

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**ESTUDIO DEL DISEÑO DE SERVICIO DE IPTV CON
TECNOLOGÍA HFC Y FTTH**

Tesis para optar el título de Ingeniera de las Telecomunicaciones,
que presenta la bachiller

BRENDA JACKELINE TUMBALOBOS CUBAS

Asesor: Mg. Antonio Ocampo Zúñiga

Lima, Abril de 2016

Resumen

En la presente tesis se estudia el diseño del servicio IPTV para brindar una solución a la digitalización de la televisión en el mundo IP. Se plantea dos propuestas de tecnología para el servicio de IPTV: HFC y FTTH, logrando así la interactividad entre la televisión y el usuario.

En el capítulo 1 se detalla el origen IP, IP multicast, las aplicaciones de IP, IPTV en el mercado mundial, las aplicaciones de IPTV, comparación entre IPTV y CATV, el marco problemático y los objetivos. En el capítulo 2 se muestra el servicio de IPTV en tecnología HFC y FTTH, así como también las tecnologías FTTH y HFC con sus elementos de red.

En el capítulo 3 se analiza los diseños de la cabecera IPTV y su transporte mediante tecnología HFC y FTTH. Finalmente, en el capítulo 4 se detallan los presupuestos del servicio IPTV, así como la comparación de calidad del servicio entre ambas tecnologías.

Comparando los resultados de ambas tecnologías, se recomendará la mejor para el despliegue del servicio IPTV.

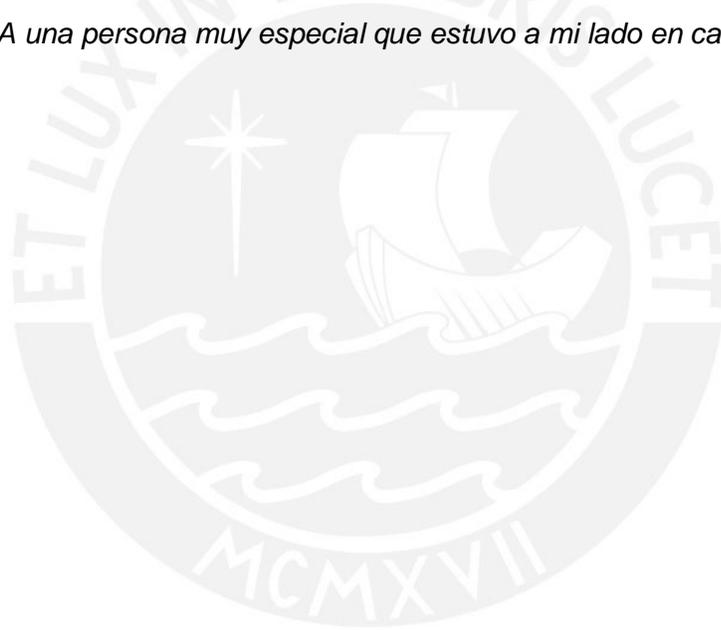
A mis padres por creer en mí y ser el motor de mi vida

A mis hermanos por estar siempre a conmigo incondicionalmente

A mi asesor por tener siempre fe y paciencia en lo que me he propuesto

A mis compañeros de trabajo y amigos por su apoyo en este camino

A una persona muy especial que estuvo a mi lado en cada momento en este largo camino



Índice

<i>Resumen</i>	2
<i>Introducción</i>	8
CAPÍTULO 1	9
<i>IPTV Y SUS APLICACIONES</i>	9
1.1 ORIGEN DE IP	9
1.2 IP MULTICAST	10
1.3 IP Y SUS APLICACIONES	11
1.4 IPTV EN EL MERCADO MUNDIAL	12
1.5 APLICACIONES DE LA IPTV	14
1.6 IPTV EN COMPARACIÓN CON CATV	16
1.7 MARCO PROBLEMÁTICO	17
1.8 OBJETIVOS	22
CAPÍTULO 2	23
<i>IPTV EN FTTH Y HFC</i>	23
2.1 FTTH (Fiber to the home)	23
2.1.1 ELEMENTOS DE LA RED	25
2.2 IPTV EN FTTH	31
2.3 HFC (Hybrid fibre coaxial)	32
2.4 IPTV EN HFC	34
CAPÍTULO 3	36
<i>DISEÑO DE LAS ETAPAS DEL SISTEMA</i>	36
3.1 CABECERA IPTV	37
3.2 DISEÑO DE SERVICIO IPTV CON FTTH	41
3.2.1 Tecnología G.fast	46
3.3 EQUIPOS A UTILIZAR EN FTTH	48
3.4 DISEÑO DE SERVICIO IPTV CON HFC	55

3.5 EQUIPOS A UTILIZAR EN HFC	60
3.6 SERVICIO EN IPTV EN COMBINACIÓN DE FTTH Y HFC	62
<i>CAPÍTULO 4</i>	64
<i>ANÁLISIS COMPARATIVO</i>	64
<i>CONCLUSIONES</i>	79
<i>RECOMENDACIONES</i>	81
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	82



Lista de figuras

Figura 1	: Mapa mundial con operadores con servicio IPTV	13
Figura 2	: Aplicaciones IPTV	16
Figura 3	: Market share a nivel mundial – OLT año 2013	27
Figura 4	: Market share a nivel mundial - ONT año 2013.....	29
Figura 5	: Arquitectura de G.fast.....	31
Figura 6	: Arquitectura HFC convencional.....	33
Figura 7	: División de una red básica.....	37
Figura 8	: Cabecera IPTV.....	38
Figura 9	: Extracción e inserción de canales	39
Figura 10	: Planta interna de servicio IPTV en FTTH	42
Figura 11	: Estructura de la fibra óptica entre un OLT y planta externa.....	43
Figura 12	: Planta externa de servicio IPTV en FTTH de dos niveles.....	44
Figura 13	: Servicio IPTV para el lado del cliente con FTTH.....	45
Figura 14	: Diseño del servicio IPTV con FTTdp – G.fast	47
Figura 15	: Diseño del servicio IPTV con tecnología FTTH.....	48
Figura 16	: Huawei SmartAX MA5600T	49
Figura 17	: ZXA10 C300 xPON OLT.....	50
Figura 18	: Alcatel 7342 OLT.....	51
Figura 19	: Cisco ME 4600 Series OLT.....	52
Figura 20	: Google chromecast	53
Figura 21	: Amazon Fire sintonizador TV.....	54
Figura 22	: Planta Interna se servicio IPTV con HFC	56
Figura 23	: Planta Externa de servicio IPTV en HFC.....	58
Figura 24	: Cliente con servicio IPTV en HFC.....	59
Figura 25	: Cisco uBR10012	60
Figura 26	: D3 Series CMTS	61
Figura 27	: C4 CMTS	62
Figura 28	: Diseño de servicio IPTV usando HFC y FTTH.....	63
Figura 29	: Punto de equilibrio – HFC.....	72
Figura 30	: Punto de equilibrio – FTTH.....	73
Figura 31	: Punto de equilibrio - HFC y FTTH	74

Lista de tablas

Tabla 1	: Aplicaciones de la IP	12
Tabla 2	: Conexiones de Acceso a Internet Fijo, desagregados por Tecnología de Acceso y Empresa Operadora	20
Tabla 3	: Conexiones en departamento de Lima por empresa - Mensual	21
Tabla 4	: Problemas de la IP	22
Tabla 5	: Tipos de OLT	26
Tabla 6	: Tipos de ONT.....	28
Tabla 7	: Comparación de OLT	53
Tabla 8	: Comparación de dispositivos finales	55
Tabla 9	: Comparación de equipos ONT.....	62
Tabla 10	: Características para HFC	66
Tabla 11	: Características para FTTH	68
Tabla 12	: Comparación entre FTTH y HFC	69
Tabla 13	: Costos de cabecera IPTV.....	70
Tabla 14	: Suscriptores de Televisión de paga en los últimos 5 años	71
Tabla 15	: Proyección de suscriptores en plan estelar en los próximos 5 años.....	71
Tabla 16	: Comparación de punto de equilibrio, VAN y TIR de las opciones de despliegue para IPTV	75
Tabla 17	: Costo de IPTV en red HFC Fuente: Elaboración propia.....	76
Tabla 18	: Costo de IPTV en red FTTH	77
Tabla 19	: Costo de IPTV en red HFC y FTTH	78

Introducción

En la actualidad, la señal de televisión es transmitida por medio de cobre o cable coaxial y en algunas partes del país por HFC ya que esta tecnología brinda internet simultáneamente. Asimismo, se reduce los costos con cable coaxial debido a que las empresas cableras ya tienen canales propios de cobre preexistente. Sin embargo, se están generando limitaciones con respecto a la señal de cable y esto se debe a la presencia de nuevos equipos electrónicos como los Smart TV y aplicaciones para teléfonos móviles o tablets.

La problemática principal es la limitación de la señal televisiva y la preferencia del usuario por el internet y videos en línea. En vista a este desafío, se han realizado estudios de mejoramiento para este servicio llevándolo a la era IP y siendo, de tal manera que exista comunicación bidireccional entre la televisión y el usuario. Por lo tanto, la televisión tradicional dejaría de ser sólo un medio de comunicación en donde sólo se muestran imágenes.

Por lo expuesto, la presente tesis es de carácter comparativo y tiene como objetivo verificar el uso de dos tecnologías diferentes para este nuevo servicio de televisión, y establecer cuál tiene mayores ventajas en costos y calidad.

Por tal motivo, se propone un estudio del servicio IPTV en ambas tecnologías, tomando en cuenta su cabecera, planta interna, planta externa y cliente.

CAPÍTULO 1

IPTV Y SUS APLICACIONES

1.1 ORIGEN DEL PROTOCOLO IP

En un comienzo, el Departamento de Defensa de los EEUU decidió crear un diseño de especificaciones de una red de computadoras, llamado después el ARPAnet. El ARPAnet fue lanzado por primera vez en 1969, considerado como una superred que después de un tiempo daría el origen al Internet. Sin embargo, para que esta superred pueda comunicarse era necesario de un protocolo por lo tanto se creó el NCP (Network Control Protocol) [SIM2008].

Sin embargo, este protocolo tendía a actuar como un controlador de dispositivo mientras que lo necesario era un protocolo de comunicaciones. Por lo tanto, Vicent Cerf y Khan, co creadores de la NCP decidieron actualizar el protocolo y con los nuevos conocimientos sobre los sistemas operativos ya existentes crearon el TCP/IP.

Por lo tanto el origen de la IP o TCP/IP no ha sido tan distante al día de hoy mas fue un gran paso para que la tecnología que ahora conocemos en las comunicaciones avance a pasos agigantados día a día. El protocolo IP ha dado pie a grandes cambios tecnológicos. tales como las computadoras y las aplicaciones que conocemos, y posteriormente a la IPTV.

1.2 IP MULTICAST

La transmisión de televisión se realiza mediante el IP multicast, quiere decir que se envía una sola copia a la cabeza de muchos usuarios para que estos puedan acceder al contenido. El envío de una sola copia es para reducir el ancho de banda generado por el transporte del video.

Desde un servidor de video o servidor de contenidos se genera una copia que mediante ciertos protocolos es enviado a través de la red. En el aspecto de la televisión por HFC, la troba es el equipo que mantiene la copia de todos los canales y el encargado de comunicarse con los cable modems para presentar la guíade canales y las debidas actualizaciones de programas cadas media hora.

Este equipo se considera como el last hop, quien es el responsable de recibir el contenido y recibir las peticiones de los cablemodems cuando un televisor es encendido y el encargado de descartar rutas si es que no hay usuario.

La transmisión por multicast permite al operador llegar a mayor cantidad de usuarios reduciendo el ancho de banda necesario notablemente para la cantidad de canales a ofrecer, Asimismo la transmisión por multicast minimizará el flujo de la redundancia de paquetes en la WAN por lo que mejorará el rendimiento del core IP.

Esto es importante ya que el core IP es una parte de la planta interna vital para el funcionamiento de la IPTV con cabecera propia y en el caso que no tenga propia cabecera también es importante ya que en la actulidad la transmisión de televisión mediante HFC también hace uso de multicast.

1.3 EL PROTOCOLO IP Y SUS APLICACIONES

El Protocolo IP (Internet Protocol) ha generado muchas aplicaciones con el paso de los años y actualmente se tiene voz sobre IP, video sobre IP, televisión sobre IP y el internet. Son aplicaciones o servicios que han mejorado el estado de las comunicaciones mundialmente. El primer servicio o aplicación fue el internet, que como ya vimos en el primer punto fue creado por el departamento de defensa de los EEUU llamado primero el ARPAnet [SIM2008].

El internet tiene como propósito la comunicación de personas alrededor de todo el globo. Este medio no tiene un dueño directo, lo que permite que todos los usuarios puedan crear páginas web y aplicaciones de manera gratuita mediante una dirección IP. Ésta permite al usuario identificar cada página web y crear una conexión a la nube, por lo que es importante y primordial.

Asimismo, el internet ha permitido el intercambio cultural alrededor del mundo mediante clases en línea, pago de servicios, entre otros. De manera que no solo es recibir información sino que ahora el hombre debe transportar su voz mediante esta tecnología, ya que es accesible a todos, por lo tanto se inició el servicio de voz IP o VOIP.

La voz sobre IP se inició como un avance de la telefonía fija hacia los móviles, es decir, que la telefonía móvil puede transportar paquetes de voz mediante la tecnología 3G. Lo que hace este servicio mejor que un teléfono analógico es que la voz va paquetizada y evita cortes durante su transmisión. Ahora mediante la implementación de la voz sobre IP en telefonía fija, permitirá tener un mayor control de los usuarios por medio de una dirección IP asignada. De igual modo el costo por llamada sea internacional o nacional será igual.

Otro avance fue el video sobre IP por el cual el internet nos brinda la facilidad de ver como películas o series o hasta programas grabados por medio de páginas web; como también, subir videos hechos por medio de una cámara y compartirlos con las personas deseadas alrededor del mundo en un menor tiempo o hasta en el mismo momento, como serían las videollamadas.

Sin embargo, el hombre al querer avanzar más decidió transportar la comunicación visual siendo esta la televisión hacia la tecnología IP. De esta forma no solo se podrá ver canales de televisión, series, películas o canales de información en un solo dispositivo, sino que también en cualquier otro elemento electrónico como ipads, tablets, o hasta los mismos celulares en el momento preciso como si fuera un mini televisor.

Tabla 1: Aplicaciones de la IP [SIM2008]

Aplicación	Definición	Imagen
Internet	Medio de comunicación global al instante. Empezó con el cambio de información y ahora su almacenamiento en la nube.	
VoIP	Avance tecnológico del teléfono por medio del protocolo IP, teniendo un menor costo y así evitando el uso de infraestructura móvil.	
IPTV	Televisión paquetizada y transportada por medio de datagramas hacia cualquier equipo electrónico.	

Este servicio es llamado IPTV, en el cual la televisión ahora es paquetizada y transportado por medio de datagramas a cualquier equipo electrónico que tenga acceso por medio de una dirección IP asignada por la empresa cableada.

1.4 IPTV EN EL MERCADO MUNDIAL

El desarrollo de IPTV ayuda a mejorar la calidad de entretenimiento en casa en los usuarios y el despliegue de ello ayuda a descubrir varios tipos de retos y

tecnologías a implementar a un menor costo y con el paso de los años hallar la rentabilidad para así poder desarrollarlo en todo el país.

La IPTV desplegada en los países de alto nivel como Estados Unidos y Francia ingresó de manera masiva a los usuarios; es decir, que no hubo una prueba pequeña de manera experimental en sectores. En Francia, el cobre desplegado ya en las áreas urbanas fue mejorado, de tal forma que pudiera soportar el ancho de banda requerido para IPTV. En otras zonas instalaron de forma masiva fibra óptica viendo su rentabilidad en un plazo de 5 a 6 años ya que de esta manera se podría ir mejorando el servicio hasta poder llegar al triple play.



Figura 1: Mapa mundial con operadores con servicio IPTV [CIN2008]

En el caso de Estados Unidos, las empresas incumbentes como Verizon y AT&T ya tenían un despliegue de fibra óptica como base de sus redes y algunas de cobre sin embargo cambiaron todo el cobre por fibra óptica. Ellos de esta forma obtuvieron mayores velocidades y nuevas formas de acceso al Internet.

Sin embargo, un problema importante en el país es que varias empresas están instalando IPTV de manera independiente, dando como resultado una disminución de costos y una competitividad para este servicio lo que no favorecería al usuario en la obtención de mayor velocidad para el acceso al Internet. [VER 2013]

Por lo tanto a nivel mundial, la IPTV ya ha sido desarrollada desde varias décadas atrás y con avances tecnológicos para un futuro. Sin embargo para países del tercer mundo, como el nuestro, este servicio es un producto innovador al cuál se desea aterrizar, escogiendo la adecuada forma de transmisión y viendo las ventajas y desventajas que podría traer este nuevo servicio al país.

1.5 APLICACIONES DE LA IPTV

La IPTV tiene varias aplicaciones que nos permitirá viajar al futuro. Una principal característica en la IPTV es la interactividad que nos da este servicio, era necesario debido a que ahora nosotros interactuamos con el mundo digital no solo con las computadoras sino que hasta con los mismos móviles. Es por estas razones que la tecnología ha obligado a transportar a la televisión a la era de la interactividad.

Una aplicación importante no solo para el usuario sino también para el operador es el triple play, que consiste en tener los tres servicios básicos de comunicaciones en uno solo: voz, televisión e internet. Este nuevo paquete se brindaría a un costo mucho más bajo a diferencia de ser adquirido por separado, por lo que es más tentativo a los ojos del titular de la línea.

Como segunda aplicación tenemos la televisión móvil, esto permitirá que el contenido visual de la televisión se pueda ver mediante una IP asignada a través de un equipo electrónico como un smartphone o hasta una tablet sin ningún tipo de retardo en la señal ya que es la misma dirección IP que se podrá ver en la televisión a la vez.

Asimismo brinda una portabilidad de la televisión debido a que no es necesario estar en el hogar para poder acceder a ella, sino que desde cualquier sitio tan solo conectándose a la IP asignada por la empresa cablera se podrá hacer uso de ella. Como tercera característica se tienen el *Pay per View* (PPV) y el *Video on Demand* (VoD).

El primero nos brindará servicios de canales en vivo y en directo como conciertos o partidos de fútbol; es llamado pay per view ya que solo muestra al usuario lo que requiere mediante un costo similar a una televisión pago.

El segundo es un servicio interactivo que dará libertad al usuario de poder decidir qué, cómo y cuándo poder ver el programa de televisión deseado. Este servicio a su vez, al encontrarse en la nube, no permitirá que el operador haga recargos extras para su acceso.

Adicionalmente, se tiene el *Personal Video Recorder* (PVR) y el pago de servicios. El primero permitirá al usuario poder grabar, pausar, retroceder y hasta avanzar el contenido en plena emisión. Sin embargo este servicio no es del todo nuevo ya que actualmente ya algunos decodificadores ya lo tienen instalado por lo cual el pago de servicios permite que sea mejor.

Es decir, mientras el usuario mira la transmisión se podrá realizar pagos de servicio como tarjetas de crédito o cuentas bancarias gracias al internet y también si es que en algún reclame existe alguna promoción por medio de la interactividad se hará la llamada desde el mismo televisor a la empresa y se podrá realizar el pedido.

Asimismo permitirá realizar videollamadas con el número asignado por el teléfono IP que se brindaría en el servicio de triple play hacia otros números que puedan tener el mismo servicio o hacer uso de programas externos como el skype usando la IP asignada por la operadora.



Figura 2: Aplicaciones IPTV

Fuente: Elaboración propia

Las distintas aplicaciones brindadas (Figura 2) por el IPTV permiten que la televisión se haga más interactiva no solo con el contenido sino que permitirá que los tres servicios, voz, data y video se junten en uno solo como la televisión y así tener una integridad de servicios de comunicaciones para un futuro.

1.6 IPTV EN COMPARACIÓN CON CATV

La IPTV es un servicio netamente digital que está direccionado sobre direcciones IP de 32 bits. En cambio el CATV es una señal analógica que emite pulsos eléctricos para la adecuada transmisión. Estas son dos diferencias muy grandes entre ellas sin embargo para que el CATV no quede desactualizado, las empresas cableadas han realizado su adecuada digitalización de las señales.

Quiere decir que ya no se emitirá por señales analógicas sino serán señales digitales de 0 y 1 por el cuál se transmitirá el mismo contenido televisivo. Asimismo el contenido se ha tenido que transformar en alta definición debido al avance tecnológico de los mismos televisores como los smarTV o los Full HD, siendo talvez ya no suficiente la transmisión por cable coaxial por lo que se llevó a cabo el transporte por HFC.

Una desventaja del IPTV con respecto al CATV son las caídas de red, es decir, cuando hay una gran saturación de usuarios en horas pico o la red se cae por motivos externos; los servicios que cuenten con internet o IP se verán altamente afectados.

Sin embargo en el CATV al no estar ligado a la IP no se vería afectado ante una caída masiva de internet o una saturación de usuarios en hora pico ya que el contenido televisivo al ser unidireccional no generará saturación por la manipulación de un usuario al ser bidireccional.

Tomando en cuenta las ventajas y desventajas, se considera que la IPTV es el futuro de la televisión y se puede brindar por varios medios sean FTTH o HFC por separado o juntos para una mejor transmisión de televisión paquetizada y a un menor costo siendo como objetivo principal; de esta manera se captarían mayor cantidad de usuarios y se brindaría mayor servicio en lugares inasecibles.

1.7 MARCO PROBLEMÁTICO

Nuestro país tiene a la televisión como principal medio de comunicación visual y ésta es transmitida por medio satelital, aire y cable coaxial. Este último medio, conocido también como televisión por cable no solo trae información sino entretenimiento como películas y deportes.

Sin embargo, la transmisión por cable coaxial ya no es suficiente para las necesidades de los usuarios como la interactividad de los equipos electrónicos. Debido a esta interactividad será necesario transportarla a la televisión, es decir, su contenido hacia la era IP lo permitirá satisfacer al usuario y al proveedor.

Un problema que también encontrará su solución con este nuevo servicio serán las empresas cableras ya que podrán tener un mayor control de los abonados a quienes brindan el servicio y del contenido a mostrar en ellos. Sin embargo, se aprecia en la figura 1, el servicio necesita de un gran ancho de banda y tomando como ejemplo las operadoras extranjeras se contará el servicio de FTTH y HFC, siendo este último ya implementado en la mayor parte de nuestro país.

Sin embargo, en el Perú no existe planta de fibra óptica para casas debido a que estamos dominados por el cobre [OSI2015]. Una propuesta es poder tener este tipo de tecnología en varias zonas del país aumentando de esta manera la velocidad del Internet e implementando el servicio de IPTV. Asimismo, en la actualidad varias zonas de Lima y provincias se tienen la otra tecnología HFC.

Esta tecnología es un híbrido de fibra óptica con cable coaxial, propuesto por las empresas cableras para una mejora de sus servicios en calidad de señal como en internet generando una bidireccionalidad entre el usuario y el destino, sean para canales de televisión o internet.

No obstante, sin el internet las formas de comunicación seguirían siendo la televisión de manera visual y la radio de manera auditiva. Por lo que ahora es necesario transportar este medio primario de comunicación como la televisión a un medio futurista para las próximas generaciones; y qué mejor idea que combinándolo con el internet. [AND2010]

Dado que el internet y la televisión son dos contrapartes muy importantes en la vida cotidiana y laboral de las personas, es necesario que ambos servicios se encuentren unidos en un mismo servicio. No solo para una reducción de costos en el contenido de servicios puesto que, la interactividad que habrá entre el usuario y estos medios de comunicación lograrán un gran impacto en la sociedad.

A continuación, se analiza ambos servicios por separado en el plano actual de los usuarios, cómo es que tenerlos en dos servicios distintos puede generar un mayor gasto para las operadoras sino también para los usuarios. Si la cantidad de

suscriptores de internet se suman con la cantidad de suscriptores de sólo televisión se podrá lograr una mayor penetración del servicio y expansión de los medios de comunicación. [OSI2013]

- Acceso a Internet

Debido a la gran demanda de ancho de banda en los usuarios en sus propiedades, el uso de 15 Mbps en cada casa ya no es suficiente para la cantidad de equipos electrónicos en ella. La descarga de videos en HD así como su reproducción en línea genera un alto consumo de ancho de banda alrededor de 20MB. [MOV2015]

La cantidad de ancho de banda máxima dada por los operadores suele llegar a 15 Mbps con cobre y con la tecnología HFC siendo esta una combinación de cable coaxial y fibra óptica puede ofrecer hasta 300 Mbps pero como máximo y con esto se ofrece internet ahora a un precio comercial cómodo pero de tan solo 50 Mbps. [MOV2015]

Pero a mayor cantidad de usuarios y servicios y aplicaciones y juegos en línea se necesita mayor ancho de banda. También mirando hacia el futuro en donde todo será mundo IP, el acceso al internet debe ser lo más rápido posible tan solo hacer un click sin necesidad de esperar a que cargue desde la central.

Asimismo, por la cantidad de usuarios que hay en el Perú en Lima y Callao con acceso a internet se debe de plantear esta solución por partes y zonas específicas para evitar la congestión y así balancear el costo del proyecto.

En la tabla 2 se podrá visualizar las formas de transmisión de internet y las empresas operadoras que brindan estos servicios, y se verá que ya hay cierta cantidad de abonados que usan el cable modem como servicio de internet y eso es el derivado del HFC bidireccional [ESP2003].

Se tomo a consideración los datos más relevantes para el filtro adecuado de la tabla siguiente.

Tabla 2: Conexiones de Acceso a Internet Fijo, desagregados por Tecnología de Acceso y Empresa Operadora

Fuente: [OSI2015]

Tecnologías	América Móvil Perú S.A.C.	Americatel Perú S.A.	Telefónica del Perú S.A.A.	Total Perú
Dial-Up Fijo	247	65	611	924
xDSL	45	286	1437387	1437734
Cablemódem	260025	0	0	272709
Wimax	5727	9325	0	15052
Satelital	1	183	1050	2392
Otras	0	733	0	2055
Total general	266045	10592	1439048	1730866

- Acceso a Televisión

Uno de los primeros medios de comunicación fue la televisión, por lo que tener este equipo electrónico es indispensable en un hogar para poder ver las noticias, programas de entretenimiento u otros. La televisión desde sus inicios ha llegado a las casas por medio de cable coaxial, es decir por la modalidad del cobre. Sin embargo en la actualidad, este material se está volviendo obsoleto por que la televisión tiene que ser transportado de cierta forma al futuro.

Ahora en la actualidad, la internet es vital para la vida de las personas por lo que es necesario transportar esta señal de cable por este medio para evitar ser desplazada por futuras tecnologías como los OTT (Over to top), siendo ellos paquetes de programas de entretenimiento internacionales siendo posible incorporar a sus programas canales de televisión de vivo.

La IPTV es un servicio nuevo e innovador en donde podrá brindar lo mismo que se ve por cable coaxial sin embargo que no solo se podría ver en estos dispositivos sino que también en cualquier dispositivo electrónico que tenga salida al internet por medio del a IP privada asignada al hogar. También este acceso ala

televisión rudimentaria que existe hoy trae problemas de identificación de usuarios como visibilidad en las calles por la cantidad de cables aéreos por los postes, por lo que algo innovador podría mejorar todos estos aspectos.

En la tabla 3 se podrá observar las empresas cableras que ofrecen en la actualidad televisión por paga clasificado por empresas y por los últimos meses del año 2014.

Tabla 3: Conexiones en departamento de Lima por empresa - Mensual

Fuente: [OSI2015]

Lima	oct-14	nov-14	dic-14
AMÉRICA MÓVIL PERÚ S.A.C.	105,392	107,960	111,338
DIRECTV PERÚ S.R.L.	83,549	82,022	81,258
PICÓN ACOSTA DEMETRIO RIGOBERTO	1,030	1,075	1,115
SISTEMAS DE FIBRAS OPTICAS Y TELECOMUNICACIONES SAC	105	115	123
TELEFÓNICA DEL PERÚ S.A.A.	398,449	407,991	419,164
TELEFÓNICA MULTIMEDIA S.A.C.	188,820	187,246	186,205

Después de dar un preámbulo sobre el actual estado de la televisión y el internet, en el siguiente cuadro comparativo se resumirán las causas de estos problemas siendo como objetivo principal de solución la IPTV así como el medio de transmisión en debate serán la fibra y el cable coaxial.

Tabla 4: Problemas de la IP [SIM2008]

Servicio	Causas
Televisión por cable	No hay interactividad entre el televisor y el usuario.
	Uso indebido de cable coaxial debido a poco reastreo de clientes
	Ascenso de OTT
Internet	Poca velocidad de transmisión por ADSL
	Mucha competencia entre operadores
	Máxima velocidad ofrecida de 15Mbps con un 7% de efectividad.

1.8 OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar la tecnología más efectiva para el transporte de IPTV por medio de una comparación de HFC y FTTH.

Objetivos específicos

- Selección de HFC o FTTH para la transmisión o buscar una combinación entre ambas.
- Diseño de la planta externa, interna y cliente.

CAPÍTULO 2

IPTV EN FTTH Y HFC

2.1 FTTH (Fiber to the home)

En el siglo XXI, la tecnología ha ido evolucionando a medida en que el internet ha ido aumentando su capacidad de tráfico. Cada año, los proveedores de equipos brindan actualizaciones y mejoras como consecuencia a la gran demanda de los usuarios. La cantidad de información descargada como cargada de la nube es el responsable de la necesidad de un aumento en el ancho de banda.

Es por tal motivo que las grandes organizaciones mundiales de las telecomunicaciones como empresas proveedoras siempre buscan algo nuevo e innovador que pueda satisfacer con las necesidades del usuario. Una de las tecnologías que se empezó a estudiar para poder tener un mejor futuro en las telecomunicaciones fue la fibra óptica.

Este peculiar medio de transmisión tiene mayores ventajas hasta ahora ante cualquier otro medio debido a su gran ancho de banda y menor interferencia de ruido principalmente. Gracias a esto se crearon nuevas redes de transmisión de datos que son las PON, lo que nos ayudará a ver exactamente que es el FTTH.

Una red PON (*Passive Optical Network*) viene de la configuración a tomar en la red de fibra óptica. Suele tener este nombre debido a la configuración punto a multipunto; consiste en mandar la señal a través de un cable a un splitter y luego éste distribuirla a cada usuario. Sin embargo hay varias arquitecturas punto a multipunto en las que la FTTH se puede desplegar sin embargo, solo escogeremos la arquitectura estrella o árbol.

Una arquitectura estrella consiste en tener un cable de fibra óptica desde la central hasta un punto intermedio como un divisor o splitter y desde ese punto se deriva cada hilo de fibra hasta los hogares de los usuarios. Esta arquitectura tiene un costo muy bajo lo que la hace una buena elección para los operadores, así como también una gran eficiencia.

El divisor óptico como elemento pasivo distribuirá la señal pero requerirá ciertas funciones de seguridad y privacidad que por sí solo no contiene. Una gran ventaja ante las demás arquitecturas es su flexibilidad ya que puede haber un aumento de usuarios y subdividir la señal o una disminución de ellas, lo que no afectaría el propósito de la transmisión.

Sin embargo, a pesar de tener muchas ventajas, una falla es su debilidad entre la central y el divisor óptico ya que si existiera un corte en ese tramo, las ramas de los usuarios salientes quedarían sin servicio. Esta posible falla podría arreglarse colocando un backup o dando una solución rápida en un momento crítico como ese.

Sabiendo de manera general el PON, para este caso el FTTH usará el 10GPON, que es 10 veces más rápido que el PON ya que su velocidad es de 10Gbps. Por lo tanto FTTH es una tecnología proveniente del FTTx en donde la fibra predomina desde los nodos hasta cierto punto del abonado.

2.1.1 ELEMENTOS DE LA RED

La red FTTH está compuesta por una topología PON y una arquitectura de estrella. Sin embargo es necesario de disponer de 3 elementos importantes para su funcionamiento y que ayudarían a un mejor despliegue del servicio a implementar, IPTV.

- Optical Line Terminal (OLT)

Este elemento activo será situado en la central, propiedad del proveedor, y será encargado de gestionar el tráfico generado por los usuarios en ambas direcciones. El cable de fibra óptica sale del OLT hacia el divisor óptico y esto le permite realizar una función tipo router ya que ofrecerá todos los servicios hacia el usuario.

Tiene varias funciones principales que ayudarán al OLT a mejorar la calidad del servicio. La primera consiste en controlar la red de distribución y la segunda es la distribución de los canales. Estas dos características permitirán que el abonado pueda tener una adecuada conexión con la PSTN, el internet y video, las cuales en un futuro formarían parte del “triple play”.

Asimismo se sabe que los OLT no brindan la misma potencia para todos los usuarios finales y esto es resultado a que ellos tienen la capacidad de calcular la distancia entre el abonado y la central y así ser capaces de “decidir” cuánta potencia es necesaria para la adecuada transmisión de la señal.

Este equipo es una de las partes importantes en el esquema de una red FTTH ya que será el que nos permitirá brindar la señal con datos y voz y la que también recepcionará lo mismo hacia la central para una debida comunicación. Asimismo en el caso de una combinación con HFC, logrará la transmisión de IPTV mediante un pequeño equipo de cabecera colocado junto con el OLT.

Tabla 5: Tipos de OLT [HWI2012][ALC2010][ZTE2013]

Proveedores	Características	Equipos
Huawei	Alta capacidad de puertos y velocidad individual. Tamaño reducido para su debido empotrado en racks. Ofrece redundancia 1x1 y panel de control para los puertos de cada slot.	
Alcatel	Ofrece gran capacidad de velocidad por puerto 2x100 Gbps. Soporta GPON y múltiples accesos de fibra.	
ZTE	Ofrece gran capacidad de velocidad, seguridad y entre otros. Soporta 10Gpon y también es capaz de soportar IPTV con combinación de otros servicios.	

Estas tres empresas proveedoras se mantienen en el top 10 debido a la calidad de servicio y equipos que brindan a las empresas operadoras para los servicios que se ofrecen a los usuarios finales.

China es el país con la mayor densidad poblacional, teniendo hasta el 2014 una cifra de 1,367,820,000 habitantes. Por este motivo ZTE al ser una empresa proveedora que sólo opera en China, es una de los top 10 debido al gran control sobre el país de origen.

Al ver esta alta competencia, Huawei una empresa también de origen chino tuvo la necesidad de expandirse en el extranjero y hasta el año 2012 tenía 90 operadoras como clientes en más de 60 países alrededor del mundo. Por este motivo la hace acreedora del segundo puesto en ventas de OLT a nivel mundial. [HWI2012]

De acuerdo con IDATE, el market share de FTTx específicamente en la venta de OLT, los tres competidores mencionados anteriormente tienen una gran cartera de clientes.

En efecto, los proveedores como Huawei y ZTE son los líderes en ventas de OLT con un porcentaje de 34.87% y 33.37% respectivamente, gracias a sus bajos precios, rápidos envíos a los clientes como la garantía del equipo a lo largo de los años para un correcto mantenimiento.

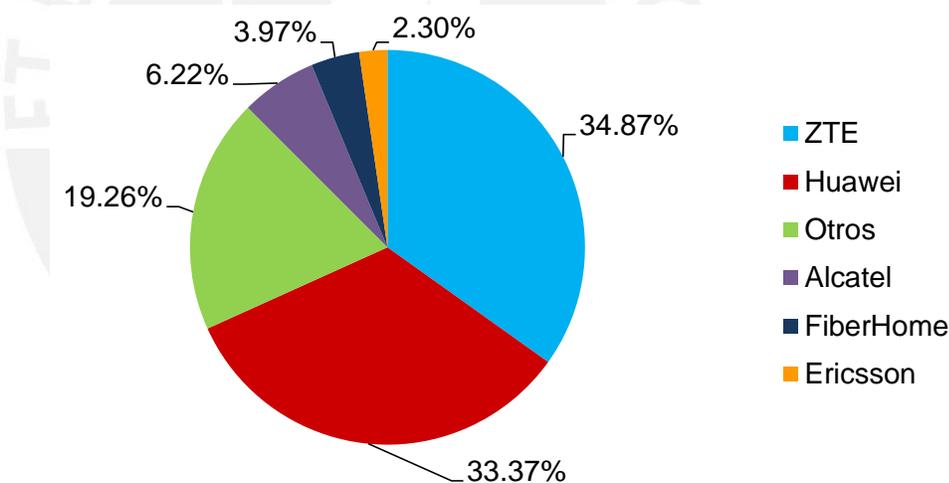


Figura 3 : Market share a nivel mundial – OLT año 2013 [IDA2013]

- Optical Network Terminal (ONT)

Este elemento será el encargado de recibir y distribuir la información recibida por el OLT. Normalmente se encuentra ubicado al costado de la roseta en los hogares de los abonados pero si es un edificio, se colocará al costado de la roseta principal.

Una característica importante es la distribución adecuada que tendrá la información desde el ONT. Esto es gracias a las partes identificables que contiene el paquete de información como son la cabecera, encargado de dar la información exacta para la sincronización; CRC, encargado de verificar el estado de la información durante el envío y llegada y por último el payload, encargado de contener la data a enviar o recibir.

Tabla 6 : Tipos de ONT [HWI2012][ALC2010][ZTE2013]

Proveedores	Características	Equipos
Huawei	Contiene 4GE, 2 POTS, 1USB y Wifi. Soporta NAT, DHCP, SIP y codec de video. Modelo HG8245.	
Alcatel	Contiene varios puertos ethernet, wifi de largo alcance. Usa poca corriente sin embargo tiene un buen control sobre el DHCP y el manejo de información sobre IP. Gran capacidad de trabajo con anchos de banda mayores a 1Gbps.	
ZTE	Es un diseño innovador sin ventilador, ahorro de energía, entre otros. Contiene 4GE, 2POTS, wifi y un puerto USB para cualquier otra conexión.	

Existen varios tipos de ONT dependiendo del proveedor, algunos tienen más características que otros lo que los hacen atractivos al cliente; no solo el precio sino su uso con el abonado. Los principales proveedores son Alcatel y Huawei, encargados de fabricar estos equipos con las soluciones específicas por cada cliente operador.

Ahora bien, con respecto a la distribución de equipos ONT la empresa líder es Huawei debido a la nueva tecnología brindada para estos equipos finales. Asimismo, Alcatel aumenta sus ventas en equipos ONT teniendo sólo en norteamérica 7 millones de usuarios con tecnología FTTH. [ALC2010]

Teniendo en cuenta al IDATE, las dos empresas líderes del mercado con respecto a la venta de ONT son Huawei y ZTE. Estos dos proveedores también son líderes en los equipos OLT por lo tanto se puede deducir que ambos prefieren vender soluciones en vez de equipos por separado.

De acuerdo a la última actualización del año 2013, el mercado de Huawei a nivel mundial en ONT es de 34,5% y el mercado de ZTE a nivel mundial de ONT es de 33.51%. Por lo tanto el 60% aproximado está apoderado por el mercado chino.

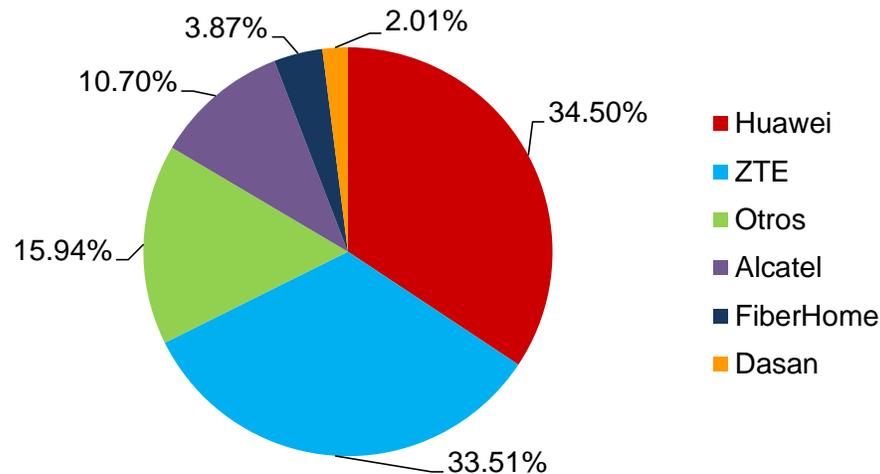


Figura 4 : Market share a nivel mundial - ONT año 2013 [IDA2013]

- Splitter o divisor óptico

Este elemento pasivo está ubicado en medio del tramo entre la central y el abonado, lo que permite multiplexar la señal y subdividirla en tantos usuarios hay en la zona de cobertura como demultiplexar la información de abonado hacia la central para la llegada a su debido destino.

Es considerado el elemento más importante en esta topología debido a la función que cumple y al costo que ofrece al proveedor. Por ser un elemento pasivo no precisa de energía eléctrica lo que reduce mucho el OPEX mas tiene una pequeña desventaja durante la distribución de la señal y es la introducción de pérdidas ópticas; sin embargo, estas pérdidas son mínimas lo que no afectaría a tal magnitud la información dentro del payload.

Los splitters o divisores ópticos, actualmente se dividen en dos categorías, para equipos mayores a treinta y dos salidas y para equipos con menor cantidad. Es esencial saber el número de salidas debido a que esto ayudará mucho a los equipos a elegir posteriormente para la realización del proyecto así como la calidad del equipo a utilizar.

Se llama FTTH a la tecnología a usar debido a que la fibra irá desde la central o nodo hasta el equipo dentro del domicilio del abonado. Como se ha escogido, la arquitectura GPON de punto a multipunto, es la más conveniente no solo en costos sino también en futuras ampliaciones o avances en la tecnología.

La arquitectura GPON es aquella que a diferencia de las demás PON permitirá el transporte de información capsulada de varias tecnologías. Es decir, que no sólo podrá viajar información apta para fibra óptica, sino otros tipos de servicios que serán modificados para su debido transporte y luego ser desagregados de la fibra, como también podrá ayudar a una unión de los tipos de arquitectura ya desplegadas en las zonas.

Actualmente debido a que la fibra óptica está en el boom de despliegue junto con el tipo de arquitectura FTTH gracia a que éste permite un gran ancho de banda para el abonado, en algunas zonas no se permite el despliegue del FTTH debido a la geografía de la zona como a los altos costos de cambiar cobre por fibra óptica.

Por este motivo la ITU, ha logrado sacar una norma para una nueva forma de transmisión en donde la velocidad podrá ser de hasta 1Gbps por segundo y así aumentar la velocidad del FTTH que solía ser un mínimo de 100 Mbps.

Esta nueva tecnología se le conoce como Gfast y consiste en un cable de cobre de hasta un máximo de 400 metros entre el abonado y el equipo DPU, lo que esto permitirá aumentar la velocidad traída desde el FTTH. En la figura 1 podremos apreciar cómo sería el transporte de la información a través de FTTH con Gfast.

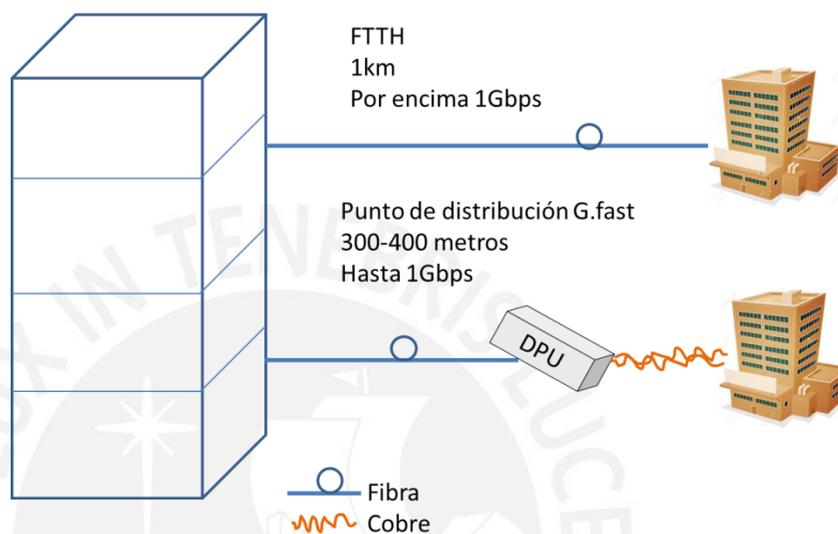


Figura 5 : Arquitectura de G.fast [SCK2014]

Al usar este tipo de tecnología recién aprobada por la ITU, se usaría la misma estructura de un FTTH sin embargo la conexión hasta el hogar del abonado tendría otros equipos.

Sin embargo, esto podría ser utilizado en zonas donde no se ha realizado el cambio de cobre a fibra debido a un alto costo o a la mala geografía de la zona y sería una buena opción el G.fast. En el próximo capítulo se realizará el diseño de la red a escoger o la combinación de varias tecnologías a una mejor propuesta según las indicaciones del abonado.

2.2 IPTV EN FTTH

Como se mencionó en el capítulo anterior, la IPTV tiene varias características que lo hacen una mejor opción con respecto a la televisión por cable. Sin embargo

para su uso es necesario de un gran ancho de banda. Para los televisores HD es necesario un mínimo de 8 Mbps y para una televisión estándar es necesario 1.2 Mbps, sumados dan un total de 9.2 Mbps aproximando a 10 Mbps siempre y cuando sólo haya un televisor HD y un SD.

Por otro lado, estas velocidades pueden variar y disminuir dependiendo de los tipos de codecs que utilizaría la señal de televisión en su transmisión. La IPTV usaría los mismos equipos descritos en el ítem 2.1. Asimismo una ventaja de la IPTV en el FTTH es que al tener la fibra directamente conectada al domicilio del abonado, la velocidad aumentaría y ya no habría un delay durante la conexión de los equipos al internet.

Sin embargo, como los televisores no tienen conexión de fibra ni tampoco conectores UTP, se precisa de equipos WiFi. Son pequeños dispositivos que permitirán recibir la señal WiFi con la señal de televisión paquetizada y de esta forma se vería estético el cableado del domicilio evitando así canaletas que dirijan un cable a cada televisor.

Con estos pequeños dispositivos generan una gran flexibilidad en la ubicación de los televisores ya que al no ser un cableado fijo, se pueden mover sin tener que hacer grandes cambios estructurales.

2.3 HFC (Hybrid fibre coaxial)

Como se explicó en el capítulo anterior, los proveedores de las redes CATV para evitar el desplazamiento de su tecnología en el mundo del abonado se tuvo que evolucionar a las redes HFC. Estas redes usadas ya en el área comercial desde los años 80 consisten en un híbrido de cable coaxial con fibra óptica. En la figura 2 podremos apreciar cuáles son los elementos que componen la arquitectura HFC.

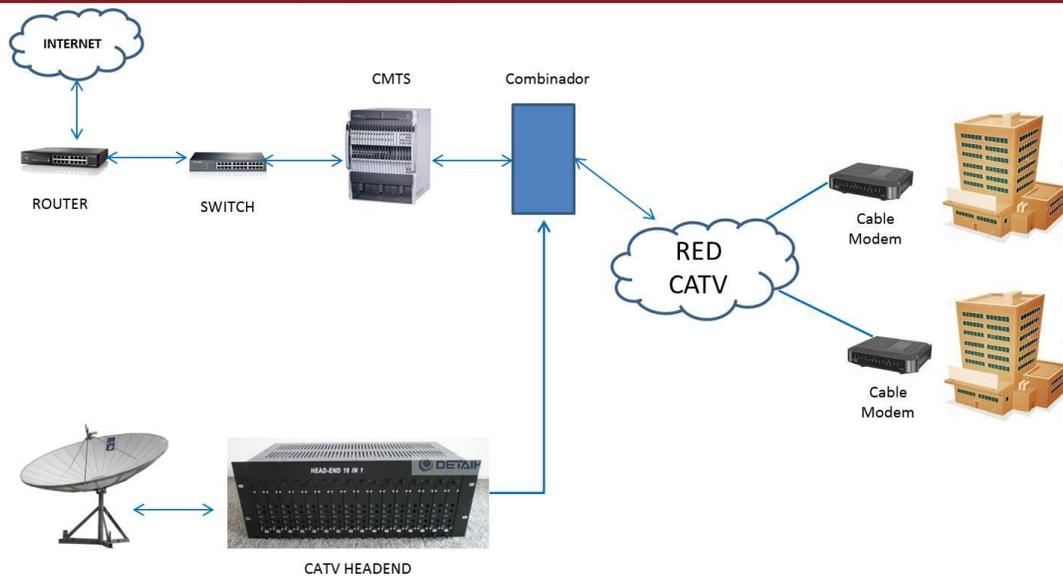


Figura 6 : Arquitectura HFC convencional [COM2010]

La topología HFC consiste siempre de una cabecera CATV de donde se obtendrá la señal de televisión, un CMTS que consiste en transmisión y recepción óptica, fibra óptica, cable coaxial entre otros. La señal óptica desde el CTMS es enviada a los nodos o trobas existentes en pleno camino hacia la casa de los abonados mientras que las trobas permiten que la señal óptica se pueda convertir en una señal RF y pueda ser transportada por medio del cable coaxial hacia las mismas casas de los abonados.

Esto permitirá que haya una combinación exitosa de la fibra con el cobre en HFC. Así mismo este tipo de tecnología ha permitido que se pueda introducir el servicio del internet y poder transmitir data a través del HFC, es decir, se convirtió en bidireccional el medio de transporte y no solo unidireccional en el cual tan solo mostraba la señal de televisión.

Este tipo de red HFC tiene una característica especial para la comunicación entre el CMTS y el cable modem. Su “conversación” es vital para la bidireccionalidad del sistema así como también para la transmisión de data del internet y se le conoce como DOCSIS.

Este estándar es encargado de regular los patrones de red y monitorear el estado de comunicación entre estos dos equipos, asimismo es importante su presencia ante un cambio de red CATV a una HFC ya que servirá como guía para el cable modem pueda realizar un registro exitoso en la red de cable y así poder tener un buen proceso entre ellos.

Para poder competir las redes HFC contra redes de alta velocidad como fibra óptica es necesario tener un sistema de comunicación más avanzada y actualmente se cuenta con el DOCSIS 3.0. Este sistema nos brindaría velocidades de bajada de hasta 1Gbps, y esto se realiza mediante la característica del channel bounding lo que genera un aumento de ancho de banda en cada abonado. [MER 2013]

Sin embargo para hacer el uso de este estándar habría la necesidad de cambiar las direcciones IPv4 a IPv6 lo que generaría un costo adicional en el proveedor por lo tanto el mínimo DOCSIS a usar será el 2.0.

2.4 IPTV EN HFC

La IPTV en HFC sería un servicio extra para poder mejorar los otros dos servicios que ya se implementan con este tipo de arquitectura. Por medio del HFC ya se transmite internet como voz IP y un punto que faltaba es la televisión. Paquetizar la televisión en HFC tiene sus ventajas y desventajas, por ejemplo, si es paquetizada podría permitir la visualización de la televisión no sólo en los televisores sino también en cualquier otro equipo electrónico como tablets y teléfonos celulares tan solo ingresando la IP asignada por la proveedora para proporcionar ese servicio.

Sin embargo una desventaja sería la velocidad que este tipo de arquitectura emite debido a que ya no habría posibilidades de una posible expansión de velocidad a futuro. Su velocidad con HFC llega a un máximo de 100Mbps y la fibra se puede expandir hasta 1Gbps o más.

Usar HFC puede ser un retraso en la tecnología y tarde o temprano se tendría que cambiar todo su despliegue para uno de fibra y así poder satisfacer los pedidos de

los abonados ya que a medida que avanzan los años, el consumo de internet y el ancho de banda como las descargas por abonados aumentan proporcionalmente.

Siendo necesario una descarga como carga más rápida y al ser una característica principal, cada operadora necesitará de ese aumento porque sino podría producir una caída de clientes ya que ellos se irán siempre con el proveedor que le ofrezca lo necesario y más.



CAPÍTULO 3

DISEÑO DE LAS ETAPAS DEL SISTEMA

Una red de servicio contiene tres partes diferentes interconectadas entre sí lo que permite la transmisión de datos. La primera parte se le conoce como planta interna debida a que contienen los equipos para la extracción de la data por medio de la IP como también de enlaces microondas o satelitales; se encuentra ubicada normalmente en centrales de información, nodos o uras.

Esta data se transforma en señales RF u óptica para su transmisión hacia la siguiente etapa, planta externa. Este tipo de planta se ubica en el área externa ya que funciona como la conexión de la planta interna y el cliente. La planta externa contiene equipos con mayor seguridad y protección debido a los cambios climáticos u otros atentados humanos como robos o vandalismo.

Finalmente la última etapa es la del cliente en donde se realiza la instalación de equipos en los domicilios o empresas de los usuarios. Esta etapa a pesar de tener un solo equipo que resume toda la conexión desde el inicio es importante ya

que permite verificar la conectividad desde la recepción de información hasta viualización de la misma.

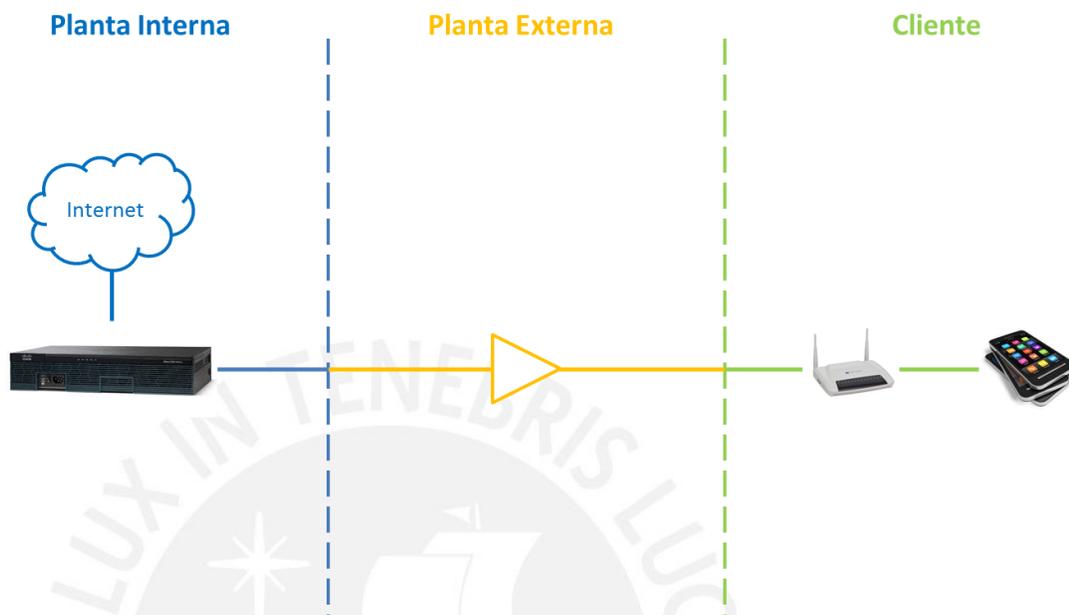


Figura 7 : División de una red básica

Fuente : Elaboración propia

3.1 CABECERA IPTV

Sin embargo en la planta interna existe una subdivisión encargada de convertir la señal televisiva en paquetes IP. Esta subdivisión es llamada Core IP y es la misma para ambas tecnologías; debido a que el punto de diferencia se hace presente desde la nube IP hacia la planta externa y posteriormente el lado del cliente.

Esta cabecera es el corazón y el área más crítica del servicio ya que permitirá la extracción de la señal de video y audio para el debido transporte hasta el lado del cliente.

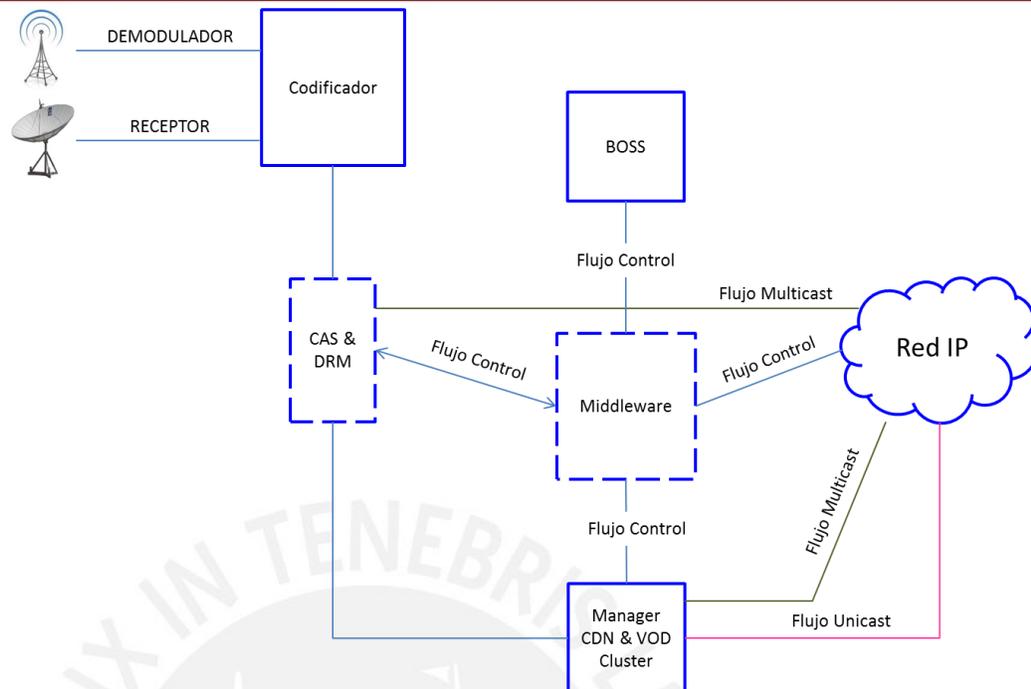


Figura 8 : Cabecera IPTV [ZTE]

Dentro de la cabecera IPTV se identifican 4 áreas importantes, siendo éstas las responsables de obtener los canales de televisión y llevarlas paquetizadas hasta la red IP. Las áreas consisten en la extracción e inserción del contenido, seguridad, almacenamiento y administración del contenido y servicios que brinda este servicio.

- Extracción e inserción del contenido

Esta área como su nombre dice, extrae el contenido de los dos medios de recepción que son los satélites y las antenas de contenido local sean de contenido analógico o digital. Las torres de contenido local suelen funcionar con decodificadores para el tratamiento de la señal obtenida.

Mientras los satélites trabajan con antenas receptoras y receptores especiales que permiten la conversión de la señal recibida en bandas de frecuencias muy altas a unas bajas para su respectivo uso; esto es producido gracias a la ayuda de los satélites GEO que se encuentran en el espacio.

Asimismo, se encarga de la preparación del contenido de video hacia un formato que sea posible trabajar en la red IP y en las próximas áreas en donde estos paquetes sufrirán cambios en seguridad y almacenamiento; consta de equipos que digitalizarán la señal con los codecs respectivos para su visualización en equipos IPTV en el cliente.

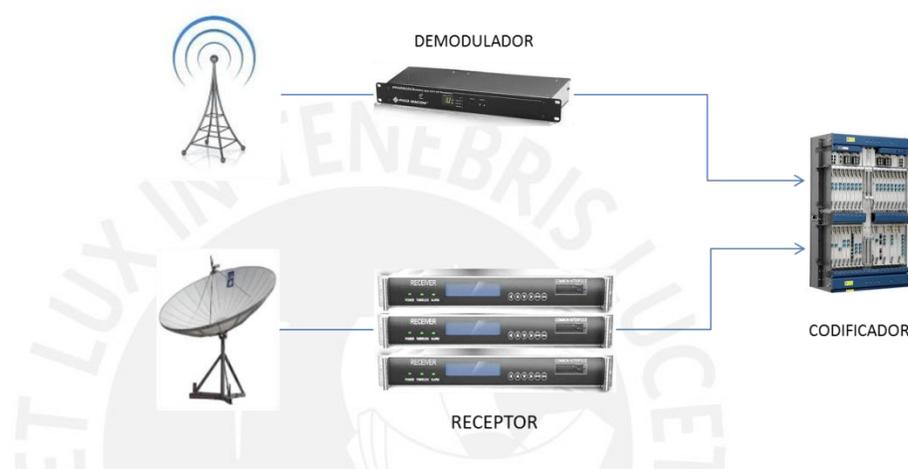


Figura 9 : Extracción e inserción de canales

Fuente: Elaboración propia

- Seguridad

La parte de seguridad consta de dos secciones que trabajan de manera conjunta, el CAS y el DRM. Ambos brindan seguridad al servicio ante posibles ataques así como derechos de digitales sobre los canales a transmitir. La seguridad consta de la encriptación del contenido para así poder ser insertado en el gestor general.

El contenido de las fuentes también es monitoreado por esta área dando la posibilidad de permitir el acceso o no los clientes para su visualización; esto facilita el pago de los servicios a brindar.

- Almacenamiento

Esta área está comprendida principalmente del middleware y el boss. El boss funciona como un sistema de tarificación y un gestor a la par siendo así posible poder gestionar que cliente le falta pagar el servicio y tener una mejor identificación de cada cliente.

Con respecto a la tarificación permitirá facturar de manera mensual cuánto es cada servicio contratado por medio de la IP asignada al cliente o el mismo código de cliente. Y el NMS es el gestor encargado de poder administrar a todos los equipos de una manera más fácil teniendo de esta manera una generalización de la red.

Mientras tanto, el middleware funcionará de tres maneras diferentes. Primero administrará el servicio a brindar así como podrá brindar el soporte adecuado ante cualquier eventualidad. Segundo, administrará el contenido recibido por el administrador de contenido así como realizará la adecuada planificación y arreglos necesarios.

Por último, tendrá una unidad de aplicación de servicios así como un servicio web que brindará al proveedor la facilidad de la administración de los servicios extras que la IPTV dará a los clientes.

- Administración del contenido y servicios

Esta área consta de los servidores VoD y CDN encargados de ver todo tipo de contenido de video y servicios a brindar a los clientes. Los servidores VoD se encargan de un gran flujo de datos y esto se mide de acuerdo a la cantidad de clientes que el servicio contiene. El contenido del servidor puede ser unicast como multicast, dependiendo siempre de la administración que el proveedor quiera brindar al usuario final.

Los servidores CDN permitirán maximizar el ancho de banda designado para el servicio IPTV. Principalmente se encarga de entregar los contenidos de

video, enrutar las solicitudes de los usuarios hacia ciertos servicios y aplicaciones y distribuir y contabilizar el contenido a mostrar teniendo como base la facturación que cada usuario ha contratado.

Finalmente todo el contenido de video y audio llega hacia la nube de la red IP, conocida en algunas empresas como el centro del Core IP, siendo así posible transportarla por la red WAN a través de equipos DWDM por todo el país o lugar a transmitir el servicio IPTV.

Esta red de transporte suele contener grandes anchos de banda y redundancia para evitar cortes y caídas del servicio. Suele estar constituida básicamente de fibra óptica para el mayor transporte, sin embargo, la tecnología a estudiar se define desde el equipo en los nodos empezando la red de planta interna desde la nube IP hacia el cliente.

3.2 DISEÑO DE SERVICIO IPTV CON FTTH

El servicio IPTV en FTTH se medirá desde la nube de red IP ya que es el último punto de conexión desde el Core IP, quién también pertenece a una de las secciones del diseño de red, planta interna.

- Planta interna

En esta área del diseño de servicio se toma la continuidad de la red IP hasta el equipo XGPON OLT. Este equipo es el único que conforma la planta interna ya que para este tipo de tecnología tiene una diferencia significativa en el uso de recursos.

El OLT tendrá como entrada fibras ópticas y funcionará principalmente como un gestor de tráfico entrante y saliente. Asimismo podrá controlar la red de distribución y distribuir los canales a brindar durante la transmisión hacia la planta externa.

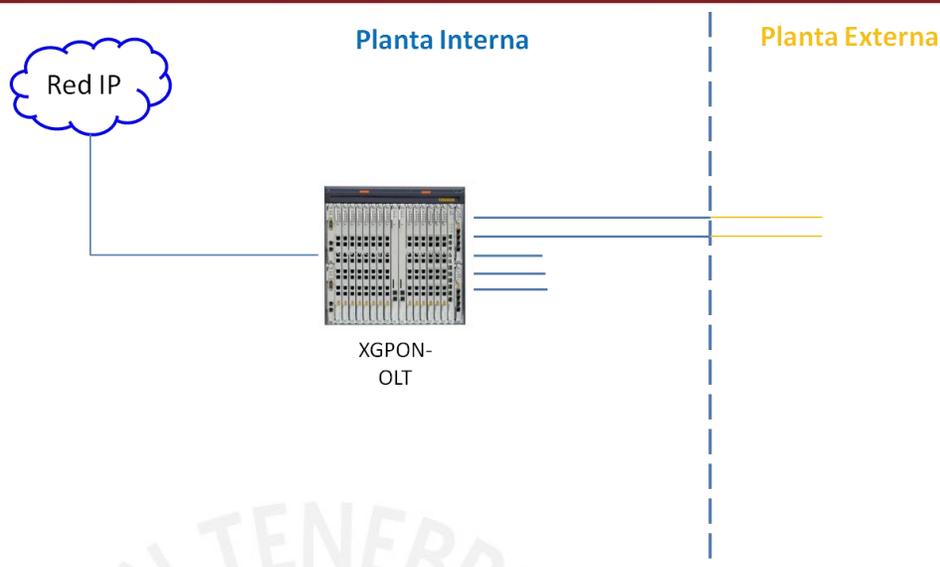


Figura 10 : Planta interna de servicio IPTV en FTTH

Fuente: Elaboración propia

El OLT trabajará con tres longitudes de onda para la transmisión de servicios en donde se incluye la IPTV. Para la transmisión de datos de bajada o downlink se usará 1550nm para los servicios de video y 1310nm para los servicios de voz y datos. Sin embargo, para la transmisión de datos de subida o uplink se usará 1490nm para voz y datos y 1550 nm para video. [ABR2009]

Estas tres longitudes fueron escogidas debido a la distancia en que será la transmisión de servicios, en el caso de voz y datos se usará la fibra en segunda ventana lo que permite una fluida transmisión entre 5 a 10 kilómetros. [MOV2015]

Por otro lado, para el caso de video es necesario el uso de la fibra óptica en tercera ventana debido a una mayor distancia de hasta 100 kilómetros sin necesidad de un amplificador así como también un menor costo de los equipos. [MOV2015]

En la figura 11 se observan dos fibras ópticas dirigiéndose a la planta externa, la primera se le llama fibra principal y a la segunda de respaldo. Sin embargo ambas funcionan de manera bidireccional ya que con el servicio IPTV, el video será interactivo.

Este equipo se considera una gran inversión al inicio sin embargo, su bajo costo y buena calidad se observa durante el servicio ya que al contar con varios slots dedicados se genera una menor inversión en el mantenimiento. Cuenta con tarjetas de poder, tarjetas de downlink, tarjetas de uplink, tarjetas de control y gestión y tarjetas de servicios, quienes son los encargados de procesar cabeceras u otros.



Figura 11 : Estructura de la fibra óptica entre un OLT y planta externa

Fuente: Elaboración propia

- Planta externa

Esta área está compuesta principalmente por equipos pasivos, es decir, equipos que no necesitan de una energía eléctrica para su correcto funcionamiento. Se colocan entre uno o dos capas de splitters o divisores ópticos de acuerdo a la cantidad de clientes a dar servicio durante el proceso. En el primer nivel se encuentran los splitters primarios y en el segundo nivel los splitters secundarios.

Si se coloca un nivel de splitters se obtendría un total de 32 usuarios por fibra óptica ya que se utilizarían diplexores 1x32. Sin embargo si es de dos niveles se tiene a consideración que la primera capa tenga como máximo 16 fibras y que la segunda tenga como máximo una ramificación de ocho. [MOV2015]

Las divisiones de la fibra siempre nos permite el aumento de usuarios, sin embargo, como desventaja son las pérdidas de velocidad generadas por estas divisiones así también como las pérdidas de potencia de acuerdo al número de splitters.

El splitter primario recibirá dos fibras ópticas, la primera es la fibra principal quién permitirá el paso de los servicios de voz y datos; mientras que, la segunda es la de respaldo y permitirá el paso de los servicios de video. El número de niveles varía de acuerdo a la cantidad de clientes a los que se quiere llegar.

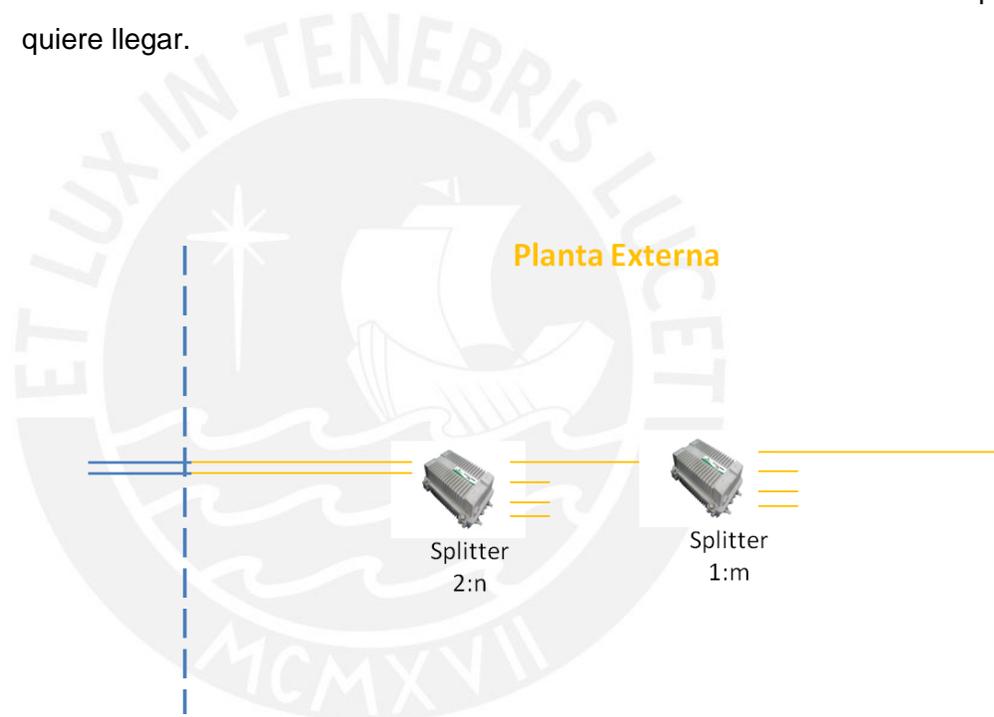


Figura 12 : Planta externa de servicio IPTV en FTTH de dos niveles

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo se tiene que tomar en cuenta las atenuaciones, y conexiones a realizar de tal manera que no se degrade la señal final. En el splitter principal se puede llegar a subdivisiones de hasta 64 y en el segundo nivel sólo hasta 32.

Este límite se coloca para evitar grandes compromisos ópticos generados por las atenuaciones de las divisiones ópticas.

A mayor división óptica, mayor será la atenuación de la fibra lo que no genera estabilidad en la transmisión de información. Por ejemplo, un splitter de 1:4 tiene una pérdida de 7.5 dB mientras que un splitter de 1:8 tiene una pérdida de 10.3. Estas pérdidas influyen mucho para realizar el control de calidad del servicio como también en la cantidad de amplificadores a comprar para la red a instalar. [IDA2014]

- Cliente

Para este tipo de tecnología, en el lado del cliente si llega la fibra óptica hasta el equipo ONT, quién se encargará de dividir los tres servicios que viajan por la fibra hacia las terminales del equipo.



Figura 13 : Servicio IPTV para el lado del cliente con FTTH

Fuente: Elaboración propia

El equipo de ONT podrá transmitir el servicio IPTV mediante cableado o mediante WiFi, conectando un adaptador en la televisión. El cableado será mediante cable coaxial ya que actualmente los televisores no tienen puerto Ethernet sin embargo con el adaptador mediante puerto HDMI se podrá visualizar el contenido similar a una conexión física.

Asimismo estos adaptadores pueden sincronizarse con los equipos smart portables como teléfonos o tablets y poder expandir el contenido hacia la televisión con la misma calidad de señal.

3.2.1 Tecnología G.fast

Como se mencionó en el punto 2.1.1 del capítulo 2, actualmente hay una nueva tecnología en estudio llamada G.fast. Se usará para los usuarios que ya tienen cableado final de cobre o ADSL, lo que permitirá un incremento del ancho de banda de hasta 1Gbps. Se debe colocar el DPU a una distancia máxima de 400 metros del abonado por lo que puede estar ubicado en los armarios de planta externa.

La ITU dio la aprobación definitiva de esta nueva tecnología como complemento al servicio FTTH para tener una mejor rentabilidad el 5 de diciembre de 2014.

Esta tecnología tiene como característica la simplicidad de la instalación ya que no es necesario que un técnico se desplace hacia el lugar del abonado para una correcta instalación. Sin embargo el G.fast cambia el nombre del FTTH hacia FTTdp ya que el punto de distribución es el DPU.

Actualmente, en algunas lugares donde el ADSL tiene mayor despliegue, las operadoras ven más atractivo este nuevo modelo ya que solo tienen que cambiar su infraestructura interna y parte de la externa pero no la parte del cliente. Ofrece una mayor robustez en la red y además reúne ventajas de FTTH como la velocidad binaria y mejora la fibra de la acometida.

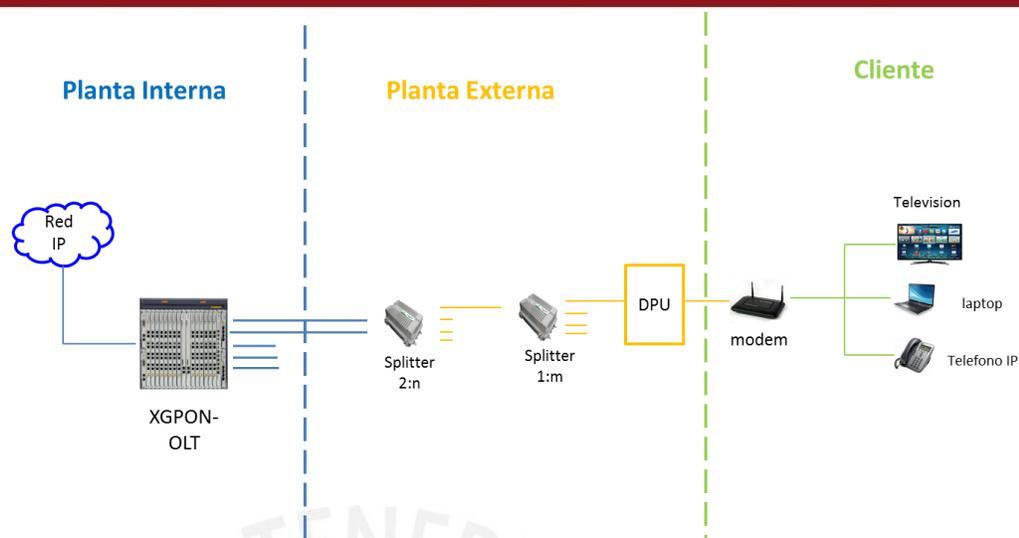


Figura 14 : Diseño del servicio IPTV con FTTHdp – G.fast

Fuente: Elaboración propia

El equipo DPU es el encargado de distribuir las líneas a los abonados, funciona como un punto de cambio entre fibra óptica y ADSL ya que es la unión entre el FTTH y la red de cobre ya desplegada en las casas de los abonados.

Finalmente, el diseño del servicio de IPTV mediante FTTH tomado desde la parte común, la red IP sería el siguiente:

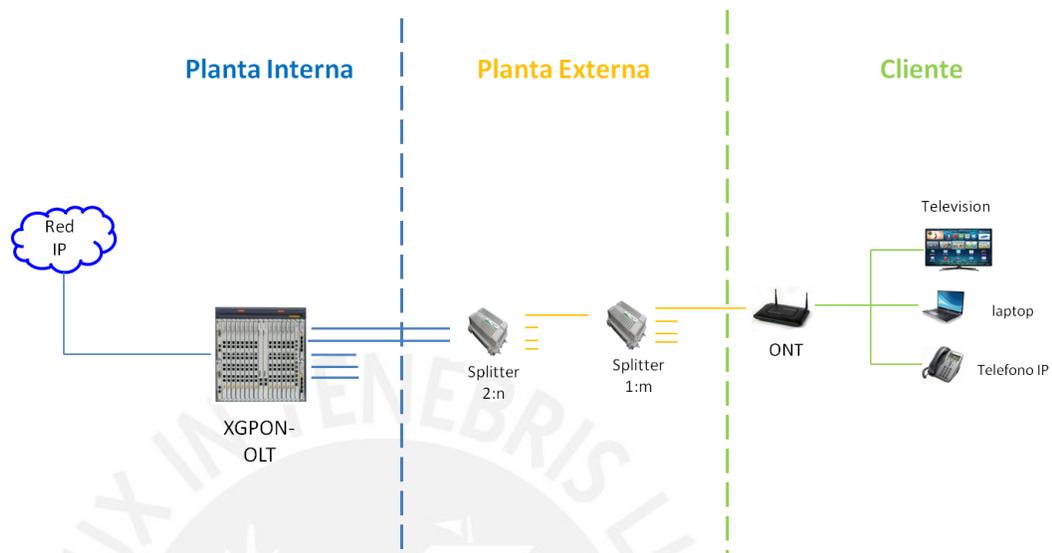


Figura 15 : Diseño del servicio IPTV con tecnología FTTH

Fuente: Elaboración propia

3.3 EQUIPOS A UTILIZAR EN FTTH

La tecnología FTTH consta de tres equipos importantes en el diseño de la red. Como se menciona en el capítulo 2, se mencionan tres proveedores importantes en el rubro de FTTH: Alcatel, Huawei, ZTE y Cisco.

Para la planta interna se utilizarían los equipos XGPON OLT capaces de soportar 10GPON ya que no todos los OLT lo soportan. Unos ejemplos de cada proveedor serían los siguientes:

- Huawei SmartAX MA5600T

Es un nuevo producto salido al mercado del proveedor Huawei. Lo novedoso de este producto es la integración de varios equipos en uno solo así como impacto con la naturaleza, el bajo costo y el bajo tamaño del equipo.



Figura 16 : Huawei SmartAX MA5600T

Fuente: [HWE2012]

Para el servicio IPTV ofrece capacidad para 8000 usuarios y 4000 canales multicast y como aplicación mencionada, ofrece la unión del verdadero triple play al ser compatible con las otras tecnologías.

Asimismo al tener la garantía E2E (*End to End*) permitirá que la información del inicio y final sea la misma y no tenga gran cantidad de pérdidas.

Se le considera un producto SmartAX ya que contiene un programa que permite usar sus recursos al máximo como ajustar la velocidad del ventilador interno de acuerdo a las necesidades del equipo así como reducir el consumo de la energía de las tarjetas internas que aún no están en uso.

- ZXA10 C300 xPON OLT

Un producto competidor para Huawei es ZTE, quienes también provienen de China, tratan de competir en el mercado mundial que Huawei tiene como principal. Este equipo ofrece un gran ancho de banda para los usuarios finales, servicios múltiples lo cual nos permitirá el uso del IPTV y un eficiente QoS.



Figura 17 : ZXA10 C300 xPON OLT

Fuente: [ZTE2013]

A pesar de no ser un equipo totalmente dedicado al 10GPON pero tiene la funcionalidad de la integración del OLT. Asimismo cuenta con confiabilidad ecológica, ya que sus puertos permiten el ahorro de un 30% de potencia.

Una característica de este equipo es que permite una multidifusión mejorada exclusivamente para el servicio IPTV. Así como el servicio diferenciado entre voz, video e internet en políticas de QoS. Además para el servicio de IPTV viene con espacio detallado para el PVR y 1000 canales de grupos multicast.

- Alcatel 7342 ISAM FTTU

La empresa alcatel para poder seguir en el mercado de proveedores de equipos, sacó una solución para la tecnología FTTx, llamada 7342 ISAM FTTU (*Fiber to the user*).



Figura 18: Alcatel 7342 OLT

Fuente: [ALC2010]

Esta solución contiene el equipo OLT como los pequeños equipos ONT instalados en los hogares de los usuarios. La empresa lo presenta como una solución completa para poder tener control de toda la red y evitar softwares o aplicaciones para la compatibilidad de equipos OLT con ONTs.

Para nuestro servicio de IPTV brinda soporte IGMP como un control sobre canales multicast de manera dinámica. Además al ser una solución escalable permite la integración de los tres servicios importante (voz, video e internet) en un solo servicio o paquete de servicios.

- Cisco ME 4600 Series OLT

Otra empresa proveedora es Cisco Systems quien actualmente también provee soluciones FTTx. Este tipo de tecnología está siendo algo vital en los países por tal motivo Cisco Systems lanzó nueva tecnología en FTTH.

Estos equipos ofrecen soporte para el servicio triple play y otros multi servicios mediante el acceso por fibra óptica. Además tu capacidad de conmutación es una de las máximas (8 Tbps) así como por slot (120 Gbps). Ofrece un reducido OPEX por brindar solución completa E2E (End to end) y un bajo costo en mantenimiento.

Otra característica importante es el soporte de IPTV, VoD, IP multicast entre otros. Por último, los equipos permiten la escalabilidad en la red y son compatibles a todas las soluciones FTTx.



Figura 19 : Cisco ME 4600 Series OLT

Fuente: [CIS2015]

Otros equipos que ayudarán a mejorar el servicio de IPTV son los adaptadores de televisores que transmiten la señal televisiva por wifi, por lo tanto sería un complemento en el paquete de IPTV.

En el mercado existen varias marcas conocidas de internet como google o amazon que han diseñado sus propios adaptadores ya que traen en conjunto aplicaciones de sus propias empresas.

Los modelos presentados en este ítem para cada parte de FTTH son los más sobresalientes para cada marca según el gusto del cliente. No obstante, en la tabla 7 se realizó una comparación de todos los modelos presentados.

Tabla 7: Comparación de OLT

Fuente: Elaboración propia

Huawei	Cisco	Alcatel	ZTE
Capacidad de 8000 usuario.	Conmutación de 8Tbps total y de 120Gbps por slot.	Brinda soporte IGMP para un mejor control de usuario durante el servicio.	Dedicado a 10GPON. Este equipo viene con 1000 canales para grupos multicast.

- Google Chromecast

Es un equipo pequeño de google que permite la conexión de internet mediante wifi por medio de un puerto USB o HDMI. Es necesaria la instalación de la aplicación en un equipo SMART como un celular, una tables o en este caso un SmarTV.



Figura 20 : Google chromecast

Fuente: [BES2015]

Al tener la aplicación se puede reproducir lo que se en los equipos portátiles en la televisión mediante un click por medio de la red wifi. La conexión se realiza mediante la banda de frecuencia proporcionada por el proveedor. Normalmente las operadoras suelen usar la banda 800 ya que es la más compatible con la mayoría de los equipos.

- Amazon Fire – Sintonizador de TV

Este adaptador es de la empresa Amazon que también cumple la función de conectar la televisión ordinaria en un reproductor de películas, música o videos mediante el Wifi.

Una característica es que puede ser usado mediante una aplicación en un equipo smart o el control remoto que viene con el dispositivo. Tiene la aplicación de búsqueda por voz, un procesador de doble núcleo de memoria lo que lo hace mas potente y atractivo ante los competidores.



Figura 21 : Amazon Fire sintonizador TV

Fuente: [BES2015]

Así como en los equipos anteriores, se ha realizado una tabla de comparación entre los dispositivos finales de las tecnologías como se presenta en la tabla 8.

Tabla 8: Comparación de dispositivos finales

Fuente: [BES2015]

Google Chromecast	Amazon Fire
Puerto USB y HDMI. Asimismo viene incorporado con programas como netflix y acceso a internet desde el WiFi del usuario.	Reproductor de música, vídeos y películas mediante WiFi del usuario. Tiene un dispositivo que cumple la función de un control de TV para la manipulación del video de manera más accesible para el usuario.

3.4 DISEÑO DEL SERVICIO IPTV CON HFC

El servicio IPTV en HFC se medirá desde la nube de red IP, siendo esta la continuación de la cabecera previamente mencionada en los puntos anteriores. Se dividirá en tres partes el diseño en HFC; planta interna, planta externa y cliente.

- Planta interna

Se conoce planta interna en HFC desde el equipo CMTS hasta la conexión con los equipos de las trobas. Asimismo, el core IP también está incluido en la planta interna, por lo que la nube de red IP en donde se encuentra la red de transporte DWDM que permitirá la conexión entre el core con la planta interna de los nodos hasta el CMTS.

En la figura 22 se puede observar como es que la planta interna estará conformada por diferentes secciones y áreas:

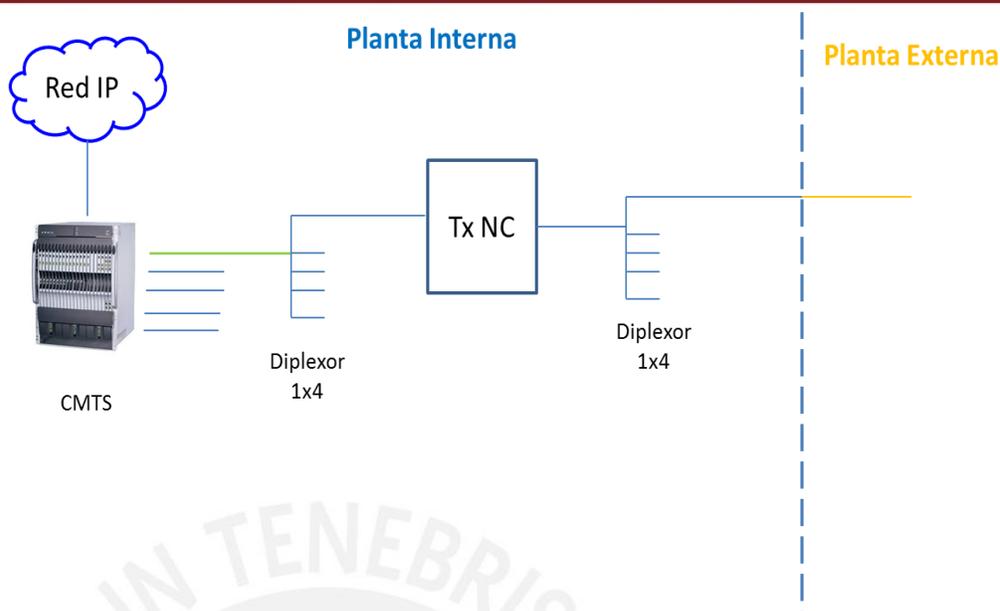


Figura 22 : Planta Interna se servicio IPTV con HFC

Fuente: [MOV2015]

El primer equipo a conformar la planta interna es el CMTS quien recibe la información a través de fibra óptica por medio de la Red IP. Una característica de estos equipos son sus conexiones ya que por cada downlink se le conectan 4 uplinks.

El downlink se divide en 4 para el tráfico de subida porque de esta forma el ancho de banda se descongestiona y hay mayor espacio para los archivos de subida, asimismo, las personas no suelen subir archivos ya que es mas usado en fotos o video y los archivos de bajada al ser más densos es necesario tener un solo canal de downlink. [MOV2015]

Por esta razón, cada downlink es conectado a un diplexor de 1x4 lo que genera aún más cantidad de clientes para el despliegue y mayor cantidad de conexiones. Sin embargo, esto genera a la vez pérdidas en la señal. [MOV2015]

Luego del primer diplexor se conecta a un transmisor de Narrow Cast. Este equipo sirva para modular la señal y poder ser enviado hacia la planta externa y finalmente al cliente. La señal saliente se le conecta a un diplexor de 1x4 para una mejor ramificación de ella.

Cabe mencionar que un downlink se conecta a un diplexor por lo tanto son proporcionales ambos, si hay 5 downlinks, deberá existir 5 diplexores. Con esta misma analogía se deberá de tener en cuenta con las señales salientes del Tx NC.

- Planta externa

En esta sección del diseño de la red consiste en transmitir la señal óptica saliente de la planta interna hacia el lado del cliente. Es un área crítica debido a la instalación asimismo a la exposición en las calles, por lo que usuarios atentan contra estos equipos y generan averías y caídas masivas.

El equipo importante en la planta externa es la troba ya que es el encargado de convertir la señal óptica proveniente de una fibra de planta interna a señal eléctrica, siendo ésta transmitida mediante cable coaxial. Las trobas son instaladas en lugares estratégicos.

La cantidad de bornes usados dependen mucho de la cantidad de usuarios en las calles a distribuir. Estos bornes son los que definaran el modelo de taps y la cantidad de ellos a usar. Una troba puede soportar 500 bornes como máximo.

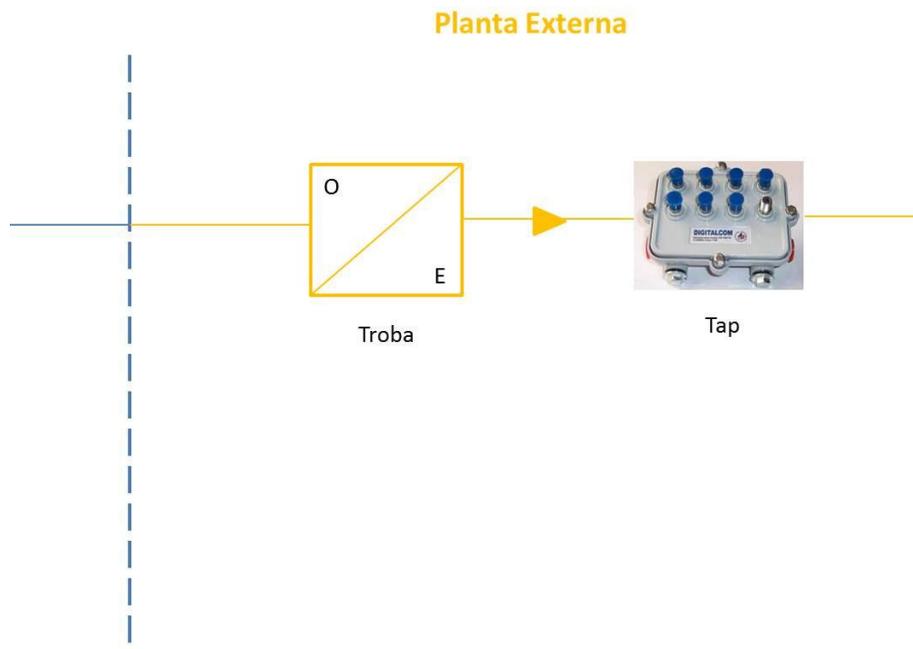


Figura 23 : Planta Externa de servicio IPTV en HFC

Fuente: Elaboración propia

Entre la troba y los taps suelen existir amplificadores siempre y cuando la distancia del cliente sea mayor y si supera la distancia, se colocan armarios. Estos equipos son pequeños nodos que permiten reconstruir la señal y volverla a transmitir al usuario.

Los taps cumplen la función de un splitter y se suelen encontrar ubicados en los postes junto con las trobas. Ellos son los encargados de dividir la señal eléctrica en varias ramas para su debido ingreso a las casas de los abonados. De acuerdo a la cantidad de clientes, se eligen los taps adecuadas, sean de 4 u 8 bornes.

- Cliente

Se considera lado del cliente desde la conexión del cable coaxial en los cable modems hasta los mismos equipos del usuario final. La conexión desde los taps

hasta los cablemodems es mediante cable coaxial ya que si es fibra se convertiría en FTTx y ya no en HFC.



Figura 24 : Cliente con servicio IPTV en HFC

Fuente: Elaboración propia

Los servicios, en especial el IPTV, llega en forma de IP hasta el cable modem y para poder ser conectado a los televisores, su medio de transmisión puede el cable coaxial ya que IPTV se llamada debido a la creación de la cabecera y el transporte de él.

Sin embargo, para sacar más provecho al servicio es posible conectar un equipo receptor de WiFi con salida HDMI para poder ser conectado a la televisión y poder capturar los canales mediante wifi. Además todas las aplicaciones podrán ser comprobadas ya que la cabecera IPTV es quien permite que estas aplicaciones se ejecuten.

De manera adicional se coloca una laptop y un teléfono IP ya que una aplicación y mejora del servicio ITV es que permitirá la unión de los tres servicios mediante un solo medio, en este caso el HFC.

3.5 EQUIPOS A UTILIZAR EN HFC

Para la tecnología HFC otros proveedores han apostado por diseñar equipos para la mejora del servicio. Algunos son de los conocidos como Cisco y otros no tan conocidos pero buenos en calidad como Arris y Chongqing Jinghong High-Tech.

Los equipos CMTS ayudan a las operadoras de cable a que su infraestructura pueda evolucionar en la tecnología IP teniendo mayor rendimiento, escalabilidad y densidad en los puertos para poder abelgar mayor cantidad de usuarios.

- Cisco uBR10012

Este equipo puede trabajar con DOCSIS 1.0, 2.0 y 3.0. Estos estándares son los que permiten la transferencia de datos en el mundo del CATV. Asimismo, permite a las operadoras brindar datos múltiples, una mayor ancho de banda para los servicios de voz, video e internet, como también gran penetración de los abonados.



Figura 25 : Cisco uBR10012 [CIS2012]

Permite la entrega de video sobre IP por lo tanto puede soportar el servicio de IPTV. Tiene gran escalabilidad en sus tarjetas como productos que ayudan al aumento de memoria como velocidad de transmisión por puertos.

- D3 Series CMTS

Este equipo es diseñado por una empresa china no tan conocida como Huawei o ZTE, su nombre es Chongqing Jinghong High-Tech. Este CMTS está basado en DOCSIS 3.0 ya que es un equipo mejorado en el aspecto de velocidad y aumento de abonados y servicios.

Tiene como característica la tecnología de unión de canal para el downstream con 1.1 Gbps y para el upstream con 160 Mbps. Al tener un gran ancho de banda, un perfecto QoS lo hace atractivo para el servicio de IPTV ya que es rentable para reducir costos en mantenimiento y además agrega un gran valor a las redes HFC.



Figura 26 : D3 Series CMTS [CHO]

- C4 CMTS

La empresa Arris es otra proveedora que trata de competir en las áreas de CATV mejorando su red. Un equipo que también trabaja con DOCSIS 3.0 es el C4 CMTS. Este equipo también ofrece escalabilidad en la red como un aumento de ancho de banda lo que lo hace también atractivo para el servicio de IPTV.



Figura 27 : C4 CMTS

Fuente: [ARR]

Así como para FTTH, en la siguiente tabla 9 se hace un resumen de las características principales de los equipos representativos de cada marca para los ONT.

Tabla 9: Comparación de equipos ONT

Fuente: Elaboración propia

Cisco	D3 Series	Arris
Brinda servicios múltiples como voz, video e internet para cada abonado.	Es un equipo ONT de planta externa con un downstream de 1.1Gbps y un upstream de 160Mbps	Este equipo trabaja con DOCSIS 3.0 lo que le permite escalar hacia combinación de HFC y FTTH.

3.6 SERVICIO EN IPTV EN COMBINACIÓN DE FTTH Y HFC

Cuando hay infraestructura ya desplegada de HFC hacia los abonados o equipos ya instalados, cambiarlos hacia una nueva tecnología a veces implica una mayor inversión y no es tan atractivo para los operadores.

Sin embargo, el avance de la tecnología es quien limita al HFC ya que la fibra al expandirse y hacer más atractivo el aumento del ancho banda obliga a las operadoras a invertir en una nueva infraestructura y cableado.

Al combinar ambas tecnologías sería necesario colocar un OLT en la planta interna ya que será el encargado de emitir las longitudes de ondas correspondientes a video, voz y datos. Asimismo se colocaría una tarjeta o software que permita la conversión de la señal televisiva por fibra hacia una señal IP y poder ser IPTV desde el OLT. Por lo tanto, se mantendría la recepción de canales de manera normal mediante antenas y desde el CMTS hasta el OLT.

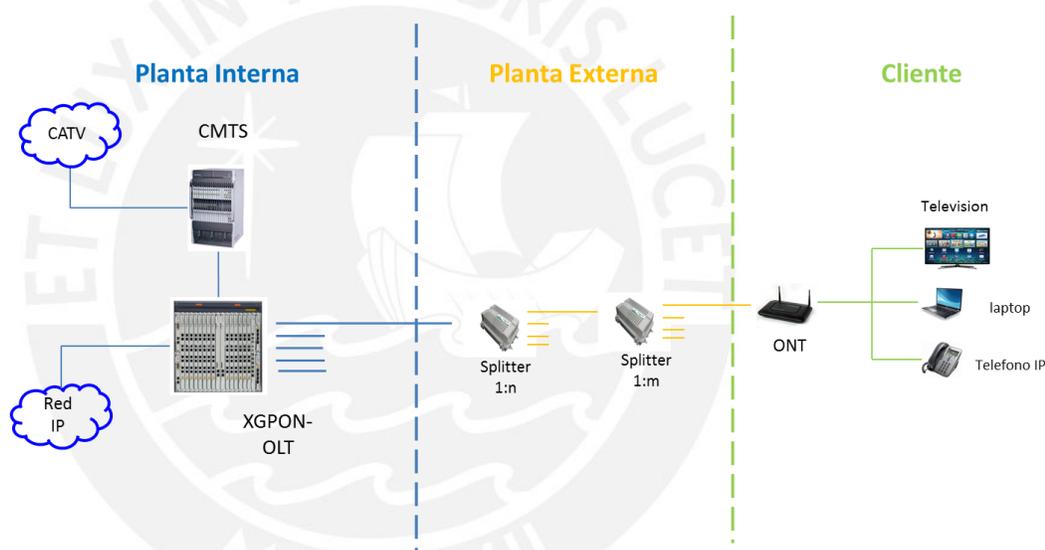


Figura 28 : Diseño de servicio IPTV usando HFC y FTTH

Fuente: Elaboración propia

El video será transmitido al igual que en FTTH mediante 1550 nm, y la voz y datos mediante las mismas longitudes de onda, 1490nm y 1310nm.



CAPÍTULO 4

ANÁLISIS COMPARATIVO

Los factores de calidad y costo para este tipo de tecnología dependerán de muchos factores, no solo de los mismos equipos sino de los requerimientos de los operadores para que el servicio, en este caso IPTV, tenga un mejor funcionamiento.

Para realizar una buena comparación entre ambas tecnologías para el servicio de IPTV es necesario tomar en cuenta varios factores como los proveedores y su experiencia en el campo de iptv como en su transporte con respecto a HFC y FTTH, las características físicas y de software para los equipos de manera individual y conjunta, los protocolos a usar como también la robustez de ellos.

El costo y la calidad son características que van de la mano ya que de acuerdo a la calidad estándar mínima para un buen servicio se compara con los precios a gastar de los equipos y de esta forma se elige al mejor proveedor de servicio. Se

tomará en cuenta ciertas características mínimas requeridas para un buen servicio de IPTV en ambas tecnologías.

Para la tecnología de HFC es necesario tomar en cuenta el programa a usar para el equipo de CMTS, siendo dos candidatos posibles, DOCSIS 2.0 y DOCSIS 3.0. La diferencia va de acuerdo a la actualización del equipo y a la velocidad en que el operador brinda para el servicio.

Es necesario que los equipos puedan soportar DOCSIS 3.0 ya que permitirá la escalabilidad de los servicios no solo de IPTV sino también de la transmisión de datos o voz por ip. El DOCSIS 3.0 nos da una velocidad de bajada de 336 Mbps y una velocidad de subida de 120 Mbps. Sin embargo aumentando los canales para el bonding se puede llegar a 1Gbps para downstream y 100Mbps para upstream.

Para la compresión de video se deberá de hacer uso del codec H.264 por lo que los equipos a utilizar deben de poder soportarlo para poder visualizar de manera efectiva el contenido. Se eligió este codec debido a que la imagen es más nítida, y la anchura de los ficheros para las grabaciones cumpliendo así para la aplicación de PVR es más larga.

El H.264 permite usar 1.5Mbps para una televisión SD y 4.5 Mbps para una transmisión en HD, lo que reduce drásticamente el uso del ancho de banda; siendo posible tener más de una televisión en cada casa del usuario.

Las trobas a instalar deben de tener una capacidad de 500 bornes como máximo para poder evitar la saturación de los puertos. Los taps a usar deben de ser como mínimo de 4 a 8 bornes para evitar la degradación de la señal en su transporte.

Para el CMTS, como se mencionó anteriormente, debe de soportar DOCSIS 3.0, tener un mínimo de 24 puertos que soporten DOCSIS 3.0, multicast, varios tipos de modulación siendo como mínimo QPSK y 8 QAM. Deberá de ser ecoamigable con el medio ambiente, consumir baja potencia y no tener un gran tamaño para su instalación. Principalmente tener una garantía de 5 años para el equipo. Deberá ser robusto el equipo para un gran soporte de clientes.

Por lo tanto las características importantes para un servicio IPTV en tecnología HFC serán los siguientes:

Tabla 10: Características para HFC

Fuente: [ITU2012]

Protocolos	G.1010
Software CMTS	Docsis 3.0 y actualizaciones
Compresión de video	H.264 (1.5 Mbps para SD y 4.5 para HD)
Trobas	500 taps
Taps	4 hasta 8 bornes
Modulación	Mínimo QPSK y 8QAM
Puertos	Mínimo 24
Escalabilidad	Si
Robustez	Si
Cable modem	4 ethernet 1 RF Power on/off Antenas internas de 5GHz Voip
Velocidad (mínimo)	Downstream 336 mbps Upstream 120 mbps

Para la tecnología de FTTH los equipos principales son el OLT y el ONT, así como también la cantidad de capas para las divisiones en los splitters. Las velocidades a usar el FTTH según el estándar de la ITU-T G.984 será para upstream de 1.2 Gbps y para downstream será 2.4Gbps. El alcance máximo lógico deberá ser de 60 km y para el alcance físico será de 20 km como máximo. [ITU2012]

Para el OLT deberá de soportar el codec H.264 para la transmisión de video para el servicio de IPTV así como también en caso de unión con la plataforma de HFC,

deberá de tener una salida para el transporte del contenido de video desde el CMTS que será enviado mediante 1550 nm. Deberá de tener una clasificación de tráfico, una scheduling de servicios y algoritmo DBA para un mejor uso del ancho de banda para el contenido proveniente de upstream. [ITU2012]

Asimismo deberá de soportar multicast y HQoS, tener una gran densidad de soporte para el tráfico en sus interfaces. Un mínimo de 10 slot para tarjetas, ser ecoamigable con el planeta mediante el bajo consumo de potencia en los puerto GPON. Ser un equipo que permita escalabilidad a medida que el servicio va aumentando de usuarios y presente una alta robustez. [ITU2012]

Para el ONT también deberá de soportar el codec H.264 para la transmisión de video y tener salida RF, dos salidas ethernet como mínimo, una entrada para la fibra proveniente del OLT y los focos led que le permitan visualizar al cliente la calidad del servicio en el aspecto del internet y 2 antenas wifi internas como mínimo de 5GHz. [ITU2012]

La cantidad de niveles para los splitters dependerá del modo de mantenimiento del servicio y la cantidad de usuarios a los cuál el operador desea llegar. En el diseño propuesto se hace uso de dos niveles para tener una cantidad de usuarios como mínimo de 32 usuarios por fibra. Sin embargo a mayor cantidad de niveles, la pérdida por splitter es mayor por tal motivo para el primer nivel se recomienda un máximo de 1:16 y en el segundo nivel un máximo de 1:32.

Tomando en cuenta las siguientes características por separado que en ambas tecnologías, permiten un buen acceso y estabilidad del servicio IPTV ya que ambos son escalables y robustos son sus propios equipos. Sin embargo FTTH necesita una gran inversión al inicio debido al gran costo de sus equipos en el mercado pero eso se compensa con el mantenimiento. [ITU2012]

Por lo tanto las características mínimas necesarias para un buen uso del servicio IPTV en FTTH serán:

Tabla 11: Características para FTTH

Fuente: [ITU2012]

Protocolos	G.983, G984, G.981
Velocidad	Downstream 2.4 Gbps Upstream 1.2 Gbps
Escalabilidad	Si
Robustez	Si
Compresión de video	H.264 (1.5 mbps para SD y 4.5 Mbps para HD)
Niveles de splitter	Mínimo 2
Tipos de splitter	1:16 como máximo para el primer nivel 1:32 como máximo para el segundo nivel
ONT	Puerto RF 2 puerto ethernet mínimo 2 antenas wifi internas de 5GHz
OLT	Clasificación de tráfico Scheduling de servicios Soporte para tres longitudes de onda (1350, 1440, 1550) Algoritmo DBA para ancho de banda HQoS 10 slot mínimo

Es decir, que permitir que los equipos de fibra se encuentren estables con el paso de los años hasta conseguir la rentabilidad necesaria del proyecto es más barato que mantener una red HFC. Éste último tiene una inversión baja a comparación con FTTH, sin embargo, su mantenimiento es medio debido a la accesibilidad de los equipos y la red desplegada.

Tabla 12 : Comparación entre FTTH y HFC

Fuente: Elaboración propia

Características	HFC	FTTH
Escalabilidad	X	X
Robustez	X	X
Velocidad	100 Mbps	1 Gbps
Compresor de video	H.264	H.264
Cantidad de equipos en una red	4	3
Voz	opcional	Opcional
Mantenimiento	Bajo - medio	Bajo
Costos fijos	Bajos	Altos

La solución de este diseño consta de dos presupuestos para ambas tecnologías sin embargo, un presupuesto general e importante es el de la cabecera IPTV. El costo de la cabecera iptv en un solo equipo es de 20 000 dólares, en cambio el costo en varios equipos para poder formar un servidor completo de iptv es de 50 000 dólares.

Una ventaja de que el servidor IPTV sea en equipos separados es su mantenimiento ya que se puede reemplazar el equipo a reparar por otro momentaneamente mientras que un servidor IPTV en un solo equipo hará que su mantenimiento sea más complicado en el acceso a él.

En la tabla 13 se presentan los costos de los equipos de una cabecera IPTV presentados en el capítulo anterior. Se toma en cuenta que estos equipos funcionan para un máximo de 100,000 usuarios. Asimismo se toma en cuenta el

valor actual del dólar que es 3.31 soles y el total generado se usará para el cálculo del análisis económico para las tecnologías propuestas.

Tabla 13 : Costos de cabecera IPTV [NET2015]

Equipos	Precios
middleware	\$ 100,000
billing	\$ 35,000
CAS	\$ 9,000
PC client	\$ 12,000
eVoD	\$ 2,000
VoD	\$ 6,000
TVoD	\$ 6,000
CDN server	\$ 2,500
Transcoder	\$ 5,000
myTV server	\$ 2,500
set up - c/u \$55	\$ 5,500,000
DVB yo IP gateway	\$ 6,000
HDMI Encoder	\$ 5,000
SW	\$ 2,500
Total	\$ 5,693,500
Total	S/. 18,845,485

Para los cálculos de los ingresos generados por la empresa se toma como ejemplo la primera empresa de telecomunicaciones en el mercado peruano y sus clientes inscritos al plan estelar de 131.7 soles hasta el segundo trimestre del presente año. Se obtiene un 11.6% de crecimiento poblacional con respecto a suscriptores al plan estelar. Asimismo el TCO usado es 10% según el BCR para el año 2015.

En la tabla 14 se puede observar el costo que traería implementar una cabecera de IPTV en una planta de HFC ya instalada.. Se puede observar que la recuperación de la empresa es de 3 años siendo su VAN el doble de la inversión

total y un TIR mayor al TCO. Esto permite que el servicio sea rentable por tener la planta de HFC ya instalada en años previos.

**Tabla 14 : Suscriptores de Televisión de paga en los últimos 5 años
[OSI2015]**

Lima	2011	2012	2013	2014	2015 - junio
Telefónica del Perú	274578	356,402	376,986	419,164	479,372

Tabla 15 : Proyección de suscriptores en plan estelar en los próximos 5 años

Fuente: [OSI2015]

Lima	Telefonica del peru	Ingreso
2015 - jun	479,372	S/. 63,133,292
2016	532,103	S/. 70,077,955
2017	590,634	S/. 77,786,530
2018	655,604	S/. 86,343,048
2019	727,720	S/. 95,840,783
2020	807,770	S/. 106,383,269

En la tabla 15 se observa que la cantidad de años de recuperación es de 5 y esto es porque se debe de instalar una planta nueva para FTTH, hacer compra de equipos en planta interna, externa y cliente y adicionarle el precio de la cabecera IPTV.

En la tabla 16 se observan las variaciones de tiempo y costos de inversión si la planta a instalar es FTTH pero a la vez se hace uso de HFC. En la inversión solo se toma en cuenta los equipos de FTTH en planta interna, externa y cliente y para la cabecera IPTV solo se hace una compra de un equipo que permitirá la conversión de la señal proveniente de CMTS hacia el OLT. Esto reduce la cantidad

de años de recuperación de 5 a 4. Teniendo un VAN final de 58 millones de soles y un TIR mayor al TCO, lo hace rentable al cabo de 4 años.

En la figura 29 se presenta el punto de equilibrio para el servicio IPTV en tecnología HFC, tomando en cuenta la existencia del 60% de la planta desplegada en el lugar a brindar servicio. La inversión inicial se recupera al cabo del primer año, aproximadamente en los 6 meses próximos a la fecha de inversión.

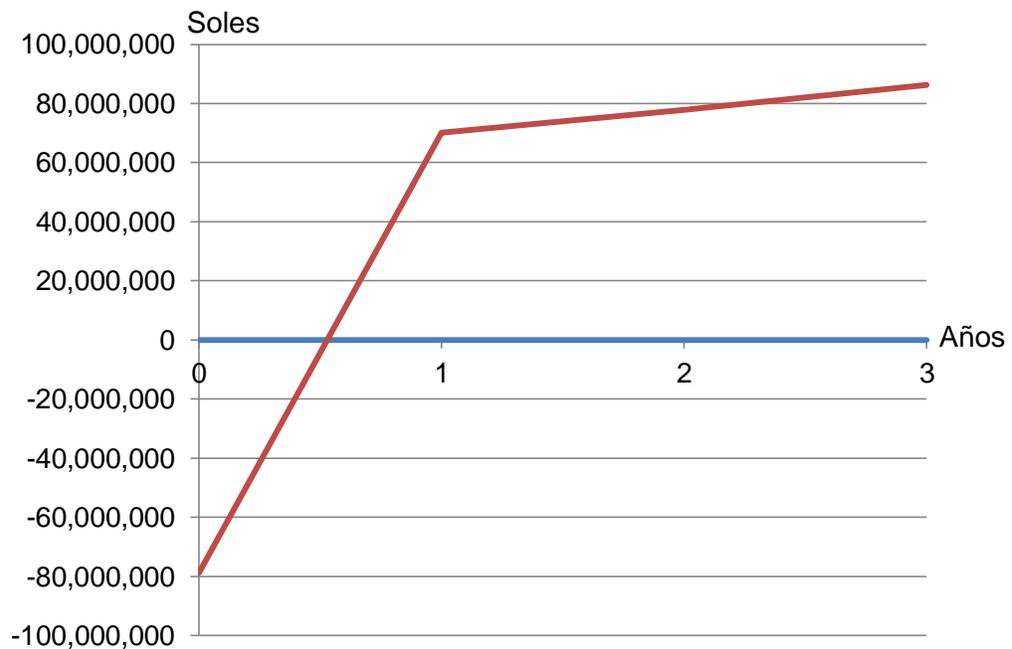


Figura 29 : Punto de equilibrio – HFC

Fuente: Elaboración propia

En la figura 30 se presenta el punto de equilibrio del servicio IPTV mediante tecnología FTTH, considerando que no hay planta desplegada. Por lo tanto la inversión extra que incluye no solo la compra de los equipos de fibra sino también el pago de los ingenieros, genera un mayor gasto en la inversión. Sin embargo, con los ingresos generados, la inversión también se recupera durante el primer año.

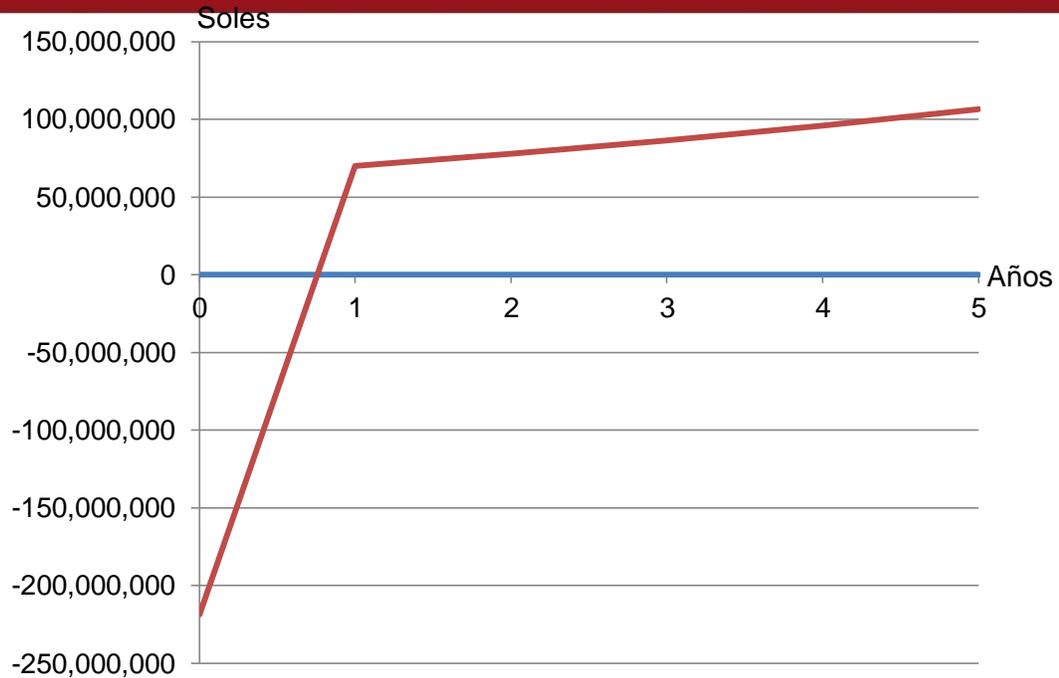


Figura 30 : Punto de equilibrio – FTTH

Fuente: Elaboración propia

En la figura 31, se presenta el punto de equilibrio del servicio IPTV pero ahora para el caso de HFC y FTTH combinado tomando en cuenta que ya hay planta de HFC desplegada. En esta solución no se hace la compra de los equipos de la cabecera IPTV debido a que se usarán los medios de extracción de canales de CATV y habrá una conversión en el equipo OLT mediante longitud de onda.

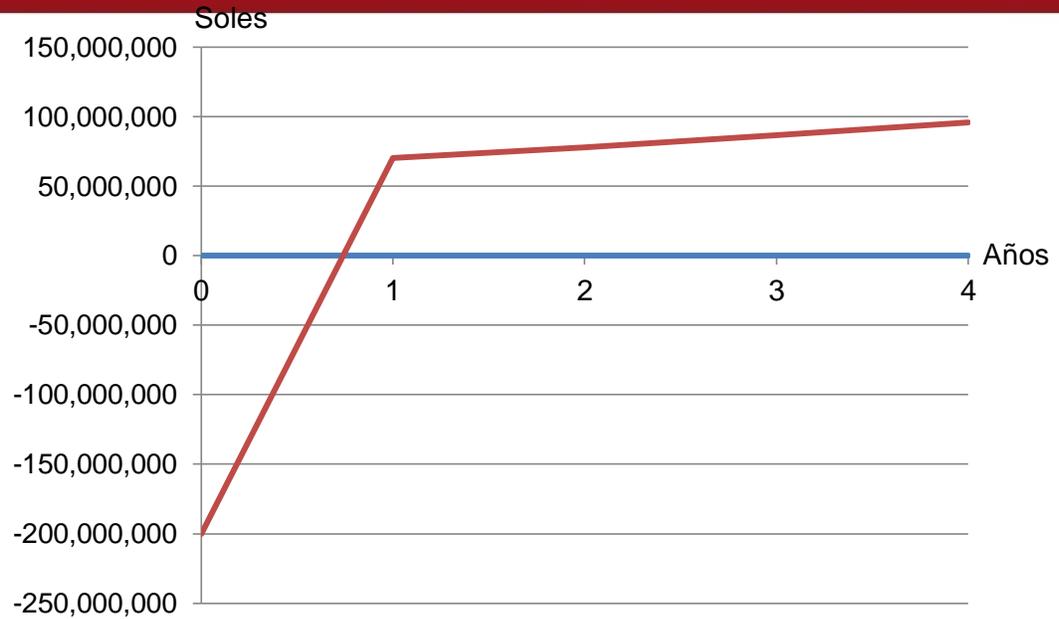


Figura 31 : Punto de equilibrio - HFC y FTTH

Fuente: Elaboración propia

Con estas soluciones no se pretende subir el costo al usuario ya que en realidad se tomará como una mejora del servicio ya instalado. Esta mejora se realiza para una mejor recepción de los canales de televisión y poder también estar a la par con el avance de la tecnología y la competencia con las demás operadoras. La operadora en el caso de tomar el FTTH sin tener una planta de HFC como respaldo, hará una gran inversión al inicio sin embargo los beneficios que traerá consigo después de los 5 años lo harán el mejor en su área de mercado.

De acuerdo a los resultados obtenidos de los tres puntos de equilibrio de cada opción de despliegue, VAN y TIR se puede realizar la siguiente comparación como se observa en la tabla 16.

Tabla 16: Comparación de punto de equilibrio, VAN y TIR de las opciones de despliegue para IPTV

Fuente: Elaboración propia

	Punto de equilibrio	VAN	TIR
HFC	5 meses	S/. 114,018,945	79%
FTTH	10 meses	S/. 105,535,130	3%
HFC y FTTH	8 meses	S/. 58,324,975	22%

Tabla 17: Costo de IPTV en red HFC
Fuente: Elaboración propia

Costo en red HFC				
Costo de servicio de televisión	S/. 63,133,292			
TCO	10%			
Periodo (años)	0	1	2	3
Cabecera IPTV	S/. -18,845,485			
Inversión extra	S/. -60,000,000			
Ingresos		S/. 70,077,955	S/. 77,786,530	S/. 86,343,048
Total	S/. -78,845,485	S/. 70,077,955	S/. 77,786,530	S/. 86,343,048
VAN	S/. 114,018,945			
TIR	79%			

Tabla 18: Costo de IPTV en red FTTH

Fuente: Elaboración propia

Costo en red FTTH						
Costo de servicio de televisión	S/. 63,133,292					
TCO	10%					
Periodo (años)	0	1	2	3	4	5
Cabecera IPTV	S/. -18,845,485					
Inversión extra	S/. -200,000,000					
Ingresos		S/. 70,077,955	S/. 77,786,530	S/. 86,343,048	S/. 95,840,783	S/. 106,383,269
Total	S/. -218,845,485	S/. 70,077,955	S/. 77,786,530	S/. 86,343,048	S/. 95,840,783	S/. 106,383,269
VAN	S/. 105,535,130					
TIR	3%					

Tabla 19: Costo de IPTV en red HFC y FTTH

Fuente: Elaboración propia

Costo en red HFC y FTTH					
Costo de servicio de televisión	S/. 89,077,534				
TCO	10%				
Periodo (años)	0	1	2	3	4
Inversión extra	S/. -200,000,000				
Ingresos		S/. 70,077,955	S/. 77,786,530	S/. 86,343,048	S/. 95,840,783
Total	S/. -200,000,000	S/. 70,077,955	S/. 77,786,530	S/. 86,343,048	S/. 95,840,783
VAN	S/. 58,324,975				
TIR	22%				

CONCLUSIONES

Con respeto al objetivo general, la tecnología más efectiva para transportar IPTV es FTTH debido a que es un servicio muy robusto y escalable sin embargo tomando en cuenta los costos analizados para ambas tecnologías es mejor primero combinar ambos y luego ir migrando hacia FTTH poco a poco.

A partir del análisis del capítulo 3, cumpliendo con los objetivos específicos, se concluye que la mejor tecnología a usar en IPTV sería FTTH debido al gran ancho de banda a brindar mediante fibra óptica y a una posible escalabilidad de los servicios a brindar en el futuro. La facilidad del acceso de esta tecnología como la mínima cantidad de equipos a usar lo hace más viable.

En el capítulo 4, se concluye que mediante precios y calidad de equipos la mejor opción es combinar ambas tecnologías en el caso de que la operadora ya tenga planta de HFC instalada en los usuarios debido a que esto permitirá un ahorro de costos en inversión en cabecera de IPTV como infraestructura e instalación.

Sin embargo, en el caso que la operadora no tenga planta de HFC y solamente cuente con ADSL para el servicio de internet y cobre para el servicio de cable, sería una mejor opción la instalación de fibra hacia la casa. Asimismo considerando los resultados del VAN y TIR de la tabla 14 permitirá realizar una inversión más fuerte pero, con una recuperación de cinco años generará un servicio más robusto y escalable para el futuro de las telecomunicaciones.

Por lo tanto, basándonos en el capítulo 4 con respecto al análisis económico, para una operadora con HFC es recomendable combinarlo con FTTH y para una operadora de ADSL es recomendable cambiar toda la planta a FTTH para futuros aumentos de ancho de banda.

No obstante, a medida que la tecnología está avanzando y con las nuevas investigaciones, si es que los usuarios aún tienen planta ADSL en sus casas para

el servicio de internet, será posible considerar la tecnología G.fast en donde la última milla es de cobre y la planta interna y externa hasta cierto punto es pura fibra.

Basándonos en este estudio del diseño del servicio de IPTV con ambas tecnologías de transmisión, se concluye que con respecto a los parámetros de calidad, la tecnología de FTTH es mucho mejor con respecto a la HFC. Y en parámetros de costos tomando en cuenta una proyección de suscriptores a lo largo de los próximos 5 años, es mejor HFC.

En efecto, las empresas operadoras o cableras que deseen cambiar su tecnología a FTTH o implementar IPTV, en realizar una simulación de FTTH en una localidad pequeña para observar el estado del servicio y así poder decidir si seguir con HFC o ir implementando paulatinamente la planta de fibra junto con sus equipos y nuevos softwares para su debido monitoreo desde las oficinas de la empresa.

Finalmente IPTV es necesario en el mundo actual y en nuestro país para con esto lograr una unión de servicios y poder tener aumentos de ancho de banda como bajos costos en los planes estelares de los paquetes de televisión y de esta manera superar la problemática del país.

RECOMENDACIONES

Con respecto al servicio de IPTV a implementarse en un futuro en el país. Si la empresa es cablera y tiene cierto porcentaje de despliegue con tecnología HFC, se recomienda implementar la opción de IPTV con HFC. Esta opción permitirá hacer una pequeña inversión en los equipos CMTS.

Sin embargo, con el paso de los años se recomienda que la tecnología a usar para transportar el IPTV sea fibra en su mayoría debido a la mayor velocidad que esta ofrece y al bajo costo de mantenimiento que sus equipos necesitan.

Una empresa cablera al querer migrar hacia FTTH o FTTd, FTTH con G.fast incorporado, es necesario que primero haga un piloto de IPTV con ambas tecnologías en cierta locación de Lima para poder realizar pruebas de velocidad y calidad de servicio del producto a ofrecer. Con la ayuda de este piloto se podrá tener una idea de la rentabilidad del servicio e irlo implementando poco a poco.

Los primeros equipos a comprar serían los OLT debido a que al hacer una fusión de HFC con FTTH es necesaria la comunicación entre ambos. Luego se deberá de hacer la compra de los equipos ONT para su reemplazo por lo cable modems y finalmente los carretes de fibra y los splitters para comenzar con el despliegue mediante zonas.

BIBLIOGRAFÍA

- [ABR2009] ABREU, MARCELO – CASTAGNA. ALDO – CRISTIANI, PABLO – ZUNINO, PEDRO – ROLDÓS, ENRIQUE – SANDLER, GUSTAVO. Documento: “Características generales de una red de fibra óptica al hogar (FTTH)”.
- 2009
- URL:
http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_179_CaracteristicasgeneralesredfibrapticalhogarFTTH.-VVAA.pdf
- Última fecha de consulta: Julio, 2015.
- [ALC2010] ALCATEL. Documento: “Eliminar barreras para la adopción de FTTH”
- 2010
- URL:
http://www3.alcatel-lucent.com/wps/portal/!ut/p/kcxml/04_Sj9SPykssy0xPLMnMz0vM0Y_QjzKLd4w3MfQFSYGYRq6m-pEoYgbxjgiRIH1vfV-P_NxU_QD9gtzQiHJHR0UAAD_zXg!/delta/base64xml/L0IJayEvUUd3QndJQSEvNEIVRkNBISEvNI9BXzdNVC9lc19lcw!!?LMSG_CABINET=Docs_and_Resource_Ctr&LMSG_CONTENT_FILE=News_Features/News_Feature_Detail_000610.xml#N1091F
- Última fecha de consulta: Noviembre, 2015
- [AME2011] AMERICA MOVIL. Documento: “Informe Corporativo de Responsabilidad Social”
- 2011
- URL:
<http://www.americamovil.com/amx/es/cm/reports/Y/Responsabilidadad2011.pdf>
- Última fecha de consulta: Mayo, 2015.

- [AND2010] ANDREU, JOAQUIN. Documento: "Servicio en red"
2010
URL: https://books.google.com.pe/books?id=vhit3ZmGQPsC&pg=PA185&dq=tecnolog%C3%ADa+FTTH&hl=es&sa=X&ei=eH4kVe2_EYqusAW4_IGQCA&ved=0CC4Q6AEwAA#v=onepage&q=tecnolog%C3%ADa%20FTTH&f=false
Última fecha de consulta: Junio, 2015.
- [CAB2005] CABRERA OBED, ALEJANDRO. Documento: "HDTV sobre IP en Internet2".
2005
URL:
http://postgrado.info.unlp.edu.ar/Carreras/Magisters/Redes_de_Datos/Tesis/Cabrera_Obed.pdf
Última fecha de consulta: Junio, 2015
- [CIN2008] CINTEL. Documento: "Experiencias en IPTV"
2008
URL:
http://cintel.co/wp-content/uploads/2013/05/27.experiencias_iptv.pdf
Última fecha de consulta: Noviembre, 2015.
- [CIS2015] CISCO SYSTEMS. Documento: "Cisco ME 4600 Series Optical Line Terminal".
2015
URL:
<http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/me-4600-series-multiservice-optical-access-platform/datasheet-c78-730445.pdf>
Última fecha de consulta: Noviembre, 2015
- [ESP2003] ESPAÑA BOQUERA, MARÍA CARMEN. Documento: "Servicios avanzados de Telecomunicación".

2003

URL:

https://books.google.com.pe/books?id=yTSoYCiXYAAC&pg=PA130&dq=tecnolog%C3%ADa+FTTH&hl=es&sa=X&ei=eH4kVe2_EYqusAW4_IGQCA&ved=0CD4Q6AEwAw#v=onepage&q=tecnolog%C3%ADa%20FTTH&f=false

Última fecha de consulta: Mayo, 2015

[HWE2015] HUAWEI INC. Documento: “Terminal de línea óptica (OLT) de la serie MA5600T”.

2015

URL:

<http://e.huawei.com/es/products/fixed-network/access/olt/ma5680t>

Última fecha de consulta: Noviembre, 2015.

[HWE2015] HUAWEI. INC. Documento: “G.fast: Moving Copper Access into the Gigabit Era”.

2015

URL:

http://www.huawei.com/ilink/en/solutions/broader-smarter/morematerial-b/HW_278065

Última fecha de consulta: Octubre, 2015

[HWI2012] HUAWEI. Documento: “Huawei Servicios”

2012

URL:

[file:///C:/Users/Brenda/Downloads/HUAWEI%20SERVICIOS%20Numero%201%20-%20Junio.2012\[1\].pdf](file:///C:/Users/Brenda/Downloads/HUAWEI%20SERVICIOS%20Numero%201%20-%20Junio.2012[1].pdf)

Última fecha de consulta: Noviembre, 2015

[IDA2014] IDATE. Documento: “FTTx White Paper Markets & Trends”

2014

Última fecha de consulta: Noviembre, 2015.

- [ITU2012] UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES.
Documento: “Norma G.948.1”
Última fecha de consulta: Diciembre, 2015
- [ITU2014] ITU. Documento: “La norma G.fast sobre banda ancha aprobada y disponible en el mercado”.
2014
URL:
http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2014/70-es.aspx#.VkayonYvfIV
Última fecha de consulta: Octubre, 2015.
- [JOS2013] JOSKOWICZ, JOSÉ. Documento: “Voz, video y telefonía sobre IP”.
2013
URL:
<http://iie.fing.edu.uy/ense/asign/ccu/material/docs/Voz%20Video%20y%20Telefonia%20sobre%20IP.pdf>
Última fecha de consulta: Julio, 2015
- [MES2014] MESTRIC, ROLAND – Alcatel ebook. Documento: “El video IP ofrece una oportunidad en un mercado complejo”.
2014
Última fecha de consulta: Mayo, 2015.

- [MOR2014] MORO VALLINA, MIGUEL – RODÉS BACH, ADOLF.
Documento: “Marketing Digital”
2014
URL:
https://books.google.com.pe/books?id=CBpfAwAAQBAJ&pg=PA13&dq=tecnolog%C3%ADa+FTTH&hl=es&sa=X&ei=eH4kVe2_EYqusAW4_IGQCA&ved=0CFgQ6AEwCA#v=onepage&q=tecnolog%C3%ADa%20FTTH&f=false
Última fecha de consulta: Agosto, 2015
- [MOV2015] MOVISTAR. Base de datos de uso interno de consumo de internet en HFC.
- [NET2015] NetUP.tv. Documento: “NetUP tv prive list 26 10 2015”
2015
Última fecha de consulta: Noviembre, 2015
- [NUS2014] NUSANTARA, HARDI – DAIRIANTA, FREYSKANIA. Documento: “Design and Analysis of FTTH – GEAPON for High Rise Building”.
2014
URL:
<http://ieeexplore.ieee.org.ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7065961>
Última fecha de consulta: Julio, 2015.
- [OSI2015] OSIPTEL. Documento: “Indicadores de televisión de paga”
2015
URL:
<https://www.osiptel.gob.pe/articulo/72-suscriptores-principales-empresas-en-lima>
Última fecha de consulta: Noviembre, 2015.

- [OSI2015] OSIPTEL. Documento: “Conexiones de Acceso a internet fijo, desagregadas por tecnologías de acceso y empresa operadora”
2015
- [OSI2015] OSIPTEL. Documento: “Suscriptores por departamento y empresa, mensual”.
2015
- [REN2014] RENDOR SCHNEIR, JUAN – XIONG, YUPENG. Documento:
“Cost Analysis of network sharing in FTTH/PONs”.
2014
URL:
<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6871680>
Última fecha de consulta: Setiembre, 2015
- [SID2014] SIDIK, NORBAITI – ABDULLAH, NUR FADHILAH. Documento:
“The development of IPTV Implementation by TM Unifi”.
2014
URL:
<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6482118>
Última fecha de consulta: Abril, 2015.
- [SIM2008] SIMPSON, WES. Documento: “Video over IP – IPTV, Internet Video, H.264, P2P, Web TV and Streaming: A complete guide to understanding technology”.
2008
Última fecha de consulta: Julio, 2015.

- [TAB2012] TABARES OSSA, JHON – TORRES ARBOLEDA, JULIÁN.
Documento: 2012 “Análisis del impacto tecnológico, legal y económico de IPTVen las condiciones actuales del mercado colombiano de las telecomunicaciones”.
2012
URL:
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/2753/1/00462T112.pdf>
Última fecha de consulta: Junio, 2015.
- [ZTE2013] ZTE. Lista de equipos
2013
URL:
http://enterprise.zte.com.cn/en/products/network_Infrastructure/broadband_access/xpon_onu/201312/t20131209_414453.html