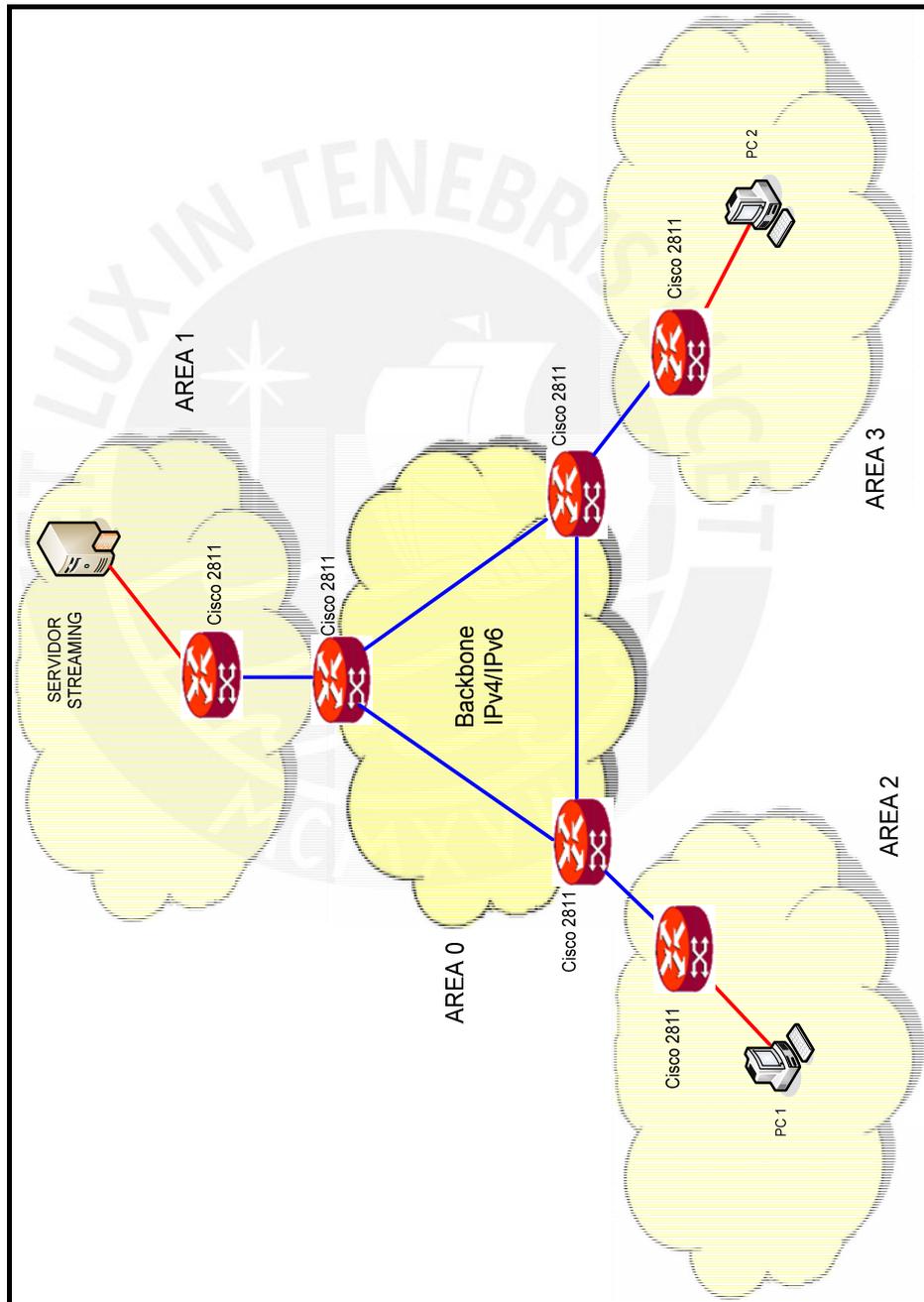


FIGURA 2.2: ESCENARIO IPv6

### 2.1.3 Escenario *Dual Stack*

El escenario que se muestra a continuación en la Figura 2.3, es de una red *Dual Stack*, donde se observa un backbone que soporta IPv4/IPv6, una red LAN con un servidor que entregara video *streaming* sobre IPv4 o IPv6 y dos redes LAN, una con clientes IPv4 con un router CISCO 1721 y la otra con clientes IPV6 con un router CISCO 2811.

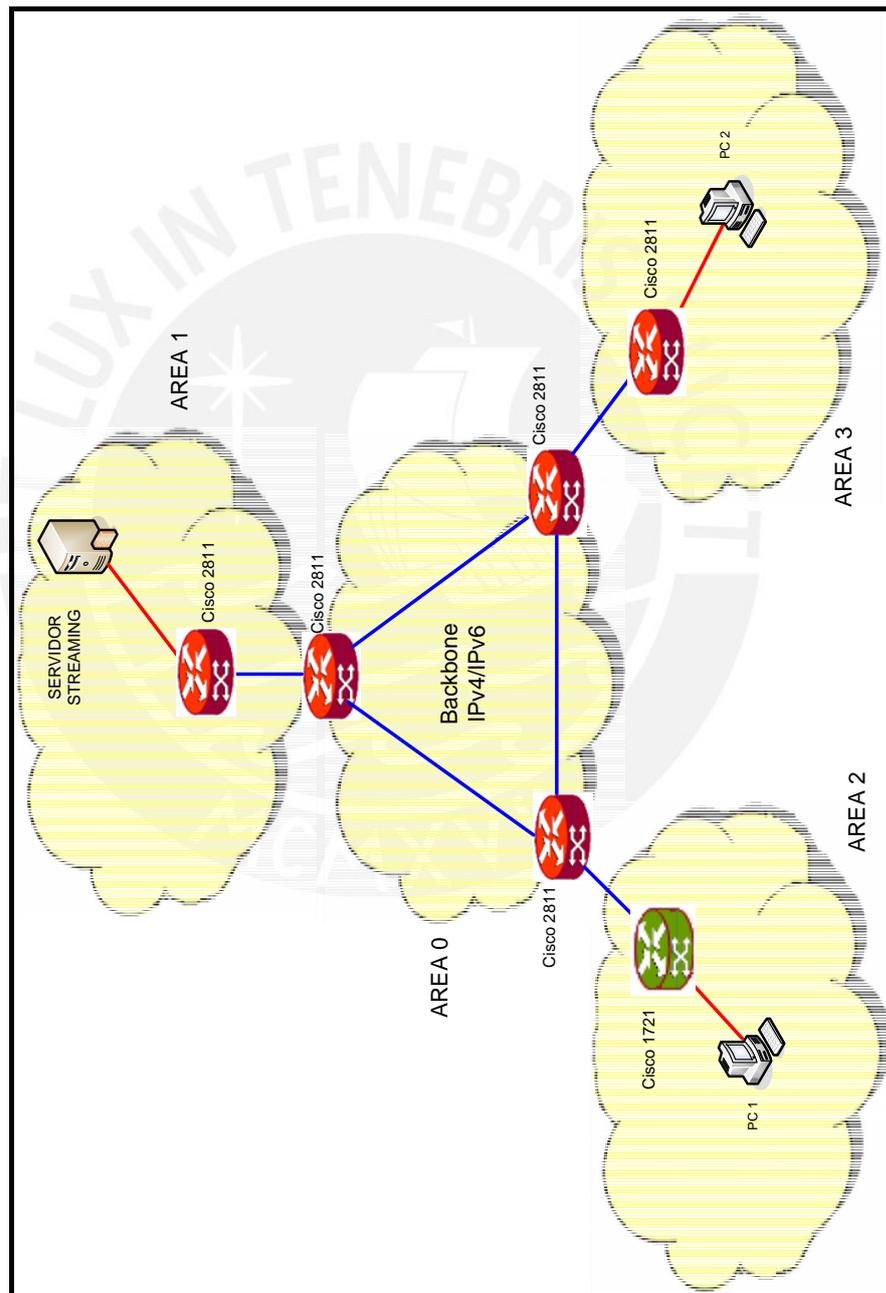


FIGURA 2.3: ESCENARIO DUAL STACK

## 2.2 REQUERIMIENTOS DE UNA RED VIDEO STREAMING UNICAST

La red de video *streaming* consta de algunos elementos básicos, el servidor de video, como el encargado de publicar los flujos multimedia, el cliente, como el receptor de estos flujos y la red, como la encargada del tráfico de los flujos multimedia. Existen tres tipos de tráfico: unicast, broadcast y multicast. Esta Tesis considera la primera de ellas.

### 2.2.1 Streaming Unicast

Este servicio consiste en enviar un stream multimedia desde el servidor de video a cada cliente que solicita un stream, desde una fuente única a una sola dirección IP destino, tal como se ilustra en la Figura 2.4. [ITV2002]

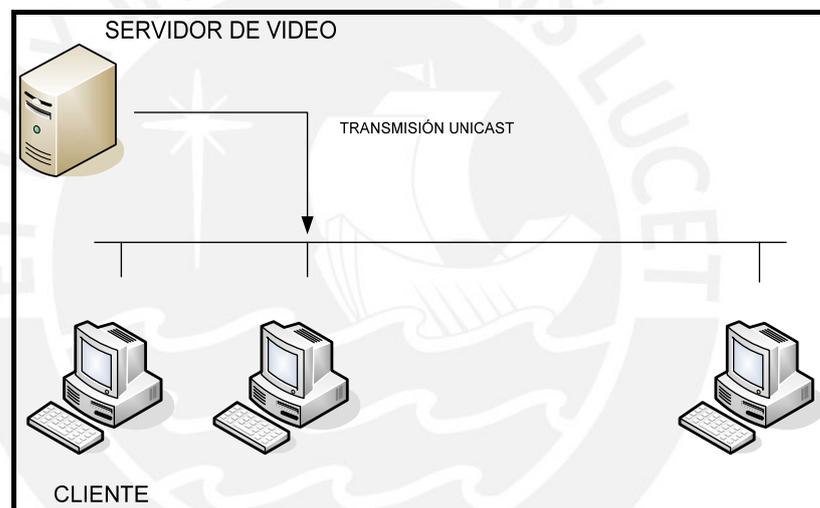
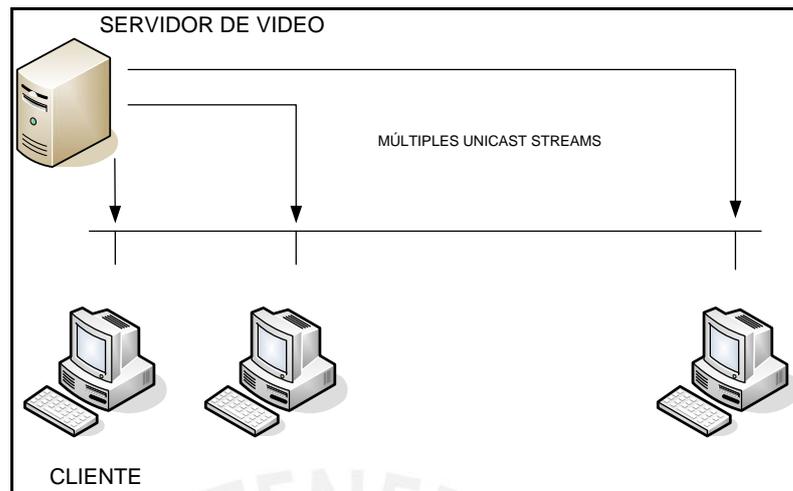


FIGURA 2.4: STREAMING UNICAST

Fuente : CISCO SYSTEMS "Cisco IP/TV Administration and Configuration Guide, Version 3.0". USA 2002  
[ITV2002]

**Nota :** Sin embargo, en el caso que una única fuente (servidor de video) y varios destinos (clientes), una fuente requiere enviar los mismos datos a dos o más direcciones de destino unicast, debe hacerlo por dos o más flujos multimedia, multiplicando por el número de destinos el ancho de banda de la red, tal y como se ilustra en la Figura 2.5. [ITV2002]

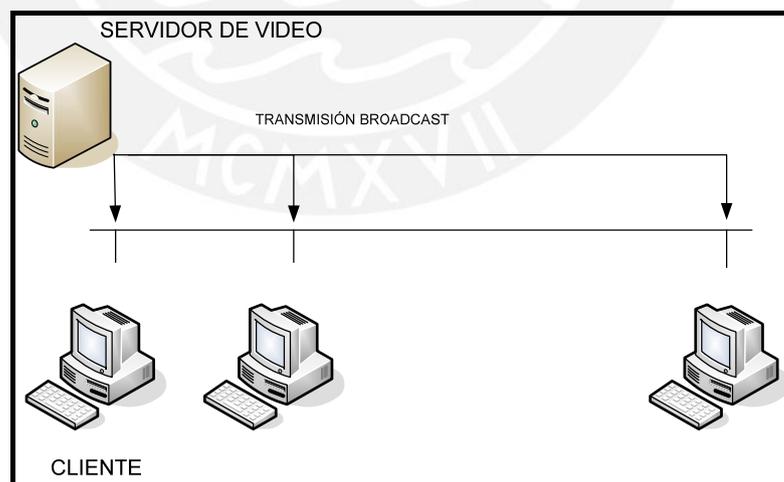


**FIGURA 2.5: MÚLTIPLES UNICAST STREAMS**

Fuente : CISCO SYSTEMS "Cisco IP/TV Administration and Configuration Guide, Version 3.0". USA 2002 [ITV2002]

### 2.2.2 Streaming Broadcast

Este servicio utiliza una dirección IP especial para enviar un único flujo multimedia a todos los clientes en la red local. Este servicio es muy utilizado en aplicaciones de radiodifusión, donde el cliente no tiene la opción de decidir si desea el flujo o no simplemente llega al cliente, tal como se ilustra en la Figura 2.6. [ITV2002]

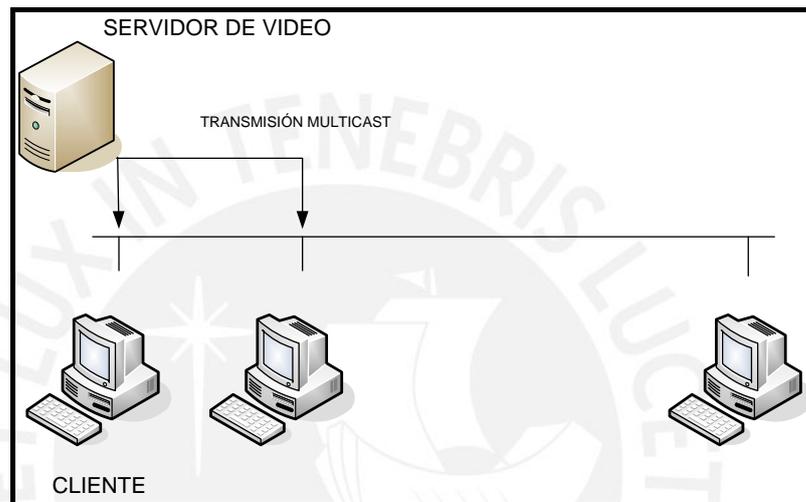


**FIGURA 2.6: STREAMING BROADCAST**

Fuente : CISCO SYSTEMS "Cisco IP/TV Administration and Configuration Guide, Version 3.0". USA 2002 [ITV2002]

### 2.2.3 Streaming Multicast

Este servicio es utilizado por los programas de transmisión de multidifusión, los cuales pueden llegar a un número ilimitado de clientes simultáneamente sin sobrecargar la red. En IPv4 se utiliza las direcciones de Clase D, por el contrario en IPv6 se utiliza la dirección multicast (uno-a-muchos) de prefijo FF00:: / 16 que es un identificador para un grupo de interfaces, tal como se ilustra en la Figura 2.7. [ITV2002]



**FIGURA 2.7: STREAMING MULTICAST**

Fuente : CISCO SYSTEMS "Cisco IP/TV Administration and Configuration Guide, Version 3.0". USA 2002 [ITV2002]

### 2.3 DIFERENCIAS ENTRE IPV4 E IPV6

En los tiempos de la creación de la Internet el protocolo IPv4 fue el más popular y utilizado, nadie imaginó la cantidad de usos que se le podía dar a este, ahora con las nuevas aplicaciones y los nuevos requerimientos han hecho que este protocolo de la década de los 80's no esté acorde con las nuevas necesidades sobretodo en el caso de estudio, la transmisión multimedia o video *streaming*. Para solucionar los problemas de IPv4 con las nuevas aplicaciones nace el protocolo IPv6 que resuelve las limitaciones de confiabilidad en la transmisión de información, además de incrementar la cantidad de direcciones IP aumentando el tamaño de las mismas de 32 bits a 128 bits, sin embargo existen diferencias sobre todo en la transmisión multimedia o video *streaming* que se deben analizar.

### 2.3.1 Arquitectura de una Red IPv4

La arquitectura del paquete IPv4 está conformada por la cabecera y la carga útil, la cabecera consta con 20 bytes fijos y 40 bytes opcionales, usualmente se tendría una cabecera de 20 bytes y en casos excepcionales podría llegar a 60 bytes, por lo cual se le denomina cabecera variable, tal como se observan en la Figura 2.8.

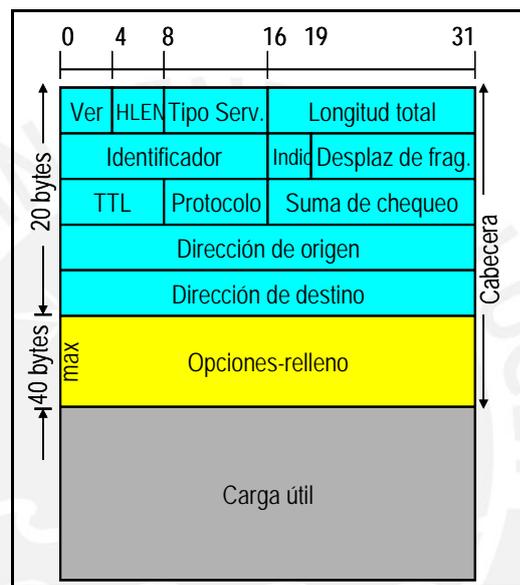
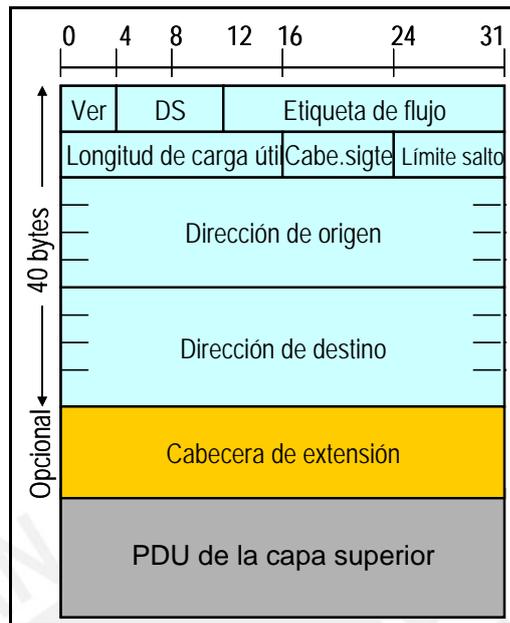


FIGURA 2.8: PAQUETE IPv4

Fuente: "Charla Tecnológica: Protocolo IPv6 y las redes académicas avanzadas"[DDA2007].

### 2.3.2 Arquitectura de una Red IPv6

La arquitectura IPv6 está conformada por una cabecera de 40 bytes fijos, una cabecera de extensión opcional que no es adicionada a la cabecera fija sino que se agrega a la carga útil en caso sea utilizada, tal como se observan en la Figura 2.9.



**FIGURA 2.9: PAQUETE IPv6**

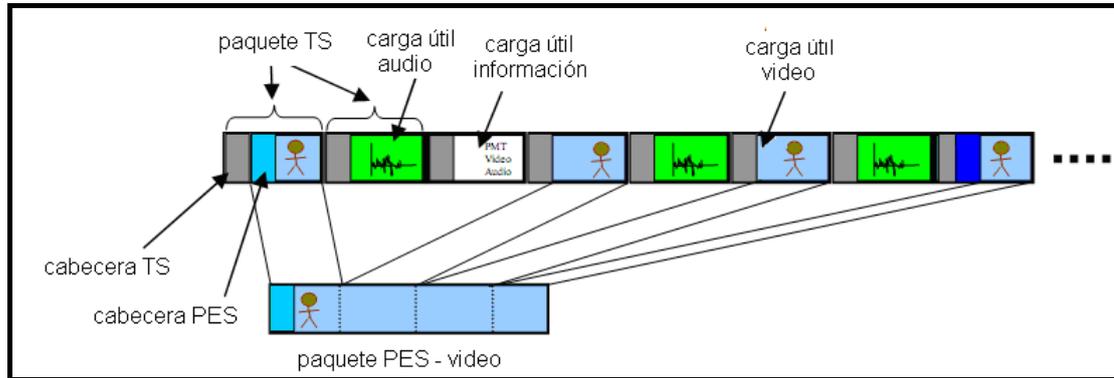
Fuente: "Charla Tecnológica: Protocolo IPv6 y las redes académicas avanzadas"[DDA2007].

### 2.3.3 Comparativa de performance entre IPv4 e IPv6

Para comparar la performance entre los protocolos IPv4 e IPv6 es necesario tomar en cuenta el tamaño de la cabecera del paquete de video *streaming* debido a que la carga útil es la misma si utilizamos el mismo archivo y códec, teniendo en cuenta que esta tesis evalúa las codificaciones MPEG-4 y H-264, teóricamente se tiene que MPEG-4 utiliza dos métodos para el transporte del *streaming*. Un método es utilizar el procedimiento basado en MPEG-2 TS, esto es debido a que el usuario está habituado a usar el MPEG-2 y sus técnicas de transporte, no está demás decir, que este método es bastante bueno y sobretodo muy usado. El segundo método es el utilizado por todas las codificaciones, es el más común y el original en el transporte del video multimedia para esto se utiliza el protocolo RTP y se denomina MPEG-4 SL. Finalmente también existen estadísticas hechas por CISCO de sus routers cuando se le aplican tráficos bidireccionales en sus interfaces de 100M, estos tráficos pueden ser IPv4, IPv6 o Dual Stack que se mencionaran más adelante.

#### 2.3.3.1 Paquetización MPEG-2 TS

La utilización del procedimiento MPEG-2 TS (transport streaming) como se observa en la siguiente Figura 2.10.



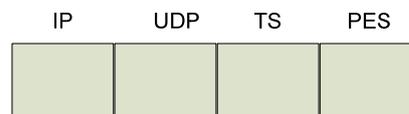
**FIGURA 2.10: PROCEDIMIENTO MPEG-2 TS**

Fuente: "White Paper – IP Streaming of MPEG-4: Native RTP vs MPEG-2 Transport Stream" [ABY2005].

Como se observa en la Figura 2.10, el procedimiento MPEG-2 TS utiliza paquetes TS (*TS packets*), estos paquetes TS son los transportadores del *stream (streaming transport)* los cuales constan de dos partes, cabecera y carga útil, la carga útil esta constituida por un fragmento del paquete PES (*packet esencial streaming*), este paquete PES contiene el video original antes de ser particionado, para luego ser transportado por varios paquetes TS, así se obtienen paquetes TS de menor tamaño por los cuales se transportan partes del video, audio e información que se requiera enviar al cliente. Pero como se observa en la Figura 2.10, mientras más grande sea el paquete PES van a existir mas paquetes TS y por lo cual mayor cantidad de cabeceras TS incrementando el tamaño de la cabecera del paquete IP.

El procedimiento MPEG-2 TS, puede ser aplicado solo utilizando como transporte el protocolo UDP o el protocolo RTP, de este argumento se desprende dos casos de cómo quedaría la cabecera IP :

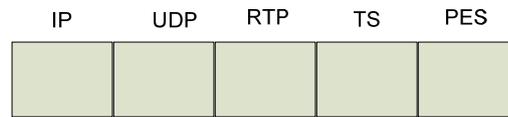
**Caso 1**



**FIGURA 2.11: CABECERA IP/UDP/TS/PES**

En el caso 1 se utiliza el protocolo UDP como transporte, en la Figura 2.11 se observan los campos utilizados por la cabecera, tomando en cuenta que la cabecera PES es una por cada paquete PES, mientras que la cabecera TS pueden ser mas de una debido a las particiones que tenga el paquete PES.

**Caso 2**

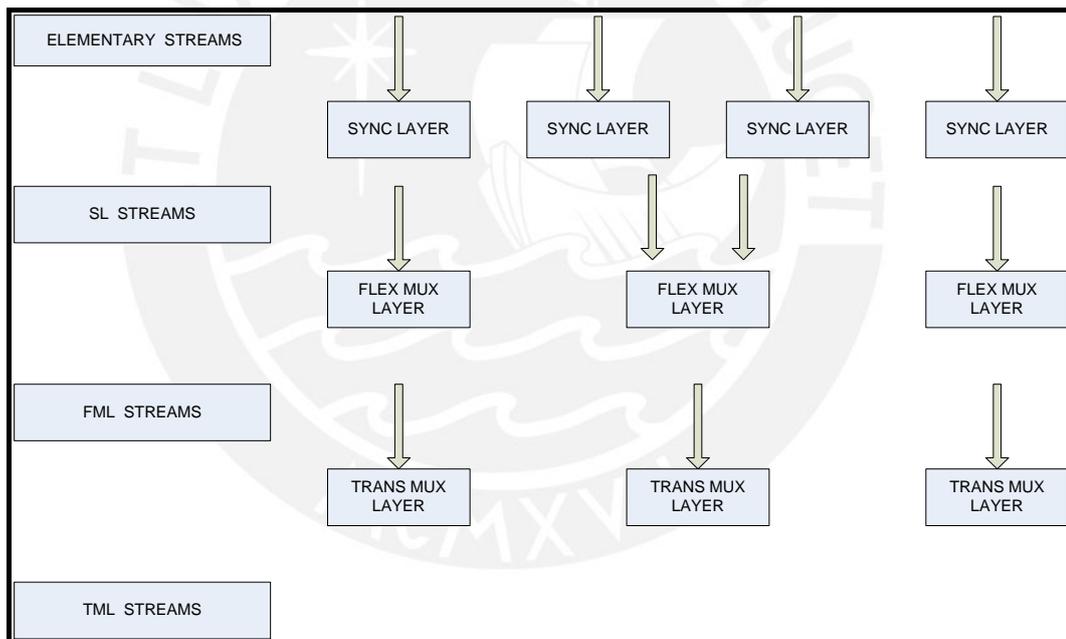


**FIGURA 2.12: CABECERA IP/UDP/RTP/TS/PES**

En el caso 2 utiliza el protocolo RTP como transporte, como se observa en la Figura 2.12 el tamaño de la cabecera IP se incrementa al incluir la cabecera del protocolo RTP. [ABY2005]

**2.3.3.2 Paquetización MPEG-4 SL**

Este procedimiento llamado MPEG-4 SL, gráficamente se observa en la Figura 2.13 de la siguiente manera :



**FIGURA 2.13: PROCEDIMIENTO MPEG-4 SL**

Fuente: "MPEG-4 Primer" [CPM2001].

Como se observa en la Figura 2.13, existe un *stream* básico o elemental, este paquete contiene todo el paquete de video antes de ser multiplexado o dividido, aquí es donde aplicamos el procedimiento MPEG-4 SL, el cual particiona el paquete ES (*elementary stream*) en subpaquetes, luego estos subpaquetes son mapeados por un reloj. A esta parte de la sincronización se le denomina capa de sincronización (*Sync Layer*), seguidamente se multiplexan y se transportan, este procedimiento es muy parecido al

MPEG-2 TS, pero a comparación del anterior este usa el protocolo RTP, por lo que es comparable con el del Caso 2. [CPM2001]

### 2.3.3.3 Estadísticas CISCO

Hasta ahora se han visto los dos procedimientos de transporte que utiliza el MPEG-4 pero también hay que tener en cuenta que las diferencias entre los protocolos IPv4, IPv6 y *Dual Stack*, también existen a nivel de los equipos, en este caso el router CISCO. ¿Cómo un router trata un paquete IPv4 en comparación a un paquete IPv6 ?, para esto CISCO proporciona un test y obtiene estadísticas que se muestran a continuación sobre todo en el router utilizado en esta tesis como es el CISCO 2811.

En la siguiente Figura 2.14, se describen las características del router (DUT) el CISCO 2811

DUT	Software	Model	Processor Board ID	CPU	Midplane	FastEthernet/ Gigabit Interface(s)	NVRAM
1841	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cisco IOS</li> <li>- 1841 (C1841-ADVENTERPRISEK9-M)</li> <li>- Version 12.4(11)T</li> <li>- RELEASE (fc2)</li> </ul>	Revision 5.0 with 355328K/37888K bytes of memory	FTX0934W0MF	NA	NA	2/NA	191K bytes
2811	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cisco IOS</li> <li>- 2800 (C2800NM-ADVENTERPRISEK9-M)</li> <li>- Version 12.4(11)T</li> <li>- RELEASE (fc2)</li> </ul>	Revision 53.51 with 774144K/12288K bytes of memory	FTX1020A0HY	NA	NA	2/NA	239K bytes

**FIGURA 2.14: CUADRO DESCRIPTIVO DEL ROUTER CISCO 2811**

Fuente: "White Paper: Performance-Comparison Testing of IPv4 and IPv6 Throughput and Latency on Key Cisco Router Platforms" [CIS2007].

En la siguiente Figura 2.15 se describe la configuración de los diferentes tráficos en porcentaje ingresados al router, por ejemplo en la configuración 100-0, el 100% del tráfico será netamente IPv4 y el 0% del tráfico será IPv6 así estaremos frente a una configuración de red IPv4. [CIS2007]

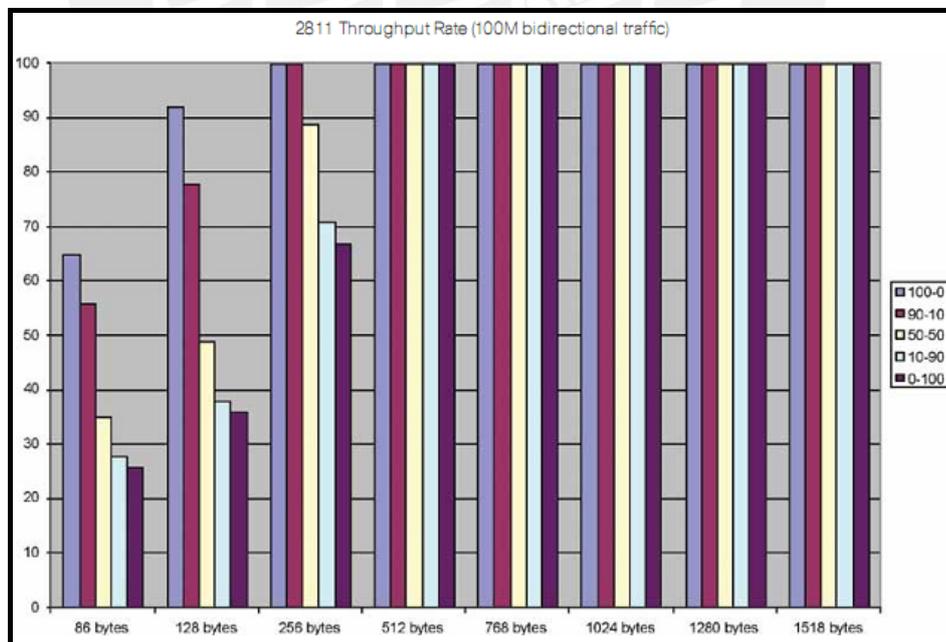
Configuration	Translation
100-0	100% IPv4 traffic 0% IPv6 traffic
90-10	90% IPv4 traffic 10% IPv6 traffic
50-50	50% IPv4 traffic 50% IPv6 traffic
10-90	10% IPv4 traffic 90% IPv6 traffic
0-100	0% IPv4 traffic 100% IPv6 traffic

**FIGURA 2.15: CONFIGURACIÓN DE LOS DIFERENTES TRAFICOS**

Fuente: “White Paper: Performance-Comparison Testing of IPv4 and IPv6 Throughput and Latency on Key Cisco Router Platforms” [CIS2007].

**a) Throughput en el CISCO 2811**

En la siguiente Figura 2.16 se muestra el tráfico bidireccional en 100M a través de la interfaz Ethernet.



**FIGURA 2.16: CUADRO ESTADISTICO DEL TROUGHPUT CON RESPECTO A LOS DIFERENTES TRAFICOS**

Fuente: “White Paper: Performance-Comparison Testing of IPv4 and IPv6 Throughput and Latency on Key Cisco Router Platforms” [CIS2007].

La leyenda de la derecha nos indica el porcentaje de tráfico utilizado como se mencionó en el ejemplo anterior sería 100% IPv4 y 0% IPv6 con respecto a la primer barra de color púrpura, luego el eje vertical muestra el porcentaje del throughput y el eje horizontal muestra el tamaño del paquete en bytes. Se resume en la siguiente tabla como se observa en la Figura 2.17.

Frame Size (bytes)	Rel Max Throughput (%) 90% IPv4 / 10% IPv6	Rel Max Throughput (%) 50% IPv4 / 50% IPv6	Rel Max Throughput (%) 10% IPv4 / 90% IPv6	Rel Max Throughput (%) 0% IPv4 / 100% IPv6
86	86.15384615	53.84615385	43.07692308	40
128	84.7826087	53.26086957	41.30434783	39.13043478
256	100	89	71	67
512	100	100	100	100
768	100	100	100	100
1024	100	100	100	100
1280	100	100	100	100
1518	100	100	100	100

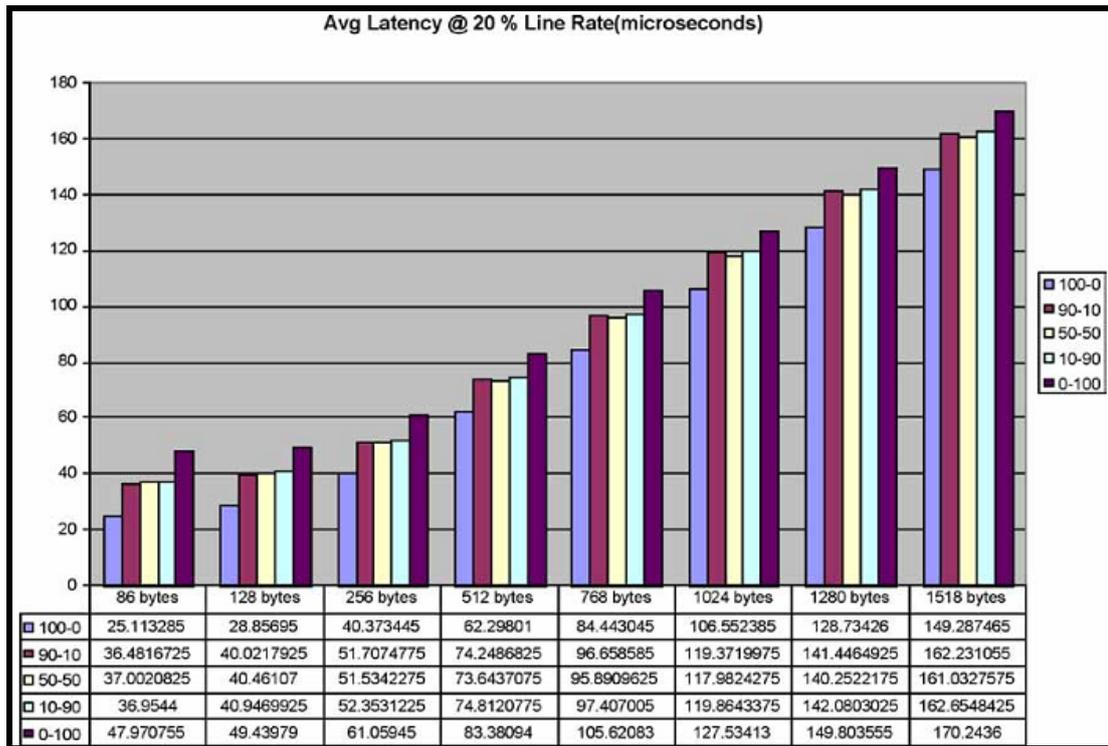
**FIGURA 2.17: CUADRO COMPARATIVO ENTRE LOS DIFERENTES TRAFICOS Y TAMAÑO DE PAQUETES**

Fuente: "White Paper: Performance-Comparison Testing of IPv4 and IPv6 Throughput and Latency on Key Cisco Router Platforms" [CIS2007].

Se observa en esta tabla que cuando el paquete es pequeño menor a 256 bytes y el tráfico es exclusivamente IPv4, el throughput es mayor ante un tráfico IPv6, y en el caso de un tráfico IPv4/IPv6 (50-50) el valor es un casi un promedio de ambos. Cuando el tráfico es mayor a 256 bytes, en tráfico en todos los casos es el máximo. [CIS2007]

#### b) Latencia en el CISCO 2811

En la siguiente Figura 2.18 se observa un cuadro estadístico con la latencia medida en microsegundo sobre la interfaz 100M con un tráfico bidireccional.



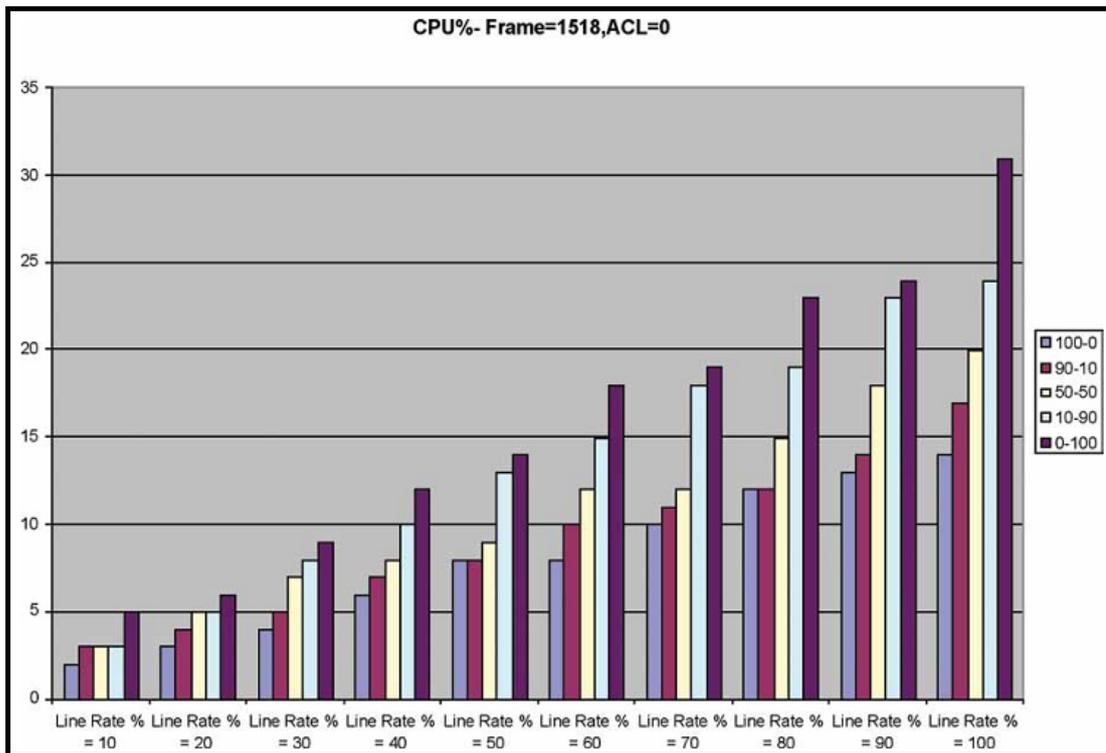
**FIGURA 2.18: CUADRO ESTADISTICO DE LA LATENCIA CON RESPECTO A LOS DIFERETES TRAFICOS**

Fuente: “White Paper: Performance-Comparison Testing of IPv4 and IPv6 Throughput and Latency on Key Cisco Router Platforms” [CIS2007].

Se observa que la latencia se incrementa con el aumento del tamaño del paquete, ya se ha mencionado el uso de la leyenda de la derecha con respecto al porcentaje del tráfico IPv4 e IPv6, lo nuevo en este cuadro es el eje vertical que nos muestra el tiempo en microsegundos y el cuadro donde se colocan los tiempos exactos alcanzado por cada barra. Se observa que la latencia siempre es mayor en el caso del tráfico exclusivamente IPv6 con respecto a los otros tráficos IPv4 (100-0) y tráficos IPv4/IPv6(50-50). [CIS2007]

**c) Utilización de la CPU, CISCO 2811**

En la siguiente Figura 2.19 se muestra un cuadro estadístico del uso del CPU a medida que aumenta la tasa de tráfico IPv4 e IPv6.



**FIGURA 2.19: CUADRO ESTADISTICO DEL USO DE LA CPU CON RESPECTO A LOS DIFERENTES TRAFICOS**

Fuente: "White Paper: Performance-Comparison Testing of IPv4 and IPv6 Throughput and Latency on Key Cisco Router Platforms" [CIS2007].

Se observa en la figura 2.19 que el uso de la CPU se incrementa con el aumento del tráfico en todas las configuraciones, cuando se trabaja con un tráfico exclusivamente IPv4 (100-0) el uso de la CPU es aceptable a diferencia del caso IPv6 (0-100), donde el uso de la CPU es bastante alto, en lo que respecta al caso IPv4/IPv6 o Dual Stack (50-50) el uso de la CPU se encuentra en un intermedio ante las otras configuraciones. [CIS2007]

### 2.3.4 Conclusión teórica

Teóricamente ya se puede dilucidar algunas ideas de la performance entre IPv4 e IPv6, para ello tomamos como ejemplo el procedimiento MPEG-2 TS y observaremos las cabeceras de un paquete de video *streaming* en IPv4 e IPv6 comparando el tamaño de ambas.

La siguiente Tabla 2.1, nos muestra el tamaño de las cabeceras:

**TABLA 2.1: TAMAÑO EN BYTES DE LA CABECERA DEL PAQUETE STREAMIG**

Fuente: "White Paper – IP Streaming of MPEG-4: Native RTP vs MPEG-2 Transport Stream" [ABY2005].

Paquetización	Tamaño de la cabecera
IPv4 / IPv6	20 / 40
UDpv4 / UDpv6	8 / 32
RTP	12
TS	4
PES	6

En esta Tabla 2.1, se observa cuanto puede variar el rendimiento de una red cuando se ven incrementadas las cabeceras de un paquete IP. Se conoce que una trama ethernet tiene un MTU de 1500 bytes (Máxima Unidad de Transmisión) entonces dividiendo  $1500/180$  tenemos aproximadamente 7 paquetes TS aproximadamente resultado de una simple división, así se puede calcular rápidamente la diferencia entre los protocolos IPv4 e IPv6 solo con la siguiente relación respecto a las cabeceras, la cabecera IPv4 tendría :  $20(\text{IPv4}) + 8(\text{UDpv4}) + 12(\text{RTP}) + 7 \times 4(\text{TS}) + 6(\text{PES}) = 74$  bytes, con respecto a la cabecera IPv6 se tendría :  $40(\text{IPv6}) + 32(\text{UDpv6}) + 12(\text{RTP}) + 7 \times 4(\text{TS}) + 6(\text{PES}) = 118$  bytes, todo esto dado que se utiliza el mismo codec MPEG-4 con el procedimiento MPEG-2 TS.

Teniendo en cuenta que la carga útil es la misma para ambos protocolos IPv4 e IPv6, la cabecera tendrá un tamaño diferente, en el caso de IPv4 será de 74 bytes y en IPv6 será 118 bytes aproximadamente un 30% mas, esto con respecto a la cabecera. Ahora observando los cuadros de tráfico donde se muestran el throughput y la latencia; el throughput se muestra a favor del protocolo IPv4 en paquetes pequeños pero en paquetes grandes no hay diferencia, es decir si se tiene un video pequeño y por software hacemos que el servidor de video entregue paquetes pequeños se observara la diferencia en el throughput entre IPv4 e IPv6. En los cuadros de latencia nos muestra algo similar, hay que tomar más atención en las estadísticas de 50% IPv4 y 50%IPv6 para un escenario Dual Stack y los extremos 100% IPv4 y 100%IPv6 para tener un mejor criterio en la discusión de la performance, con esto se observa que, en un escenario Dual Stack la latencia incrementa con el aumento del tamaño del paquete, pero en un escenario IPv4 la latencia siempre es menor que en un escenario IPv6. Finalmente en el cuadro de utilización de la CPU del router se observa que en los casos de un escenario Dual Stack y IPv6, la CPU del router trabaja más que en un escenario IPv4; con todos estos cálculos respecto a las cabeceras y cuadros estadísticos del

rendimiento del router se puede decir teóricamente que una red IPv4 tiene la mejor opción, pero una red Dual Stack también será la mejor opción frente a una red IPv6. Al parecer la Dual Stack por usar la red IPv4 y con ella su mejor performance, ayuda a que esta tenga un mejor rendimiento que en una red netamente IPv6, definitivamente esta apreciación es solo teórica, será reforzada o rechazada en el siguiente capítulo donde se harán las pruebas en los escenarios ya mencionados.



## ***CAPITULO III: Diseño de la Red IPv4, IPv6, Dual Stack***

Este capítulo recopila algunas diferencias teóricas entre los paquetes IPv4 e IPv6, que servirán como marco teórico en la discusión sobre rendimiento de la red ya sea IPv4, IPv6 o Dual Stack, cuando es utilizada como vía de transporte del video *streaming*. Se mostrará también de la implementación del software en el servidor y cliente en una red de video *streaming*, finalmente se mostrará la implementación de la red propiamente dicha que será utilizada para las pruebas a realizar en el siguiente capítulo.

### **3.1 IMPLEMENTACIÓN DEL VIDEO STREAMING SOBRE LA RED IPV4, IPV6 Y DUAL STACK**

Para la implementación del video *streaming* sobre los diferentes escenarios IPv4, IPv6 y Dual Stack, se necesita primero escoger el protocolo de enrutamiento, se mencionó al protocolo OSPF, pero además tenemos al protocolo RIP, bastante usado en las redes WAN, la diferencia entre ambos está en que el protocolo RIP busca la ruta más corta por la cantidad de saltos y OSPF por el costo que asigna a cada enlace WAN, este costo usa el ancho de banda como variable principal, como el ancho de banda se puede modificar, se podrán enrutar los paquetes administrando así mejor la red, además que siempre busca el enlace mas óptimo con mayor ancho de banda, lo contrario al protocolo RIP que si encuentra una ruta con menos saltos a su destino la toma sin importar el ancho de banda que esta tenga. Para llevar a cabo la gestión de la red el protocolo OSPF define áreas, en el escenario de la Figura 3.1 se muestran 4 áreas, el área 0 es la principal conformada por el backbone y las otras 3 áreas las conforman cada una de las redes que se intercomunican a través del backbone o área 0, este escenario está creado para que el protocolo OSPF pueda crear una tabla de enrutamiento dinámico y sobretodo lo hará tanto para IPv4, como para IPv6. En las redes académicas se utilizan tanto el protocolo de enrutamiento RIP como OSPF en sus diferentes versiones aplicadas tanto para IPv4 e IPv6, como por ejemplo La RAAP. [RAA2006]

Con el fin de diferencian los routers se utilizan dos colores, el color verde para los routers que soportan IPv4 (router CISCO 1721) y el color rojo para los routers que soportan IPv4 e IPv6 (router CISCO 2811). Para los enlaces WAN en IPv4 se tiene el prefijo de red 210.5.5.0/27 y en IPv6 se tiene el prefijo de red 2001:13:50:5555::1c0/123. Como se observa en la siguiente Figura 3.1.

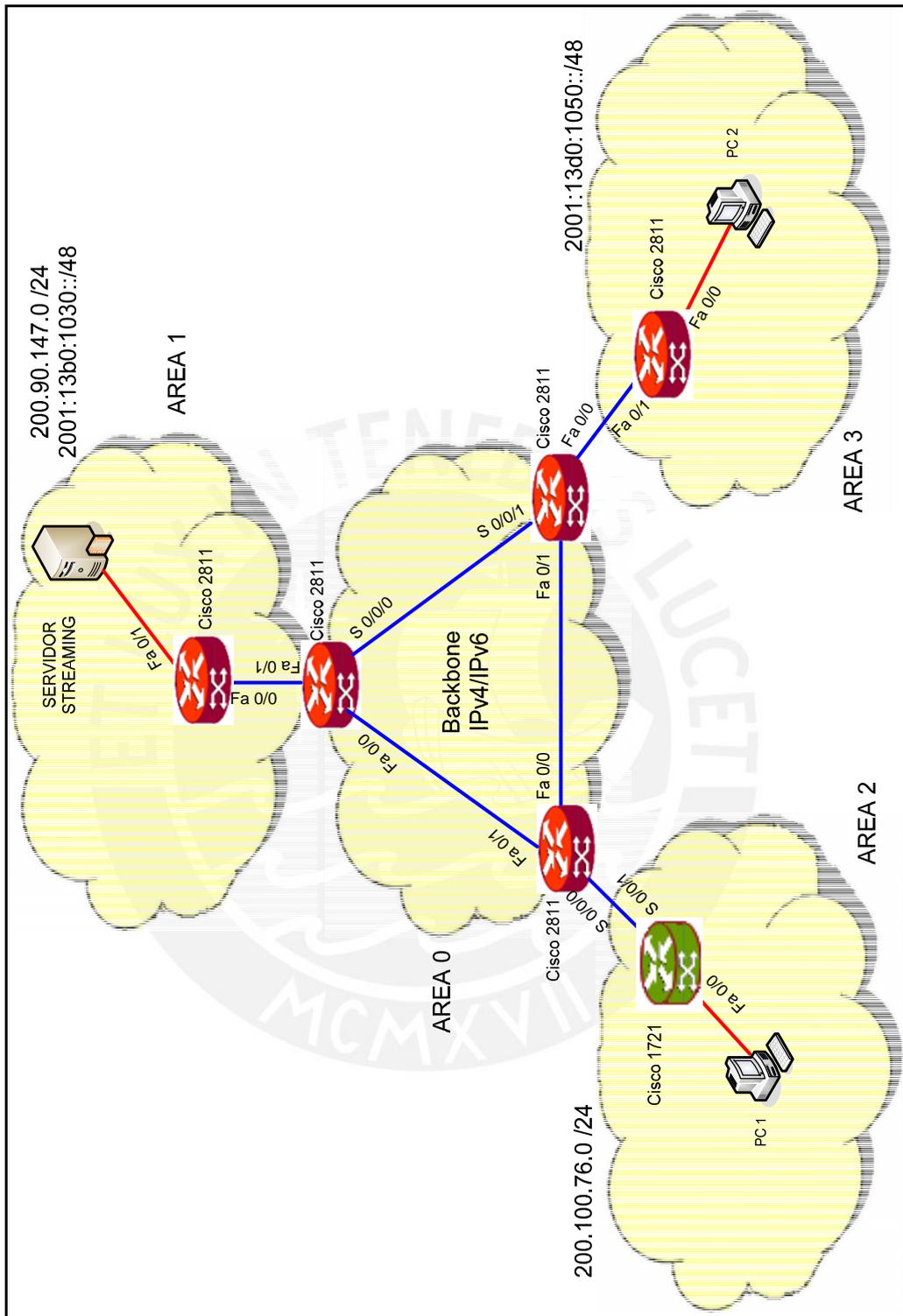


FIGURA 3.1: RED DE PRUEBA

En la Figura 3.2, se muestra el escenario de la red, donde se observa el backbone IPv4/IPv6 y tres redes LAN, una con el Servidor Streaming Darwin (DSS), y dos redes

Lan con sus clientes IPv4 y IPv6, bajo el protocolo de enrutamiento OSPF, por lo que se divide las redes en áreas de 0 a 3.

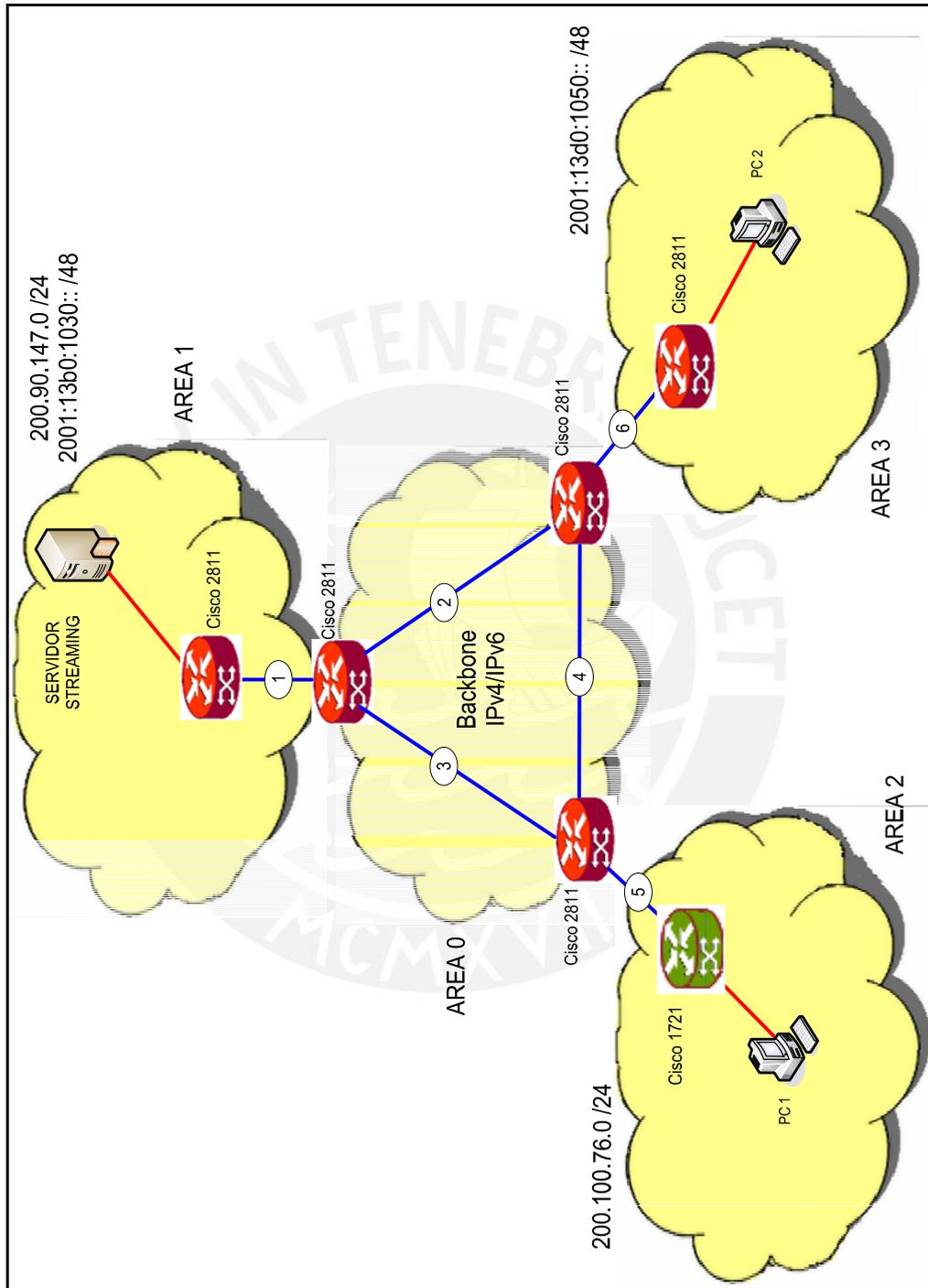


FIGURA 3.2: SUBNETEO DE LA RED DE PRUEBA

La Figura 3.1, como en la Tabla 3.1 muestra el subneteo de las WAN's para la implementación del escenario IPv4 e IPv6, de manera que se pueda entender mejor el esquema de pruebas propuesto.

**TABLA 3.1: CUADRO CON LAS DIRECCIONES WAN's DE LA RED DE PRUEBA**

WAN	IPv4	IPv6
WAN 1	210.5.5.4/30	2001:13:50:5555::1c4/126
WAN 2	210.5.5.8/30	2001:13:50:5555::1c8/126
WAN 3	210.5.5.12/30	2001:13:50:5555::1cc/126
WAN 4	210.5.5.16/30	2001:13:50:5555::1d0/126
WAN 5	210.5.5.20/30	2001:13:50:5555::1d4/126
WAN 6	210.5.5.24/30	2001:13:50:5555::1d8/126

La Figura 3.3 y la Figura 3.4, muestran las direcciones IPv4 e IPv6 asignadas a cada interfaz de los routers con la finalidad de realizar las configuraciones correspondientes de cada interfaz, para luego empezar con la primera prueba que siempre se debe realizar cuando se implementa una red, como es la verificación de la conectividad entre un router y sus routers adyacentes, luego de haber culminado con la verificación de conectividad, se procede con la configuración de los routers cisco 2800 y cisco 1700 con el respectivo protocolo de enrutamiento (OSPF), para la construcción de rutas por las cuales los paquetes viajarán de un router a otro lejano.

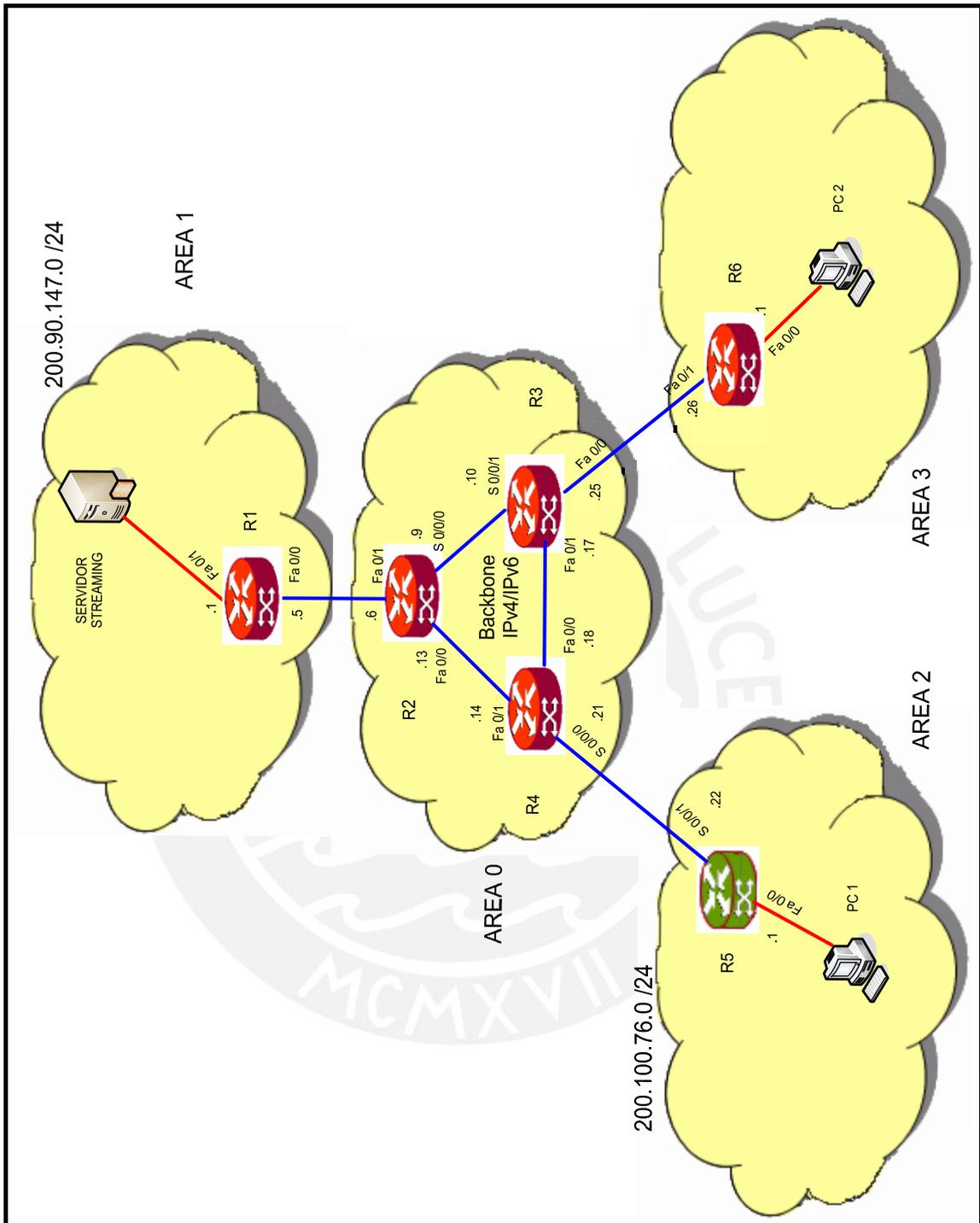


FIGURA 3.3: RED DE PRUEBA CON DIRECCIONES IPv4

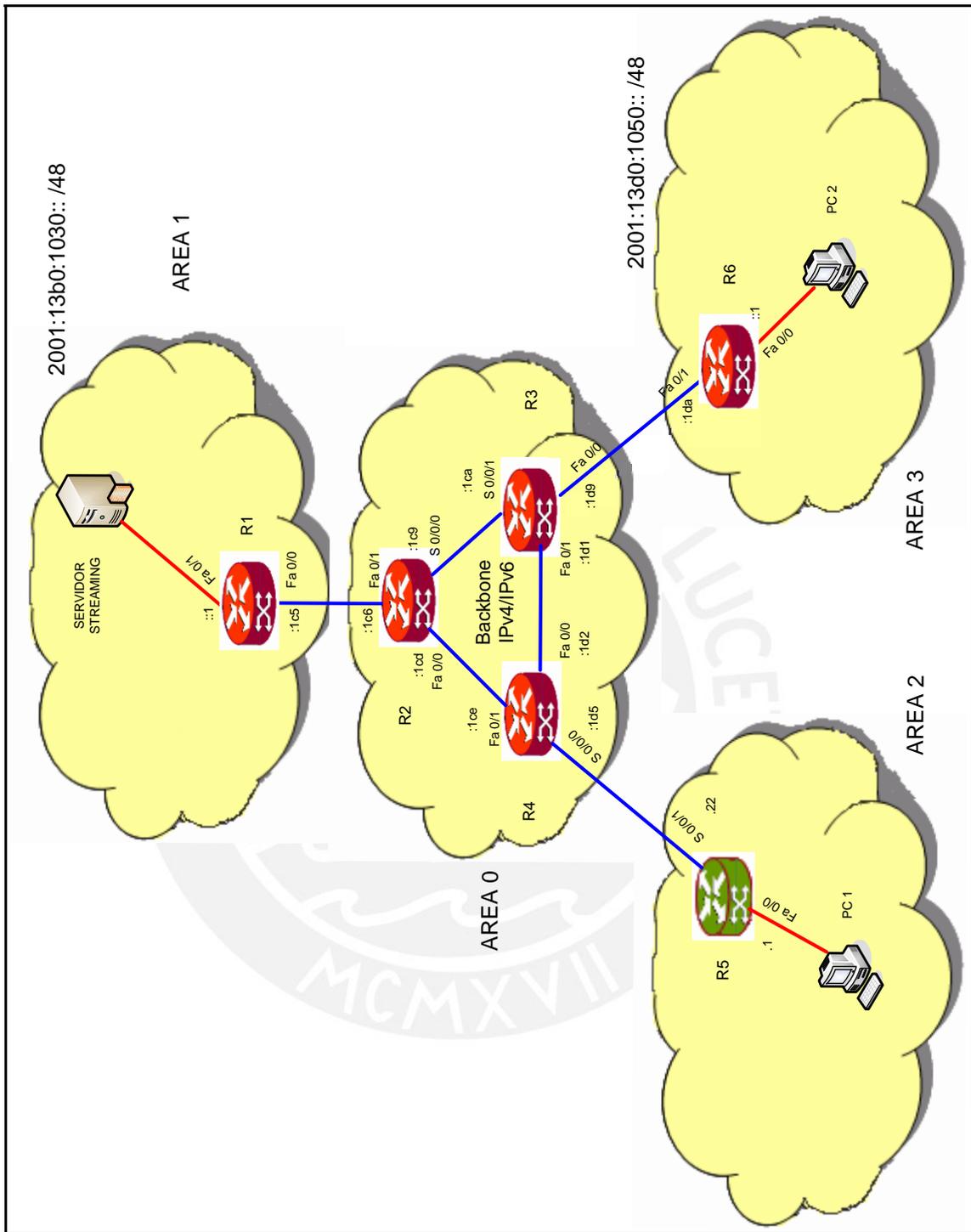


FIGURA 3.4: RED DE PRUEBA CON DIRECCIONES IPv6

### 3.3 IMPLEMETACIÓN DEL SERVIDOR Y CLIENTE DE VIDEO STREAMING

La implementación del servidor de video *streaming* en esta Tesis se encuentra bajo un sistema operativo basado en Linux, mientras que el cliente tiene como sistema operativo Windows o Linux según sea el requerimiento.

Para implementar el servidor tenemos dos programas, el VLC (Video Lan Client) en modo servidor y el DSS (Darwin Server Streaming), el primero será utilizado para las redes IPv6 y Dual Stack, el segundo para la red IPv4. En el cliente también se tiene dos programas para recepcionar el flujo multimedia, el VLC tiene como receptor al programa VLC (Video LAN Client) en modo cliente y el DSS tiene como programa receptor al Quick Time, estos dos últimos pueden ser usados en un entorno Windows, que es lo más común en los clientes pero también se puede dar el caso en Linux si así se requiera.

#### 3.3.1 Implementación del servidor de video

La implementación del servidor de video *streaming* se puede llevar acabo usando diferentes software, en esta tesis se utilizarán los dos más comúnmente utilizados, uno de ellos es el VLC en modo servidor y el otro es el DSS, cabe resaltar que en esta Tesis se utilizará en VLC en sus dos modos como servidor y como cliente.

##### 3.3.1.1 Servidor Streaming VLC

El programa VLC es utilizado comúnmente para el cliente pero tiene la versatilidad de cambiarse a modo servidor, utilizando los siguientes pasos: [VLC2005]

1.- Se ejecuta el programa VLC

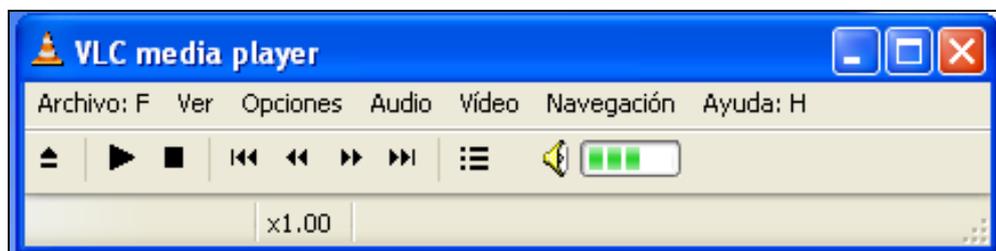


FIGURA 3.5: PASO 1, SERVIDOR VLC

2.- Luego ingresar, Abrir Archivo...:F

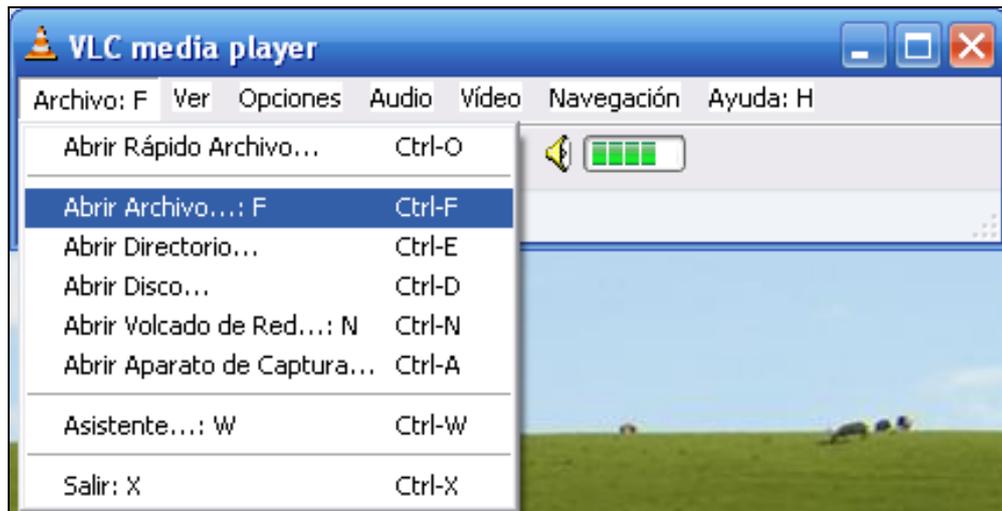


FIGURA 3.6: PASO 2, SERVIDOR VLC

3.- En la ventana Archivo, se escoge el video a difundir y luego se activa el check en Volcado/Salvar donde encontraremos las opciones para el envío del *streaming*.

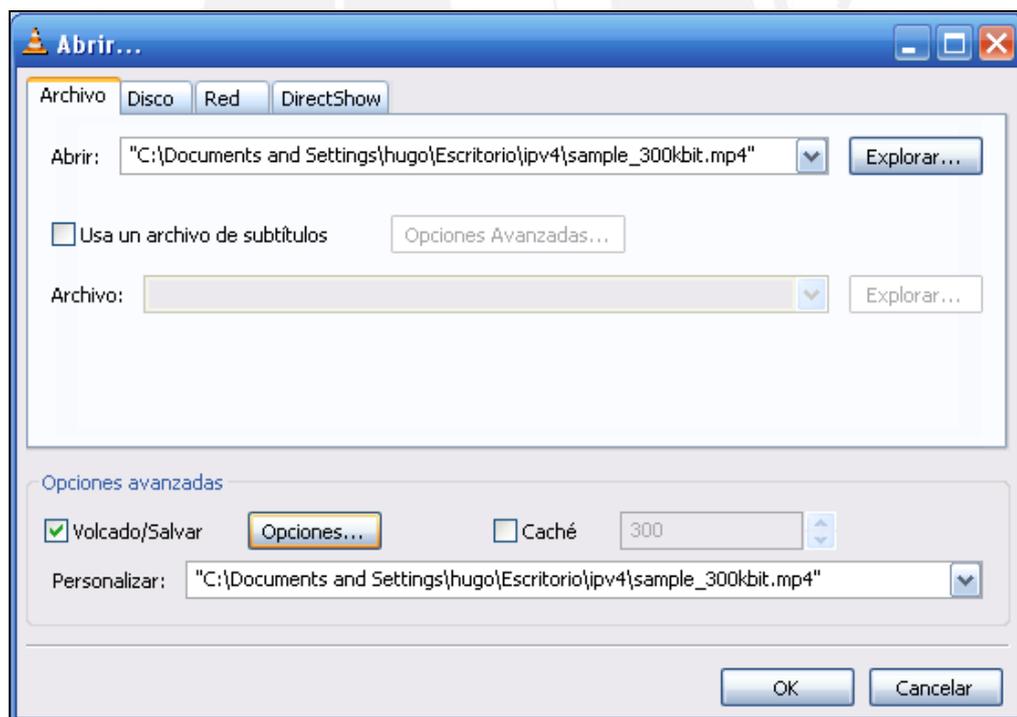


FIGURA 3.7: PASO 3, SERVIDOR VLC

4.- Al ingresar a Opciones..., hacer check en RTP que es el protocolo de transporte a usar, donde se ingresará la dirección destino IPv4 o IPv6 como se muestran en las imágenes a continuación, también se debe escoger el método de encapsulamiento en

este caso MPEG TS, finalmente se escoge la codificación del video a enviar MP4V o H264.

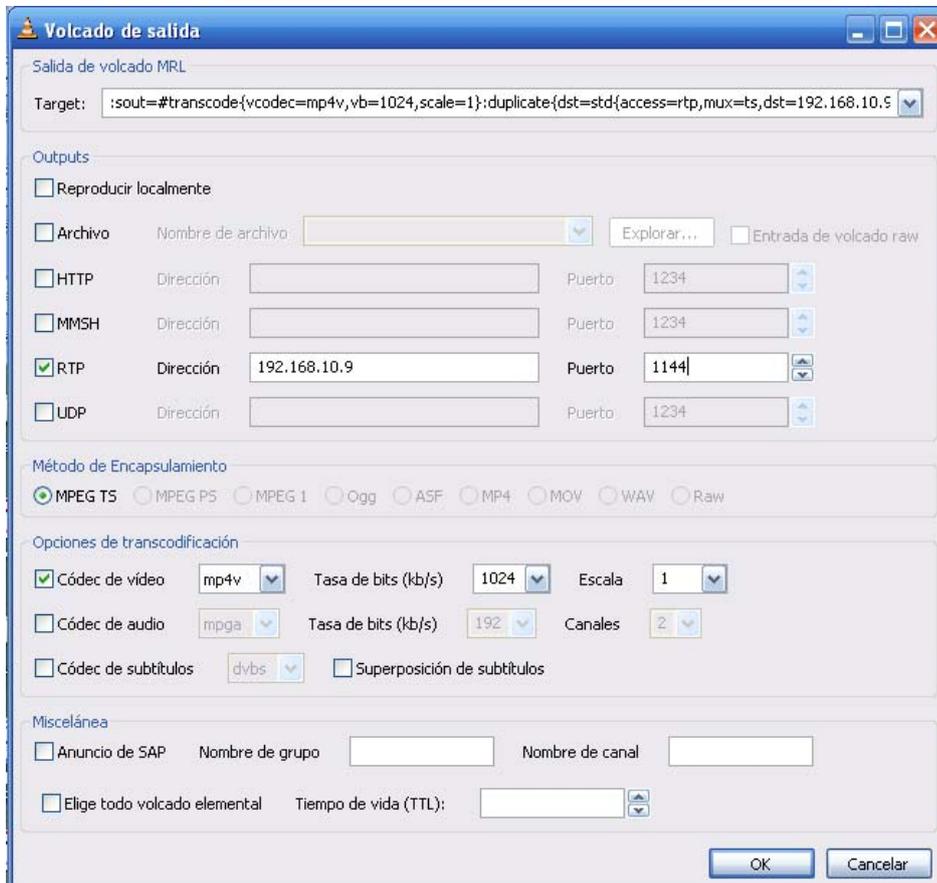


FIGURA 3.8: PASO 4, SERVIDOR VLC CON IPv4

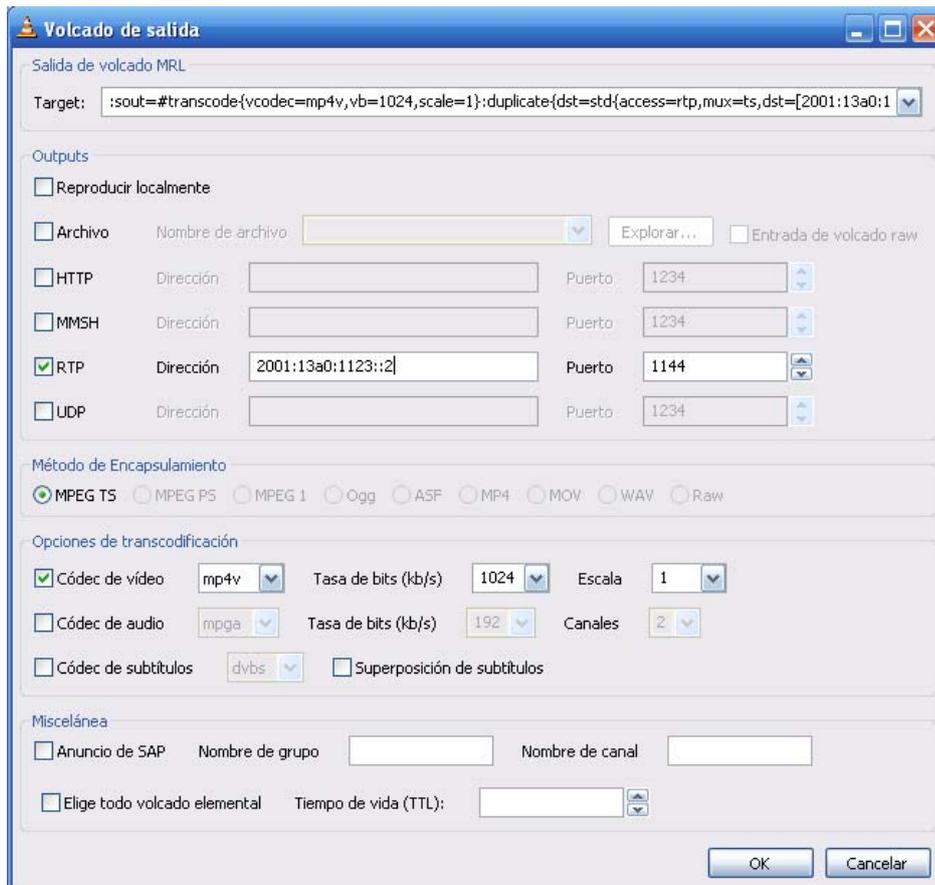


FIGURA 3.9: PASO 4, SERVIDOR VLC CON IPv6

5.- Finalmente hacer Click en OK, quedando el servidor VLC en ejecución, como se muestra en la siguiente figura.

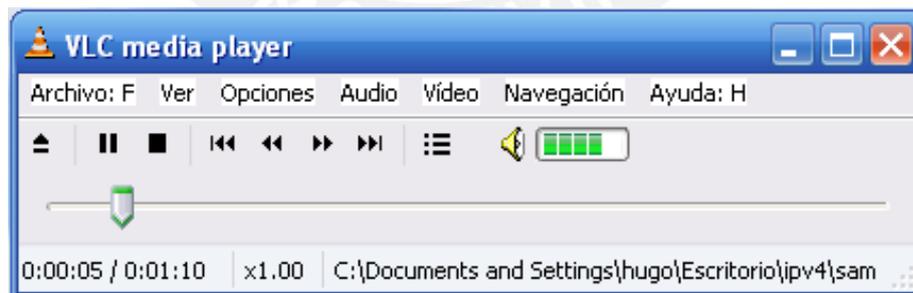


FIGURA 3.10: PASO 4, SERVIDOR VLC

### 3.3.1.2 Servidor *Streaming* DSS

El programa DSS (Darwin *Streaming* Server) permite tener una interfaz gráfica práctica y fácil de ejecutar, los pasos a seguir para la instalación sobre Ubuntu 9.04 están descritos

en los anexos, luego de esto, para la configuración son descritos a continuación:  
[LIM2005]

1.- Para ejecutar el programa primero se debe ingresar a la carpeta /sbin y ejecutar el proceso Streamingadminserver.pl, luego se le invoca por WEB como servidor (<http://localhost:1220/>), se ingresa el User Name y el Password seteados al instalar el DSS.

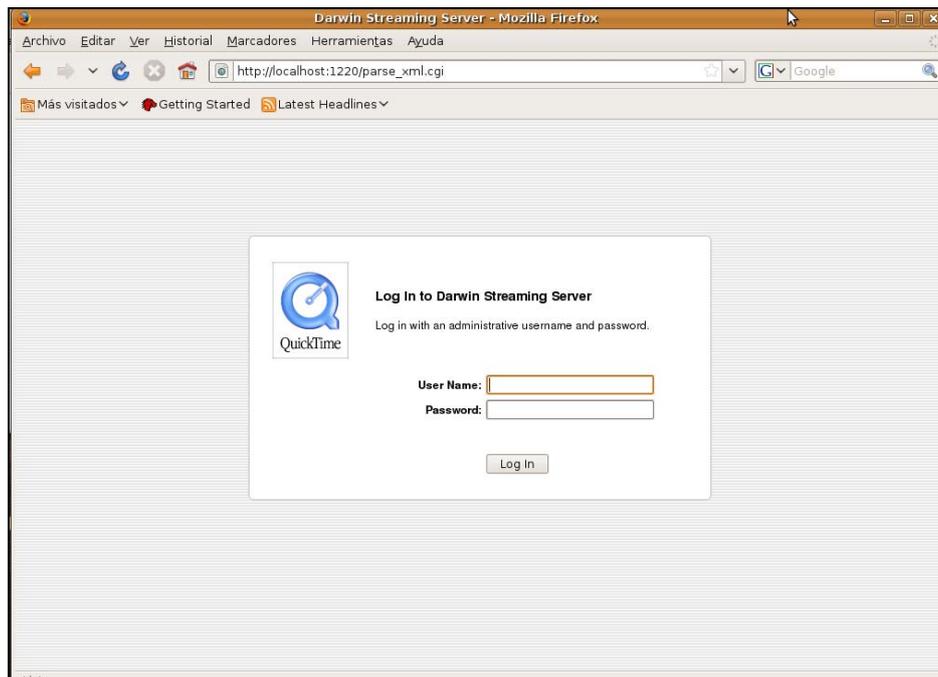


FIGURA 3.11: PASO 1, SERVIDOR DSS

2.- Luego de validarse se muestra una interfaz muy amigable, donde el administrador puede poner los videos *streaming* que requiera difundir. Este recuadro llamado Playlists muestra el video o los videos a difundir.

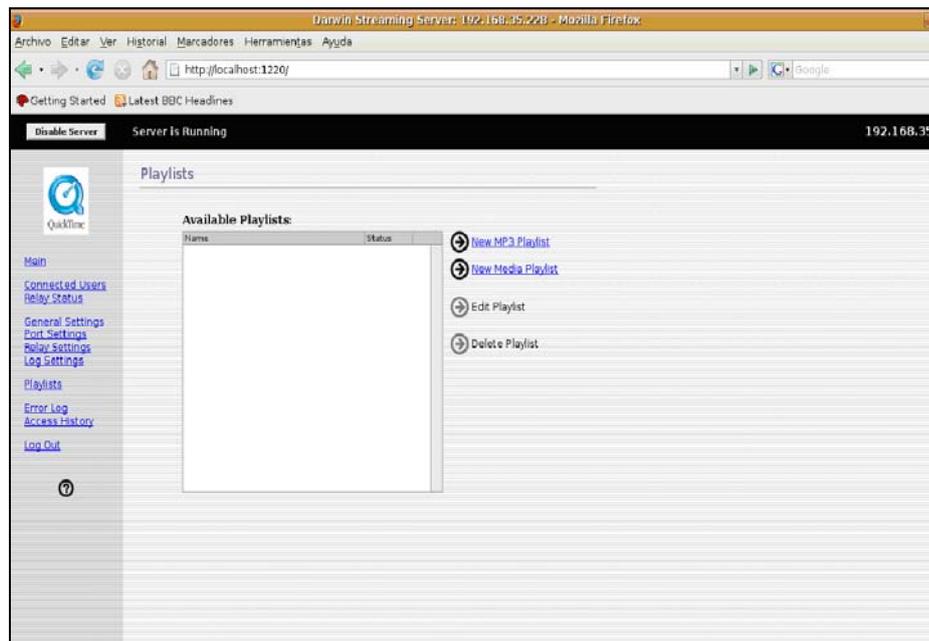


FIGURA 3.12: PASO 2, SERVIDOR DSS

3.- Seguidamente al ingresar a New Media Playlist se muestra la lista de videos *streaming* que el servidor contiene en la capeta movies, incluso se puede observar que los videos muestran el ancho de banda por ejemplo el sample\_300Kbps.mp4, donde nos entregara un video a 300Kbps.

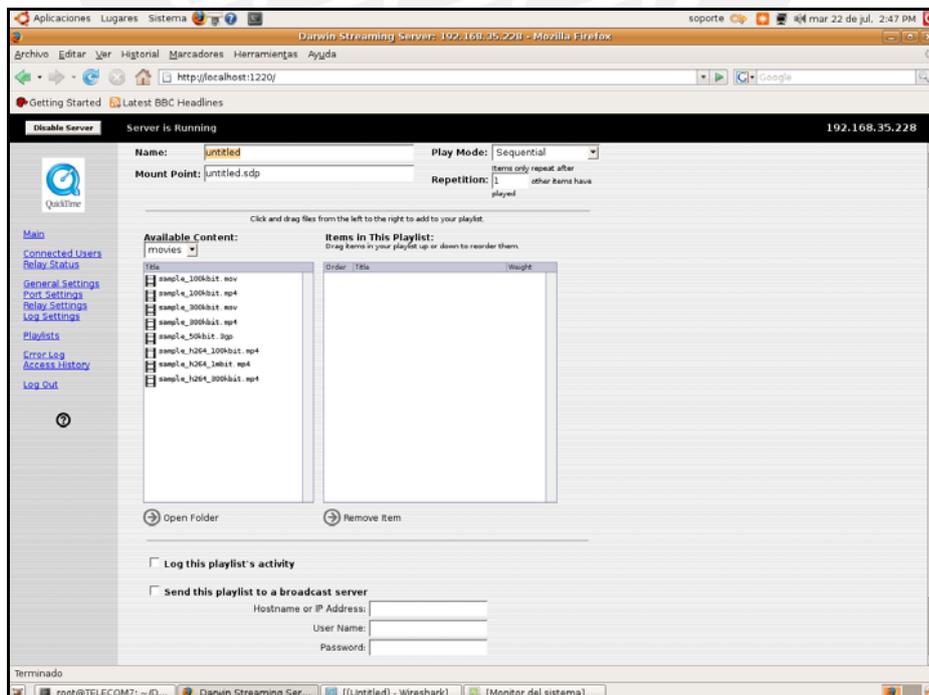


FIGURA 3.13: PASO 3, SERVIDOR DSS

4.- En la columna de la izquierda se ubican la lista de los videos y en la columna de la derecha están los videos a difundir, basta solo arrastrar con el mouse un video para llevarlo de una columna a otra, en la parte superior se tiene la opción de cambiar de nombre, por ejemplo, prueba en Name y prueba.sdp en Mount Point, finalmente se hace Click en Save Changes.

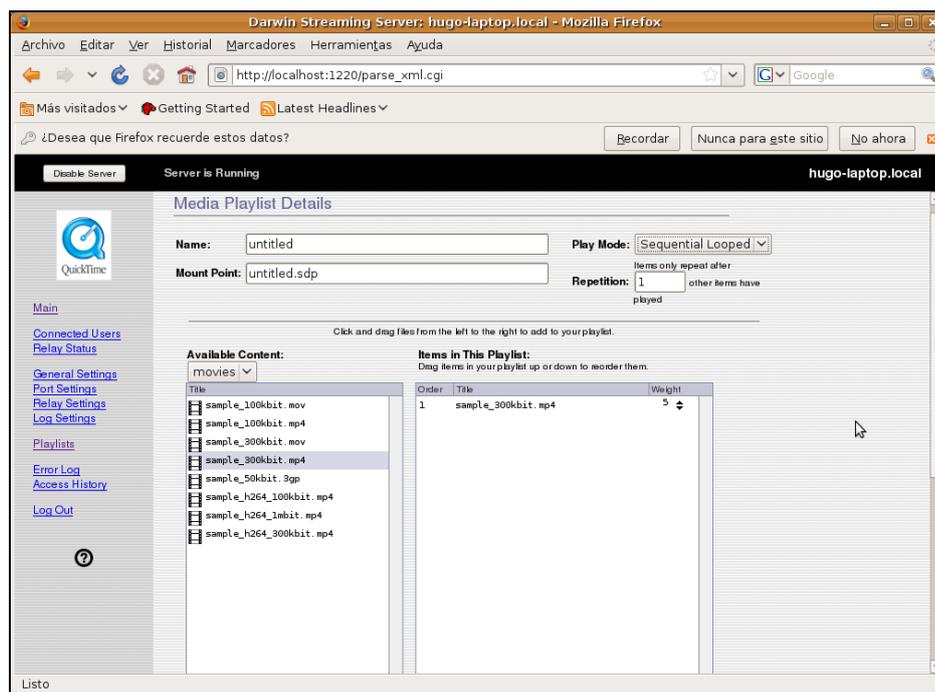


FIGURA 3.14: PASO 4, SERVIDOR DSS

5.- Luego de grabar los cambios queda como se muestra en la figura a continuación, es importante tener en cuenta que el servidor este corriendo antes de darle play al video.

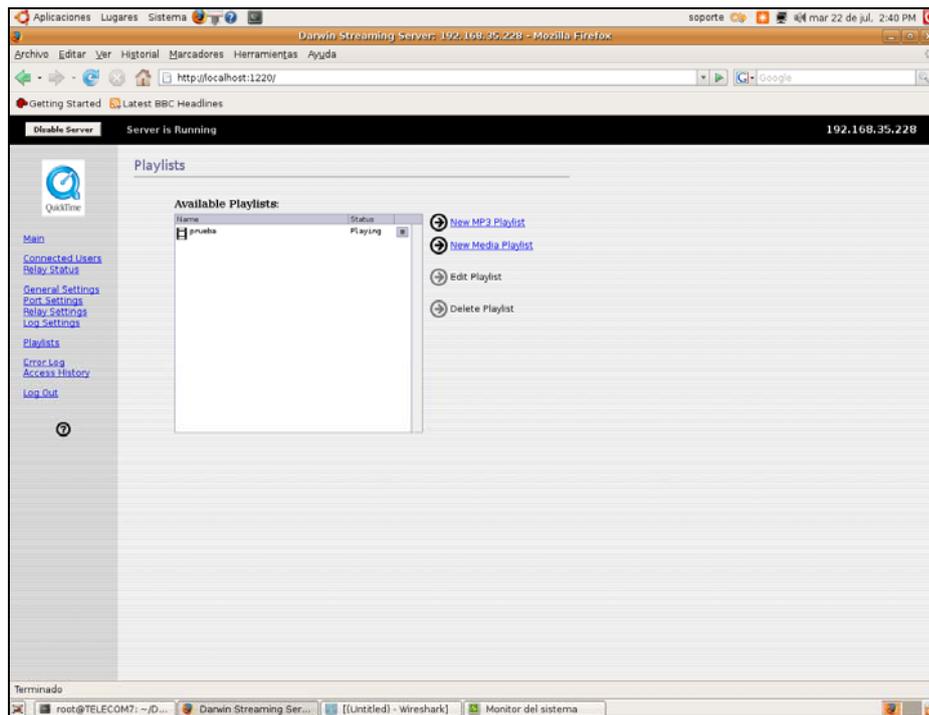


FIGURA 3.15: PASO 5, SERVIDOR DSS

### 3.3.2 Implementación del cliente

Existen en el mercado software para los servidores *streaming* como para sus respectivos clientes, en esta tesis se han escogido dos servidores, uno es el DSS y su cliente sería el Quick Time, el segundo servidor VLC en modo servidor tiene su cliente que es el VLC en modo cliente.

#### 3.3.2.1 Cliente *Streaming* VLC

El programa VLC (Video LAN Client), permite tener una interfaz gráfica muy fácil de manejar y ejecutar, existe un ejecutable muy simple de instalar bajo el sistema operativo Windows, de la siguiente manera: [VLC2005]

1.- Se ejecuta el programa VLC

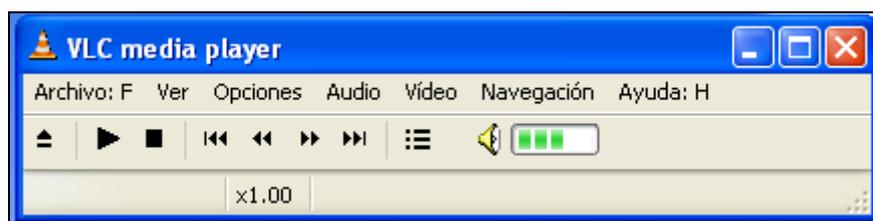


FIGURA 3.16: PASO 1, CLIENTE VLC

2.- Click en Archivo:F... , luego Abrir Volcado de Red...:N

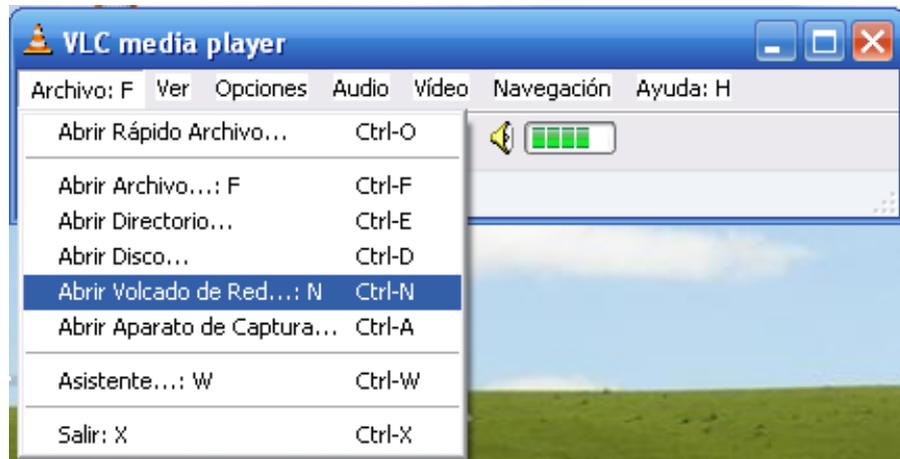


FIGURA 3.17: PASO 2, CLIENTE VLC

3.- En la pestaña de RED, se escoge el protocolo de transporte UDP/RTP y el puerto por el cual ingresarán los paquetes de video, además existe la posibilidad de poder trabajar con IPv4 y forzar a IPv6.

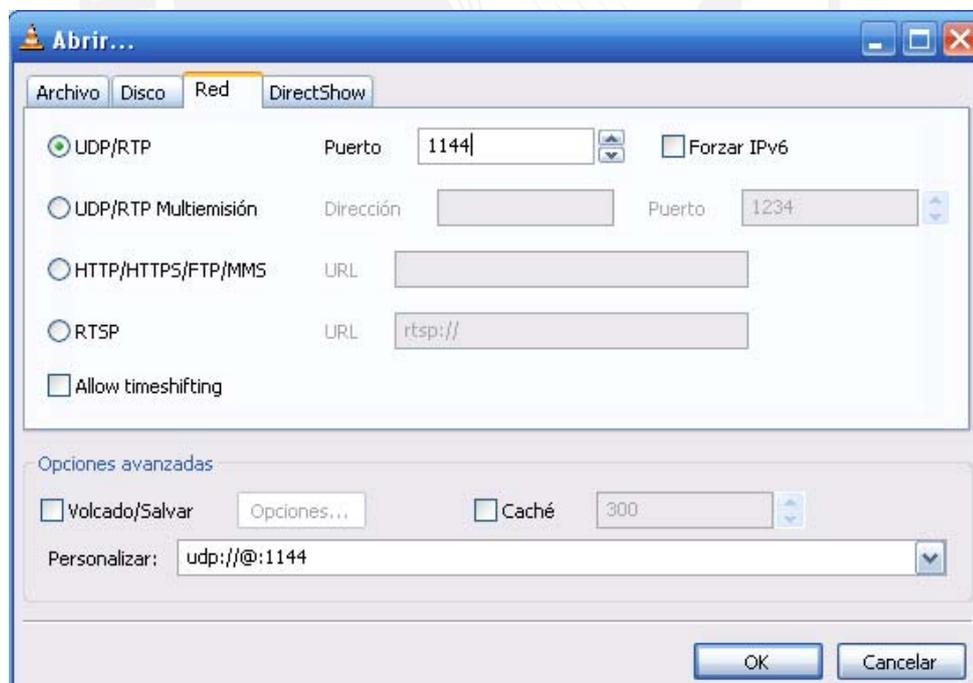


FIGURA 3.18: PASO 3, CLIENTE VLC IPV4

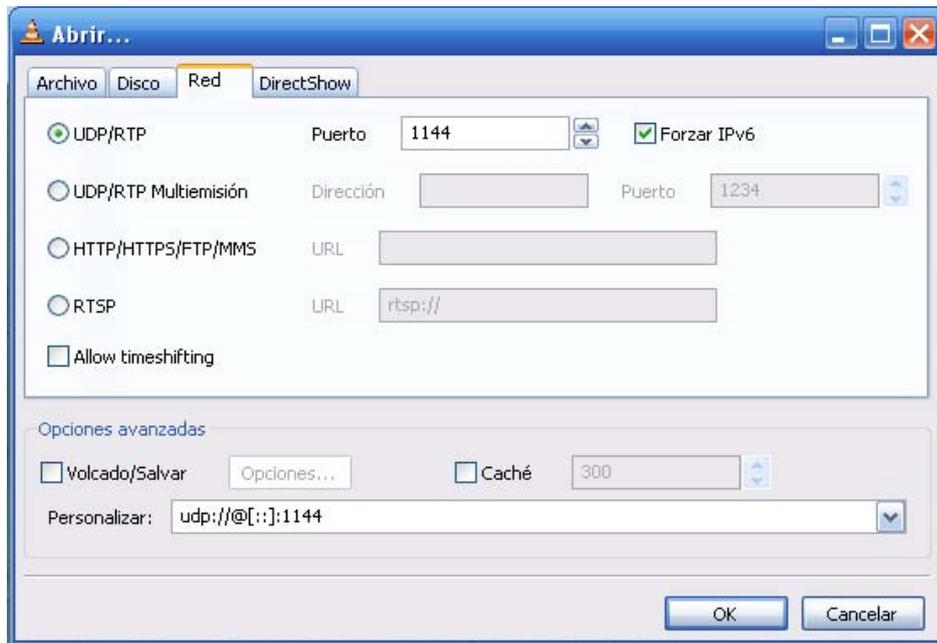


FIGURA 3.19: PASO 3, CLIENTE VLC IPV6

4.- Finalmente Click en Ok, empieza la reproducción del video.



FIGURA 3.20: PASO 4, CLIENTE VLC

### 3.3.2.2 Cliente *Streaming Quick Time*

El programa Quick Time, permite tener una interfaz amigable y simple de ejecutar, se descarga un ejecutable y se instala sobre el sistema operativo Windows, de la siguiente manera: [LIM2005]

1.- Se ejecuta el programa Quick Time

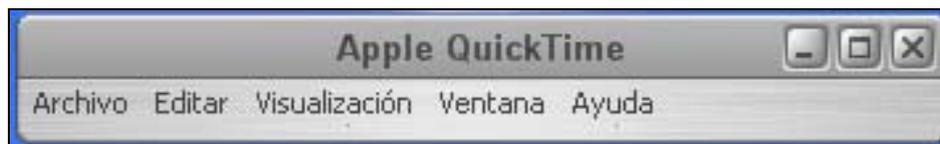


FIGURA 3.21: PASO 1, CLIENTE QUICK TIME

2.- Click en Abrir URL, donde se pone la dirección IP del servidor

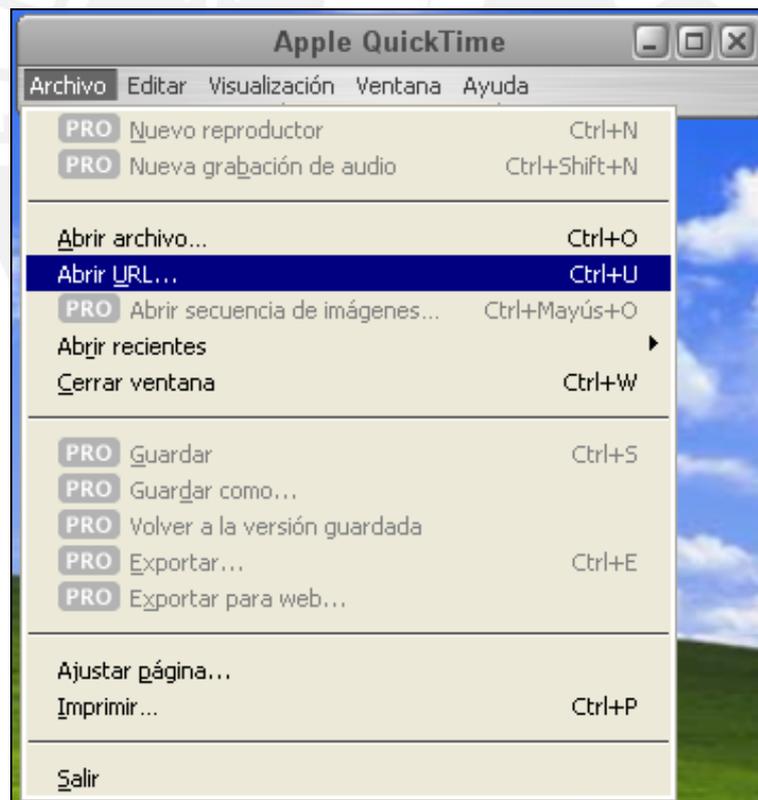


FIGURA 3.22: PASO 2, CLIENTE QUICK TIME

3.- Luego de poner la dirección del servidor y el nombre del archivo de video, presionar Aceptar



FIGURA 3.23: PASO 3, CLIENTE QUICK TIME

4.- Finalmente, hacer Click en reproducir y se debe visualizar el video.



FIGURA 3.24: PASO 4, CLIENTE QUICK TIME

## ***CAPITULO IV: Pruebas en cada implementación de red, Rendimiento de la CPU y Retardo***

En este capítulo se mostrará los resultados obtenidos en las capturas de las tramas de cada implementación de red mostradas en el capítulo anterior, así como el rendimiento de la CPU en el servidor de video *streaming* en cada implementación, finalmente se obtendrán los retardos en cada implementación de red, con esta información se espera que el lector tenga una idea clara de la tecnología *streaming* así como su comportamiento e eficiencia en cada una de las redes.

### **4.1 PRUEBAS EN UNA RED IPV4**

Las pruebas a tomar en la red IPv4 consisten en transmitir un mismo video *streaming* en paquetes IPv4, con diferentes tasas de transmisión (100Kbps, 300Kbps, 1Mbps), además de dos métodos de codificación MP4V y H264 desde un servidor *streaming* hacia un cliente que reproducirá dicho video, en el transcurso de la transmisión se capturarán las tramas con una herramienta llamada Wireshark en el cliente, también se verificará el rendimiento de la CPU del servidor. La captura de las tramas se hace con el fin de conocer el retardo entre cada paquete UDP.

#### **4.1.1 Video MP4V con tasa de transmisión 100Kbps**

Se tiene una red IPv4 por la cual se transmite un video MP4V a 100Kbps, desde el servidor *streaming* hacia el cliente, luego se captura los paquetes UDP como se muestra en la Figura 4.1.

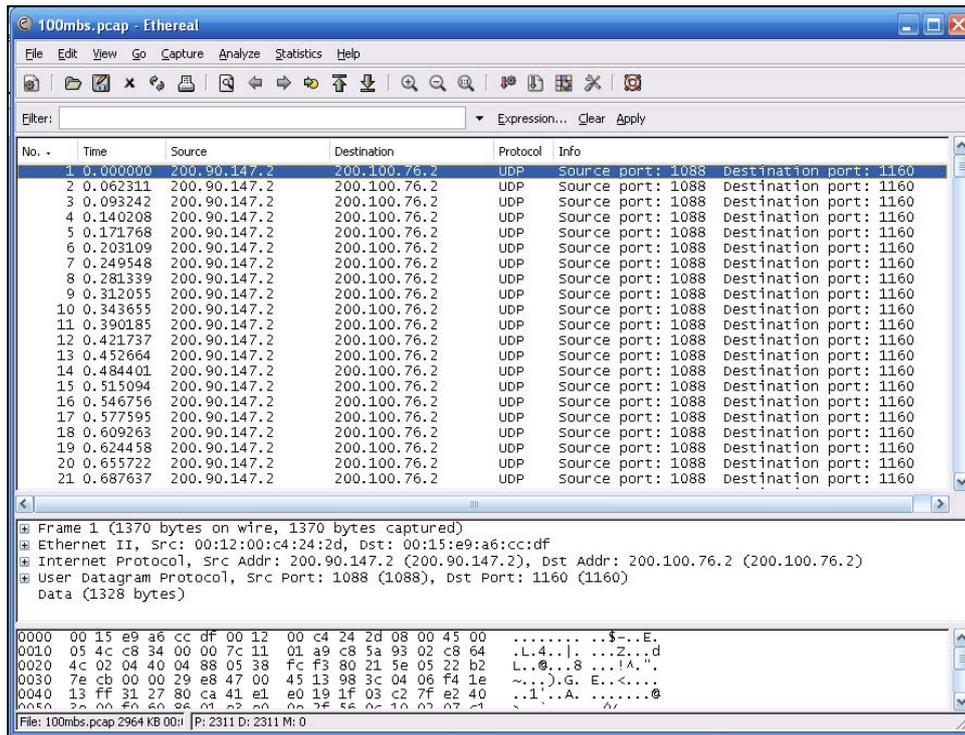


FIGURA 4.1: CAPTURA DE TRAMAS MP4V-100KBPS-IPV4

En la Figura 4.2, se muestra las estadísticas de los paquetes transmitidos entre el servidor y el cliente. Con una tasa de 100Kbps con codificación MP4V, se observa una regularidad en la transmisión.

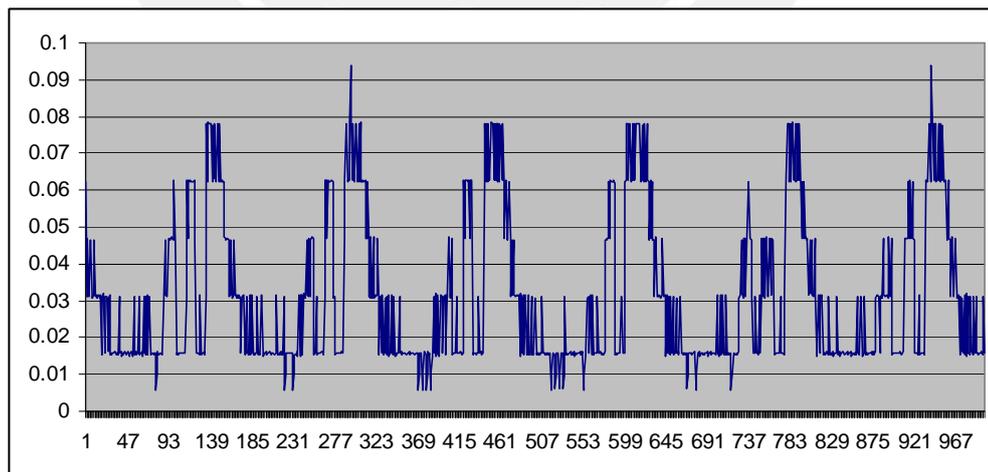


FIGURA 4.2: RETARDO MP4V-100KBPS-IPV4

En la Figura 4.3 se observa el trabajo del CPU perteneciente al servidor cuando se está enviando el video a la tasa de 100Kbps y codificación MP4V. Se observa que el CPU no es exigido debido a que el máximo es 12%.

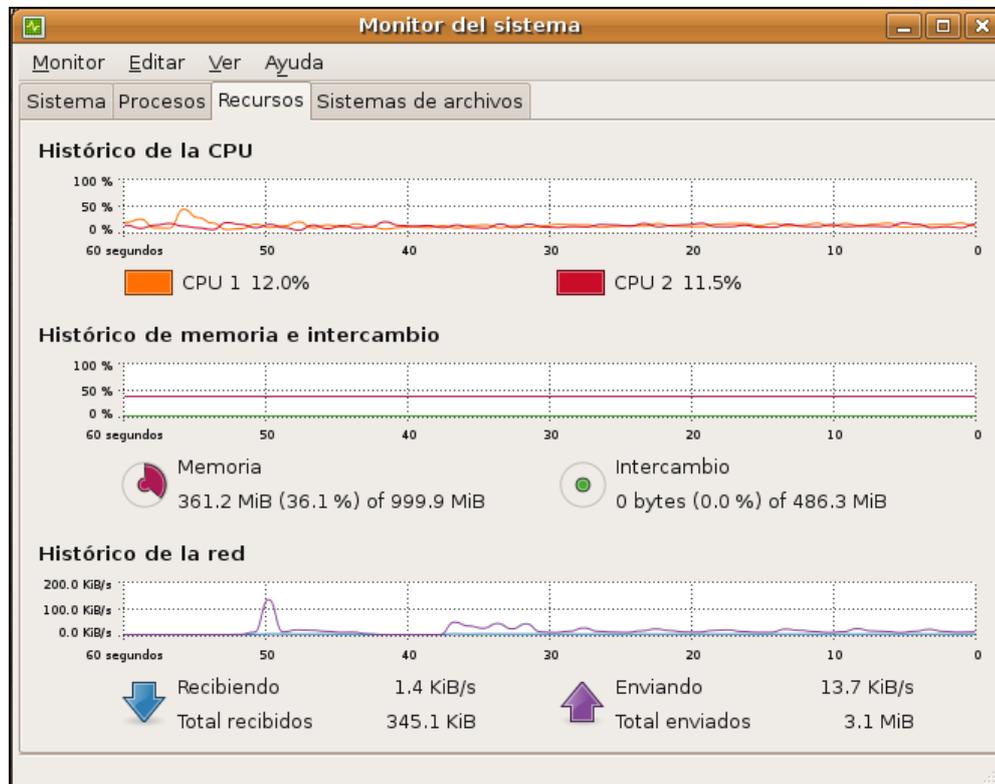


FIGURA 4.3: RENDIMIENTO DE LA CPU MP4V-100KBPS-IPV4

#### 4.1.2 Video MP4V con tasa de transmisión 300Kbps

Se tiene una red IPv4 por la cual se transmite un video MP4V a 300Kbps, desde el servidor *streaming* hacia el cliente, luego se captura los paquetes UDP como se muestra en la Figura 4.4.

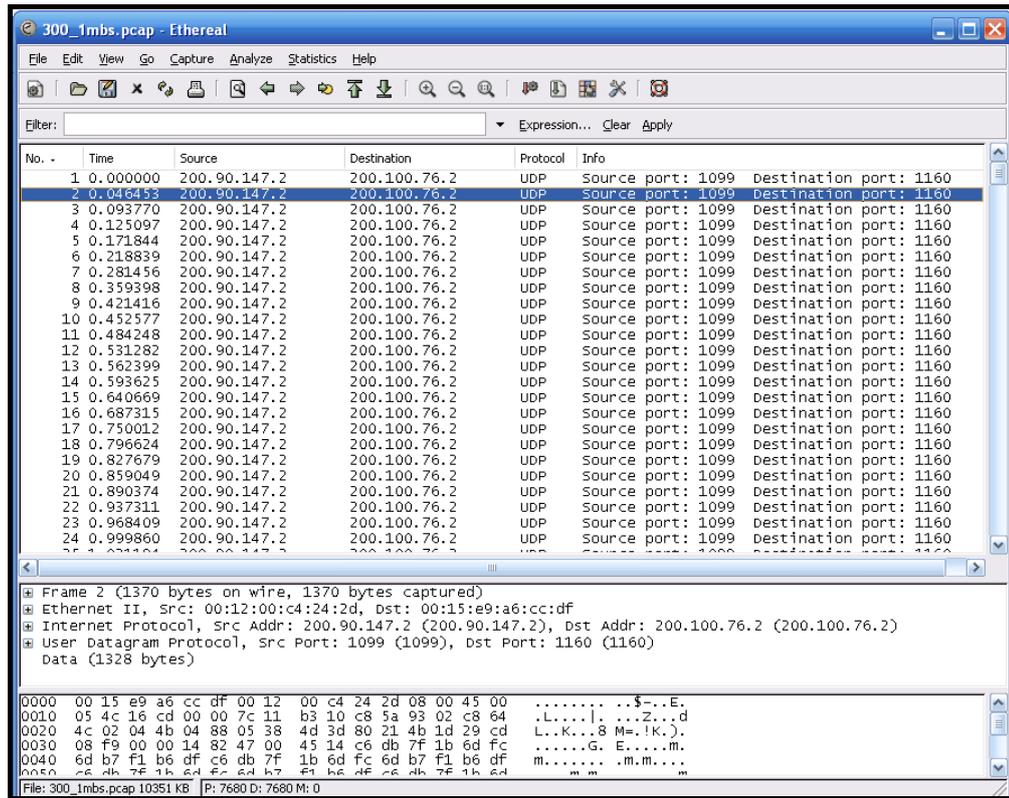


FIGURA 4.4: CAPTURA DE TRAMAS MP4V-300KBPS-IPV4

En la Figura 4.5, se muestra las estadísticas de los paquetes transmitidos entre el servidor y el cliente. Con una tasa de 300Kbps con codificación MP4V, se observa un gran espaciamiento en la transmisión.

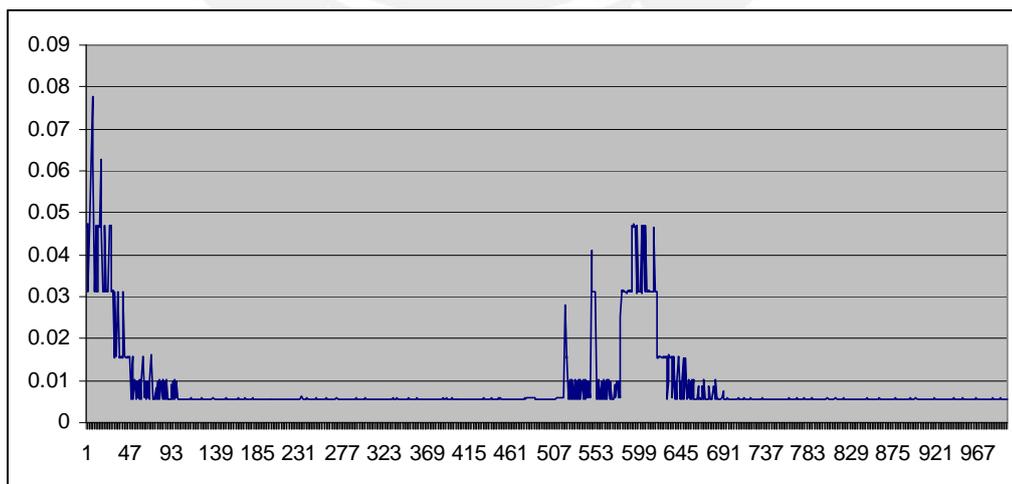


FIGURA 4.5: RETARDO MP4V-300KBPS-IPV4

En la Figura 4.6 se observa el trabajo del CPU perteneciente al servidor cuando se está enviando el video a la tasa de 300Kbps y codificación MP4V. Se observa un mayor uso en el CPU aprox. 16%.

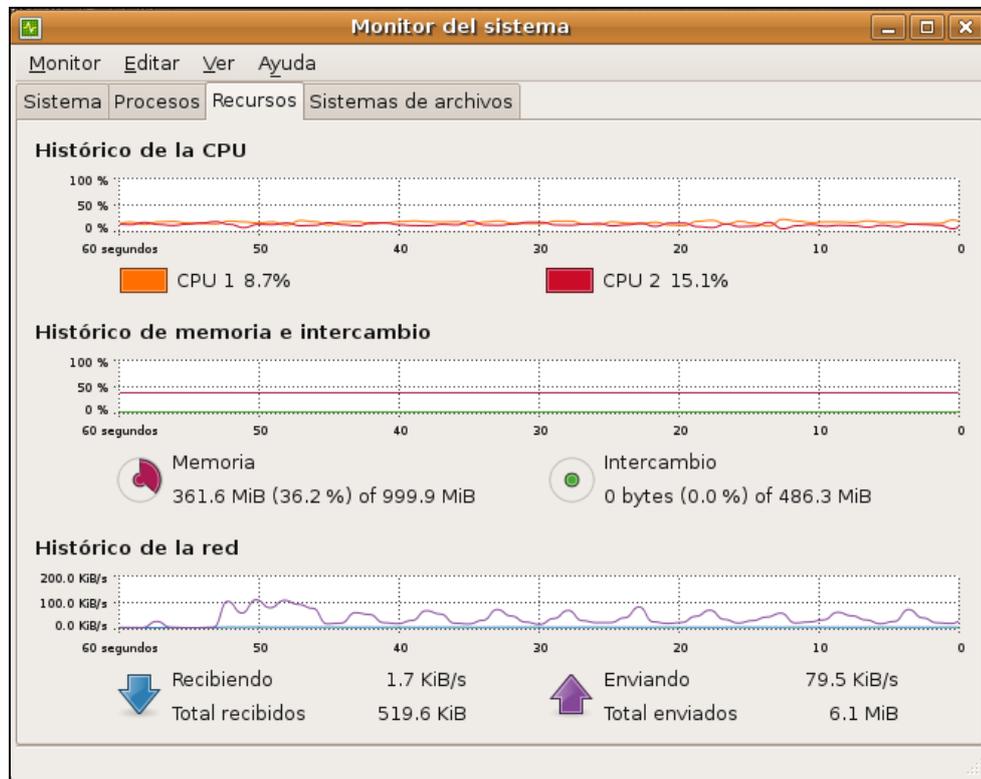


FIGURA 4.6: RENDIMIENTO DE LA CPU MP4V-300KBPS-IPV4

#### 4.1.3 Video H264 con tasa de transmisión 100Kbps

Se tiene una red IPv4 por la cual se transmite un video H264 a 100Kbps, desde el servidor *streaming* hacia el cliente, luego se captura los paquetes UDP como se muestra en la Figura 4.7.

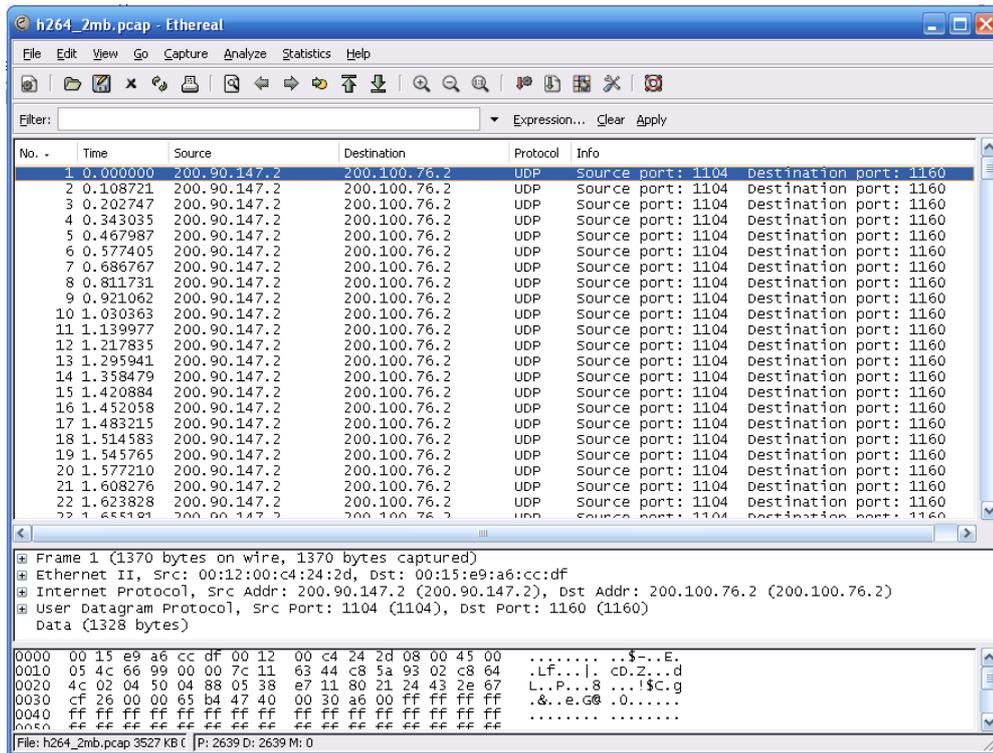


FIGURA 4.7: CAPTURA DE TRAMAS H264-100KBPS-IPV4

En la Figura 4.8, se muestra las estadísticas de los paquetes transmitidos entre el servidor y el cliente. Con una tasa de 100Kbps con codificación H264, se observa una regularidad en la transmisión con un corto espaciamiento.

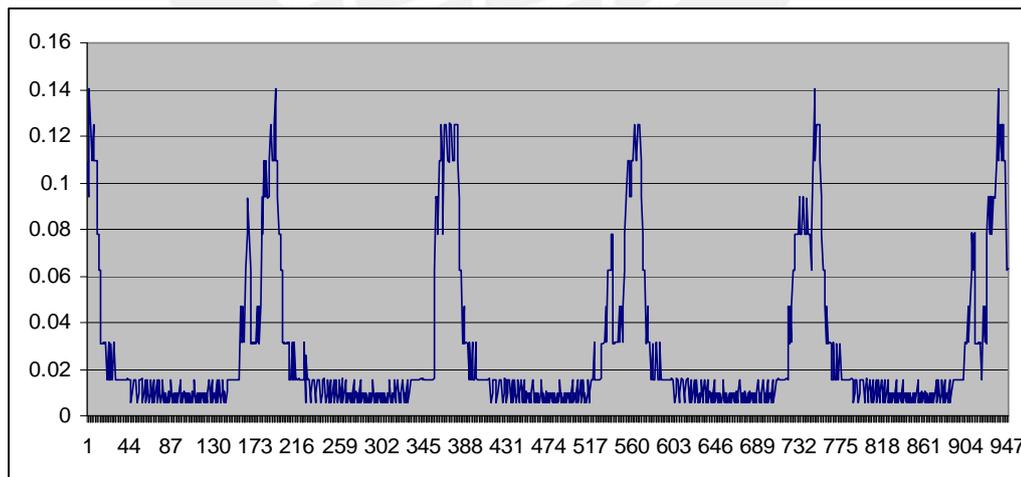


FIGURA 4.8: RETARDO H264-100KBPS-IPV4

En la Figura 4.9 se observa el trabajo del CPU perteneciente al servidor cuando se está enviando el video a la tasa de 100Kbps y codificación H264. Se observa que el uso del CPU llega a aprox. 16%.

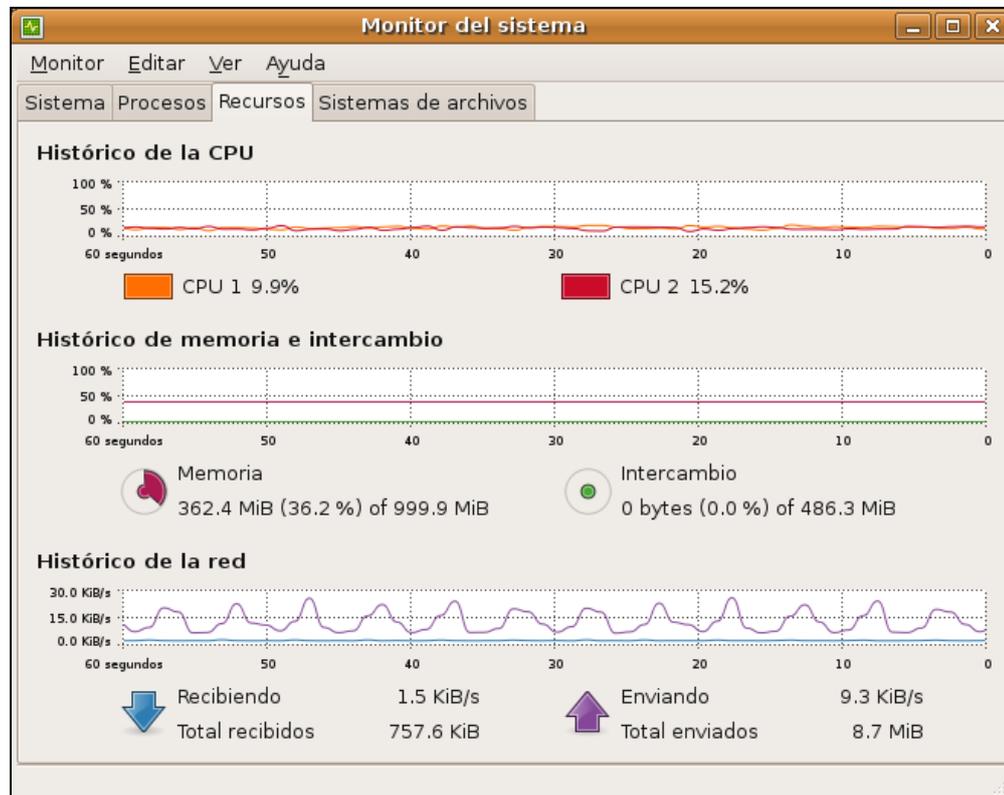


FIGURA 4.9: RENDIMIENTO DE LA CPU-H264-100KBPS-IPV4

#### 4.1.4 Video H264 con tasa de transmisión 300Kbps

Se tiene una red IPv4 por la cual se transmite un video H264 a 300Kbps, desde el servidor *streaming* hacia el cliente, luego se captura los paquetes UDP como se muestra en la Figura 4.10.

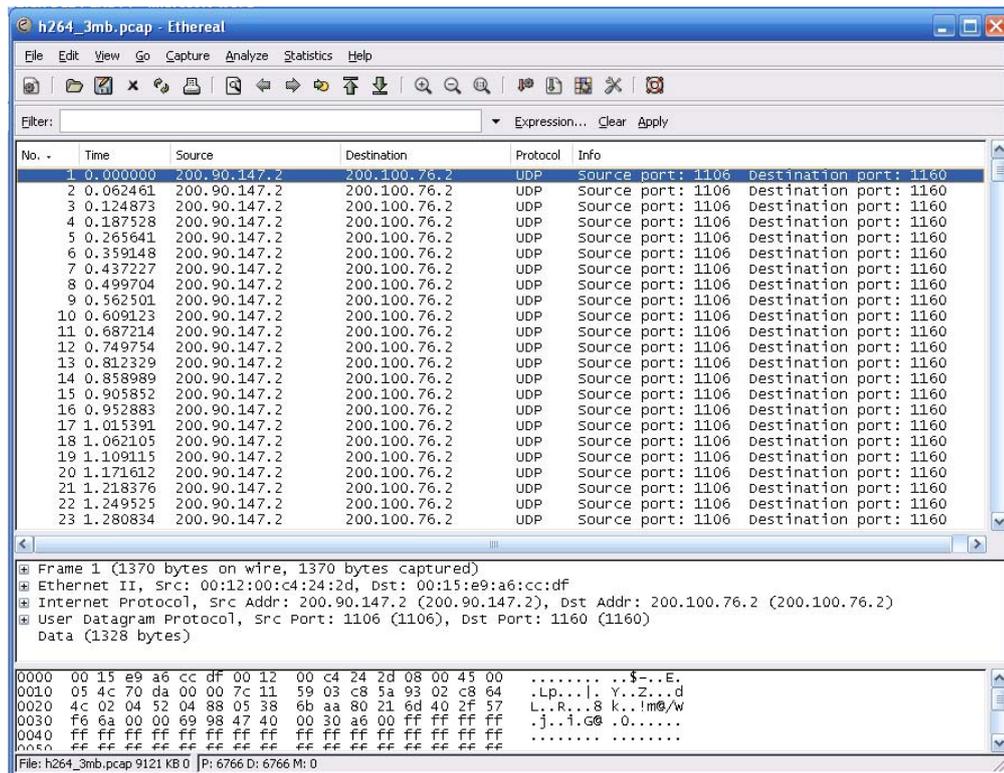


FIGURA 4.10: CAPTURA DE TRAMAS H264-300KBPS-IPV4

En la Figura 4.11, se muestra las estadísticas de los paquetes transmitidos entre el servidor y el cliente. Con una tasa de 300Kbps con codificación H264, se observa un gran espaciamiento entre cada transmisión.

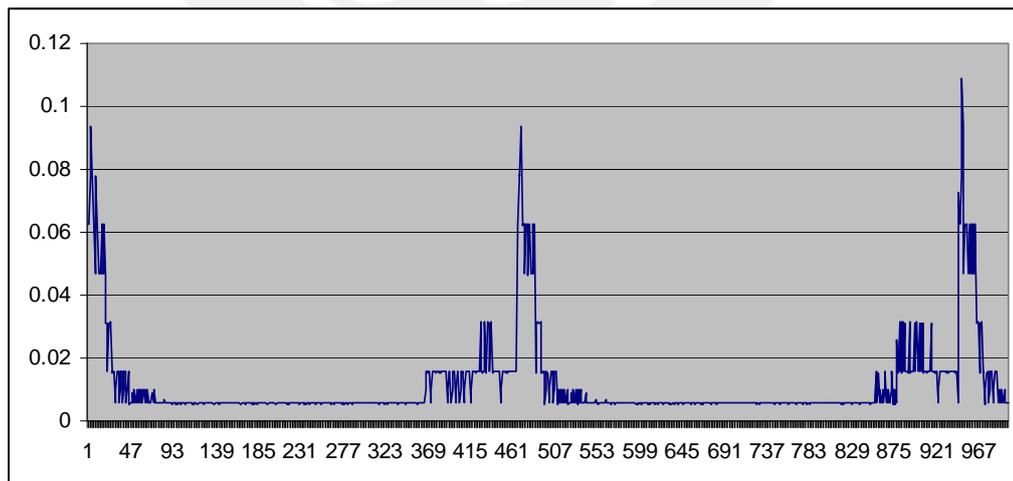


FIGURA 4.11: RETARDO H264-300KBPS-IPV4

En la Figura 4.12 se observa el trabajo del CPU perteneciente al servidor cuando se está enviando el video a la tasa de 300Kbps y codificación H264. Se observa que el CPU en esta codificación llega a un 16%.

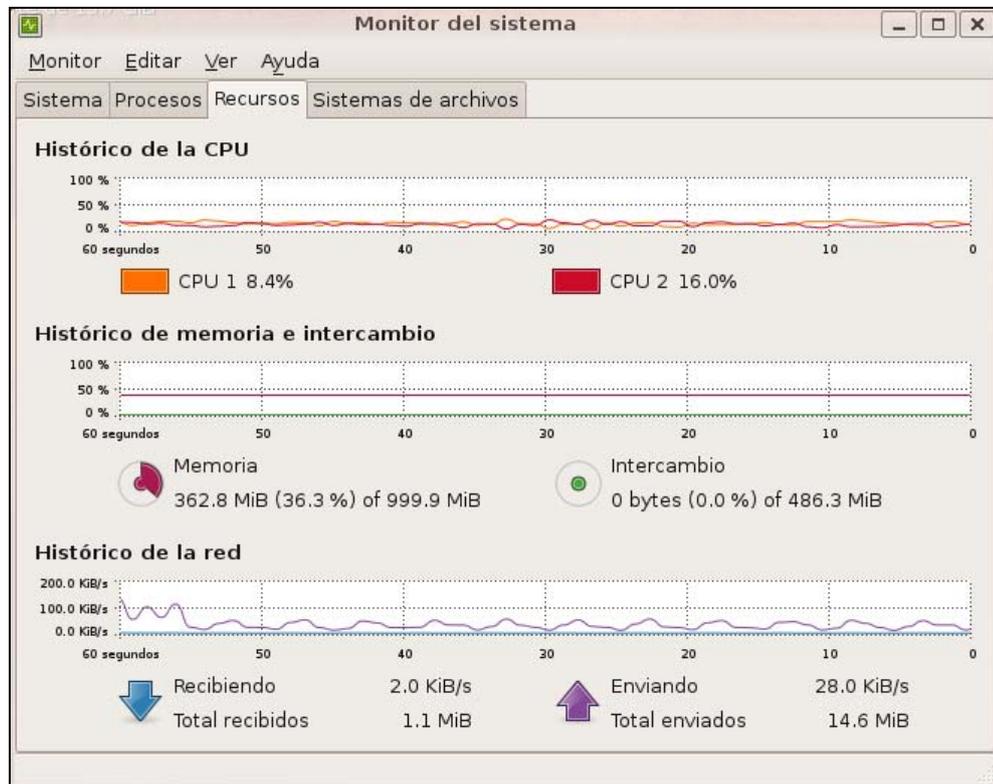


FIGURA 4.12: RENDIMIENTO DE LA CPU-H264-300KBPS-IPV4

#### 4.1.5 Video H264 con tasa de transmisión 1Mbps

Se tiene una red IPv4 por la cual se transmite un video H264 a 1Mbps, desde el servidor *streaming* hacia el cliente, luego se captura los paquetes UDP como se muestra en la Figura 4.13.

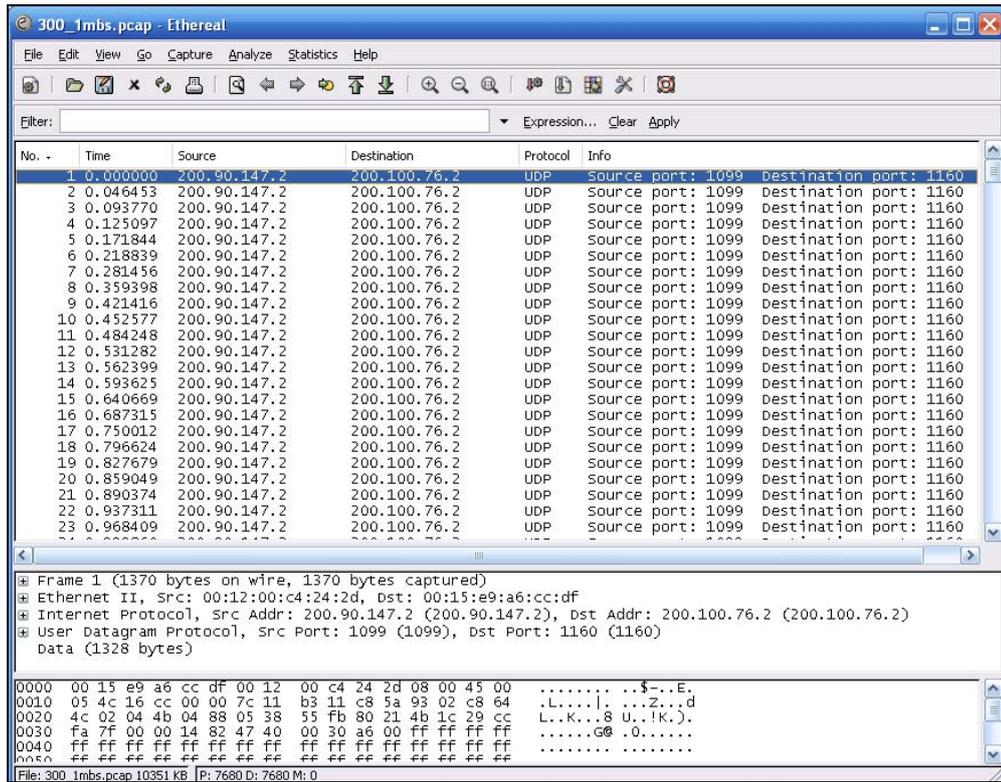


FIGURA 4.13: CAPTURA DE TRAMAS H264-1Mbps-IPV4

En la Figura 4.14, se muestra las estadísticas de los paquetes transmitidos entre el servidor y el cliente. Con una tasa de 1Mbps con codificación H264, se observa un gran espaciamiento entre cada transmisión.

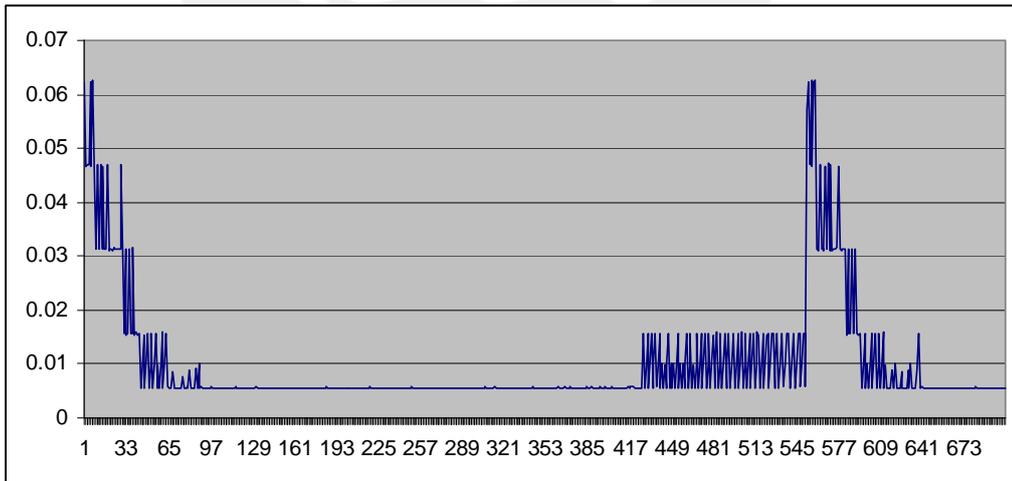


FIGURA 4.14: RETARDO H264-1Mbps-IPV4

En la Figura 4.15 se observa el trabajo del CPU perteneciente al servidor cuando se está enviando el video a la tasa de 1Mbps y codificación H264. Se observa que el CPU se mantiene a aprox. 16%.

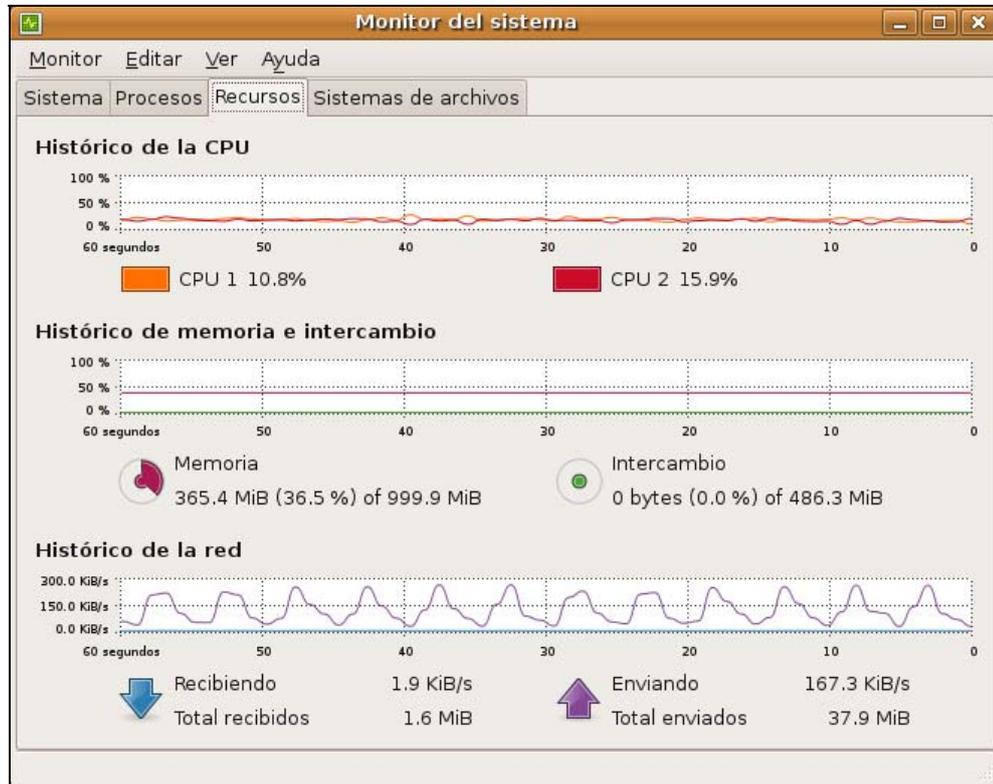


FIGURA 4.15: RENDIMIENTO DE LA CPU H264-1Mbps-IPV4

## 4.2 PRUEBAS EN UNA RED IPV6

Las pruebas a tomar en la red IPv6 consisten en transmitir un mismo video *streaming* en tramas IPv6, con diferentes tasas de transmisión (100Kbps, 300Kbps, 1Mbps), además de usar dos métodos de codificación MP4V y H264 desde un servidor *streaming* hacia un cliente que reproducirá dicho video, en el transcurso de la transmisión se capturarán las tramas con una herramienta llamada Wireshark en el cliente, también se verificará el rendimiento de la CPU del servidor. La captura de las tramas se hace con el fin de conocer el retardo entre cada paquete UDP.

### 4.2.1 Video MP4V con tasa de transmisión 100Kbps

Se tiene una red IPv6 por la cual se transmite un video MP4V a 100Kbps, desde el servidor *streaming* hacia el cliente, luego se captura los paquetes UDP como se muestra en la Figura 4.16.

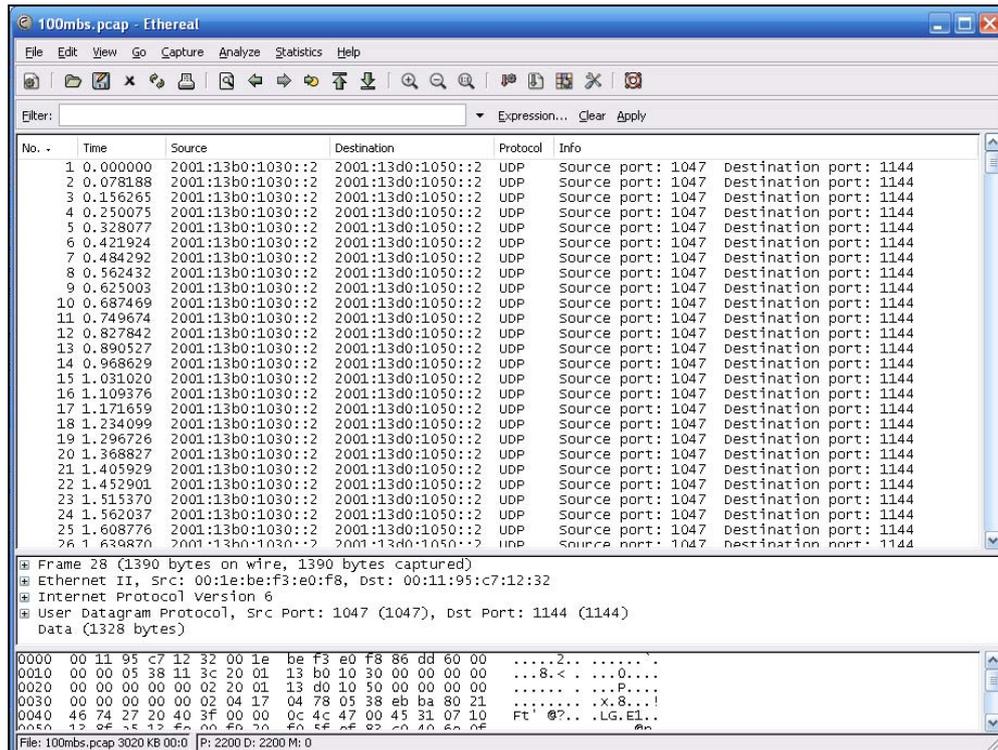


FIGURA 4.16: CAPTURA DE TRAMAS MP4V-100KBPS-IPV6

En la Figura 4.17, se muestra las estadísticas de los paquetes transmitidos entre el servidor y el cliente. Con una tasa de 100Kbps con codificación MP4V, se observa una regularidad en la transmisión.

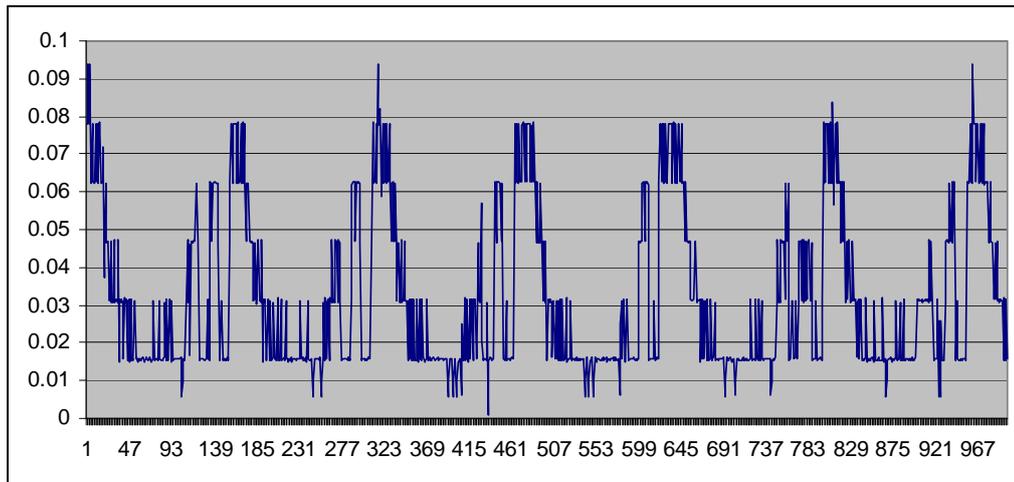


FIGURA 4.17: RETARDO MP4V-100KBPS-IPV6

En la Figura 4.18 se observa el trabajo del CPU perteneciente al servidor cuando se está enviando el video a la tasa de 100Kbps y codificación H264. El uso del CPU es 0% y el valor del PF (Paging File) que es una memoria virtual creada en el disco duro es de 286MB.

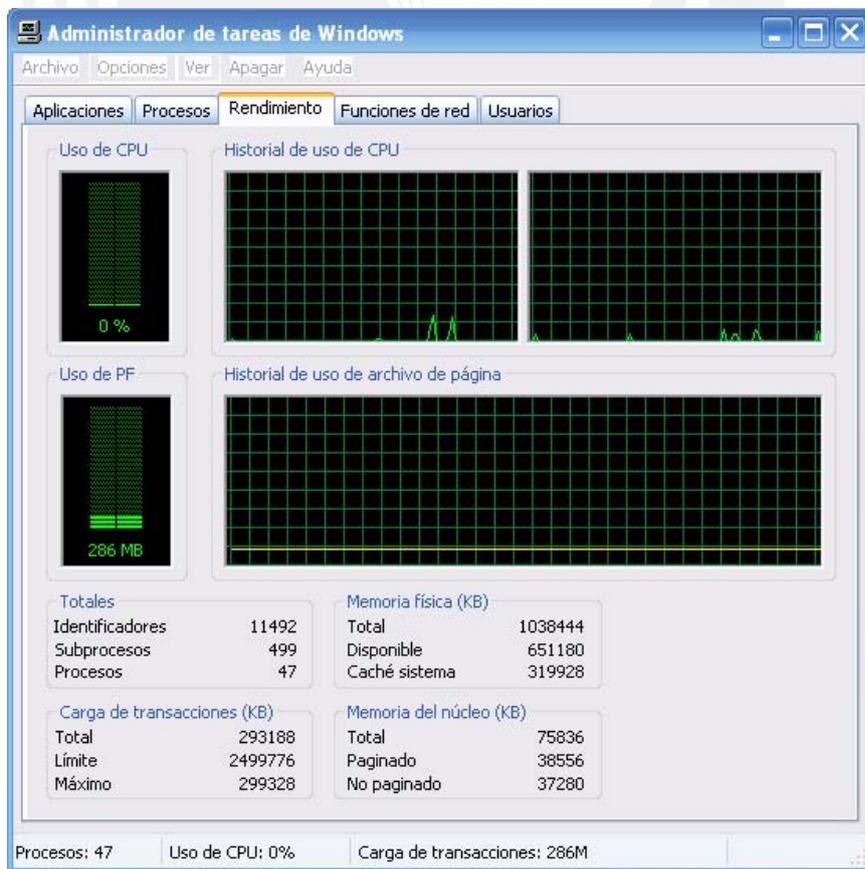


FIGURA 4.18: RENDIMIENTO DE LA CPU MP4V-100KBPS-PIV6

### 4.2.2 Video MP4V con tasa de transmisión 300Kbps

Se tiene una red IPv6 por la cual se transmite un video MP4V a 300Kbps, desde el servidor *streaming* hacia el cliente, luego se captura los paquetes UDP como se muestra en la Figura 4.19.

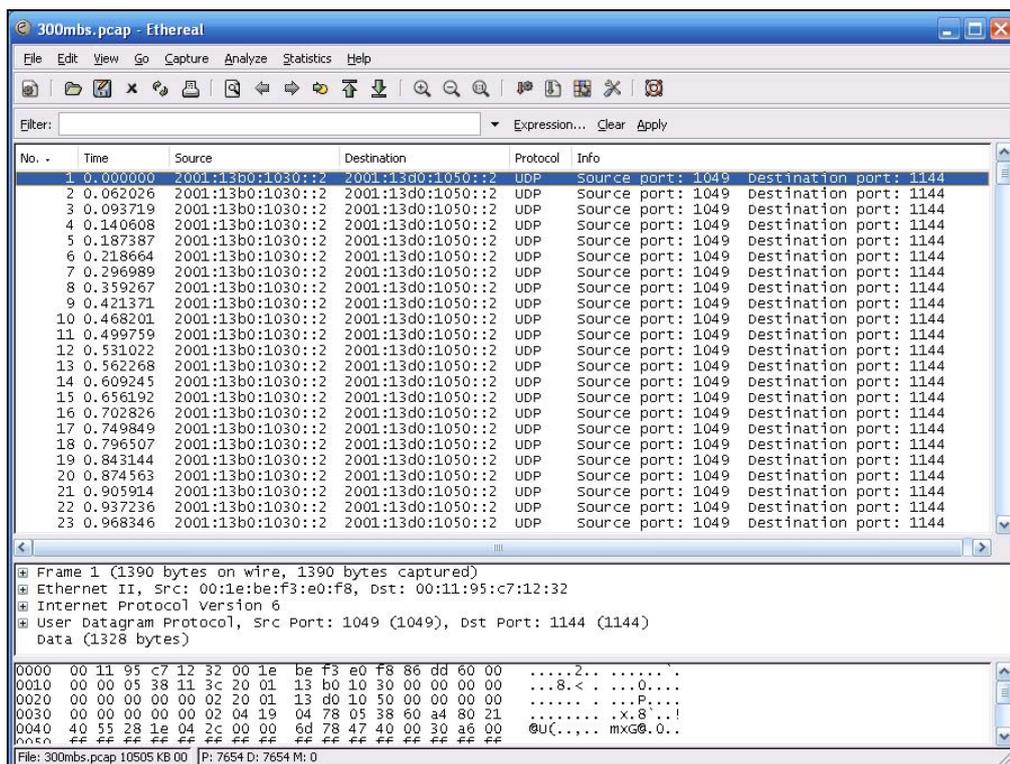


FIGURA 4.19: CAPTURA DE TRAMAS MP4V-300KBPS-IPV6

En la Figura 4.20, se muestra las estadísticas de los paquetes transmitidos entre el servidor y el cliente. Con una tasa de 300Kbps con codificación MP4V, se observa un gran espaciamiento entre cada transmisión.

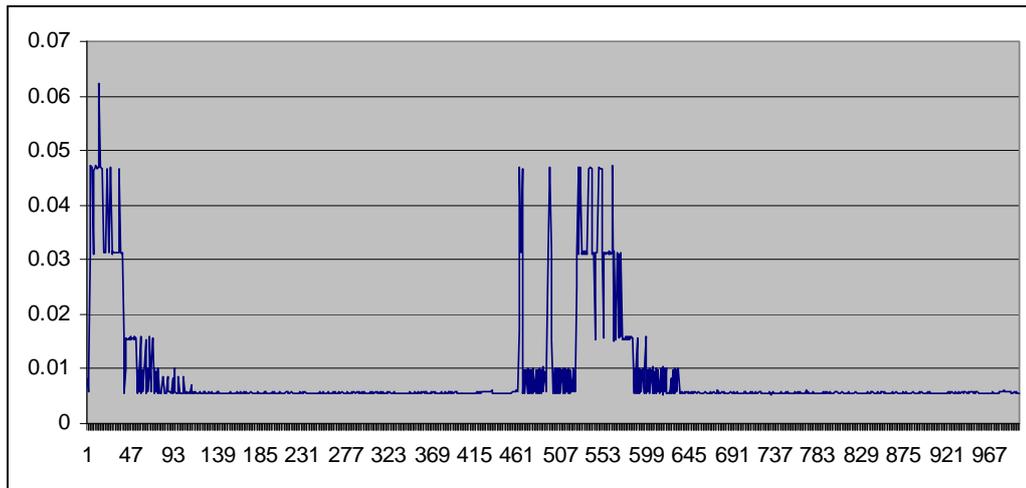


FIGURA 4.20: RETARDO MP4V-300KBPS-IPV6

En la Figura 4.21 se observa el trabajo del CPU perteneciente al servidor cuando se está enviando el video a la tasa de 300Kbps y codificación MP4V. El uso del CPU aumento a 23% y un PF de 298MB.

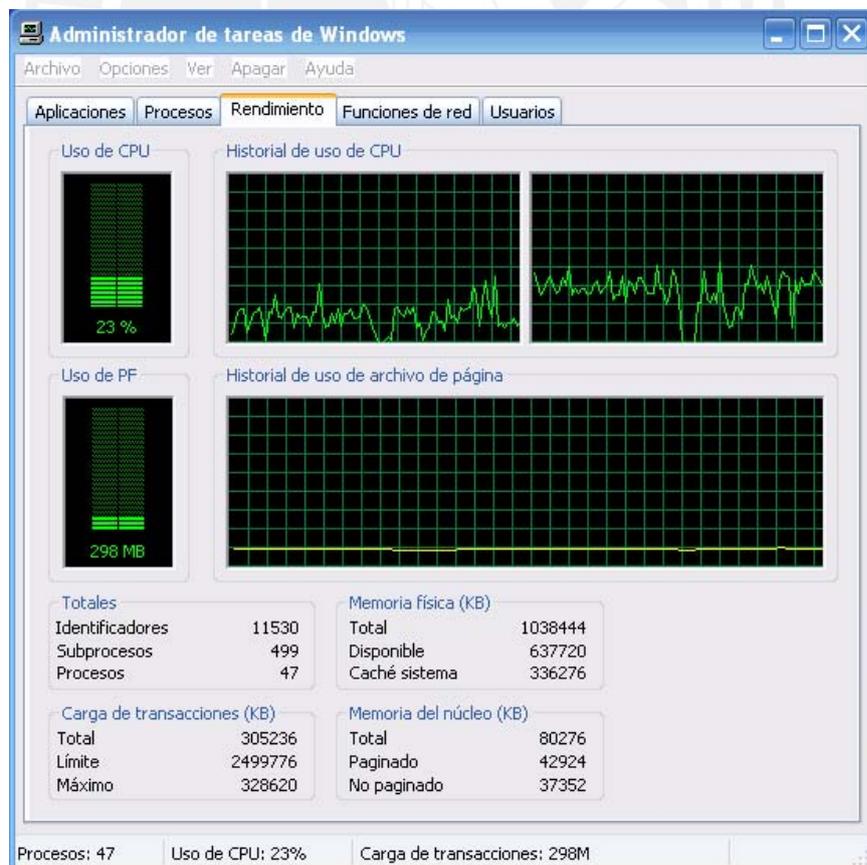


FIGURA 4.21: RENDIMIENTO DE LA CPU MP4V-300KBPS-IPV6

### 4.2.3 Video H264 con tasa de transmisión 100Kbps

Se tiene una red IPv6 por la cual se transmite un video H264 a 100Kbps, desde el servidor *streaming* hacia el cliente, luego se captura los paquetes UDP como se muestra en la Figura 4.22.

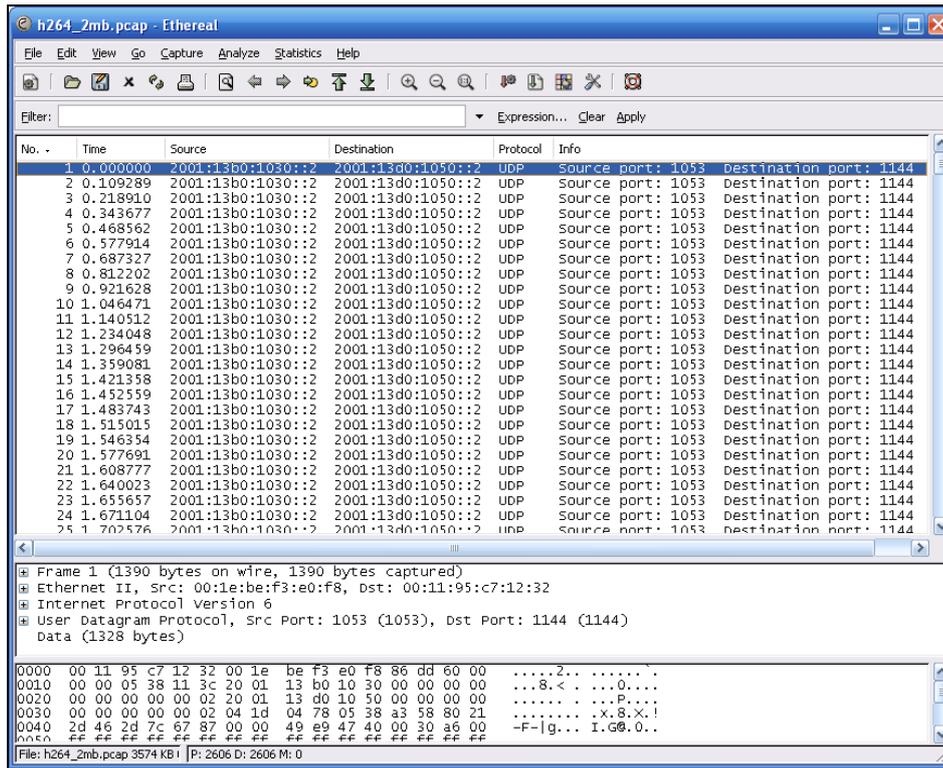


FIGURA 4.22: CAPTURA DE TRAMAS H264-100KBPS-IPV6

En la Figura 4.23, se muestra las estadísticas de los paquetes transmitidos entre el servidor y el cliente. Con una tasa de 100Kbps con codificación H264, se observa un corto espaciado entre cada transmisión.

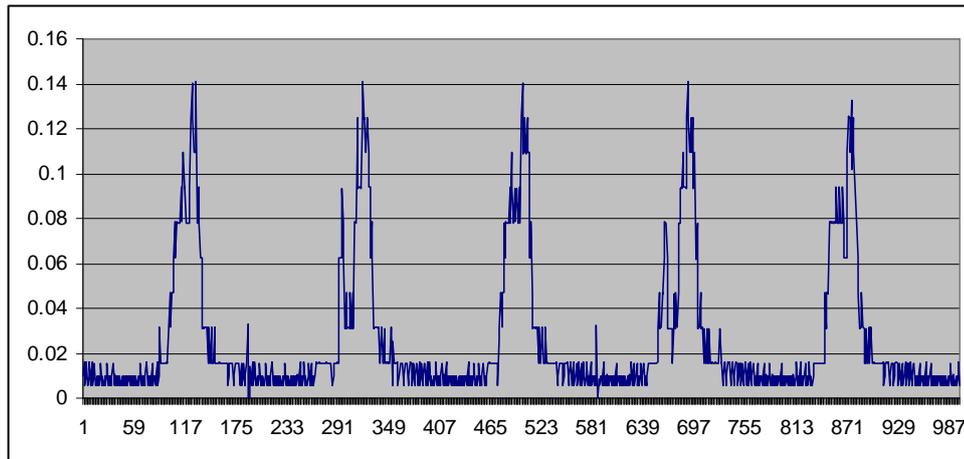


FIGURA 4.23: RETARDO H264-100KBPS-IPV6

En la Figura 4.24 se observa el trabajo del CPU perteneciente al servidor cuando se está enviando el video a la tasa de 100Kbps y codificación H264. El uso del CPU disminuyó a 10% y un PF de 298MB.

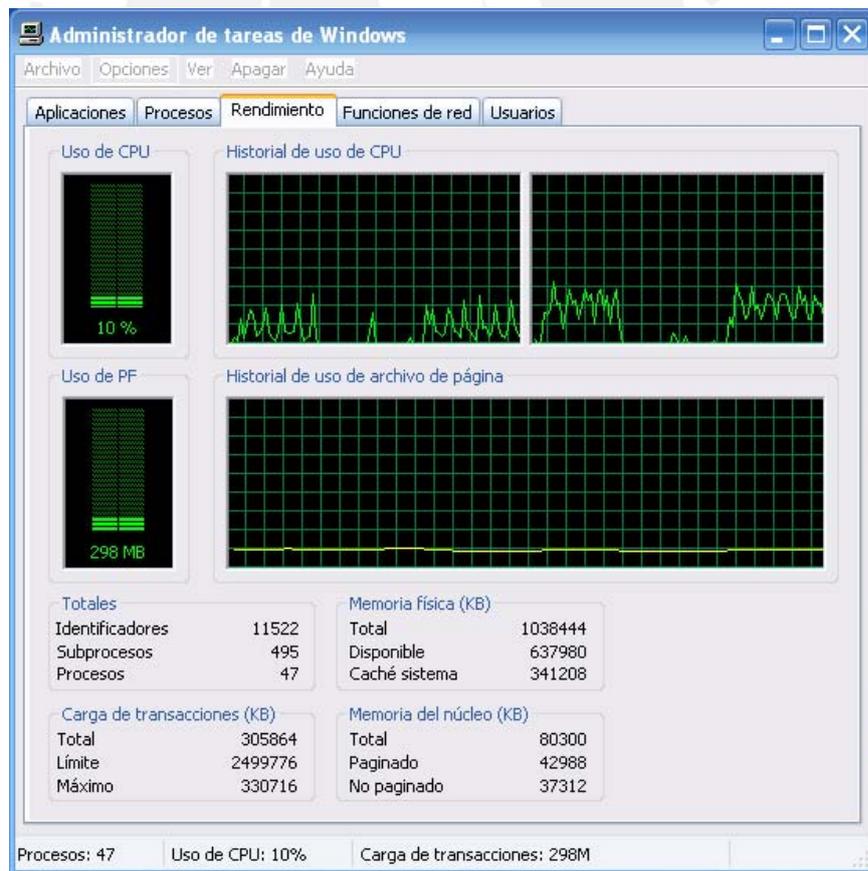


FIGURA 4.24: RENDIMIENTO DE LA CPU H264-100KBPS-IPV6

#### 4.2.4 Video H264 con tasa de transmisión 300Kbps

Se tiene una red IPv6 por la cual se transmite un video H264 a 300Kbps, desde el servidor *streaming* hacia el cliente, luego se captura los paquetes UDP como se muestra en la Figura 4.25.

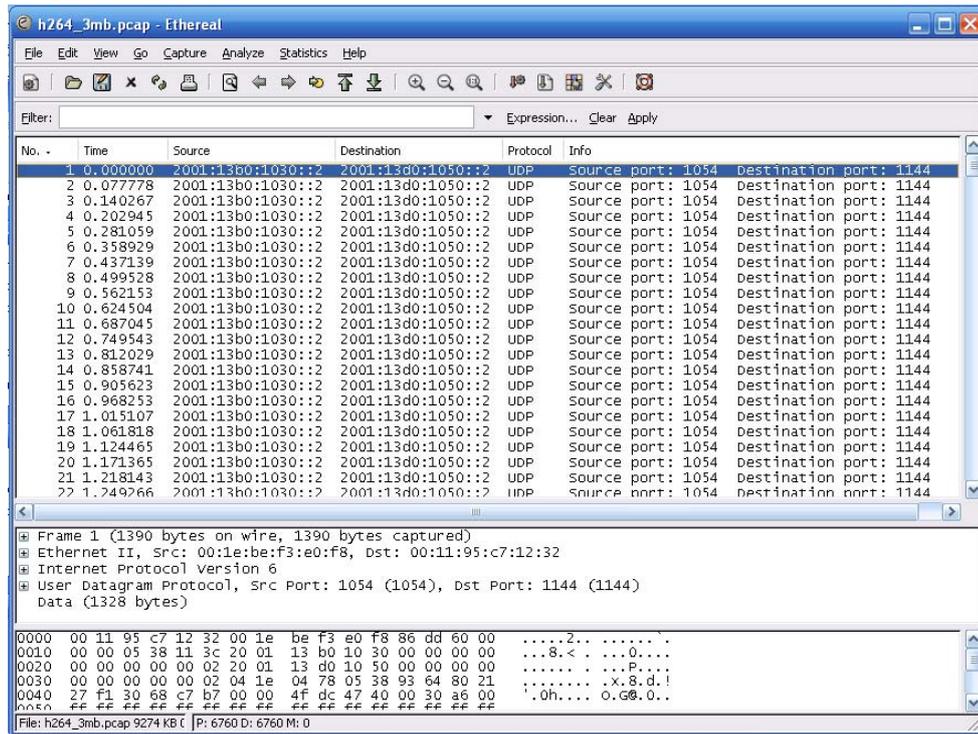


FIGURA 4.25: CAPTURA DE TRAMAS H264-300KBPS-IPV6

En la Figura 4.26, se muestra las estadísticas de los paquetes transmitidos entre el servidor y el cliente. Con una tasa de 300Kbps con codificación H264, se observa un gran espaciamiento entre cada transmisión.

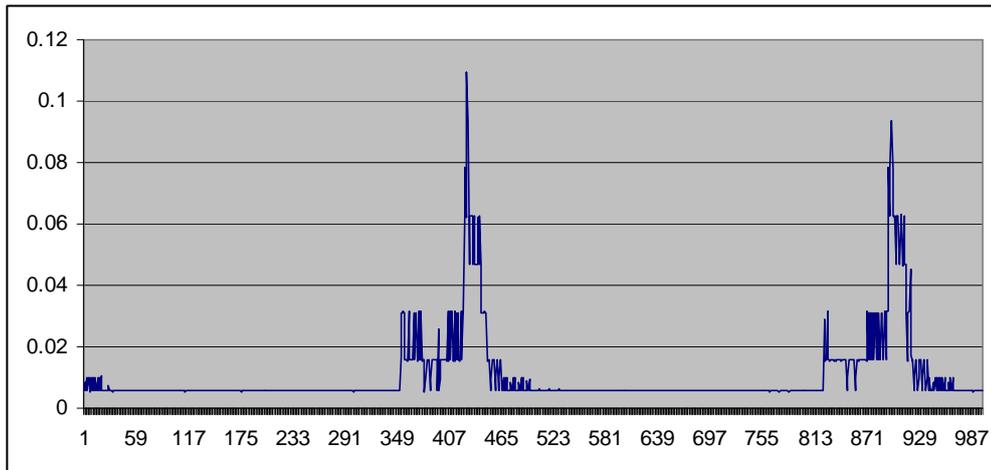


FIGURA 4.26: RETARDO H264-300KBPS-IPV6

En la Figura 4.27 se observa el trabajo del CPU perteneciente al servidor cuando se está enviando el video a la tasa de 300Kbps y codificación H264. El uso del CPU aumento a 36% y un PF de 306MB.

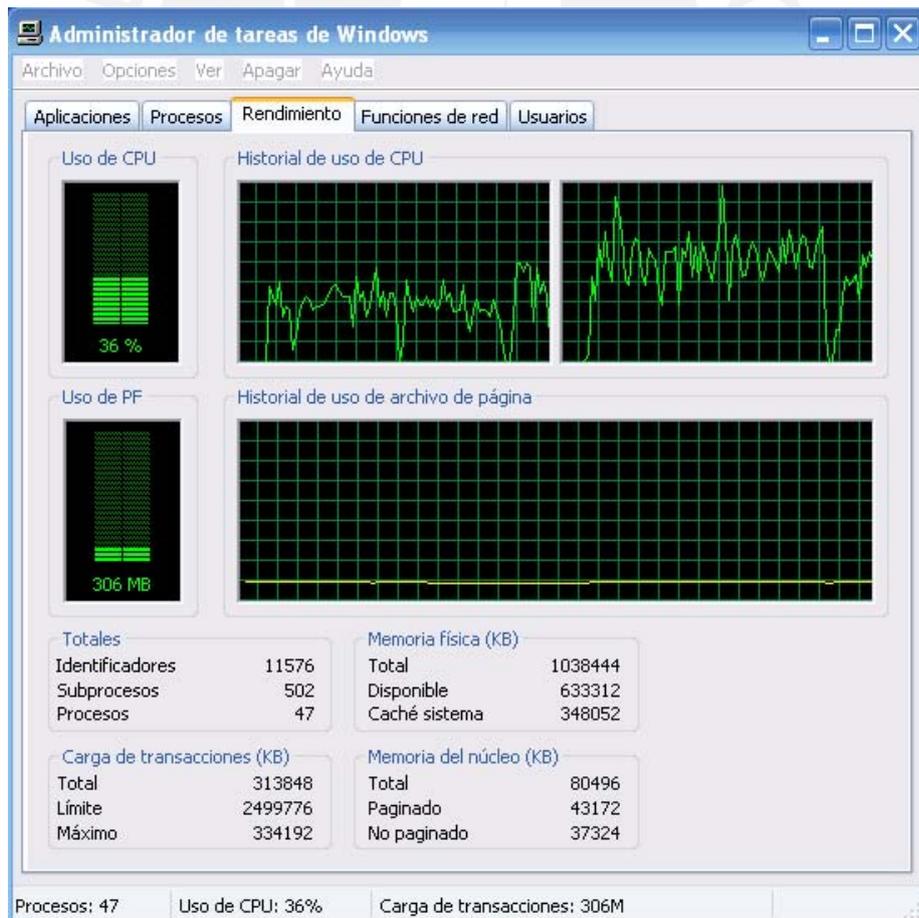


FIGURA 4.27: RENDIMIENTO DE LA CPU H264-300KBPS-IPV6

#### 4.2.5 Video H264 con tasa de transmisión 1Mbps

Se tiene una red IPv6 por la cual se transmite un video H264 a 1Mbps, desde el servidor *streaming* hacia el cliente, luego se captura los paquetes UDP como se muestra en la Figura 4.28.

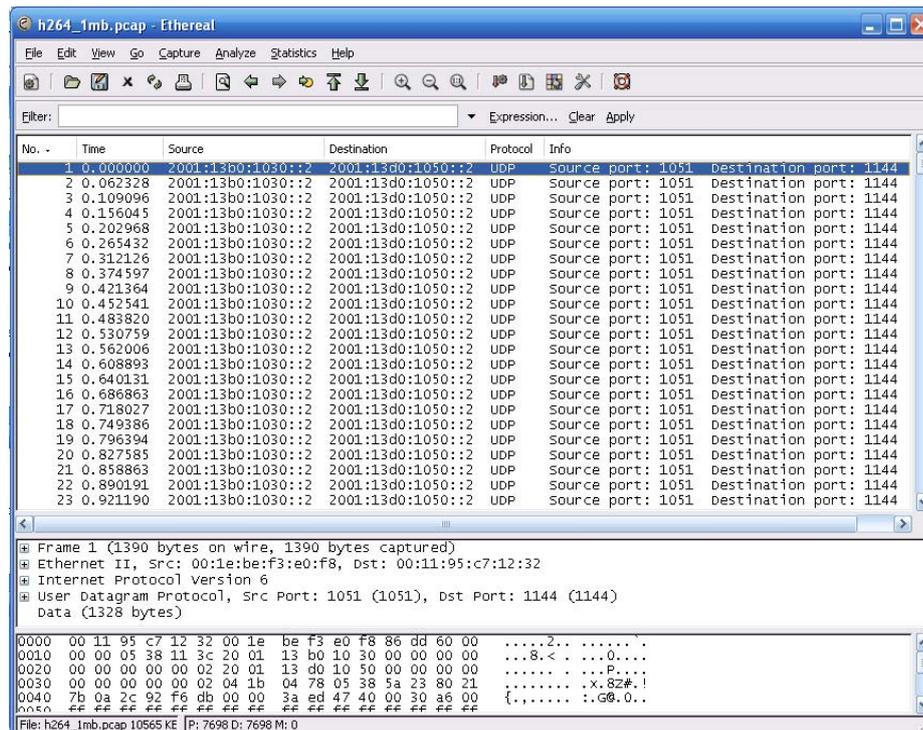


FIGURA 4.28: CAPTURA DE TRAMAS H264-1Mbps-IPv6

En la Figura 4.29, se muestra las estadísticas de los paquetes transmitidos entre el servidor y el cliente. Con una tasa de 1Mbps con codificación H264, se observa una reducción en el espaciamiento entre cada transmisión.

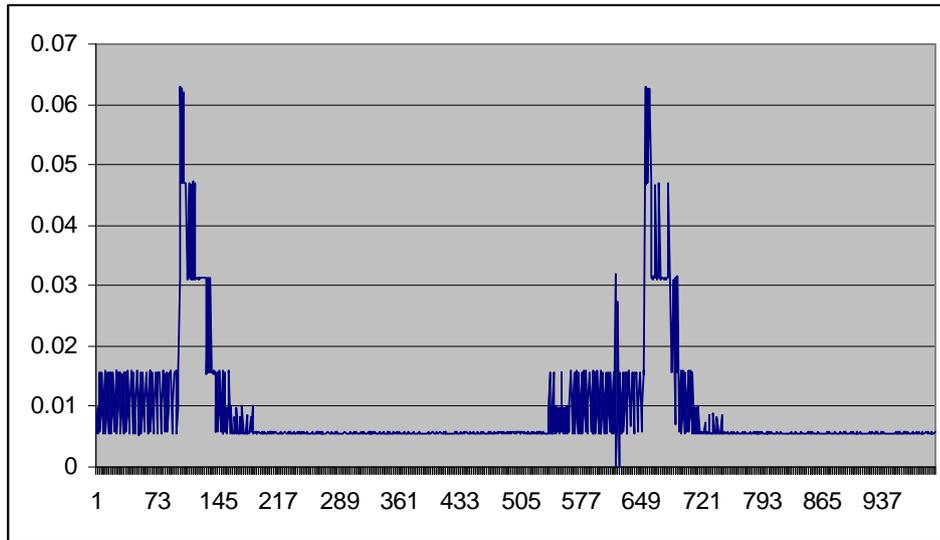


FIGURA 4.29: RETARDO H264-1Mbps-IPV6

En la Figura 4.30 se observa el trabajo del CPU perteneciente al servidor cuando se está enviando el video a la tasa de 1Mbps y codificación H264. El uso del CPU sube a 39% y un PF de 306MB.

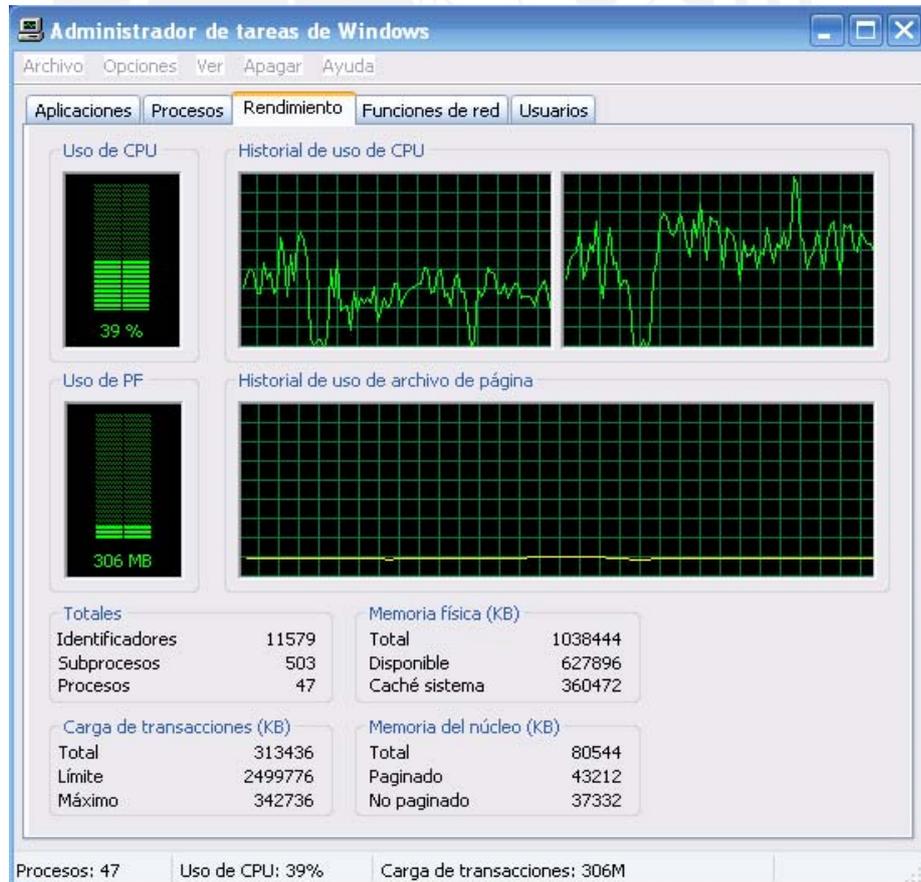


FIGURA 4.30: RENDIMIENTO DE LA CPU H264-1Mbps-IPV6

### 4.3 PRUEBAS EN UNA RED DUAL STACK (IPV4/IPV6)

Las pruebas a tomar en la red IPv4/IPv6 consisten en transmitir un mismo video *streaming* tanto en tramas IPv4 como en IPv6 con diferentes tasas de transmisión (100Kbps, 300Kbps, 1Mbps), además de usar dos métodos de codificación MP4V y H264 desde un servidor *streaming* hacia un cliente IPv4 y un cliente IPv6 que reproducirá dicho video, en el transcurso de la transmisión se capturarán las tramas con una herramienta llamada Wireshark en el cliente, también se verificará el rendimiento de la CPU del servidor. La captura de las tramas se hace con el fin de conocer el retardo entre cada paquete UDP.

#### 4.3.1 Video MP4V con tasa de transmisión 100Kbps

En la Figura 4.31, se muestra las estadísticas de los paquetes transmitidos en la red IPv4/IPv6, entre el servidor y el cliente. Con una tasa de 300Kbps con codificación H264, se observa una continuidad en transmisión.

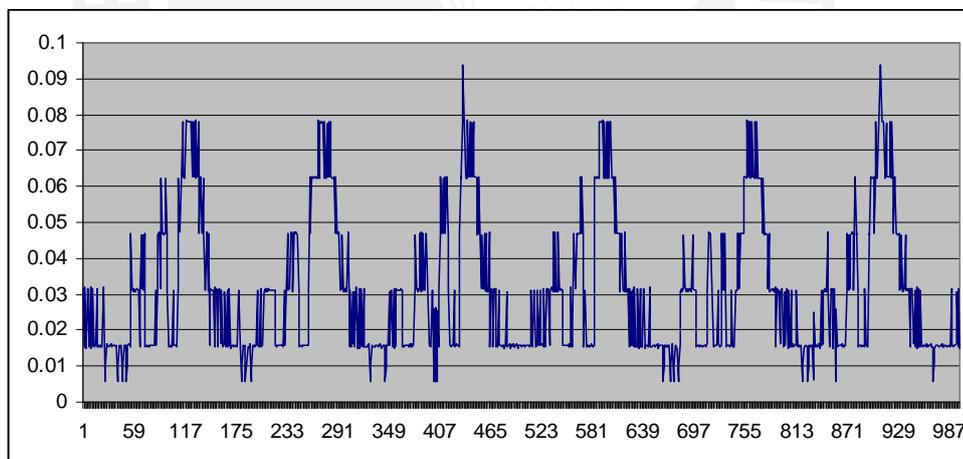


FIGURA 4.31: RETARDO MP4V-100KBPS-DUALSTACK-IPV4

En la Figura 4.32, se muestra las estadísticas de los paquetes transmitidos entre el servidor y el cliente. Con una tasa de 100Kbps con codificación MP4V, se observa una continuidad en la transmisión.

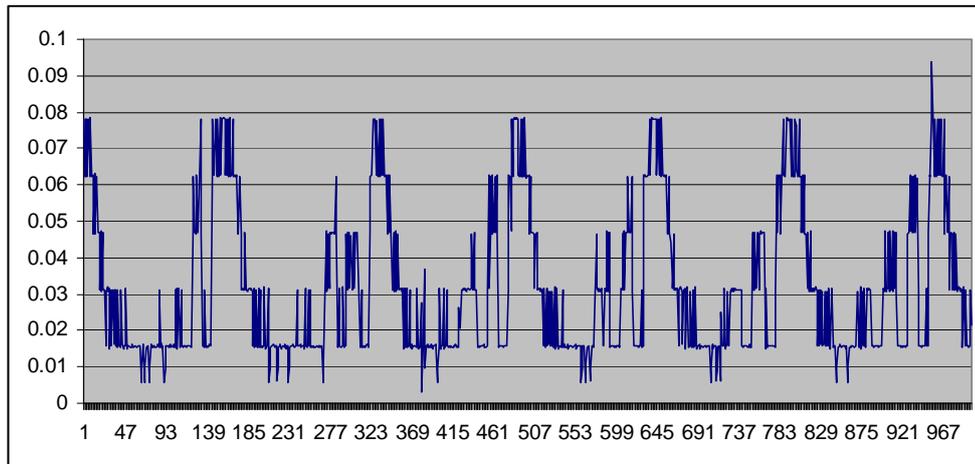


FIGURA 4.32: RETARDO MP4V-100KBPS-DUALSTACK-IPV6

En la Figura 4.33 se observa el trabajo del CPU perteneciente al servidor cuando se está enviando el video a la tasa de 100Kbps y codificación MP4V. El uso del CPU es 0% y un PF de 323MB.

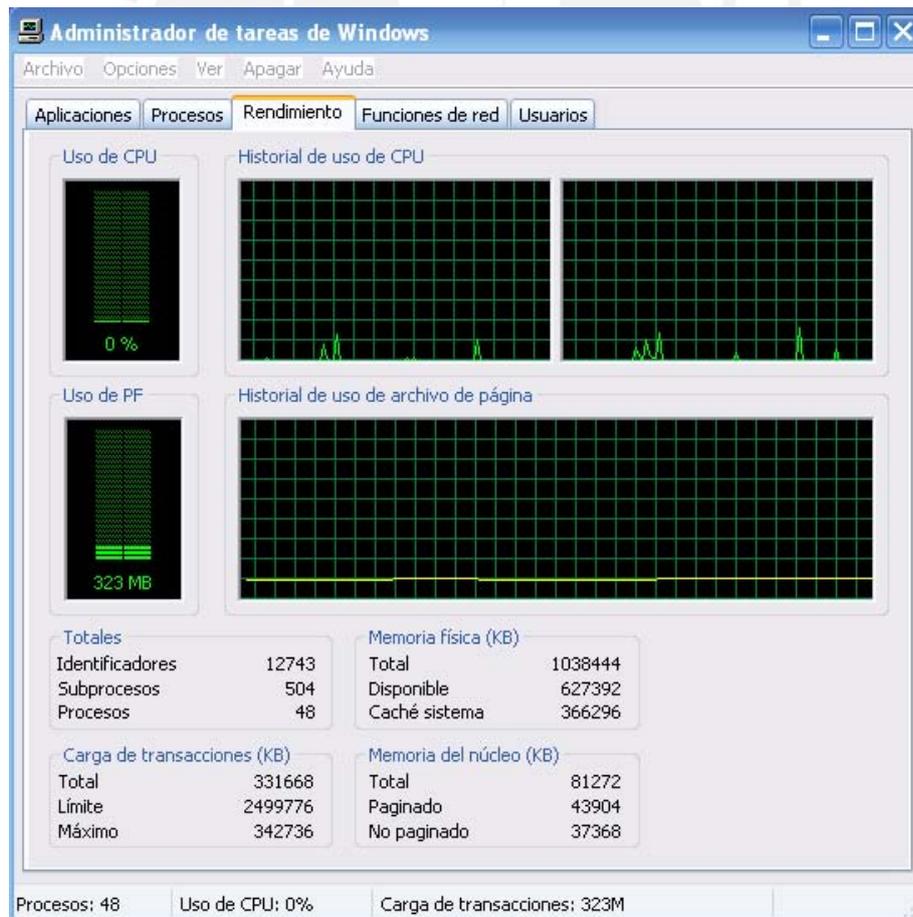


FIGURA 4.33: RENDIMIENTO DE LA CPU MP4V-100KBPS-DUALSTACK

### 4.3.2 Video MP4V con tasa de transmisión 300Kbps

En la Figura 4.34, se muestra las estadísticas de los paquetes transmitidos en la red IPv4/IPv6, entre el servidor y el cliente. Con una tasa de 300Kbps con codificación MP4V, se observa un gran espaciamiento en la transmisión.

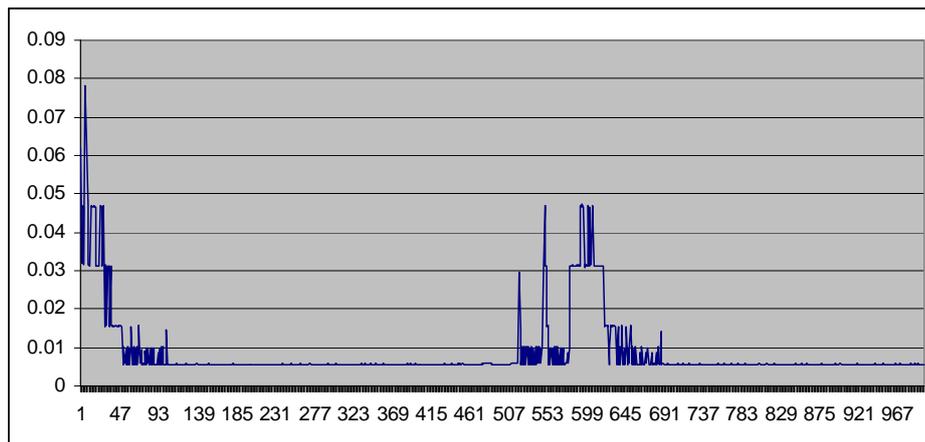


FIGURA 4.34: RETARDO MP4V-300KBPS-DUALSTACK-IPV4

En la Figura 4.35, se muestra las estadísticas de los paquetes transmitidos entre el servidor y el cliente. Con una tasa de 300Kbps con codificación MP4V, se observa un gran espaciamiento entre cada transmisión.

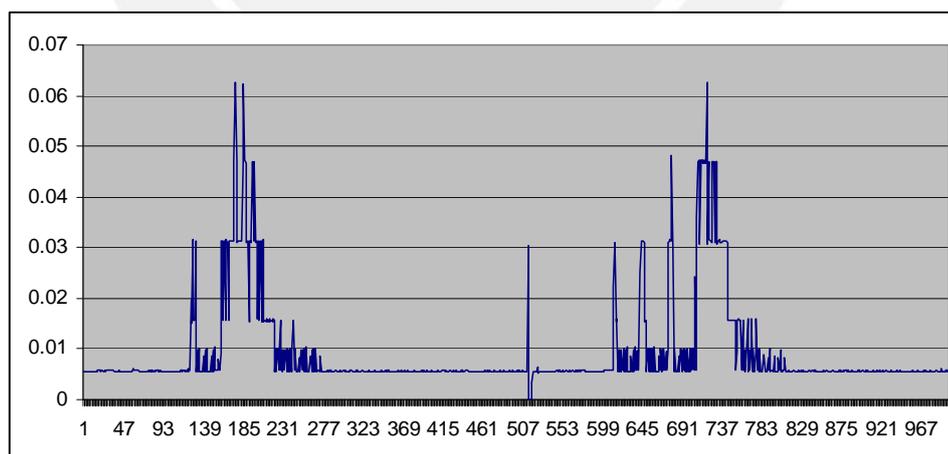


FIGURA 4.35: RETARDO MP4V-300KBPS-DUALSTACK-IPV6

En la Figura 4.36 se observa el trabajo del CPU perteneciente al servidor cuando se está enviando el video a la tasa de 300Kbps y codificación MP4V. El uso del CPU es 18% y un PF de 330MB.

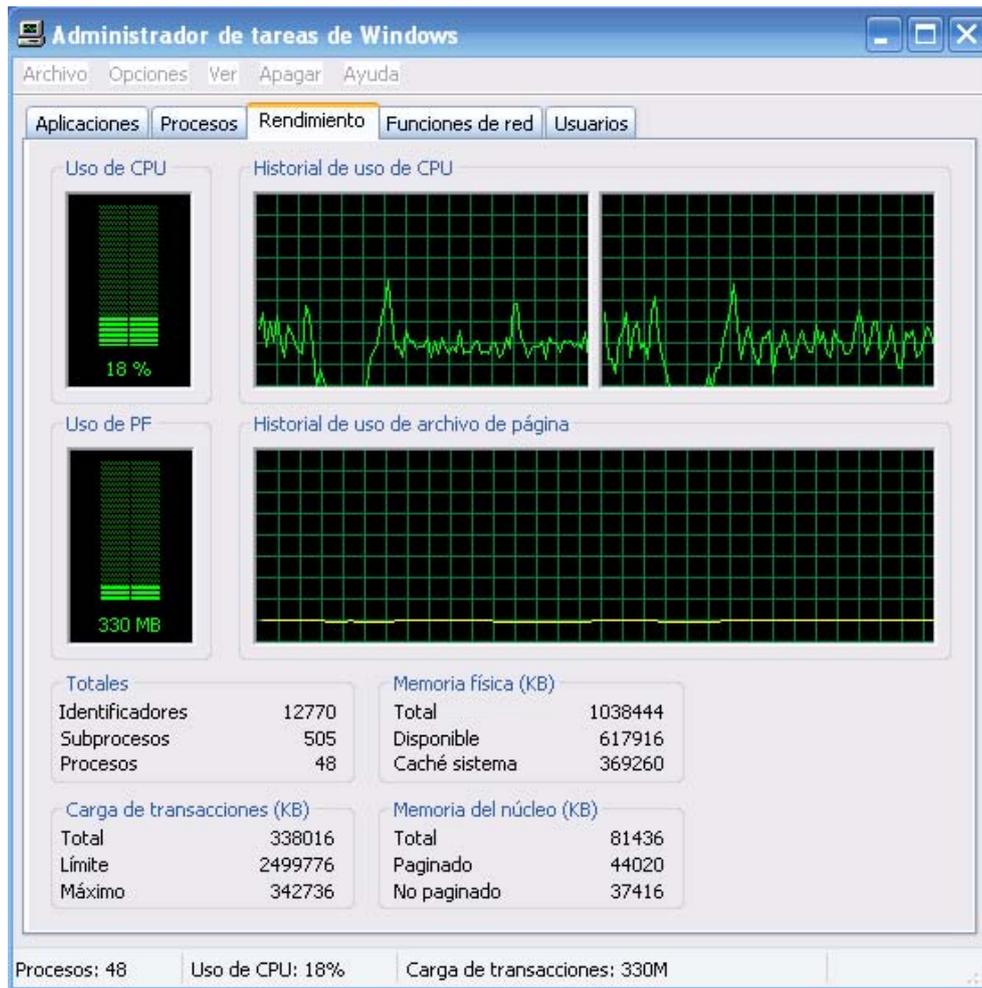
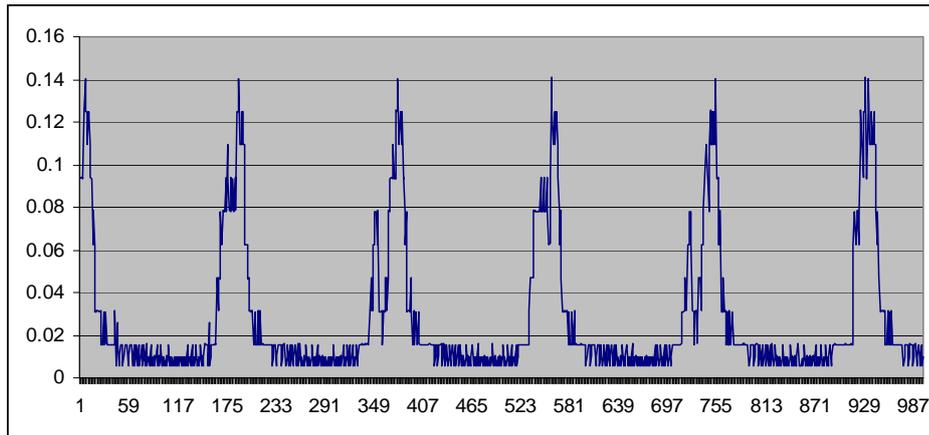


FIGURA 4.36: RENDIMIENTO DE LA CPU MP4V-300KBPS-DUALSTACK

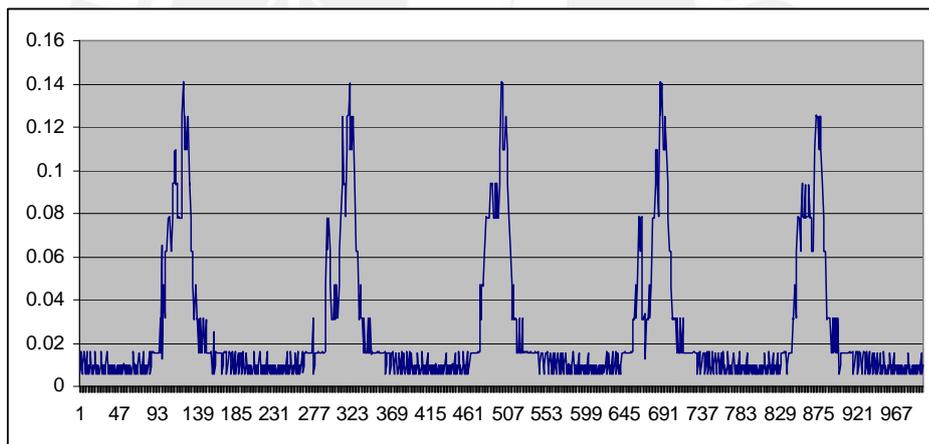
### 4.3.3 Video H264 con tasa de transmisión 100Kbps

En la Figura 4.37, se muestra las estadísticas de los paquetes transmitidos en la red IPv4/IPv6, entre el servidor y el cliente. Con una tasa de 100Kbps con codificación H264, se observa una continuidad en transmisión.



**FIGURA 4.37: RETARDO H264-100KBPS-DUALSTACK-IPV4**

En la Figura 4.38, se muestra las estadísticas de los paquetes transmitidos entre el servidor y el cliente. Con una tasa de 100Kbps con codificación H264, se observa una continuidad en la transmisión.



**FIGURA 4.38: RETARDO H264-100KBPS-DUALSTACK-IPV6**

En la Figura 4.39 se observa el trabajo del CPU perteneciente al servidor cuando se está enviando el video a la tasa de 100Kbps y codificación H264. El uso del CPU es 12% y el PF es 330MB.

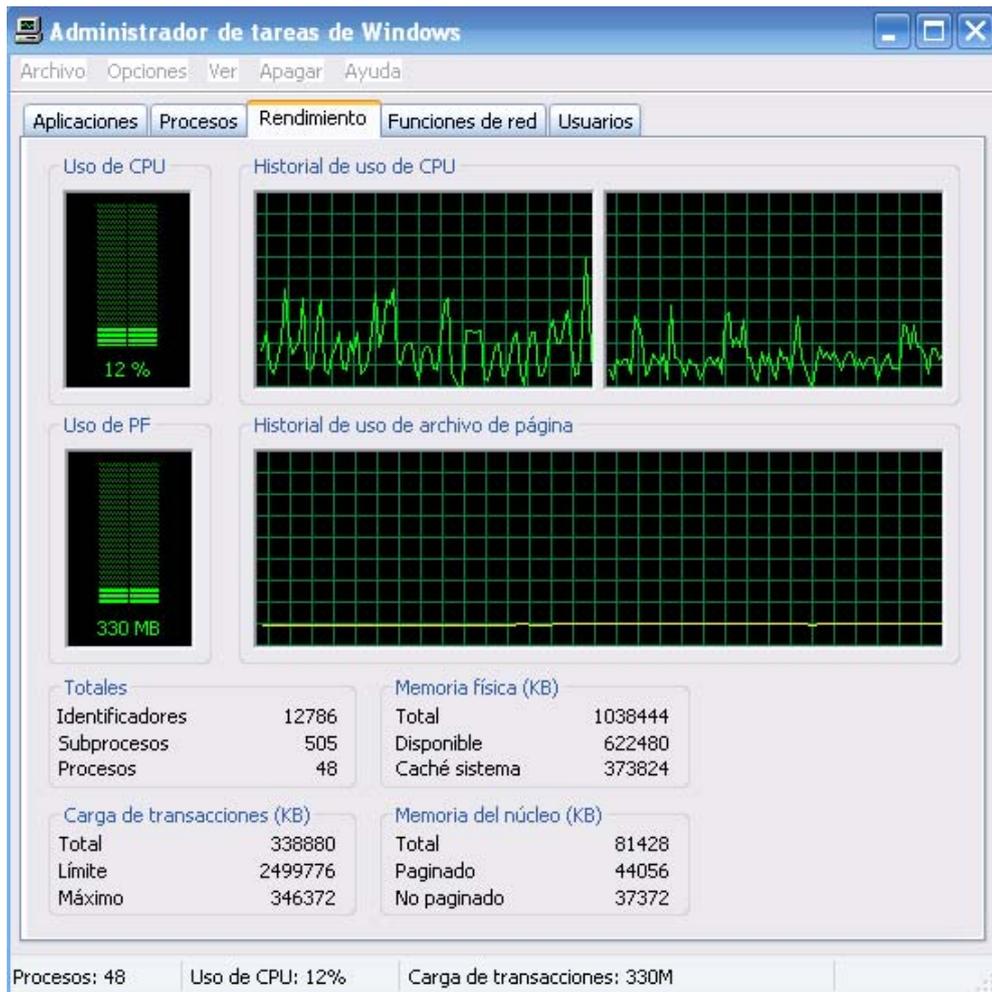
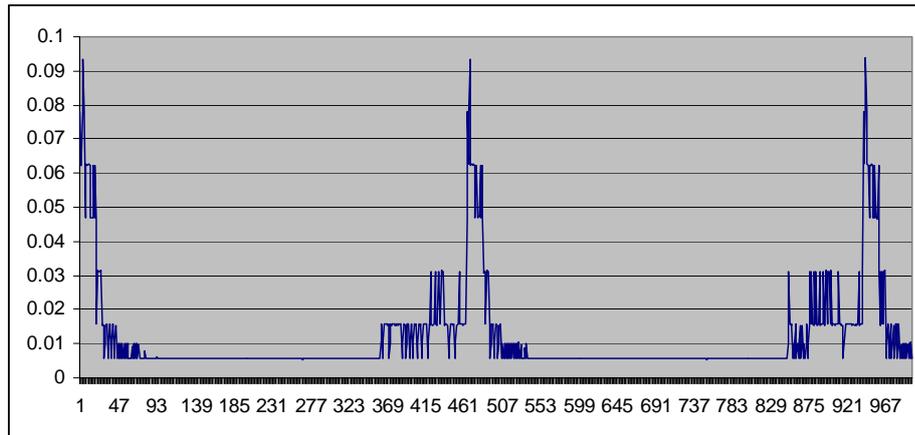


FIGURA 4.39: RENDIMIENTO DE LA CPU H264-100KBPS-DUALSTACK

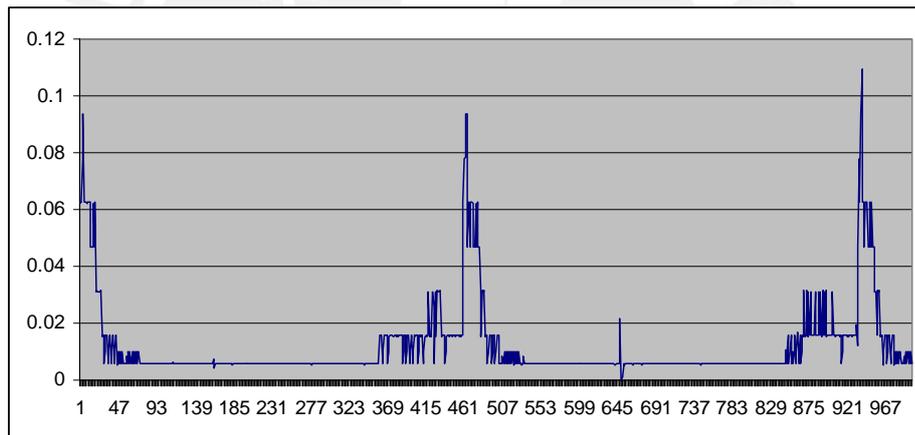
#### 4.3.4 Video H264 con tasa de transmisión 300Kbps

En la Figura 4.40, se muestra las estadísticas de los paquetes transmitidos en la red IPv4/IPv6, entre el servidor y el cliente. Con una tasa de 300Kbps con codificación H264, se observa una continuidad en transmisión.



**FIGURA 4.40: RETARDO H264-300KBPS-DUALSTACK-IPV4**

En la Figura 4.41, se muestra las estadísticas de los paquetes transmitidos entre el servidor y el cliente. Con una tasa de 300Kbps con codificación H264, se observa un gran espaciamiento entre cada transmisión.



**FIGURA 4.41: RETARDO H264-300KBPS-DUALSTACK-IPV6**

En la Figura 4.42 se observa el trabajo del CPU perteneciente al servidor cuando se está enviando el video a la tasa de 300Kbps y codificación H264. El uso del CPU es 82% y un PF de 342MB.

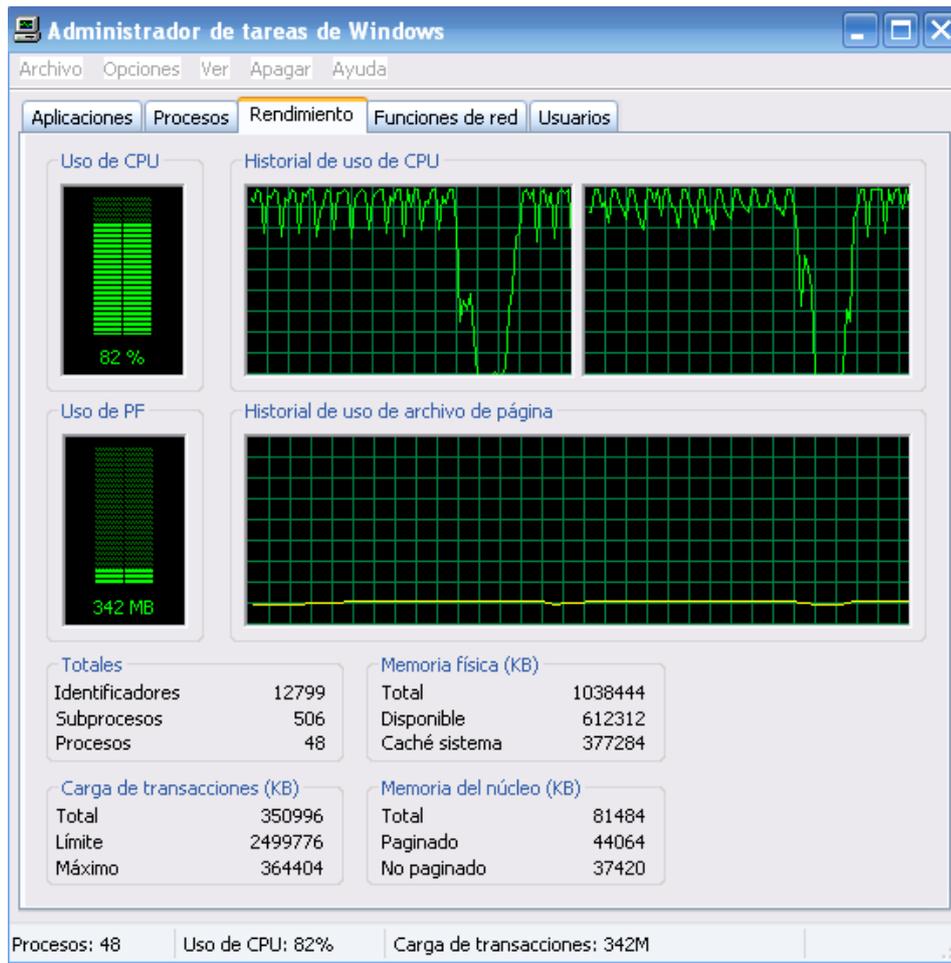
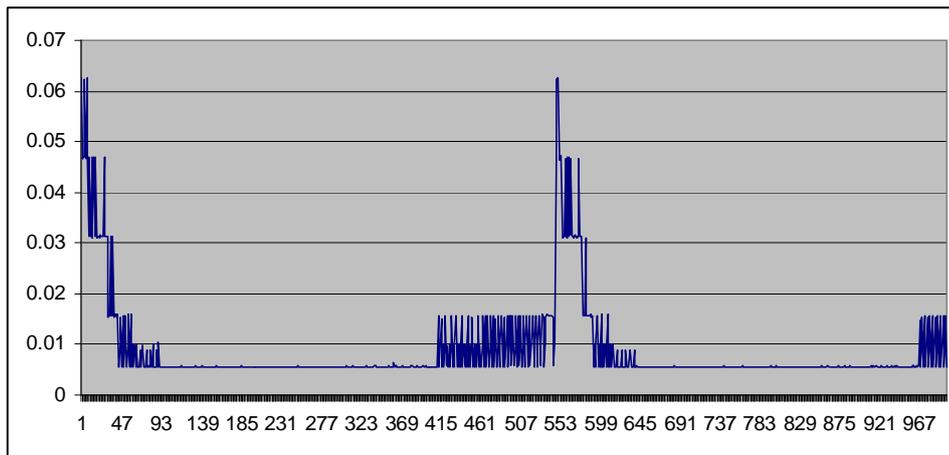


FIGURA 4.42: RENDIMIENTO DE LA CPU H264-300KBPS-DUALSTACK

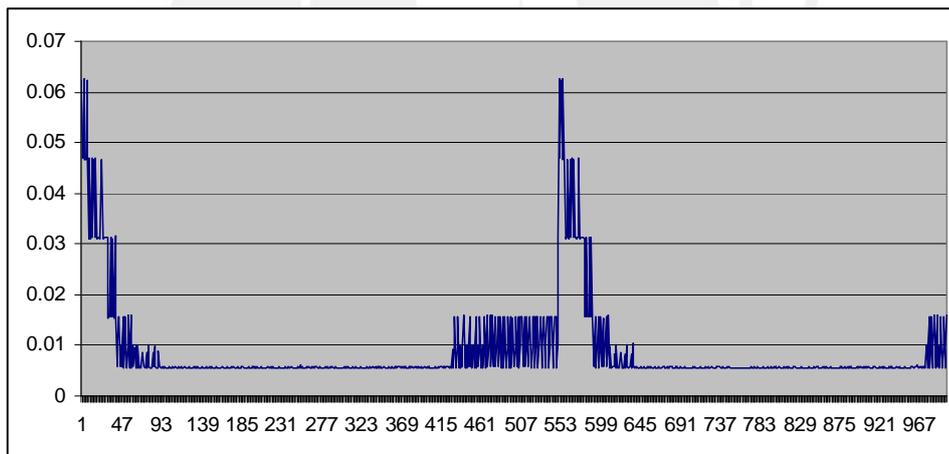
### 4.3.5 Video H264 con tasa de transmisión 1Mbps

En la Figura 4.43, se muestra las estadísticas de los paquetes transmitidos en la red IPv4/IPv6, entre el servidor y el cliente. Con una tasa de 1Mbps con codificación H264, se observa una continuidad en transmisión.



**FIGURA 4.43: RETARDO H264-1Mbps-DUALSTACK-IPV4**

En la Figura 4.44, se muestra las estadísticas de los paquetes transmitidos entre el servidor y el cliente. Con una tasa de 1Mbps con codificación H264, se observa un gran espaciamiento entre cada transmisión.



**FIGURA 4.44: RETARDO H264-1Mbps-DUALSTACK-IPV6**

En la Figura 4.45 se observa el trabajo del CPU perteneciente al servidor cuando se está enviando el video a la tasa de 100Kbps y codificación H264. El uso del CPU es 86% y PF es de 343MB.

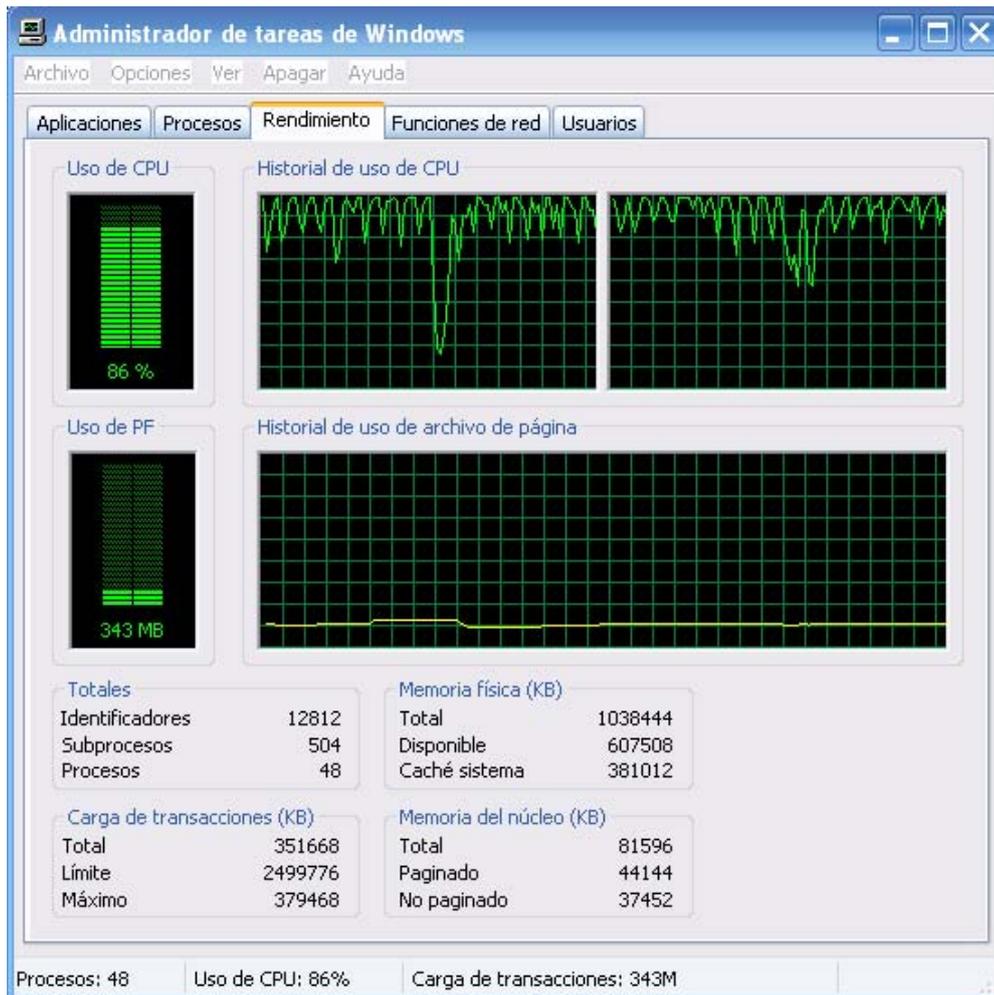


FIGURA 4.45: RENDIMIENTO DE LA CPU H264-1Mbps-DUALSTACK



#### 4.4 RESUMEN DE LAS PRUEBAS REALIZADAS

En la siguiente Tabla 4.1, se muestra un resumen de los datos recopilados en las distintas pruebas realizadas en este capítulo, tales como el retado y rendimiento de la CPU tanto en IPv4, IPv6 y Dual Stack (IPv4/IPv6), teniendo en cuenta que existen diferentes tasas de transmisión (100Kbps, 300Kbps, 1Mbps) y diferentes métodos de codificación del video (MP4V, H264), finalmente se utilizan dos sistemas operativos Linux y Windows.



Tabla 4.1: REACOPILACION DE DATOS OBTENIDOS

Tasa de Transmision	Linux		Windows		Windows		Códigoc
	IPv4	IPv6	IPv4	IPv6	IPv4/IPv6	CPU	
100kbps	Retardo	0.03110827	0.03217149	0.03096811	0.03183365	0%	MP4v
	CPU	12%	0%	0%	0%	0%	
300kbps	Retardo	0.00877342	0.00910009	0.00878183	0.00931936	18%	MP4v
	CPU	15%	23%	23%	18%	18%	
100kbps	Retardo	0.02560873	0.02780412	0.02561863	0.02771781	12%	H264
	CPU	15.20%	10%	10%	12%	12%	
300kbps	Retardo	0.01170512	0.01185672	0.01170509	0.01178231	82%	H264
	CPU	16%	36%	36%	82%	82%	
1Mbps	Retardo	0.00817619	0.00837164	0.00896103	0.00899842	86%	H264
	CPU	15.90%	39%	39%	86%	86%	

#### 4.5 EVALUACION ECONOMICA DE LA MAQUETA

La presente tabla 4.2 muestra una lista simple del equipamiento utilizado en la maqueta de pruebas en donde se busco representar las redes IPv4, IPv6 y Dual Stack (IPv4/IPv6) y en la cual se puede observar de manera rápida la diferencia económica que existe en el equipamiento de una red homogénea clásica (IPv4), moderna (IPv6) y una transitoria (IPv4/IPv6).



Tabla 4.2: EVALUACION ECONOMICA DE LA MAQUETA

Items	Cantidad	Detalles	Costos	IPv4	IPv6	IPv4/IPv6
Cisco 2800	5	IOS IPv4	\$15,670	X		
	5	IOS IPv6	\$21,280		X	X
Cisco 1700	1	IOS IPv4	\$1,300	X		X
Servidor de video	1	Darwin	\$50	X		
	1	VLC	\$50		X	X
PC cliente	1	S.O WIN XP	\$100	X		X
	1	S.O WIN VISTA	\$200		X	X
Cross over	3	Ethernet Cat 5	\$150	X	X	X
Consola	4	RJ45 -DB 9	\$240	X	X	X
Directo	3	Ethernet Cat 5	\$150	X	X	X
Backbone	3	Router DCE/DTE DB60	\$1,800	X	X	X
				\$19,460	\$23,870	\$25,270

**Equipos**

**Cables**

## *Conclusiones y trabajos futuros*

### 5.1 CONCLUSIONES

- La transmisión del video es más óptima en una red IPv4, esto se demuestra en las pruebas realizadas en Capítulo IV y teóricamente en el Capítulo II.
- Sobre el router 2800 se puede concluir que trabaja con mayor rapidez los paquetes de 32 bits “paquete IPV4” en comparación de los de 128 bits “paquete IPV6”. En una red *Dual Stack* el router 2800 incrementa su trabajo por que operar dos flujos de paquetes uno IPv4 y otro IPv6. Cabe resaltar que el manejo de los paquetes IPv4 se encuentran más optimizados a nivel de software y hardware por el tiempo de trabajo que se tiene con este protocolo, lo mismos puede pasar con IPv6 al ser utilizado con más frecuencia en el futuro.
- Utilizar la tecnología *streaming* en una red IPv4 facilita la configuración de los routers, servidor y clientes esto se debe a que los equipos están preparados para trabajar en esta red por defecto.
- En la presente Tesis se utilizó los codecs MPv4 y H264 a diferentes tasas de transmisión, así se demostró que con MP4V se obtiene menor retado y menor uso de los recursos del CPU, esto se deduce de la Tabla 4.1 del resumen del Capítulo IV. Cabe resaltar que a mayor tasa de transmisión el retardo disminuye pero también el uso de recursos aumenta.
- Utilizar la tecnología *streaming* en una red IPv6 dificulta la configuración del router, servidor y el cliente denido a que estos necesitan requerimientos mínimos de software. Respecto al hardware, la implementación de una red IPv6 provoca un incremento del trabajo de los equipos reflejado en el uso del CPU, aumenta en comparación al trabajo en una red IPv4 por lo que se deduce una red IPv6 utiliza más recursos de CPU tanto del router como del servidor y cliente.
- Trabajar con una red *Dual Stack*, implica configurar los routers con los protocolos IPv4 y IPv6, operar dos servidores en IPv4 y IPv6 o que el servidor maneje dos interfaces graficas para cada protocolo, esto incluye además a los clientes. El

comportamiento del video *streaming* en esta red muestra que el menor retardo apunta a códec MP4V, a pesar del mayor uso del CPU y los recursos del router, servidor y cliente.

- A pesar de que en la actualidad la red IPv4 es la más usada y para efectos de esta Tesis resulta ser la más óptima, la red *Dual Stack* tiene la ventaja de estar preparada para recibir al protocolo IPv6.
- Como se observa en la tabla 4.2 implementar una red IPv4 es la alternativa más económica dentro de las tres redes propuestas, esto debido a que las nuevas redes (IPv6) o las de transición (*Dual Stack*) necesitan que los todos elementos de la red estén actualizados.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- El protocolo de enrutamiento OSPF es el adecuado para el uso eficiente de una red IPv4, IPv6 y *Dual Stack* aplicado al *backbone*, debido a que verifica el ancho de banda de la ruta a seguir, obteniendo así el camino más óptimo para la transmisión, a diferencia de otros protocolos de enrutamiento como RIP que busca la menor cantidad de saltos hacia la red destino.
- En los escenarios donde existan otros flujos que coexistan con el video se recomienda trabajar con QoS debido a que se deben diferenciar los paquetes de video dándoles prioridad.
- Se recomienda tener una red *Dual Stack* y no totalmente IPv6 hasta que la tecnología evolucione y se subsanen los problemas de retardo y uso de los recursos tanto de los routers y del cliente causado por el protocolo IPv6, así tendríamos una red mas optima, hay que indicar que para el uso de IPv6 se necesita clientes con S.O que soporten IPv6.
- Se recomienda que para que existan un menor número de incidencias en la red, debe existir homogeneidad de protocolo, trabajar solo con IPv4 o IPv6, debido a que los problemas que ocurran serán más facilites de ubicar, en el caso de una red no homogénea como la *Dual Stack* va a acarrea los problemas de IPv4 sumados con los de IPv6, esto podría causar un mal funcionamiento de la red.

### 5.3 TRABAJOS FUTUROS

- De acuerdo a lo visto en la presente tesis se muestran tres tipos de escenarios por donde la tecnología *streaming* ha sido probada, en una red IPv4, IPv6 y *Dual Stack* (IPv4/IPv6). En todos los casos son redes cableadas por lo que sería un caso de estudio trabajar con redes inalámbricas las cuales hoy en día están desplazando a las redes alámbricas en algunos escenarios.
- El escenario IPv4 mostrado en esta tesis no contempla elementos adicionales tales como un servidor proxy, un servidor NAT, un firewall y otros, adicionar estos elementos a las pruebas de realizadas en esta tesis dará mayores alcances sobre el rendimiento de la tecnología *streaming*.
- La presente tesis nos muestra básicamente escenarios *unicast* tanto en los tres escenarios IPv4, IPv6 y Dual Stack por lo que sería un caso de estudio futuro el estudio de la tecnología *streaming* en escenarios *multicast*.
- La presente tesis muestra escenarios con un protocolo de enrutamiento el cual es OSPF tanto para IPv4 como para IPv6, pero existen mecanismos de transporte tales como MPLS (Multiprotocol Label Switching) muy usado hoy en día.

## BIBLIOGRAFÍA

- [ABY2005] ALEX MAC AULAY, BORIS FELTS, YUVAL FISHER “White Paper – IP Streaming of MPEG-4: Native RTP vs MPEG-2 Transport Stream”. October 2005.  
URL: <http://www.envivio.com/pdf/RTPvsTS-v4.pdf> visitado el 12/03/09
- [ANK2005] MAURO DOUGLAS R. AND KEVIN SCHMIDT “Essential SNMP”. USA, CA 2005.
- [ANK1999] WILLIAM STALLINGS “SNMP, SNMPv2, SNMPv3, and RMON 1 and 2”. USA 1999.
- [ADM2001] AMPARO DOMINGUEZ MASCARELL “Estándares de Videoconferencia” ESPAÑA 2001.  
URL: <http://www.uv.es/montanan/redes/trabajos/> visitado el 20/05/09
- [ATM2006] WEB BLOG-ATM OVER MPEG “A study of the effectiveness in utilising the frame structure of MPEG-2 to transport ATM-cells”. UK, December 2006.  
URL: <http://www.atmovermpeg.com/> visitado el 11/03/09
- [BEH2008] BEHROUZ A. FOROUZAN “TCP/IP Protocol Suite ( Cap 1 – Cap 12 ) ”. USA-Boston, MA 2008.
- [CIS2007] CISCO SYSTEM “White Paper: Performance-Comparison Testing of IPv4 and IPv6 Throughput and Latency on Key Cisco Router Platforms”. USA 2007.  
URL: [http://www.cisco.com/web/strategy/docs/gov/IPv6perf\\_wp1f.pdf](http://www.cisco.com/web/strategy/docs/gov/IPv6perf_wp1f.pdf) visitado el 13/06/09
- [CPM2001] CHRISTIAN PEPPER “MPEG-4 Primer”. March 2001.  
URL: <http://www.blender.org/documentation/intranet/docs/develop/mpeg4.html> visitado el 14/04/09
- [CUD1999] CORPORACION UNIVERSITARIA PARA EL INTERNET “CUDI”. México 1999.  
URL: <http://www.cudi.edu.mx/> visitado el 2/05/09
- [DAA2005] DAVID AUSTERBERRY “The technology of video and audio streaming”. UK 2005.
- [DDA2007] DANIEL DIAZ ATAUCURI “Charla Tecnológica: Protocolo IPv6 y las redes académicas avanzadas”. Lima- PUCP 2007.

- [ITV2002] CISCO SYSTEMS "Cisco IP/TV Administration and Configuration Guide, Version 3.0". USA 2002.  
URL:[http://www.cisco.com/en/US/docs/app\\_ntwk\\_services/waas/iptv/v30/administration/guide/adminug.html](http://www.cisco.com/en/US/docs/app_ntwk_services/waas/iptv/v30/administration/guide/adminug.html) visitado el 26/07/09
- [IPV2002] CISCO SYSTEMS "White Paper: IPv6, A Primer for Physical Security Professionals". USA 2002.  
URL:[http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/vpndevc/ps6918/ps9145/ps9152/prod\\_white\\_paper0900aecd8073c232.pdf](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/vpndevc/ps6918/ps9145/ps9152/prod_white_paper0900aecd8073c232.pdf) visitado el 26/03/09
- [LIM2005] LINUX MAGAZINE "MPEG-3 y MPEG-4 con el Servidor Darwin Streaming Server". Abril 2005.  
URL:<http://www.linux-magazine.es/issue/06/Darwin.pdf> visitado el 15/07/09
- [MP22001] DR. GORRY FAIRHURST "MPEG-2 Transmission". UK, January 2001.  
URL:<http://www.erg.abdn.ac.uk/research/future-net/digital-video/mpeg2-trans.html> visitado el 12/03/09
- [PTD2000] PINNACLE TECHNICAL DOCUMENTATION "MPEG 2 White Paper". Febrero 2000.  
URL:<http://www.pinnaclesys.com/files/MainPage/Professional/TopTabItems/products/dc1000/WhitePapers/DC1000-DVD1000MPEG2whitepaper.pdf> visitado el 15/07/09
- [RAA2006] DANIEL DIAZ ATAUCURI "Segunda Jornada Técnica de la RAAP - Protocolo de Enrutamiento: RIP y OSPF". Lima- PUCP 2006.  
URL:[http://www.raap.org.pe/docs/RAAP2\\_RipOspf.pdf](http://www.raap.org.pe/docs/RAAP2_RipOspf.pdf) visitado el 11/09/09
- [RAW2005] RICHARDSON ADDISON WESLEY "H.264 and MPEG-4 Video Compression". UK 2005.
- [RENA2008] MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA CIENCIA, TECNOLOGIA E INDUSTRIAS INTERMEDIAS "Sistemas Operativos Actuales". Venezuela 2008.  
URL: <http://www.rena.edu.ve/cuartaEtapa/Informatica/Tema2b.html> visitado el 12/03/09
- [SMC2005] SERGIO RAMIREZ, MARIA CERVANTES "Introducción al IPv6". Uruguay 2005.  
URL: <http://www.rau.edu.uy/ipv6/queesipv6.htm> visitado el 10/09/09
- [VCD2007] VCODEx "White Paper: An Overview of H.264 Advanced Video Coding". USD 2007.

URL: <http://www.videosurveillance.co.in/H.264.pdf> visitado el 09/19/09

[VLC2005] ALEXIS DE LATTRE, JOHAN BILIEU, ANIL DAOUD, CLEMENT STENAC, ANTOINE CELLERIER, JEAN PAUL SAMAN “Video LAN Streaming How to”. Paris 2005.

URL:<http://download.videolan.org/doc/streaming-howto/en/streaming-howto-en.pdf> visitado el 05/01/10



## RELACIÓN DE ANEXOS

**ANEXO 1:** Relación de equipos utilizado en la implementación de las redes.

**ANEXO 2:** Configuración de los routers 2811,1721, PC1 y PC2

**ANEXO 3:** Instalación de servidores de *streaming*.

**ANEXO 4:** Fotos de la red en el laboratorio

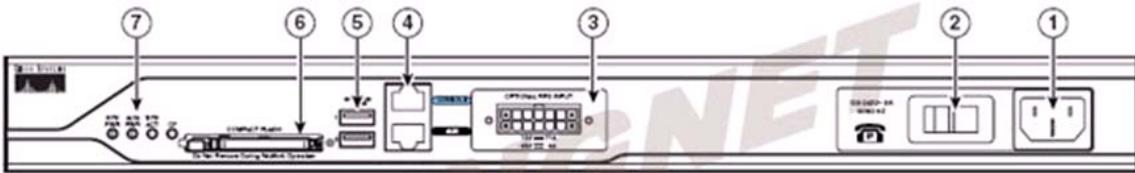


## ANEXO 1

### 1.- Routers empleados en la implementación de la red Dual Stack

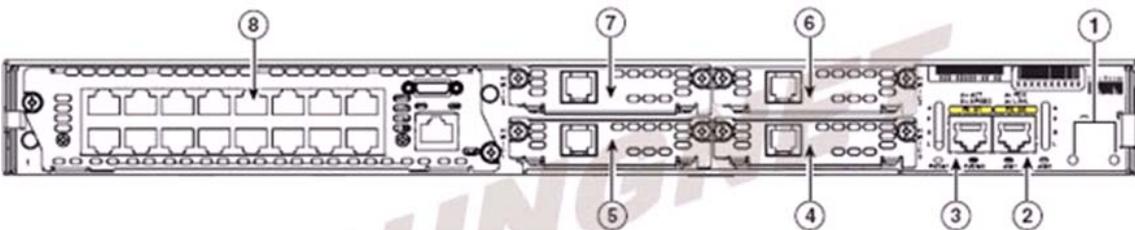
#### 1.1 Cisco 2811

##### Vista frontal



1	Conexión a la fuente de alimentación	5	Puertos USB
2	Switch on/off	6	Slot para memory card
3	Conector de fuente de alimentación redundante	7	Led's
4	Puerto Consola y Auxiliar		

##### Vista posterior



1	Ground (tierra)	5	Interface Wan slot 1
2	Puerto Fast Ethernet 0/0	6	Interface Wan slot 2
3	Puerto Fast Ethernet 0/1	7	Interface Wan slot 3
4	Interface Wan slot 0	8	Módulo de red mejorada (NME)

### Especificaciones Generales

<b>Tipo de dispositivo</b>	Encaminador
<b>Factor de forma</b>	Externo - modular - 1U
<b>Anchura</b>	43.82 cm
<b>Profundidad</b>	41.66 cm
<b>Altura</b>	4.45 cm
<b>Peso</b>	6.4 kg

### Memoria

<b>Memoria RAM</b>	256 MB (instalados) / 760 MB (máx.) - DDR SDRAM
<b>Memoria Flash</b>	64 MB (instalados) / 256 MB (máx.)

### Conexiones de redes

<b>Tecnología de conectividad</b>	Cableado
<b>Protocolo de interconexión de datos</b>	Ethernet, Fast Ethernet
<b>Red / Protocolo de transporte</b>	IPSec
<b>Protocolo de gestión remota</b>	SNMP 3
<b>Indicadores de estado</b>	Actividad de enlace, alimentación

<b>Características</b>	Diseño modular, protección firewall, criptografía 128 bits, cifrado del hardware, asistencia técnica VPN, soporte de MPLS, filtrado de URL, cifrado de 256 bits
<b>Cumplimiento de normas</b>	IEEE 802.3af

**Expansión / Conectividad**

<b>Total ranuras de expansión (libres)</b>	4(4)xHWIC 2(2)xAIM 1(1)xNME 2(2)xPVDM-SIMM80-PIN 2memoria 1 Tarjeta CompactFlash
<b>Interfaces</b>	2 x red - Ethernet 10Base-T/100Base-TX - RJ-45  2xUSB 1xgestión-consola-RJ-45 1 x red - auxiliar - RJ-45

**Diverso**

<b>Algoritmo de cifrado</b>	DES, Triple DES, AES
<b>Método de autenticación</b>	Secure Shell v.2 (SSH2)
<b>Cumplimiento de normas</b>	CISPR 22 Class A, CISPR 24, EN 61000-3-2, VCCI Class A ITE, IEC 60950, EN 61000-3-3, EN55024, EN55022 Class A, UL 60950, EN50082-1, CSA 22.2 No. 60950, AS/NZ 3548 Class A, JATE, FCC Part 15, ICES-003 Class A, CS-03, EN 61000-6-2

**Alimentación**

<b>Dispositivo de alimentación</b>	Fuente de alimentación - interna
------------------------------------	----------------------------------

**Software / Requisitos del sistema**

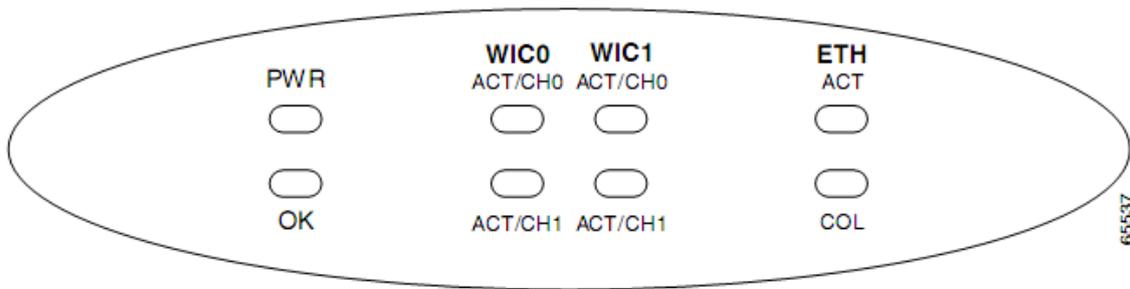
OS proporcionado	Cisco IOS Advanced Security
------------------	-----------------------------

**Parámetros de entorno**

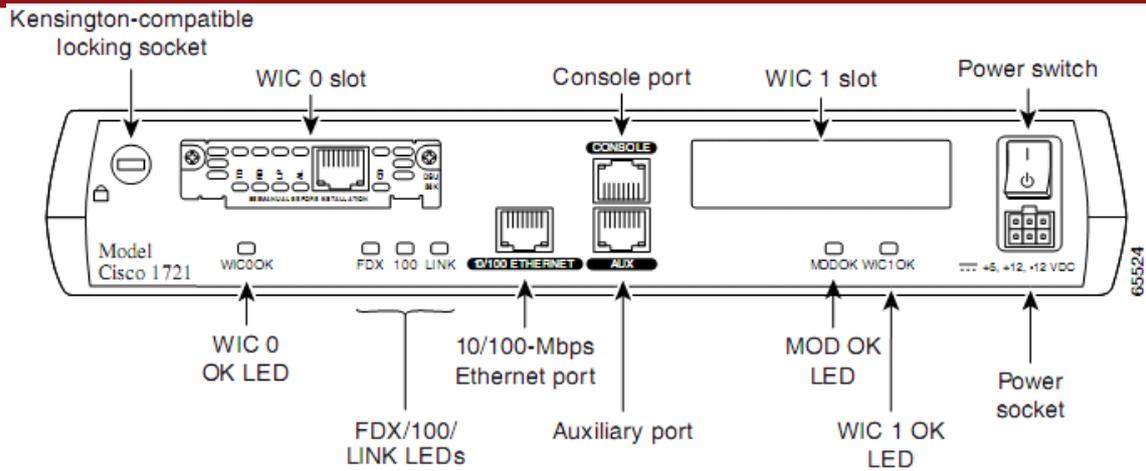
Temperatura mínima de funcionamiento	0 °C
Temperatura máxima de funcionamiento	40 °C
Temperatura máxima de funcionamiento	5 - 95%

1.2 Cisco 1721

**Vista frontal**



**Vista posterior**



**Especificaciones generales:**

<b>MPN</b>	CISCO1721-VPN/K9
<b>Tipo de dispositivo</b>	Encaminador
<b>Factor de forma</b>	Externo - modular
<b>Cantidad de módulos instalados (máx.)</b>	1 (instalados) / 3 (máx.)
<b>Anchura</b>	28.4 cm
<b>Profundidad</b>	22.1 cm
<b>Altura</b>	7.9 cm
<b>Peso</b>	1.2 kg

**Memoria**

<b>Memoria RAM</b>	96 MB (instalados) / 128 MB (máx.)
<b>Memoria Flash</b>	32 MB (instalados) / 32 MB (máx.)

**Conexión de redes**

<b>Tecnología de conectividad</b>	Cableado
-----------------------------------	----------

<b>Protocolo de interconexión de datos</b>	Ethernet, Fast Ethernet
<b>Protocolo de conmutación</b>	Ethernet
<b>Red / Protocolo de transporte</b>	TCP/IP, L2TP, RSVP, IPSec, L2F
<b>Protocolo de direccionamiento</b>	OSPF, HSRP, NHRP
<b>Protocolo de gestión remota</b>	SNMP, RMON, Telnet
<b>Modo comunicación</b>	Semidúplex, dúplex pleno
<b>Indicadores de estado</b>	Actividad de enlace, estado de colisión, alimentación
<b>Características</b>	Diseño modular, capacidad duplex, protección firewall, auto-sensor por dispositivo, Encaminamiento IP, soporte de DHCP, soporte de NAT, cifrado del hardware, asistencia técnica VPN, negociación automática, soporte VLAN, limitación de tráfico, Stateful Packet Inspection (SPI), prevención contra ataque de DoS (denegación de servicio), activable, Low-latency queuing (LLQ), Weighted Fair Queuing (WFQ), soporte de Access Control List (ACL)
<b>Cumplimiento de normas</b>	IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.1Q

**Expansión / Conectividad**

<b>Total ranuras de expansión (libres)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 ( 1 ) x WIC</li> <li>• 1 ( 0 ) x memoria</li> </ul>
<b>Interfaces</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 ( 0 ) x Ranura de expansión</li> <li>• 1 x red - Ethernet 10Base-T/100Base-TX - RJ-45</li> <li>• 1 x gestión - consola - RJ-45</li> <li>• 1 x gestión - auxiliar - RJ-45</li> </ul>

**Diverso**

<b>Cables (Detalles)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 x adaptador serie</li> <li>• 1 x cable serie</li> </ul>
--------------------------	--

<b>Algoritmo de cifrado</b>	Triple DES, IKE
<b>Método de autenticación</b>	RADIUS, PAP, CHAP, certificados X.509, TACACS+
<b>Cumplimiento de normas</b>	Certificado FCC Clase B , ETSI, CSA, CTR 21, CISPR 22 Class B, EN 60950, EN55022, IEC 61000-3-2, IEC 61000-4-11, IEC 61000-4-2, IEC 61000-4-4, IEC 61000-4-5, UL 1950, VCCI-II, CSA 22.2 No. 950, EN55022 Class B, FCC Part 15 B, AS/NZS 3260, EN 61000-4-4, EN 61000-4-2, AS/NZ 3548 Class A, EN 61000-4-5, EN 60555-2

### Alimentación

<b>Dispositivo de alimentación</b>	Adaptador de corriente - externa
<b>Voltaje necesario</b>	CA 120/230 V ( 50/60 Hz )
<b>Consumo eléctrico en funcionamiento</b>	20 vatios

### Software / requisitos del sistema

<b>OS proporcionado</b>	Cisco IOS
<b>Software incluido</b>	Controladores y utilidades, CiscoWorks

### Parámetros de entorno

<b>Temperatura mínima de funcionamiento</b>	0 °C
<b>Temperatura máxima de funcionamiento</b>	40 °C
<b>Ámbito de humedad de funcionamiento</b>	10 - 85%

## *A N E X O 2*

### 2.1.- Configuración de los routers 2811 (R1,R2,R3,R4,R6),1721(R5)

#### **Router – R1**

Router # configure terminal

Router (conf) # hostname R1

R1(conf)# interface fastethernet 0/1

R1(conf-if)# ip address 200.90.147.1 255.255.255.0

R1(conf-if)# no shutdown

R1(conf-if)# exit

R1(conf)# interface fastethernet 0/0

R1(conf-if)# ip address 210.5.5.5 255.255.255.252

R1(conf-if)# no shutdown

R1(conf-if)# exit

R1(conf) # router ospf 1

R1(conf-router) # network 210.5.5.4 0.0.0.3 area 1

R1(conf-router) # network 200.90.147.0 0.0.0.255 area 1

R1(conf-router)# exit

R1(conf)# ipv6 unicast-routing

R1(conf)# ipv6 unicast-routing

R1(conf)# interface fastethernet 0/1

```
R1(conf-if)# ipv6 address 2001:13b0:1030::1/48
```

```
R1(conf-if)# no shutdown
```

```
R1(config-if)# ipv6 ospf 1 area 1
```

```
R1(config-if)# exit
```

```
R1(conf)# interface fastethernet 0/0
```

```
R1(conf-if)# ipv6 address 2001:13:50:5555::1c5/126
```

```
R1(conf-if)# no shutdown
```

```
R1(config-if)# ipv6 ospf 1 area 1
```

```
R1(config-if)# exit
```

### Router – R2

```
Router # configure terminal
```

```
Router (conf) # hostname R2
```

```
R2(conf)# interface fastethernet 0/0
```

```
R2(conf-if)# ip address 210.5.5.13 255.255.255.252
```

```
R2(conf-if)# no shutdown
```

```
R2(conf-if)# exit
```

```
R2(conf)# interface fastethernet 0/1
```

```
R2(conf-if)# ip address 210.5.5.6 255.255.255.252
```

```
R2(conf-if)# no shutdown
```

```
R2(conf-if)# exit

R2(conf)# interface serial 0/0/0

R2(conf-if)# ip address 210.5.5.9 255.255.255.252

R2(conf-if)# no shutdown

R2(conf-if)# exit

R2(conf) # router ospf 2

R2(conf-router)# network 210.5.5.4 0.0.0.3 area 1

R2(conf-router)# network 210.5.5.8 0.0.0.3 area 0

R2(conf-router)# network 210.5.5.12 0.0.0.3 area 0

R2(conf-router)# exit

R2(conf)# ipv6 unicast-routing

R2(conf)# interface serial 0/0/0

R2(conf-if)# ipv6 address 2001:13:50:5555::1c9/126

R2(conf-if)# no shutdown

R2(config-if)# ipv6 ospf 2 area 0

R2(config-if)# exit

R2(conf)# interface fastethernet 0/0

R2(conf-if)# no shutdown

R2(conf-if)# ipv6 address 2001:13:50:5555::1cd/126

R2(config-if)# ipv6 ospf 2 area 0
```

```
R2(config-if)# exit

R2(conf)# interface fastethernet 0/1

R2(conf-if)# ipv6 address 2001:13:50:5555::1c6/126

R2(conf-if)# no shutdown

R2(config-if)# ipv6 ospf 2 area 1

R2(config-if)# exit
```

### **Router – R3**

```
Router # configure terminal

Router (conf) # hostname R3

R3(conf)# interface fastethernet 0/0

R3(conf-if)# ip address 210.5.5.25 255.255.255.252

R3(conf-if)# no shutdown

R3(conf-if)# exit

R3(conf)# interface fastethernet 0/1

R3(conf-if)# ip address 210.5.5.17 255.255.255.252

R3(conf-if)# no shutdown

R3(conf-if)# exit

R3(conf)# interface serial 0/0/1

R3(conf-if)# ip address 210.5.5.10 255.255.255.252
```

```
R3(conf-if)# no shutdown

R3(conf-if)# exit

R3(conf) # router ospf 3

R3(conf-router) # network 210.5.5.8 0.0.0.3 area 0

R3(conf-router) # network 210.5.5.16 0.0.0.3 area 0

R3(conf-router) # network 210.5.5.24 0.0.0.3 area 3

R3(conf-router)# exit

R3(conf)# ipv6 unicast-routing

R3(conf)# interface serial 0/0/0

R3(conf-if)# ipv6 address 2001:13:50:5555::1d1/126

R3(conf-if)# no shutdown

R3(config-if)# ipv6 ospf 3 area 0

R3(config-if)# exit

R3(conf)# interface serial 0/2/1

R3(conf-if)# ipv6 address 2001:13:50:5555::1ca/126

R3(conf-if)# no shutdown

R3(config-if)# ipv6 ospf 3 area 0

R3(config-if)# exit

R3(conf)# interface fastethernet 0/0

R3(conf-if)# ipv6 address 2001:13:50:5555::1d9/126
```

```
R3(conf-if)# no shutdown
```

```
R3(config-if)# ipv6 ospf 3 area 3
```

```
R3(config-if)# exit
```

### **Router – R4**

```
Router # configure terminal
```

```
Router (conf) # hostname R4
```

```
R4(conf)# interface fastethernet 0/1
```

```
R4(conf-if)# ip address 210.5.5.14 255.255.255.252
```

```
R4(conf-if)# no shutdown
```

```
R4(conf-if)# exit
```

```
R4(conf)# interface serial 0/0/0
```

```
R4(conf-if)# ip address 210.5.5.21 255.255.255.252
```

```
R4(conf-if)# no shutdown
```

```
R4(conf-if)# exit
```

```
R4(conf)# interface fastethernet 0/0
```

```
R4(conf-if)# ip address 210.5.5.18 255.255.255.252
```

```
R4(conf-if)# no shutdown
```

```
R4(conf-if)# exit
```

```
R4(conf) # router ospf 4
```

```
R4(conf-router)# network 210.5.5.12 0.0.0.3 area 0
```

```
R4(conf-router)# network 210.5.5.16 0.0.0.3 area 0
```

```
R4(conf-router)# network 210.5.5.20 0.0.0.3 area 2
```

```
R4(conf-router)# exit
```

```
R4(conf)# ipv6 unicast-routing
```

```
R4(conf)# interface serial 0/0/0
```

```
R4(conf-if)# ipv6 address 2001:13:50:5555::1d5/126
```

```
R4(conf-if)# no shutdown
```

```
R4(config-if)# ipv6 ospf 4 area 2
```

```
R4(config-if)# exit
```

```
R4(conf)# interface serial 0/2/1
```

```
R4(conf-if)# ipv6 address 2001:13:50:5555::1d2/126
```

```
R4(conf-if)# no shutdown
```

```
R4(config-if)# ipv6 ospf 4 area 0
```

```
R4(config-if)# exit
```

```
R4(conf)# interface fastethernet 0/1
```

```
R4(conf-if)# ipv6 address 2001:13:50:5555::1ce/126
```

```
R4(conf-if)# no shutdown
```

```
R4(config-if)# ipv6 ospf 4 area 0
```

```
R4(config-if)# exit
```

### Router – R5

Router # configure terminal

Router (conf) # hostname R5

R5(conf)# interface fastethernet 0

R5(conf-if)# ip address 200.100.76.1 255.255.255.0

R5(conf-if)# no shutdown

R5(conf-if)# exit

R5(conf)# interface serial 1

R5(conf-if)# ip address 210.5.5.22 255.255.255.252

R5(conf-if)# no shutdown

R5(conf-if)# exit

R5(conf) # router ospf 5

R5(conf-router) # network 200.100.76.0 0.0.0.255 area 2

R5(conf-router) # network 210.5.5.20 0.0.0.3 area 2

R5(conf-router)# exit

### Router – R6

Router # configure terminal

Router (conf) # hostname R6

```
R6(conf)# interface fastethernet 0/0

R6(conf-if)# ip address 200.200.2.1 255.255.255.0

R6(conf-if)# no shutdown

R6(conf-if)# exit

R6(conf)# interface fastethernet 0/1

R6(conf-if)# ip address 210.5.5.26 255.255.255.252

R6(conf-if)# no shutdown

R6(conf-if)# exit

R6(conf) # router ospf 6

R6(conf-router) # network 210.5.5.24 0.0.0.3 area 3

R6(conf-router) # network 200.200.2.0 0.0.0.255 area 3

R6(conf-router)# exit

R6(conf)# ipv6 unicast-routing

R6(conf)# interface fastethernet 0/1

R6(conf-if)# ipv6 address 2001:13:50:5555::1da/126

R6(conf-if)# no shutdown

R6(config-if)# ipv6 ospf 6 area 3

R6(config-if)#exit

R6(conf)#interface fastethernet 0/0

R6(conf-if)#ipv6 address 2001:13d0:1050::1/48
```

```
R6(conf-if)#no shutdown
```

```
R6(config-if)#ipv6 ospf 6 area 3
```

```
R6(config-if)#exit
```

## **2.2.- Configuración de las interfaces de las PC's de los clientes y PC del servidor de video**

Es importante tener en cuenta la instalación previa del protocolo IPV6 tanto en el cliente como en el servidor, dado el caso que se tenga un S.O Windows XP en Windows Vista no existe este inconveniente por que este S.O esta preparado con una interfaz grafica que para ingresar las direccion IPV6, en la distribución de Linux Ubuntu es preferible ingresar por consola las direcciones IPV6 y IPV4:

### **2.2.1.- Configuración de una PC con direcciones IPV6**

Ingresa a Propiedades de Conexión de área local, luego presionar el botón de Instalar, seguidamente seleccionar “protocolo” y presionar el botón de Agregar, finalmente seleccionar “Microsoft TCP/IP versión 6” y el botón de Aceptar para iniciar la instalación, tal como se muestran en la Figura 2.2.1-1, Figura 2.2.1-2, Figura 2.2.1-3.

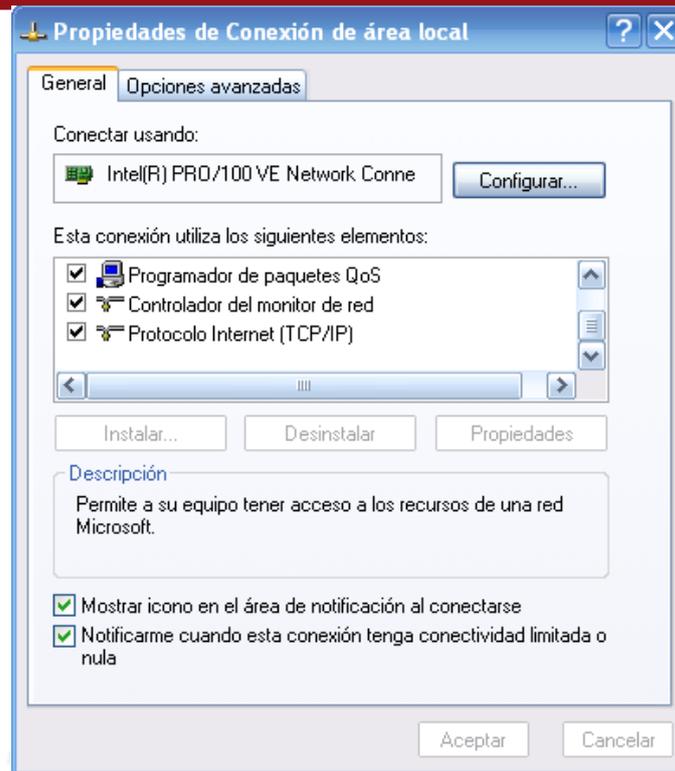


Figura 2.2.1-1



FIGURA 2.2.1-2



FIGURA 2.2.1-3

Luego ingresar a la ventana de comandos y tipear los siguientes comandos:

```
c:\>netsh
```

```
netsh>interface ipv6
```

```
netsh interface ipv6> add address "Conexión área local" 2001:13d0:1050::2
```

Aceptar

```
netsh interface ipv6> exit
```

## 2.2.- Configuración de una PC con direcciones IPV4

Ingresa a la ventana de Propiedades de área local, seleccionar "Protocolo Internet(TCP/IP)", luego propiedades he ingresar en las direcciones ip

PC Cliente

Ip: 200.100.76.2

Mask: 255.255.255.0

PC Servidor

Ip: 200.100.76.2

Mask : 255.255.255.0

## A N E X O 3

### 3.1.- Instalación del Servidor Darwin Streaming Server

El servidor Darwin de Apple es una versión gratuita del servidor comercial Quicktime. Puede manejar los formatos MP3 y MPEG4 y posee una interfaz web. Para la instalación de este software es importante primero dar un vistazo a este PDF que da las pautas para la instalación correcta del DSS.

Fuente : <http://www.linux-magazine.es/issue/06/Darwin.pdf>

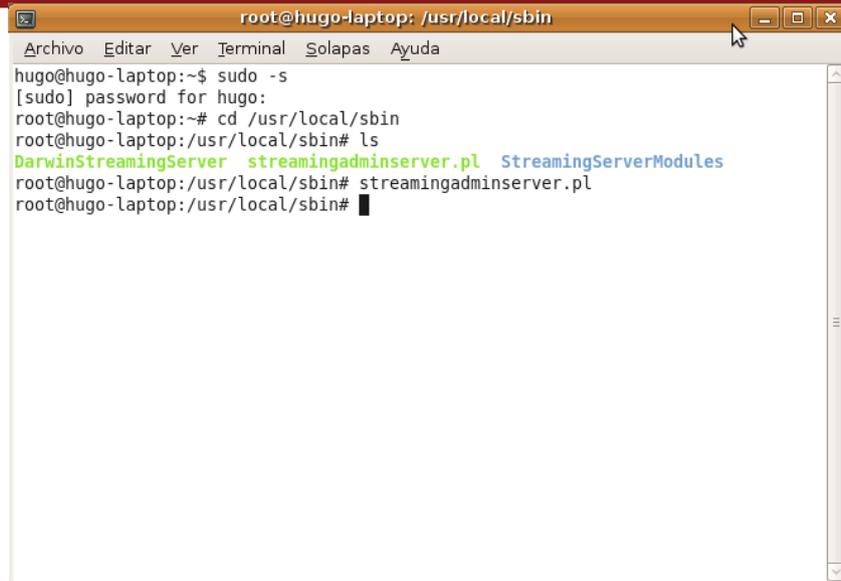
Al utilizar el Ubuntu existe un problema el cual es solucionado con un parche que se muestra a continuación:

```
Cd DarwinStreamingSrvr6.0.3-Source/  
patch -p1 < dss-6.0.3.patch  
./buildtarball  
cd DarwinStreamingSrvr-Linux  
./Install
```

El parche se encuentra en esta dirección: <http://www.abrahamsson.com/dss-6.0.3.patch>

Fuente: <http://lists.apple.com/archives/streaming-server-dev/2008/May/msg00043.html>

Finalizada la instalación y solucionado el problema del parche que le falta al Ubuntu, se debe ejecutar el proceso “Streamingadminserver.pl” como se muestra en la Figura 1, para luego usar el entorno WEB.



```

root@hugo-laptop: /usr/local/sbin
Archivo  Editar  Ver  Terminal  Solapas  Ayuda
hugo@hugo-laptop:~$ sudo -s
[sudo] password for hugo:
root@hugo-laptop:~# cd /usr/local/sbin
root@hugo-laptop:/usr/local/sbin# ls
DarwinStreamingServer  streamingadminserver.pl  StreamingServerModules
root@hugo-laptop:/usr/local/sbin# streamingadminserver.pl
root@hugo-laptop:/usr/local/sbin#
  
```

FIGURA 3.1

Es importante configurar la tarjeta de red en así como el Gateway de la siguiente manera:

Por ejemplo;

Ip del servidor: 192.168.21.2

Gateway: 192.168.21.1

Configuración de la tarjeta de red: ip address add 192.168.21.2/24 dev eth0

Configuración del Gateway: ip route add default via 192.168.21.1

En el caso de IPV6

# /sbin/ip -6 addr add <ipv6address>/<prefixlength> dev <interface>

Por ejemplo;

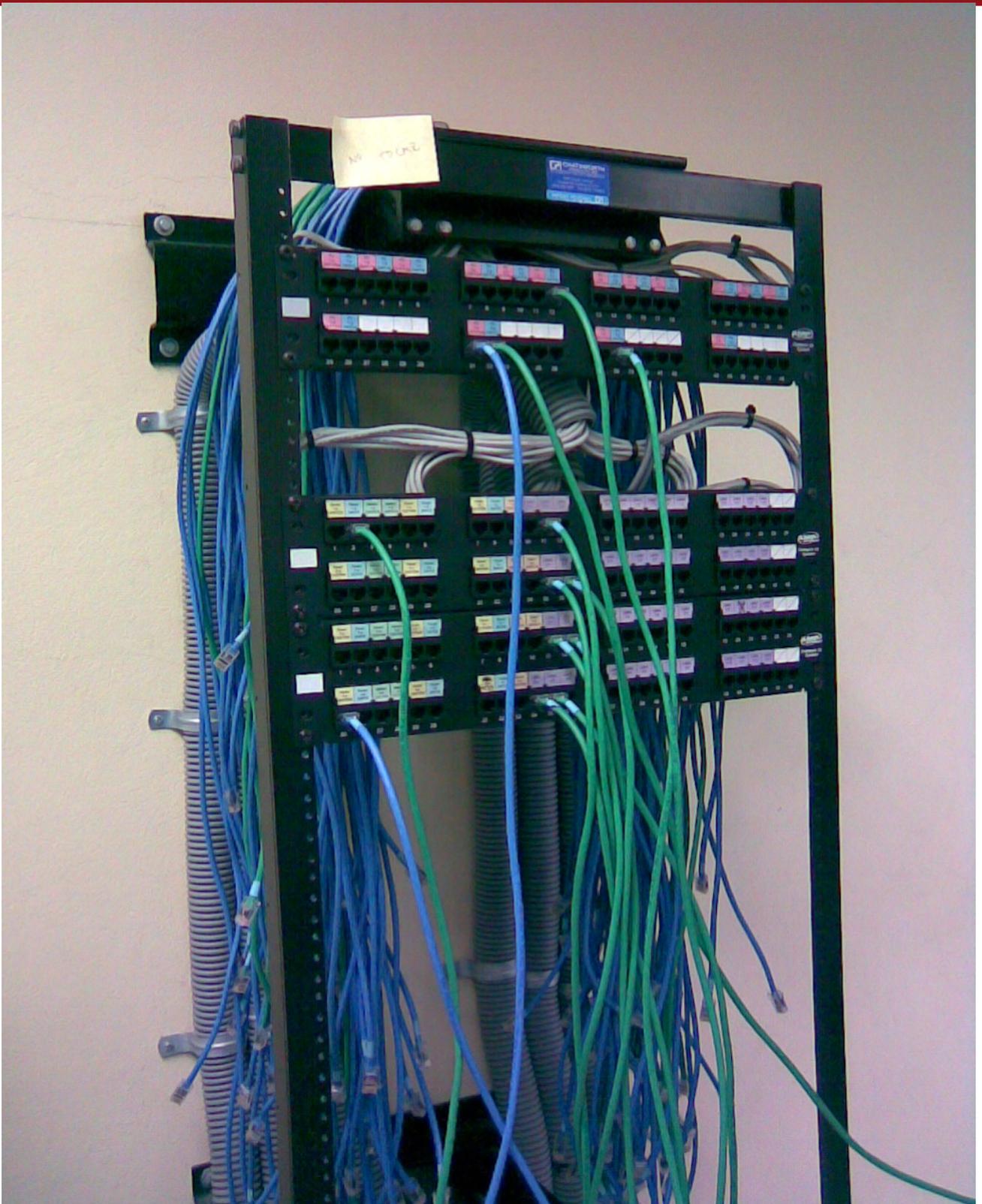
# /sbin/ip -6 addr add 2001:0db8:0:f101::1/64 dev eth0

## ANEXO 4

### 4.1.- Fotos de la red en el laboratorio



**FIGURA 4.1-1: Routers 2800 y 1700 en la Red**



**FIGURA 4.1-2: Patch Panel ( Conexiones entre los router y clientes PC's ).**