

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**DISEÑO DE UNA RED CDN/P2P ORIENTADA AL LIVE  
STREAMING DE MATERIALES ACADÉMICOS EN EL PERÚ**

Tesis para optar el Título de Ingeniero de las Telecomunicaciones, que  
presenta el bachiller:

**GIANPIERRE EDISSON PONCE PALACIOS**

**ASESOR: ING. JUAN OMAR SALOME RESURECCIÓN**

**Lima, Julio del 2013**

## **Resumen**

El presente proyecto de tesis consiste en el diseño de una red híbrida CDN + P2P orientada a la educación en el Perú mediante la transmisión de video streaming de clases, conferencias y cursos brindados por diferentes universidades del Perú. La idea surge como una optimización del uso del Ancho de Banda al momento de transmisiones de video, de alta calidad, entre lugares alejados geográficamente. Para esto se trata de juntar las fortalezas de las redes CDN (QoE) y de las P2P (escalabilidad a bajo costo).

El primer capítulo está centrado en dar una visión general del mercado actual y de uno de los casos de éxito que se está teniendo, en el mundo, gracias al despliegue de estas nuevas redes.

El segundo capítulo busca presentar el aspecto teórico necesario así como mostrar la arquitectura de una red híbrida, de manera detallada, y los flujos de su funcionamiento.

El tercer capítulo presenta las estadísticas del mercado objetivo de acuerdo a las expectativas iniciales del proyecto, así como de un análisis de ancho de banda necesario para los canales de video que se usarán en la transmisión.

El cuarto capítulo, por su parte, describe el diseño al detalle de la red híbrida así como los equipos necesarios para su implementación.

El quinto capítulo está enfocado al tema económico al mostrar costos y con esto sustentar la viabilidad del proyecto.

Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo, además de proponer algunos trabajos futuros que permitan consolidar y/o mejorar la solución brindada.

## **Dedicatoria**

*A mi familia por el apoyo incondicional que  
me brindaron en mi etapa formativa.*

## ***Agradecimientos***

En primer lugar me gustaría agradecer a mis padres, quienes siempre han sido mi mayor ejemplo, me enseñaron a nunca conformarme, siempre superarme y me dieron su apoyo incondicional durante toda mi vida. En segundo lugar, a mi abuelita Felicita, que nos dejó hace muy poco, cuyo uno de sus sueños fue verme titularme y siempre me impulsaba a ser el mejor. Todos los logros conseguidos se los debo a ellos. En tercer lugar, no menos importante mi asesor, profesor y amigo Omar Salome por todo su conocimiento impartido, por haber depositado su confianza en mí desde un principio y haber seguido conmigo pacientemente el desarrollo de este trabajo de tesis. De hecho fue, en parte, gracias a su iniciativa que surgió la idea de esta tesis. Finalmente a todas aquellas personas, compañeros de trabajo, profesores, amigos que, de alguna manera, han contribuido con sus conocimientos e ideas al desarrollo de esta tesis.

# Índice

<b>Índice</b> .....	v
<b>Lista de Figuras</b> .....	vii
<b>Lista de Tablas</b> .....	viii
<b>Glosario</b> .....	ix
<b>Introducción</b> .....	1
<b>Capítulo 1 Estado del arte</b> .....	2
1.1 Situación actual .....	2
1.1.1 Problemática .....	6
1.1.2 Servicios Ofrecidos .....	8
1.1.3 Disponibilidad .....	10
1.2 Evolución hacia una red híbrida CDN-P2P .....	11
1.2.1 Caso de Éxito .....	12
1.2.1.1 ChinaCache (LiveSky) .....	12
<b>Capítulo 2 Marco Teórico</b> .....	15
2.1 Protocolos, codecs y modos para live streaming .....	15
2.1.1 Protocolos .....	16
2.1.1.1 RTMP (Real Time Messaging Protocol) .....	16
2.1.1.2 RTP (Real Time Protocol) .....	16
2.1.1.3 HTTP (Hypertext Transfer Protocol) .....	16
2.1.2 Codecs para Streaming .....	18
2.1.2.1 MPEG-2 .....	18
2.1.2.2 H.264 .....	18
2.1.3 Modos de videostreaming .....	19
2.1.3.1 Unicast .....	19
2.1.3.2 Multicast .....	20
2.2 Arquitectura de la red CDN-P2P .....	20
2.2.1 Servidores Cache .....	21
2.2.1.1 Nodos de entrega .....	21
2.2.1.2 Nodos de entrada .....	22
2.2.2 Centro de gestión .....	22
2.2.2.1 Sistema de balanceo de carga de los servidores .....	22
2.2.2.1.1 Servidor DNS .....	22
2.2.2.1.2 Tracker .....	22
2.2.2.1.3 Interfaces .....	23
2.2.2.2 Sistema de gestión y configuración .....	23
2.2.2.2.1 OSS (Operational Support Systems) .....	24
2.2.2.2.2 Sistema de gestión de contenido .....	24
2.2.2.3 BSS (Business Support Systems) .....	24
2.2.2.3.1 Servidores de logs .....	24
2.3 Funcionalidades de la Red CDN-P2P .....	25
2.3.1 Control de admisión de recursos .....	25
2.3.1.1 Elección del nodo de envío .....	26
2.3.1.2 Descubrimiento de vecinos .....	27
2.3.1.3 Redirección de peticiones .....	28
2.3.1.4 Protección en el envío .....	29
2.3.1.5 Envío del contenido al usuario final .....	30

<b>Capítulo 3 Volumen de usuarios</b> .....	32
3.1 Análisis de velocidad de acceso a Internet.....	32
3.2 Análisis de demanda de contenido.....	34
3.3 Población universitaria del Perú.....	37
3.4 Tráfico de videostreaming.....	40
<b>Capítulo 4 Diseño de la solución</b> .....	44
4.1 Consideraciones para el cálculo de tráfico.....	44
4.2 Diseño de la red CDN-P2P.....	47
4.3 Descripción de los equipos.....	53
<b>Capítulo 5 Análisis financiero</b> .....	58
5.1 Capex de la red.....	58
5.2 Opex de la red.....	60
<b>Conclusiones, Recomendaciones y Trabajos Futuros</b> .....	61
6.1 Recomendaciones.....	61
6.2 Trabajos Futuros.....	61
6.3 Conclusiones.....	62
<b>Bibliografía</b> .....	63

## ***Lista de Figuras***

FIGURA 1-1: MAPA DE TRÁFICO DE LA RED CDN DE AKAMAI.....	3
FIGURA 1-2: PROYECCIÓN DEL TRÁFICO DE INTERNET POR CATEGORÍAS .....	4
FIGURA 1-3: PROYECCIÓN DEL MERCADO CDN.....	4
FIGURA 1-4: DENSIDAD DEL MERCADO CDN .....	5
FIGURA 1-5: MAPA DE RED DORSAL DE FIBRA ÓPTICA NACIONAL .....	6
FIGURA 1-6: STREAMING DE LIMA DESDE AREQUIPA SIN CDN .....	7
FIGURA 1-7: STREAMING DE LIMA DESDE AREQUIPA CON CDN .....	7
FIGURA 1-8: INTERACCIÓN DURANTE UN STREAMING DE CONTENIDO .....	8
FIGURA 1-9: DENSIDAD DE CONEXIONES DE VIDEOSTREAMING DE AKAMAI.....	9
FIGURA 1-10: PROCESO DE STREAMING DE PPLIVE .....	10
FIGURA 1-11: CONSECUENCIAS FRENTE AL DELAY DE UN SITIO WEB .....	11
FIGURA 1-12: DESPLIEGUE DE LOS SERVIDORES CDN EN CHINA .....	13
FIGURA 1-13: PICOS DE CLIENTES DE LIVESKY DESDE EL 2007-2009.....	14
FIGURA 2-1: SINERGIA ENTRE CODECS Y PROTOCOLOS DE STREAMING .....	15
FIGURA 2-2: ENTREGA DE VIDEO A MÚLTIPLES PLATAFORMAS .....	17
FIGURA 2-3: UNICAST Y MULTICAST.....	20
FIGURA 2-4: ARQUITECTURA DE CHINACACHE-LIVESKY.....	21
FIGURA 2-5: INTERFACES DEL TRACKER .....	23
FIGURA 2-6: OSS Y BSS DENTRO DE LA CDN .....	24
FIGURA 2-7: ELEMENTOS PRINCIPALES DE UNA REGIÓN CDN .....	25
FIGURA 2-8: ELECCIÓN DEL NODO DE ENTREGA .....	26
FIGURA 2-9: GESTIÓN DE PEERS POR PARTE DEL TRACKER.....	27
FIGURA 2-10: RED HÍBRIDA DE AKAMAI MODO PAC.....	28
FIGURA 2-11: MANEJO BUFFER EN REDES HÍBRIDAS CDN .....	31
FIGURA 3-1: TRÁFICO MÓVIL DE DESCARGA POR TECNOLOGÍA .....	35
FIGURA 3-2: ESTADÍSTICA DE ALUMNOS CON INTERNET EN SU CASA.....	36
FIGURA 3-3: ESTADÍSTICA DE ALUMNOS QUE UTILIZAN EL INTERNET PARA SUS ESTUDIOS.....	36
FIGURA 3-4: PROMEDIO DE HORAS SEMANALES FUERA DE CLASE .....	39
FIGURA 3-5: COBERTURA DE LA RED EN SU ETAPA INICIAL .....	39
FIGURA 3-6: TRAMA ETHERNET H.264.....	41
FIGURA 4-1: DISEÑO DEL DIAGRAMA GENERAL DE LA CDN-P2P .....	48
FIGURA 4-2: DISEÑO REGIÓN 1 DE LA CDN-P2P .....	51
FIGURA 4-3: DISEÑO REGIÓN 2 DE LA CDN-P2P .....	52
FIGURA 4-4: DISEÑO REGIÓN 3 DE LA CDN-P2P .....	52
FIGURA 4-4: COMPARACIÓN DE HARDWARE PARA LOS SERVIDORES DE STREAMING .....	53
FIGURA 4-5: FLUJO MEDIANTE WOWZA SERVER .....	54
FIGURA 4-6: ADAPTABILIDAD DEL SOFTWARE WOWZA .....	55
FIGURA 4-7: RECOLECCIÓN DE LOGS.....	57

## ***Lista de Tablas***

TABLA 1-1: EVOLUCIÓN DEL MODELO DE LAS CDN .....	12
TABLA 2-3: COMPARACIÓN ENTRE MPEG-2 Y H.264 .....	19
TABLA 2-4: CLASIFICACIÓN DE EMPRESAS POR MODO DE REDIRECCIONAMIENTO	29
TABLA 3-1: NÚMERO DE CONEXIONES DE BANDA ANCHA POR TECNOLOGÍA Y MEDIO DE ACCESO .....	33
TABLA 3-2: MERCADO DE BANDA ANCHA EN EL PERÚ .....	33
TABLA 3-3: VELOCIDAD DE ACCESO A INTERNET EN EL PERÚ .....	34
TABLA 3-4: CRECIMIENTO DEL TRÁFICO INTERNET SOBRE LAS CDNS .....	35
TABLA 3-5: REGIONALIZACIÓN DE LA POBLACIÓN UNIVERSITARIA .....	37
TABLA 3-6: NÚMERO DE HORAS SEMANALES QUE UTILIZAN INTERNET PARA SUS ESTUDIOS .....	38
TABLA 3-7: CALIDAD, RESOLUCIÓN Y ANCHO DE BANDA EN H.264 .....	41
TABLA 3-8: RESULTADOS DE CÁLCULO DE USUARIOS Y ANCHO DE BANDA DE VIDEO .....	43
TABLA 4-1: NÚMERO DE UNIVERSIDADES SEGÚN REGIONALIZACIÓN.....	46
TABLA 4-2: SERVIDOR DNS: HARDWARE, SOFTWARE .....	56
TABLA 5-1: CAPEX DE LA RED .....	59
TABLA 5-2: OPEX DE LA RED .....	60



## **Glosario**

720 p :	Se denomina 720 debido a su resolución: 1280 x 720, por lo tanto, como acabamos de explicar, una pantalla 720p tendrá 1280 pixeles a lo ancho y 720 a lo alto.
API:	Application Programming Interface. Permite la interoperabilidad entre sus aplicaciones web y la CDN.
ADSL:	Asymmetric Digital Subscriber Line. Permite transportar datos y voz empleando la línea telefónica convencional .
Bit Rate:	Flujo de bits, ó de datos. Cantidad de datos o bits por segundo que son procesados en un video .
CAGR:	La tasa de crecimiento anual compuesta. Tarifa de crecimiento de promedio durante varios años .
CDN:	Content delivery network. sistema de ordenadores que contienen copias de los datos que se colocan en varios nodos de una red .
DOS:	Denial of Service. Ataque a un sistema de computadoras o red que causa que un servicio o recurso sea inaccesible por sus usuarios legítimos .
DWDM:	Dense Wavelength Division Multiplexing. Multiplexa una cantidad de señales ópticas sobre una fibra usando la división de longitud de onda de la luz.
Firewall:	Computadora, router u otro equipo de comunicaciones que filtra el acceso y la entrada de tráfico de datos a una red.
FTTH:	Fiber to the Home. Permite mayores velocidades que ADSL ya que usa fibra óptica en vez de cobre en la última milla.
Mbps :	Megabits por Segundo. Unidad de medida de transmisión de datos.
OTT:	Over the Top. Concepto que congestiona las redes de los proveedores de internet sin brindarles remuneración alguna.
P2P:	Peer to Peer. Permiten el intercambio directo de información ya que no sigue un esquema cliente/servidor y brinda alta escalabilidad.
Predicción intra-modal:	Usada en los codecs con pérdidas y consiste en la compresión de cada imagen que compone el video.

QOE:	Quality of experience. Aceptabilidad global de una aplicación o servicio, tal y como se percibe subjetivamente por el usuario final .
Streaming de Video:	Brindar videos al usuario final en tiempo real .
TTL:	Time to Live. Parámetro que permite definir la duración de retención de una información en la caché de un Punto de presencia .
URL :	Uniform resource locator. Nombra recursos en Internet para su localización o identificación .
VDSL:	Very-high-bit-rate digital subscriber line. De la familia DSL y permite brindar mayores velocidades que el ADSL.
VPN	Red privada virtual. Medida de seguridad para proteger los datos a medida que abandona una red y pasa otra a través de Internet.

## ***Introducción***

En la actualidad el tráfico que cursa Internet está creciendo a gran escala día a día teniendo como impulsor principal al video, mediante diferentes plataformas y tecnologías como por ejemplo: OTT(Over the Top), Video bajo demanda, Streaming en vivo. A finales del 2010 se tenía que el 40% de ese tráfico fue generado por la distribución de videos y/o contenidos y se espera que en el 2014 esta cifra aumente a 56%[CIS2007]. Distribuir contenido en forma masiva, en particular video en vivo es difícil por dos factores: el técnico y el económico; es por esto que los proveedores de contenido tienen la difícil cuestión de afrontar grandes costos de infraestructura en conectividad[ZHI2012]. Para realizar la distribución del contenido se utiliza dos tecnologías principalmente: la primera, llamada CDN, la cual es una opción que despliega geográficamente una serie de servidores de tal manera que se reduce la latencia hacia el usuario final y además, le asegura diferentes parámetros que permiten garantizarle una Qos que compromete que su calidad de experiencia sea la mejor posible; sin embargo, su costo es un poco elevado [WUY2010]. Ante esto surge la segunda opción, redes P2P o Punto a Punto que aprovechan al máximo las bondades de sus usuarios brindando una larga escalabilidad a un bajo costo, sin embargo como la calidad de servicio es variable y depende de la cantidad de usuarios en un determinado momento no es posible asegurarla[WUY2010]. Por ello surge la idea de crear una red capaz de combinar lo mejor de ambas tecnologías y así es como nacen las redes híbridas: CDN+P2P. Actualmente se encuentran en estudio, sin embargo ya empresas chinas como por ejemplo, China Cache han tenido éxito en su intento por desplegar estas redes llegando a ahorrar cerca del 40% de tráfico con respecto a una solución de una red CDN tradicional [HAO2009]. El presente documento tiene como objetivo sentar las bases para el diseño de una red académica con miras hacia un futuro dominado por la distribución de contenidos. Se analizará el tráfico estimado en distintas regiones y con ello se planteará un primer diseño con posibilidades de escalabilidad de requerirse en un futuro. Habiéndose definido lo anterior, se evalúan los costos estimados para la implementación de la red y además, se tiene en cuenta que es una red que no busca, en principio, una rentabilidad económica. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones futuras sobre el proyecto en las cuales se toma en cuenta la calidad de experiencia del usuario sobre el servicio brindado y la eficiencia del ancho de banda.

# **Capítulo 1**

## **Estado del arte**

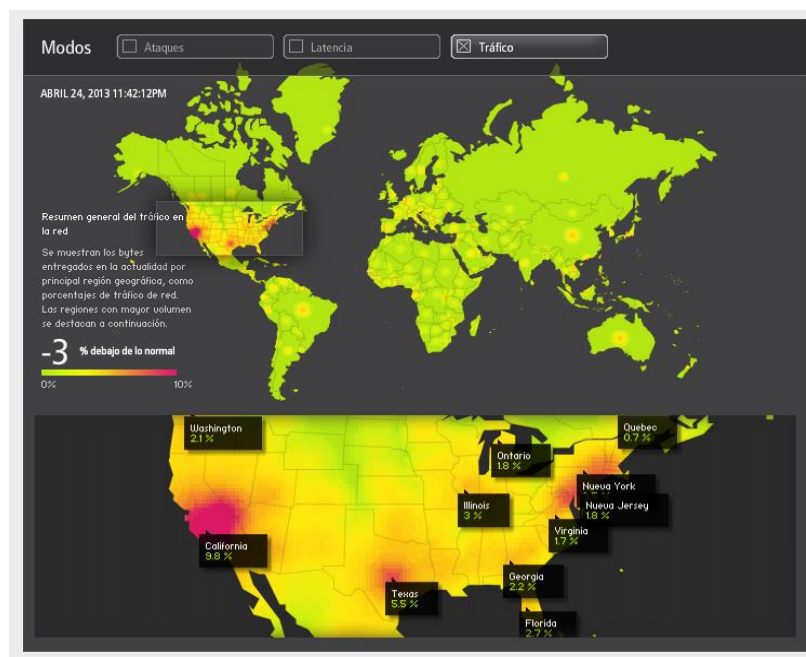
En este primer capítulo se presenta el panorama de la situación actual de las tecnologías que se utilizan para el video streaming a nivel mundial así como su tendencia hacia las redes híbridas CDN-P2P.

El crecimiento de la demanda de servicios que involucran la distribución de contenidos aumenta el consumo de ancho de banda por parte de los usuarios y ello obliga a los proveedores de internet a buscar nuevas soluciones que les permita mejorar la eficiencia de sus redes para poder manejar tal crecimiento y así evitar la congestión de sus redes. Las nuevas tendencias en tiempo real necesitan garantizar ciertos requerimientos de calidad de servicio (QoS) y calidad de experiencia (QoE); así como un ancho de banda, cada vez, más flexible y dinámico, y finalmente un bajo retardo de extremo a extremo con una mínima pérdida de paquetes[BOA2011].

### **1.1 Situación actual**

Los proveedores de contenidos necesitan de alguna manera generar alianzas con los principales proveedores de internet para obtener una conectividad de gran alcance y diversidad que les permita llegar a la mayor cantidad de usuarios finales y lograr mejorar la eficiencia durante este proceso. Una de las tecnologías que permite una gran conectividad es la CDN (Content Delivery Network) , la cual es

una red que despliega servidores en distintos lugares estratégicamente logrando así que la información sea enviada al usuario final con mayor confiabilidad y menos retardo[WUY2010]. Actualmente los proveedores líderes de redes CDN a nivel mundial son LimeLight y Akamai; este último llegando a cubrir todos los continentes y con esto maneja cerca del 20% del tráfico total que cursa por el Internet en todo el mundo, siendo su principal cliente el mercado de Estados Unidos [AKA2013]. En la figura 1-1 se muestra la densidad de tráfico que maneja Akamai, en especial en la región norteamericana.

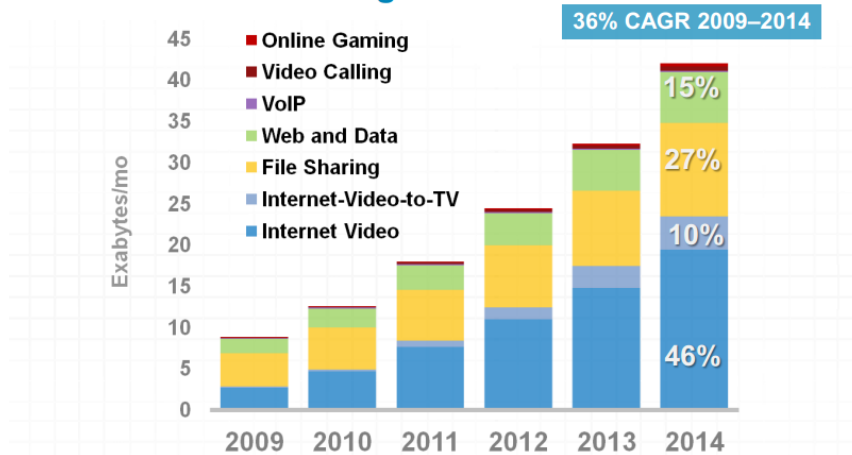


**FIGURA 1-1: MAPA DE TRÁFICO DE LA RED CDN DE AKAMAI**

Fuente: [AKM2013]

Además se tiene que ofrece soluciones híbridas que le permiten mejorar el performance de la transmisión así como de abaratar sus costos. Esto se logra mediante la instalación de software en el lado del cliente que le permite comunicarse de manera segura con los sistemas distribuidos de Akamai [AKA2010]. Por otro lado, en la figura 1-2 muestra la tendencia bajo qué determinado tipo de tráfico se están congestionando las redes en la actualidad. Llegando a un mayor detalle se visualiza el porcentaje que representa la distribución de video con respecto al tráfico total en Internet en los últimos años. De acuerdo a una estimación, se espera que al año 2014 se tenga que el 56% del tráfico en Internet será relacionado al video [CIS2007].

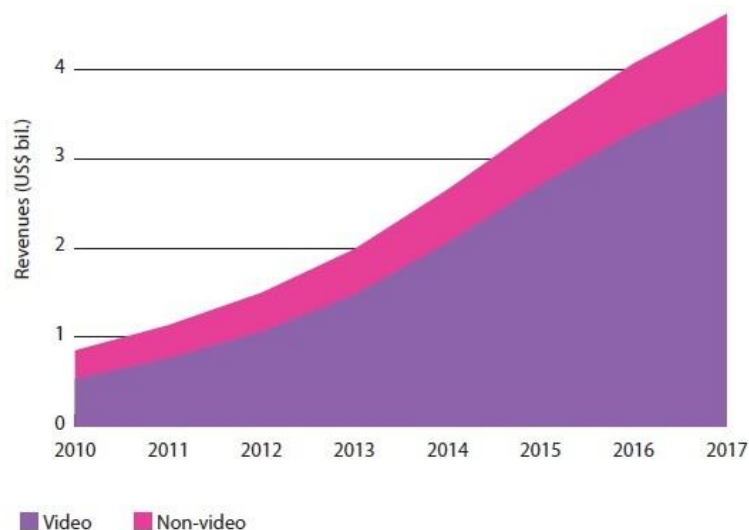
## Global Consumer Internet Traffic Growth: Video to exceed 91% of global traffic by 2014; 56% will be video streaming



**FIGURA 1-2: PROYECCIÓN DEL TRÁFICO DE INTERNET POR CATEGORÍAS**

Fuente: [CIS2007]

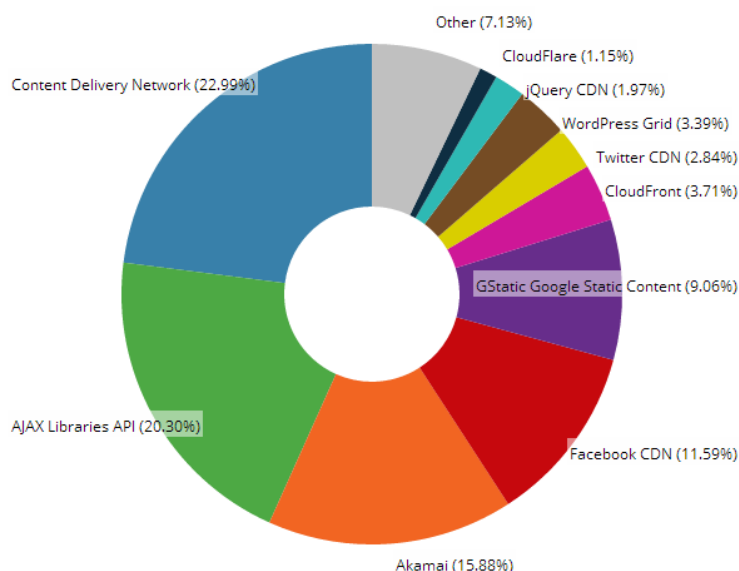
Como consecuencia inmediata del crecimiento del tráfico de vídeo el mercado de las redes que distribuyan de manera eficiente los contenidos tienen un futuro prometedor y que desde hace años está involucrando también a aplicaciones como Facebook, Twitter a tal punto que estos están en medio del despliegue de sus redes CDN [BUI2013]. La figura 1-3 muestra los ingresos del mercado mundial de las CDN proyectado hasta el 2017 en el cual se aprecia que la mayor cantidad serán por el video.



**FIGURA 1-3: PROYECCIÓN DEL MERCADO CDN**

Fuente:[INF2012]

Luego se tiene que dentro del mercado se encuentran diferentes empresas que se muestran interesadas dado su rápido crecimiento. En la figura 1-4 muestra la distribución del mercado de sitios web entre los operadores de CDN, cabe resaltar que la CDN de Facebook está acercándose al operador más grande que es Akamai y este crecimiento es debido al boom de las redes sociales[BUI2013].



**FIGURA 1-4: DENSIDAD DEL MERCADO CDN**

Fuente:[BUI2013]

Si se piensa desplegar una red de distribución de contenido, en principio video, de manera eficiente debemos tener presente que necesitamos conexiones de alta capacidad y para esto la tecnología que ofrece una mayor fiabilidad en la transmisión de datos a una mayor velocidad es la Banda Ancha. En la Recomendación I.113 del Sector de Normalización de la UIT se le define como una capacidad de transmisión más rápida que la velocidad primaria de la red digital de servicios integrados (RDSI) a 1,5 o 2,0 megabits por segundo (Mbps)[ITU2003]. Por todo ello es importante identificar en el mapa del Perú las zonas que cuentan con conexiones de banda ancha para tener en cuenta las que no brindan la velocidad necesaria para reproducir el streaming del video y que luego faciliten el diseño y un posterior despliegue de la red. En la figura 1-5 se muestra el proyecto de la red de Fibra Dorsal de Fibra Óptica y si se llega a un análisis del gráfico vemos que en la costa ya está implementada. Esta red será concesionada a un carrier neutral por un tiempo de 20 años [CON2013] y como el dueño es el estado sería posible separar parte de la capacidad para un fin académico.



**FIGURA 1-5: MAPA DE RED DORSAL DE FIBRA ÓPTICA NACIONAL**

Fuente: [MTC2009]

### 1.1.1 Problemática

Actualmente si se quiere distribuir contenido de un lugar a otro generalmente no se hace a través de una CDN ,o una red P2P, ya que se cuenta con grandes datacenters que de alguna manera centralizan los servidores en un punto,con lo cual la transmisión no se realiza de manera eficiente desperdiándose ancho de banda sin asegurarle al usuario final una transmisión que colme sus expectativas [TEL2013]. En particular, si se quiere brindar un Streaming de video desde una universidad de Lima, por ejemplo, y cientos de usuarios de otra provincia quieren acceder a dicho contenido, la única alternativa es ocupar el ancho de banda de la red de fibra óptica nacional para las múltiples conexiones desde dicha provincia al data center ubicado en la universidad en Lima en el que se encuentra la fuente o servidor del streaming y con esto se desperdicia recursos que bien se podrían ahorrar mediante una solución orientada a la eficiencia del contenido. En las figuras 1-6 se muestra como se manejaría un streaming de Lima(origen) hacia Arequipa(destino) sin una implementación de CDN .De esto se resalta que no se piensa en 3 usuarios si no en miles de usuarios con lo cual el problema de ahorrar recursos se hace más crítico.

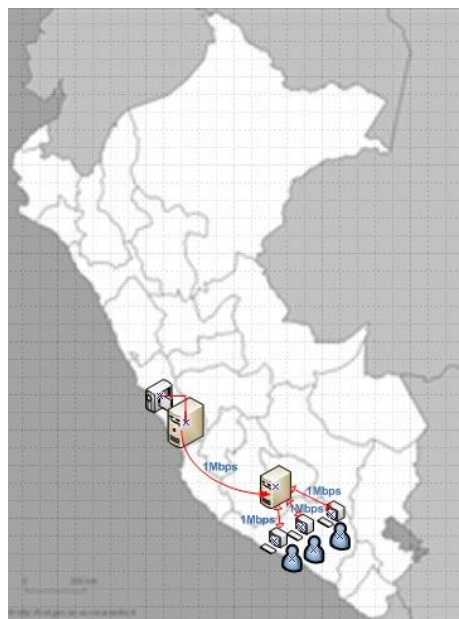




**FIGURA 1-6: STREAMING DE LIMA DESDE AREQUIPA SIN CDN**

Fuente: Elaboración Propia

Una solución sería aumentar la cantidad de servidores, es decir crecer tu datacenter; sin embargo, no me permite manejar una disponibilidad alta como si la tendría en una solución en la cual se despliegue servidores en Arequipa por ejemplo y que los usuarios de Arequipa en vez de congestionar y acceder a los de Lima se atiendan por su servidores locales. En figura 1-7 se muestra el escenario anterior con la diferencia que el streaming se maneja mediante una implementación de una red CDN.



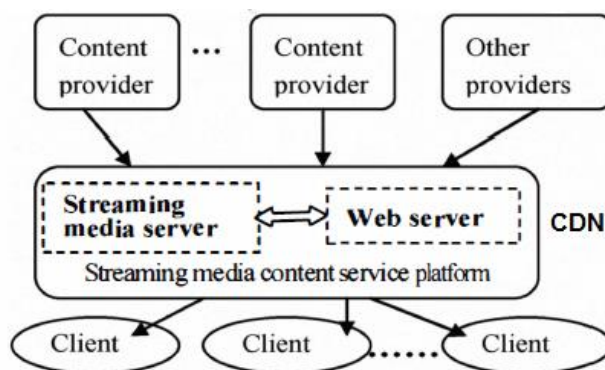
**FIGURA 1-7: STREAMING DE LIMA DESDE AREQUIPA CON CDN**

Fuente: Elaboración propia

Para solucionar el problema planteado, véase manejo eficiente del ancho de banda, y además brindarle al usuario la mejor calidad de experiencia del servicio, se realizará el diseño de una red que combine lo mejor de las CDN, es decir su QoE más su alta disponibilidad y lo mejor de las redes P2P, su gran escalabilidad a un bajo coste [HAO2009]. Con esto se creó un nuevo concepto llamado redes híbridas las cuales están tendiendo a cambiar el mercado principalmente de los proveedores de CDN tradicionales y esto se ve reflejado en que poco a poco están migrándose a esta nueva solución y están en un continuo estudio para hallar la mejor arquitectura que se adecue a sus recursos disponibles.

### 1.1.2 Servicios Ofrecidos

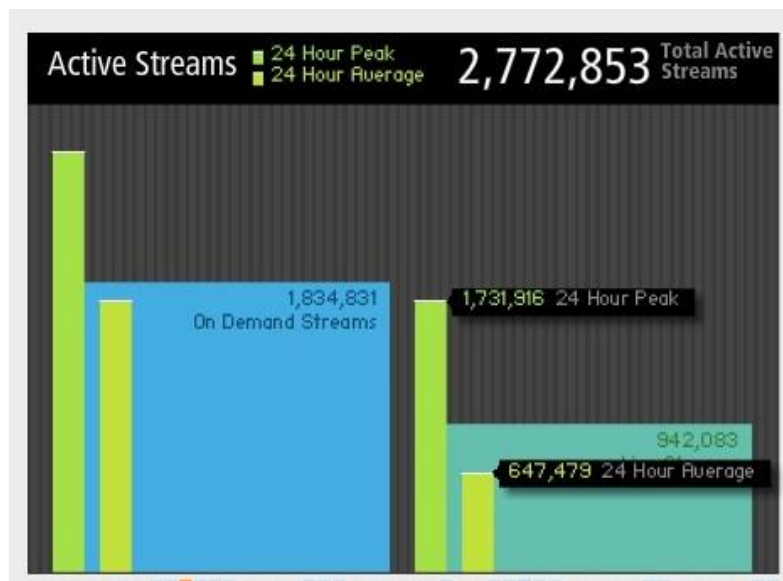
Existen varias tecnologías que se usan para la distribución de contenidos, entre ellas están proxy caching, CDN, P2P [MOL2004]. Sin embargo, todas convergen en los mismos servicios como son: Streaming de video en vivo, Video bajo demanda, almacenamiento de contenido estático y Web. La presente tesis trata el live streaming o video en vivo como tema principal orientándolo a temas académicos. Esto va a ser posible con la ayuda de la red de fibra óptica y el despliegue de servidores de borde estratégicamente en puntos de mayor concentración de población universitaria o mercado objetivo. Uno de los principales motores en la distribución de contenido en los últimos años ha sido el crecimiento que han tenido las redes sociales, véase Facebook o Twitter y también los proveedores de contenido véase NetFlix y Sony[BUI2013]. Estos almacenan en las redes CDN tradicionales, imágenes estáticas, videos o algún contenido con el objetivo que les permita que su usuario final realice la carga de sus archivos de una manera rápida y eficiente [MOL2004]. La figura 1-8 muestra un esquema general de la interacción entre los proveedores de contenido, los proveedores de CDN y los usuarios finales.



**FIGURA 1-8: INTERACCIÓN DURANTE UN STREAMING DE CONTENIDO**

Fuente: Elaboración propia con información de [DEL2010]

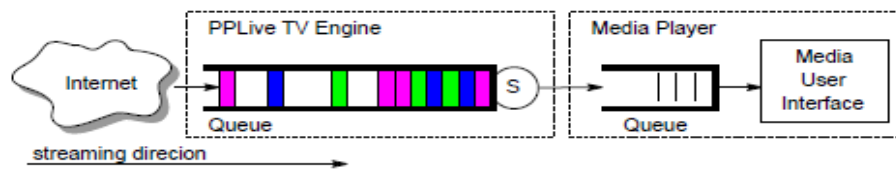
Como ya se mencionó, la compañía más grande a nivel mundial que ofrece el servicio de CDN es Akamai. Tiene aproximadamente más de 61 mil servidores desplegados en distintas partes del mundo que le permiten ser una de las líderes en el mercado [AKA2010]. La figura 1-9 muestra una captura de la cantidad de clientes que acceden al servicio de video streaming, tanto video bajo de demanda como transmisión en vivo, brindado por Akamai en un determinado instante.



**FIGURA 1-9: DENSIDAD DE CONEXIONES DE VIDEOSTREAMING DE AKAMAI**

Fuente: [AKM2013]

Por otro lado, encontramos empresas que usan redes P2P para la distribución de su contenido, ahí encontramos a PPLive o PPStream, que brindan el servicio de Streaming denominado P2PTV [XIA2006]. En el caso de la primera, su mercado objetivo es el chino debido a sus características tanto de velocidad de subida como de densidad poblacional y sus plataformas brindan compatibilidad con la mayoría de sistemas operativos; sin embargo, heredan el gran problema de las redes punto a punto, el cual es que la calidad depende directamente de la cantidad de usuarios, o también llamados peers, que tengan el contenido a transmitir y que lo compartan. Esto lleva al hecho de que si la fuente de origen se corrompe y no hay los suficientes nodos dentro de la red el contenido se verá interrumpido [WAN2010]. En la figura 1-10 se muestra el proceso del Streaming que utiliza PPLive y el manejo del buffer en el lado del cliente.



**FIGURA 1-10: PROCESO DE STREAMING DE PPLIVE**

Fuente: [WAN2010]

### 1.1.3 Disponibilidad

Dada la alta disponibilidad que se logra a través de la cantidad de servidores en una CDN se analizará este parámetro para las redes P2P. Por un lado una de las limitaciones que se pueden encontrar en estas redes es que su efectividad depende directamente de la cantidad de usuarios conectados y que comparten el contenido en la red [WAN2010]. Esta característica hace que sean populares y usadas en lugares con una gran densidad de población, como por ejemplo China. La disponibilidad es la capacidad de la red de continuar en operación en cualquier instante aleatorio futuro, incluso bajo condiciones de fallas y en una red Peer to Peer está relacionada a la cantidad de nodos que compartan el contenido en la red y puede expresarse de la siguiente manera [WAN2010][VEL2006] :

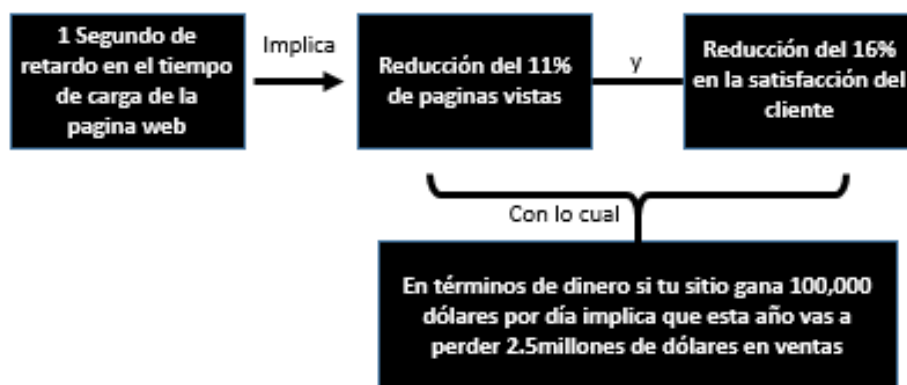
$$\#Super\ Peers(S) = \frac{Bandwidth\ out\ (source\ peer)}{Streaming\ rate}$$

De la ecuación anterior se define:

- Super Peers: son los nodos que están en una jerarquía por encima de los peers ordinarios y es porque tienen enlaces con otros clusters de redes peer to peer.
- Bandwidth out (source Peer): es el ancho de banda de los que son los responsables de distribuir el video hacia un número determinado de super peers y son conocidos como seeders.
- Streaming rate: es la cantidad de información transmitida, en este caso video, por unidad de tiempo.

En el caso de las redes P2P la forma de mejorar la disponibilidad y fiabilidad es siempre escoger como Super peers a los potenciales contribuidores con mayor velocidad de subida y además, contar con un respaldo de los mismos en caso de

que alguno no esté disponible [WAN2010]. En el caso de las CDN por concepto se despliega servidores geográficamente distanciados de tal manera que la disponibilidad sea siempre cercana al 100% al siempre contar con algún servidor que pueda brindar el contenido [HAO2009]. Es decir al fallar el servidor que está entregando el contenido inmediatamente se pasa a ser atendido por el próximo más cercano, inclusive se tiene en cuenta la carga de los servidores para la eficiente distribución hacia los usuarios finales, por lo tanto, en estas redes CDN, el parámetro de disponibilidad no está en discusión[HAO2009]. Lo que se quiere es aprovechar esta característica de las redes CDN y aplicarlas a la nueva red híbrida de tal manera que se tenga a los servidores tradicionales de una CDN como respaldo del flujo que se tenga en las redes P2P y así garantizar la disponibilidad del contenido. Según algunos estudios, el hecho de mejorar la velocidad de carga de tu página web influye directamente en los ingresos de tu compañía. Por ejemplo, se tiene que 2 segundos de delay le significa a Bing una reducción en el ingreso/cliente de 4.3%; así como, 400ms de delay al buscador de google le significa una reducción de 0.59% búsquedas [CDN2012]. En la figura 1-11 se muestra, según un estudio, cuánto influye el delay en los ingresos finales.



**FIGURA 1-11: CONSECUENCIAS FRENTE AL DELAY DE UN SITIO WEB**

Fuente: Elaboración propia con información de [STR2012]

## 1.2 Evolución hacia una red híbrida CDN-P2P

Como se observó en la sección anterior la tendencia del tráfico de Internet apunta a la convergencia de servicios soportados en una red de banda ancha con una arquitectura de una red eficiente que distribuye los contenidos. Junto con esta tendencia se encuentra un crecimiento importante en la demanda del videostreaming, la cual, a su vez, ha incrementado los requisitos de las redes de transporte e inclusive han llegado a colapsarlas. Esto agrega una mayor exigencia

tanto a los proveedores de contenidos como de Internet a buscar una solución que les brinde un balance entre el costo y la eficiencia. En la tabla 1-1 se muestra la evolución de las redes CDN de la cual se destaca que la más usada en la actualidad es la versión 2 a pesar de que su evolución es más eficiente. En un futuro cercano se llegará a la evolución completa de los sistemas mediante multicast IP [HEL2011].

**TABLA 1-1: EVOLUCIÓN DEL MODELO DE LAS CDN**

Fuente: [HEL2011]

	Format	Delivery	Protection	Content / Providers
<b>CDN 1.0</b>	Single bit rate streaming	RTMP/E Unicast	Encrypted streams	YouTube Short-form on-demand Clips
<b>CDN 2.0</b>	Adaptive bit rate progressive download	HTTP Unicast	Encrypted content (DRM)	TVE, Hulu, Netflix Long-form on-demand Niche linear Movies, episodes, sports
<b>CDN 3.0</b>	Adaptive bit rate fragments	HTTP Multicast	Encrypted content (DRM)	MSOs Linear channel lineups All premium content

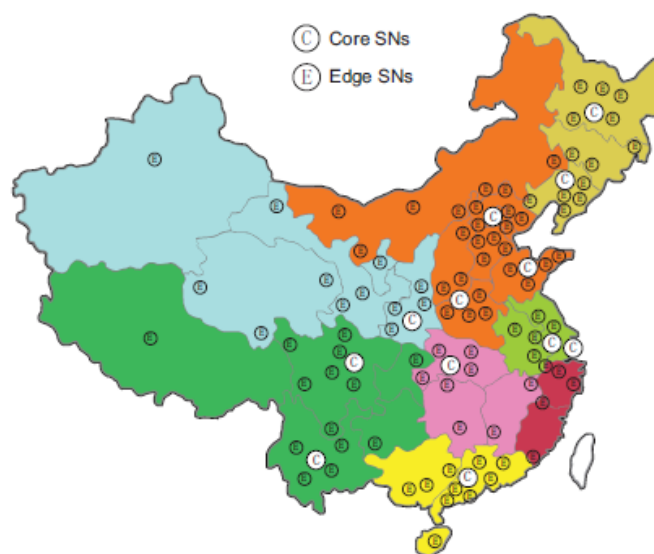
### 1.2.1 Caso de Éxito

En la siguiente parte del capítulo se presentará un caso de despliegue exitoso de una red híbrida CDN a nivel mundial que incorpora la tecnología P2P.

#### 1.2.1.1 ChinaCache (LiveSky)

A continuación se presenta un análisis del caso de la empresa ChinaCache, obtenido de un paper y de su sitio oficial [CHI2013] [HAO2009]. Por un proceso de evolución intrínseca de las redes CDN se está investigando la posibilidad de que las redes P2P actúen como un complemento a las redes CDN para brindarle un balance costo-eficiencia [WUY2010], la cual está siendo estudiada y adoptada por distintos proveedores del servicio de CDN. ChinaCache (con su servicio LiveSky) es el operador más grande de China en el negocio de distribución de contenidos, cuyos servicios cubren Asia, Europa y Norte América [CHI2013]. En el año 2007, asumen el gran reto de transmitir el 17avo Congreso Nacional, el cual llegó a contar con más de 145 mil usuarios y se registró que el tráfico de los servidores CDN fue 34Gbps mientras que el manejado en la red P2P fue de 17Gbps[HAO2009]. Esto en

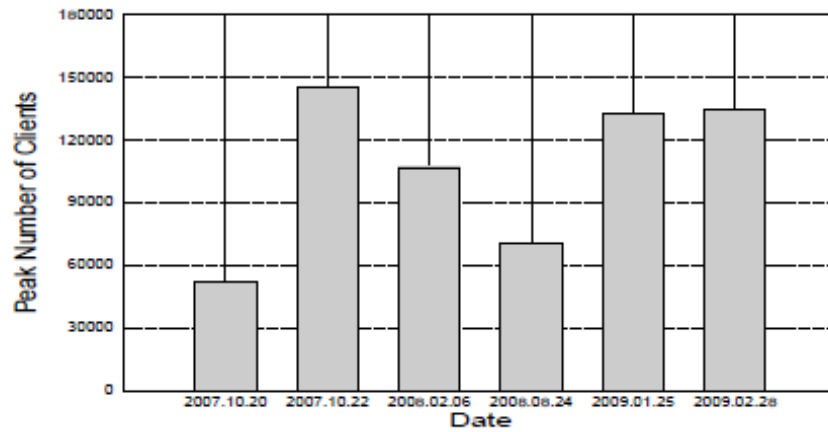
términos estadísticos, fue un ahorro en el consumo de ancho de banda de los servidores CDN de 33,33 %. Luego, en el año 2008, junto con Adobe Flash Media empiezan a ofrecer un nuevo sistema de videostreaming en el cual ofrecían formatos como FLV o el H.264 [CHI2013]. Para llegar a estas cifras la empresa tuvo que enfrentar una serie de retos. El primero fue la integración de las redes P2P a sus ya existentes sistemas de CDN [HAO2009]. Esto fue logrado debido al arduo estudio de diversas arquitecturas en busca de la unión de las 2 tecnologías y que finalmente permitió el ahorro de carga en sus servidores y con ello lograr un sistema que garantice una calidad de servicio y escalabilidad a la vez, y que se adapte a diferentes valores de los parámetros como carga de servidores y localización geográfica. El segundo fue optimizar algunas de las deficiencias de las redes P2P para la efectiva distribución de video [HAO2009]. Esto se logró al optimizar la localización de los peers gracias al uso de un elemento en la arquitectura que tiene en constante monitoreo hacia quién y en donde están los usuarios con determinado contenido. Además, se trató y redujo el problema del delay inicial antes del Streaming de 30segundos en una red P2P a 15 segundos y con esto se logró que los servidores de borde respondan rápido a las solicitudes del cliente y así una vez que el buffer del cliente es llenado ,en principio, ya no es necesario el uso de recursos del servidor debido a que ahí entra a actuar la red P2P [WUY2010].En la figura 1-12 se muestra el despliegue de ChinaCache para soportar la trasmisión de 17avo Congreso Nacional de China , entre esto se pueden distinguir dos tipos de servidores: los que se encuentran cerca a la fuente de origen(Core) y los que entregan el contenido(Edge).



**FIGURA 1-12: DESPLIEGUE DE LOS SERVIDORES CDN EN CHINA**

Fuente: [HAO2009]

Después que se probó el nuevo despliegue han llegado a tener picos de hasta 150 mil usuarios [HAO2009]. En la figura 1-13 se muestra la cantidad pico de clientes de LiveSky desde su implementación en el 2007.



**FIGURA 1-13: PICOS DE CLIENTES DE LIVESKY DESDE EL 2007-2009**

Fuente: [HAO2009]



## Capítulo 2

### Marco Teórico

#### 2.1 Protocolos, codecs y modos para live streaming

Para entender cómo es que se va a enviar el contenido es necesario conocer una serie de conceptos que se utilizan en el streaming. En primer lugar se encuentran los codecs de video, luego están los protocolos más usados en streaming y cómo se involucran en la transmisión para el contenido en vivo y, finalmente, entender los modos de transmisión en la red, entre los cuales se puede identificar modo unicast o multicast. En la figura 2-1 se muestra un poco de la sinergia entre los conceptos antes mencionados.



**FIGURA 2-1: SINERGIA ENTRE CODECS Y PROTOCOLOS DE STREAMING**

Fuente: Elaboración propia con información de [TEL2012]

## **2.1.1 Protocolos**

El escoger una tecnología de streaming implica varias consideraciones entre las cuales está el entender las ventajas y desventajas de los diversos protocolos durante el envío de la información. Para esto varios fueron creados, entre los cuales encontramos a RTP, o el primero en este campo, HTTP, con sus variaciones actuales, y RTMP, un protocolo que está impulsado por Adobe [TOR2009]. A continuación se describen algunos de los mencionados:

### **2.1.1.1 RTMP (Real Time Messaging Protocol)**

Es un protocolo propietario de Adobe Systems para el streaming de audio, video y datos a través de Internet entre un Flash Player y un Servidor Flash Media, por ejemplo Wowza, Flash Media Server o Red5. Además, trabaja bajo el protocolo, en capa del transporte, TCP el cual le permite un tracking de las acciones del cliente desde la primera vez que se conecta hasta que se desconecta. Funciona transmitiendo bits de datos de video gradualmente hacia los video players de los usuarios que pueden estar embebidos en una página web. Una primera ventaja es que es capaz de ser accedido y permitido por los smart phones; por otro lado, permite que el video no ocupe espacio en el disco duro del cliente al no ser almacenado en su carpeta temporal [CIS2011].

### **2.1.1.2 RTP (Real Time Protocol)**

Es el protocolo nativo de Internet diseñado para llevar datos en tiempo real sobre redes IP y es recomendado utilizarlo cuando se maneja el control plane mediante el protocolo RTSP (Real Time Streaming Protocol). Además, maneja cada flujo de stream por separado mediante encapsulación sobre el protocolo UDP (User Data Protocol) que permite una mayor velocidad de transmisión de paquetes gracias a su menor cantidad de cabeceras. Finalmente se tiene que la sincronización viaja en cada stream de tal manera que, por parte del lado del cliente, se pueda sincronizar el stream cuando sea necesario [MAC2005].

### **2.1.1.3 HTTP (Hypertext Transfer Protocol)**

Es un protocolo usado para manejar la entrega de imágenes y páginas web que también se usa para mandar pseudo-streamings de video a través del Internet. Se tiene que es soportado por la mayoría de servidores web, ya sean propietarios o de

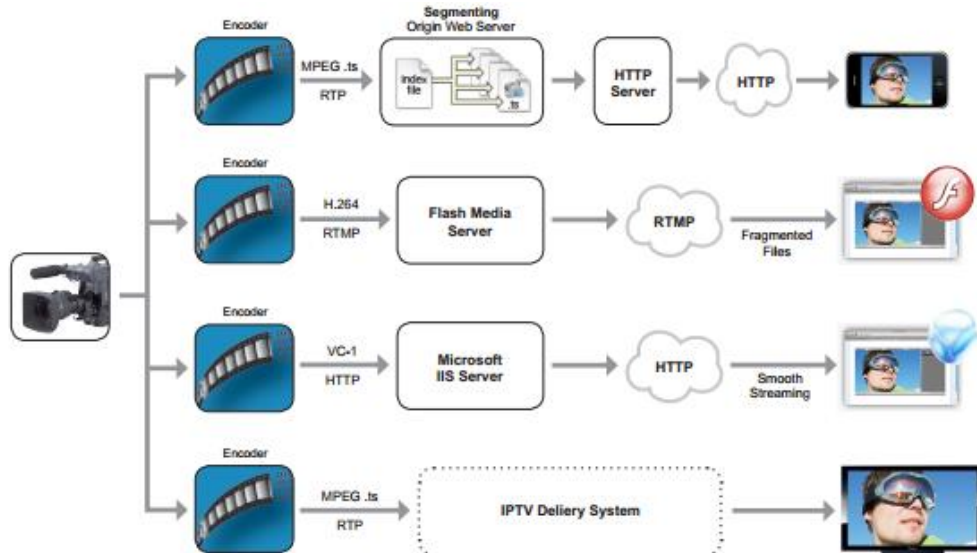
licencia libre. Una ventaja que ofrece está en el acceso ya que utiliza el puerto 80 y con esto permite saltarse reglas del firewall en el bloqueo de puertos debido a que este es el que se utiliza para la salida y conexión a Internet, por lo que no puede estar bloqueado. En la tabla 2-1 se muestra una comparación entre el protocolo RTMP y HTTP [CIS2011].

**TABLA 2-1: COMPARACIÓN ENTRE HTTP Y RTMP**

Fuente: [CIS2011]

HTTP vs. RTMP – Quick Reference		
	HTTP	RTMP
Server Components	Open	Specialized
Security/IP Protection	Basic	Enhanced
Caching/Scale	Native	Specialized
Player Interactivity	Basic	Extensive
Multicast Support	N/A	Supported
Plug-in Penetration	Nascent	Extensive
Firewall (port/protocol)	No restrictions	Some restrictions
Variable Bitrate Support	No impact	Susceptible to data spikes

Finalmente, en la figura 2-2 se muestra un resumen de los protocolos en mención y como es que se maneja para el envío a diferentes dispositivos.



**FIGURA 2-2: ENTREGA DE VIDEO A MÚLTIPLES PLATAFORMAS**

Fuente: [TEL2009]

## **2.1.2 Codecs para Streaming**

Son los responsables de que se pueda enviar video a través de Internet, por ello es importante notar que son el oxígeno del mercado relacionado al streaming de contenido, ya que son técnicas de compresión que permiten disminuir el tamaño del espacio ocupado por un video, de tal manera que pueda ser posible enviarlo por una red y/o almacenarlo. Consta de 2 componentes: Encoder, que realiza la compresión de archivos y el Decoder, que realiza lo contrario. Además, hay 2 tipos de codecs: compresión con pérdidas y compresión sin pérdidas. Para la compresión de imágenes, audio y video se utilizan los primeros ya que tienen una tasa de compresión superior a los algoritmos sin pérdidas. Además del codec se tiene un contenedor, como por ejemplo MP4, MOV, AVI, que provee información de que codec de video y audio que se utilizó. A continuación se describen algunos de los codecs más usados para video de alta resolución [TOR2009].

### **2.1.2.1 MPEG-2**

Versión mejorada de MPEG-1 la cual define dos tipos de formato de contenedor: flujo de transporte y flujo de programa. Para transmitir video y audio por canales se utiliza el primer contenedor. Además para el manejo del video es muy similar al MPEG-1 pero introduce la posibilidad de la codificación interlineada. Por el otro lado, agrega la posibilidad de codificar más de 2 canales de audio utilizando codificación AAC. Sin embargo el bitrate que utiliza es elevado frente a nuevos codecs más eficientes como el que se mencionará a continuación [TOR2009].

### **2.1.2.2 H.264**

Es técnicamente idéntico al codec MPEG-4 parte 10, conocido también como AVC (Advanced Video Coding) del estándar MPG-4. El objetivo era conseguir mayor calidad a menor bitrate que sus formatos predecesores, como MPEG-2. Se utiliza en formatos de disco HD-DVD y Blu-ray, como también en transmisiones de alta definición bajo redes CDN. A pesar de su gran dominio dentro del mercado de video, en el mes de Marzo del 2013, fue estandarizado su sucesor, el H.265, por la ITU el cual permitirá ser 50% más eficiente que el H.264 cuando se comercialice. Finalmente, en la Tabla 2-2 se muestra una comparación entre ambos codecs de video (MPEG-2 Y H.264) [TOR2009] [ITU2013].

**TABLA 2-3: COMPARACIÓN ENTRE MPEG-2 Y H.264**

Fuente: Elaboración propia con información de [GOL2010]

Característica	MPEG-2(H.262)	MPEG-4(H.264)
Predicción intra-modal	Predicción DC	Predicción espacial 4x4, 16x16. Predicción horizontal y vertical
Tamaño de Bloque para compensación de movimiento	16x16,8x16	Desde 16x16 hasta 4x4
Bitrate habitual	3Mbps a 7Mbps	640Kbps a 4Mbps
Eficiencia para videos en HD	X	Llega a tener 40%-60% más eficiencia que MPEG-2
Usos	Formatos SVCD, DVD	HD-DVD, Blu-ray y es el estándar más utilizado

Dada el performance del codec al realizar la compresión de video en alta definición y su interoperabilidad gracias a su uso masivo se considera que para cumplir con el objetivo de tener un video de calidad aceptable con el menor bitrate posible se debe usar el codec H.264 [JAN2011].

### 2.1.3 Modos de videostreaming

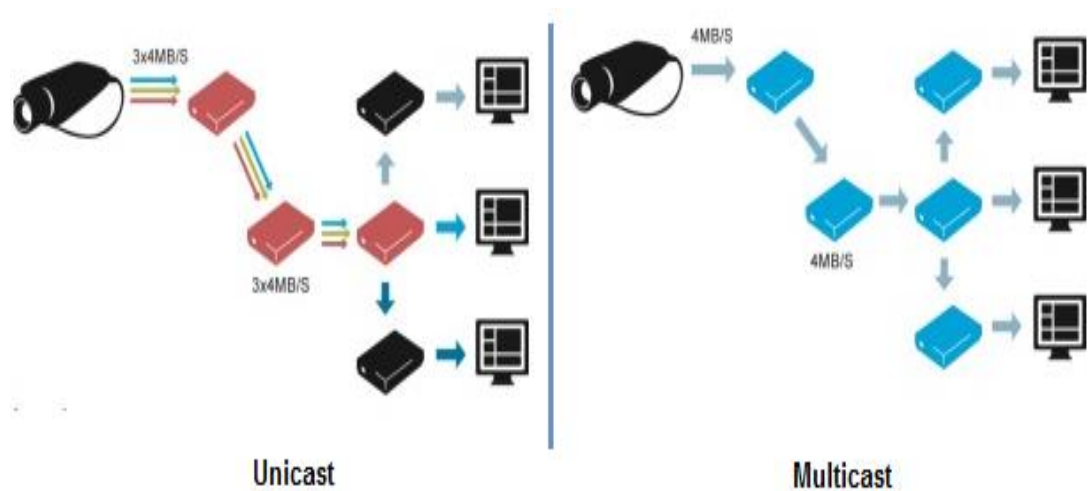
Para la transmisión de video a través de las redes hay 2 formas: Unicast y Multicast [GEN2010]. A continuación se conceptualizan ambos modos.

#### 2.1.3.1 Unicast

Es definido como la comunicación de uno a uno entre la fuente y el destino, esto quiere decir que si se tiene un determinado servidor de streaming este tiene ser capaz de soportar tantas conexiones como usuarios soliciten el contenido o video y, además, es soportado tanto en el protocolo de transporte TCP o UDP. La mayoría de redes comerciales CDN utilizan este modo ya que los routers de Internet aún no soportan multicast [GEN2010].

### 2.1.3.2 Multicast

En este modo no existe conexión directa entre la fuente y los destinos, ya que se crean grupos multicast que manejan un determinado stream con lo cual los destinos acceden a un determinado contenido registrándose en el grupo multicast. Lo que se logra es realizar tantas copias como usuarios se tenga en el grupo y así ahorrar ancho de banda ya que se maneja a nivel IP. Es muy efectivo en el ahorro de ancho de banda sin embargo es necesario crear una red privada para su uso y por lo tanto no es posible implementarlo si es que los clientes o la red pública aún no lo soportan y esto es aclarado en el anexo 3. En la figura 2-3 se visualiza diagramas de streaming en modo de unicast y multicast.

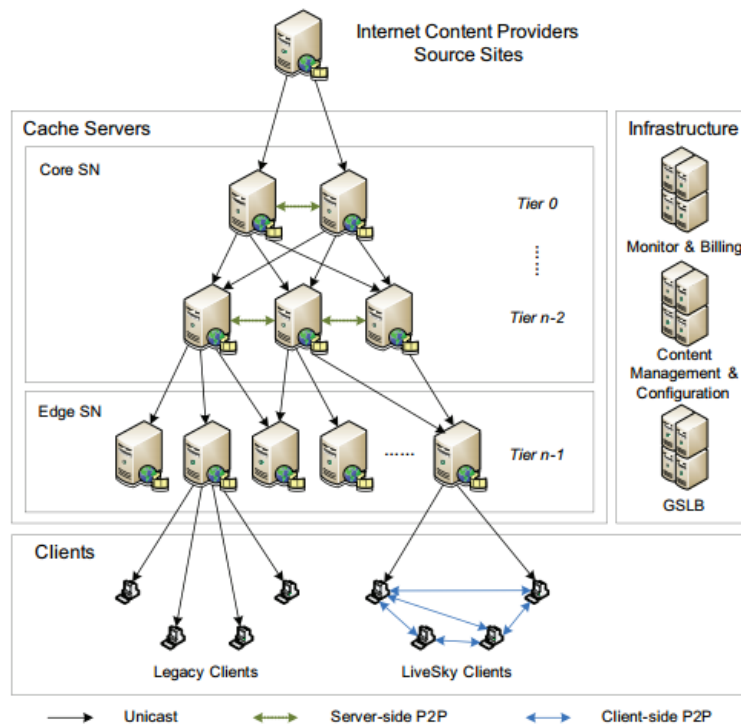


**FIGURA 2-3: UNICAST Y MULTICAST**

Fuente: Elaboración propia con información de [GEN2010]

## 2.2 Arquitectura de la red CDN-P2P

Debido a que esta unión entre tecnologías está aún en investigación no hay una estandarización definida, sin embargo existen modelos diversos de, mayormente, proveedores de CDN y el que usará como referencia será el brindado por ChinaCache el cual es mostrado en la figura 2-4 [HAO2009]. Esta arquitectura cuenta con 3 grandes sub-sistemas: Los servidores, el sistema de gestión/operación y los clientes. A continuación se brindará un mayor detalle de los mismos.



**FIGURA 2-4: ARQUITECTURA DE CHINACACHE-LIVESKY**

Fuente: [HAO2009]

### 2.2.1 Servidores Cache

La tecnología P2P permite que un cliente pueda actuar como un servidor bajo determinadas condiciones sin embargo en el esquema de una red CDN se cumple el modelo cliente/servidor por lo que es necesaria la existencia de servidores en su despliegue [AKA2010]. Por ello la descripción, a continuación, se centrará en los servidores propios de una red CDN tradicional.

#### 2.2.1.1 Nodos de entrega

Son los servidores que envían el contenido al usuario final y por lo tanto son los que se encuentran más cerca de ellos. Por ello se procura en lo posible que se ubiquen lo más cerca al proveedor de Internet. Además, de ellos depende el crecimiento de la red en términos de tráfico y de la cantidad de dinero que se tarifique. Para contar y permitir las peticiones es necesario que cuente con un gran ancho de banda y dependiendo del servicio con una gran capacidad de almacenamiento. Al ser un punto clave en el envío de la información son los primeros en ser víctimas de ataques y por lo tanto deben contar con mecanismos de protección [TEL2012].

### **2.2.1.2 Nodos de entrada**

Son los servidores encargados de insertar el contenido a la red ya que mantienen un contacto con las fuentes o los proveedores de contenido. Además, se les conoce como servidores de origen porque en ellos se almacena las copias del contenido y por lo tanto son los sembradores de la distribución. Durante una transmisión en vivo son el cuello de botella y dependiendo de factores como proximidad o capacidad se debe agregar más nodos de entrada [TEL2012].

### **2.2.2 Centro de gestión**

Es el sub-sistema que reúne a todos los elementos que permiten gestionar la red y que funcione correctamente.

#### **2.2.2.1 Sistema de balanceo de carga de los servidores**

Es el encargado del encaminamiento y la redirección de las peticiones de los usuarios hacia el servidor más cercano y con menos carga [HAO2009]. Para esto cuenta con 2 elementos básicos: DNS y el Tracker.

##### **2.2.2.1.1 Servidor DNS**

Su función principal es la de convertir el lenguaje humano en direcciones IP de tal manera que se facilite la comunicación para las personas. Para ello cuenta con una base de datos de las direcciones que conoce y, además, maneja valores de TTL pequeños [FUJ2012]. Por ello a medida que crece el tráfico en Internet y la cantidad de usuarios se vuelve un elemento crítico [FUJ2012]. Dentro del esquema se tiene dos niveles de DNS:

- i) TLD DNS: Top Level Domain DNS, es el DNS con mayor jerarquía y por lo tanto es el primero en ser consultado ante una petición o query.
- ii) DNS Regional: Es el encargado de manejar las peticiones y redirecciones en una región determinada [TEL2012].

##### **2.2.2.1.2 Tracker**

Entidad lógica que cuenta con dos funciones principales: La primera es llevar un monitoreo de los clientes P2P que accedan a un determinado contenido de tal manera que al momento del manejo del query se analice si ya se brindó dicho contenido [ZHI2012]. La segunda es permitir la comunicación entre los distintos



elementos de la red CDN y para esto se cuenta con uno en cada región. Asimismo, como en el caso de los DNS acá también existe una jerarquía de tal manera que existe un global tracker que maneje a los trackers regionales [TEL2012].

### 2.2.2.1.3 Interfaces

Debido a que tanto el tracker interactúa con diferentes elementos dentro de la red es importante conocer las interfaces que maneja [TEL2012].

i) Tracker-Nodo de entrega: Periódicamente se recolecta la estadística de los nodos de tal manera que se tenga parámetros como cantidad de bytes de entrada, de salida e incluso cantidad de conexiones.

ii) Tracker-DNS: Periódicamente el tracker obtiene un archivo que contiene la información de las regiones y es brindado por el servidor TLD DNS. Finalmente es entregado a los nodos de entrega.

iii) Tracker-Gestor de Contenido: Cada vez que existe un cambio realizado por el usuario encargado del contenido se refleja en los nodos de entrega y en el gestor de contenido gracias al tracker. En la figura 2-5 se muestra las interfaces antes descritas del tracker.

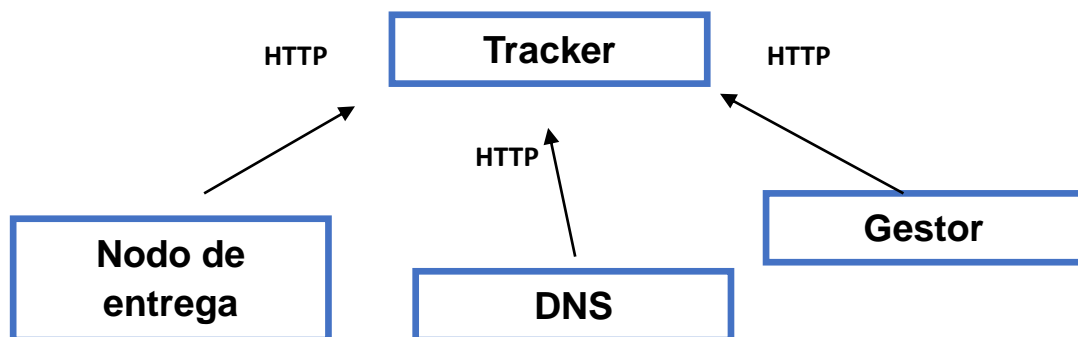


FIGURA 2-5: INTERFACES DEL TRACKER

Fuente: [TEL2012]

### 2.2.2.2 Sistema de gestión y configuración

Es el responsable del eficiente control y monitoreo de la red. A continuación, se brinda mayor información del OSS (Sistema de gestión y operación) y de cómo es que se gestiona el contenido.

### 2.2.2.2.1 OSS (Operacional Support Systems)

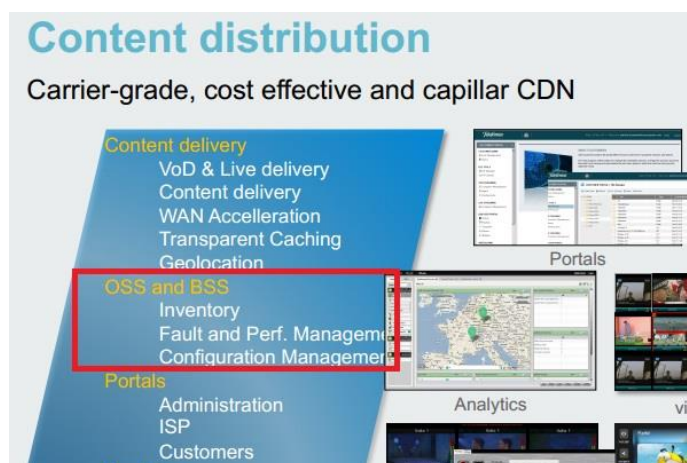
Es el sistema que engloba al software, en algunos casos, hardware encargado de permitir la operación, provisión y mantenimiento de la red. Es usado por los encargados de la planificación de la red, por los diseñadores de un servicio y por ingenieros en el proveedor de servicio [MOV2013].

### 2.2.2.2.2 Sistema de gestión de contenido

Hay solo una instancia en toda la red, la cual soporta el API encargado de las funcionalidades en la gestión del contenido. Esta se encarga de proveer todos los métodos necesarios para eso, por ello es importante para la interacción del cliente con la infraestructura ya que permite agregar, eliminar o modificar algún contenido [OVH2013].

### 2.2.2.3 BSS (Business Support Systems)

Es el sistema que engloba los elementos involucrados en recolectar, cambiar y calcular los costos por uso de los servicios de descarga de contenido. Para esto se tienen los servidores de logs que interactúan con los nodos de entrega y que brindan las estadísticas para la posterior facturación. En la figura 2-6 se muestra las 3 áreas importantes que se manejan en el BSS y OSS: la gestión de las alarmas, el rendimiento de los equipos y la configuración de la red. [CDN2012-2].



**FIGURA 2-6: OSS Y BSS DENTRO DE LA CDN**

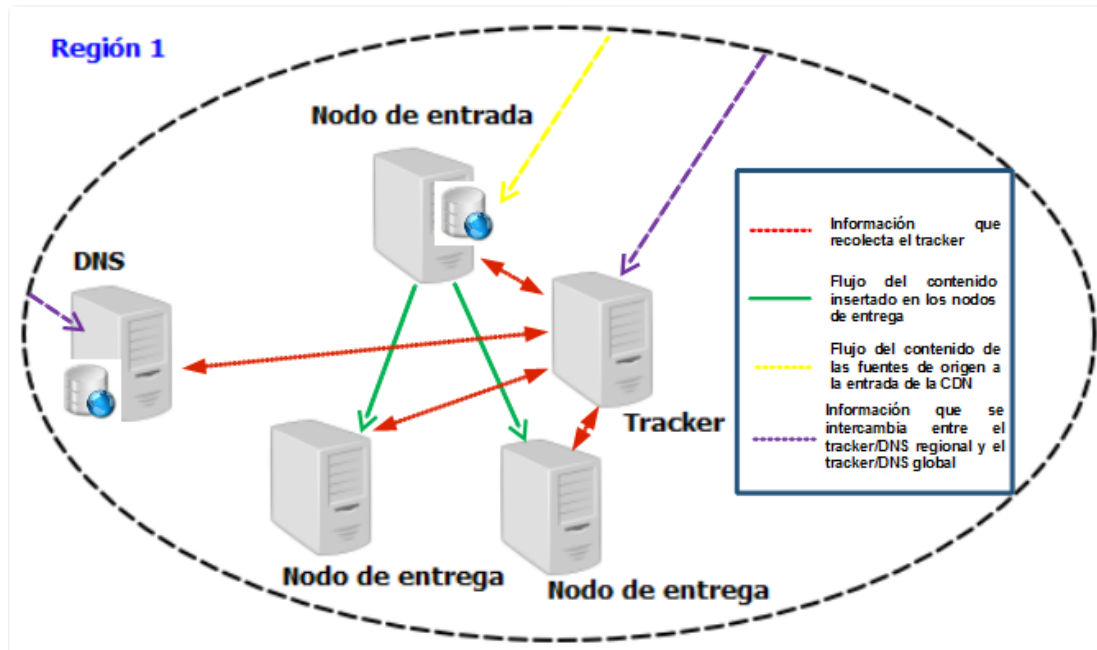
Fuente: [CDN2012-2]

### 2.2.2.3.1 Servidores de logs

Se encargan de recibir y guardar todas las estadísticas que generan los propios nodos de entrega y que son de producto de las interacciones entre los distintos

elementos de la red. Estas pueden ser el acceso a un determinado contenido de los usuarios, la cantidad de información descargada desde los nodos de entrega hacia el servidor de origen del contenido o hacia los propios nodos de entrega [TEL2012].

Dados los elementos que conforman la red, en la figura 2-7 se muestra las principales interacciones que se dan en una región determinada.



**FIGURA 2-7: ELEMENTOS PRINCIPALES DE UNA REGIÓN CDN**

Fuente: Elaboración propia con información de [TEL2012]

## 2.3 Funcionalidades de la Red CDN-P2P

En este subcapítulo se muestra una descripción de las funcionalidades principales que se dan bajo una arquitectura híbrida CDN-P2P.

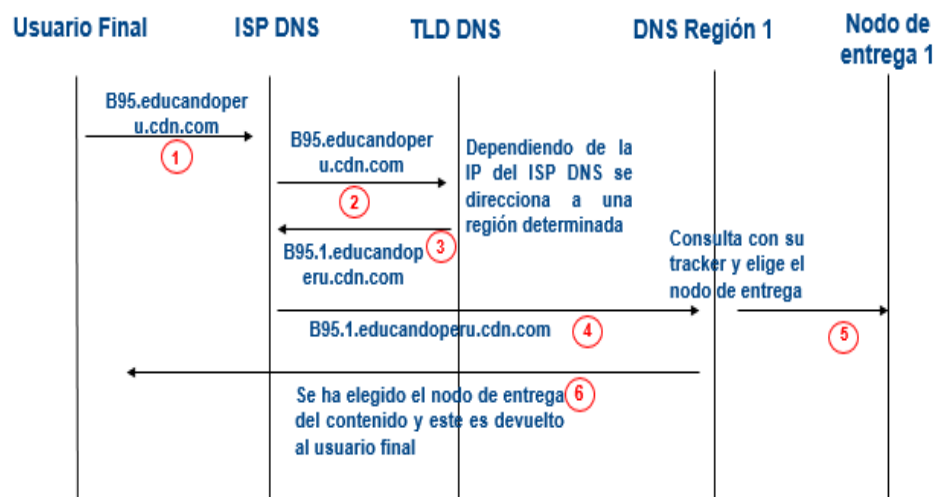
### 2.3.1 Control de admisión de recursos

Para entender el principio básico de las redes híbridas a continuación se explica de una manera detallada las principales acciones llevadas a cabo antes y durante el envío del contenido, como por ejemplo elección del servidor de entrega desde que el usuario accede al URL, cómo es que se realiza el seguimiento de vecinos P2P, cómo es el redireccionamiento dentro del esquema híbrida, la protección del contenido y finalmente el proceso que se realiza para el envío del contenido al usuario final.

### 2.3.1.1 Elección del nodo de envío

En el momento que un cliente ingresa el URL del streaming empieza el proceso de elección del nodo de entrega, el cual es el servidor del cual se va a descargar el contenido deseado. En primer lugar, el query o petición llega al DNS del proveedor de Internet del usuario, luego este es redireccionado al TLD DNS de la red CDN-P2P, como ya se mencionó solo hay uno de estos en toda la red y es el autorizado para el dominio DNS principal, por ejemplo `cdn.educandoperu.com.pe` [TEL2012]. En este punto de acuerdo a la Ip del DNS del proveedor de Internet el TLD DNS redirecciona el query a una región determinada. Cabe resaltar que cada región cuenta con su propio DNS regional y demás elementos de red como nodos de entrega. Luego al URL se le agrega el valor de la región determinada, por ejemplo si se redireccionó a la región 1 se tiene `1.cdn.educandoperu.com.pe` [TEL2012]. Una vez que se tiene el pedido en una región determinada ,el DNS consulta a su tracker por los posibles puntos óptimos de entrega del contenido, estos pueden ser los mismos nodos de entrega, es decir los servidores de la red CDN o algún nodo dentro de la red P2P en caso el contenido sea muy popular. Finalmente, se establece la conexión entre el cliente y su nodo anfitrión [HAO2009] [TEL2012]. En la figura 2-8 se muestra el resumen del proceso descrito anteriormente.

Url:[http://B95.educandoperu.cdn.com/97/video\\_prueba.mp4](http://B95.educandoperu.cdn.com/97/video_prueba.mp4)  
Región :1(Lima)



**FIGURA 2-8: ELECCIÓN DEL NODO DE ENTREGA**

Fuente: Elaboración propia con información de [HAO2009][TEL2012]

### 2.3.1.2 Descubrimiento de vecinos

En el caso de que el contenido sea provisto directamente por los servidores de la CDN no es necesario un análisis del descubrimiento de vecinos, sino más bien conocer como es el proceso de redirección entre los servidores ante eventos de sobrecarga o algún problema que les deshabilite o imposibilite en la recepción de las peticiones de acceso a un contenido. Por otro lado, cuando este es manejado por la red P2P es necesario hablar de vecinos ya que un cliente puede actuar como servidor del contenido y, además, es necesario considerar el esquema híbrido de árbol P2P que se utilizará. En una red híbrida el nodo de entrega de la CDN cumple múltiples roles [ZHI2012]. En primer lugar, actúa como un servidor convencional de una red CDN. En segunda lugar, actúa como el tracker dentro de la red P2P, que ayudará a asociar nuevos clientes con los candidatos peers que pueda existir con el contenido requerido. Finalmente actúa como el seed dentro de la red P2P, por ello para lograr el descubrimiento de vecinos, que están accediendo a un contenido y están dentro del alcance de la red P2P, se utiliza los trackers que se encuentran en cada nodo de entrega y que cada vez que se brinda un contenido actualizan su información para llevar el control eficiente de los vecinos o peers y una vez que el contenido es intercambiado por los vecinos el rol del tracker termina. De esta forma, cuando se tenga una cantidad de vecinos accediendo al contenido se puede disminuir el tráfico de los servidores de la CDN [ZHI2012]. En la figura 2-9 se muestra la interacción del tracker al brindar los peers y realizar el descubrimiento de vecinos.

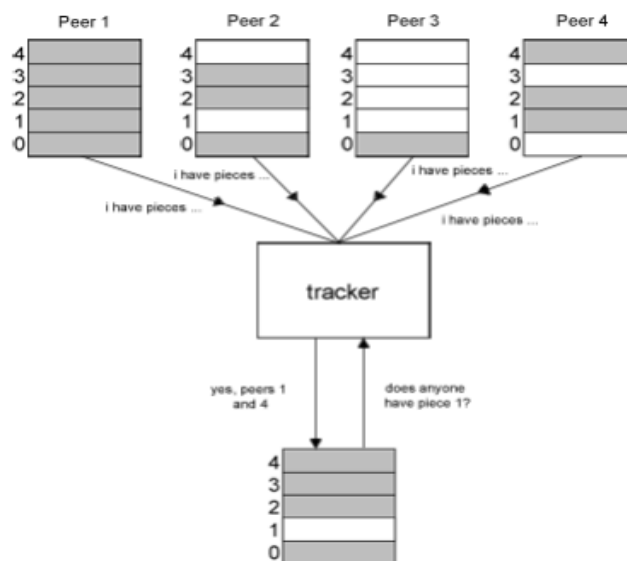


FIGURA 2-9: GESTIÓN DE PEERS POR PARTE DEL TRACKER

Fuente: [KYO2011]

### 2.3.1.3 Redirección de peticiones

El hecho de usar el enfoque híbrido CDN-P2P implica que el contenido puede ser obtenido por la red CDN, red P2P o de ambos. Hay 2 modos de operación: PAC (Peer-aided CDN) y CAP (CDN-aided P2P). A continuación se describen ambos modos.

#### i) Modo PAC:

En este modo los usuarios son redireccionados y principalmente servidos por la red CDN, siendo el rol de la red P2P mejorar el rendimiento del usuario y aliviar la sobrecarga de tráfico en la red CDN. En este caso se tiene que el tracker originario del entorno P2P está instalado en el servidor conocido como nodo de entrega. En la figura 2-10 se muestra el flujo que sigue la red híbrida de Akamai. El Peer o usuario es dirigido a la CDN, el cual le devuelve un archivo, conocido como meta file, en el cual se incluye un dominio y/o sub-dominio que puede ser usado por el peer para obtener el contenido deseado. Luego el cliente hace una petición DNS al primer dominio o subdominio, en caso de que este falle se procede a enviar al segundo. Si el contenido es redirigido a un nodo de la CDN, este puede elegir como manejar el pedido: atender la petición y enviar el contenido, o redireccionarlo a un nodo Peer.

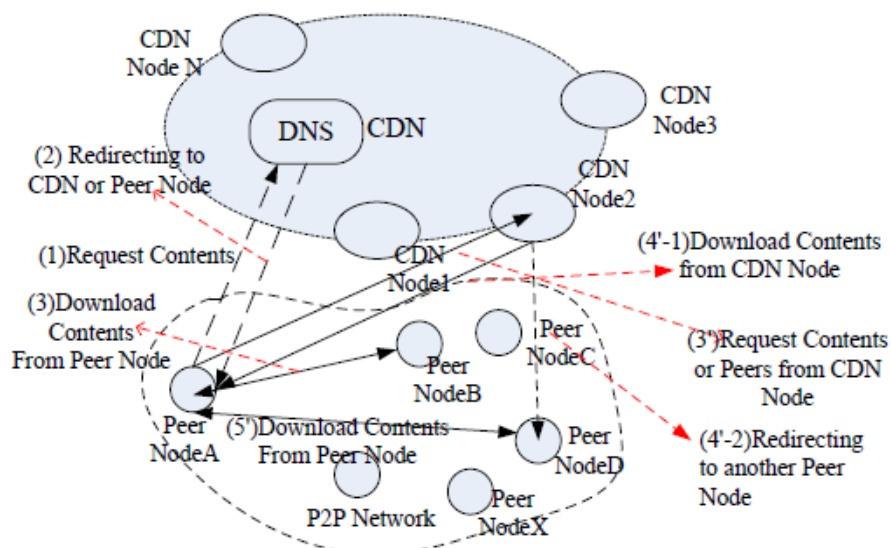


FIGURA 2-10: RED HÍBRIDA DE AKAMAI MODO PAC

Fuente: [ZHI2012]

## ii) Modo CAP

A diferencia del PAC, en este modo se usa la red P2P como principal medio para enviar los contenidos y se tiene a la red CDN como ayuda para algunos nodos peer. Es usado generalmente por empresas originalmente que brindan el servicio mediante redes P2P y que apuestan por la unión de sus sistemas a las redes CDN. Una característica es que el tracker es manejado desde el lado del cliente mediante un software con lo cual se tiene que cuando un cliente ingresa a la red es redirigido a la red común P2P, sin embargo si el peer no puede descargar suficiente contenido le pregunta a su tracker para que le ayude y lo redireccione a la red CDN para obtener los datos necesarios [ZHI2012]. En la tabla 2-4 se muestra a las principales empresas clasificadas por modelo usado para el redireccionamiento.

	Empresa
Modo PAC	Akamai
	ChinaCache
	Landmark
	PeerCDN
Modo CAP	PPLIVE
	PPSTREAM
	UUSEE
	COOLSTREAMING

**TABLA 2-4: CLASIFICACIÓN DE EMPRESAS POR MODO DE REDIRECCIONAMIENTO**

Fuente: Elaboración propia con información de [ZHI2012]

### 2.3.1.4 Protección en el envío

Es importante que el acceso al contenido, que se maneje dentro de la red, esté protegido. A continuación se mencionan las principales formas de autenticación usadas en las redes CDN.

#### i) Autenticación por Tokens

Es el más popular en lo que respecta a la protección del contenido, se basa en dos palabras secretas, siendo la segunda el respaldo de la primera, y se usan para validar la autenticación de los Tokens. Cuando se publica el contenido se le agrega el token como parte de su URL de tal manera que cuando viene un pedido de un

usuario, la palabra secreta es extraída y comparada con la metadata que está ligada al contenido. Esto permite que con pocas líneas de código web, los que publican el contenido creen una URL que esté protegida frente a acciones como ser compartida en redes sociales u otro propósito [TEL2012] [MED2013].

#### ii) Autenticación HTTP

Basado en una autenticación en la que los usuarios deben ingresar sus credenciales y esta es verificada por el servidor de autenticación que se encuentra cercano al nodo de entrega que tiene el contenido deseado. Si el usuario está permitido de ver el contenido se le envía y permite el acceso, caso contrario se envía un mensaje de error [MED2013].

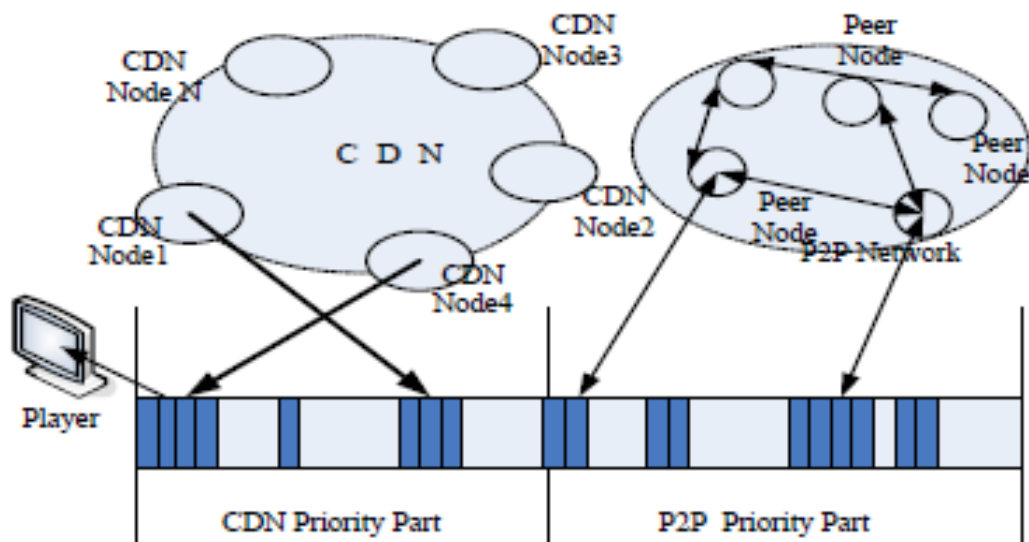
### **2.3.1.5 Envío del contenido al usuario final**

Como ya se vio en secciones anteriores, la principal ventaja de usar redes híbridas es que se disminuye el tráfico cursado por los servidores de la red CDN. Para lograr esto lo que se plantea es manejar de manera eficiente el buffer del lado del cliente o peer, el cual representa una ventana deslizante del canal de medios que contiene bloques del contenido para ser reproducidos en el futuro inmediato. Para su manejo se divide en 2 partes: una parte que es reservada para los servidores CDN, la cual tiene la prioridad más alta, y la otra para los peers [ZHI2012]. A continuación se detalla el proceso del streaming:

Considerando que ya existen peers que han sido registrados para la reproducción de un determinado contenido y por lo tanto ya pasaron el proceso de elección de su nodo de entrega lo que se tiene es un constante chequeo hacia el buffer del cliente para conocer el actual estado del mismo y posteriormente informar a los demás peers de cómo se está manejando el streaming. Este proceso es realizado frecuentemente para asegurarse que los peers conozcan el estado de los demás buffer para lograr que la información distribuida en la red sea efectiva. En paralelo, el media player de un peer pregunta por las piezas faltantes de los bloques del contenido y de acuerdo a su ubicación se decide si hacer el pedido a los servidores de la CDN o a los vecinos de la P2P. Si algunas de estas piezas se encuentran dentro de la prioridad del buffer correspondiente a la CDN son obtenidos por el nodo de entrega inicial, caso contrario son obtenidos por vecinos o peers que tengan en su buffer las piezas del contenido.



La idea de dividir el buffer en el lado del cliente es que en un streaming en vivo el delay inicial es crítico y por lo tanto debe ser atendido en el menor tiempo posible y con una disponibilidad máxima. Con esto se tiene que la parte crítica inicial es siempre cubierta por los servidores CDN y luego la red P2P apoya a insertar bloques del contenido de tal manera que al transcurrir el tiempo los bloques ya hayan sido cubiertos por la red P2P. Esto no quita que los servidores puedan apoyar con el streaming posteriormente si es que se la red P2P no es capaz de brindar el contenido. En la figura 2-11 se muestra de manera general como es que se maneja el buffer en el lado de cliente y sus prioridades para manejar el tráfico las 2 redes: CDN y P2P [ZHI2012].



**FIGURA 2-11: MANEJO BUFFER EN REDES HÍBRIDAS CDN**

Fuente: [ZHI2012]

## **Capítulo 3**

### **Volumen de usuarios**

En el presente capítulo se presenta un análisis del crecimiento del uso de video, que está ligado al desarrollo de la banda ancha, y del mercado al que se apunta cubrir con la futura implementación de la red propuesta. Además, dado el mercado objetivo se brinda un cálculo del ancho de banda que requiere un canal de streaming de video que permitirá, en el capítulo 4, calcular el tráfico total para justificar y dimensionar la red de distribución de contenidos propuesta en la tesis.

El primer paso para poder dimensionar la red de transmisión planteada en esta tesis será en base a un análisis del alcance inicial del proyecto; en este caso la red de distribución debe dimensionarse para cubrir, en una etapa inicial, a un determinado porcentaje del total del mercado objetivo. Luego se calculará el bitrate de un streaming con uno de los codecs vistos en el capítulo anterior. Esto implica que luego de hacer el análisis de la cantidad usuarios que accederán al servicio y ya teniendo el consumo de ancho de banda de un streaming se podrá avanzar con el cálculo final del tráfico.

#### **3.1 Análisis de velocidad de acceso a Internet**

Como ya vimos en el capítulo 1, el tráfico de salida a internet es el más significativo en consumo de recursos de la red de transmisión, siendo el video su principal impulsor. La tecnología que hace posible todo esto es la banda ancha y su evolución en términos de velocidad de bajada y subida que permiten cada vez más

una mayor descarga de contenidos por parte de los usuarios [ITU2003]. En el Perú la tecnología predominante para el acceso a Internet es ADSL la cual tiene la particularidad de brindar anchos de banda de bajada muy superiores a los de subida. Esta tiene una penetración en el rubro de banda ancha fijo del 90%. En la tabla 3-1 se visualiza la cantidad de conexiones de diferentes tecnologías y medios de acceso que nos ofrece la banda ancha.

**TABLA 3-1: NÚMERO DE CONEXIONES DE BANDA ANCHA POR TECNOLOGÍA Y MEDIO DE ACCESO**

Fuente: Elaboración propia con información de [MTC2011]

Tecnología/Medio de Acceso	Conexiones de Banda Ancha	Porcentaje (%)
<b>Banda ancha fija-Total</b>	<b>990950</b>	<b>100.00%</b>
ADSL	891644	89.98%
Cable-módem	67866	6.85%
WiMAX	16853	1.70%
Línea dedicada(alámbrica + inalámbrica)	10565	1.07%
VSAT	3507	0.35%
Otro(Inalámbrico fijo)	515	0.05%
<b>Banda ancha móvil-Total</b>	<b>313115</b>	<b>100.00%</b>

Además, el mercado peruano de Banda Ancha fija y móvil cuenta con un total de 27 empresas operadoras, de las cuales Telefónica del Perú S.A.A. registra la mayor participación, con el 68.65% del total de conexiones; en segundo lugar, América Móvil Perú S.A.C. alcanza el 13.80%.y lo restante se encuentra distribuido por varios operadores [MTC2011]. Se toma en cuenta a los dos primeros operadores por 2 razones. En primer lugar porque ellos tienen el mayor porcentaje en el mercado y, en segundo lugar, porque el público objetivo contará principalmente con acceso banda ancha fija a Internet. En la tabla 3-2 se muestra el mercado de banda ancha en el Perú.

**TABLA 3-2: MERCADO DE BANDA ANCHA EN EL PERÚ**

Fuente: Elaboración propia con información de [MTC2011]

Empresas	Conexiones de Banda Ancha	Porcentaje (%)
Telefónica del Perú S.A.A.	895,206	68.65%
América Móvil Perú S.A.C	179,909	13.80%
Telefónica Móviles S.A.	95,454	7.32%
Nextel del Perú S.A	39,673	3.04%
Otras	93,823	7.19%
<b>Total</b>	<b>1,304,065</b>	<b>100%</b>

De lo anterior se tiene que los 2 operadores que concentran la mayor cantidad de usuarios son empresas que brindan el servicio enfocándose en un mercado masivo como es el de Internet a hogares a nivel nacional [CLA2013][MOS2013]. El alcance de esta tesis contempla el acceso al streaming desde cualquier parte del Perú, incluso desde los hogares de los estudiantes a través de Internet. Por ello es importante destacar las velocidades promedio que nos brindan estos 2 operadores. En la tabla 3-3 se muestra que el promedio de velocidad de bajada y subida, de Telefónica del Perú y Claro, en Megabits por segundo, es 4.155 y 0.79 respectivamente.

**TABLA 3-3: VELOCIDAD DE ACCESO A INTERNET EN EL PERÚ**

Fuente: Elaboración propia con información de [NET2013][NET2013-2]

Empresas	Velocidad Promedio de Bajada(Mbps)	Velocidad Promedio de Subida(Mbps)
<b>Telefónica del Perú</b>	<b>3.23</b>	<b>0.52</b>
<b>Claro</b>	<b>5.09</b>	<b>0.96</b>
Red Científica Peruana	4.44	4.62
AMERICATEL PERU S.A	3.23	2.66
Olo del Perú S.A.C	2.87	1.54
Nextel del Perú	1.77	0.86
Internexa	3.78	4.53
Optical IP	8.73	6.53

Dado que la red propuesta cuenta con una parte que es de tecnología P2P es importante entender que a pesar de que se aliviará el tráfico de los servidores de la CDN la ayuda no será mucha ya que la velocidad de subida con la que se cuenta actualmente en el Perú es muy baja como se observa en la tabla anterior. Esto se resalta porque el ejemplo mencionado en el capítulo 1 es una implementación en China, el cual es un mercado masivo y que cuenta con velocidades mínimas de subida de 5.72 Megabits por segundo [NET2013-3].

### 3.2 Análisis de demanda de contenido

El análisis de la tendencia que se tiene para Latinoamérica y para el mundo se puede utilizar para estimar la tendencia de los servicios y las aplicaciones que más demandarán, en un futuro, en el Perú, a pesar de la diferencia de velocidades de

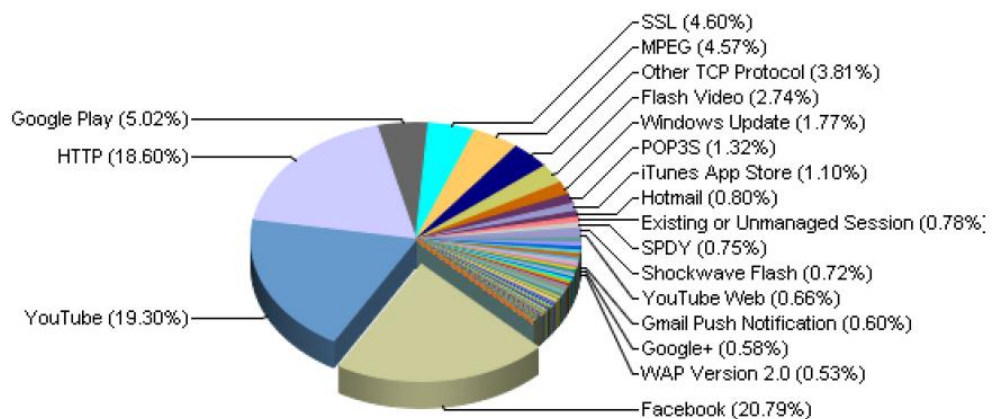
acceso a Internet entre los distintos países o regiones. En la tabla 3-4 se muestra como se espera que aumente el tráfico de Internet que pasa por las CDN en un periodo de 5 años, en particular se tiene que para el 2012 el tráfico de video es 53% y se espera que para el 2017 esta cifra aumente a 65%.

**TABLA 3-4: CRECIMIENTO DEL TRÁFICO INTERNET SOBRE LAS CDNS**

Fuente: [CIS2013]

CDN Traffic, 2012–2017							
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	CAGR 2012–2017
<b>By Geography (PB per Month)</b>							
North America	4,630	6,484	9,127	12,349	16,581	21,766	36%
Asia Pacific	2,468	3,347	4,617	6,444	8,876	12,065	37%
Western Europe	2,792	3,517	4,542	5,723	7,298	9,323	27%
Central and Eastern Europe	437	586	809	1,163	1,611	2,150	38%
Latin America	465	597	747	967	1,204	1,470	26%
Middle East and Africa	71	103	142	197	265	351	38%
<b>Total (PB per Month)</b>							
CDN Internet traffic	10,863	14,633	19,984	26,842	35,834	47,124	34%

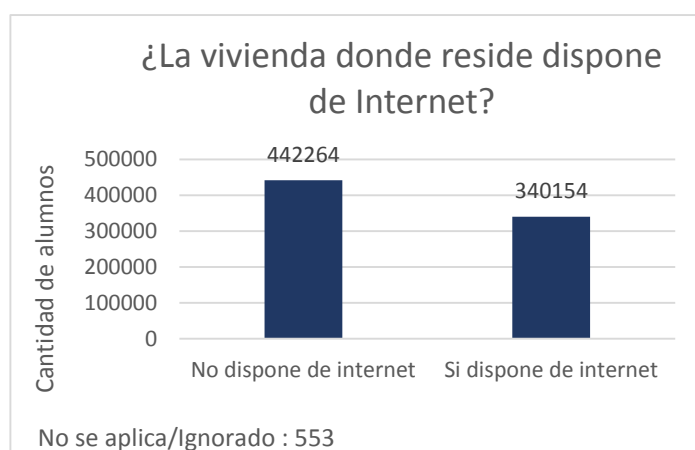
A pesar de que no se toma en cuenta la banda ancha móvil, el tráfico año tras año comienza a aumentar y esto es debido a la cantidad de celulares con acceso a datos que hay en el mercado [NTW2013]. En la figura 3-1 se muestra la distribución del tráfico móvil de una operadora peruana y se encuentra clasificada por tecnologías, en la que podemos destacar que cerca del 30% del total está relacionado con el video. Sin embargo ese porcentaje no toma en consideración que la mayoría de usuarios accede a Internet usando redes Wifi con cual esta cifra aumentaría mucho, ya que según un estudio en Estados Unidos el 63% opta por acceder a datos a través de estas redes[LAP2012].



**FIGURA 3-1: TRÁFICO MÓVIL DE DESCARGA POR TECNOLOGÍA**

Fuente: [TMO2013]

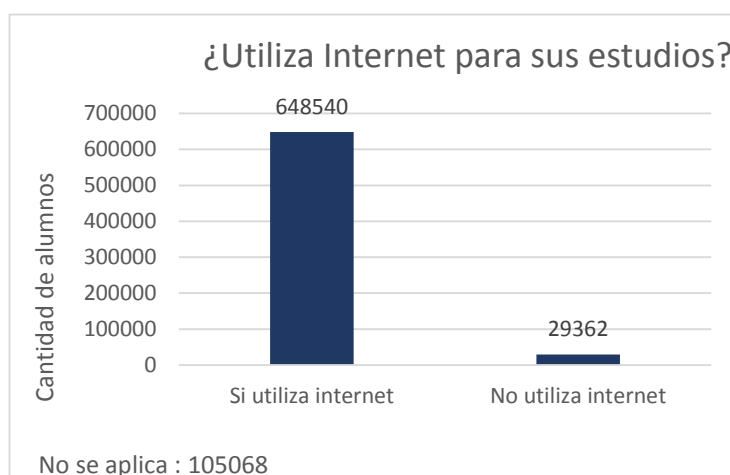
Dado que el público objetivo son los alumnos de las universidades de pre-grado del Perú y la cantidad es 782418, repartidos en los diferentes departamentos, es necesario analizar una etapa inicial de funcionamiento de la red en la que solo una parte del total es atendida. Para esto se empieza a acotar dicha cantidad basándose en las encuestas del último censo Universitario del año 2010[INE2010] y se analizan parámetros como los siguientes: Si el alumno cuenta con Internet en su casa y si lo utiliza para sus estudios. En la figura 3-2 se aprecia que la cantidad de alumnos que cuentan con Internet en su casa es mucho menor a la que no cuenta en una proporción de 43% a 53% respectivamente.



**FIGURA 3-2: ESTADÍSTICA DE ALUMNOS CON INTERNET EN SU CASA**

Fuente: Elaboración propia con información [INE2010]

Por otro lado, en la figura 3-3 se muestra la cantidad de alumnos que utilizan el Internet para fines académicos y que representa el 96% del total encuestado.



**FIGURA 3-3: ESTADÍSTICA DE ALUMNOS QUE UTILIZAN EL INTERNET PARA SUS ESTUDIOS**

Fuente: Elaboración propia con información de [INE2010]

### 3.3 Población universitaria del Perú

Como ya se vio en el capítulo 2 una red CDN/P2P se maneja por regiones en la cuales se despliegan servidores lo más cercanos al usuario final para lograr brindar el servicio con la mejor calidad posible. El streaming de materiales académicos tiene como alcance la población universitaria del Perú y por lo tanto la regionalización de la red se tiene que realizar en ella. En la tabla 3-5 se muestra la distribución de las regiones que será utilizada posteriormente en el diseño.

**TABLA 3-5: REGIONALIZACIÓN DE LA POBLACIÓN UNIVERSITARIA**

Fuente: Elaboración propia con información de [INE2010]

	Departamento	Población Universitaria	Porcentaje del Total (%)
<b>Región 1 Lima y Callao</b>	Lima	312409	39.92
	Callao	13874	1.77
	<b>Total</b>	<b>326283</b>	<b>41.69</b>
<b>Región 2 Norte</b>	Amazonas	2064	0.26
	La Libertad	45036	5.75
	Lambayeque	32555	4.16
	Cajamarca	16964	2.17
	Loreto	10890	1.39
	Madre de Dios	2965	0.38
	Piura	34740	4.44
	San Martín	9073	1.16
	Tumbes	4262	0.54
	Ucayali	8372	1.07
	<b>Total</b>	<b>166921</b>	<b>21.32</b>
<b>Región 3 Sur</b>	Puno	41308	5.28
	Pasco	6558	0.84
	Moquegua	5854	0.75
	Junín	34371	4.39
	Cusco	31111	3.98
	Huancavelica	5853	0.75
	Huánuco	19917	2.54
	Apurímac	10134	1.29
	Arequipa	54335	6.94
	Ayacucho	13512	1.73
	Ica	22860	2.92
	Ancash	31181	3.98
	Tacna	12	1.59
	<b>Total</b>	<b>289437</b>	<b>36.98</b>

De la tabla anterior se tiene que la mayor cantidad de población universitaria se concentrará en la región 1 y por lo tanto es la que en principio generará el mayor tráfico en la red y necesitará la mayor cantidad de servidores de streaming. Para poder realizar un complemento efectivo desde su etapa inicial, la red proveerá del servicio de video en vivo a una población inicial que estará enfocada en los alumnos que le dedican menos tiempo de Internet a sus estudios, basándonos en la última encuesta del INEI [INE2010], a fin de promover el aumento de sus horas dedicadas a fines académicos. En la tabla 3-6 se muestra la distribución del número de horas semanales que los alumnos utilizan el Internet para sus estudios.

**TABLA 3-6: NÚMERO DE HORAS SEMANALES QUE UTILIZAN INTERNET PARA SUS ESTUDIOS**

Fuente: Elaboración propia con información de [INE2010]

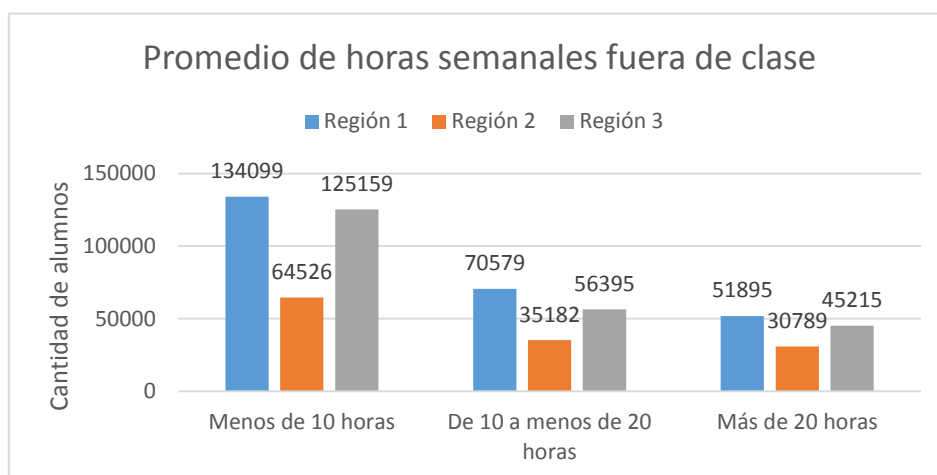
	Departamento	Menos de 5 horas	De 5 a 10 horas	De 10 a 15 horas	Más de 15 horas
<b>Región 1 Lima y Callao</b>	Lima	56899	73121	57343	72079
	Callao	3244	4271	3381	4076
	<b>Total</b>	<b>60143</b>	<b>77392</b>	<b>60724</b>	<b>76155</b>

<b>Región 2 Norte</b>	Amazonas	725	741	354	259
	La Libertad	7133	10180	7609	10793
	Lambayeque	4696	6807	5374	8459
	Cajamarca	4550	4778	2891	2897
	Loreto	2979	3078	1683	1545
	Madre de Dios	855	844	419	299
	Piura	7639	9328	5872	5990
	San Martín	2416	2488	1489	1699
	Tumbes	927	1231	823	797
	Ucayali	2431	2042	1150	1209
	<b>Total</b>	<b>34351</b>	<b>41517</b>	<b>27664</b>	<b>33947</b>

<b>Región 3 Sur</b>	Puno	10269	11032	5656	5101
	Pasco	1617	1716	921	824
	Moquegua	1181	1418	966	1212
	Junín	8267	9234	5389	5366
	Cusco	7646	8734	5269	4835
	Huancavelica	1617	1616	880	672
	Huánuco	5392	4771	2253	1977
	Apurímac	3132	2789	1232	1057
	Arequipa	9634	13827	10182	12990
	Ayacucho	4088	3974	2027	1616
	Ica	4859	5651	3708	4638
	Ancash	6973	7238	4849	6239
	Tacna	2326	2701	2065	2999
	<b>Total</b>	<b>67001</b>	<b>74701</b>	<b>45397</b>	<b>49526</b>



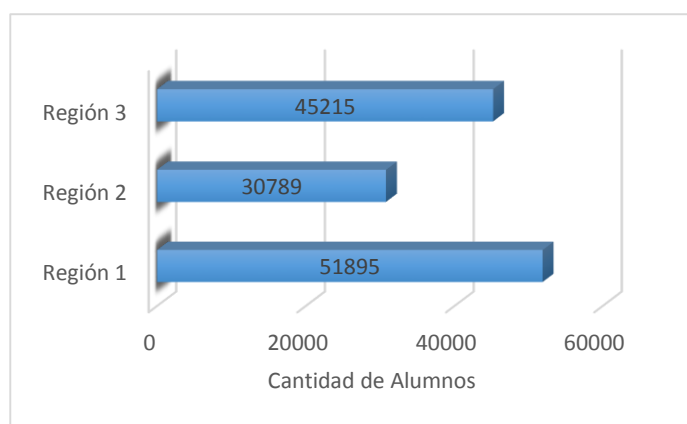
De la consideración anterior en principio se tiene que para realizar el dimensionamiento de la red se tendría 60 mil 143 alumnos en la región 1, 34 mil 351 en la región 2, y 67 mil un alumnos en la región 3. Estas cifras se van a acotar al realizar el cruce de la información anterior con la cantidad de alumnos que le dedican más tiempo fuera de clase a sus estudios: más de 20 horas. En la figura 3-4 se muestra la cantidad de alumnos relacionados al promedio de horas semanales fuera de clase, y se encuentra separado por las regiones establecidas.



**FIGURA 3-4: PROMEDIO DE HORAS SEMANALES FUERA DE CLASE**

Fuente: Elaboración propia con información de [INE2010]

Por lo tanto, en las cifras finales tendríamos que en la región 1 se dimensionará para 51 mil 895 alumnos; en la región 2, 30 mil 789 y para la región 3 se tendrá 45 mil 215 alumnos. Finalmente, en la figura 3-5 se muestra la cantidad final de usuarios a los cuales se le brindará el servicio en la etapa inicial y con esto se establecerá la capacidad máxima inicial de la red en el siguiente capítulo.



**FIGURA 3-5: COBERTURA DE LA RED EN SU ETAPA INICIAL**

Fuente: Elaboración propia

### 3.4 Tráfico de videostreaming

En esta sección se realizará un cálculo detallado del ancho de banda necesario para una conexión de video usando el codec H.264 mencionado anteriormente. Para realizar un cálculo lo más cercano a lo que se manejará en la red es necesario considerar el entramado Ethernet ya que maneja las mayores cabeceras por lo que es el punto crítico en un diseño [CIS2009], es decir se realizará el cálculo para hallar el bit rate a la salida del codec y luego se le irá sumando las cabeceras que contempla una trama Ethernet (capa 2 del modelo OSI). En primer lugar, se tiene que un video es un conjunto de imágenes seguidas de tal manera que nos entrega una sensación de continuidad [TOR2009]. Lo primero es calcular la velocidad de transmisión de un video HD (resolución de 1280x720 pixeles por cuadro). Para esto definimos al video como un conjunto de cuadros o frames que se superponen uno detrás de otro. A su vez estos cuadros están compuestos por una cantidad de pixeles que definen la resolución de la imagen. Luego se tiene que cada pixel tiene una cantidad de bits asignados, por lo que a mayor cantidad de pixeles mayor es la resolución de la imagen que conforma el video [TOR2009]. A continuación se muestra el cálculo:

$$\text{Velocidad de transmisión} = \text{Resolución} \times \text{Nbits/pixel} \times \text{NFrames/segundo}$$

De la ecuación anterior se define:

Las unidades de la velocidad se expresan en número de bits por segundo.

-Resolución: Número de píxeles del ancho y alto del video.

-NFrames/segundo: Número de imágenes fijas que serán mostradas por segundo.

-Nbits/pixel: Número de bits asignados a cada pixel. Por ejemplo si se le asigna 24 bits a cada uno se tiene 3 bytes y se sigue el esquema de colores RGB, la proporción para las componentes de los colores es 8:8:8.

Por lo tanto para una resolución HD ,1280x720 pixeles/frame, con 30 frames/segundo y 24bits/pixel se tiene una velocidad de transmisión de 633,55Megabits/segundo [TOR2009].

Notar que para el cálculo anterior aún no se toma en cuenta el algoritmo o codec de compresión por lo que el alto resultado en términos de velocidad requerida muestra la necesidad de utilizar el codec que nos brinde una mayor calidad al menor

requerimiento de velocidad de transmisión. El codec H.264 define 3 calidades y para el propósito de la tesis, dada la cantidad de usuarios que se espera cubrir se considera la calidad buena para los posteriores cálculos. En la tabla 3-7 se muestra los parámetros asociados a las 3 calidades manejadas mediante este codec.

**TABLA 3-7: CALIDAD, RESOLUCIÓN Y ANCHO DE BANDA EN H.264**

Fuente: [CIS2009]

<b>Resolution</b>	<b>1080p</b>			<b>720p</b>		
<b>Quality Level</b>	Best	Better	Good	Best	Better	Good
<b>Frame Rate</b>	30	30	30	30	30	30
<b>Bandwidth Required</b>	4Mbps	3.5Mbps	3Mbps	2.25Mbps	1.5Mbps	1Mbps

Luego en la figura 3-6 se muestra la trama Ethernet y es la que usaremos para calcular la velocidad de transmisión del canal de video.

Ethernet (versión 2)	IP (versión 4)	UDP	RTP	<b>Payload de video H.264</b>	Trailer Ethernet (versión 2)
22 Bytes	20 Bytes	8 Bytes	12 Bytes	<b>1060 Bytes</b>	4Bytes

**FIGURA 3-6: TRAMA ETHERNET H.264**

Fuente: [VIL2013]

De lo anterior tenemos que para calcular:

Tamaño de una trama de video = Cabecera Ethernet + Cabecera IP + Cabecera UDP + Cabecera RTP + Payload de video + Trailer Ethernet.

Tamaño de una trama de video = 22 Bytes + 20 Bytes + 8 Bytes + 12 Bytes + 1060 Bytes + 4 Bytes = 1126 Bytes.

Luego esto expresado en bits:

Tamaño de una trama de video = 1126 Bytes x (8 bits/1 Byte) = 9008 bits.

Otro concepto importante que se manejará y que permitirá mantener constante la velocidad de transmisión del codec H.264 es la cantidad de paquetes por segundo que se manejará, la cual se calcula de la siguiente manera [VIL2013]:

Paquetes por segundo = Velocidad de transmisión de H.264 / Payload de video

De la tabla 3-7 se tiene que para una calidad buena y una resolución de HD (1280x720p) la velocidad es de 1 Mbps.

Luego se tiene que:

Cantidad de paquetes/segundo = (1000000bits/segundo)/8480bits

Cantidad de paquetes/segundo = 117,92 paquetes/segundo.

Finalmente, tenemos que el ancho de banda del canal de video será calculado como:

Ancho de banda de canal de video = Tamaño trama de video x Paquetes/segundo

Por lo tanto se tiene que el tamaño trama de video es 9008 bits/paquete por lo tanto el ancho de banda del canal de video se calcula como:

Ancho de banda = (9008 bits/trama) x (117,92 paquetes/segundo) = 1062,22 Kbps.

Para contemplar el posible burst en los canales de video se le aumentará el ancho de banda en un factor [CIS2009] que resulta en un 10% adicional; por ello, el ancho de banda total de un canal de video para cada streaming de video sería igual a  $1,1 \times 1062,22 \text{ Kbps} = 1168,45 \text{ Kbps}$ .

Al finalizar este capítulo se tiene dos datos importantes. El primero es la cantidad de usuarios que accederán al servicio y en segundo lugar se tiene cuánto ancho de banda consumirá cada streaming de video. Para esto se tiene que notar que el cálculo del audio se desestimó ya que el ancho de banda es mucho menor que el del video, como es en el caso de la televisión digital que del canal que ocupa 6Mhz, 4Mhz son para el video y solo 50Khz para el audio [CA2009]. En la tabla 3-8 se muestra los datos obtenidos.

**TABLA 3-8: RESULTADOS DE CÁLCULO DE USUARIOS Y ANCHO DE BANDA DE VIDEO**

Fuente: Elaboración propia

		<b>Total</b>
Cantidad de usuarios	<b>Región 1</b>	51895
	<b>Región 2</b>	30789
	<b>Región 3</b>	45215
		Por canal de video streaming
Ancho de banda de video a utilizar(Kilobits/segundo)		1168,45

## **Capítulo 4**

### **Diseño de la solución**

En el presente capítulo se presentará las consideraciones necesarias para el diseño de la solución de la red propuesta que abarcará la zona centro, sur y norte del Perú. Asimismo, se brindará el detalle de los equipos a usar para un futuro despliegue de un proyecto que abarque la tecnología presentada.

#### **4.1 Consideraciones para el cálculo de tráfico**

En el capítulo anterior se definió la cantidad de población que accederá al servicio de videostreaming en su etapa inicial y además cuánto ancho de banda ocupará un canal de video bajo las características propuestas. Dado esto se tiene que se podrá aproximar la cantidad de usuarios que soportará cada servidor de streaming, o nodo de entrega, en una región determinada y con esto se tendrá el ancho de banda total correspondiente al video, que a fin de cuenta será el que se tomará para el diseño de la red. Del capítulo anterior se obtuvo que cada canal de video ocupara 1168,45 Kbps y tenemos que los puertos de los servidores cuentan con una velocidad de conexión máxima de 10Gbps, con lo cual se procede a calcular la cantidad de usuarios que será soportada por servidor [HEW2013].

Número máximo de conexiones por puerto de 10 Gbps =  $10 \text{ Gbps} / 1168.45 \text{ Kbps} = 8558.34$ , pero redondeándolo a un número entero se tiene que la cantidad máxima de usuarios, por puerto, a la velocidad de transmisión de video elegida, es 8858.

Además se tiene que para aprovechar al máximo la capacidad de los servidores a usar se utilizarán adaptadores de 2 puertos de 10 Gbps con lo cual cada servidor manejará una capacidad máxima de 20Gbps, es decir 17716 alumnos conectados como máximo [HEW2013]. A continuación se muestra la cantidad de servidores, o nodos de entrega, necesarios por región para cubrir el alcance inicial del proyecto.

i) Región 1(Centro: Lima y Callao):

Número de servidores = Cantidad de personas/Número de conexiones por servidor

Número de servidores =  $51895 / 8858 = 5.858$ , entonces se necesita 3 servidores, de 2 puertos de 10Gbps cada uno, en la región 1.

De lo anterior se tiene que se tendrán 6 conexiones de 10Gbps por lo que el tráfico máximo en esa región será de 60Gbps. Dato importante para usarlo en el análisis financiero.

ii) Región 2(Norte):

Número de servidores = Cantidad de personas/Número de conexiones por servidor

Número de servidores =  $30789 / 8858 = 3.47$ , entonces se necesita 2 servidores, de 2 puertos de 10Gbps cada uno, en la región 2.

De lo anterior se tiene que se tendrán 4 conexiones de 10Gbps por lo que el tráfico máximo en esa región será de 40Gbps.

iii) Región 3(Sur):

Número de servidores = Cantidad de personas / Número de conexiones por servidor

Número de servidores =  $45215 / 8858 = 5.1$ , entonces se necesita 3 servidores, de 2 puertos de 10Gbps cada uno, en la región 3.

De lo anterior se tiene que se tendrán 6 conexiones de 10Gbps por lo que el tráfico máximo en esa región será de 60Gbps.

Notar que el tráfico calculado corresponde al cursado entre los nodos de entrega y los usuarios finales, sin embargo no debemos olvidar que el streaming es obtenido desde los servidores, o nodos de entrada, que finalmente inyectan el streaming a

los nodos de entrega mediante conexiones unicast. Además se tiene que para el cálculo de tráfico se asumió el peor de los casos, en el que la red P2P no sea estable y suficiente para llenar el buffer de reproducción del cliente bajo las condiciones de una reproducción sin interrupciones y por lo tanto el contenido debe ser enviado directamente por los nodos de entrega de cada región. Por otro lado para estimar el tráfico manejado por los nodos de entradas (principal y back up) se limitará la cantidad de videos que podrán ser ingestados a la CDN por cada universidad. Es decir se transmitirá un máximo de 5 videos por cada una sin horario de restricción del evento. En la tabla 4-1 se muestra la cantidad de universidades por regiones de tal manera que se facilite el cálculo del tráfico.

**TABLA 4-1: NÚMERO DE UNIVERSIDADES SEGÚN REGIONALIZACIÓN**

Fuente: Elaboración propia con datos de [INE2010]

Región	Número de Universidades
1 (Centro)	41
2 (Norte)	13
3 (Sur)	22

Por lo tanto se contarán con 2 enlaces nacionales que pertenecen a las conexiones entre la región 2 hacia la región 1 y de la región 3 hacia la región 1, es decir los streaming de un total de 35 universidades. De la restricción de conexiones permitidas, finalmente se tiene que el tráfico total se calcula a continuación.

Tráfico Total, Lima al Norte = # Universidades x máxima cantidad de streaming x Ancho de banda del canal de video.

Tráfico Total, Lima al Norte =  $13 \times 5 \times 1168,45 \text{ Kbps} = 75.95 \text{ Mbps}$ .

Por lo tanto el enlace contratado debe tener un margen a lo calculado y será de 155 Mbps, velocidad STM-1 de SDH y que será transportado por DWDM y como esa conexión es crítica se contratará un back up de la misma capacidad, es decir el enlace estará protegido.

Tráfico Total, Lima al Sur = # Universidades x máxima cantidad de streaming x Ancho de banda del canal de video.

Tráfico Total, Lima al Sur =  $22 \times 5 \times 1168,45 \text{ Kbps} = 128.53 \text{ Mbps}$ .

En este caso, también, se contratará un enlace de 155 Mbps protegido.



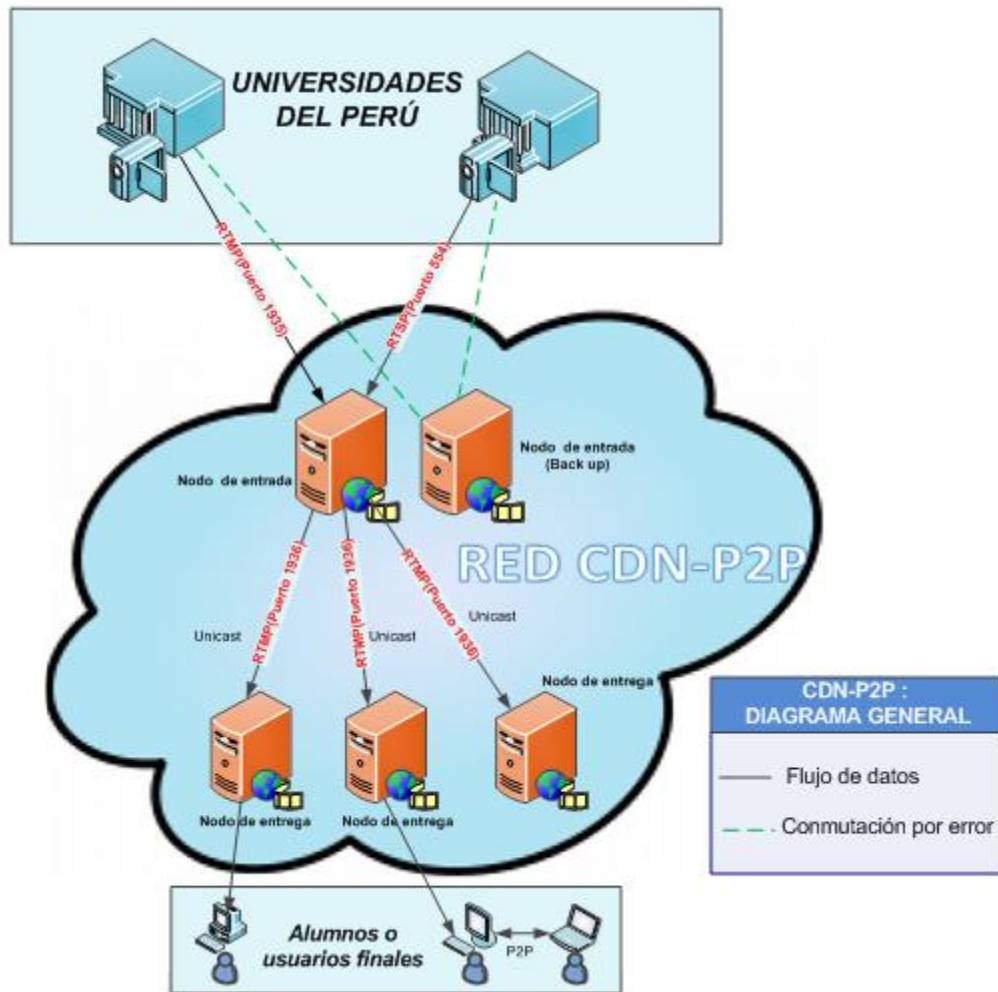
## 4.2 Diseño de la red CDN-P2P

Como ya se ha venido mencionando el diseño de la red de distribución de esta tesis se concentra en la población universitaria del Perú y para tal propósito se dividió en 3 regiones: Norte, con equipos en Trujillo y Chiclayo; Centro, con equipos en Lima; y finalmente, Sur, con equipos en Arequipa. Se eligió estas 4 ciudades debido a que en principio cuentan con las universidades con mayor población universitaria y por lo tanto con un gran potencial de consumo del servicio que brindará la red CDN-P2P. Esto permitirá que se atienda a los usuarios de estas ciudades con el menor delay posible ya que todo será manejado localmente.

A pesar de que el diseño de la red de distribución en su etapa inicial solo llegará a cubrir a un determinado porcentaje del total de la población universitaria, el consumo de ancho de banda es del orden de los Gigabits por segundo y por lo tanto este acceso debe ser manejado por una tecnología que brinde esas velocidades y que usa como medio físico la fibra óptica bajo el tipo de Multiplexación de Longitud de Onda Densa (DWDM). Esto es importante ya que como se mencionó en el capítulo 1 el proyecto de conectar la mayor parte del Perú con la “Fibra Dorsal de Fibra Óptica” está latente y podría ser una forma de aprovecharlo para sacar adelante la red propuesta.

El presente proyecto brindará la posibilidad a las universidades de brindar conferencias, charlas, eventos masivos hacia la comunidad universitaria y que le brindará al usuario la mejor calidad de experiencia mediante la distribución geográfica de los servidores de la CDN en puntos estratégicos. En el caso de que una universidad desee transmitir su evento en vivo a través de la red deberá conectarse con el nodo de entrada que de alguna manera replicará la información hacia las regiones a las cuales se espera acceso por parte de los alumnos. Esta conexión puede ser realizada bajo los protocolos RTMP o RTSP, siendo preferible el primero ya que al ser manejado bajo TCP brinda una mayor confiabilidad a la transmisión entre la fuente y el punto de entrada de la CDN. Al ser un punto crítico en el proceso, se contará con un servidor de back up del nodo de entrada principal en caso de que este falle. La figura 4-1 muestra el diagrama general de la red propuesta de la cual se identifican 3 sistemas. En primer lugar, las universidades que actuarán como fuentes de video. En segundo lugar, la red CDN-P2P, que

realizará el transporte del streaming y finalmente los alumnos, que serán los que accedan y visualicen el streaming de video.



**FIGURA 4-1: DISEÑO DEL DIAGRAMA GENERAL DE LA CDN-P2P**

Fuente: Elaboración propia

Existen 2 tipos de interacciones durante el proceso de transmisión del video: entre servidor-servidor y entre usuario-servidor. Para la elección del modo de emisión de la primera se aprovechará la funcionalidad, que ofrece el software que se utilizará y que en la siguiente sección se explicará, para enviar y replicar la información mediante conexiones unicast entre los servidores. Por ejemplo si se tiene una emisión que viene desde la región centro (Lima y Callao), mediante un flujo hacia la región Norte será posible replicar el contenido hacia los servidores que pertenecen a dicha región. Esta conexión se establecerá entre los servidores bajo el protocolo RTMP para asegurar que no se convierta en un punto de falla. La segunda interacción que se realizará y que se da entre los servidores de streaming y los

alumnos, que accederán al contenido, se analizará a continuación. Dado que el alcance del proyecto es que los alumnos tengan la facilidad de poder acceder al video streaming desde cualquier parte y no sentirse obligados a viajar hasta su universidad para acceder al contenido, el modo que se usará es Unicast ya que a la fecha la red pública de Internet aún no soporta Multicast IP a pesar de que como se vio en el capítulo 2 es más eficiente que Unicast. Se tiene también que el flujo de video será enviado a los usuarios mediante el protocolo UDP/RTP para evitar delays debido al tamaño de las cabeceras adicionales que le agrega TCP y que sería crítica para un sistema pensado en video en vivo. Para el diseño se tomarán en cuenta los siguientes elementos principales de la arquitectura vista en el capítulo 2:

- Servidores DNS: jerárquico y regionales.
- Servidores de streaming, o nodos de entrada, en cada región.
- Servidores de tracker: jerárquico y regionales.
- Servidores de logs regionales.
- Servidores de streaming, o nodos de entrega, en una región determinada.
- Elemento de seguridad: Firewall.

En primer lugar, el único servidor TLDDNS se encontrará dentro de la región 1(Centro), en el site de Lima. Este es la entrada de todas las peticiones de la red por lo que recibirá una cantidad mayor a la de los demás DNS y por lo tanto debe estar protegido mediante redundancia y ante un posible ataque DOS (Denegación de servicio). Además, para manejar los queries locales en las demás regiones se tendrá 1 servidor por cada región, es decir para la región sur se tendrá un DNS en el site de Arequipa y para la región Norte se tendrá 2 DNS: uno ubicado en el site de Trujillo y el segundo en el site de Chiclayo. Todos los servidores DNS estarán asociados con una base de datos que manejará en sus tablas los siguientes parámetros: región, direcciones IP, nombre de dominio. Además, como queremos lograr que todos los servidores (DNS, streaming, logs , tracker) se encuentren lo más cerca a los usuarios se les alojará en el ISP con mayor cantidad de usuarios ADSL, que es Telefónica del Perú como vimos en el capítulo anterior, con el cual se negociará el acuerdo de nivel de servicio. Para esto se contratará el servicio de housing en el mismo datacenter del proveedor de servicio Telefónica del Perú. Nos proveerán y asegurarán redundancia en la energía que consumirán los equipos e inclusive se contratará el servicio de “Smart Hands” que consistirá que en caso

algún elemento falle o se necesite realizar algún cambio en hardware, como por ejemplo disco duro, de los equipos ellos procedan a realizarlo de tal manera que el servicio se vea afectado el menor tiempo posible sin necesidad de estar movilizand o personal cada vez que ocurre una avería.

En segundo lugar, con respecto a los servidores de streaming se debe tener en cuenta que existen 2 tipos: el nodo de entrada y los nodos de entrega. En el caso del primero se encontrará en el site de Lima y contará con redundancia de equipo (servidor adicional) dado que es el primer acceso del contenido a la red y por lo tanto debe estar protegido. En el caso de la primera región 1, los servidores se encontrarán en algún housing en la ciudad de Lima dado que entre los 2 departamentos, Lima y Callao, es la que abarca la mayor cantidad de población universitaria. Por otra parte en el caso de la región 2, se tienen una serie de departamentos candidatos para alojarse los servidores, sin embargo la decisión se basará en escoger los que tengan mayor cantidad de alumnos y que ya se analizó en el capítulo 3, de los cuales identificamos a La Libertad y Lambayeque. Por lo tanto se alojará 1 servidor de streaming (nodos de entrega) en cada departamento. Para la región 3 se tiene que Arequipa cuenta con la mayor cantidad de alumnos, por lo que los 3 servidores de streaming serán alojados en ese departamento. Por otro lado, como ya se calculó en la subsección anterior se tiene lo siguiente para el número y ubicación de los nodos de entrega:

#### Región 1(Centro):

-Site Lima: 3 servidores de streaming o nodos de entrega.

#### Región 2(Norte):

-Site Trujillo: 1 servidor de streaming o nodos de entrega.

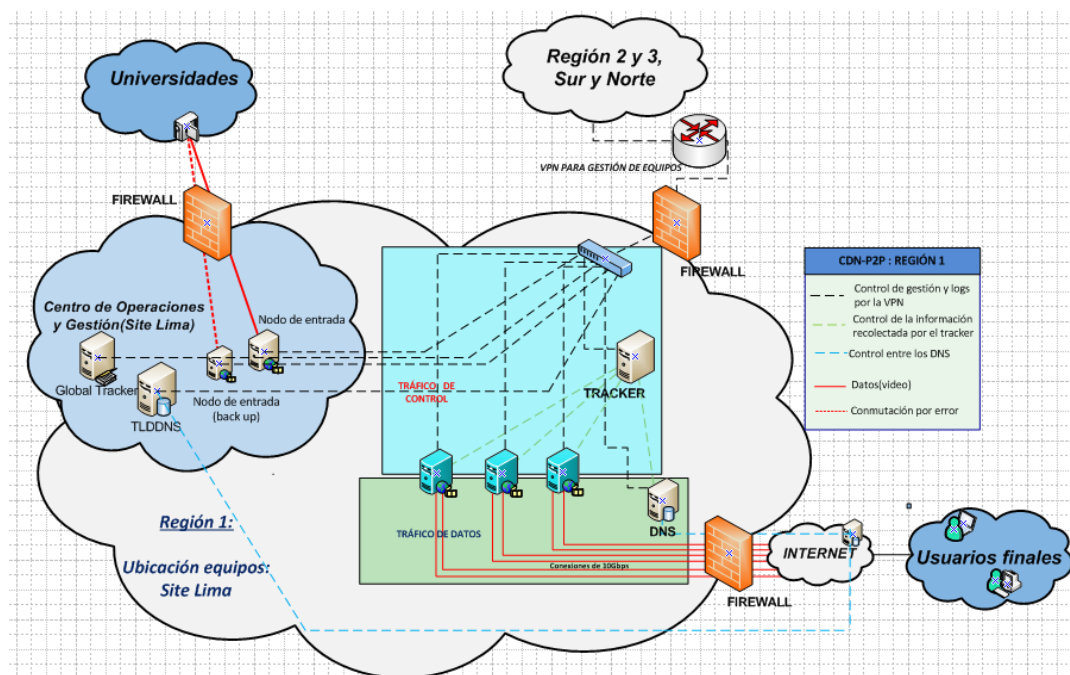
-Site Chiclayo: 1 servidor de streaming o nodos de entrega.

#### Región 3(Sur):

-Site Arequipa: 3 de servidores de streaming o nodos de entrega.

En tercer lugar se tiene los trackers, al igual que en los DNS se tendrá que el de mayor jerarquía estará en el site de Lima y además, habrá 1 en el site Trujillo, 1 en Chiclayo y con esto cubrir la región Norte, 1 en Arequipa que cubra la región sur y 1 en Lima que cubra la región centro.

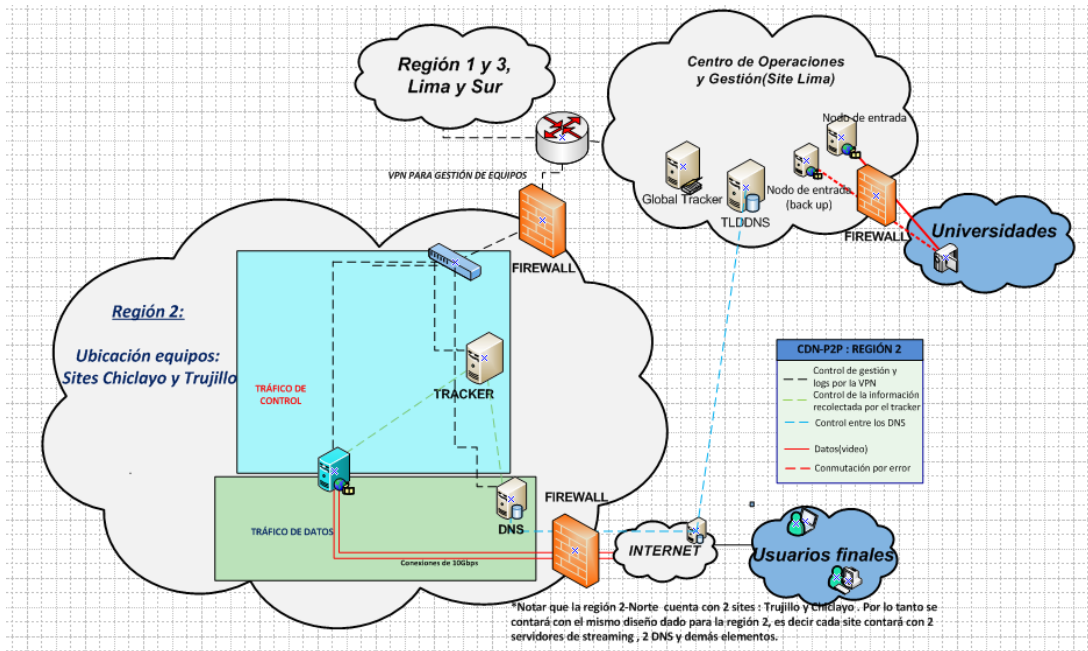
En la figura 4-2 se muestra el diseño de la región 1 en la cual se muestra los servidores de entrega, entrada, DNS, tracker, firewall y el centro de gestión que también se encontrará en el site de Lima. Como ya se mencionaron estos equipos estarán alojados en un local de Telefónica del Perú mediante un contrato del servicio de housing. Es importante notar que el diseño para la red contempla manejar la gestión de los equipos en una red completamente distinta a la de datos, por lo que se necesitará un enlace VPN que me permita monitorear desde la sede de Lima los elementos de la red que se encuentran en Chiclayo, Trujillo y Arequipa. Para aprovechar la localización de los equipos se contratará un servicio de monitorización de los servicios por parte de la empresa de Telecomunicaciones y constatará de una plataforma que será monitoreada las 24 horas de los 7 días/semana de los 365 días, y que en caso exista algún problema se realice un troubleshooting a fin de que el servicio se vea afectado el menor tiempo posible. En caso de que el problema no pudiera ser resuelto será escalado a los ingenieros a cargo del proyecto y/o al proveedor de los equipos.



**FIGURA 4-2: DISEÑO REGIÓN 1 DE LA CDN-P2P**

Fuente: Elaboración propia

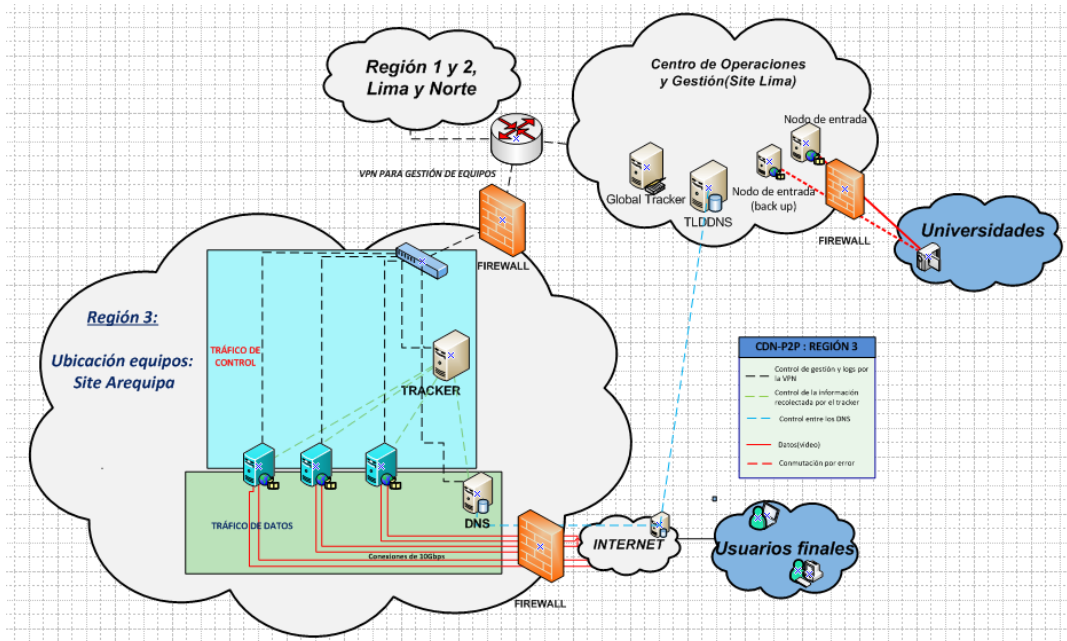
En la figura 4-3 se muestra el diseño de la región 2 en la cual se muestra los servidores de entrega, DNS, tracker, firewall en el site de Trujillo. El otro site, Chiclayo, será exactamente igual ya que ambos contarán con 1 servidor de streaming.



**FIGURA 4-3: DISEÑO REGIÓN 2 DE LA CDN-P2P**

Fuente: Elaboración propia

Finalmente en la figura 4-4 se muestra el diseño de la región 3(Sur) en el site de Arequipa el cual es muy parecido a la región 1 sin embargo no cuenta con un centro de operaciones ya que este está ubicado en el site de Lima.







**FIGURA 4-4: DISEÑO REGIÓN 3 DE LA CDN-P2P**

Fuente: Elaboración propia

Notar que para que pueda funcionar la red P2P es necesario que los usuarios finales instalen un software que les permitirá la comunicación entre sus ordenadores y el nodo de entrega que se encarga de recolectar información necesaria de la red P2P [AKA2010]. Por otro lado, para hacer más eficiente las transmisiones se tendrá como política que al momento de iniciar una transmisión se determine quiénes accederán al contenido de tal manera que se replique solo en los servidores de las regiones a las cuales estoy apuntando contar con alumnos que esperan recibir el video streaming.

### 4.3 Descripción de los equipos

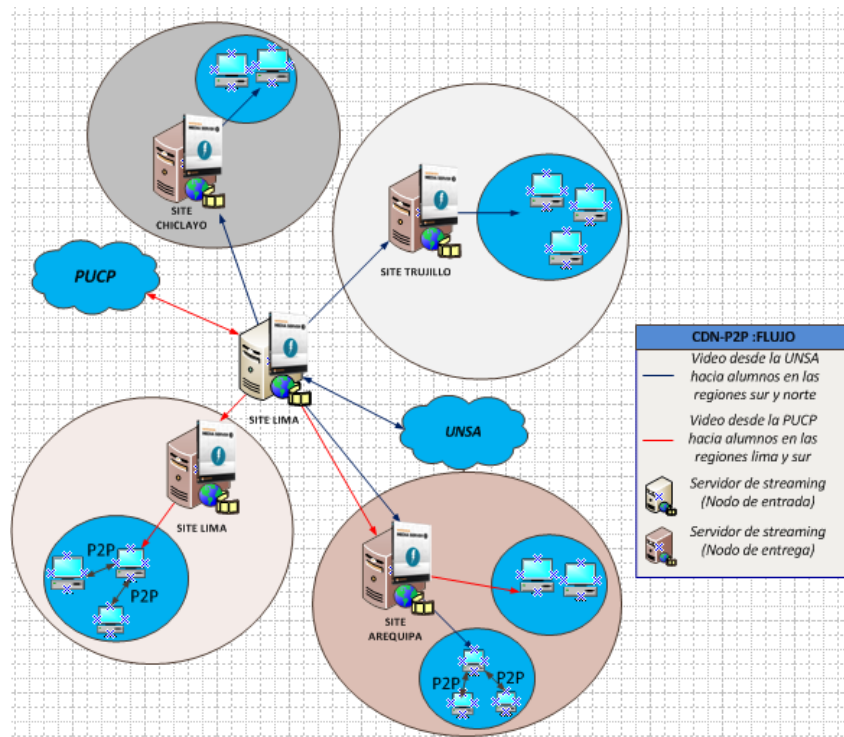
Es importante tomar en cuenta que los servidores que actuarán como nodos de entrada y entrega manejarán una gran cantidad de conexiones y tráfico por lo que la cantidad de memoria es un tema crítico. Las dos marcas de que se manejan para el proyecto son HP y Dell. Ambos ofrecen una variedad de servidores con una gran cantidad de memoria ram y con adaptadores de puertos de 10Gbps. En la figura 4-4 se muestra la comparación entre los hardware que ofrecen ambas marcas y que se manejan como posibles servidores de streaming en la red.

Proveedor	Equipo(Hardware de servidor)
HP 	HP ProLiant DL360e Gen8 Server 
Dell 	Dell PowerEdge R520 

**FIGURA 4-4: COMPARACIÓN DE HARDWARE PARA LOS SERVIDORES DE STREAMING**

Fuente: Elaboración propia

Un dato importante a considerar es la experiencia de los fabricantes en este tipo de despliegues a nivel mundial. Por ejemplo en el caso de HP se tiene que es usado por la CDN de Telefónica y Akamai [CDN2012] ya que les ofrece servicios adicionales. En el primer caso, HP le brinda una solución integral de gestión y operación de equipos, tarificación de los servicios usados en la red y además recursos humanos para el monitoreo de la red. En segundo lugar se tiene que al comparar los precios y ver los servicios que incluyen son muy similares [HPT2013] [DEL2013] y por lo tanto se opta por elegir servidores HP dada su experiencia en el mercado CDN. Ahora que ya tenemos el hardware es necesario elegir un software para instalarlo en el servidor HP para que se funcione como un servidor de streaming. Para esto se tienen 3 opciones en el mercado: Red5, que es un proyecto opensource gratuito escrito en java, Flash Media Server de la compañía Adobe y Wowza media Server de la compañía Wowza [WOW2013]. Se elegirá este último por el rendimiento de estabilidad en los streaming y el soporte global con el que cuenta. Además, ofrece la posibilidad de replicar flujos de video entre servidores mediante conexiones unicast y es justamente lo que utilizará para el proyecto planteado. En la figura 4-5 se muestra ejemplos de que cómo se manejará el flujo de video con los servidores Wowza y cómo es que se restringe las regiones a las que se replicará el contenido según la política dada.

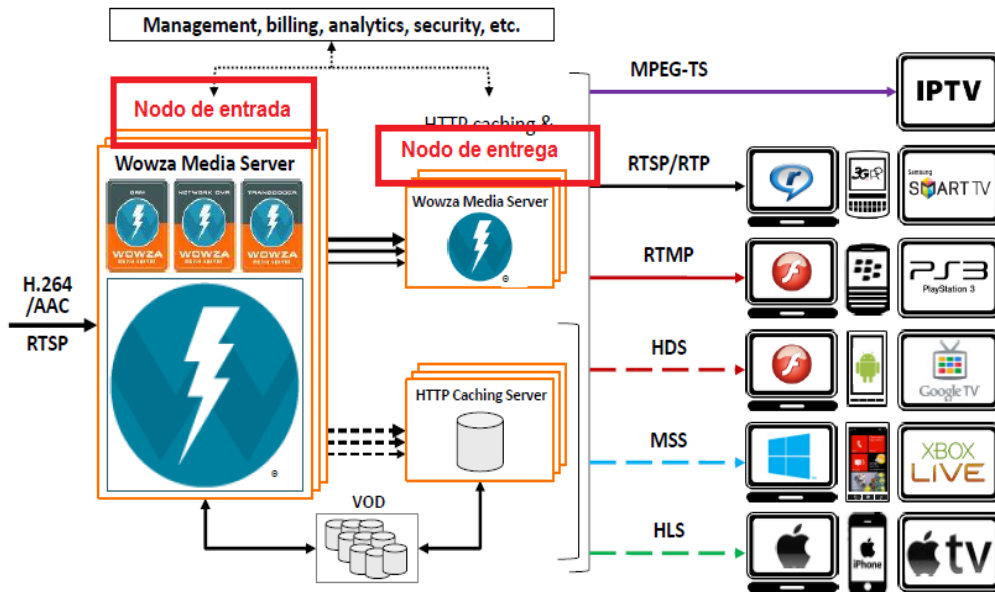


**FIGURA 4-5: FLUJO MEDIANTE WOWZA SERVER**

Fuente: Elaboración propia



Se tiene también que para este propósito Wowza Server tiene la capacidad de adaptarse a un nodo dependiendo si se trata del que enviará el flujo al usuario (entrega) o el que ingstará el contenido en la red CDN (entrada). En la figura 4-6 se muestra en un esquema como es que funciona para ambos nodos [RAY2013].



**FIGURA 4-6: ADAPTABILIDAD DEL SOFTWARE WOWZA**

Fuente: Elaboración propia con información [RAY2013]

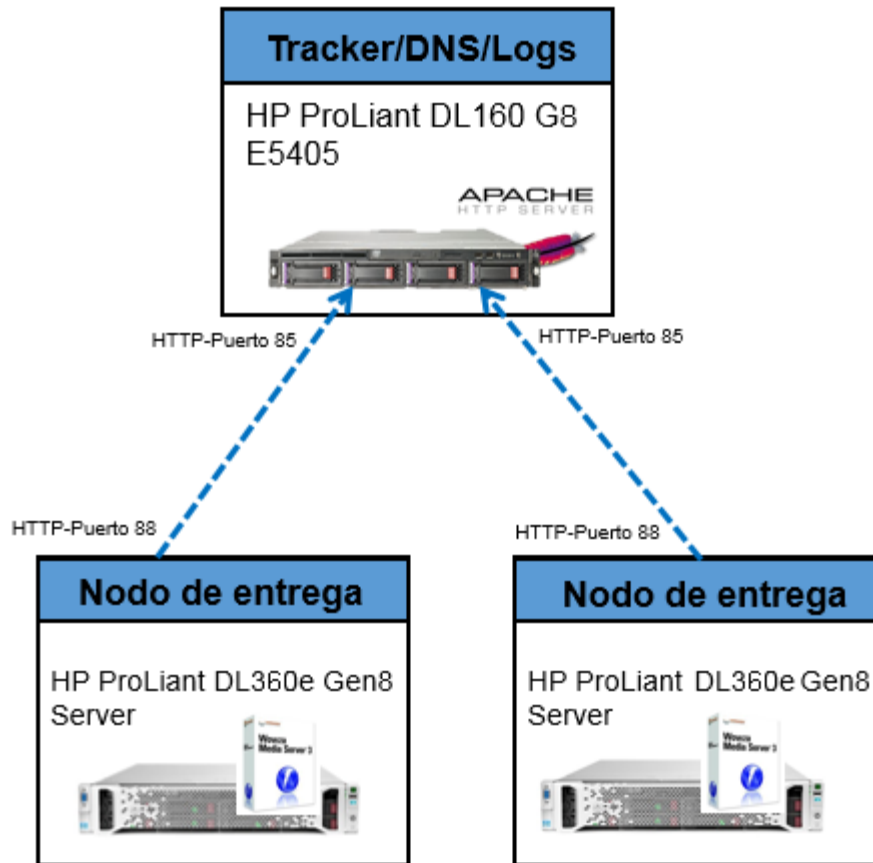
Luego para el hardware correspondiente a los DNS es necesario elegir un servidor y no solo una computadora ya que el primero nos ofrece la posibilidad de opciones adicionales como cambio de discos duros en caliente, entre otros. Hay que notar que la cantidad de querys que manejará el TLDDNS va a ser superior a los de los DNS regionales por lo tanto contarán con el mismo hardware de servidor pero en el caso del primero se le proveerá de 20 GB de memoria ram. Con respecto al software necesario se manejará BIND10 ya que es libre y permitirá que funcione como DNS autoritativo dentro de la red que se manejará. Además, la base de datos que manejará la información será MySQL. En la tabla 4-2 se visualiza el servidor HP elegido de menor capacidad que los anteriores ya que no manejan tráfico de video.

**TABLA 4-2: SERVIDOR DNS: HARDWARE, SOFTWARE**

Fuente: Elaboración propia

Hardware	Base de datos	Software(DNS)
<p data-bbox="347 589 735 622">HP ProLiant DL160 G8 E5405</p> 		

Para brindar una mínima protección en la red se contará con 2 conceptos: Firewall y Anti-DOS. En el caso del primero permitirá brindar seguridad perimetral a las redes que se encuentran en las tres regiones [BAR2013-2]. La política que se le aplicará es “Bloquear todo y solo permitir los puertos asociados a los servicios a usar” [BAR2013-2] .El software que se utilizará será Iptables que es una herramienta que se comunica con el núcleo de Linux y le dice qué paquetes filtrar, además, es de uso libre. En el caso del Anti-DOS se refiere a la protección que se usará, en los servidores más críticos como los nodos de entrada, para repeler ataques maliciosos de denegación de servicio que intenten saturar a un servidor a tal punto que quede indisponible. Para esto se limitará desde el firewall el número de conexiones medio abiertas TCP que se tenga[BAR2013].Finalmente para la elección de los servidores de trackers y logs se aprovechará la potencialidad del hardware elegido para los servidores DNS anteriormente y se les instalará un servidor web, Apache Server, para que sean capaces de la recolección de la información. En la figura 4-7 se muestra el diagrama lógico de ambos servidores y su interacción con los nodos de entrega.



**FIGURA 4-7: RECOLECCIÓN DE LOGS**

Fuente: Elaboración propia

## **Capítulo 5**

### **Análisis financiero**

En el presente capítulo se realiza el análisis económico del proyecto de tesis. Es necesario para esto hacer un presupuesto estimado del CAPEX, es decir la inversión necesaria para el proyecto. Así mismo se debe considerar el OPEX, el cual representa los gastos de operar y mantener la red.

#### **5.1 Capex de la red**

Los servidores seleccionados que cumplen con los requerimientos técnicos son mostrados en el anexo 5. El tipo de cambio oficial (SUNAT) seleccionado es de S/2,767 por cada dólar (vigente el 16 de Julio del 2013). En la tabla 5-1 se muestra los elementos involucrados en el cálculo del Capex de lo cual resaltamos que se cuentan con servidores con distintas características de acuerdo al diseño dado en el capítulo anterior. Además, como los equipos serán importados se considera un porcentaje del 12% del total del valor, del servidor, obtenido mediante la aplicación web que nos brinda HP [HPT2013]. Luego se considera el pago adicional por la instalación de los equipos (servidores). Este precio también fue obtenido mediante la herramienta de HP y varía dependiendo de la serie del servidor, que en este caso fue la serie 100 que abarca a el modelo HP DL 160 y la serie 300 que abarca a el modelo HP DL 360e. Finalmente se tiene que el precio para el software Wowza es único cuando se sustenta que es para fines académicos [WOZ2013].

**TABLA 5-1: CAPEX DE LA RED**

Fuente: Elaboración propia

	Precio por Unidad	Cantidad				SubTotal	Factor de Importación	Precio Total
		Lima	Trujillo	Chiclayo	Arequipa			
Servidor HP ProLiant DL160 Gen8, LFF, configurado a medida HP ProLiant DL160 Gen8 LFF US-English Localization Configure-to-order Server HP DL160 Gen8 Intel Xeon E5-2603 (1.8GHz/4-core/10MB/80W) FIO Processor Kit Kit de memoria registrada HP x4 PC3L-10600 (DDR3-1333) de rango único de 4 GB (1 x 4 G) CAS-9 LP Unidad de disco duro basada en semiconductores HP Midline, 500 GB, 6G, SATA, 7.200 rpm, LFF (8,9 cm)	\$ 2,225.41	1.00	1.00	1.00	1.00	\$ 8,901.64	1.12	\$ 9,969.84
Servidor HP ProLiant DL160 Gen8, LFF, configurado a medida HP ProLiant DL160 Gen8 LFF US-English Localization Configure-to-order Server HP DL160 Gen8 Intel Xeon E5-2603 (1.8GHz/4-core/10MB/80W) FIO Processor Kit Kit de memoria registrada HP x4 PC3L-10600 (DDR3-1333) de rango único de 4 GB (1 x 4 G) CAS-9 LP Unidad de disco duro basada en semiconductores HP Midline, 500 GB, 6G, SATA, 7.200 rpm, LFF (8,9 cm) Kit de memoria registrada HP x4 PC3L-10600 (DDR3-1333) de rango doble de 16 GB (1 x 16 GB) CAS-9 LP	\$ 2,586.88	1.00	0.00	0.00	0.00	\$ 2,586.88	1.12	\$ 2,897.31
Instalación de servidor HP ProLiant DL 160	\$ 195.00	2.00	1.00	1.00	1.00	\$ 975.00	-	\$ 975.00
Servidor HP ProLiant DL360e Gen8, 4 LFF, configurado a medida HP ProLiant DL360e Gen8 4 LFF Configure-to-order US-English Localization Server HP DL360e Gen8 Intel Xeon E5-2403 (1.8GHz/4-core/10MB/80W) FIO Processor Kit Kit de memoria registrada HP x4 PC3L-10600 (DDR3-1333) de rango único de 4 GB (1 x 4 G) CAS-9 LP HP 500GB 6G SATA 7.2K rpm LFF (3.5-inch)SC Midline 1yr Warranty Hard Drive Adaptador de servidor HP NC523SFP de 10 Gb y 2 puertos Kit de memoria HP x4 PC3-12800R (DDR3-1600) de rango doble de 16 GB (1 x 16 GB) CAS-11 registrado	\$ 5,414.27	5.00	1.00	1.00	3.00	\$ 54,142.70	1.12	\$ 60,639.82
Instalación de servidor HP ProLiant DL 360	\$ 163.61	5.00	1.00	1.00	3.00	\$ 1,636.10	-	\$ 1,636.10
Software-Streaming de video WOWZA-Oferta para instituciones educativas(Pago único)	\$ 796.00	5.00	1.00	1.00	3.00	\$ 7,960.00	-	\$ 7,960.00
							<b>Total</b>	<b>\$ 84,078</b>

El total es \$ 84078, por lo tanto usando la tasa de conversión antes dada se tiene que el total es S/. 232643.83

## 5.2 Opex de la red

En la tabla 5-2 se muestra el Opex para la red propuesta. Cabe resaltar que ,en principio, es un proyecto académico y por lo tanto no se hablará de ingresos ;sin embargo, se puede hablar de cuotas mínimas anuales que se le cobre a cada estudiante con el objetivo de que se sostenga por sí sola la red.De capítulos anteriores se tiene que la población cubierta inicial es 127899 y si se plantea la opción de un cobro de 3\$ al año por cada uno se tendría un ingreso anual de \$ 383697 ,el cual ayudaría mucho a cubrir el gasto del Opex calculado que es de \$ 385990 , y en soles es S/. 1068034.33. Por lo tanto, haciendo la salvedad anterior es posible el despliegue de un proyecto de tal magnitud que le permita a los alumnos universitarios del Perú mejorar su sistema de estudio apoyándose en flujos de video de algún material académico extra que les brinde su universidad u otra que quiera impartir conocimiento y desarrollo a la población universitaria.

**TABLA 5-2: OPEX DE LA RED**

Fuente: Elaboración propia

Descripción	Precio por Año	Cantidad	SubTotal
Soporte de servidores HP Proliant DL 160	\$690,00	5,00	\$3.450,00
Soporte de servidores HP Proliant DL 360	\$1.200,00	10,00	\$12.000,00
Ingenieros a cargo del proyecto	\$16.800,00	2,00	\$33.600,00
Enlaces nacionales STM-1 protegidos	\$65.000,00	2,00	\$130.000,00
Smart hand y Housing de equipos(Incluye las 3 regiones)	\$12.000,00	1,00	\$12.000,00
Monitoreo de equipos en NOC de proveedor ISP(Incluye las 3 regiones)	\$18.000,00	1,00	\$18.000,00
Ancho de banda de los servidores(Incluye las 3 regiones)	\$180.000,00	1,00	\$180.000,00
		<b>Total</b>	<b>\$389.050,00</b>

## ***Conclusiones, Recomendaciones y Trabajos Futuros***

### **6.1 Recomendaciones**

Se sugieren, a continuación, algunas recomendaciones a tener en cuenta sobre el presente proyecto:

- Es la primera propuesta en el medio sobre el diseño de una red CDN híbrida y que para propósitos de limitación del tema fue orientada a la educación en el Perú, sin embargo puede servir para otros fines del estado peruano tales como aceleración de sus páginas web o streaming de sus eventos.
- Se recomienda tomar en cuenta que la técnica usada en el acceso a internet en el Perú es ADSL la cual implica que la velocidad de subida de un usuario es mucho menor a la de bajada. Cuando se adopte tecnologías como VDSL o FTTH, en las cuales se brinde mejores velocidades de subida, se aprovechará al máximo el sistema P2P dentro de la red propuesta.
- Se recomienda considerar que las cotizaciones de los proveedores de internet son confidenciales y para el cálculo del capex y opex se usaron precios referenciales de los subsistemas que conforman la red de distribución de contenido.

### **6.2 Trabajos Futuros**

Se proponen a continuación diversos trabajos derivados del presente proyecto:

- Considerar que el uso de IP Multicast mejorará la eficiencia en la distribución del video masivo a través de la red CDN híbrida. Ya se analizó que para el

público objetivo y acceso al contenido que se plantea aún no está disponible.

- Hacer un análisis más exacto de la topología de la red y así poder brindar una solución integral priorizando la seguridad de la red. Asimismo evaluar un cálculo más exacto del tráfico que cursará por cada segmento de la red ya sea de video, es decir datos, o de control.
- Considerar que se puede aprovechar la potencialidad de las redes CDN híbridas para brindar servicios como video bajo demanda y complementarlo con el servicio inicial (video en vivo). Para esto se tiene que replantear algunos elementos y segmentos en la arquitectura de la red.

### **6.3 Conclusiones**

Finalizado el presente proyecto, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- En los próximos años el tráfico de Internet estará dominado por el video y es importante proponer una red que afronte este problema de manera eficiente. Por ello las redes CDN híbridas ya no son un complemento para la distribución de contenido en Internet sino son una realidad que llegarán a manejar más del 60% del tráfico de Internet y que sin embargo son pocas conocidas a pesar de que su uso es masivo.
- Mediante el despliegue de esta tecnología se podrá brindar recursos académicos de video en vivo y podrán ser accedidos por los usuarios desde cualquier dispositivo y lugar llegando a asegurar una buena calidad de experiencia y disponibilidad del contenido. Se logrará atender a un público inicial de 127899 alumnos de distintas universidades del Perú.
- Se puede aprovechar la gran capacidad con la que cuenta la red para brindar el servicio de video en vivo a empresas que lo deseen para enviar contenido a sus clientes con la mejor calidad posible y sin la complicidad de desplegar toda una red para ese propósito, es decir usar como medio de transporte a la red propuesta.
- El análisis económico demuestra que la inversión más fuerte es el pago anual por el tráfico cursado dada las múltiples conexiones entre los usuarios y los servidores. Pese a que se tienen algunas premisas asumidas, la idea del último capítulo es estimar el costo de un proyecto de gran magnitud que ayude a la educación en el Perú .



## ***Bibliografía***

- [AKA2011] Publicaciones oficiales de Akamai.  
“The Akamai Network: A Platform for High-Performance Internet Applications”.  
[http://www.akamai.com/dl/technical\\_publications/network\\_overview\\_0sr.pdf](http://www.akamai.com/dl/technical_publications/network_overview_0sr.pdf) .  
Última consulta: 18/07/13.
- [AKA2013] Sitio oficial de Akamai.  
“Visualizing Akamai”.  
<http://www.akamai.com/html/technology/dataviz3.html> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [AKM2013] Sitio oficial de Akamai.  
“Real-time Web Monitor”.  
<http://www.akamai.com/html/technology/dataviz1.html> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [BAR2013] BARTRA, Gumercindo.  
Seguridad Computacional Capítulo 6A\_2013x4: Exploración de redes [diapositivas].Lima: Pontificia Universidad Católica Del Perú, Sección Informática.
- [BAR2013-2] BARTRA, Gumercindo.  
Seguridad Computacional Capítulo 8\_2013x4: Seguridad de la información [diapositivas].Lima: Pontificia Universidad Católica Del Perú, Sección Informática.
- [BOA2012] BOAZ, Ben Moshe.  
“Analysis and Optimization of Live Streaming for Over the Top Video”  
1st International IEEE Workshop – 2011.

- [BUI2013] Sitio Oficial de BuilWith: Tendencias informáticas y tecnológicas.  
“CDN Usage Statistics”.  
<http://trends.builtwith.com/cdn>.  
Última consulta: 18/07/13.
- [CAR2013] CARRIÓN, Hugo.  
Ventajas de la Televisión Digital.  
[http://www.imaginar.org/tvd/pres/1\\_TV\\_digital.pdf](http://www.imaginar.org/tvd/pres/1_TV_digital.pdf).  
Última consulta: 18/07/13.
- [CDN2012] Conferencia anual sobre las CDN.  
“Telco CDN -Insights on Telefonica's CDN Strategy and Deployment” .  
<http://conferences.infoday.com/documents/150/CDN2012-Telefonica.pdf> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [CDN2012-2] Conferencia anual sobre las CDN.  
“Carrier-Grade CDN with Integrated Content Management”.  
<http://conferences.infoday.com/documents/150/2012CDNSummit-HP.pdf> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [CDN2012] Sitio oficial de la región norteamericana de ChinaCache.  
“News and Releases”.  
<http://www.chinacache.com/index.php/about-chinacache/news-and-releases> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [CIS2007] CISCO.  
“The economics of personal data and privacy: Internet Traffic explosion “.  
<http://www.oecd.org/sti/ieconomy/46944466.pdf> .  
Última consulta: 18/07/13.

- [CIS2009] CISCO.  
“Cisco TelePresence Network Systems 2.0 Design Guide”.  
[http://www.cisco.com/en/US/docs/solutions/Enterprise/Video/TelePresence\\_Network\\_Systems\\_2.0\\_DG.pdf](http://www.cisco.com/en/US/docs/solutions/Enterprise/Video/TelePresence_Network_Systems_2.0_DG.pdf) .  
Última consulta: 18/07/13.
- [CIS2011] CISCO.  
“HTTP versus RTMP: Which Way to Go and Why?” .  
[http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/video/ps11488/ps11791/ps11802/white\\_paper\\_c11-675935.pdf](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/video/ps11488/ps11791/ps11802/white_paper_c11-675935.pdf) .  
Última consulta: 18/07/13.
- [CIS2013] CISCO.  
“Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2012–2017”.  
[http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white\\_paper\\_c11-481360.pdf](http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-481360.pdf) .  
Última consulta: 18/07/13.
- [CIS2013] Sitio oficial de Claro Perú.  
“Internet Fijo”.  
<http://www.claro.com.pe/wps/portal/pe/sc/personas/internet/internet-fijo#info-01> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [DEL2010] DELIN, Hou.  
“Design of Streaming Media Information Services Architecture Based on Integrated CDN and P2P”.  
2nd Conference on Environmental Science and Information Application Technology-2010.
- [DEL2013] Sitio Oficial de Dell.  
“PowerEdge R520 rack server”.  
<http://www.dell.com/us/business/p/poweredge-r520/pd?~ck=anav> .  
Última consulta: 18/07/13.

- [FUJ2012] FUJIWARA, Kazunori.  
DNS Traffic Analysis: Issues of IPv6 and CDN.  
IEEE/IPSJ 12th International Symposium on Applications and the Internet-2012.
- [GEN2010] GENETEC.  
“Three Simple Ways to Optimize Your Bandwidth Management in Video Surveillance”.  
<http://www.genetec.com/Documents/EN/Whitepapers/EN-Genetec-Three-Simple-Ways-to-Optimize-Your-Bandwidth-Management-in-Video-Surveillance-WhitePaper.pdf> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [GOL2010] GOLDMAN, Matthew  
“WHAT EXACTLY IS THE DIFFERENCE BETWEEN MPEG-4 AVC AND MPEG-2?”.  
[https://secure.connect.pbs.org/conferences/technology/2010/presentations/Wed\\_MPEG-4%20AVC%20vs%20MPEG-2\\_1630\\_Goldman.pdf](https://secure.connect.pbs.org/conferences/technology/2010/presentations/Wed_MPEG-4%20AVC%20vs%20MPEG-2_1630_Goldman.pdf)  
Última consulta: 18/07/13.
- [HAO2009] HAO, Yin.  
“Design and Deployment of a Hybrid CDN-P2P System for Live Video Streaming: Experiences with LiveSky”.  
<http://www.cs.cmu.edu/~vyass/papers/mm12283-yin.pdf> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [HEL2011] HELFRICK, David.  
“CDN Evolution, Considerations and Complexities”.  
<http://www.ibbconsulting.com/wp-content/blogs.dir/27/files/2012/02/CDN-Evolution-Considerations-Complexities.pdf> .  
Última consulta: 18/07/13.  
SCTE Cable-Tec Expo 2011.

- [HEW2013] HP: Hewlett-Packard.  
“Adaptadores de redes Ethernet”.  
<http://www8.hp.com/pe/es/hp-search/search-results.html?ajaxpage=1#/page=1&cc=pe&/lang=es&qt=adaptadores de redes Ethernet> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [HPT2013] HP: Hewlett-Packard Tool.  
“HP SIMPLE CONFIGURATOR”.  
<https://sce-public.houston.hp.com/SimplifiedConfig/PublicLogin> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [INE2010] INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática.  
“CENSO UNIVERSITARIO 2010”.  
<http://desa.inei.gob.pe/cenaun/Redatam/?id=CensosNacionales>.  
Última consulta: 18/07/13.
- [INF2012] INFORMA TELECOMS & MEDIA.  
“Content delivery networks: Market dynamics and growth perspectives”. UK-2012.
- [ITU2003] ITU: Unión Internacional de Telecomunicaciones.  
“Nacimiento de la banda ancha-Preguntas formuladas con frecuencia”.  
<http://www.itu.int/osg/spu/publications/birthofbroadband/faq-es.html> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [ITU2013] ITU: Unión Internacional de Telecomunicaciones.  
“Recommendation H.265”.  
<http://www.itu.int/rec/T-REC-H.265-201304-I>.  
Última consulta: 18/07/13.

- [JAN2011] JAN, Ozer.  
“What is a Codec?” .  
<http://www.streamingmedia.com/Articles/Editorial/What-Is-.../What-is-a-Codec-74487.aspx>[web].  
Última consulta: 18/07/13.
- [KYO2011] KYOUNGWOO, Ken.  
“Analysis of BitTorrent Protocol and Its Effect on the Network”.  
<http://www2.ensc.sfu.ca/~ljilja/ENSC427/Spring11/Projects/team11/Group11FinalReport.pdf> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [LAP2012] Sitio oficial de LAPTOP.  
“Exclusive: Smartphones Mainly Use Wi-Fi”.  
<http://blog.laptopmag.com/exclusive-smartphones-mainly-use-wi-fi> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [MAC2005] MACAULAY Alex, Boris FELTS, Yuval FISHER.  
“IP Streaming of MPEG-4: Native RTP vs MPEG-2 Transport Stream”.  
<http://www.envivio.com/files/white-papers/RTPvsTS-v4.pdf> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [MED2013] Sitio oficial de MEDIA MOTION ONLINE.  
“Content Protection through your Content Delivery Network [CDN]” .  
<http://www.mediamotiononline.com/content-protection.html> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [MOL2004] MOLINA, B.  
“A Closer Look at a Content Delivery Network Implementation”.  
IEEE MELECON – Croacia 2004.

- [MON2013] MONTES, Luis.  
“Las TIC y la Red Dorsal de Fibra Óptica “. Ponencia presentada en el día de las Telecomunicaciones en la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. 24 de mayo del 2013.
- [MOV2013] JARA, Rafael.  
Móviles 2 Capítulo 3: [diapositivas]. Lima: Pontificia Universidad Católica Del Perú, Sección Ingeniería de las Telecomunicaciones.
- [MOS2013] Sitio oficial de Movistar Perú.  
“Movistar Speedy”.  
<http://www.movistar.com.pe/internet/internet-fijo/movistar-speedy/> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [MTC2009] MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES.  
“Mapa de Infraestructura de Telecomunicaciones”.  
<http://mtcgeo.mtc.gob.pe/website/telecom/viewer.htm> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [MTC2011] MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES.  
“PLAN NACIONAL PARA EL DESARROLLO DE LA BANDA ANCHA EN EL PERÚ”.  
[https://www.mtc.gob.pe/portal/proyecto\\_banda\\_ancha/Plan%20Banda%20Ancha%20vf.pdf](https://www.mtc.gob.pe/portal/proyecto_banda_ancha/Plan%20Banda%20Ancha%20vf.pdf) .  
Última consulta: 18/07/13.
- [NET2013] NET INDEX.  
“Velocidad de Promedio de dowload en Perú”.  
<http://www.netindex.com/download/2,51/Peru/> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [NET2013-2] NET INDEX.  
“Velocidad de Promedio de upload en Perú”.  
<http://www.netindex.com/upload/2,51/Peru/> .  
Última consulta: 18/07/13.

- [NET2013-3] NET INDEX.  
“Velocidad de Promedio de upload en China”.  
<http://www.netindex.com/upload/2.88/China/> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [NTW2013] NETWORK WORLD.  
“El tráfico móvil de vídeo crecerá un 60% anual”.  
<http://www.networkworld.es/telecomunicaciones/el-trafico-movil-de-video-crecera-un-60-anual> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [OVH2013] OVH: WEB HOSTING SOLUTIONS.  
“Presentation of the new OVH CDN”.  
<http://www.ovh.co.uk/cdn/ovh-api.xml> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [RAY2013] RAYBRUN, Dan.  
“Deliver Live Video in 3 Easy Steps and 3 Pitfalls to Avoid Along the Way”.  
<http://www.streamingmedia.com/Webevents/521-Deliver-Live-Video-in-3-Easy-Steps-and-3-Pitfalls-to-Avoid-Along-the-Way.html> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [STR2013] OVH: WEB HOSTING SOLUTIONS.  
“VISUALIZING WEB PERFORMANCE”.  
<http://www.strangeloopnetworks.com/web-performance-infographics/> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [TEL2009] TELESTREAM.  
“Single-Encode Streaming for Multiple Screen Delivery”.  
<http://www.telestream.net/pdfs/whitepapers/wp-Telestream-Wowza.pdf> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [TEL2012] TELEFÓNICA DIGITAL.  
[Documentación interna] España 2012.



- [TEL2013] TELEFÓNICA.  
CDN Video distribution value chain video [videograbación].Madrid  
<http://www.telefonica.com/cdn/es/> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [TMO2013] TELEFÓNICA MÓVILES DEL PERÚ.  
“Clasificación del tráfico movil de bajada por tecnologías” .  
Lima 2013.
- [TOR2009] TORRES, Oscar.  
“Evolución y tendencia de la tecnología de streaming en Internet”  
<http://exa.unne.edu.ar/depar/areas/informatica/SistemasOperativos/estructura.pdf>  
Última consulta: 18/07/13.
- [VEL2006] VELASCO, Luis.  
“Alta disponibilidad en redes ASON/GMPLS” .  
<http://exa.unne.edu.ar/depar/areas/informatica/SistemasOperativos/estructura.pdf>  
Última consulta: 18/07/13.
- [VIL2013] VILLENA RAMIREZ, Juan.  
“Diseño de una red de Telemedicina orientada a la confirmación del diagnóstico del cáncer entre el INEN, IREN NORTE e IREN SUR.”Tesis de licenciatura en Ciencias e Ingeniería con mención en Ingeniería Electrónica. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.
- [WAN2010] WANG Yong, Feng YONG, Xiaohong LIANG.  
“A Novel Architecture to Deliver Scalable Video Coding Contents over P2P Network”  
2010 International Conference on Computer and Communication Technologies in Agriculture Engineering.

- [WOW2013] WOWZA.  
“Tipos de servidore streaming”.  
<http://www.wowza.es/video-streaming.html> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [WOZ2013] WOWZA.  
“Unbeatable Economics”.  
<http://www.wowza.com/media-server/education>  
Última consulta: 18/07/13.
- [WUY2010] WUYAO, Shen.  
“A New Streaming Media Network Architecture Based on the Fusion  
of P2P and CDN”.  
China 2010.
- [XIA2006] XIAOJUN HEI.  
“Insights into PPLive: A Measurement Study of a Large-Scale P2P  
IPTV System”.  
<http://cis.poly.edu/~ross/papers/ppliveWorkshop.pdf> .  
Última consulta: 18/07/13.
- [ZHI2012] ZHIHUI, Lu.  
“An Analysis and Comparison of CDN-P2P-hybrid Content Delivery  
System and Model”.  
<http://www.iocm.us/uploadfile/2013/0416/20130416034901618.pdf> .  
Última consulta: 18/07/13.