



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES
Y REDES

“DISEÑO DEL SERVICIO DE IPTV SOBRE LA
INFRAESTRUCTURA GPON DE LA OLT RIOBAMBA CENTRO
PARA LA PRESTACION DE SERVICIO DE VIDEO POR
SUSCRIPCION DE LA CNT EP CHIMBORAZO”

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Presentado para optar al Grado Académico de:

INGENIERA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES

AUTORA: ADRIANA KATHERINE FREIRE CHINACHI

TUTOR: ING. ALBERTO ARELLANO AUCANCELA

Riobamba – Ecuador

2019

@2019, Adriana Katherine Freire Chinachi

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
EN TELECOMUNICACIONES Y REDES

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: “DISEÑO DEL SERVICIO DE IPTV SOBRE LA INFRAESTRUCTURA GPON DE LA OLT RIOBAMBA CENTRO PARA LA PRESTACION DE SERVICIO DE VIDEO POR SUSCRIPCION DE LA CNT- EP CHIMBORAZO”, de responsabilidad de la señorita ADRIANA KATHERINE FREIRE CHINACHI, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dr. Julio Roberto Santillán Castillo VICEDECANO FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	_____	_____
Ing. Patricio Romero DIRECTOR DE ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES	_____	_____
Ing. Alberto Arellano Aucancela DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	_____
Ing. Diego Veloz Cherrez MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____

Yo, Adriana Katherine Freire Chinachi declaro ser la autora del presente trabajo de titulación: “DISEÑO DEL SERVICIO DE IPTV SOBRE LA INFRAESTRUCTURA GPON DE LA OLT RIOBAMBA CENTRO PARA LA PRESTACION DE SERVICIO DE VIDEO POR SUSCRIPCION DE LA CNT- EP CHIMBORAZO”, que fue elaborado en su totalidad por mí, bajo la dirección del Ingeniero Alberto Arellano, haciéndome totalmente responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio de la misma pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Adriana Katherine Freire Chinachi

CI: 180400144-2

DEDICATORIA

“Si quieres encontrar los secretos del universo, piensa en términos de energía, frecuencia y vibración”-Nikola Tesla.

A Bárbara, por ti y para ti,

A Noemí, a su entrega y cariño

A Danny, Eder, Job, los hombres de mi vida.

Adriana

AGRADECIMIENTO

A Dios, por todo lo que soy, por todo lo que he logrado y por todo lo que tiene preparado para mí.

A Bárbara, gracias por esos abrazos sinceros y tu amplia sonrisa con la que me recibes después de cada jornada, por ese tiempo robado para formarme profesionalmente, todo sacrificio lejos de ti, van dando sus primeros frutos. Tú me inspiras ser un mejor ser humano, espero que años después cuando leas esto no te quede duda que te amo y estaré para ti siempre, mientras Dios y la vida lo permitan.

A mi madre Elizabeth, Señora mía, usted es el mayor ejemplo que he podido tener, gracias por su amor, por su paciencia, por nunca dejarme caer y enseñarme a volar alto, incluso más allá del cielo.

A mis hermanos, Danny, Eder y Job, gracias por su apoyo, por su paciencia infinita, por su amor incondicional, por creer en mí, por cada palabra de aliento, cada risa, llanto y enojo, nunca nada se nos ha dado fácil, pero todo se nos ha dado.

A mis amigos y amigas que recorrieron conmigo esta importante etapa, gracias por la ayuda, por los ánimos y tiempo compartido, por hacer de este viaje algo llevadero y lleno de experiencias.

A los Ingenieros Jorge Cando y Julio Cujilema, por darme la oportunidad de realizar este proyecto con la empresa CNT EP y por su decidida ayuda e información brindada a lo largo del proyecto.

Para finalizar agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en particular a la Escuela de Ingeniería Electrónica Telecomunicaciones y Redes, porque incluso cuando fallé, aprendí, a cada uno de mis profesores, por su don de gente, por ese entusiasmo con el que nos imparten conocimiento y de manera especial al Ingeniero Alberto Arellano, por su amistad, apoyo y guía a lo largo del presente trabajo.

Adriana

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiii
RESUMEN	xiv
SUMMARY.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
1.1. IPTV	5
1.1.1. <i>Introducción</i>	5
1.2. Arquitectura de un sistema IPTV.....	6
1.2.1. <i>Infraestructura y protocolos necesarios</i>	7
1.2.3. <i>Transmisión Unicasting</i>	22
1.2.4. <i>Transmisión Multicasting</i>	22
1.2.5. <i>Ventajas y desventajas de IPTV</i>	23
1.3. Redes GPON y su normativa	24
1.3.1. <i>IPTV sobre GPON</i>	27
1.4. Protocolos utilizados en IPTV.....	27
1.4.1. <i>Calidad de servicio en IPTV (QoS)</i>	32
1.5. Software Riverbed	35
1.6. Opnet Modeler.....	36
1.6.1. <i>Partes de Opnet</i>	37
CAPITULO 2	
2.1. Introducción	39
2.2. Análisis de la infraestructura existente de la red GPON de la CNT E.P. en la Zona	39
Riobamba Centro.....	39

2.2.1.	Central de la zona centro	39
2.2.2.	<i>Análisis de los servicios que actualmente la CNT E.P. presta a sus abonados en la zona de Riobamba Centro.</i>	41
2.2.3.	<i>Diseño y dimensionamiento de la red con los potenciales usuarios.</i>	42
2.3.	Diseño Lógico de la Red	49
2.3.1.	Cálculo del ancho de banda estimado	50
2.4.	Cabecera de la plataforma IPTV	53
2.4.1.	<i>Servidor de transmisión de contenido</i>	54
2.4.2.	<i>Servidor de VOD</i>	55
2.4.3.	<i>Middleware</i>	56
2.4.4.	<i>Servidor de CAS</i>	59
2.4.5.	<i>Servidor de inserción de publicidad</i>	61
2.4.6.	<i>Servidor de facturación.</i>	62
2.5.	Determinación de equipos de red de núcleo y red acceso en la plataforma de IPTV.	64
2.5.1.	<i>Red de Núcleo</i>	64
2.5.2.	<i>Red de Acceso</i>	66
2.6.	Equipos de usuario en la plataforma de IPTV.	66
CAPITULO 3		
3.1.	Análisis de resultados obtenidos	69
3.1.1.	<i>Estudio y predominio de la demanda para el servicio de IPTV en la zona Riobamba Centro.</i>	69
3.1.2.	<i>Proyección de demanda</i>	72
3.1.3.	<i>Cálculo de ancho de banda y determinación del mecanismo de calidad de servicio QoS.</i>	75
3.1.4.	<i>Dimensionamiento de red de cabecera y de usuario, para el servicio de IPTV en la zona de cobertura de la Central Riobamba Centro</i>	88
3.1.5.	<i>Determinación de la red de backbone, distribución y acometida para el servicio de IPTV.</i>	92
3.1.6.	<i>Presupuesto estimado y recuperación de la inversión de IPTV en la zona Riobamba Centro</i>	92

CONCLUSIONES	99
RECOMENDACIONES	101
GLOSARIO	
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Lugar de Origen de Estándar de televisión Digital.....	8
Tabla 2-1: Estándares en función del medio de acceso.....	13
Tabla 3-1: Recomendaciones Normativas GPON.....	26
Tabla 4-1: Capa de Aplicación.....	28
Tabla 5-1: Protocolos Capa de Transporte.....	31
Tabla 6-1: Protocolos de capa de red.....	31
Tabla 7-1: Ventajas y Desventajas de Intserv y Diffserv.....	35
Tabla 1-2: Preguntas de la encuesta.....	45
Tabla 2-2: Proyección de la demanda.....	46
Tabla 3-2: Índice de crecimiento de demanda.....	46
Tabla 4-2: Valores de Umbrales.....	47
Tabla 5-2: Resolución y Estándar de calidad SD y HD.....	51
Tabla 6-2: Tasa de transferencia para contenidos SD y HD.....	51
Tabla 7-2: Comparación de Servidores de Transmisión de Contenido.....	54
Tabla 8-2: Comparación de Servidores VOD.....	56
Tabla 9-2: Comparación técnica de Servidores CAS.....	60
Tabla 10-2: Comparativa Técnica Servidores de Inserción de Publicidad.....	62
Tabla 11-2: Comparación Técnica de Servidores de Facturación.....	63
Tabla 12-2: Comparativa Técnica de Switch de Agregación.....	65
Tabla 13-2: Análisis técnico de STBs.....	67
Tabla 1-3: Proyección de la demanda anual de IPTV en la zona Riobamba Centro.....	74
Tabla 2-3: Segmentación del mercado de IPTV con proyección a 5 años.....	75
Tabla 3-3: Parámetros para QoS en IPTV.....	82
Tabla 4-3: Comparación de END to END delay.....	83
Tabla 5-3: Throughput alcanzado para SD y HD.....	86
Tabla 6-3: Tasa de Transferencia recomendada para IPTV.....	86
Tabla 7-3: Tasa de Transferencia recomendada para VoIP e Internet.....	87
Tabla 8-3: Ancho de banda general recomendado.....	87
Tabla 9-3: Tráfico estimado para el servicio de IPTV proyectado a 5 años.....	88
Tabla 10-3: Servidores de la Cabecera IPTV propuesta.....	89
Tabla 11-3: Equipo de planta interna de IPTV.....	91
Tabla 12-3: Estimación anual de la red de usuario para IPTV.....	92
Tabla 13-3: Presupuesto referencial de la Cabecera IPTV en la zona Riobamba Centro.....	93
Tabla 14-3: Estimación de equipos de red de usuario STB en la zona Riobamba Centro.....	93

Tabla 15-3: Estimación económica referencial de la plataforma de IPTV.....	93
Tabla 16-3: Estimación de Ingresos totales de IPTV a 5 cinco años.	94
Tabla 17-3: Costos Operacionales del servicio de IPTV.	95
Tabla 18-3: Remuneración total anual del personal encargado de la dotación del servicio.....	96
Tabla 19-3: Gastos Administrativos Anuales del servicio de IPTV.	96
Tabla 20-3: Financiación Inicial de la Plataforma de IPTV.....	97
Tabla 21-3: Indicadores económicos del Proyecto.	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Esquema general de un sistema IPTV.....	6
Figura 2-1: Ubicación de Estándar de Televisión Digitales.	7
Figura 3-1: Sistema ATSC.....	9
Figura 4-1: Sistema DVB-T.....	10
Figura 5-1: Sistema DTMB.	11
Figura 6-1: Sistema ISDB.....	13
Figura 7-1: Diagrama de bloques de un receptor IRD.	15
Figura 8-1: Conexión Multicast.....	23
Figura 9-1: Jerarquía en Opnet.	37
Figura 10-1: Interfaz en Opnet Modeler.	38
Figura 11-1: Estadísticas arrojadas por Opnet.	38
Figura 1-2: Ubicación de Naps	40
Figura 2-2: Distribución de Feeder.....	41
Figura 3-2: Ubicación de distrito MT08, ciudadela Fausto Molina.	43
Figura 4-2: Modelo Masivo Casas.....	44
Figura 5-2: Cabecera de IPTV dimensionada.....	50
Figura 6-2: Canales SD y de Audio ofrecidos por CNT-EP para el servicio IPTV.....	52
Figura 7-2: Canales HD propuestos por CNT-EP para el servicio IPTV.	52
Figura 8-2: Escenario de prueba con servidores de la cabecera IPTV.....	53
Figura 9-2: Interfaz gráfica de KODI Middleware.....	58
Figura 10-2: Interfaz gráfica de Zappware Middleware.....	59
Figura 1-3: Escenario de simulación con los servidores para la cabecera de IPTV.....	76
Figura 2-3: Servidores de la cabecera de IPTV.	76
Figura 3-3: Fibra óptica utilizada en OPNET.....	77
Figura 4-3: Configuración del mecanismo de QoS Diffserv.	77
Figura 5-3: Tráfico recibido de un Canal HD.....	78
Figura 6-3: Tráfico recibido para Canal SD.....	78
Figura 7-3: Tráfico enviado desde un usuario voz.....	79
Figura 8-3: Activación de Intserv.	79
Figura 9-3: Activación del protocolo RSVP para Intserv.	80
Figura 10-3: Ancho de banda de un canal HD con Intserv.....	80
Figura 11-3: Ancho de banda de un canal SD con Intserv.....	81
Figura 12-3: Ancho de banda de VoIP con Intserv.....	81
Figura 13-3: END to END DELAY IPTV HD.....	82
Figura 14-3: END to END DELAY IPTV SD.....	83

Figura 15-3: END to END delay de un usuario VoIP.....	83
Figura 16-3: Throughput de un canal SD con Diffserv.	84
Figura 17-3: Throughput de un canal SD obtenido con Intserv.	84
Figura 18-3: Throughput en video digital Canal HD con Diffserv.	85
Figura 19-3: Throughput en video digital Canal HD con Intserv.	85
Figura 20-3: Dimensionamiento de red de cabecera y de usuario.	89

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Posee un Servicio de Televisión Satelital.....	70
Gráfico 2-3: Número de Decodificadores.....	70
Gráfico 3-3: Aceptación del servicio de IPTV.....	71
Gráfico 4-3: Inclinación por el tipo de servicio de IPTV.....	71
Gráfico 5-3: Aceptación del servicio de IPTV por parte de CNT-EP.....	72

RESUMEN

El objetivo del trabajo de titulación fue el diseño del servicio de televisión por protocolo de internet (IPTV) sobre la infraestructura de red óptica pasiva con capacidad de gigabit (GPON) de la línea terminal óptica (OLT) Riobamba centro para la prestación de servicio de video por suscripción de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones – Empresa Pública (CNT-EP) de Chimborazo. Se verificó la infraestructura de la red GPON que posee la ciudad de Riobamba para saber si dichas instalaciones soportarían la tecnología de IPTV, se utilizó el método estadístico para determinar el grado de aceptación que este sistema de televisión soportaría, además se realizaron simulaciones para medir las pérdidas de paquetes que se dan en la transmisión, así como también medir la latencia (jitter) del sistema. IPTV debe poseer un canal dedicado para transmisión, sin embargo, el costo para su transmisión es más económico que el de Televisión Analógica o Digital, además posee un interfaz más interactiva, razón por la que este sistema posee una gran aceptación para los usuarios. IPTV puede sufrir a veces retrasos en la transmisión así en horas pico de conectividad además de que, al ser una tecnología aun en desarrollo no posee ciertas características muy populares en la actualidad como por ejemplo televisión de alta definición (HDTV), se recomienda aprovechar los recursos que la empresa posee para expandir esta nueva tecnología por toda el área geográfica que CNT maneja, y así ser una empresa líder en el mercado de las Telecomunicaciones.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, < RED ÓPTICA PASIVA CON CAPACIDAD DE GIGABIT (GPON)>, <FIBRA ÓPTICA>, <RENDIMIENTO>, <PROTOCOLOS DE ENRUTAMIENTO>, <TRÁFICO DE DATOS>, <PÉRDIDA DE PAQUETES>, <CABECERA IPTV>.

SUMMARY

The purpose of the graduation work was to design the internet protocol television service (IPTV) on the gigabit passive optical network (GPON) of the optical line terminal (OLT) for Riobamba Centro. For providing a subscription video service by National Telecommunications Corporation (CNT-EP) public company of Chimborazo. The infrastructure of the GPON network in the city was verified to see if it would support IPTV technology. For this, it was necessary to use the statistical method to determine the acceptance level of this television system. In addition, some simulations were carried out in order to measure the packs loss during the transmitssion as well as measuring the latency (jitter) of the system. IPTV must have a channel for the data transmission whit 13 Mbps as a minimum in order to have a correct transmission; however, the cost for the transmission is cheaper tan the Analogic or Digital Televisión. In addition, it has a more intecartive interface that makes the system highly accepted by the users. IPTV may haver delays during the transmission on top connectivity hours since it is a developing technology and it does not have very popular characteristics as the ones in present days, for example high definition television (HDTV). It is recommended to take advantage of the resources the company has in order to expand this new technology along the area CNT controls, to become a leader company in the telecommunications.

Key words: <ENGINEERING SCIENCE AND TECHNOLOGY> < GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK (GPON)> <OPTICAL FIBER> <PERFORMANCE> <ROUTING PROTOCOLS> <DATA TRAFFIC> <PACKS LOSS> <IPTV HEADER>

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se ha logrado un amplio desarrollo en las telecomunicaciones y especialmente en las redes de computadoras. Han sido desarrollados dispositivos de captura y procesamiento de audio y video, logrando así una mayor calidad, bajos costos y mejores prestaciones que hacen más factible la distribución de materiales audiovisuales por las redes IP.

En los últimos tres años, un 46.35% de personas en el Ecuador tuvieron acceso a internet, de acuerdo a datos del Instituto de Estadísticas y Censos (INEC), se aprecia un crecimiento exponencial del número de hogares con acceso a internet a velocidades superiores a los 5Mbps, siendo común realizar la transmisión y descarga de videos a través del uso del protocolo de Internet (IP), y también el acceso a servicios de transmisión de señales de televisión ya sea por conexiones de internet o redes de datos dedicados.

En base a esto, las empresas de telecomunicaciones tienen la necesidad de evolucionar para convertirse en empresas de mayor competencia, aprovechando de manera más eficiente sus recursos y así ofertar más de un solo servicio (Televisión IP, Telefonía y conexión a Internet), esta evolución se liga al mejoramiento y repotenciación de sus infraestructuras de planta externa para una mejor rentabilidad.

La televisión por protocolo de Internet (IPTV), resulta de la unión de dos servicios de Telecomunicaciones; la del Internet y la Televisión, dando paso a nuevas formas de entretenimiento para los abonados y generando mayores ingresos a los proveedores de servicio.

La Televisión IP transforma la televisión tradicional, convirtiéndola en una experiencia totalmente personalizada, garantizando la calidad de servicio (QoS), ofreciendo variedad de contenido y disponible para el usuario en el momento que lo requiera, dichos servicios pueden ser programación de pago por evento, video bajo demanda, grabación personalizada y publicidad interactiva.

Los beneficios de este mecanismo de entrega de señales de televisión son la interactividad del usuario y la mejora de la interoperabilidad con las redes caseras. En el Ecuador, existen diversos proveedores de IPTV como IPTV Cable Ecuador, IPTV TotalPlayer, IPTV Premium Ecuador los

cuales prestan el servicio en base a una serie de requerimientos al cliente entre ellos el ancho de banda del canal, el cual debe ser mínimo de 5Mbps, CNT-EP al tener una infraestructura creciente en fibra óptica puede proveer de este servicio desde su core.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿El diseño del servicio de IPTV sobre la infraestructura GPON de la OLT Riobamba Centro permitirá aprovechar de mejor manera la capacidad instalada de la infraestructura de la CNT- EP?

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son las características y fundamentos de las soluciones de IPTV?

¿Cuáles son los requerimientos técnicos necesarios para la implementación del servicio de televisión cimentado en el protocolo IP en la zona de cobertura de la OLT Riobamba Centro?

¿Cuál será el dimensionamiento de la red de Cabecera IPTV en la zona de cobertura de la OLT Riobamba Centro?

¿Cuál será la tasa de transferencia de datos para brindar el servicio de IPTV a los usuarios?

JUSTIFICACIÓN

En el Ecuador, se han elaborado diversos estudios e investigaciones referentes a los sistemas de Televisión sobre el protocolo IP, como es el caso de Ricardo Alonso Ferro Bolívar y Cesar Hernández (Ferro Bolivar & Hernandez, 2011), quienes efectúan una abismal investigación sobre las preeminencias de IPTV frente a otras tecnologías de difusión, en dicho estudio se manifiesta que el contraste reside en que IPTV es un sistema más participativo y crea paquetes de programación al agrado del suscriptor. A más de permitir brindar servicios como: Triple Play, Televisión Móvil, Pay Per View (PPV), Video On Demand (VoD), Personal Video Recorder (PVR) y Switched Digital Broadcast (SDB).

En el estudio de Marcos Gerardo Espinoza Ortega y Andrés Felipe Orellana Cordero (ESPINOZA ORTEGA & ORELLANA CORDERO, 2011) se analizó el estado de la red de cobre de la CNT Azogues, en base a los datos obtenidos se propone los cambios necesarios para la implementación del servicio de IPTV, adicionalmente se realiza un análisis económico del mismo, para demostrar la rentabilidad del servicio.

En el estudio de Arévalo Medina, Elizabeth Fernanda y Bejarano Criollo, Ángel Leonardo (ARÉVALO, E., & BEJARANO, A., 2016), se evaluó los protocolos IGP IPv4 e IPv6 con dispositivos CISCO aplicado a la provisión de Televisión sobre Protocolo de Internet (IPTV) en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, durante el proceso se obtuvo datos de las variables que establecen la calidad de servicio de IPTV, como: latencia, pérdida de paquetes, jitter y MOS.

Otro estudio de igual relevancia es el de Ana Cristina Borja Calderón (Borja Calderón, 2017), se realiza el dimensionamiento de la plataforma de IPTV para la Zona de cobertura de la Central de Izamba, cantón Ambato utilizando tecnología GPON de la CNT-EP con la finalidad de dotar el servicio de video por suscripción.

En base a la información recopilada, se puede determinar que IPTV es un servicio en desarrollo a nivel nacional, y particularmente en la ciudad de Riobamba, principalmente en la Zona de Cobertura de Riobamba Centro donde se presenta una alta concentración inmobiliaria y comercial, teniendo una viable demanda de GPON, ofreciendo a los usuarios un servicio que presenta ventajas en relación a otros 4 sistemas, como; alta capacidad de convergencia, interactividad y entrega de contenido según el interés de cada usuario, permitiendo a CNT-EP la capacidad de competir en el mercado de las telecomunicaciones con mayor y mejor prestaciones y así aprovechar la capacidad de la infraestructura existente.

OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES

Diseñar el servicio de IPTV sobre la infraestructura GPON de la OLT Riobamba Centro para la prestación de servicio de video por suscripción de la CNT-EP Chimborazo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar las principales características de IPTV.
- Analizar la infraestructura de red GPON existente, así como los servicios que en la actualidad la CNT- EP ofrece a sus abonados en la zona de cobertura de la OLT Riobamba Centro.
- Determinar los requerimientos técnicos necesarios para la implementación del servicio de IPTV en la zona de cobertura de la OLT Riobamba Centro.
- Diseñar la red de Cabecera para el servicio de IPTV en la zona de cobertura de la OLT Riobamba Centro y calcular el ancho de banda mediante OPNET Modeler 14.5.
- Determinar el mecanismo de QoS adecuado para el servicio de IPTV.

CAPITULO 1

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. IPTV

1.1.1. Introducción

Como su nombre lo dice, IPTV hace referencia a la tecnología capaz de transmitir señales de televisión de pago usando conexión de banda ancha sobre el protocolo IP. Este servicio debe ir suministrado por el ISP, pero reservando un ancho de banda específico para esta conexión, por lo cual, a diferencia de la TV Online, la calidad de este servicio es garantizado por la operadora.

Los servicios de IPTV incluyen TV de multidifusión de calidad comercial, video a pedido (VoD), triple play, voz sobre IP (VoIP) y acceso a la Web / correo electrónico, mucho más allá de los servicios tradicionales de televisión por cable. La IPTV es una convergencia de la computación y el contenido de la comunicación, así como una integración de la radiodifusión y la telecomunicación. (Yang Xiao, 2007, p. 1)

Por lo tanto, IPTV tiene comunicaciones interactivas bidireccionales entre operadores y usuarios, por ejemplo, funciones de control de transmisión tales como pausa, avance, rebobinado, etc., que los servicios tradicionales de televisión por cable carecen. Triple play es un paquete de operador de servicios que incluye voz, video y datos. El video que adopta formato MPEG-2 o MPEG-4 se entrega a través de multidifusión IP. (Yang Xiao, 2007, p. 1)

Para implementar la tecnología IPTV debemos realizar cambios desde la capa física del modelo OSI, esto se debe a q dicho servicio debe contar con una garantía QoS, IPTV también puede acoplarse con tecnologías de acceso DSL de alta velocidad, también es una tecnología vinculada al protocolo IEEE 802.11n que corresponde a la LAN inalámbrica de alto rendimiento.

1.2. Arquitectura de un sistema IPTV.

Un sistema de IPTV lo conforma un conjunto de procesos y aplicaciones, siendo el principal elemento la fuente de contenido, la cual puede ser de tipo satelital, terrestre o por cable. A este contenido, dependiendo de la elección del abonado, se le puede añadir las aplicaciones propias de IPTV que encuentran alojadas en servidores, sean estos: Servidor de Transmisión de Contenidos, CAS/DRM, VOD, Servidor de Facturación, Middleware, Servidor de Publicidad. Todos estos servidores trabajan en conjunto en la cabecera de IPTV, permiten que el servicio sea participativo y altamente rentable para el operador. Por otra parte, para la red de usuario IPTV se le proporciona al abonado un equipo nombrado STB, el cual funciona como un decodificador que obtiene las señales en formato IP y las visualiza en el televisor, además le añade características multimedia al televisor.

En la *Figura 1-1* se visualiza cada uno de los elementos de un sistema de IPTV.

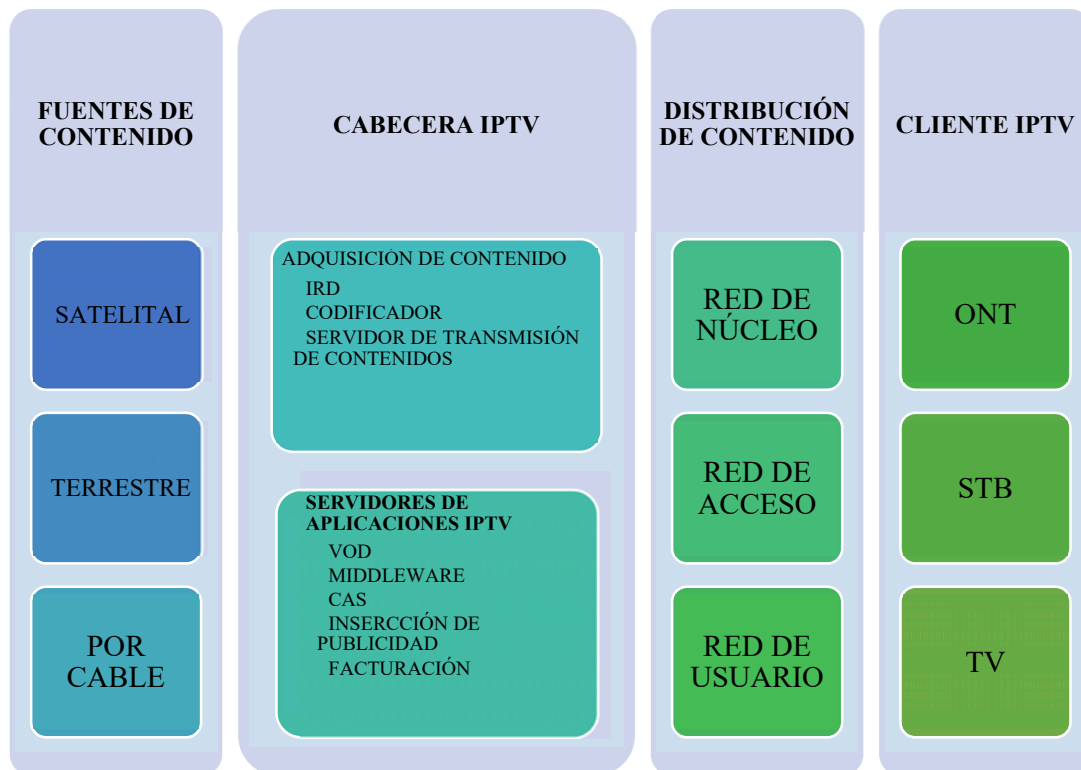


Figura 1: Esquema general de un sistema IPTV.
Realizado por: FREIRE, A., 2017.

1.2.1. Infraestructura y protocolos necesarios.

1.2.1.1. Fuentes de Contenido

Las fuentes de contenido pueden ser de tipo satelital, terrestre y por cable. Si el contenido no se encuentra codificado se procede a la adquisición del mismo en la cabecera de IPTV, por ejemplo si la fuente es de origen satelital, el contenido pasa por un equipo denominado IRD, posteriormente, por un codificador que comprime el contenido al formato de compresión deseado, el cual puede ser, MPEG-2, MPEG-4, entre otros, para que este pueda ser transmitido en tramas IP sobre la red debe ser encapsulado, esto se realiza mediante un equipo denominado Encapsulador, Streamer o Servidor de Transmisión, que conjuntamente con los protocolos de IPTV, se encarga de la transmisión del contenido a tiempo real hacia los suscriptores.

Por otro lado, cuando el contenido está codificado existen estándares ya establecidos para el contenido de video digital, dependiendo las regiones de mundo y el tipo de fuente de contenido. Para la emisión de programas digitales se emplean cuatro estándares diferentes en todo el mundo que compiten entre sí. (Borja Calderón, 2017, p. 26)

En la *Figura 2-1* se sitúan los países con su respectivo estándar para televisión digital terrestre.

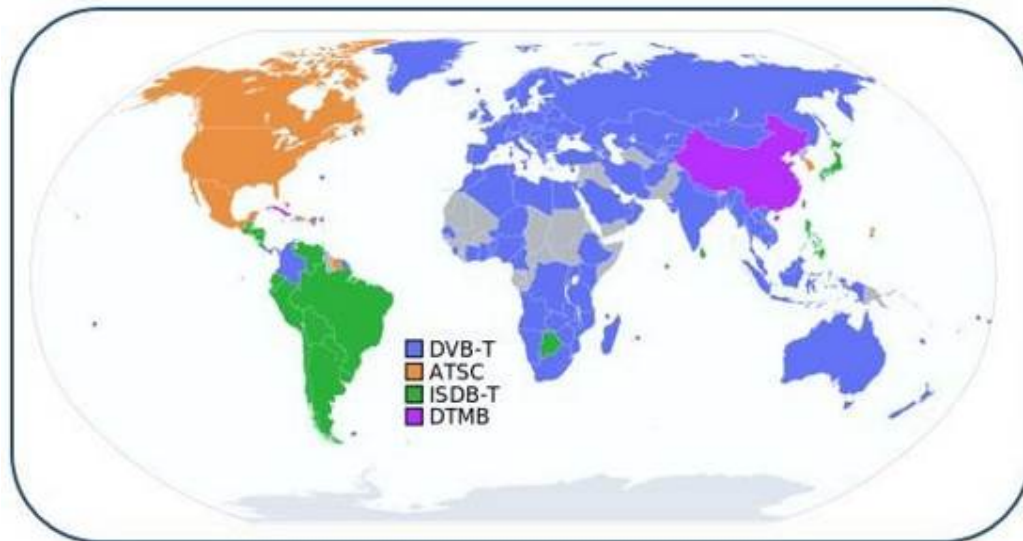


Figura 2-1: Ubicación de Estándar de Televisión Digitales.

Fuente: (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Digital_broadcast_standards.svg)

En la *Tabla 1-1* se encuentra detallado cada uno de los estándares de televisión digital con su respectiva zona de origen, aún existen países que no acogen un estándar en específico.

Tabla 1: Lugar de Origen de Estándar de televisión Digital.

COLOR	ESTÁNDAR	PAÍS DE ORIGEN
AZUL	DVB-T	EUROPEO
TOMATE	ATSC	EEUU
VERDE	ISDB	JAPÓN
VIOLETA	DTMB	CHINA
GRIS	NO ESPECIFICADO	-

Realizado por: FREIRE, A., 2018.

Fuente: (Borja Calderón, 2017)

1.2.1.1.1. Estándar ATSC

El estándar ATSC se estableció en Estados Unidos en 1982, por el Comité de Sistemas Avanzados de Televisión (ATSC-Advanced Television Systems Committe). Describe un sistema para transmisión de datos, audio y video, a través de un canal de 6 MHz de ancho de banda, puede transportar datos a una velocidad de hasta 19.39 Mbps, en el que se puede transportar un solo programa de Televisión de Alta Definición o múltiples programas de Televisión Digital Estándar.

El estándar ATSC procede en tres sistemas, especificados en la *Figura 3-1*:

- Compresión y Codificación de las fuentes.
- Transporte y multiplexación de los servicios.
- Transmisión de radio Frecuencia. (Borja Calderón, 2017, pp. 26-27)

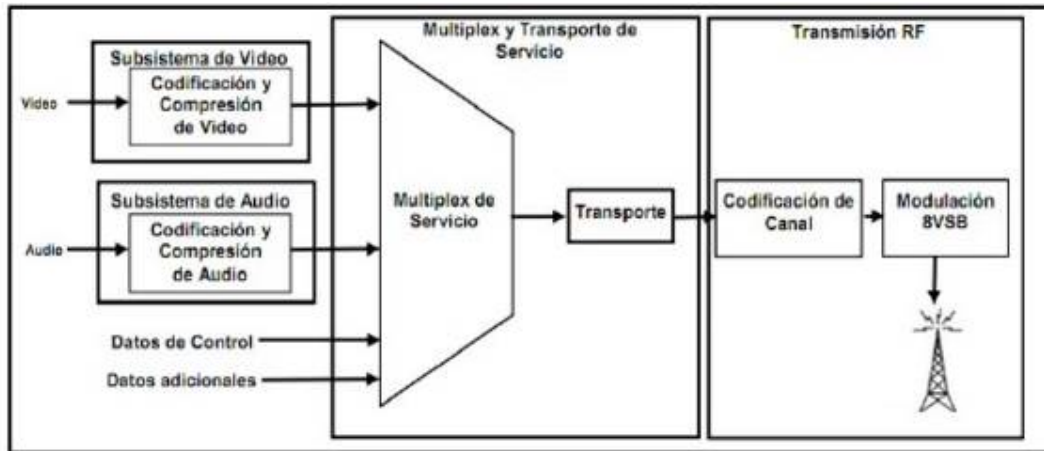


Figura 3-1: Sistema ATSC.

Fuente: (<https://es.slideshare.net/javierconjl/formatos-de-televisin-digital>.)

1.2.1.1.2. Estándar DVB

El estándar DVB (Digital Video Broadcasting) es un conjunto de radio difusión digital de video, el formado por más de 300 miembros de más de 30 países, principalmente europeos. Este estándar tiene como características principales:

- Estándar de compresión de audio y video MPEG-2.
- Facilita métodos de codificación y técnicas de modulación para la corrección de errores en sistemas por satélite terrestres y por cable.
- Provee formatos para inserción de datos en el canal de transmisión.
- Ancho de banda de 6, 7 - 8 MHz.
- Interactividad sin descartar la alta definición.
- Recepción Móvil. Modulaciones del Estándar DVB
- DVB-S: QPSK
- DVB-C: 64-QAM
- DVB-T: COFDM. (Borja Calderón, 2017, pp. 27-28)

En la *Figura 4-1* se muestra las fases de un sistema DVB terrestre.

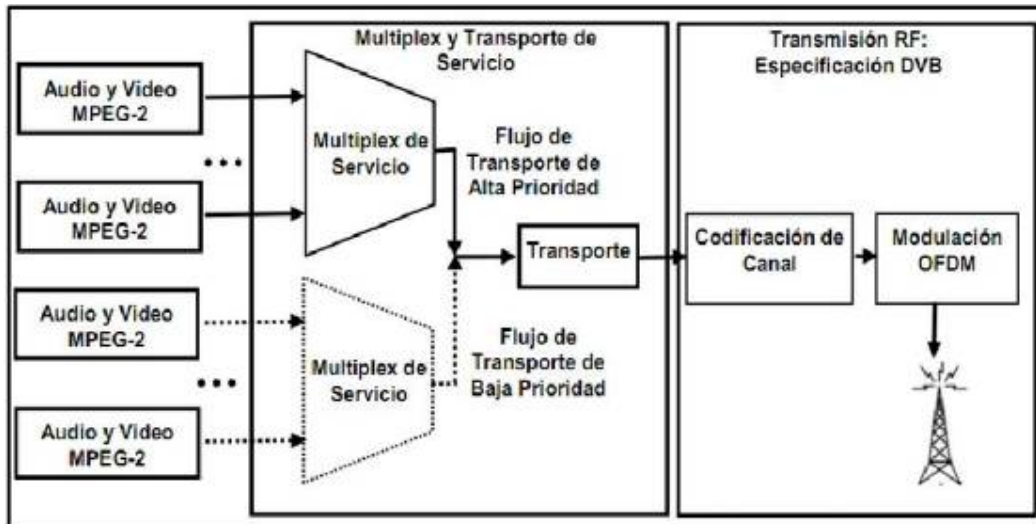


Figura 4-1: Sistema DVB-T.

Fuente: (<https://es.slideshare.net/javierconj1/formatos-de-televisin-digital>.)

1.2.1.1.3. Estándar DTMB

En China, el desarrollo de la televisión digital inició en el año 1992. En el 2006 se anunció el estándar de televisión para terminales fijos y móviles llamado DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcast), surge de fusionar los estándares ADTB-T (desarrollado por la Universidad de Shanghai JiaoTong, Shanghai), DMB-T (desarrollado por la Universidad Tsinghua, Beijing) y el TiMi (Terrestrial Interactive Multiservice Infrastructure), que es el estándar que propuso la Academia de Ciencias de Radiodifusión en el año 2002. Es un sistema flexible con la capacidad de difundir un número de programas en alta definición compuestos con varios canales convencionales SD y otro contenido multimedia. Además de las funciones básicas del servicio de televisión tradicional, el DTMB permite otros servicios adicionales:

- Código pseudo-aleatorio de ruido (PNPseudo-randomNoise) como intervalo de guarda que permite una sincronización más rápida del sistema y una estimación de canal más precisa;
- Codificación LDPC (Low-Density ParityCheck) como protección contra errores;
- Modulación TDS-OFDM (Time Domain Synchronization - Orthogonal Frequency Division Multiplexing) que permite la combinación de radiodifusión en SD, HD y servicios multimedia, etc.

- Los diferentes modos y parámetros pueden ser escogidos en base al tipo de servicio y el entorno de la red.
- La tasa de transmisión de bits se encuentra entre 4.8 Mbit/s hasta 32.5 Mbit/s. (Chic, Zambrano & Medina, 2015)

A continuación, en la *Figura 5-1* se ilustran las etapas de un sistema DTMB.

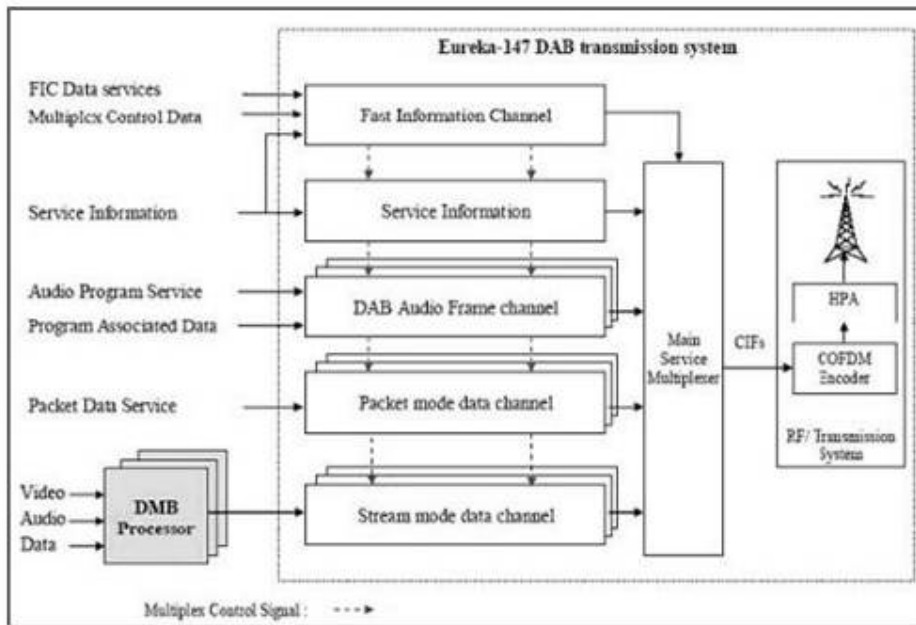


Figura 5-1: Sistema DTMB.

Fuente: (<https://es.slideshare.net/javierconjl/formatos-de-televisin-digital>)

1.2.1.1.4. Estándar ISDB

En Japón, la Asociación de Industrias y Empresas de Radio (ARIB) aprobó las especificaciones para el sistema de difusión digital terrestre llamado ISB-T (Difusión Digital de Sistemas Terrestres Integrados) en el año de 1998. Fue diseñado con la finalidad de proveer audio, video y servicios multimedia. Para integrar los diferentes requerimientos de servicios, el sistema de transmisión dota de una selección de esquemas de modulación y protección a errores que pueden ser seleccionados y combinados.

Para la difusión terrestre, el sistema fue diseñado para brindar televisión digital, programas de audio y ofrecer servicios multimedia en los que varios tipos de información digital como video, audio, texto y programas de computadora se integran. El sistema ISDB-T utiliza MPEG-2 como codificación de video y la codificación avanzada de audio MPEG-2 (AAC), utiliza además un flujo de transporte MPEG-2 para encapsular los datos. El sistema se desarrolló para canales de 6 MHz pero se puede elegir distintos ancho de banda con su correspondiente capacidad de datos.

El sistema ISDB-T es un sistema basado en modulación OFDM, pero utiliza una transmisión de banda segmentada OFDM (BST-OFDM), la cual divide el ancho de banda disponible en bloques de frecuencia llamados segmentos. Cada segmento tiene un ancho de banda correspondiente a $1/14$ del canal de televisión terrestre disponible. Una característica fundamental de BST-OFDM es la habilidad de utilizar diferentes modulaciones y parámetros de codificación en uno o más segmentos OFDM. El estándar ISB-T realiza transmisiones jerárquicas, en la cual, los parámetros de transmisión incluyen el esquema de modulación de las portadoras OFDM, debido a esto se da una codificación del código interno y la duración intercalada del tiempo. Cada segmento de datos tiene su propia protección de error y tipo de modulación (QPSK, DQPSK, 16-QAM o 64-QAM). Trece segmentos en el espectro OFDM están activos dentro de un canal de televisión terrestre.

El ancho de banda utilizable es el ancho de banda del canal multiplicado por $13/14$; por lo que un canal de 6 MHz tiene 5.57 MHz, un canal de 7 MHz tiene 6.50 MHz y un canal de 8 MHz tiene 7.43 MHz. El retraso producido por el intercalado de byte a byte, es distinto para cada flujo de datos. ISDB-T fue tomado como base para elaborar un estándar nuevo en Brasil, el cual se utiliza en varios países de América del Sur. Este estándar llamado ISDTV, por Sistema Internacional de Televisión Digital, trabaja con la misma tecnología de transmisión que el estándar ISDB-T. La diferencia ente ISDTV y el ISDB-T radica en el uso de H.264 como codificación del video en vez del MPEG-2 utilizado en el ISDB-T. Adicionalmente, ISDTV introdujo una plataforma interactiva conocida como Ginga, y se especificó la tecnología WiMAX como el estándar para el canal de retorno de los servicios interactivos. Este estándar fue elegido en algunos países de Asia y en muchos de Centro y Suramérica, incluyendo Brasil y Argentina. Comparación entre Estándares de Televisión Digital. (Chic, Zambrano & Medina, 2015)

En la *Figura 6-1*, se detalla los componentes del sistema ISDB.

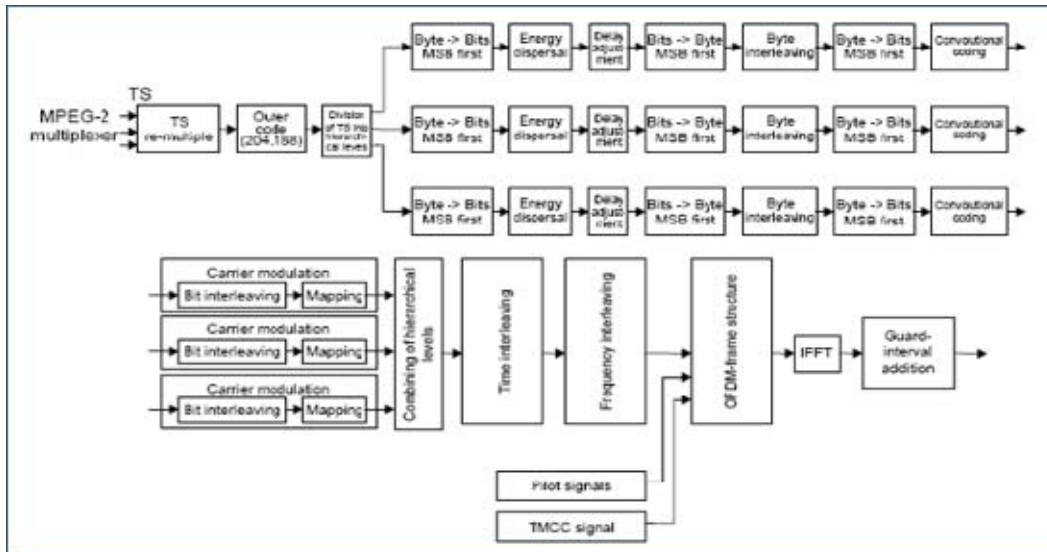


Figura 6-1: Sistema ISDB.

Fuente: (<https://es.slideshare.net/javierconjl/formatos-de-televisin-digital>)

1.2.1.1.5. Estándares de Televisión Digital en función del medio de acceso satelital, terrestre o por cable.

Por nomenclatura, si el estándar es de tipo satelital, terrestre o por cable se le adiciona un prefijo: S, T, C, respectivamente, como se indica en la *Tabla 2-1*.

Tabla 2-1: Estándares en función del medio de acceso.

ESTÁNDAR	SATELITAL	TERRESTRE	POR CABLE
ATSC	ATSC-S	ATSC-T	ATSC-C
ISDB	ISDB-S	ISDB-T	ISDB-C
DVB	DVB-S	DVB-T	DVB-C
SBTVD	SBTVD-S	SBTVD-T	SBTVD-C

Realizado por: FREIRE; A., 2017

1.2.1.2. Cabecera IPTV

1.2.1.2.1. Adquisición de Contenido

Para la adquisición de contenido intervienen los siguientes elementos:

- Receptor Decodificador Integrado (IRD)
- Codificador
- Encapsulador

a) IRD

El IRD, receptor decodificador integrado, obtiene la señal de imagen y sonido que proceden de uno de los sistemas digitales, realiza la demodulación y decodificación de la señal digital y envase al origen de dicha señal se tiene tres tipos:

- IRD satélite que demodula QPSK.
- IRD cable que demodula QAM.
- IRD terrestre que demodula COFDM.

La señal procedente de la toma de usuario o de la antena, se introduce en un sintonizador que elige un canal y lo convierte a una frecuencia fija para ser filtrado apropiadamente, evitando interferencia de canales adyacentes. Continúa con un demodulador específico del medio utilizado y se decodifica y detectan/corrigien errores producidos en la transmisión, posteriormente, se demultiplexa y se selecciona el programa deseado del canal sintonizado, dirigiéndose a un circuito de desembrollado o descriptado mediante una detección de acceso condicional en función de que el canal sea de pago o libre. (Borja Calderón, 2017, p. 30)

En la *Figura 7-1* se ilustra un diagrama de bloques general de un receptor IRD.

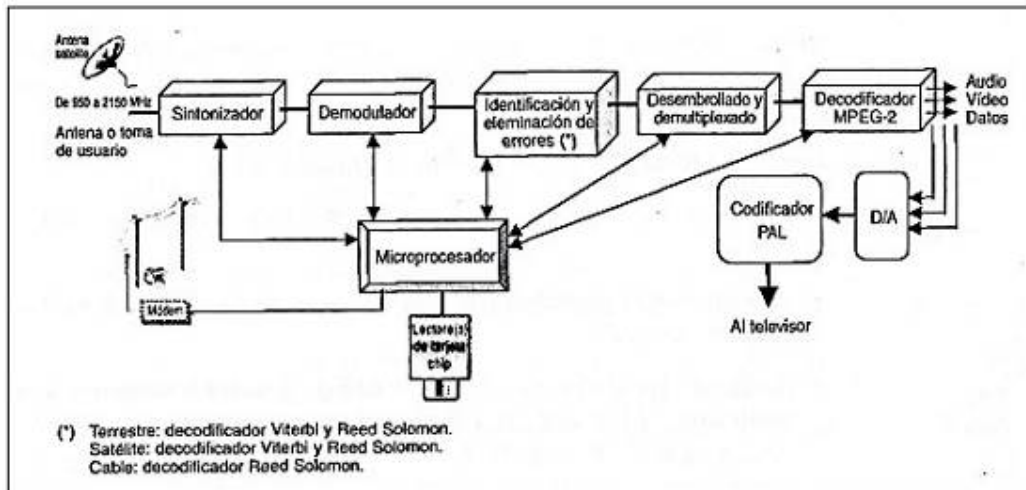


Figura 7-1: Diagrama de bloques de un receptor IRD.

Fuente: (<https://es.slideshare.net/javierconjl/format-os-de-televisin-digit-al>)

Los receptores digitales utilizados para la televisión de pago, emplean una de las siguientes interfaces:

- Interfaz de tarjeta de abonado: Permite el acceso a los usuarios hacia los servicios digitales de un determinado radiodifusor.
- Interfaz de tarjeta bancada: Permite hacer pagos por visión o compras desde el domicilio.
- Interfaz de acceso condicional: Permite que el descryptador del sistema no forme parte del IRD, y pueda ser incorporado por el radiodifusor o usuario (sistema MULTICRYPT). (Borja Calderón, 2017, p. 30)

b) Codificador

El codificador es un dispositivo empleado para la compresión y digitalización del video analógico obtenido, este dispositivo determina la calidad del video final por lo que su elección es de vital importancia, la robustez ante las pérdidas de datos y errores, la tasa de bits que se enviarán, el retraso por transmisión, son entre otros procesos que también se realizan dentro de dicho equipo.

La efectividad de una técnica de compresión de imágenes está en relación de la compresión, que se calcula como el cociente entre el tamaño del archivo de la imagen original, sin comprimir y el tamaño del archivo de la imagen resultante comprimida, considerando que a mayor relación de compresión se consume menos ancho de banda manteniendo un número de imágenes por segundo determinado.

Para hablar del codificador es indispensable hablar sobre los Estándares de compresión de video utilizados para video según el comité del organismo ISO, Moving Picture Expert Group (MPEG) son los siguientes: MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4. Los estándares MPEG son genéricos y universales en el sentido que simplemente especifican una sintaxis de la trama para el transporte de los datos obtenidos mediante los algoritmos de compresión de video y audio, no estando definidos los procesos de compresión.

- MPEG-2, el estándar MPEG-2 es el usado en los DVD y permite una imagen a pantalla completa con gran calidad SD. Admite la combinación de uno o varios streams elementales de video y audio, así como otros datos, en uno o varios streams que se van a transmitir o almacenar, esto se especifica en dos formas: el denominado Program Stream (PS) y el denominado Transport Stream (TS), cada uno de ellos es optimizado para conjunto de diferentes aplicaciones y requerimientos.
- MPEG-4 parte, el estándar MPEG-4 ofrece mejor calidad respecto a MPEG-2.
- MPEG-4 parte 10, el estándar MPEG-4 parte 10 fue adoptado bajo el nombre ITU-T H.264 por la ITU-T y la ISO/IEC bajo el nombre MPEG-4 parte 10 Códec de Video avanzado (AVC) y de aquí surgió el nombre híbrido H.264/ MPEG-4 AVC. (Borja Calderón, 2017, pp. 32-33)

Constituye la tecnología de compresión de nueva generación en el estándar MPEG-4. H.264 se puede alcanzar la mayor calidad posible en MPEG-2 pero con la mitad de tasa binaria y aumentar la complejidad de diseño. Permite distribuir calidad de video excelente a través de todo el espectro posible comprendido entre 3G y HD (desde 4 Kbps hasta 10Mbps). Posee especificaciones simples de su sintaxis, proporcionando una mejor integración con todos los protocolos actuales y arquitecturas múltiples. Esto permite incluir otras aplicaciones, tales como transmisión de video y video conferencia en redes fijas e inalámbricas y sobre diferentes protocolos de transporte. (Borja Calderón, 2017, p. 33)

c) Encapsulador

El Encapsulador, Gateway ASI-IP o Live TV Streamer, en este proyecto se le denomina Servidor de Transmisión de Contenidos, se encarga de recibir una señal de los codificadores llamada señal digital ASI y funciona como una clase de Gateway que se encarga de encapsular el contenido y transmitirlo a tiempo real en formato IP hacia el usuario final por medio de la red de distribución, preservando el formato de codificación establecido. Si el contenido se adquiere directamente de un satélite cuyos canales ya han sido codificados, se encarga de convertir la

señal DVB-ASI recibida, mediante un sintonizador o tuner DVB-S1, S2 a formato IP, este tuner capta la señal de los distintos transpondedores del satélite, para que sea transmitida por el protocolo de Internet. La cantidad de canales que el equipo sea capaz de transmitir depende del número de tuners que posea, mientras más tuners, mas transpondedores se podrán conectar. Y cada transpondedor posee cierta cantidad de canales, según las especificaciones del satélite, en ocasiones el contenido viene cifrado del transpondedor, por lo que es necesario incluir en el equipo un módulo CAM (Conditional Access Module), en este caso la cantidad de canales se limita, debido a que un CAM profesional es capaz de procesar de a 10 canales por módulo. (Borja Calderón, 2017, p. 34).

1.2.1.2.2. Servidores de Aplicaciones IPTV

Los servidores que permiten la funcionalidad de IPTV se describen a continuación:

a) Servidor de Transmisión de Contenidos

Un servidor de transmisión permite la distribución de contenido de vídeo y audio a través de Internet a los abonados. Aunque el vídeo y el audio son los tipos de contenido frecuentemente transmitidos a través de un servidor de transmisión en flujo de contenido multimedia, otros ejemplos incluyen las cintas de teletipo, transmisión en flujo de texto, como subtítulos en directo y texto en tiempo real.

Una vez que el contenido pasa a través de un servidor de transmisión de contenido, se recibe y presenta de forma continua a los espectadores a la vez que el operador lo distribuye. El término "transmisión en flujo" o "transmisión en flujo" hace referencia al proceso de distribución continua.

Hay tres tipos de transmisión en flujo.

- Transmisión en flujo de vídeo grabado, que se distribuye mediante un servidor VOD (vídeo a la carta). Los abonados pueden solicitar películas, programas de televisión y otros tipos de contenido de vídeo de amplias bibliotecas de títulos disponibles de un proveedor de contenido.
- Transmisión en flujo de vídeo en directo, que distribuye el contenido de vídeo en tiempo real por la web. Recibe y presenta el contenido en directo a los espectadores conectados a la programación en sus dispositivos portátiles.

- Transmisión en flujo coherente, eficaz y fluida es fundamental en el mundo del comercio móvil actual. Los abonados están conectados a Internet casi en todo momento a través de sus dispositivos portátiles y cada vez más en estos dispositivos móviles buscan opciones de entretenimiento e interactúan con contenido multimedia de marketing. Los usuarios esperan que la distribución de contenido de vídeo de alta calidad se produzca al instante a través del software de transmisión en flujo de contenido multimedia con independencia del lugar y el momento.

b) Servidor VOD

El servidor de Video sobre Demanda (VOD) de IPTV, permite a los abonados la selección de contenidos de televisión desde una EPG, como programas, novelas, películas y series, entre otros. La elección se la realiza mediante un catálogo con temas en relación a las preferencias de los usuarios, descargados en el STB (PVR) o guardarlo en la red (NPVR) y visualizarlo en un computador o televisor.

El servidor de Video sobre Demanda se ve afectado por la saturación de la información presentando retardos por cambios de canal, categorización de contenidos insuficientes para gustos variados y específicos, entre otros (Dorado & Arciniegas, s.f.)

c) Servidor CAS

El Sistema de Acceso Condicionado (CAS), es un sistema completo que garantiza que los servicios de radiodifusión sólo sean accesibles para quienes tienen permiso. Este sistema consta de tres partes principales: scrambling de la señal. Encriptación de las llaves electrónicas para el espectador y el sistema de gestión de suscriptor.

- ✓ Scrambling: es el proceso que convierte al sonido, imágenes y datos intangibles, después de decodificar, los defectos en el sonido y las imágenes deben ser imperceptibles.
- ✓ Encriptación: en este proceso se protege la información mediante claves secretas, a fin de convertirlas en inaccesibles a terceros. Esta información debe ser transmitida en formato scrambling hasta el descrambler para luego ser transmitida al abonado final.

El principal objetivo de un CAS para difusión es determinar cuál STB debe estar habilitado para entregar el servicio de programación. (Borja Calderón, 2017, p. 37)

Los sistemas de acceso condicional requieren de diversos elementos que se distribuyen entre la cabecera de TV digital y el descrambling digital, estos sistemas pueden estar en un módulo externo o embebidos y ser genéricamente de los siguientes tipos:

- ✓ Sistemas basados en la Interfaz común del DVB (DVB-CI), el sistema de acceso condicional reside en un módulo Interfaz Común (CAM) externo, está insertada en una ranura normalizada del DVB-CI en el decodificador, adicional puede disponer de una tarjeta chip externa para almacenar parte del sistema de acceso condicional o tenerlo integrado en un módulo CAM.
- ✓ Sistema basado en una tarjeta inteligente, se caracterizan por la seguridad repartida entre un sistema de software y una tarjeta inteligente extraíble del tipo ISO7816. El decodificador traslada la información que proviene del operador a la tarjeta y sigue las órdenes que provienen de la misma, requiere de una ranura para interfaz ISO7816.
- ✓ Sistemas basados en un chip, caracterizados cuando el sistema de acceso condicional o parte de él está integrado en un chip, este debe ser integrado en el hardware del decodificador, no se requieren elementos externos. (Borja Calderón, 2017, pp. 38-39).

d) Servidor de Facturación

El servidor de Facturación, es un software que posee herramientas que permiten al proveedor del servicio la gestión y recaudación de ingresos económicos de los abonados. Entre las principales funciones de este servidor es la calificación y facturación, es decir controlar el tipo de servicio para cada abonado y realizar la facturación en torno a este parámetro, disputas y ajustes, lo cual implica el registro de las diputa abiertas por los clientes contra las facturas y crear ajustes para realizar el reembolso cuando lo amerite. La CNT-EP provee más servicios bajo la misma infraestructura y a diferentes zonas geográficas del país, el servidor de facturación debe proporcionarse en multilingüe y combinar todos los servicios. (Borja Calderón, 2017, p. 41)

e) Servidor de Inserción de Publicidad

El servidor de inserción de publicidad, consiste en un sistema que permite a los proveedores de servicios incrementar la rentabilidad mediante la inserción de publicidad televisiva, se apoya en herramientas intuitivas para gestionar, planificar y dirigir campañas publicitarias.

La publicidad es insertada una vez se obtiene el contenido, mediante un equipo llamado Splicer, en donde mediante una bandera o marcador se determinan las secciones donde será insertada la publicidad, además el sistema de publicidad posee un sistema de administración que asegura que la publicidad sea insertada en los streams IPTV y slots de tiempos correctos.

f) Middleware

Consiste en un software que conecta componentes de software o aplicaciones para que puedan intercambiar datos entre sí. Ofrece un conjunto de servicios para posibilitar el funcionamiento de aplicaciones distribuidas sobre plataformas heterogéneas, esto incluye servidores web, servidores de aplicaciones, sistemas de gestión de contenido y herramientas similares. Proporciona una interfaz de programación de aplicaciones (API) para facilitar la programación y manejo de las aplicaciones distribuidas.

Debido a que este elemento de la cabecera de IPTV, permite tanto al operador como al usuario interactuar con los elementos de la red, es importante que le otorgue al operador las siguientes funciones:

- Gestión de contenido, que permite administrar los canales y aplicaciones.
- Establecer reglas de la empresa, esta función permite crear paquetes de suscripción de canales y contenido de VOD, productos que permitan características específicas, como nPVR, Catch-up TV o Start Over y administrar licencias de derechos de suscriptor de acuerdo a los planes contratados
- Gestión operativa, mediante la cual se automatiza y supervisa el servicio, se mide e informa de las características técnicas u operativas en tiempo real garantizando su disponibilidad continua mediante sistemas de alerta.
- Gestión de abonados, permite administrar las cuentas de los STBs y PCs de los hogares.
- Las nuevas cuentas se aprovisionan a través de la interfaz de CRM y los dispositivos que son propiedad de los suscriptores se proporcionan mediante una interfaz de auto-registro. Además establece límites en el número de dispositivos que se pueden auto-registrar o habilitar, se pueden agrupar los dispositivos de acuerdo a ubicación o tipo, diferenciando el contenido entre diferentes regiones o grupos de abonados.
- Gestión de marketing, permite crear promociones de contenido en la interfaz de usuario basado en el comportamiento de uso, aumentando así el número de suscriptores.
- Analítica, permite realizar un seguimiento de cada vista de usuario, vista de contenido o página de aplicación, lo que permite supervisar el uso y el comportamiento de visualización del usuario. Además, posee una herramienta de generación de informes que proporciona vistas

en tiempo real sobre suscriptores activos, ubicaciones y visualización para proporcionar al operador información esencial con el fin de mejorar continuamente su servicio y superar a sus competidores.

Con respecto al software del cliente, lo principal es una interfaz de usuario amigable y de fácil manejo, que incluya las aplicaciones de transmisión en Vivo y las ofrecidas por el servidor de VOD como son: VOD, nPVR, TSTV, Start Over, Pause TV y Catch-Up TV. (Borja Calderón, 2017, pp. 75-77)

1.2.1.3. Requerimientos del cliente IPTV

El servicio de IPTV es proporcionado mediante la red de usuario, la cual está compuesta por:

ONT: El terminal de Fibra Óptica, es un equipo que funciona como módem óptico y cuya función es proveer de banda ancha al usuario final. Está conformado por puertos Ethernet de 10 Mbps, FE y GE. Además, permite las conexiones inalámbricas. Para el caso de IPTV, los STB se conectarán a la ONT mediante un cable Ethernet o por Wifi, y a su vez el STB se comunicará con el televisor mediante HDMI o A/V.

Televisor: Equipo del abonado por el cual se transmite los servicios de IPTV, no requiere de grandes especificaciones ya que mediante el STB se le proporciona capacidades multimedia, el único requerimiento es que cuente con un puerto HDMI o A/V.

1.2.2. Aplicaciones de IPTV

En la actualidad IPTV cuenta con tres aplicaciones principales las cuales son:

Triple Play: Prestar por un mismo operador los servicios de voz, datos y video.

Televisión Móvil: Permite descargar y guardar el contenido audiovisual en un formato portátil que se almacena en un espacio de disco duro. Este trabajo es realizado por el receptor STB, que también se encarga de transferir el archivo. (GAMARRA & OROZCO, 2014).

PVR (Grabador de video personal): El sistema viene compuesto por una NVRAM, que tiene una gran capacidad de almacenamiento que nos permite controlar y configurar los contenidos.

VoD: Cada usuario podrá acceder a un tipo específico de video, este contenido se transmite en modo unidifusión o Unicast.

PPV (Pago por ver): Es conocido como televisión a la carta, permite acceso a contenidos multimedia realizando un pago específico. A diferencia de VoD, la señal se transmite de forma simultánea a todos los compradores. (GAMARRA & OROZCO, 2014)

Juegos: IPTV posee plataformas que incluyen juegos en la TV, sin embargo, en la actualidad esta aplicación aún está en desarrollo.

1.2.3. Transmisión Unicasting

La transmisión Unicasting se utiliza esencialmente para el cambio de canal rápido y es conocido como "Cambio de canal instantáneo de Unidifusión (UNICAST ICC)", por ejemplo, si un cliente se conecta con un servidor S, este empieza a unificar los datos del usuario a una velocidad mayor que la tasa de velocidad de bits de video nominal.

Este método reduce el tiempo de cambio de señal, pero este se idealizó pensando que el número de solicitudes sea pequeño, si tuviéramos estas peticiones en un horario estelar se podría generar una carga muy fuerte a la red, por lo que el proveedor se viera en la obligación de implementar servicios que cumplan con la demanda.

En el artículo científico denominado **Multicast Instant Channel Change in IPTV Systems**, nos dice que: "En Unicasting la misma secuencia para un canal dado es un uso derrochador de los recursos de la red. Cuando un usuario "navega por el canal" o cambia canales rápidamente, ella intenta echar un vistazo al canal que se está reproduciendo y luego decide si continuará viendo el canal que se está mostrando actualmente o si se moverá a otro canal". (Banodkar, et al., 2008, p. 4).

El Cambio de Canal Instantáneo basado en multidifusión (Multicast ICC) reduce la latencia de conmutación de canal, especialmente bajo altas cargas de eventos de cambio de canal. El enfoque hace que el sistema escale mejor a medida que crece la población de usuarios. La demanda de ancho de banda es más predecible. (Banodkar, et al., 2008, p. 5)

1.2.4. Transmisión Multicasting

Esta transmisión consistirá únicamente en cuadros, por lo tanto, cada canal agrega otro grupo de multidifusión IP llamado grupo secundario de multidifusión ICC, el cual se transmite solo los cuadros para cada canal. El flujo secundario de cambio de canal ICC es compensado por un corto intervalo de tiempo (aproximadamente 2.6 segundos en nuestros experimentos) para que el

flujo secundario se retrase en el tiempo relativo al flujo primario de multidifusión de alta calidad. (Banodkar, et al., 2008, p. 5)

En la *Figura 8-1* podemos apreciar un ejemplo del tipo de transmisión con Multicasting transmitiendo la información en un flujo secundario de usuarios. Esto ratifica que el usuario perciba el video del nuevo canal al que el consumidor cambia, al mismo tiempo que permite que el búfer de reproducción se llene con la transmisión de multidifusión principal la cual es Mejorar la Imagen.

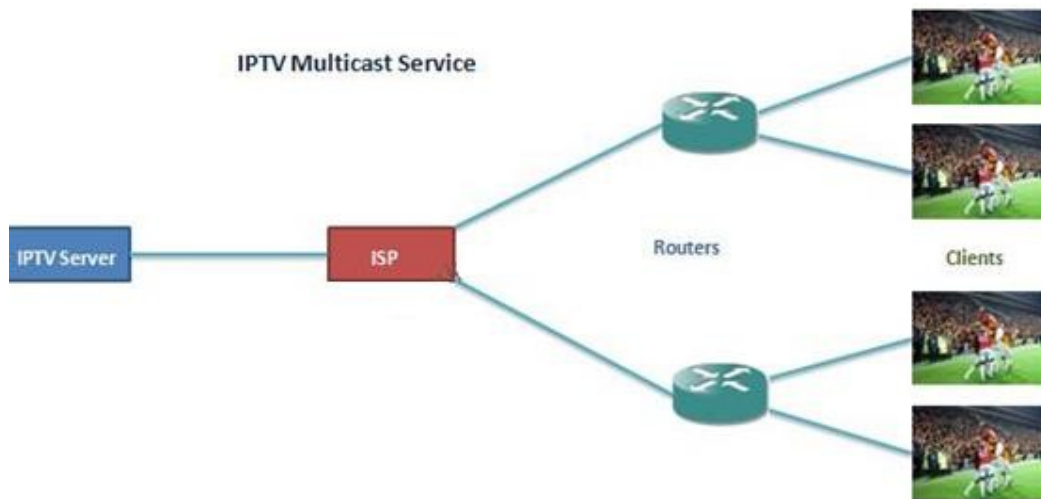


Figura 8-1: Conexión Multicast
Fuente: <https://ip.cisco.com/iptv-overview--part-1/>

1.2.5. Ventajas y desventajas de IPTV

El uso de IPTV tiene muchas ventajas, pero entre las principales tenemos:

Integración: IPTV puede integrarse fácilmente con otras tecnologías como SIP, esto podría ayudar a las empresas a ofrecer diversos servicios como por ejemplo Triple Pack en un solo paquete.

Conmutación de IP: Gracias a esto tenemos una conexión mucho más eficiente, ya que todos los datos de TV se mantienen en una ubicación específica, y solo el canal del consumidor del país se canaliza brindando una mayor cantidad de ancho de banda para cualquier emisión.

Interactividad: Al ser una plataforma que transmite sus datos a través de la red una de las mayores ventajas que este sistema posee es la interactividad, gracias a este tipo de conexión el usuario puede realizar la compra de sus productos directamente desde la televisión, o así también pedir información o encuestas de un programa específico, así como otros.

Mejor Compresión: Utiliza un mejor nivel de compresión que el estándar de televisión digital y tiene la capacidad de transmitir una alta resolución de imagen.

Las principales desventajas que presenta el servicio son:

Perdidas de Paquetes (Packet Loss) Al trabajar mediante IP este tipo de televisión puede sufrir pérdidas de paquetes en la transmisión, así como retrasos.

Publicidad personalizada, al ser un sistema personalizado y bajo preferencias del usuario, la publicidad también lo será y se presenta como desventaja para las personas sensibles a las compras.

Dependencia a un considerable ancho de banda, para que la experiencia en el sistema sea satisfactoria se requiere de un ancho de banda superior a los 15 Mbps, gran parte de los usuarios acceden a los servicios por separado lo que representa un gasto adicional.

1.3. Redes GPON y su normativa

La tecnología GPON (Gigabit Passive Optical Network) está constituido por un agregado de recomendaciones especificadas en la ITU-T 984.X para redes Gigabit PON, en la cual se detallan las técnicas para compartir un medio en común (fibra óptica) por varios abonados, encapsular la información además de gestionar los elementos de la red. Las características principales de GPON son:

- *Ancho de banda y distancia:* El medio óptico permite superar los límites de ancho de banda y distancia existentes en las tecnologías xDSL.
- *Economía:* xPON reduce el CAPEX en fibra óptica (una misma fibra óptica para muchos usuarios) y OLT (1 puerto en la OLT para muchos usuarios). Además, permite suprimir la red de par telefónico y cable coaxial.
- *Calidad de servicio:* Posee un modelo de QoS garantizando el ancho de banda necesario para cada servicio y usuario, tiene una tasa de transmisión en subida de 1.25 Gbps
- *Seguridad:* La información viaja cifrada en AES y adiciona un estándar para la protección de puerto PON.
- *Operación, administración y mantenimiento (OAM):* Cuenta con un modelo de gestión que facilita al proveedor la administración remota de los equipos de usuario

(ONT/ONUs), con lo cual se reduce considerablemente el OPEX y provee de un mecanismo de corrección de errores por FEC.

- *Escalabilidad:* Posee un factor de splitteo de 1:32 / 1:64 / 1:128, actualmente se puede hablar de 2,5 Gbps para 64 usuarios posteriormente podría evolucionar XG-PON y continuar empleando la misma infraestructura de fibra.
- *Eficiencia:* Posee una eficiencia del 93% para todo tipo de tráfico de servicios.
- *Transporte:* Soporta la transmisión de señales CATV-RF, el medio de transporte se da por trama GEM.
- *Acceso al medio:* Cada uno de los elementos de la red GPON están sincronizados a una referencia temporal común posibilitando la asignación de periodos estrictos y exclusivos de acceso al medio por TDMA.
- *Sincronización:* Posee un método de ranging y ecualización para que el acceso al medio de la ONT/ONU se produzca en el instante preciso considerando la distancia física que le separa de la OLT. (GARCÍA, A, 2014).

La creciente demanda sobre el protocolo IP ha permitido que los métodos de acceso hasta el usuario final requieran un mayor ancho de banda, para poder soportarlos, los métodos actuales como xDSL pueden satisfacer estas necesidades, pero su principal restricción es que no pueden cubrir grandes distancias desde el concentrador del operador hasta el usuario final utilizando los actuales tendidos de red de cobre. (Gutierrez, et al., 2011, p. 2)

Por esta alta demanda los Proveedores de internet están buscando extender sus redes de fibra lo más cerca al usuario y por esta razón la Red Pasiva Gpon resulta ser la solución a este inconveniente.

En el trabajo de investigación de (LOGROÑO, 2008, p.48) podemos apreciar las diferentes normativas que tiene la red GPON, estas redes han sido modificadas y actualizadas desde sus inicios:

Estas normativas la podemos apreciar en la *Tabla 3-1* mostrada a continuación:

Tabla 3-1: Recomendaciones Normativas GPON.

RECOMENDACIÓN	AÑO	OBJETO
UIT-T G.984.1	2003	Describe las características generales de un sistema PON con capacidad de gigabits.
UIT-T G.984.2	2003	Describe la especificación de la capa dependiente de los medios físicos PMD de una red de acceso óptico, esta norma fue enmendada el 17 de febrero de 2006.
UIT-T G.984.3	2004	Describe la especificación de la capa de convergencia de transmisión TC (Transmission Convergence), para transportar diversos servicios entre la interfaz usuario-red y la interfaz del nodo de servicios ya sean datos, video, circuitos arrendados, POTS y servicios distribuidos, esta normativa sufrió tres enmiendas hasta ser aprobada el 14 de diciembre de 2006.
UIT-T G.984.4	2004	A partir de febrero del 2008 fueron desechadas y posteriormente reformadas, razón por la cual en la dirección electrónica correspondiente a la norma GPON presenta pre-publicaciones para los miembros de la UIT-T mas no para uso público.
UIT-T G.984.41	2004	Describe la especificación de la interfaz de control y gestión de la terminación de red óptica, abarca la gestión de configuración, la gestión de averías y la gestión de calidad de funcionamiento de dicha terminación óptica no solo para la explotación del GPON sino también para diversos servicios, tales como las capas de adaptación ATM 1, 2 y 5, GEM (G-PON Encapsulation Method), servicios de emulación

UIT-T G.984.5	2007	de circuitos, servicios Ethernet, servicios de voz, multiplexación por división de onda, entre otros, su última enmienda fue el 14 de diciembre de 2006. Describe la banda de ampliación de las redes de acceso óptico con capacidad de gigabits.
UIT-T G.984.61	2008	Describe mejoras en el alcance para redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits.

Realizado por: Freire Adriana, 2018
Fuente: (ITU-T, 2008).

1.3.1. IPTV sobre GPON

La tecnología GPON utilizada en sistemas de IPTV, provee un gran soporte para los servicios de banda ancha. La técnica de transmisión más utilizada es WDM (Multiplexación por longitud de onda) con una configuración punto a punto. Se utiliza FTTH o despliegue de fibra óptica hasta el domicilio. (BORJA CALDERÓN, ANA, 2017).

El tráfico de IPTV puede ser restringido de otros tráficos para garantizar el alto rendimiento de este servicio, la transmisión puede ser realizada a través de distintas tecnologías hasta llegar al usuario final ya que al final los Set Top Boxes u diferentes dispositivos serán los encargados de decodificar la información y presentarla al usuario. (BOLIVAR, 2011, p. 111)

1.4. Protocolos utilizados en IPTV

Como nos dice (BORJA CALDERÓN, ANA, 2017). Los protocolos utilizados en IPTV tienen una participación clave en cada una de sus aplicaciones”, en las *Tablas 4-1, 5-1 y 6-1*, se incluye la totalidad de protocolos que debe soportar IPTV en cada capa del modelo OSI, con su respectivo documento de RFC (Request For Comments) de la IETF y la ISOC:

Esta clasificación está basada en las capas de Aplicación mostrada a continuación:

Tabla 4-1: Capa de Aplicación.

PROTOCOLO	RFC	ISOC
DHCP	IETF RFC 2131	Dynamic Host Configuration Protocol for Ipv4
	IETF RFC 3315	Dynamic Host Configuration Protocol for Ipv6
LC	IETF RFC 3633	Ipv6 Prefix Options for dynamic Host Configuration
	IETF RFC 3736	Stateless Dynamic Host Configuration Protocol for Ipv6
MBMS	IETF RFC 4039	Rapid Commit Option for de Dynamic Host Configuration Ipv4
Metadata		
DNS	IETF RFC 1034	Domain names-concepts and facilities DNS
	IETF RFC 1035	Domain names-implementation and specification
	IETF RFC 3596	DNS Extension to Support IP Version 6
	IETF RFC 3646	DNS Configuration Option for Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6)
DVB-IPTV	ETSI TS 102 034	Transport of MPEG 2 Transport Stream (TS). Based DVB Services over IP Based Networks
FEC	b-IETF RFC 5052	Forward Error Correction Building Block
	IETF RFC 5053	Raptor Forward Error Correction Scheme for Object Delivery
FLUTE	b_IETF RFC 3926	FLUTE File Delivery over Unidirectional Transport
FTP	IETF RFC 959	File Transfer Protocol
Http	IETF RFC 2616	Hypertext Transfer Protocol HTTP
	IETF RFC 2616	HTTP authentication Basic and Digest Access Authentication
IPDC CDP	ETSI TS 102 472	Digital Video Broadcasting IP DataCast over DVB-H

SNTP	IETF RFC 2030	notification Simple Network Time Protocol (SNTP) Version 4 for IPv4
TSL	IETF RFC 2246	The TLS Protocol Version 1.0

Realizado por: Freire Adriana, 2018
Fuente: (ITU-T, 2008)

También tenemos la clasificación de los protocolos en la capa de Transporte mostrado a continuación:

Tabla 5-1: Protocolos Capa de Transporte.

Protocolo	Documento	Título de Documento
TCP	IETF RFC 793	Transmission Control Protocol TCP
	IETF RFC 1323	TCP Extension for High Performance
	IETF RFC 2018	TCP Selective Acknowledgement Option
UDP	IETF RFC 768	User Datagram Protocol UDP

Realizado por: Freire Adriana, 2018
Fuente: (ITU-T, 2008).

En la *Tabla 6-1* podemos apreciar la clasificación de los protocolos de la capa de Red:

Tabla 6-1: Protocolos de capa de red.

Protocolo	Documento	Título de Documento
IP	IETF RFC 791	Internet Protocol
	IETF RFC 2373	IP Version 6 Addressing Architecture
	IETF RFC 2460	IPv6 Architecture
	IETF RFC 2461	Neighbor Discovery for IPv6
BGMP	IETF RFC 3913	Border Gateway Multicast Protocol

ICMP	IETF RFC 792	Internet Control Message Protocol (ICMP)
IGMP	IETF RFC 3228	Considerations for IPv4 Internet Group Management Protocol
MLD	IETF RFC 3810	Multicast Listener Discovery Version 2
MSDP	IETF RFC 3618	Multicast Source Discovery Protocol
	IETF RFC 4611	Multicast Source Discovery Protocol Deployment Scenarios
PIM-SM	IETF RFC 4602	Protocol Independent Multicast
	IETF RFC 4609	Sparse Mode Routing Security
SSM	IETF RFC 3569	An Overview of Source Specific Multicast
	IETF RFC 4607	Source Specific Multicast for IP
	IETF RFC 4608	Source Specific Protocol Independent Multicast

Realizado por: Freire Adriana, 2018

Fuente: (ITU-T, 2008)

1.4.1. Calidad de servicio en IPTV (QoS)

Para dar calidad de servicio a gran escala y en redes con posibilidades de congestión, se requiere de mecanismos que permitan dar al tráfico un trato diferenciado acorde con el SLA (Acuerdo de Niveles de Servicio). Generalmente en las redes físicas existentes se tiene una situación permanente de congestionamiento y por lo tanto la única solución es la sobreestimación, es decir, los mecanismos de calidad de servicio son inútiles en una red saturada permanentemente. En general, todos estos conceptos quedan dentro de lo que se denomina como “Ingeniería de Tráfico”, la cual pretende analizar el tráfico para ofrecer servicios mejores y más predecibles, mediante: soporte de ancho de banda dedicado, mejorando las características de pérdida de paquetes, evitando y manejando la congestión de la red, organizando y priorizando el tráfico (Orellana, 2007).

La gestión de la calidad de servicio en IPTV se simplifica en comparación con la calidad de servicio en Internet, esto se debe a que el proveedor de servicios puede controlar el sistema de

IPTV debido a que es una red cerrada lo cual garantizaría la QoS del servicio. Por ejemplo, el ancho de banda de descarga de un usuario es de al menos 10 Mbps, lo que garantiza un nivel de QoS mínimo de IPTV, aunque la velocidad de bits de IPTV es de 5 Mbps.

En una situación de tráfico de datos más intensa, puede haber otras aplicaciones de Internet ejecutándose en una red doméstica simple además de la aplicación de IPTV (ver películas a través de IPTV), debido a esta situación de tráfico de datos, otras aplicaciones de Internet competirán con la aplicación de IPTV por el ancho de banda de acceso y los paquetes se eliminarán. Lo que degradará la calidad del video de IPTV es al excederse de la velocidad de descarga total. Para superar este problema, el tráfico de IPTV recibe una mayor prioridad en la capa de red, por lo que el tráfico de IPTV no se verá afectado por otras aplicaciones de Internet.

Las aplicaciones de IPTV emplea TCP como el protocolo de la capa de transporte, a diferencia de otras aplicaciones de Internet como HTTP, FTP, etc., esto se debe a que el protocolo TCP se considera como un tráfico elástico, por ejemplo, si el TCP detecta una congestión en la red, disminuye su velocidad de datos, por lo que se adapta al ancho de banda disponible en la red.

Una plataforma IPTV requiere una transmisión en tiempo real, por lo tanto el sistema es sensible a pérdidas y retardos y es necesario establecer parámetros de calidad de servicio como ancho de banda disponible y otras prestaciones como el jitter. Estas características de IPTV establecen la necesidad de utilizar herramientas adicionales para garantizar que el usuario reciba señales de audio y video deseado.

Un router dentro de la red permite implementar mecanismos de calidad de servicio, dichos mecanismos son: clasificación, marcado, manejo de colas, políticas de tráfico, administración de tráfico, eficiencia de enlace y eliminación de paquetes. Estos mecanismos son utilizados dentro de la administración de redes en las que se debe garantizar la entrega de datos dependientemente del servicio contratado.

Dos parámetros impactan fundamentalmente en la Calidad del Transporte del Video:

Tiempo & Latencia: Tiempo de arribo entre paquetes o jitter de la red, Buffer “underflow” y “overflow”, “Zap” times.

Pérdida de Paquete: Paquetes droppeados y fuera de secuencia, Datos dañados debido a elementos de red.

Existen mecanismos de calidad de servicio que se pueden implementar en este tipo de redes, tales como Servicios Integrados (Intserv) y Servicios Diferenciados (Diffserv).

1.4.1.1. Intserv

Es aquel servicio donde el usuario solicita con antelación los recursos que necesita. Cada router del trayecto toma nota y efectúa la reserva solicitada. Para lo cual emplea un protocolo de señalización de reservas RSVP, el mismo que crea información de estado en los routers. (Borja Calderón, 2017)

El router debe mantener sus conexiones activas, así como también debe mantener asignado los recursos para cada conexión, esto dependerá mucho del enrutamiento de la red, los principales tipos de servicios son:

Garantizada RFC 2212: Se encarga de generar un caudal mínimo y un máximo retardo, sin embargo, no garantiza la variación del Jitter. Esto se debe a que en ciertas aplicaciones el encargado de brindar estas garantías es el Router

Carga Controlada RFC 2211: Es usada para aplicaciones con transmisión en tiempo real para generar cero tolerancias al retardo.

1.4.1.2. Diffserv

El usuario marca los paquetes que establece con la prioridad y el trato que deben recibir por parte de los routers conforme a la etiqueta: no hay reservas de recursos por flujo, no hay protocolos de señalización y no hay información de estado en los routers. Intenta evitar los problemas de escalabilidad que plantea IntServ/RSVP. (Borja Calderón, 2017)

Los principales servicios de Diffserv son:

- Expedited Forwarding: Es el más importante de todos ya que brinda las garantías de caudal, tasa de pérdidas, retardo y Jitter, equivale a una línea dedicada.
- Assured Forwarding: Garantiza el trato preferente hacia una conexión, pero sin fijar garantías (no hay SLA). Se definen además cuatro clases y cada clase cuenta con 3 niveles de descarte de paquetes.

En la *Tabla 7-1* podemos observar las ventajas y desventajas de Intserv y Diffserv.

Tabla 7-1: Ventajas y Desventajas de Intserv y Diffserv.

PROTOCOLO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
INTSERV	Los paquetes no requieren llevar etiqueta que indique como deben ser tratados, dicha información tienen los routers.	Se requiere un protocolo de señalización para informar a los routers y efectuar la reserva en todo el trayecto además de mantener información de estado sobre cada comunicación.
DIFFSERV	Los routers no requieren conservar información de estado.	Los paquetes deben marcarse con la prioridad correspondiente. Es menos segura que la reserva de recursos ya que puede haber overbooking.

Realizado por: Freire Adriana, 2018

1.5. Software Riverbed

Riverbed Modeler consta de un paquete de protocolos y tecnologías con un sofisticado entorno de desarrollo. Una vez realizado el modelamiento de la red, Riverbed Modeler analiza redes para comparar el impacto de diferentes diseños tecnológicos en el comportamiento de extremo a extremo. (Riverbed Technology, 2018, p. 1)

Modeler le permite probar y demostrar diseños tecnológicos antes de la producción; aumentar la productividad de investigación y desarrollo de redes; desarrollar tecnologías y protocolos inalámbricos exclusivos; y evaluar mejoras en los protocolos basados en estándares. (Riverbed Technology, 2018).

Esta herramienta nos proporciona modelado de alta confianza, simulación estable de diseño de redes para medir QoS, entre las principales ventajas de esta herramienta tenemos:

- Desarrollar tecnologías y protocolos inalámbricos de su propiedad
- Evaluar mejoras a protocolos basados en estándares
- Probar y demostrar diseños de tecnología en escenarios realistas antes de la producción

- Aumentar la productividad de investigación y desarrollo de redes y acelerar el tiempo de salida al mercado

En el año 2012 Riverbed compro los derechos de Opnet en alrededor de un millón de dólares para complementar los softwares de simulación de redes.

1.6. Opnet Modeler

Opnet Modeler (Optimized Network Engineering Tool) es un programa ampliamente utilizado en la industria para modelar y simular sistemas de comunicaciones. Permite diseñar y estudiar redes, dispositivos, protocolos y aplicaciones, brindando escalabilidad y flexibilidad, cualidades que le permiten ofrecer a sus usuarios trabajar en procesos de investigación y desarrollo. (ECURED, 2010)

El Software fue diseñado en el año de 1984 por el MIT (Instituto de Tecnología de Massachusetts), esta herramienta está basada en la teoría de colas para poder interpretar librerías que faciliten el modelado de diversas topologías de red. Además, está diseñado para soportar redes de tipo LAN, MAN y WAN.

Opnet Modeler utiliza distintos niveles de modelado o paradigmas para representar los diferentes componentes de una red. Cada nivel está asociado a un dominio y a un editor. (ECURED, 2010)

Según nos dice el manual de Opnet realizado por el Departamento de Ingeniería Telemática de la Universidad de Catalunya “Opnet Modeler utiliza distintos niveles de modelado o paradigmas para representar los diferentes componentes de una red. Cada nivel está asociado a un dominio y a un editor, para poder usar Opnet el usuario debe entender la jerarquía que se utiliza para poder plantear las simulaciones.” (UNIVERSIDAD DE CATALUNYA, 2004, p. 6)

En la *Figura 9-1* podemos apreciar el nivel de jerarquías que utiliza OPNET:

Jerarquía de diseño en OPNET

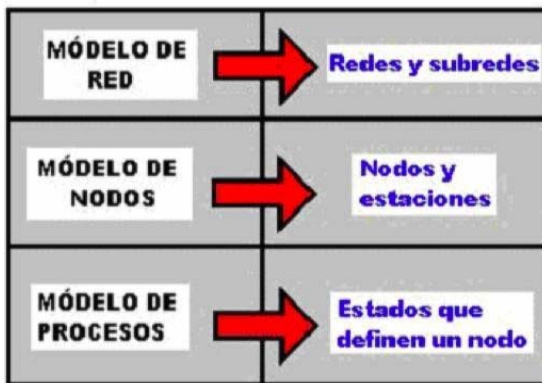


Figura 9-1: Jerarquía en Opnet.

Fuente. (UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, 2010)

1.6.1. Partes de Opnet

Es preciso indicar que cada parte del simulador cumple una tarea distinta y ayudan a generar una parte de la red, las partes que tenemos son:

Project Editor: Es usado para crear un modelo de red utilizando unos ya existentes que encontramos en las librerías. También podemos recolectar estadísticas sobre la red, empezar simulaciones y ver resultados. (González & Rojas, 2009, p. 27).

Node Editor: Este editor nos ayuda a generar los modelos de nodos definiendo las características de cada uno.

Process Model Editor: Los Procesos Model son representados por estados y son creados por íconos que representan estos estados y líneas que representan las transiciones entre ellos. Como hemos dicho anteriormente las operaciones que realizan cada estado o transición se escriben en el lenguaje C++. (González & Rojas, 2009, p. 27)

Link Model Editor: Nos ayuda a generar objetos de enlace.

Path Editor: Genera nuevos objetos de ruta para poder generar tráfico.

Probe Editor: Nos ayuda a establecer las estadísticas de los cuales vamos a recolectar la información

Simulation Sequence Editor: Este editor nos permitirá añadir una simulación adicional en tiempo real, donde podremos añadir valores adicionales como el control del tiempo de simulación o la velocidad de dicha simulación. (González & Rojas, 2009, p. 28)

Packet Format Editor: Aquí se nos permite la definición de la estructura interna de un paquete como un conjunto de campos. El formato de un paquete contiene uno o más campos representados como se muestra a continuación. (González & Rojas, 2009, p. 28)

En las Figuras 10-1 y 11-1 podemos apreciar el interfaz de Opnet para un mejor entendimiento.



Figura 10-1: Interfaz en Opnet Modeler.

Fuente. <https://goo.gl/images/qy8zQs>

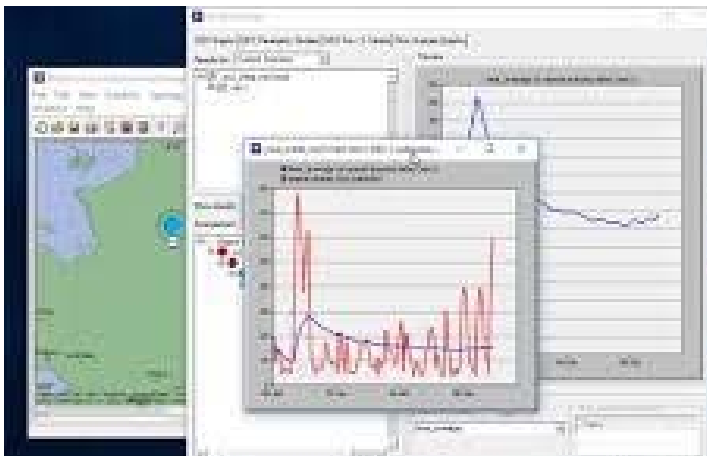


Figura 11-1: Estadísticas arrojadas por Opnet.

Fuente. <https://goo.gl/images/hbFhj>

CAPITULO 2

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Introducción

En este capítulo detalla todo en relación a los procesos realizados para la investigación, obtención y elaboración de la implementación de la infraestructura IPTV, se recolectó información en campo conjuntamente con el personal de corporativos de la CNT-EP Chimborazo, responsables del área de proyectos para determinar el estado actual y los requerimientos de la plataforma a diseñar, cabe indicar que se tuvo en consideración aspectos, tanto económicos como científicos, para un estudio dedicado y completo entendimiento los análisis respectivos fueron:

2.2. Análisis de la infraestructura existente de la red GPON de la CNT E.P. en la Zona Riobamba Centro.

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT en la actualidad cuenta con 3 OLT principales los cuales brindan una amplia cobertura para la Ciudad de Riobamba, estas divisiones cuentan con puntos de intervención para mantenimiento de la red o nodos, en algunos casos estos funcionan como pequeñas centrales o en otros casos son puntos de concentración de fibra óptica que se distribuyen desde el nodo central hacia las centrales asociadas.

Por las políticas de confidencialidad de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones no se puede dar una explicación detallada de cómo está conformada toda la Infraestructura GPON, y solo se detallará la zona centro en la cual se realizó el estudio del presente trabajo.

2.2.1. Central de la zona centro

Esta agencia está ubicada en la Av. Tarqui y Veloz, al ser la matriz de CNT esta agencia cuenta con toda la infraestructura de la red GPON y sus principales elementos son OLT, ODF, SWITCH MPLS.

La ODN (Red de distribución óptica), está formada por un cable feeder (troncal), que conecta el puerto del ODF y la entrada principal de splitter primario 1xn ó 2xn; y dependiendo del nivel de atenuación, a través de cables de distribución se conectan las salidas de los splitter secundarios del

tipo 1xn a los equipos terminales (ONUs) a través de una caja de distribución y cables tipo Drop o de acometida.

Distribuidor o Repartidor Principal (ODF): Conecta la planta externa con los equipos de la OLT
Red Feeder: su función es conectar el ODF con los armarios, los cables de fibra óptica que forman parte de esta conexión van desde la central hacia los armarios de distribución.

Caja de Distribución Óptica NAP: Es el punto de conexión entre la red de distribución y las conexiones individuales de cada cliente.

Districtos: Son las divisiones Geográficas de la ciudad en función de la Red, hay q tomar en cuenta que cada zona tiene su propio armario, existen donde el ODF mas una manga reemplazan al armario.

El distribuidor de GPON tiene los ODFS reflejos de los feeders los cuales son 14 tarjetas y cada tarjeta posee 8 puertos que se Multiplexan a 64 salidas, además poseen 4 feeders: 2 de 288 y 2 de 48 Por tanto hay 6 odfs de 96 y 2 odfs de 48.

La zona de cobertura de esta agencia está orientada a la zona centro de la ciudad. En las Figuras 1-2 y 2-2 podemos apreciar de una manera más clara la distribución de la red GPON:

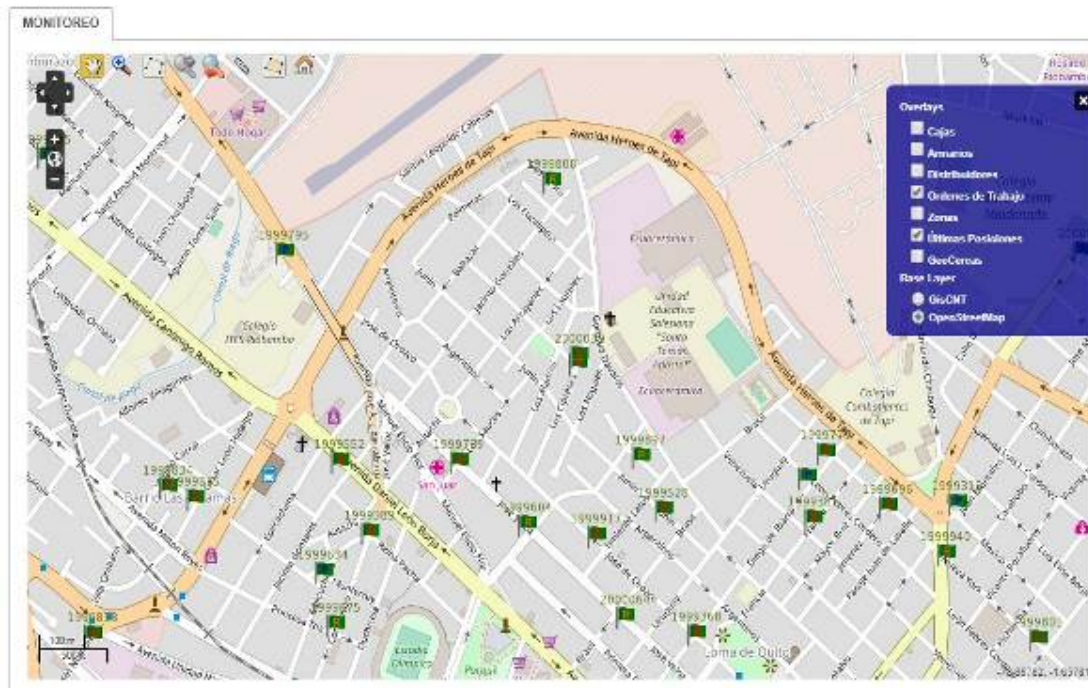


Figura 1-2: Ubicación de Naps
Realizado por: Freire Adriana
Fuente: CNT EP

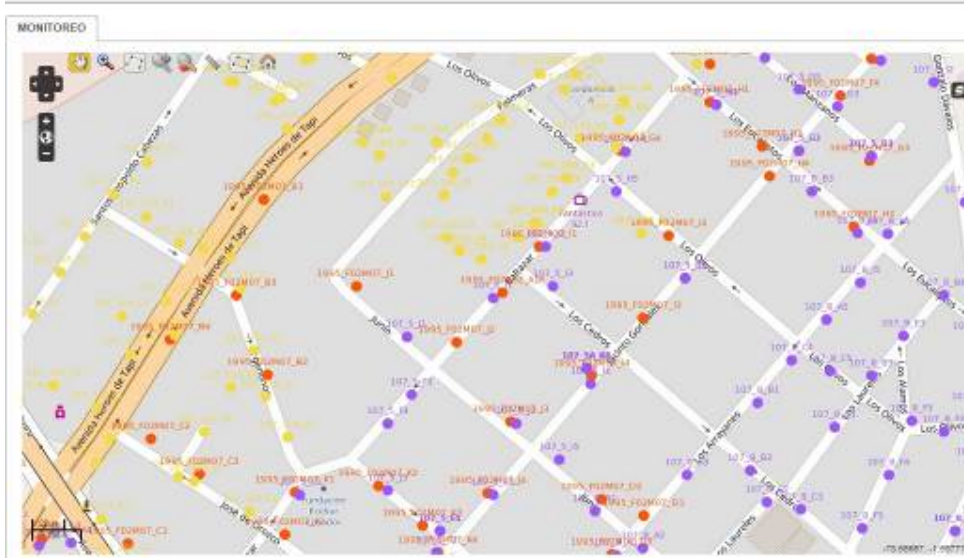


Figura 2-2: Distribución de Feeder.

Realizado por: Freire, Adria

Fuente: CNT EP.

2.2.2. Análisis de los servicios que actualmente la CNT E.P. presta a sus abonados en la zona de Riobamba Centro.

En la actualidad la Corporación Nacional de Telecomunicaciones cuenta con los siguientes servicios:

Telefonía Móvil: Planes prepago, postpago, y corporativos con paquetes de internet móvil con cobertura LTE.

Telefonía Fija: Al igual que la telefonía Móvil la telefonía fija posee planes Residenciales y Corporativos.

Internet: Este servicio puede ser Corporativo, Móvil 4G LTE, o Residencial esta opción se usa sobre ADSL en una red de cobre y su ancho de banda puede ser hasta 15Mbps sin embargo si el usuario lo desea se puede optar por la tecnología GPON y su velocidad puede llegar a ser hasta de 100 Mbps.

DTH: (Direct To Home) Este servicio se compone de tres elementos básicos, una antena satelital, LNB y un decodificador, este puede ser para SD y para HD.

Tanto en la parte mobiliaria como en la comercial con el fin de satisfacer las necesidades de los abonados presenta diversos planes de DTH, entre los ofertados tenemos:

Prepago CNT TV: servicio de entretenimiento con un costo de \$49.99 dólares (no incluye IVA) que oferta 71 canales, 61 SD, 10 canales de audio, 5 señales promocionales 3 SD más 2 canales HD.

Paquete SD: este servicio está valorado en \$18.50 (no incluye IVA), provee de 61 canales SD, 10 canales de audio, 2 canales HD y 3 señales SD promocionales.

Paquete HD: este servicio con un costo de \$26.50 (no incluye IVA), contempla 71 canales SD, más 15 canales HD y 15 canales HD sin costo adicional.

El CNT Pack, es un servicio muy importante que CNT EP brinda es el servicio de triple pack el cual incluye DTH, Internet y Telefonía Fija a un costo reducido por adquirir estos tres servicios, este servicio tiene una gran aceptación por la mayoría de usuarios en la ciudad de Riobamba.

2.2.1.1. Costo referencial mensual por planes IPTV contratados.

En base a la información recopilada en el área de Comercialización y Servicios de la CNT-EP en relación a los planes de internet ofertados, se realiza una estimación para los servicios de IPTV, el mismo que fue calculado sin IVA del 12%, cabe indicar que por cada televisor se requiere un STB por lo tanto si el usuario desea contratar más de uno, se considerará el valor adicional en la instalación.

Paquete IPTV SD, para determinar el costo de este servicio se tomó como base el Plan de Ultra Internet de 15 Mbps, se estimó un costo de \$23.50 (no incluye IVA), contaría de 15 Mbps, 45 canales SD, 10 canales de audio, 2 canales HD y 3 señales SD promocionales.

Paquete IPTV HD, para determinar el costo de este servicio se tomó como base el Plan de Ultra Internet de 25 Mbps, se estimó un costo de \$32.85 (no incluye IVA), contaría de 25 Mbps, 50 canales SD, 10 canales de audio, 13 señales HD.

Paquete IPTV HD Plus, para determinar el costo de este servicio se tomó como base el Plan de Fibra óptica para hogares de 50 Mbps, se estimó un costo de \$48.90 (no incluye IVA), contaría de 50 Mbps, 60 canales SD, 10 canales de audio, 20 señales HD.

2.2.3. Diseño y dimensionamiento de la red con los potenciales usuarios.

El diseño está basado en la infraestructura de la Red GPON como red de acceso. Se consideró la OLT Riobamba Centro y distritos atendidos desde la misma, para lo cual y tener un mejor enfoque, conjuntamente con el personal de Fiscalización y Proyectos se determinó la zona de trabajo del Distrito de la Ciudadela Fausto Molina, perteneciente al Feeder FT04, Manga MT08.

2.2.3.1. Croquis de Ubicación del Distrito

El Distrito considerado para el diseño está ubicado en el sector de Pucará al Suroeste de la ciudad, entre las calles Quito y Bolívar Bonilla longitudinal a la Av. Leopoldo Freire.

Sus Coordenadas son: 1° 40.976'S - 78° 38.090'O, el mapa podemos observarlo en la *Figura 3-2* mostrado a continuación.



Figura 3.2: Ubicación de distrito MT08, ciudadela Fausto Molina.

Realizado por: Freire, Adriana

Fuente: Google Earth

El área de cobertura de la OLT Riobamba Centro contemplada para el estudio se detalla en el anexo A.

2.2.3.2. Elementos del diseño

En la *Figura 4-2* se muestra el esquema de despliegue adoptado para la elaboración del presente diseño, modelo que corresponde a una red GPON FTTH para Masivos. (MODELO MASIVOS CASAS).

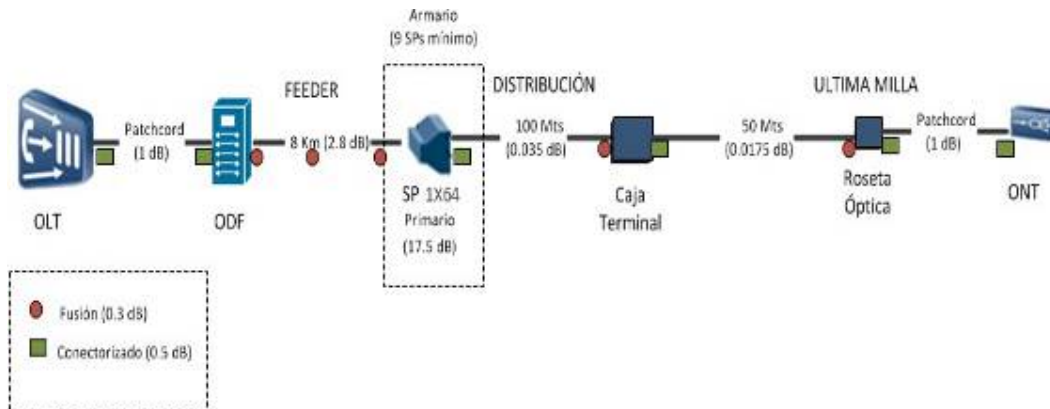


Figura 4-2: Modelo Masivo Casas.

Realizado por: Freire Adriana

Fuente: Normativa CNT.

2.2.3.3. Análisis y proyección de la Demanda

La población de este proyecto está conformada por los usuarios activos de la red GPON existentes en la zona Riobamba Centro de la CNT EP hasta el mes de marzo del 2018, teniendo así una población total de 2962 usuarios, de los cuales se obtuvo una muestra de usuarios, mediante el cálculo del tamaño de la muestra (n), utilizando un nivel de confianza de 95% y un error muestral de 5%.

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{e^2 * (N - 1) + k^2 * p * q}$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra

k= Constante de nivel de confianza, que para este caso es del 95% que equivale a 1.65

p= Proporción de individuos que se poseen la característica de estudio población. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que p=q=0.5 que es la opción más segura.

q: Proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es 1-p.

e: Error muestral deseado.

$$n = \frac{1.65^2 * 0.5 * 0.5 * 3328}{0.05^2 * (3328 - 1) + 1.65^2 * 0.5 * 0.5}$$

$n = 252$

En base a esta muestra y para el análisis de la demanda para este servicio en otros sectores, se ha usado el método estadístico, en el cual a través de cierta cantidad de preguntas se ha visto el grado de aceptación que este servicio podría tener, además para ver la proyección de demanda que este servicio podría adquirir a futuro se usó un método probabilístico, y así tener la demanda proyectada de este servicio a través de los cinco próximos años.

Las preguntas que se usó para estas encuestas se encuentran estipuladas en la *Tabla 1-2* mostrado a continuación:

Tabla 1-2: Preguntas de la encuesta.

PREGUNTAS	RESPUESTAS	
	SI	NO
1. ¿Posee un servicio de televisión satelital CNT TV o de otro proveedor en su hogar? De ser positivo cuántos decodificadores posee instalados. De ser negativo cuántos televisores tiene en su hogar.	SI	NO
	#Decodificadores	
	#Televisores	
2. ¿Estaría dispuesto a contratar el servicio de IPTV?	SI	NO
3. ¿Cuál es el Plan por el que se inclinaría del servicio de IPTV?	Plan IPTV SD	
	Plan IPTV HD	
	Plan IPTV HD Plus	
4. ¿Le gustaría que CNT-EP le proporcione el servicio de IPTV?	SI	NO

Realizado por: Freire Adriana, 2018

La proyección de la demanda la podemos encontrar en la *Tablas 2-2 y 3-2* donde además de la ecuación se explica cada uno de los parámetros de la ecuación.

Las encuestas fueron realizadas en el mes de marzo de 2018 y para este estudio se utilizó una muestra de 252 personas que tienen acceso a la red GPON del nodo central, y los resultados de estas encuestas las podremos apreciar en el Capítulo 3 y la encuesta realizada se detalla en el Anexo B.

Tabla 2-2: Proyección de la demanda.

FOMULA:	$M=Co(1+i)^n$
M	Año a ser encontrado
Co	Último Dato Obtenido
N	Tiempo de análisis
I	Tasa de Crecimiento

Realizado por: Freire Adriana, 2018

Tabla 3-2: Índice de crecimiento de demanda.

FOMULA:	$Cn=Co(1+i)^{n-1}$
Cn	Último dato obtenido
Co	Primer Dato Obtenido
N	Tiempo de análisis
I	Tasa de Crecimiento

Realizado por: Freire Adriana, 2018.

Los resultados de estas proyecciones los observaremos en el capítulo tres del presente trabajo de investigación.

2.2.3.4. Estudio del Presupuesto Óptico

Los elementos que aportan a la atenuación de la señal son los: ODFs, los conectores, las fusiones, los Splitters cuya atenuación depende del número de puertos en que se divida la señal, la Fibra Óptica propiamente dicha, cuya atenuación depende de la longitud de onda de medición.

La atenuación máxima de la red ODN no debe superar los 25 dB. Esta restricción obedece a los umbrales de trabajos de los equipos OLT y ONT, para lo cual se considera el peor caso en cuanto a niveles de atenuación.

Los valores umbrales usados se basan en la Norma ITU-T G.984 que define las redes GPON, en base a lo anterior se definen los siguientes valores ubicados en la *Tabla 4-2* mostrado a continuación:

Tabla 4-2: Valores de Umbrales.

VALORES DE UMBRAL EN OLT:	VALORES DE UMBRAL EN ONT:
Potencia Mínima de Emisión: +1,5 [dBm]	Potencia Mínima de Emisión: +0,5 [dBm]
Potencia Máxima de Emisión: +5 [dBm]	Potencia Máxima de Emisión: +5 [dBm]
Sensibilidad Mínima: -28 [dBm]	Sensibilidad Mínima: -27 [dBm]
Saturación en Rx: Para Potencia recibida mayor a -8 [dBm]	Saturación en Rx: Para Potencia recibida mayor a -8 [dBm]

Realizado por: Freire Adriana, 2018.

Mediante el presupuesto óptico se determina la atenuación existente en las cajas de distribución que componen la red, los resultados del presupuesto óptico se detalla el Anexo C.

2.2.3.5. Planta Externa

Red feeder: Se realizará una extensión de Feeder que consiste en el sangrado de la manga troncal (manga de fusión de 288 FO) hasta la manga de distribución (manga porta splitter de 288 FO).

Red de canalización: Para la conexión entre la manga Troncal y la Manga de Distribución se realizará el tendido de cable canalizado de 24 FO con normativa G.652 D, la cual se realizará a través de los pozos convergentes entre sí existentes

De igual manera se deberán realizar la rotura y reposición de hormigón para poder colocar las subidas a poste requeridas.

Es necesario considerar herrajes porta consola y porta reserva dentro de los pozos con la finalidad que la red quede accesible a futuros mantenimientos o reparaciones.

Red de distribución: La red de Distribución a construirse partirá de la Manga de Distribución (manga en la que se alojarán los 6 splitter), ubicado en la calle Santiago y Ottawa, y desde ahí a las Cajas de Distribución montadas en la postería existente.

Para la red secundaria se empleará cable de fibra óptica de tipo aéreo de diferentes capacidades de 6, 12y 24 fibras ópticas como se muestra en el plano adjunto. Para la colocación y fijación de los cables en los pozos, se emplearán todos los herrajes de retención para vanos de 120m conforme a la normativa establecida por la CNT para el efecto.

La red de distribución propuesta considera la implementación de 48 cajas aéreas ópticas con una capacidad de 8 clientes cada una, es decir se pretende cubrir a 384 usuarios.

Se tendrán en total 48 Cajas de Distribución aérea NAP SC/APC con y sin derivación y las series armadas corresponderán a la nomenclatura de series completas desde la A, a la J considerando que cada serie va de la 1 a la 4.

Cada NAP atenderá a un promedio de 8 usuarios quedando prevista la utilización de cable Drop G.657A para acometida.

Red de dispersión: La red de Dispersión o Acometida al Cliente, parte desde las cajas de distribución aérea NAP hacia el usuario final, la cual se realiza mediante cable drop G.657A, fusionado a una roseta óptica. La ONT dispuesta al usuario tiene la capacidad de manejar un tráfico de hasta 100Mbps.

2.2.3.6. *Materiales*

Materiales de Canalización: Se utilizarán pozos de revisión de 60x60x60 cm con la identificación de CNT. Para realizar las conexiones hacia las cajas de distribución y entre las mangas, se utilizará manguera negra de PVC. de ¾". de diámetro para la protección de las fibras canalizadas.

Cajas de Distribución: Se requiere cajas de distribución óptica NAP que se montarán en los postes existentes, y contará en su interior con la respectiva etiqueta para interiores en la que se reflejará la

información correspondiente a la misma, será de puerta abisagrada con chapa triangular, de acuerdo a diseño de la CNT. La parte inferior dispondrá de las respectivas entradas circulares considerando si se requiere derivación o no.

Fibra óptica: Para la red de Distribución se usará cable de fibra óptica DUCT; rellenos con gelatina de petróleo, chaqueta negra de aislamiento y código ITU G.652-D.

Splitter: También conocido como divisor óptico, es un dispositivo de ramificación óptico bidireccional utilizado en PONs punto a multipunto (P2MP), que tiene una entrada y múltiples puertos de salida, pueden ser de 1x2, 1x4, 1x8, 1x16, 1x32, 1x64; para el presente diseño se consideró

Empalmes: Todos los empalmes se realizarán en una manga tipo DOMO elaborada con materiales termoplásticos, protegidos contra termo-oxidación y foto-oxidación causada por la incidencia de radiación UV, resistente a ataque químico de bases y ácidos débiles.

Debe ser construida de tal manera que pase las pruebas bajo las normas ITU, Bell Core e IP 67 (total protección contra el polvo y contra el efecto de inmersión entre 15 cm. y 1m.) y fabricada bajo los requerimientos de la norma ISO 9001:2000.

Debe poseer válvula de prueba para comprobar su hermeticidad en campo inyectando entre 3 P.S.I. (0.2kg/cm²) y 7 P.S.I. (0.3kg/cm²), ubicada en la tapa del DOMO. Debe especificar que es para empalme de fibra óptica, la capacidad puede variar entre 6,12, 24, 48 hasta 96 hilos, también debe disponer de accesorios de ingreso y cierre para la entrada y salida de cables.

Cabe señalar que los elementos y materiales deben estar aprobados y homologados por CNT y la red debe estar correctamente identificada para lo cual se deberán colocar identificadores aéreos y canalizados y que contengan la nomenclatura correspondiente.

Bajo las consideraciones mencionadas, se realizó el diseño de la red GPON para el sector del Fausto Molina, FT04_MT08, la misma que se detalla en el anexo D del presente proyecto.

2.3. Diseño Lógico de la Red

En la *Figura 5-2* podemos apreciar cómo quedaría estructurada la infraestructura lógica de IPTV en el nodo principal de CNT EP de la ciudad de Riobamba, donde cada punto amarillo representa una Nap para 8 abonados. Con el dimensionamiento de la red, se determinará el tráfico generado por los usuarios una vez implementado el servicio y de esta manera determinar el mejor protocolo de QoS.

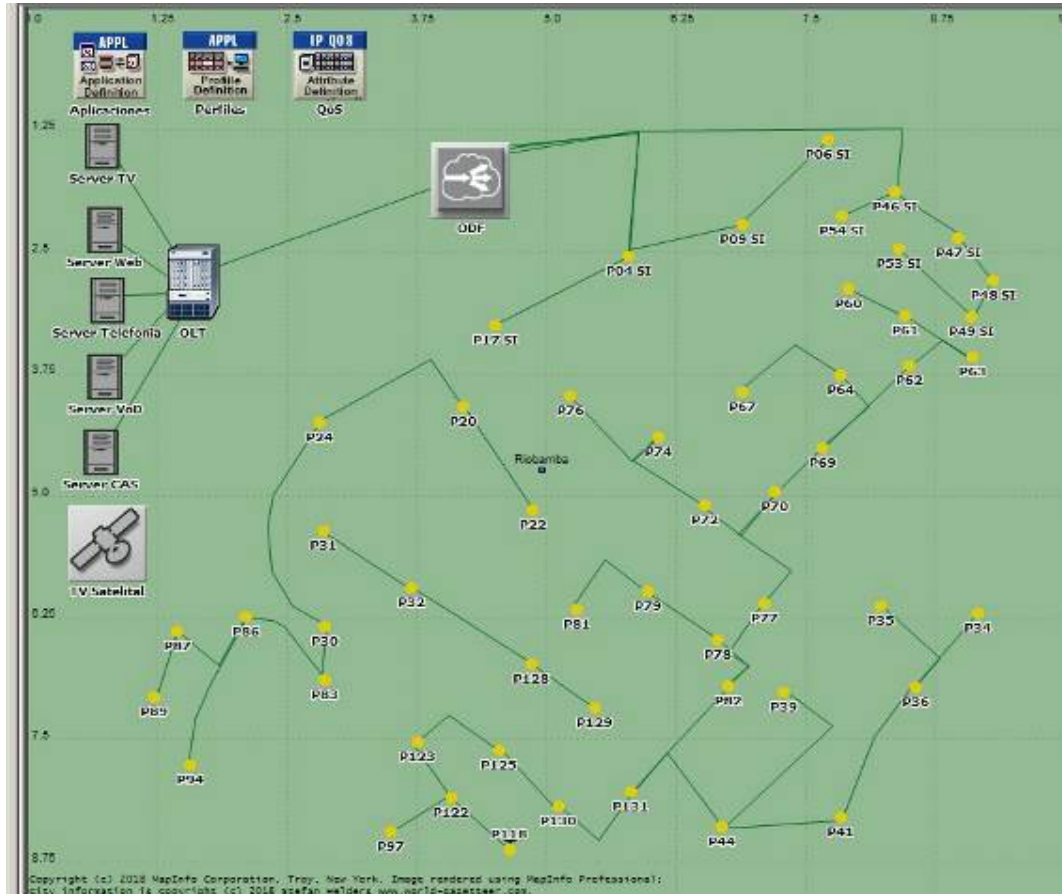


Figura 5-2: Cabecera de IPTV dimensionada.
Realizado por: Freire Adriana.

2.3.1. Cálculo del ancho de banda estimado

Para determinar el ancho de banda requerido para proveer el servicio de IPTV se debe considerar el ancho de banda soportado por cada equipo, así como el ancho de banda que ocupa cada servicio y aplicación de IPTV. Este cálculo es indispensable para no saturar la red y poder abastecer a cada usuario con la velocidad necesaria de transmisión, tratando de evitar los retornos en el streaming del contenido.

Antes de realizar estas pruebas de simulación se tomaron en cuenta diversos factores para así poder adquirir unos cálculos más reales y poder brindar un servicio de alta calidad, se consideró una transmisión Picture in Picture, es decir de dos pantallas múltiples en el mismo televisor, donde la primera ocupa la dimensión del televisor y la segunda reproduce un canal distinto ocupando una dimensión muy inferior, con canales HD, debido a que este escenario ocupa el mayor ancho de banda por televisor. En la *Tabla 5-2* se define cada resolución, para tener una idea más precisa de la calidad HD que se oferta.

Tabla 5-2: Resolución y Estándar de calidad SD y HD.

CALIDAD	RESOLUCIÓN	ESTÁNDAR
SD	480p - 720 × 480 pixeles	MPEG-2
HD	720p -1280 × 720 pixeles	MPEG-4 H.264 AVC
FHD (full HD)	1080p-1920×1080pixeles	MPEG-4 H.264 AVC
UHD 4K	2160p-3840 × 2160 pixeles	H.265 HEVC
UHD 8K	4320p-7680 × 4320 pixeles	H.265 HEVC

Realizado por: Adriana Freire

Fuente: (<http://es.tab-tv.com/?p=743>)

El satélite Amazonas 2 del cual CNT-EP receipta señal satelital, emite señales codificadas con el estándar MPEG-2 y MPEG-4 H.264 AVC y se transmite canales en calidades SD y HD. En la *Tabla 6-2* se encuentra el ancho de banda utilizado por un canal en tiempo real en las dos resoluciones antes mencionadas, como también el consumo de dos canales HD en Picture in Picture PIP.

Tabla 6-2: Tasa de transferencia para contenidos SD y HD.

CALIDAD DE COMPRESIÓN	MPGE-2	MPEG-4 H.264 AVC
SD	3.2 Mbps	1.5-2 Mbps
HD	15 Mbps	8-9 Mbps
SD+PiP	4.6 Mbps	3 Mbps
HD+PiP	18 Mbps	11Mbps

Realizado por: Adriana Freire

Fuente: SHAHBAZ, Rahmanian, 2008.

En las *Figuras 6-2* y *7-2* podemos apreciar los canales SD, HD y de audio ofertados por la CNT-EP bajo el servicio de IPTV.

Canales		
	Eisvizia	2
	Gramor TV	3
	Telecomazonas	4
	RTS	5
	Ecuador TV	7
	Gama TV	8
	TC Televisión	10
	Canal Uno	12
	El Ciudadano TV	48
	Discovery Kids	50
	Nickelodeon	51
	Sony Entertainment TV	111
	AXN	112
	El Entertaiment Television	113
	A&E	113
	TNT Series	118
	Discovery Home & Health	148
	Travel & Living Channel	148
	Mundo FOX	150
	Canal de las Estrellas	151
	Fox Life	152
	El Gourmet	154
	History 2	302
	CNN en Español	400
	Telesur	401
	Russia Today	406
	MTV	430
	HTV	451
	Paramount	499
	TNT	500
	Golden	501
	Film Zone	502

	Cartoon Network	52
	Disney Channel	53
	Disney XD	54
	Boomerang	55
	Disney Junior	57
	ID Investigation Discovery	100
	Canal FOX	101
	Universal	102
	Telemundo	157
	Life Time	159
	Insi Network	160
	Telenovelas	250
	Fox Sports	300
	ESPN	301
	ESPN2	302
	CineCanal	503
	De Película	504
	AMC	505
	Cinemax	515
	Clásica	900
	Tango	901
	Chil Out	902
	Romance	903

Figura 6-2: Canales SD y de Audio ofrecidos por CNT-EP para el servicio IPTV.
Fuente: CNT-EP

	Space	103
	Studio Universal	104
	FX	105
	TCM	106
	Warner Channel	110
	Fox Sports 3	304
	Discovery Channel	350
	Animal Planet	353
	National Geographic	354
	The History Channel	351
	Clásicos del Caribe	904
	Disco House	905
	60's y 70's	906
	Pop Rock	907
	Rock en Español	908
	Reggaeton	909

Figura 7-2: Canales HD propuestos por CNT-EP para el servicio IPTV.
Fuente: CNT-EP

El escenario de prueba lo podemos apreciar en la *Figura 8-2*, y mediante la herramienta de Simulación de OPNET Modeler, se realizaron las configuraciones para determinar el ancho de banda requerido, incluyendo los servicios de VOIP y de Internet mediante GPON, en el caso de que el abonado contrate servicios de CNT-Pack, los resultados del cálculo estimado se detallan en el capítulo tres.

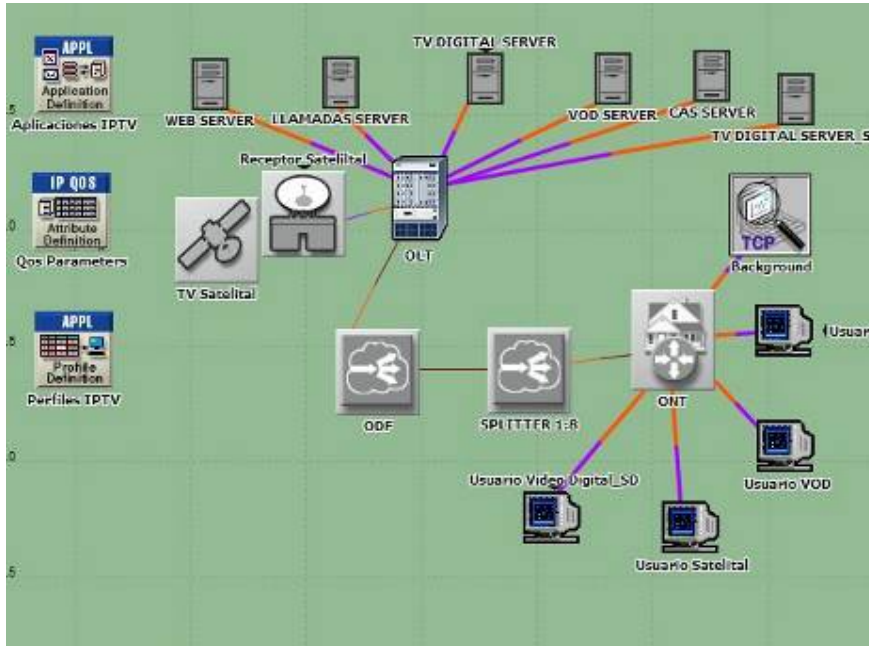


Figura 8-2: Escenario de prueba con servidores de la cabecera IPTV.

Realizado por: Freire Adriana

Fuente: CNT EP

2.4. Cabecera de la plataforma IPTV

La cabecera de IPTV es el componente fundamental del sistema, debido a que se codifica, encapsula y transmite las señales de televisión en paquetes IP. La central principal local para la Provincia de Chimborazo y en particular para la ciudad de Riobamba, es la Central de Riobamba Centro de la cual se distribuyen los servicios de voz y datos hacia las demás centrales y Msan existentes en la ciudad, en base a esto la red de cabecera de IPTV también se situará en la OLT Riobamba Centro y se distribuirá el servicio hacia las demás centrales mediante las redes de núcleo y acceso.

La plataforma planteada está conformada por servidores de administración y adquisición de contenido, los cuales son:

- Servidor de transmisión de contenido
- Middleware
- Servidor CAS
- Servidor VOD
- Servidor de Inserción de publicidad
- Servidor de Facturación.

A continuación se realiza una comparación técnica para la selección de equipos, se han realizado valoraciones entre dos proveedores, los mismos que son los líderes en el mercado y que proporcionan soluciones integrales.

2.4.1. Servidor de transmisión de contenido

Los receptores permiten una selección flexible de servicios encriptados y libres desde fuentes DVB-S/S2, DVB-T/T2, DVB-ASI, DVB-C o IP, que se pueden ajustar a la línea de servicio del operador con capacidades incorporadas avanzadas de procesamiento del flujo de transporte. El descryptado opcional mediante el uso de módulos de Interfaz Común DVB (DVB-CI), que soportan en forma flexible una gran variedad de sistemas de acceso condicionado (CAS).

Este equipo necesita de una gran capacidad de procesamiento para que sea capaz de recibir la mayor cantidad de transpondedores posibles. La cantidad total de canales de TV está ligada directamente al número de transpondedores. Algunos proveedores de Equipos de Cabecera, le otorgan al equipo la capacidad de integrar los servicios de inserción de publicidad para evitar la compra adicional del equipo y licencias, este equipo debe ser compatible con los servidores de IPTV de VOD, CAS y Middleware.

Se ha realizado una comparación entre dos equipos que cumplen la función de Servidor de Transmisión de Contenido, la cual se muestra en la *Tabla 7-2*.

Tabla 7-2: Comparación de Servidores de Transmisión de Contenido.

MARCA	TELESTE	HARMONIC
MODELO	Teleste Luminato	Harmonic ProStream 9100
Unidades de Rack	1-RU, 24 multiplexores de salida de alta densidad.	1-RU chasis con 5 slots para 4-20 DVB tuners
Compresión	MPEG-2 y MPEG-4 en SD y HD.	MPEG-2 y MPEG-4/H.264 AVC, para SD y HD.
Inserción de publicidad	Publicidad en formato MPEG-2 y MPEG-4 AVC SD/HD.	Publicidad en MPEG-2 y MPEG-4 AVC SD/HD.
Interfaces	2 interfaces 10/100 Base TX Para CAS y NMS USB para la configuración inicial.	2 interfaces Fast Ethernet 1000Base, 2 interfaces 1-GbE SFP (multi modo, mono modo, cobre).

Realizado por: Freire Adriana, 2018.

Se han comparado las marcas Teleste y Harmonic, los cuales se caracterizan en ser proveedores de equipos de telecomunicaciones para redes escalables y son compatibles con la red analizada, se selecciona al equipo Teleste Luminato detallado en el anexo E una de sus ventajas es que tiene la facilidad de inserción de publicidad eximiendo la necesidad de adquirir un equipo adicional, además permite captura la señal de los 14 transpondedores empleados por la CNT-EP en un solo equipo, reduciendo además en el espacio de rack de 19" existentes simplificando la infraestructura de red de cabecera.

2.4.2. Servidor de VOD

El equipo servidor de VOD debe alojar diferentes aplicaciones con el fin de ofrecer un servicio interactivo al usuario; entre ellas, debe incluir un nPVR, conocido como network Personal Video Recorder, que permite que el contenido grabado por el abonado se almacene en la central del proveedor de servicio, en lugar de en el decodificador ubicado en el hogar del consumidor, esto le permite al operador tener un mayor control sobre el uso ilegal del contenido, falencia que se presenta con los sistemas habituales de DVR y PVR.

Dentro de las funciones de un nPVR es la grabación de televisión a tiempo real, conocido como TSTV time-shifted, dando lugar a otros servicios de video avanzados optimizando la experiencia del usuario; como son, Start Over (rebobinar al comienzo de un programa de TV en vivo), Pause TV (pausa, repetición instantánea, rebobinado y avance rápido) y Catch- Up TV (ver programas de TV días después de haber sido transmitidos). (ALEMAN, A., 2015)

La capacidad de almacenamiento de servidor VOD es vital, debido a que debe manejar gran número de peticiones de información para todos los abonados finales a la mayor velocidad posible. Para ello se debe considerar un mínimo número de conexiones simultáneas del equipo equivalga al 25% del número de los usuarios totales de la red, de esta manera se garantiza que no se exceda la capacidad del servidor de VOD y que el contenido se entregue a alta velocidad, reservando espacio para los usuarios que seguirán aumentando en el transcurso de cada mes.

Inicialmente se consideró a 2962 usuarios atendidos desde la OLT de Riobamba Centro, la capacidad del equipo para el primer año deberá ser de 741 conexiones simultáneas, pero considerando el crecimiento de la demanda a 3868 usuarios en cinco años, la capacidad del equipo deberá ser 967 conexiones simultáneas, a fin de evitar adquirir un nuevo equipo en los primeros cinco años de haberse implementado el servicio de IPTV. Cabe señalar que debe tener compatibilidad con el servidor de transmisión de contenidos, STB, middleware, CAS e inserción de Publicidad.

En la *Tabla 8-2* se puede apreciar la comparación de las características técnicas de dos proveedores de VOD de las marcas Anevia y Teleste.

Tabla 8-2: Comparación de Servidores VOD.

MARCA	ANEVIA	TELESTE
MODELO	Toucan-VOD/Npvr	S200 Media Server
Unidades de Rack	▣ 1-RU rack de 19" pulgadas	▣ 1-RU rack de 19" pulgadas.
Compresión	▣ Códec de video: MPEG-2, MPEG-4 (H.264) para resolución SD y HD.	▣ Admite compresión MPEG-2 y MPEG-4.
Servicios nPVR	VOD, nPVR, Time-shifting, Start Over, Pause TV, Catch-Up TV.	VOD y nPVR adquiriendo un servidor adicional solo para esta aplicación.
Capacidad de almacenamiento	▣ 25TB	▣ 3TB
Tipo de transmisión IP	▣ Unicast y multicast.	▣ Multicast.

Realizado por: Freire, Adriana, 2018

Se compararon las marcas Teleste y Anevia, seleccionando el equipo Toucan VOD-nPVR detallado en el Anexo F, debido a que las aplicaciones de VOD y nPVR se encuentran alojadas en el mismo equipo reduciendo el espacio en rack y entregando un mejor servicio al usuario con mayores aplicaciones. Es compatible con Teleste Luminato y posee una gran capacidad de almacenamiento para abastecer los primeros cinco años.

2.4.3. *Middleware*

El middleware es un elemento de software, suele manejar dos softwares, uno el proveedor y otro para el abonado. Los proveedores pueden ofertar sistemas de middleware explícitamente de gestión para el operador de servicio o desarrollan software exclusivamente para el usuario. Sin embargo al momento de su implementación, lo más conveniente es optar por uno que posea tanto, el software de gestión como de cliente integrado en el mismo sistema.

En cuanto a compatibilidad, el middleware debe ser integrarse con todos los elementos de la cabecera propuesta; esto es, servidor de transmisión de contenido, servidor de VOD,

Middleware, servidor de CAS, Servidor de inserción de publicidad y servidor de facturación. (REDHAT, 2018)

2.4.3.1. Kodi Middleware

Es un middleware basado en sistema Python, pensado para pantallas de tipo televisor de licencia tipo GNU/GPL, fue iniciado para servir a la consola de video juegos X-BOX sin embargo el equipo de desarrolladores de KODI obro para que este software se pueda desarrollar en diversos sistemas como Linux, Mac Os y Windows, posteriormente desarrollarían su aplicativo para Android e incluso para RaspBerry.

KODI es un centro de entretenimiento que reúne todos sus medios digitales en un paquete atractivo y fácil de usar. Es 100% gratuito y de código abierto, muy personalizable y se ejecuta en una amplia variedad de dispositivos. Es apoyado por un equipo dedicado de voluntarios y una gran comunidad.

Gracias a los accesorios que incluye este sistema KODI es expansible y por ende soporta una amplia gama de formatos multimedia que incluye características tales como:

- Listas de reproducción
- Visualizaciones de audio
- Presentación de diapositivas
- Almacenamiento masivo
- Internet

En la *Figura 9-2* se puede apreciar la interfaz gráfica de KODI Middleware



Figura 9-2: Interfaz gráfica de KODI Middleware.

Realizado por: Freire Adriana

Fuente: CNT EP

2.4.3.2. ZAPPWARE

Es una plataforma “end to end”, diseña y desarrolla soluciones que permiten a los clientes aumentar el valor de la vida útil del cliente. Para hacer esto posible, la compañía utiliza tecnología de vanguardia y creatividad, lo que resulta en una popular solución de TV digital.

Zappware facilita al operador, al ofrecer análisis de uso perspicaz, así como a los espectadores, al ofrecer una interfaz de usuario intuitiva y personalizada. Al hacerlo, permiten a los clientes convertir a sus espectadores en consumidores. Lo hacen proporcionando un servicio de perfiles personalizado.

Las sugerencias que recibe el espectador, en función de los análisis de su uso (contenido), pueden ir acompañadas de campañas de marketing específicas, por ejemplo, ventas adicionales o tal vez activadores de lealtad.

En la *Figura 10-2* se puede apreciar la interfaz gráfica de Zappware Middleware



Figura 10-2: Interfaz gráfica de Zappware Middleware.

Realizado por: Freire Adriana

Fuente: (<http://itvt.com/story/1549/zappware-deploys-interactive-tv-applications-switzerland-and-belgium>)

Una vez realizado el análisis correspondiente se determina que KODI Middleware provee mejores características y compatibilidad con los servidores antes detallados. En este middleware todos los componentes del operador están encaminados a satisfacer las necesidades del usuario y evaluar sus hábitos e intereses, le otorga un plus a la interfaz de usuario debido a que no está presentada en base a aplicaciones, sino que la información está presentada en base a contenidos, proporcionando acceso rápido a contenido relevante, estimulando el gasto de suscriptores y la satisfacción de cliente.

2.4.4. Servidor de CAS.

El servidor de CAS es de tipo software, un sistema de CAS tiene por objetivo la protección al operador como al usuario de amenazas de piratería de contenidos y robo de servicios. En IPTV las redes son bidireccionales basadas en IP, los sistemas tradicionales de acceso condicional (CA), este sistema debe controlar tanto el acceso de usuarios, como la encriptación de la información. Por esta razón se debe elegir un sistema CAS diseñado específicamente para servicios de IPTV que incluya un sistema DRM, este sistema debe basarse en criptografía avanzada, utilizando principalmente el algoritmo de encriptación AES-128 y que además posee una solución Cardless.

Los proveedores de sistemas CAS, pueden ofertar servicios específicos por separado o entregar la solución completa para IPTV, sin embargo, es recomendable optar por un sistema CAS completo para IPTV que ofrezca además la protección a todos los elementos de la cabecera de red. Los principales componentes de un sistema CAS para IPTV se mencionan a continuación:

- Gestión del Operador, es el componente central de administración que permite que el sistema CAS se integre con los STBs, middleware y servidores de facturación.
- Gestión de seguridad del contenido, conformado por los componentes de seguridad para el sistema de IPTV, para dar soporte a la autenticación, distribución de claves y control de usuario.
- Cifrado en tiempo real, realiza el cifrado de la información, uno de los cifrados más seguros es el cifrado AES de 128 bits, para streams multicast del contenido de video encapsulado, en donde solo el dispositivo del cliente posee la clave de descifrado apropiada, mediante “ViewRight”.
- Encriptación de VOD, realiza el cifrado AES-128 más rápido que a tiempo real para los servidores de VOD, conjuntamente con el componente de gestión de seguridad de contenido soporta flujos de trabajo, automatizados o manuales.
- Paquete ViewRight para STB, es un robusto paquete de código que adiciona seguridad cardless, dentro de cada STB y Smart TV conectado, mediante las características de seguridad del moderno micro controladores System-on-a-Chip (SoC).
- Marcas de Agua, este componente inserta una marca de agua invisible muy robusta lo cual permite el rastreo del contenido. (Borja Calderón, 2017, pp. 79-81)

En la *Tabla 9-2*, se ha realizado la comparación de las características técnicas de dos proveedores de Servidores de CAS de las marcas Verimatrix y Irdeto.

Tabla 9-2: Comparación técnica de Servidores CAS.

MARCA	VERIMATRIX	IRDETO
MODELO	VCAS for IPTV	Irdeto Conditional Access
Sistema base	cardless.	Tarjetas inteligentes.
Encriptación	AES-128.	AES-128
Marca de Agua	☐ Si	☐ Si

Realizado por: Freire, Adriana, 2018.

Entre el sistema CAS de Verimatrix y sistema de Irdeto, se ha seleccionado el sistema VCAS for IPTV de Verimatrix, detallado en el Anexo G, posee una solución específica para IPTV con el uso cardless y encriptación avanzada AES-128, eliminando vulnerabilidades que se presentan en los

sistemas con tarjetas inteligentes. Además al ser una marca líder mundialmente en sistemas CAS posee una alta integración con la mayoría de proveedores de equipos de cabecera.

2.4.5. Servidor de inserción de publicidad

El Servidor de inserción de publicidad lo conforma tanto hardware y un sistema de software. En el hardware se almacena los contenidos de publicidad a transmitir, debe soportar los mismos formatos de compresión que el servidor de transmisión de contenidos y de VOD a fin de mantener la misma calidad durante toda la transmisión de la programación, en este caso deberá soportar la compresión MPEG-2 y MPEG-4, para SD y HD. La capacidad de almacenamiento dependerá de la cantidad de publicidad insertada, en el caso de la CNT-EP la publicidad a insertarse es de carácter informativo, sean estos: promociones, recomendaciones de nuevos productos o servicios, por lo que no requiere mucho espacio de almacenamiento.

El componente software se encarga de la integración del servidor de publicidad con el resto de los elementos de la cabecera y la interoperabilidad con los sistemas de facturación y transmisión de contenidos. En el mercado hay proveedores especializados en la inserción de comerciales o promociones, en el caso de la CNT se insertará publicidad propios de la empresa descartando la necesidad de contratar agentes publicitarios.

Es recomendable optar por un servidor de publicidad que permita insertar promociones no solo en los servidores de VOD y en los servidores de transmisión de contenidos, en este caso el servidor de publicidad funciona como un Streamer que facilite transmitir contenido pregrabado o en vivo. Dependiendo del proveedor puede o no venir incluido en el servidor de transmisión de contenidos, razón por la cual resulta más ventajoso optar por un servidor de transmisión de contenidos que admita inserción de publicidad en el mismo equipo. (Borja Calderón, 2017, pp. 82-83)

El servidor de Publicidad debe ser compatible con el Servidor de transmisión de contenidos, Cas, Middleware y Servidor de facturación.

En la *Tabla 10-2* se ha realizado la comparación de las características técnicas de dos proveedores de Servidores de Inserción de Publicidad, de las marcas Harmonic y Arris.

Tabla 10-2: Comparativa Técnica Servidores de Inserción de Publicidad.

MARCA	Teleste	Arris
MODELO	Teleste Luminato	ADEDGE
Compresión	MPEG-2 y MPEG-4 en SD y HD.	MPEG-2, MPEG-4 AVC
Interoperabilidad	Sistemas de facturación	Sistemas de Tráfico y Facturación de terceros.
Interfaz	Interfaz de usuario intuitiva	Permite crear perfiles para asignar suscriptores por zonas virtuales.

Realizado por: Freire, Adriana, 2018

Fuente: Arris, 2016. ProStream, 2016.

Se han analizado el servidor de inserción de publicidad de Arris y el servidor de inserción ofertado por la marca Teleste, de los cuales se ha seleccionado el servidor Teleste Luminato de Teleste, equipo que ha sido seleccionado previamente para desempeñar la función de servidor de transmisión de cabecera ya que permite la inserción de tramas de anuncios locales y regionales directamente en la transmisión en directo. Eliminando la necesidad de la decodificación de señales para insertar anuncios, los flujos de trabajo se optimizan y la calidad de video se mantiene en un alto nivel. Su alta capacidad facilita a los organismos de radiodifusión la inserción de anuncios publicitarios sin necesidad de adquirir una solución de empalme independiente.

2.4.6. Servidor de facturación.

El servidor de facturación es de tipo software, cuya función es automatizar la gestión de los recursos económicos generados por los distintos servicios ofertados, el sistema debe contener información relacionada como base de datos de los clientes, esquemas tarifarios y algoritmos, así como esquemas tributarios. Es recomendable inclinarse por un sistema de facturación que sea capaz de administrar los ingresos de todos los servicios como son Live TV, VOD y el servicio PPV (Pay Per View).

Los sistemas de facturación segmentan los servicios tanto por transacción o por suscripción, donde los servicios por transacción hace referencia al usuario que paga por servicio o contenido que desea ver, como es el caso de la aplicación PPV. Y la suscripción se refiere al paquete de servicios a los que el usuario accede mediante un pago cada cierto tiempo, que en el caso de la CNT EP suele ser mensual.

La CNT EP necesita que el sistema cuente con un sistema de facturación por suscripción y por transacción. Es importante considerar la seguridad por lo cual el servidor debe funcionar a través

de una única interfaz web segura, que permita el acceso por niveles administrativos y de confidencialidad. Entre las principales funciones requeridas por el servidor son:

- Gestión de aplicaciones, definir todas las funciones y el valor monetario de cada una.
- Generar cuentas de facturación por usuario, debe proporcionar información al usuario sobre el monto que debe cancelar mensualmente.
- Permitir pagos virtuales vía tarjetas de crédito, para pago de servicios de suscripción o de programación PPV.
- Brindar reportes estadísticos del gasto económico por usuario de forma real.
- Permitir ofertar promociones, descuentos o compras de paquetes nuevos, desde el hogar del abonado.
- Lista de usuarios activos y usuarios que han terminado el contrato del servicio y control de cobro de clientes mediante la definición de duraciones de planes y costos.
- Base de datos para almacenar el contenido de VOD y suscriptores.

Para su compatibilidad únicamente es necesario la integración con el Middleware ya que este posee integración con todos los demás elementos de la cabecera de red. (Borja Calderón, 2017, pp. 85-86)

En la *Tabla 11-2*, se ha realizado la comparación de las características técnicas de dos proveedores de Servidores de Servidores de Facturación, de las marcas OBS y Onyma.

Tabla 11-2: Comparación Técnica de Servidores de Facturación.

MARCA	OBS - Open Billing System	Onyma
MODELO	IPTV Billing Services and Recurring Subscription Based Service Management.	Onyma Billing
Gestión	Gestión de servicios de facturación y suscripción.	Servicios de facturación y suscripción
Mecanismos de almacenamiento	Base de datos para suscriptores y contenido de VOD y categorización del contenido.	Mecanismos de auditoría desarrollados y base de datos.

Aplicaciones	Notificación de renovaciones de contrato y promociones. Planes de prepago y Pos pago online.	Sistema analítico integrado para generar reportes de gasto por usuario.
	Sistema de código abierto multilinguaje y multiplataforma, que le permite integrarse fácilmente a cualquier middleware y back office.	Interacción con sistemas de back office externos.

Realizado por: Freire, Adriana, 2018.

Fuente: OBS, 2016. ONYMA, 2016.

Al analizar los sistemas de facturación de las marcas OBS y Onyma, se optó por el sistema de OBS para IPTV el cual es un servidor específico para IPTV y VOD ya que posee funciones concretas dedicadas a la facturación de estos servicios. Es además, un sistema con código abierto que puede ser integrado a cualquier middleware, eliminando de esta manera conflictos de compatibilidad con el resto de los elementos de la cabecera de red de IPTV.

2.5. Determinación de equipos de red de núcleo y red acceso en la plataforma de IPTV.

Los equipos que conforman la red de núcleo y la red de acceso de la plataforma de IPTV se describen a continuación.

2.5.1. Red de Núcleo

La red de núcleo se entiende como la red IP/MPLS encargada de transportar el tráfico desde la red de cabecera de IPTV hacia la red de acceso. Al igual que la red de cabecera de IPTV, los equipos de la red de núcleo se sitúan en la ciudad de Riobamba en la central Riobamba Centro.

La red de núcleo está compuesta por routers para el borde de la red y switches de capa tres para realizar el ruteo entre las VLANs de los servicios de las centrales. Tanto routers como switches de capa 3 deben soportar mensajes de control IGMP, transmisión de flujo multicast, mantener la tabla de multidifusión para brindar el servicio de IPTV, poseer interfaces mínimas 1GbE y soportar transporte sobre MPLS.

Para la plataforma de IPTV propuesta, se recomienda utilizar un Switch de capa 3 que hace las funciones de un switch de agregación de servicios de IPTV, los switches de agregación son switches ethernet de nivel de prestadora de servicios que agregan tráfico en el perímetro de la

red. Se ha seleccionado uno de capa 3, unifica los servidores de la cabecera de IPTV en la red y a su vez formar VLANs, ya sea área de cobertura o por aplicación. Permite la transmisión de tráfico de datos, hacia el router principal de la red MPLS para las centrales locales.

Los equipos de poseen una alta integración con la mayoría de equipos de back office.

En la *Tabla 12-2* se ha realizado la comparación de las características técnicas de dos proveedores de Switch de Agregación, de las marcas Cisco y Huawei.

Tabla 12-2: Comparativa Técnica de Switch de Agregación.

MARCA	Cisco	Huawei
MODELO	MS420-24-HW	S6720-30C-E1-24S-AE
Unidades de Rack	□ Diseño de 1 RU compacto.	□ Diseño de 1 RU.
Red de núcleo	□ Switch de capa 2 y capa 3.	□ Switch de capa 2 y capa 3.
Puertos e interfaces	Posee 24 puertos de 10 GbE. Puerto de administración 10/100/1000	Posee 24 puertos de 10 GbE y 2 puertos 40 GbE.
Multidifusión	Detección IGMP para el filtrado multidifusión.	Multidifusión controlable y soporta IGMP v1/v2/v3.
Protocolo de enrutamiento	Protocolo OSPF v22 Etiquetado de VLAN 802.1Q con un máximo de 4095 VLAN.	Protocolo OSPF y OSPF v3 para IPv6 Máximo de 4K VLANs.
Capacidad	Hasta 960 Gbps de capacidad de switching sin bloqueos.	2.56 Tbit/s de capacidad de switching
Restricciones	Detección DHCP para evitar que los usuarios agreguen servidores DHCP no autorizados en la red.	Restricción de la cantidad de direcciones MAC aprendidas.
Administración	Se administra mediante una interfaz de nube en lugar de utilizar una línea de comandos críptica, que simplifica la administración y reduce costos	Propia del operador mediante línea de comandos críptica.

Realizado por: Freire, Adriana, 2018

Fuente: (http://telecomglobalsolutions.com/data/documents/meraki_datasheet_ms420_es.pdf.)

Se ha seleccionado el Switch Cisco MS420-24-HW, detallado en el Anexo H, su administración en la nube simplifica la preparación y gestión de puertos desde un único panel, reduce además costos al operador, con precios equivalentes a otros switches similares que no poseen esta característica. Además posee interfaces para una rápida conmutación de los servidores de IPTV.

Cabe señalar que la red MPLS y la red de backbone, se utilizará la red de la CNT – EP ya existente, para la transmisión del servicio IPTV a la central Riobamba Centro ya que cumple con los requerimientos mencionados. La red de backbone de la ciudad de Riobamba forma un anillo de fibra óptica que comunica las centrales Riobamba Norte, Riobamba Sur, Riobamba Centro y las diferentes Msan que se extienden a lo largo de la ciudad.

2.5.2. Red de Acceso

La red de acceso es la encargada de distribuir los flujos de datos de IPTV desde la central Riobamba Centro hasta los equipos de usuario o STBs, el transporte de datos se realiza sobre la red la red GPON ya establecida, la misma que se encuentra detallada en el Análisis de la infraestructura actual de la red GPON de la CNT E.P. en la zona Riobamba Centro.

La CNT EP utilizará la tecnología FTTH para ofrecer el servicio de IPTV, la misma que como se indicó, ya se encuentra implementada en la zona Riobamba Centro y cumple con todos los requerimientos técnicos para el servicio de IPTV.

2.6. Equipos de usuario en la plataforma de IPTV.

El equipo de usuario utilizado para IPTV es un Set Top Box, el cual consiste en un dispositivo que recepta una señal digital de la cabecera de IPTV sobre la red GPON y la decodifica para que sea transmitida por el terminal del usuario. Le otorga además al televisor del usuario características de un dispositivo multimedia e interactivo y así permita soportar todas las aplicaciones de IPTV.

La compresión soportada y las aplicaciones ofertadas son requisitos indispensables. Respecto a la compresión, debe tener la capacidad de procesar los códecs de video que se utilizan en la cabecera de IPTV, es decir en el codificador y en el servidor de transmisión de contenidos, los mismos que utilizan una compresión MPEG-2 y MPEG-4/H.264 AVC, para mantener la calidad en los canales. Debe ser capaz de soportar todas las aplicaciones de Live TV y de VOD, como son VOD, nPVR,

TSTV, Start Over, Pause TV y Catch-Up TV. Para el caso de Pause TV, el STB debe poseer una funcionalidad llamada PLTV (Pause Live TV).

La plataforma de IPTV propuesta utilizará nPVR en lugar del habitual PVR, ya que este presenta mayores ventajas tanto para el usuario como para el operador, debido a que los contenidos se graban en la red del operador y no en el STB, Le proporciona al usuario la capacidad de grabar más de un programa al mismo tiempo y guardarlo en la nube el tiempo que desea, por otro lado le permite al operador la capacidad de controlar el contenido que ha sido grabado y evitar problemas de piratería y mal uso del contenido con la ayuda del sistema CAS, adicionalmente le permite abaratar costos que implicarían STBs con PVR de grandes capacidades de almacenamiento. (Borja Calderón, 2017, pp. 91-93)

En la *Tabla 13-2* se ha realizado la comparación de las características técnicas de dos proveedores de Set Top Box, de las marcas Airties y Amino.STB

Tabla 13-2: Análisis técnico de STBs.

MARCA	AIRTIES	AMINO
MODELO	Airties 7205	Amino A140
Aplicaciones	Soporta Live TV, nPVR, PLTV, VOD, Time-shifting, Start Over, Catch-Up TV y Picture in picture.	Soporta Live TV, nPVR, PLTV, VOD, Time-shifting, Start Over, Catch-Up TV.
Interfaces	Interfaces: USB 2.0 (para disco duro externo, dongle USB, cámara, micrófono o teclado), salida óptica S/PDIF, salida A/V Output, slot para tarjeta Micro SD, puerto HDMI 1.4, 10/100 BaseT Ethernet, entrada DC Jack.	Interfaces: Ethernet 10/100 BaseT via RJ-45, HDMI1.3, dongle USB, USB2.0, RGB, S-Video and audio analógico, modulador RF.
Compresión video	Códecs de video: MPEG-2, MPEG-4/H.264 AVC, FLV. Soporta hasta de 1080i (para picture in picture) o única pantalla 1080P para Full HD.	Códecs de video: MPEG-2, MPEG-4 pt10 AVC/H.264. Soporta 720p, 1080i para picture in picture y 1080p.

Compresión audio	Códex de audio: AAC-LC, AAC-HE, AC-3, E-AC3 (Dolby Digital Plus), MPEG-1 tipo 1, 2, 3 (MP3), DTS 5.1.	Códex de audio: Audio estéreo y Dolby 5.1 vía S/PDIF and HDMI. Dolby Digital.
-------------------------	---	---

Realizado por: Freire, Adriana.
Fuente: (Borja Calderón, 2017)

Es sumamente importante que el STB sea compatible con el middleware elegido y que soporte todas las aplicaciones que ofrece, en base a estos requerimientos se ha optado por el equipo de Airties, el cual se detalla en el Anexo I.

CAPITULO 3

3. MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se describe el análisis de los resultados obtenidos después del DISEÑO DEL SERVICIO DE IPTV SOBRE LA INFRAESTRUCTURA GPON DE LA OLT RIOBAMBA CENTRO PARA LA PRESTACION DE SERVICIO DE VIDEO POR SUSCRIPCION DE LA CNT-EP CHIMBORAZO, mediante el dimensionamiento de la cabecera de IPTV y pruebas para medir el ancho de banda requerido y determinar el mecanismo de calidad de servicio QoS, así también considerando que es un servicio nuevo podremos apreciar el grado de aceptación que este servicio llegara a tener en la ciudad de Riobamba.

3.1. Análisis de resultados obtenidos

3.1.1. Estudio y predominio de la demanda para el servicio de IPTV en la zona Riobamba

Centro.

Como se describió en el capítulo dos, al ser un servicio nuevo que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones desea implementar se tiene que evaluar el nivel de aceptación que este servicio podría tener y para eso a través de las encuestas realizadas los resultados que se obtuvo fueron los siguientes:

3.1.1.1. Pregunta 1: ¿Posee un servicio de televisión satelital CNT TV o de otro proveedor en su hogar?

Fueron encuestados 252 usuarios, de los cuales 175 si poseen un servicio de televisión satelital de CNT TV o de otro proveedor en su hogar y 77 no lo poseen, Además se aprecia que 154 personas poseen solo un decodificador, 48 dos decodificadores, 31 tres decodificadores y 19 cuatro decodificadores, 189 personas poseen un televisor, 41 dos televisores, 17 tres televisores y 5 cuatro televisores.

Como resultado el 67% si posee un servicio de televisión satelital, de los cuales el 46% posee un decodificador y el 40% cuatro televisores, y para un mejor los resultados los podemos apreciar en los *Gráficos 1-3 y 2-3* mostradas a continuación



Gráfico 1-3: Posee un Servicio de Televisión Satelital.
Realizado por: Freire Adriana, 2018.

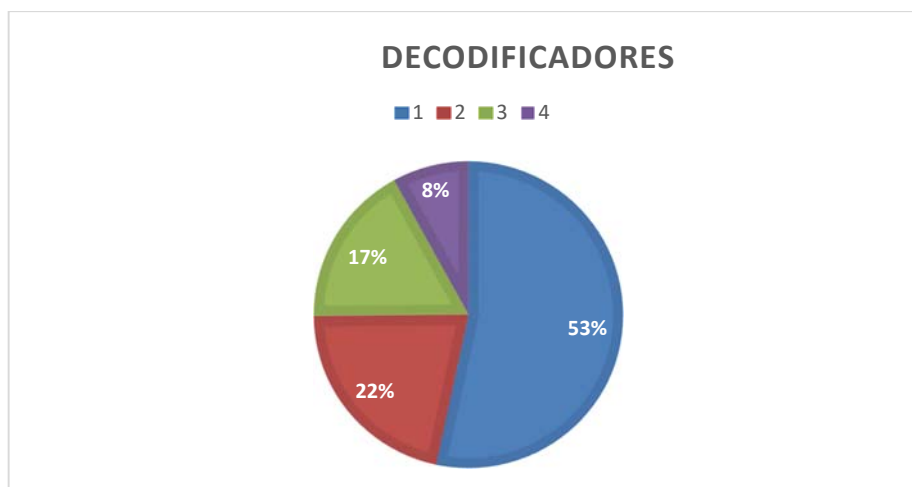


Gráfico 2-3: Número de Decodificadores.
Realizado por: Freire Adriana, 2018

3.1.1.2. Pregunta 2: ¿Estaría dispuesto a contratar el servicio IPTV?

IPTV es un servicio que se viene ofertando por parte de otros proveedores de servicios, la población tiene una pequeña noción de este servicio, sin embargo el 89% de encuestados si estarían dispuestos a contratar un servicio de IPTV y el 11% no considera necesario hacerlo, para un mejor entendimiento estos resultados se muestran en el *Gráfico 3-3* mostrada a continuación



Gráfico 3-3: Aceptación del servicio de IPTV.

Realizado por: Freire Adriana, 2018

3.1.1.3. *Pregunta 3: ¿Cuál es el Plan por el que se inclinaria del servicio de IPTV?*

Al igual que los planes tanto de telefonía, DTH e internet ofertados por la CNT se han contemplados planes para IPTV con costos y canales referenciales. De las personas encuestas, el 67% estaría dispuesto a pagar por el servicio de IPTV Plan Ultra SD, un 23% entre Plan Ultra HD y el 10% se inclina por el Plan IPTV HD Plus, sus resultados podemos apreciarlos en el diagrama mostrado en el *Gráfico 4-3* presentado a continuación:

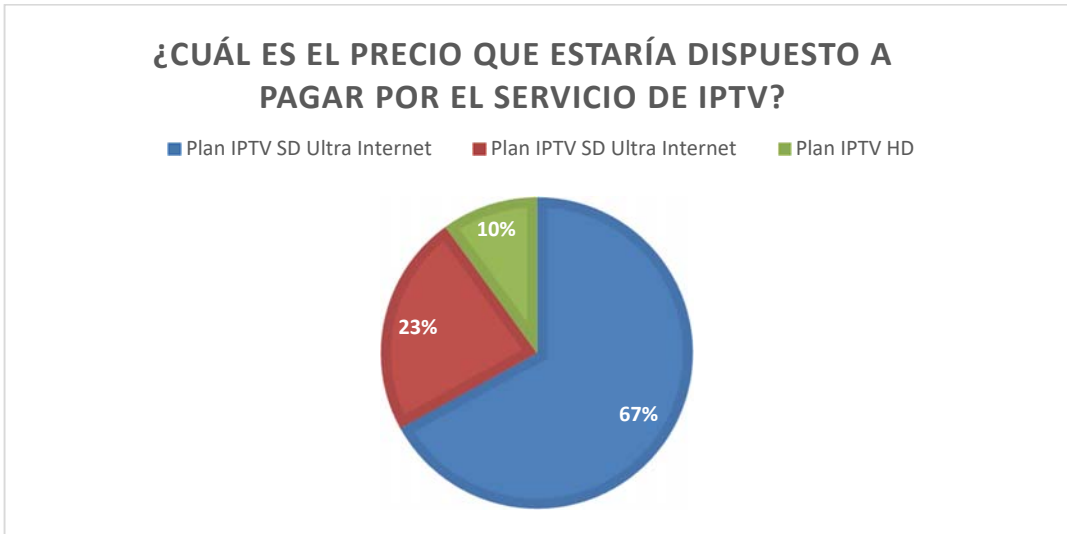


Gráfico 4-3: Inclinación por el tipo de servicio de IPTV.

Realizado por: Freire Adriana, 2018

3.1.1.4. Pregunta 4: ¿Le gustaría que CNT – EP le proporcione el servicio de IPTV?

CNT-EP es una de las empresas líderes en el mercado de las telecomunicaciones, gran parte de la población ecuatoriana accede a uno de los servicios ofertados por la misma, y la integración de un nuevo servicio sería novedosa y accesible a sus usuarios. De las personas encuestadas, el 91% mostró preferencia en recibir el servicio de IPTV por parte de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones mientras el 9% no acogería dicho servicio, podemos apreciar que IPTV tendría un alto grado de aceptación y brindaría un gran ingreso económico a CNT-EP, Los resultados están representados en el *Gráfico 5-3*:

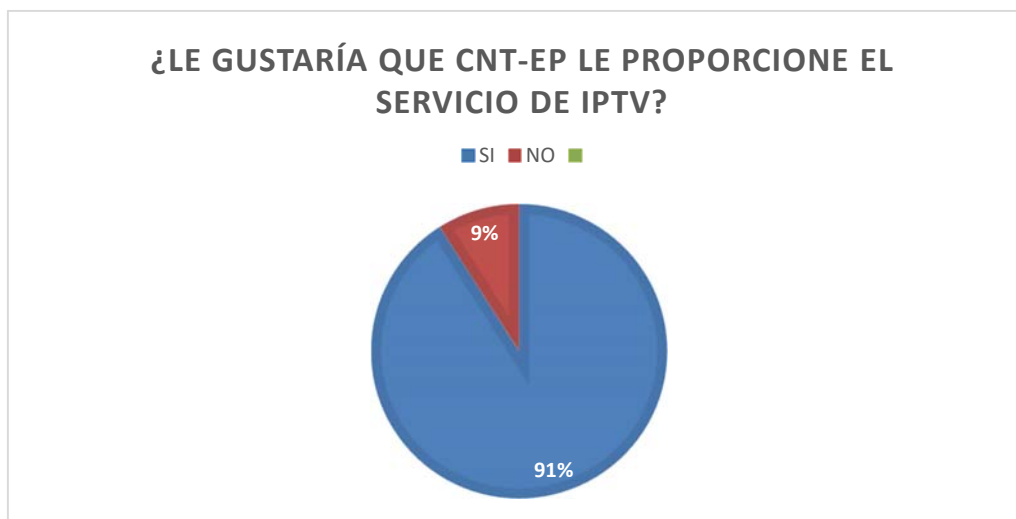


Gráfico 5-3: Aceptación del servicio de IPTV por parte de CNT-EP.

Realizado por: Freire Adriana, 2018.

Gracias a los resultados obtenidos en las encuestas realizadas podemos determinar que de implementarse el servicio de IPTV en la ciudad de Riobamba, existirá una gran aceptación por parte de los usuarios y que posteriormente con el paso del tiempo IPTV tenga un alto nivel de demanda, por lo cual es necesario realizar pruebas de calidad para de esta forma brindar un excelente servicio de IPTV.

3.1.2. Proyección de demanda

La CNT EP previo a la implementación del servicio posee contempla un tiempo de preparación de 6 a 9 meses, tiempo en el cual lleva a cabo tareas relacionadas a las tareas en relación a la adquisición de equipos, instalación de la red de cabecera, adquisición de accesorios, consolidación de contratos con grilla de canales, determinación de presupuesto y costo final en gerencia comercial y comercialización del servicio al usuario final.

Adicionalmente, en el estudio de la proyección de la demanda ($Df(t)$), se utilizó el modelo matemático del comportamiento de la demanda, donde intervienen variables como la demanda inicial (Do), el índice de crecimiento típico de cada sector (i) que incide en la velocidad de crecimiento de la demanda y el tiempo (t) que se medirá en años.

Este modelo permite determinar la proyección de la demanda de IPTV asumiendo un índice de crecimiento constante, por lo que, en este caso, se ha considerado un tiempo de 5 años para la proyección de la demanda de IPTV, debido a que la zona Riobamba Centro se encuentra en constante desarrollo y existe sectores donde la CNT EP proyecta instalar la red GPON. Es así que el índice de crecimiento, puede variar de acuerdo a un nuevo crecimiento de la red GPON en la zona Riobamba Centro en los años posteriores.

$$Df(t) = Do(1 + i)^t$$

Para determinar el índice de crecimiento de IPTV, se ha considerado el índice de crecimiento de la red GPON existente en la zona Riobamba Centro y el grado de interés de los abonados en IPTV determinado en la encuesta. El índice de crecimiento de la red GPON establecido por la CNT EP, tiene un valor de 8%, el cual ha sido establecido, basándose en factores socioeconómicos del sector.

Además, se ha aplicado el grado de interés del servicio de IPTV establecido en la encuesta, cuyo valor es del 89% al índice de crecimiento de la red GPON, como se indica en la ecuación

$$i_{IPTV} = i_{GPON} * Gr_{ac}$$

$$i_{IPTV} = 8 * 0.89$$

$$i_{IPTV} = 7.12\%$$

Donde:

i_{GPON} : Índice de crecimiento de red GPON en la zona

Gr_{ac} : Grado de aceptación del servicio en la zona

i_{IPTV} : Índice de crecimiento de IPTV en la zona

Para obtener la demanda inicial (Do); se determina en primer lugar la demanda de mercado de IPTV (DM), aplicando el porcentaje de grado de interés de IPTV obtenido de la encuesta cuyo valor es del 89% a los abonados de la red GPON en marzo del 2018, en base a los datos proporcionados por la CNT EP el número de abonados en la OLT de Riobamba centro es de 3328.

$$DM = Abonados GPON * Gr_{ac}$$

$$DM = 3328 * 0.89$$

$$DM = 2962$$

Luego, se aplica a la demanda de mercado de IPTV (DM) el objetivo de demanda (OD) establecido por la CNT EP, exclusivamente para el primer año de servicio, cuyo valor es del 80%.

$$Do = DM * \frac{OD}{100}$$

$$Do = 2962 * 0.8$$

$$Do = 2369$$

Consecuentemente, se determina la proyección de la demanda anual $Df(t)$ para los próximos cinco años.

$$Df(t) = Do(1 + i)^t$$

$$Df(1) = 2962(1 + 0.0696)^1 = 3168$$

$$Df(2) = 2962(1 + 0.0696)^2 = 3385$$

$$Df(3) = 2962(1 + 0.0696)^3 = 3618$$

$$Df(4) = 2962(1 + 0.0696)^4 = 3868$$

En la *Tabla 1-3* se observa la proyección de la demanda anual de IPTV.

Tabla 1-3: Proyección de la demanda anual de IPTV en la zona Riobamba Centro.

AÑOS	0	1	2	3	4
Posibles abonados IPTV	2962	3168	3385	3618	3868

Realizado por: Adriana Freire.

3.1.2.1. Segmentación del mercado

En base a la proyección de la demanda que se detalla en la *Tabla 1-3*, se puede segmentar el mercado de IPTV, considerando la pregunta número 3 en el análisis de resultados de la encuesta (Anexo C), donde se indica los usuarios que poseen el servicio de televisión por cable de acuerdo al número de decodificadores utilizados, esto permite determinar el grupo de usuarios que corresponden a planes en base a la preferencia del servicio de IPTV.

Los resultados que arrojó la encuesta fueron que el 67% de los entrevistados se inclinan por el Plan Ultra SD, el 23% por el Plan Ultra HD, el 10% preferirían acceder al Plan IPTV HD. En la *Tabla 2-3* se indica la segmentación del mercado de IPTV proyectada a 5 años en función de estos porcentajes.

Además, se ha calculado los abonados del Plan Ultra SD (Plan Ultra SD (t)), con el fin de facilitar la comprensión del cálculo de los demás planes.

$$Plan\ Ultra\ SD\ (t) = Df(0) * Porcentaje$$

$$Plan\ Ultra\ SD\ (0) = Df(0) * Porcentaje\ Ultra\ SD = 2962 * 0.67 = 1984\ Abonados$$

$$Plan\ Ultra\ SD\ (1) = Df(1) * Porcentaje\ Ultra\ SD = 3168 * 0.67 = 2122\ Abonados$$

$$Plan\ Ultra\ SD\ (2) = Df(2) * Porcentaje\ Ultra\ SD = 3385 * 0.67 = 2268\ Abonados$$

$$Plan\ Ultra\ SD\ (3) = Df(3) * Porcentaje\ Ultra\ SD = 3618 * 0.67 = 2424\ Abonados$$

$$Plan\ Ultra\ SD\ (4) = Df(4) * Porcentaje\ Ultra\ SD = 3868 * 0.67 = 2591\ Abonados$$

Tabla 2-3: Segmentación del mercado de IPTV con proyección a 5 años.

Planes IPTV	Porcentaje	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Ultra SD	67%	1984	2122	2268	2424	2591
Ultra HD	23%	681	729	767	832	890
IPTV HD	10%	297	317	350	362	387
Total	100%	2962	3168	3385	3618	3868

Realizado por: Adriana Freire.

3.1.3. Cálculo de ancho de banda y determinación del mecanismo de calidad de servicio QoS.

Para el cálculo de ancho de banda y determinar el mecanismo adecuado para el sistema de IPTV, se realizaron simulaciones en la plataforma OPNET Modeler, la misma que es ampliamente utilizada para la comprobación de servicios y dimensionamientos de redes debido a que permite las configuraciones de los equipos con la finalidad de obtener datos más apegados a la realidad, la red lógica empleada para el análisis parte de la red física planteada en el Sector de la ciudadela Fausto Molina, se consideró de 384 ONTs contenidas en 48 MDU o cajas de distribución aéreas, los cuales utilizaron diferentes servicios de internet aleatoriamente con sesiones de duración variable. En la

Figura 1-3 se visualiza el escenario de la simulación con los servidores para la cabecera de IPTV y la red de acceso y de usuario.

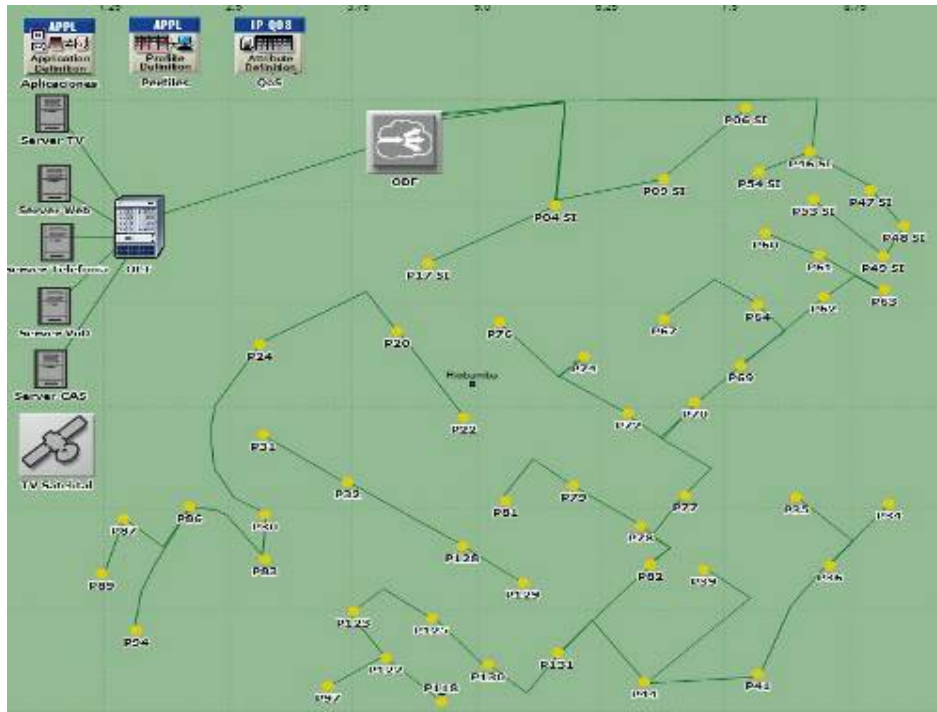


Figura 1-3: Escenario de simulación con los servidores para la cabecera de IPTV.
Realizado por: Freire, Adriana.

En la Figura 2-3 se visualiza el conjunto de servidores que conforman la cabecera de IPTV empleados para la simulación en OPNET Modeler.

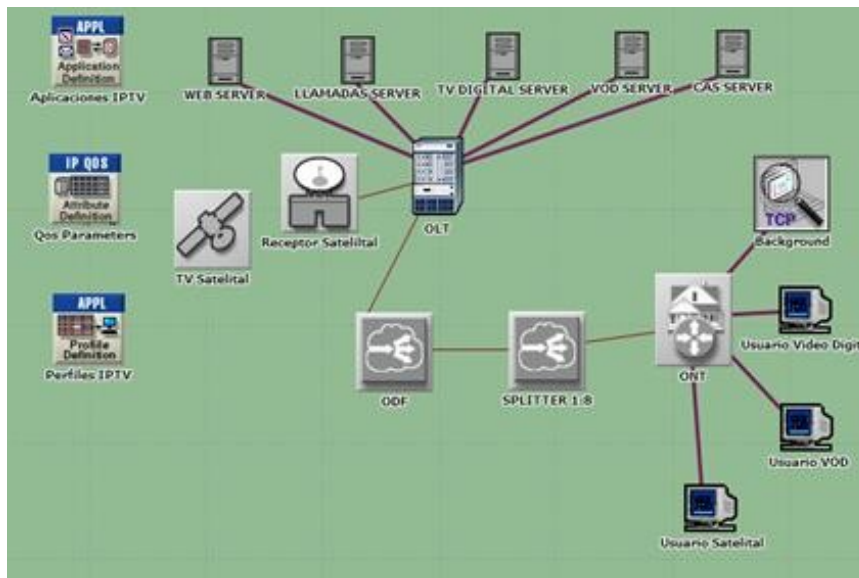


Figura 2-3: Servidores de la cabecera de IPTV.
Realizado por: Freire Adriana, 2018

Para poder tener datos más aproximados se ha configurado el tipo de fibra óptica el tipo de multiplexación, además se realizan pruebas en dos escenarios, en el primero se configura el mecanismo de QoS Diffserv y en el segundo se configura el mecanismo de QoS Intserv, esto con el fin de analizar el rendimiento del sistema con cada mecanismo y así determinar cuál es el más apropiado para nuestro sistema. En la *Figura 3-3* se puede apreciar la configuración de dichos parámetros.

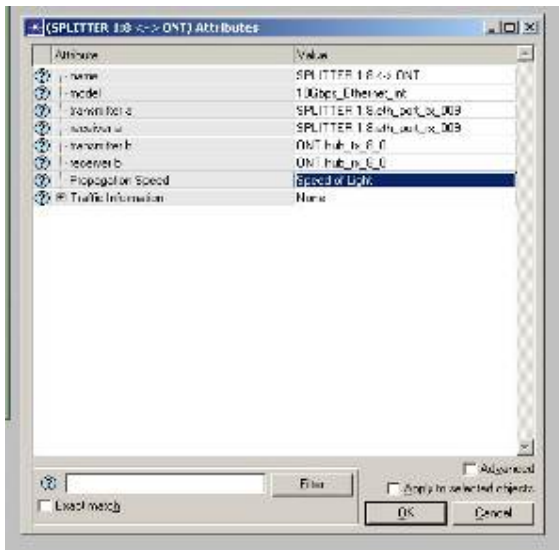


Figura 3-3: Fibra óptica utilizada en OPNET.

Realizado por: Freire Adriana, 2018.

a) *Resultados obtenidos con Diffserv*

En la *Figura 4-3*, podemos observar la configuración de Diffserv realizada en el escenario de prueba, el parámetro: Tipo de servicio es el valor a configurar para poner a correr el sistema con Diffserv el cual es representado con el código AF41.

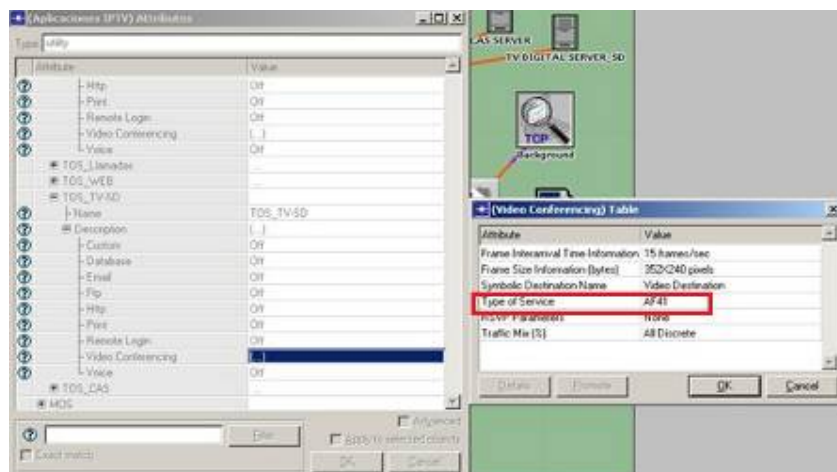


Figura 4-3: Configuración del mecanismo de QoS Diffserv.

Realizado por: Freire Adriana, 2018

Una vez realizado las configuraciones correspondientes, se determinó el ancho de banda para los canales HD y SD, los mismos que podemos observar en la *Figura 4-3*, el ancho de banda de un canal HD oscila entre los 9Mbps - 10Mbps, cuando el usuario accede a un canal SD genera un tráfico comprendido entre los 3.5 Mbps – 4 Mbps. Los cuales están entre los parámetros establecidos para un sistema de IPTV.

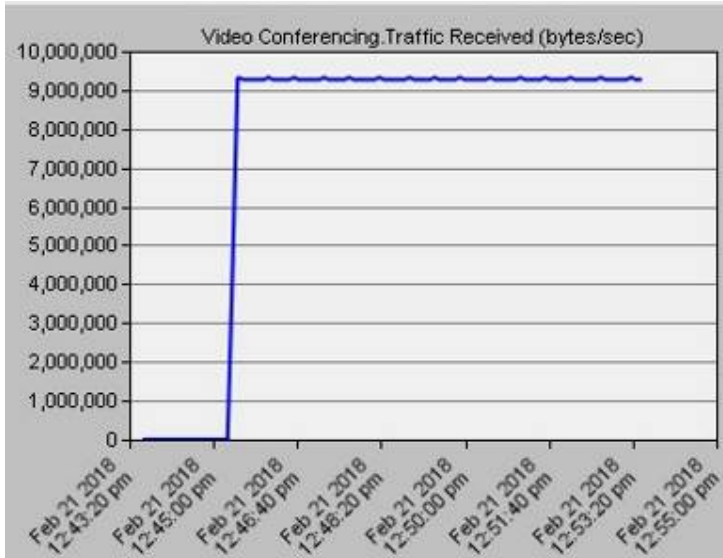


Figura 5-3: Tráfico recibido de un Canal HD.

Realizado por: Freire Adriana, 2018

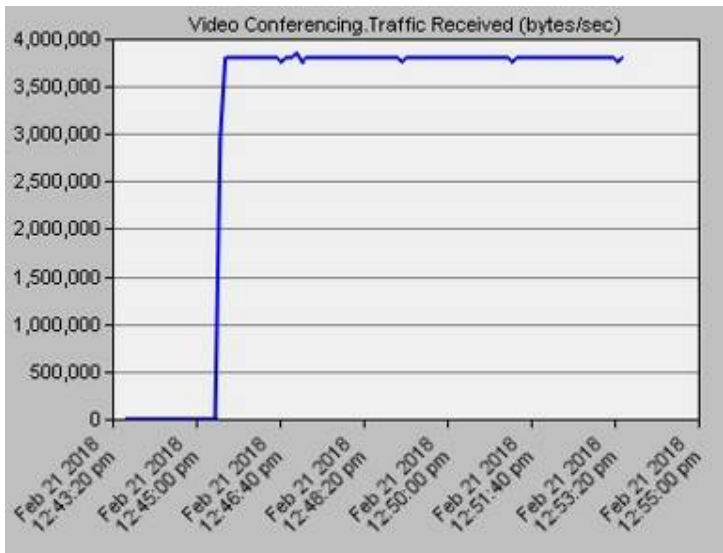


Figura 6-3: Tráfico recibido para Canal SD.

Realizado por: Freire Adriana, 2018

En la *Figura 7-3* se aprecia el tráfico generado por un usuario VoIP el cual fluctúa entre los 9Kbps - 9.2 Kbps.

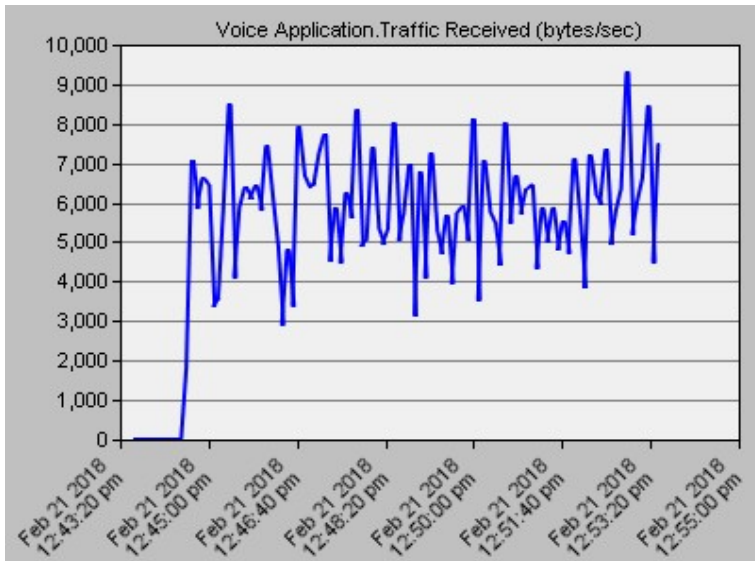


Figura 7-3: Tráfico enviado desde un usuario voz.
 Realizado por: Freire Adriana, 2018

b) Resultados con el mecanismo de QoS Intserv.

El mecanismo de calidad de Servicio Intserv se relaciona con el Protocolo de Señalización de Reserva (RSVP), el cual requiere de una configuración adicional para su simulación en la plataforma de Opnet Modeler.

En las *Figura 8-3* y *9-3*, se puede apreciar las configuraciones necesarias para Intserv y para el protocolo RSVP.



Figura 8-3: Activación de Intserv.
 Realizado por: Freire Adriana, 2018

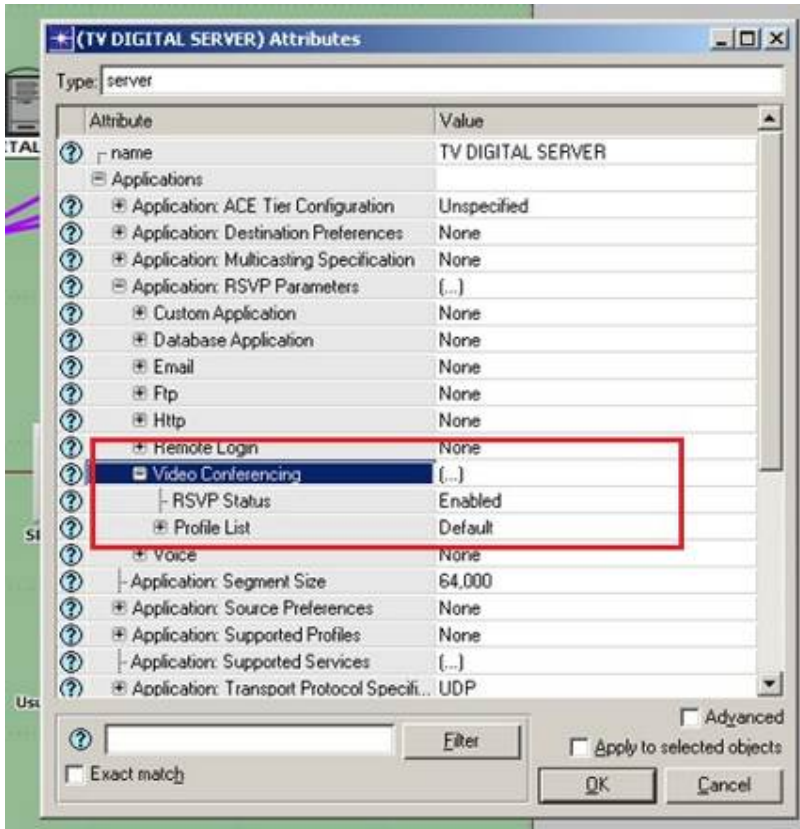


Figura 9-3: Activación del protocolo RSVP para Intserv.

Realizado por: Freire Adriana, 2018

Se realizaron las pruebas para medir el ancho de banda del canal HD, SD y de audio, los resultados se muestran en las *Figura 10-3*, *11-3* y *12-3* respectivamente.

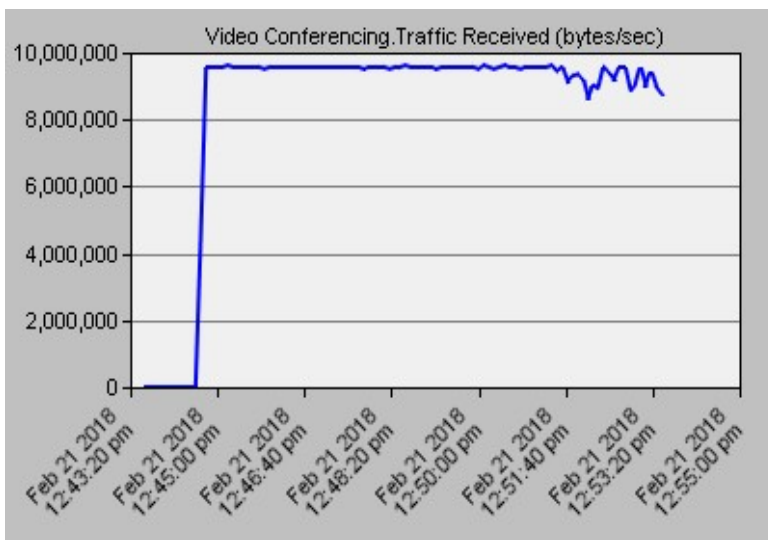


Figura 10-3: Ancho de banda de un canal HD con Intserv.

Realizado por: Freire Adriana, 2018

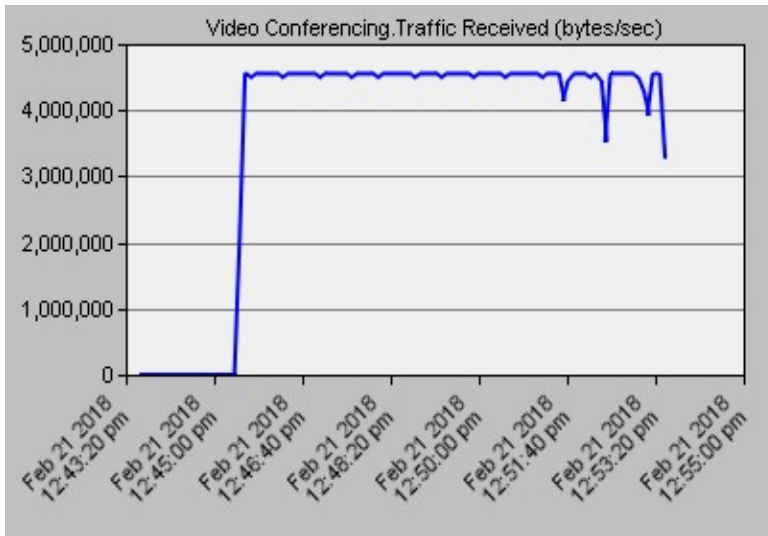


Figura 11-3: Ancho de banda de un canal SD con Intserv.
 Realizado por: Freire Adriana, 2018

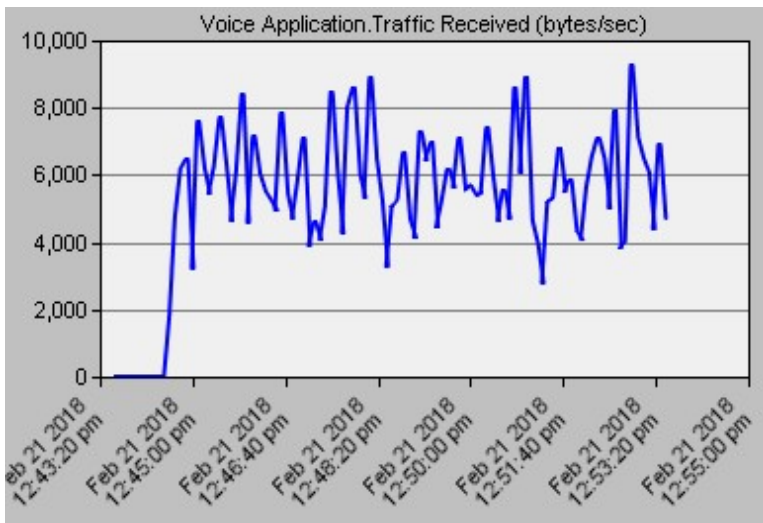


Figura 12-3: Ancho de banda de VoIP con Intserv.
 Realizado por: Freire Adriana, 2018

Los valores obtenidos para el canal HD con Intserv oscila entre 9Mbps – 10Mbps, para un canal SD se requiere un ancho de banda en el rango de los 4Mbps – 5Mbps, mientras que para VoIP se consume un ancho de banda entre los 9Kbps – 10Kbps.

Los valores concretos de retardo, throughput y jitter establecidos para IPTV se especifican en la recomendación ITU-T Rec. Y.1541apéndice VIII descritas en la *Tabla*. La cual además se define dos nuevas clases de servicios que caracterizan los parámetros de QoS de red para servicios de video sobre redes IP.

Tabla 3-3: Parámetros para QoS en IPTV.

PARÁMETRO	MEDIO	FUNCIONALIDAD			CARÁCTERÍSTICA QoE
		Correcto	Regular	Pobre	
Jitter medio	Video	$J < 200\text{ms}$	$200 < J < 1E4$	$J > E4$	Posee escasa recuperación en este tipo de servicios
	Audio	$J < 200\text{ms}$	$200 < J < 1E4$	$J > E4$	
Pérdida de paquetes	Video	$Lp < 1\%$	$1\% < Lp < 5\%$	$Lp > 5\%$	Principal causante de pixelado en la imagen
	Audio	$Lp < 2\%$	$2\% < Lp < 5\%$	$Lp > 5\%$	
Throughput	Video	$> 20\text{Kbps}$	$20 > Th > 15$	$< 15\text{kbps}$	Produce congelado en la imagen y pérdida en el sonido
	Audio	$> 10\text{Kbps}$	$10 > Th > 5$	$< 15\text{Kbps}$	

Realizado por: Adriana Freire

Fuente: Recomendaciones ITU para IPTV.

Se realizó la comparación del retardo existente en el sistema, END-to-END Delay, hace referencia al tiempo que tarda en transmitirse un paquete a través de la red desde la fuente hasta llegar al destino.

En las *Figura 13-3, 14-3 y 14-3*, se puede observar el retardo existente en los Canales HD, SD y de Voz respectivamente.

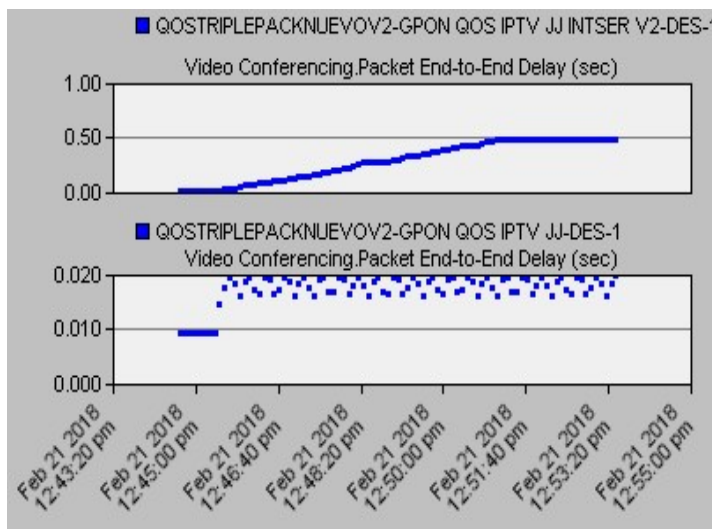
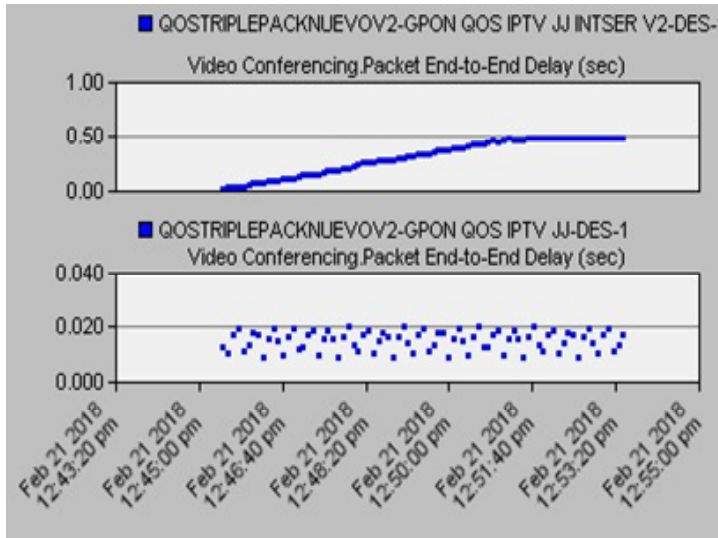


Figura 13-3: END to END DELAY IPTV HD.

Realizado por: Freire Adriana, 2018.



Realizado por: Freire Adriana, 2018.

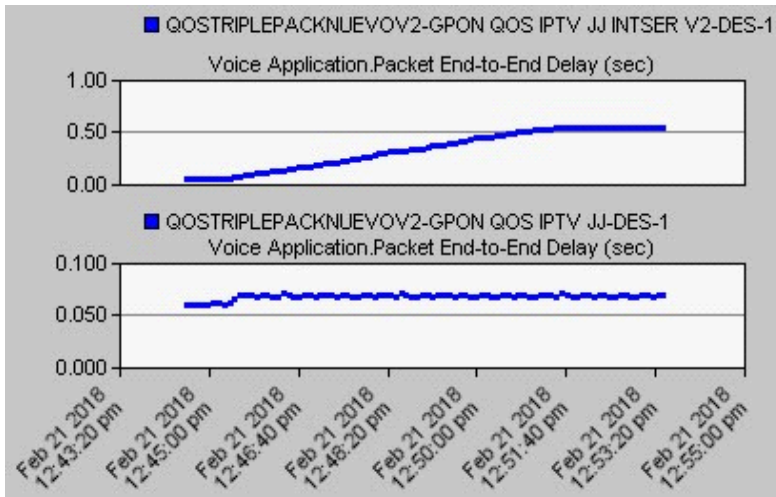


Figura 15-3: END to END delay de un usuario VoIP.

Realizado por: Freire Adriana, 2018

Los resultados obtenidos se resumen en la *Tabla 4-3*, en donde podemos observar que existe mayor retardo cuando en el sistema se implementa el mecanismo de QoS Intserv.

Tabla 4-3: Comparación de END to END delay.

SERVICIO	INTSERV	DIFFSERV
CANAL HD	0 Kbps – 0.5Kbps	0.01Kbps – 0.1Kbps
CANAL SD	0 Kbps – 0.5Kbps	0Kbps – 0.02Kbps
VoIP	0 Kbps – 0.5Kbps	0.05Kbps – 0.1Kbps

Realizado por: Freire Adriana, 2018

Finalmente otro parámetro considerado para el análisis es el Throughput o tasa de transferencia efectiva, el cual consiste en el volumen de trabajo o de información neto que fluye a través de un sistema. En las *Figura 16-3* y *17-3*, se puede apreciar el throughput obtenido en el sistema con los mecanismos Diffserv e Intserv cuando se accede al a un canal SD.

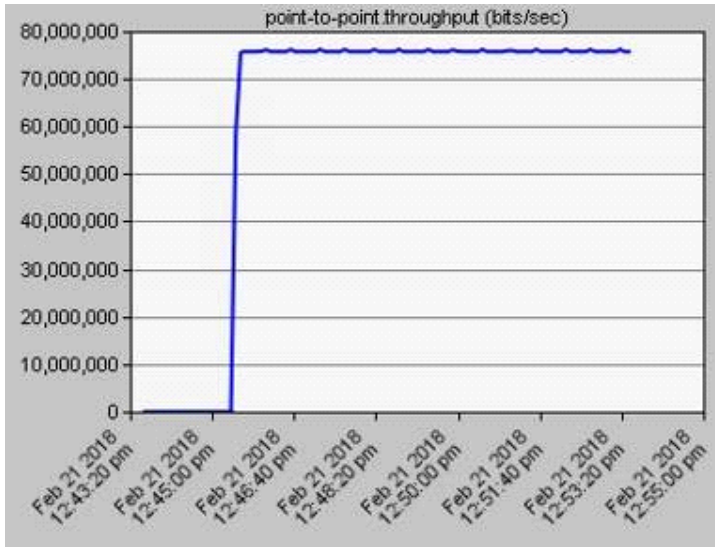
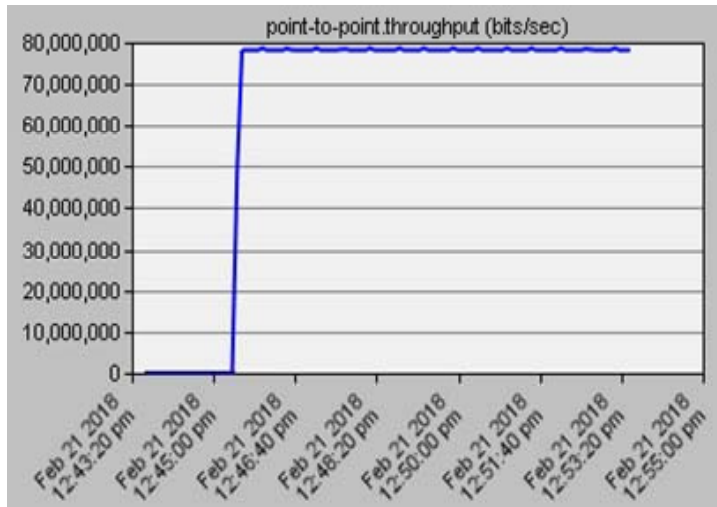


Figura 16-3: Throughput de un canal SD con Diffserv.
Realizado por: Freire Adriana, 2018



Realizado por: Freire Adriana, 2018

En las *Figuras 18-3* y *19-3*, se puede apreciar el throughput obtenido en el sistema cuando se accede al a un canal HD y se implementa el mecanismo Diffserv e Intserv respectivamente.

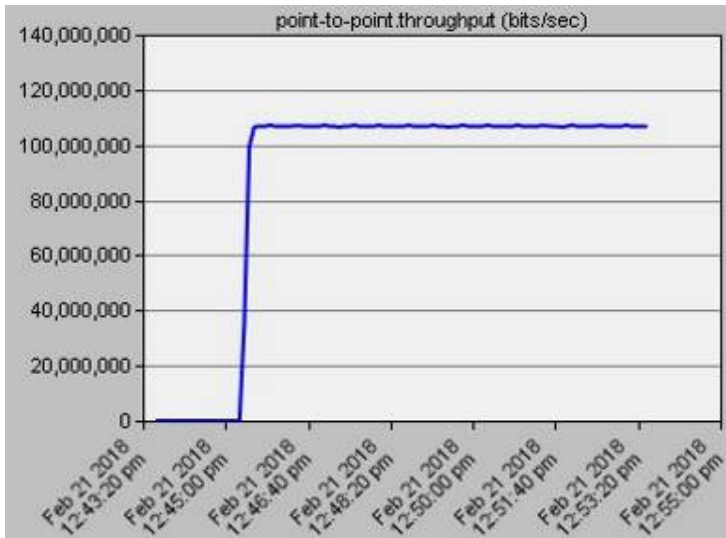


Figura 18-3: Throughput en video digital Canal HD con Diffserv.
 Realizado por: Freire Adriana, 2018

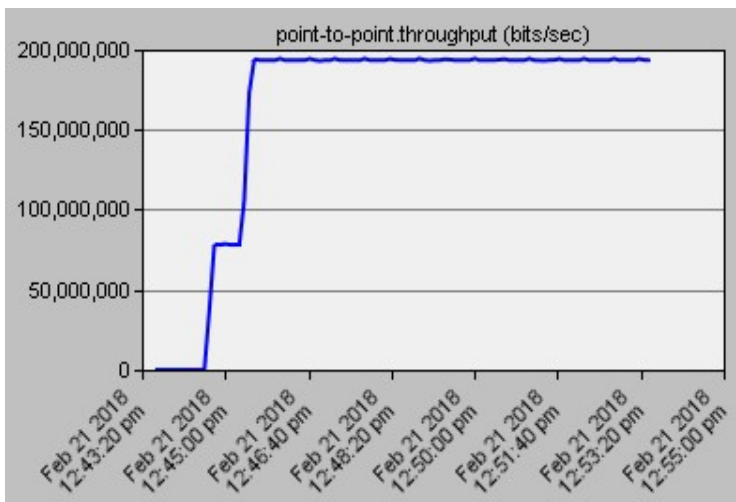


Figura 19-3: Throughput en video digital Canal HD con Intserv.
 Realizado por: Freire Adriana, 2018

Los resultados obtenidos se resumen en la *Tabla 5-3*, en donde podemos observar que existe mayor retardo cuando en el sistema se implementa el mecanismo de QoS Intserv.

Tabla 5-3: Throughput alcanzado para SD y HD.

SERVICIO	INTSERV	DIFFSERV
CANAL HD	70Mbps – 80Mbps	70Mbps – 80Mbps
CANAL SD	150Mbps – 200Mbps	100Mbps – 120Mbps

Realizado por: Freire Adriana, 2018

Como se puede observar, la fortaleza de Intserv se refleja en la tasa de transferencia efectiva, es decir respecto a Diffserv tiene un mejor rendimiento. Diffserv tiene una tasa de transferencia aceptable que se encuentra dentro de los rangos establecidos en la *Tabla 3-3* y consume menos ancho de banda lo cual es representativo a nivel general del sistema, al adicionar el sistema de etiquetas permite solventar el problema de escalabilidad del sistema y la degradación de la calidad de video. Bajo estas consideraciones se recomienda a Diffserv como el mecanismo de calidad de servicio más óptimo para un sistema de IPTV.

Una vez realizado las pruebas necesarias, se realiza el cálculo del ancho de banda total, en IPTV se ha tomado en cuenta un valor de 11Mbps de la compresión MPEG-4 H.264 AVC por televisor o STB utilizado, debido a que es la situación que demanda un mayor consumo. Además, en base a la simulación se ha reservado 2 Mbps que corresponden a las aplicaciones de IPTV, como son anuncios publicitarios del servidor de inserción de publicidad, notificaciones o avisos del servidor de facturación, mensajes del operador, entre otros. En la *Tabla 6-3* se determina el ancho de banda recomendado para IPTV.

Tabla 6-3: Tasa de Transferencia recomendada para IPTV.

SERVICIO IPTV STREAMING	ANCHO DE BANDA
Streaming	11 Mbps
APLICACIONES IPTV	2 Mbps

Realizado por: Adriana Freire.

Considerando que los usuarios encuestados ya poseen VOIP, internet GPON o los dos servicios, mediante la plataforma de IPTV, también se puede ofertar planes de Triple Play, conformados por VOIP, Internet GPON y el servicio de IPTV planteado.

Para determinar el ancho de banda de triple Play, se suman los servicios de voz y datos, para Internet GPON se ha asignado el plan básico de 10 Mbps de la CNT EP y para VOIP se ha

determinado un ancho de banda de 87.2 Kbps, con el códec G.711, determinado por Cisco para una sola línea telefónica. En la *Tabla 7-3* se encuentran los servicios de Triple Play con su respectivo ancho de banda.

Tabla 7-3: Tasa de Transferencia recomendada para VoIP e Internet.

SERVICIO	ANCHO DE BANDA
VoIP	87.2Kbps = 0.0872Mbps
INTERNET FIJO GPON	10 Mbps

Realizado por: Adriana Freire

En base a la encuesta realizada en el año 2018 a los usuarios GPON de la zona Riobamba Centro, donde en el Anexo B , pregunta número tres, se determinó que los usuarios poseen mínimo 1 decodificador de CNT TV.

En base a estas recomendaciones se ha calculado el ancho de banda para un decodificador ($AB(t)$), con el fin de facilitar la comprensión del cálculo de los demás planes, se ha realizado el cálculo considerando que por ONT pueden acceder un máximo de 4 usuarios.

$$AB(t) = (\#usuarios_{SD} * AB_{SD}) + (\#usuarios_{ad} * AB_{ad}) + (\#usuarios_{HD} * AB_{HD}) + Aplicaciones IPTV + VoIP$$

$$AB(t) = (1 * 2Mbps) + (1 * 0.088Mbps) + (1 * 9Mbps) + 2Mbps + 0.0827Mbps$$

$$AB(t) = 13,171 Mbps$$

El ancho de banda total se indica en la *Tabla 8-3*.

Tabla 8-3: Ancho de banda general recomendado.

SERVICIO	ANCHO DE BANDA
IPTV streaming	11 Mbps
APLICACIONES IPTV	2 Mbps
TOTAL	13 Mbps

Realizado por: Adriana Freire

En base a la segmentación de mercado que se detalla en la *Tabla 2-3*, podemos realizar una estimación del tráfico generado en la red una vez que se implemente el servicio.

Además, se ha calculado el tráfico generado por los potenciales usuarios del Plan Ultra SD (Tráfico Plan Ultra SD (t)), con el fin de facilitar la comprensión del cálculo de los demás planes.

$$\text{Tráfico Plan Ultra SD (t)} = \# \text{abonados} * AB(t)$$

$$\text{Tráfico Plan Ultra SD (0)} = 1984 * 13.171 \text{Mbps} = 26131,64 \text{Mbps}$$

$$\text{Tráfico Plan Ultra SD (1)} = 2122 * 13.171 \text{Mbps} = 27948.86 \text{Mbps}$$

$$\text{Tráfico Plan Ultra SD (2)} = 2268 * 13.171 \text{Mbps} = 29871.83 \text{Mbps}$$

$$\text{Tráfico Plan Ultra SD (3)} = 2268 * 13.171 \text{Mbps} = 31926.50 \text{Mbps}$$

$$\text{Tráfico Plan Ultra SD (4)} = 2591 * 13.171 \text{Mbps} = 34126.06 \text{Mbps}$$

Tabla 9-3: Tráfico estimado para el servicio de IPTV proyectado a 5 años.

Planes IPTV	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Ultra SD	26131.26 Mbps	27948.86 Mbps	29871.83 Mbps	31926.50 Mbps	34126.06 Mbps
Ultra HD	8969.45 Mbps	9601.66 Mbps	10102.16 Mbps	10958.27 Mbps	11722.19 Mbps
IPTV HD	3911.79	4175.21	4609.85	4767.90	5097.18
Plus	Mpbs	Mpbs	Mpbs	Mpbs	Mpbs
Total	39012.50 Mbps	41725.73 Mbps	44583.84 Mbps	47652.68 Mbps	50945.43 Mbps

Realizado por: Adriana Freire

3.1.4. Dimensionamiento de red de cabecera y de usuario, para el servicio de IPTV en la zona de cobertura de la Central Riobamba Centro

La red de planta interna para el servicio de IPTV está conformada por los equipos de la cabecera nacional y de la red de núcleo de IPTV, de donde se distribuye el servicio hacia la Central Riobamba Centro. Además, en el dimensionamiento también se han incluido los equipos de usuario o STBs, a fin de realizar un análisis de la plataforma. En la *Figura 20-3* se puede apreciar el dimensionamiento de red de cabecera y de usuario.

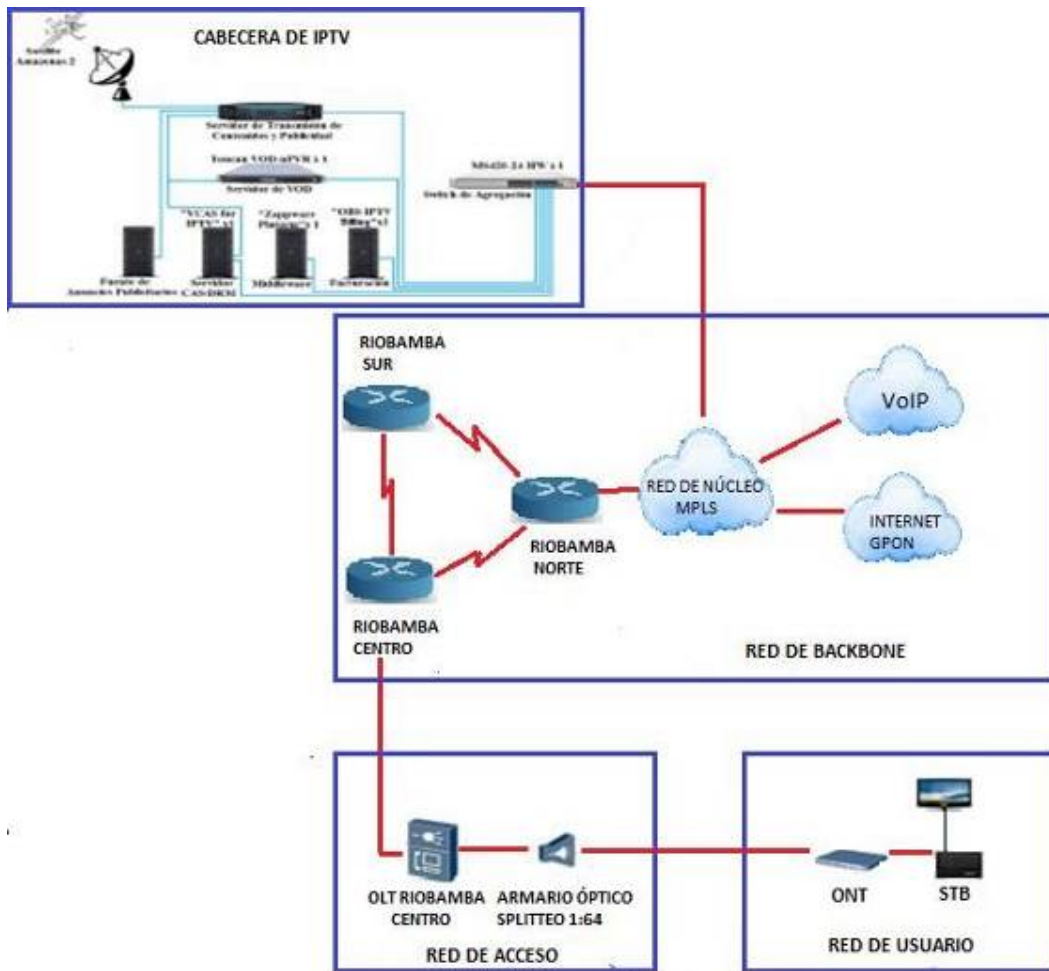


Figura 20-3: Dimensionamiento de red de cabecera y de usuario.
Realizado por: Freire, Adriana.

Los equipos de la plataforma propuesta se detallan en la *Tabla 10-3*.

Tabla 10-3: Servidores de la Cabecera IPTV propuesta.

EQUIPO	MARCA	MODELO
Servidor de transmisión de contenido	Teleste	“Teleste Luminato”
Servidor de VOD	Anevia	“Toucan VOD-nPVR”
Middleware	KODI	“KODI Middleware”
Servidor de CAS	Verimatrix	“VCAS for IPTV”
Servidor de inserción de publicidad	Teleste	“Teleste Luminato”
Servidor de facturación	OBS	“IPTV Billing Services and Recurring Subscription Based Service Management”
Switch de Agregación	Cisco	“MS420-24-HW”
Set Top Box	Airties	“Air 7205”

Realizado por: Freire, Adriana. Basado en los proveedores de los equipos utilizados.

Para el dimensionamiento de planta interna y de la red de usuario de IPTV, se ha considerado los potenciales usuarios del servicio mediante el estudio de la demanda realizado en el año 2018, donde se determinó que la demanda inicial para el primer año en que se implemente el servicio de IPTV es de 2962 posibles usuarios y de 3868 en el quinto año.

Para optimizar los recursos y evitar la continua adquisición y cambios de equipos, se ha realizado el dimensionamiento bajo consideración de la demanda proyectada a cinco, se ha considerado a 3868 potenciales usuarios de IPTV, con la finalidad de evitar adquisición de nuevos equipos a corto plazo.

En el servidor de transmisión de contenidos, puesto que su función principal es recibir los canales codificados provenientes del satélite Amazonas 2, se ha dimensionado de acuerdo al número de transpondedores que es capaz de recibir el equipo, la CNT EP utiliza en total 14 transpondedores del satélite Amazonas 2, de los cuales; los transpondedores 39, 40, 43, 44, 52, 53, 54, 55, 56 se utilizan para canales SD y de audio, los transpondedores 41, 42 y 33 para canales HD, el 66 para canales nacionales y el 21 para el canal de guía o EPG de la CNT EP. Para el servicio de IPTV se ofertan 100 canales: 60 SD, 30 canales HD y 10 canales de audio, los mismos que están distribuidos en los diferentes transpondedores mencionados. (Borja Calderón, 2017, p. 115)

El equipo Teleste Luminato soporta los transpondedores satelitales por venir con hasta 45 Msymb/s, posee hasta 25 DVB tuners, es decir tiene la capacidad de recibir hasta 25 transpondedores del satélite Amazonas 2, por lo tanto, un solo equipo Teleste luminato es suficiente para abastecer a toda la red.

Dentro del dimensionamiento se consideró el servidor de Video sobre Demanda, en base a las conexiones simultáneas, tomando en cuenta que una conexión simultánea es la cantidad de usuarios que realizan una petición en el mismo tiempo, para determinar este parámetro se ha tomado en cuenta el 25% de los 3868 usuarios potenciales proyectados en el quinto año, como consecuencia las conexiones simultáneas para el año inicial deben ser de 740 y para el quinto año se deben considerar 967 conexiones simultáneas. El servidor Toucan VOD-nPVR tiene la capacidad de soportar hasta 2000 conexiones simultáneas por lo tanto se requiere de un solo equipo con la capacidad de brindar el servicio de VOD, para los usuarios de la zona Riobamba Centro incluso en el quinto año estimado de servicio y algunos años más.

Los servidores de Middleware, CAS y Facturación son sistemas de software, dimensionados por licencias y en base al número de suscriptores. Para el middleware de KODI se dimensionó mediante una licencia que soporta hasta 15.000 usuarios, para el sistema "VCAS for IPTV" de Verimatrix con una licencia de hasta 5000 usuarios y para el sistema de facturación de OBS una licencia de 5000

usuarios ya que posee un sistema de pago por número de usuarios y se ira renovando para más usuarios a partir del quinto año.

El switch de agregación Cisco MS420-24-HW que se ha utilizado para agregar todos los servidores a la red, está conformado por 24 puertos de 10 GbE, tomando en cuenta que la cabecera de red está conformada por seis servidores, es un switch con una alta escalabilidad para el crecimiento futuro de la red.

Para la red de usuario, se dimensionaron los STB Air 7205 tomando como referencia un STB para cada usuario. En la *Tabla 11-3* se encuentra el dimensionamiento de planta interna para IPTV.

Tabla 11-3: Equipo de planta interna de IPTV.

EQUIPO	MARCA/MODELO	CANTIDAD	UNIDADES DE RACK
Servidor de transmisión de contenido	Teleste Luminato	1 U	1RU
Servidor de VOD	Anevia , “Toucan VOD-nPVR”	1 U	1RU
Middleware	KODI middleware	1 licencia	
Servidor de CAS	Verimatrix, “VCAS for IPTV”	1 licencia	1RU
Servidor de inserción de publicidad	Teleste Luminato	1 U	
Servidor de facturación	OBS, “IPTV Billing Services and Recurring Subscription Based Service Management”	1 licencia	
Switch de Agregación	Cisco, “MS420-24-HW”	1 U	1RU

Realizado por: Freire, Adriana

Se opta por un rack de 19" con 17-RU s, se debe tomar en consideración que la administración de los sistemas de software también se los realiza en un servidor, según las necesidades del operador, se puede ocupar un servidor para cada aplicación, así se brinda a la red una mejor distribución y ventilación, para la escalabilidad de la red.

En la *Tabla 12-3* se muestra el dimensionamiento anual de usuarios para IPTV.

Tabla 12-3: Estimación anual de la red de usuario para IPTV.

Dimensionamiento STB Airties, "Air 7205"					
Años	0	1	2	3	4
STB	2962	206	217	233	250

Realizado por: Freire, Adriana.

3.1.5. Determinación de la red de backbone, distribución y acometida para el servicio de IPTV.

En la *Figura 9-3* se aprecia la red de cabecera, backbone, distribución y usuario del servicio de IPTV. En la red de cabecera nacional de IPTV se sitúa cada servidor respectivamente etiquetado y el dimensionamiento para 3868 usuarios, es decir a cinco años de ser instalado el servicio. En la red de núcleo se localiza un switch de agregación para IPTV que transmite el servicio en conjunto con los servicios de voz y datos sobre GPON.

La red de acceso o distribución, está conformada por la red GPON ya existente por la CNT EP en la zona Riobamba Centro y en la red de usuario o acometida, se conserva el mismo modelo de la ONT utilizada por la CNT EP para otorgar el servicio de GPON. Se ha añadido el equipo de red de usuario Set Top Box, con su respectivo modelo y dimensionamiento para el primer año exclusivo para IPTV, para este servicio se ha usado la misma red de backbone existente de la CNT.

3.1.6. Presupuesto estimado y recuperación de la inversión de IPTV en la zona Riobamba Centro

3.1.6.1. Presupuesto referencial de la plataforma de IPTV

Se ha realizado un presupuesto de la plataforma de IPTV propuesta, basado en precios referenciales, debido a que por razones de privacidad de los proveedores que equipos, no es posible poner las cantidades exactas, sin embargo son costos aproximados que le permiten a la CNT EP, tener una idea de los recursos económicos necesarios para la implementación del servicio de IPTV. En la *Tabla 13-3* se indica el presupuesto referencial de los equipos de la cabecera y núcleo de IPTV.

Tabla 13-3: Presupuesto referencial de la Cabecera IPTV en la zona Riobamba Centro.

MARCA/MODELO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
Teleste Luminato	\$ 35,000.00	1 U	\$ 35,000.00
Anevia , “Toucan VOD-nPVR”	\$ 26,300.00	1 U	\$ 26,300.00
KODI middleware	\$ 17,000.00	1 licencia	\$ 17,000.00
Verimatrix, “VCAS for IPTV”	\$ 9,250.00	1 licencia	\$ 9,250.00
OBS, “IPTV Billing Services and Recurring Subscription Based Service Management”	\$ 3,000.00	1 licencia	\$ 3,000.00
Cisco, “MS420-24-HW”	\$ 23,600.00	1 U	\$ 23,600.00
Rack 19” 600x600 17-RU con organizadores horizontales	\$ 2,689.61	1 U	\$ 2,689.61
PRESUPUESTO TOTAL		\$ 116,839.61	

Realizado por: Freire, Adriana

En la *Tabla 14-3*, se indica el presupuesto referencial de red de usuario de IPTV, considerando que en la red de usuario se encuentran los Set Top Boxes cuyo valor unitario es de \$135.

Tabla 14-3: Estimación de equipos de red de usuario STB en la zona Riobamba Centro.

PRESUPUESTO REFERENCIAL DE EQUIPOS DE RED DE USUARIO STB					
Años	0	1	2	3	4
Cantidad	2962	206	217	233	250

Realizado por: Freire, Adriana

En la *Tabla 15-3* se indica el presupuesto referencial total de toda la plataforma de IPTV en el año 0. Además, para el año 1, 2, 3 y 4, se tiene un presupuesto de los STB que se deben adquirir, debido al incremento de la demanda de IPTV.

Tabla 15-3: Estimación económica referencial de la plataforma de IPTV.

PRESUPUESTO REFERENCIAL TOTAL LA PLATAFORMA DE IPTV EN CINCO AÑOS					
Años	0	1	2	3	4
Costo Total	\$ 516,709.61	\$27,810.00	\$29,295.00	\$31,455.00	\$33,750.00

Realizado por: Freire, Adriana

3.1.6.2. Análisis del período de recuperación de la inversión

El Período de la Recuperación de la Inversión (PRI) se ha determinado en años, meses y días, se realizó un estudio financiero previo que se basa en el Formulario para el

Análisis de la Viabilidad Financiera SVA-AF-09: Flujo de caja, de la ARCOTEL (ARCOTEL, 2012.)

3.1.6.3. Ingresos

El cálculo de los ingresos se ha realizado con los planes de IPTV, el detalle de costos mensuales por plan con y sin impuestos. Se realiza el cálculo de los ingresos totales resultantes de cada año, multiplicando los costos por la cantidad de usuarios de acuerdo a la segmentación del mercado de IPTV y por los doce meses del año, los ingresos totales con y sin impuestos proyectados a cinco años se representan en la *Tabla 16-3*.

Tabla 16-3: Estimación de Ingresos totales de IPTV a 5 cinco años.

Plan IPTV	0	1	2	3	4
Plan IPTV Ultra SD	\$ 559,488.00	\$ 598,404.00	\$ 639,576.00	\$ 683,568.00	\$ 730,662.00
Plan IPTV Ultra HD	\$ 268,450.20	\$ 287,371.80	\$ 302,351.40	\$ 306,687.60	\$ 350,838.00
Plan IPTV HD	\$ 174,279.60	\$ 186,015.60	\$ 205,380.00	\$ 215,942.40	\$ 227,091.60
Total IVA 12%	\$ 1'122,483.94	\$ 1'200,406.37	\$ 1'284,984.29	\$ 1'350,941.76	\$ 1'465,622.59
Total sin IVA	\$ 1'002,217.80	\$ 1'071,791.40	\$ 1'147,307.40	\$ 1'206,198.00	\$ 1'308,591.60

Realizado por: Freire, Adriana.

3.1.6.4. Costos Operacionales del Servicio de IPTV

Los costos operacionales se refieren a costos asociados directamente a la generación de la prestación del servicio de IPTV, se determinan en la *Tabla 11-3*. Posee los siguientes rubros:

Operación y mantenimiento de equipos: Se ha tomado valores referenciales proporcionados por el área de finanzas de la CNT-EP, teniendo gastos de \$10,000.00 para los equipos de la cabecera y de \$5,000.00 para el mantenimiento de la red de cabecera, estos valores se basan en un estudio de factibilidad de IPTV realizado en la ciudad de Cuenca (CHIQUI, 2015), para una demanda similar a la del presente proyecto.

Pago por proveedores de canales internacionales: Debido a que se utilizaron los mismos canales del Satélite Amazonas 2 ya contratados para CNT TV no se considera este rubro.

Instalación de equipos: Este gasto hace referencia a la instalación del servicio en los STB de IPTV en los usuarios finales. El costo de instalación establecido por la CNT EP es de 20 dólares por nuevo usuario, tomando como referencia el costo de instalación de CNT.

Tabla 17-3: Costos Operacionales del servicio de IPTV.

COSTOS OPERACIONALES DEL SERVICIO DE IPTV					
Años	0	1	2	3	4
Operación y mantenimiento de equipos	\$15,000.00	\$20,000.00	\$23,000.00	\$23,000.00	\$23,000.00
Costos de Instalación	\$ 59,240.00	\$ 4,120.00	\$ 4,340.00	\$ 4,660.00	\$ 5,000.00
TOTAL	\$ 74,240.00	\$ 24,120.00	\$ 27,340.00	\$ 27,660.00	\$ 28,000.00

Realizado por: Freire, Adriana.

3.1.6.5. Costo Terminales / Equipos de IPTV

El Costo Terminales / Equipos está directamente relacionado al costo de los equipos adquiridos por el proveedor en cada año de operación, en este caso se considera el presupuesto anual de red de usuario detallado en la *Tabla 9-3*, únicamente desde el segundo año.

3.1.6.6. Gastos Administrativos del servicio de IPTV

Los Gastos Administrativos del servicio de IPTV corresponden a los gastos ligados intrínsecamente a la administración para la prestación del servicio de IPTV, se tiene rubros como:

Operación de Oficinas: Se refiere al personal a cargo de trabajos de reparación, mantenimiento preventivo y correctivo de las oficinas cuando presentan desperfectos o de acuerdo al plan de mantenimiento preventivo, así como los gastos de servicios básicos de la oficina

Remuneraciones: Las Remuneraciones se consideran los costos anuales de remuneración de Personal Técnico (\$750), Asistente de servicio al cliente (\$635), Analista de Operaciones (\$1500), Analista de Telecomunicaciones (\$1200) y Analista de Ventas (\$1700). Basándose en los informes de Transparencia de la CNT EP de diciembre del 2017 de Remuneración Mensual por puesto (CNT, 2017). En la *Tabla 18-3* se encuentra la remuneración total anual de talento humano.

Tabla 18-3: Remuneración total anual del personal encargado de la dotación del servicio.

Cargo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Personal Técnico	\$ 36,000.00	\$ 54,000.00	\$ 54,000.00	\$ 54,000.00	\$ 54,000.00
Asistente de servicio al cliente	\$7,620.00	\$15,240.00	\$15,240.00	\$15,240.00	\$ 15,240.00
Analista de Operaciones	\$ 18,000.00	\$ 18,000.00	\$ 18,000.00	\$ 18,000.00	\$ 18,000.00
Analista de Ventas	\$ 20,400.00	\$ 20,400.00	\$ 20,400.00	\$ 20,400.00	\$ 20,400.00
Analista de Telecomunicaciones	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00
Total Remuneraciones	\$ 96,420.00	\$ 122,040.00	\$ 122,040.00	\$122,040.00	\$122,040.00

Realizado por: Freire, Adriana.

Se debe considerar un rubro adicional referente al Marketing y Publicidad, los cuales comprenden la promoción y comercialización de nuevos planes, paquetes de canales, entre otros. No se consideran gastos de amortización ya que el financiamiento es con los recursos propios de la CNT-EP. En la *Tabla 19-3* se encuentra el detalle de los gastos administrativos anuales.

Tabla 19-3: Gastos Administrativos Anuales del servicio de IPTV.

Gastos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Administrativos					
Marketing y Publicidad	\$ 7,000.00	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00
Remuneraciones Personal	\$ 96,420.00	\$ 122,040.00	\$ 122,040.00	\$122,040.00	\$122,040.00
Operación de Oficinas	\$150,000.00	\$ 150,000.00	\$ 165,000.00	\$ 165,000.00	\$ 170,000.00
Total	\$ 253,420.00	\$ 273,540.00	\$ 288,540.00	\$ 288,540.00	\$ 293,540.00

Realizado por: Freire, Adriana.

3.1.6.7. Inversiones de IPTV

Para el desarrollo del flujo de caja, es necesario determinar la inversión inicial del año cero, en este proyecto se considera como inversión inicial, el presupuesto inicial referencial de la red de cabecera de IPTV establecido en la tabla, el presupuesto referencial de red de usuario en el primer año y gastos pre operativos e imprevistos. Será autofinanciada por la CNT EP a cinco años sin intereses. La inversión inicial total se encuentra en la *Tabla 20-3*.

Tabla 20-3: Financiación Inicial de la Plataforma de IPTV.

Presupuesto referencial de la cabecera de IPTV	\$ 116,839.61
Presupuesto red de usuario primer año	\$ 399,870.00
Gastos Pre operativos	\$ 10,000.00
Subtotal	\$ 526,709.61
Imprevistos (5%)	\$ 26,335.48
Inversión Inicial	\$ 553,045.09

Realizado por: Freire, Adriana.

3.1.6.8. Depreciaciones de Equipos de IPTV

Las Depreciaciones de Equipos de IPTV se refieren al desgaste que sufren los equipos durante su vida útil, se lo determina mediante la fórmula de Depreciación, tomando en cuenta que el año de vida útil de equipos de procesamiento de datos es de 10 años.

$$\text{Depreciación} = \text{Valor del equipo} * \text{Años de vida útil}$$

En la *Tabla 15-3* se determina la depreciación de los equipos de red de cabecera y red de usuario de IPTV.

Los costos anuales de los equipos depreciables se encuentran en la *Tabla 21-3*.

Tabla 21-3: Devaluación de equipos de IPTV.

Ítems	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costo de equipos depreciables	\$487,459.61	\$ 27,810.00	\$ 29,295.00	\$ 31,455.00	\$ 33,750.00
Total Depreciación Anual	\$ 48,745.96	\$ 2,781.00	\$ 2,929.50	\$ 3,145.50	\$ 3,375.00

Realizado por: Freire, Adriana

3.1.6.9. Determinación de Indicadores de Rentabilidad

En base a los Estado de resultados, detallado en el anexo J y el Flujo de Caja, detallado en el anexo K, se determinó los indicadores de Rentabilidad para el Periodo de la Recuperación de la Inversión (PIR) y el Valor Presente Neto (VPN) detallados en la *Tabla 22-3*.

Tabla 21-3: Indicadores económicos del Proyecto.

Indicador Financiero	Valor	Observaciones
PIR	1 año y 3 meses	Mientras menor sea el PIR, mayor será la rentabilidad del negocio .Por lo tanto, el servicio de IPTV es rentable.
VPN	\$ 2'642,837.29	Con una rentabilidad de 3%, se obtiene un VPN positivo indica que se alcanza a recuperar el monto de la inversión inicial con utilidades. Por lo tanto, el proyecto es favorable para el operador y debe ejecutarse.

Realizado por: Freire, Adriana.

CONCLUSIONES

- IPTV consiste en un método en cómo se envía la información mediante una Red IP. El video se envía en forma de paquetes IP hasta llegar a los abonados, los contenidos son codificados y se convierten en paquetes IP para enviarse a Internet. Posteriormente son distribuidos por la red al abonado final, quien con un Set Top Box convierte los datos digitales en señales de televisión analógica para entregarlas al televisor. Los contenidos están basados tanto en los de canales tradicionales, como en contenido audiovisual más específico sobre las preferencias del usuario.
- La CNT-EP Chimborazo cuenta con una robusta infraestructura, la cual está conformada principalmente por las OLT Riobamba Norte, Riobamba Centro y Riobamba Sur. El distribuidor de GPON tiene los ODFs reflejos de los feeders los cuales son 14 tarjetas y cada tarjeta posee 8 puertos que se Multiplexan a 64 salidas, además poseen 4 feeders: 2 de 288 y 2 de 48 extendido a lo largo del casco urbano y rural de la ciudad de Riobamba. Al ser una empresa líder y trabajar a la vanguardia de los servicios de telecomunicaciones, actualmente proporciona a sus usuarios servicios de telefonía, internet y DTH, así como el servicio de TriplePlay. Además, día con día CNT-EP trabaja en la mejora de su infraestructura de planta e interna a fin de que sus abonados e incursionar en nuevos servicios a fin de satisfacer a sus abonados.
- El ancho de banda es uno de los parámetros técnicos considerables para la implementación del servicio de IPTV. Se realizó un análisis determinando que el ancho de banda de IPTV fluctúa entre 13 Mbps por decodificador y se conectan hasta cuatro usuarios a aplicaciones de IPTV o de internet, si el abonado contrata dos o más decodificadores, el ancho de banda es directamente proporcional al número de decodificadores por el tráfico que generen estos, el mismo que deberá ser mucho menor a la velocidad de transmisión de 100 Mbps de la ONT, con lo cual se evita retardos en la transmisión de contenido y asegura un óptimo servicio.
- En el estudio de los equipos de cabecera de la plataforma de IPTV se estableció que las marcas Teleste, Anevia, Kodi, Verimatrix, OBS y Cisco, utilizadas en el presente proyecto, son compatibles entre sí y tienen una alta escalabilidad con lo cual se evita renovación recurrente de equipos y facilita la optimización del servicio en un futuro. La que la plataforma de IPTV propuesta, cumple con funciones como la difusión de servicios de televisión en vivo con canales SD, HD y de video sobre demanda, posibilidad de insertar publicidad local a tiempo real en el contenido, eficaz sistema CAS de seguridad de la información contra piratería y mal uso de contenidos, middleware sumamente interactivo con las aplicaciones de Pay Per View, Shifted TV, NPVR, PIP.

- Al ser un conjunto de tecnologías y mecanismos establecidos por el administrador de red, mediante las simulaciones realizadas en la herramienta OPNET Modeler, se determinó que el mecanismo con mejores prestaciones es el de Servicios Diferenciados DiffServ, ya que asigna niveles de servicio a diferentes usuarios de internet, marca los paquetes con un determinado nivel de prioridad con lo que se busca evitar los problemas de escalabilidad y degradación de la calidad de video.

RECOMENDACIONES

- El ancho de banda que se le proporcione al usuario no debe exceder en la tasa de transmisión de 100 Mbps de la ONT ya que si la velocidad de transmisión en la red de usuario es superior o casi igual seguirá habiendo retardos en la calidad de imagen de IPTV, además se debe considerar la instalación de una segunda ONT en el caso de que el usuario requiera más de cuatro equipos terminales.
- En la cabecera de IPTV, es indispensable elegir sistemas que sean compatibles entre sí y hacia terceros, deben soportar funciones de escalabilidad de esta forma se evitaría problemas de funcionamiento al momento de integrar o reemplazar un nuevo proveedor al servicio de IPTV.
- Debido al rápido crecimiento de la demanda estimada, es necesario que el servidor VOD posea una amplia capacidad de almacenamiento que se miden mediante las conexiones simultáneas que pueda soportar, se recomienda que su valor equivalga al 25% del número de los usuarios de la red.
- A fin de ofrecer una calidad de video similar a la ofertada por la televisión estándar, el códec más indicado es el MPEG-4 debido a su bajo requerimiento de velocidad de transmisión y ancho de banda, permite además una transmisión en tiempo real siendo este el requerimiento básico para IPTV.

GLOSARIO

- ADSL:** Asymmetric Digital Subscriber Line o Línea de abonado digital asimétrica.
- AES-128:** Advanced Encryption Standard o Estándar de Encriptación Avanzada con clave de cifrado de 128 bits.
- ASI:** Asynchronous Serial Interface o Interface Serial Asíncrona, señal resultante del contenido codificado en MPEG2 o MPEG4.
- ATSC:** Advanced Television Systems Committee o Comité de Sistemas de Televisión Avanzada.
- AVC:** Códec de Video avanzado
- Banda Ku:** ("Kurz-untten band") es una porción del espectro electromagnético en el rango de las microondas que va de los 12 a los 18 GHz. La banda Ku se usa principalmente en las comunicaciones satelitales, siendo la televisión uno de sus principales usos.
- CAM:** Módulos de Acceso Condicionado.
- CAS:** Conditional Access System o Sistema de Acceso Condicional.
- CATV:** Community Antenna Television o televisión por cable.
- CNT EP:** Corporación Nacional de Telecomunicaciones Empresa Pública.
- COFDM:** Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing.
- DBA:** Administrador de Bases de Datos.
- DRM:** Digital Rights Management o Gestión de Derechos Digitales.
- DVB:** Digital Video Broadcasting, es un estándar europeo de Difusión de Video Digital.
- DVB:** Digital Video Broadcasting.
- DVR:** Digital Video Recorder o Grabador de Video Digital.
- FDF:** Fiber Distributing Frame o Marco de distribución de fibra.
- FDH:** Fiber Distribution Hub o Armario para distribución de fibra óptica.
- FE:** Fast Ethernet.

FEC: Forward Error Correction o Corrección de errores.

FTTH: Fiber To The Home o fibra hasta el hogar.

FTTB: Fiber to the Building o Fibra hasta el Edificio.

FTTC: Fiber to the Curb o Fibra hasta la Acera

FTTH: Fiber to the Home o Fibra hasta el hogar.

FTTN: Fiber to the Node o Fibra hasta el Nodo

GE: Gigabit Ethernet

GEM: GPON Encapsulation Method.

GPBD: GPON Board o Tarjeta de la OLT formada por puertos GPON.

GPON: Gigabit-capable Passive Optical Network o Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit.

GTC: Trama de Convergencia de Transmisión.

HDTV: High Definition Television o Televisión en Alta Definición.

IETF: Internet Engineering Task Force

IGMP: Internet Group Management Protocol o Protocolo de Gestión de Grupos de Internet.

INEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

CRM: Customer Relationship Management, Sistemas informáticos de apoyo a la gestión de las relaciones con los clientes, a la venta y al marketing.

IPTV: Internet Protocol Television o Televisión sobre el Protocolo de Internet.

IRD: Integrated receiver/decoder o Receptor Decodificador Integrado.

IRD: Receptor Decodificador Integrado.

ISO: Organización Internacional de Normalización.

ISOC: Internet Society

MPEG: Moving Picture Experts Group. Grupo formado por la ISO para la compresión de audio y video.

MPLS: Multiprotocol Label Switching.

NAP: Network Access Point o cajas terminales de fibra óptica.

nPVR: Network Personal Video Recorder.

ODF: Distribuidor de Fibra Óptica.

ODN: Optical Distribution Network o Red de Distribución Óptica.

OIPF: Open IPTV Forum.

OLT: Optical Line Termination o Terminación de Línea Óptica.

OMCI: ONT Management and Control Interface es el protocolo estándar de GPON para el control por parte de la OLT.

ONT: Optical Network Terminal o Terminal de Red Óptica.

PIP: Picture in Picture.

PLTV: Pause Live TV.

PMD: Dispersión por modo de polarización.

PON: Passive Optical Network o Redes Ópticas Pasivas.

PPV: Pay Per View.

PS: Program Stream

PVR: Personal Video Recorder.

QAM: Modulación de Amplitud en Cuadratura.

QoS: Calidad de Servicio.

QPSK: Quadrature Phase-Shift Keying o Modulación por Desplazamiento de Fase Cauternaria.

RF4CE: Remote Control Standard for Consumer Electronics o Radiofrecuencia para Electrónica de Consumo, es un consorcio que se formó para desarrollar un nuevo protocolo que fomentará la adopción de controles remotos de radiofrecuencia para dispositivos audiovisuales, utilizando tecnología ZigBee.

RFC: Request For Comments

RSVP: Resource Reservation Protocol o Protocolo de Reserva de Recursos.

RTCP: Real Time Control Transport Protocol Protocolo de Control de Transporte de Tiempo Real.

RTP: Real Time Transport Protocol o Protocolo de Transporte de Tiempo real.

RTSP: Real Time Streaming Protocol o Protocolo de transmisión en tiempo real.

RU: Unidad de Rack.

SDTV: Standard Definition Television o televisión en Definición Estándar.

SoC: System-on-a-Chip, describe la tendencia de usar tecnologías de fabricación que integran todos o gran parte de los módulos que componen un sistema informático o electrónico en un único circuito integrado o chip.

STB: Set Top Box.

STM: Módulo de Transporte Síncrono o Synchronous Transport Module.

TDMA: Time Division Multiple Access o Acceso Múltiple por División de Tiempo.

TTT: Televisión Digital Terrestre.

TS: Transport Stream

TSTV: Time - Shifted TV.

UDP: User Datagram Protocol.

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

UIT-T: Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT.

VOD: Video Over Demand o Video Sobre Demanda.

VPN: Valor Presente Neto

VoIP: Voz sobre IP.

WDM: Multiplexación por división de longitud de onda.

BIBLIOGRAFÍA

ALEMAN, A., “*REQUERIMIENTOS PARA LA TRANSMISIÓN DE TELEVISIÓN MEDIANTE EL PROTOCOLO IP (IPTV)*”, MEXICO: 2015.

ARCOTEL, *Instructivo del formulario de sostenibilidad económica para concesiones de radiodifusión sonora y televisión adiodifusión sonora y televisión abierta*. Arcotel.gob.ec [En línea]. 2012. [Consulta: 13 junio 2018]. Disponible en: <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/03/Instructivo-para-llenar-Formularios-de-Sostenibilidad-Financiera.pdf>

ARÉVALO MEDINA, Elizabeth, & BEJARANO CRIOLLO, Ángel. *Evaluación de los protocolos IGP IPv4 e IPv6 soportados por el IOS de Cisco enfocado a la prestación del servicio de IPTV en la Epoch* [En línea]. (Tesis). (Ingeniería). ESPOCH, Riobamba. 2016, [Consulta: 21 julio 2018]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5410/1/98T00090.pdf>

ARRIS, *Distribución y procesamiento de video* | ARRIS. Es.arris.com [En línea]. 2016. [Consulta: 26 julio 2018]. Disponible en: <http://es.arris.com/productos/adedge-6vr/>

BANODKAR, DAMODAR; et al, Multicast instant channel change in IPTV systems. 2008 *3rd International Conference on Communication Systems Software and Middleware and Workshops (COMSWARE '08)*. 2008. DOI 10.1109/comswa.2008.4554442. IEEE

BARRIGA YUMIGUANO, Miguel Ángel, & VISCAÍNO GAVILANES, Juan José. *Estudio de los protocolos de enrutamiento multicast sobre mpls aplicado a la provisión de servicio de IPTV en la CNT Riobamba* [En línea]. (Tesis). (Ingeniería). ESPOCH, Riobamba, Ecuador. 2013 [Consulta: 15 febrero 2018]. Disponible en:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3236/1/98T00038.pdf>

BOLIVAR, R. A. F. *Diferencia de los protocolos MIP V4 / MIP V6 y cómo afectan las métricas de QoS en el servicio IPTV sobre IMS en una infraestructura de red móvil*, Rioja: 2011.

BORJA CARLDERÓN, Ana., *Plataforma de IPTV utilizando tecnología gpon para el servicio de video por suscripción de la CNT EP en la zona de cobertura de la central Izamba del cantón Ambato* [En línea] (Tesis). (Ingeniería).UTA, Ambato, 2017. pp. 26-93 [Consulta: 18 julio 2018]. Disponible en:

http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25535/1/Tesis_t1236ec.pdf

CEJAS, G., y MORA, O. *Diseño de una plataforma para la implementación del servicio de televisión sobre el protocolo IP (IPTV) para la universidad Católica Andrés Bello*. (Tesis) (Ingeniería). Universidad Andrés Bello. Chile, 2013.

CHIE, Stella, ZAMBRANO, Maytee & MEDINA, Carlos. “Estándares actuales de televisión digital: Una breve reseña”. *Actualidad Tecnológica* [en línea], 2015, (Panamá) 6(1), p. 19-22. [Consulta: 12 enero 2018]. Disponible en: http://www.utp.ac.pa/documentos/2016/pdf/05-Estandares_actuales_de_television_digital.pdf

CHIQUI GUACHICHULLCA, Daniel Mauricio, *Estudio de factibilidad de IPTV en la red IP/MPLS de ETAPA EP utilizando VPN/MPLS*. [En línea]. (Tesis) (Ingeniería). Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador, 2015. [Consulta: 22 diciembre 2017]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7758>

CISCO, *Switch de agregación Cisco Meraki MS de 10 Gigabit Ethernet administrado en la nube Cisco*. [En línea]. 2016. [Consulta 12 octubre 2018]. Disponible en:

http://telecomglobal solutions.com/data/documents/meraki_datasheet_ms420_es.pdf.

CNT- EP, *La remuneración mensual por puesto y todo ingreso adicional, incluso el sistema de compensación, según lo establezcan las disposiciones correspondientes.* [En línea]. 2017. [Consulta: 3 septiembre 2018]. Disponible en:

http://corporativo.cnt.gob.ec/wp-content/uploads/2017/01/c_remuneracion_mensual_12.pdf

COMBS, Gerald. *Wireshark · Go Deep*. *Wireshark.org*. [En línea]. 1998. [Consulta: 27 octubre 2017]. Disponible en: <https://www.wireshark.org>

DOSZTAL, A. *GNS3 | The software that empowers network professionals*. [En línea]. 2016. [Consulta: 27 octubre 2017]. Disponible en: <https://gns3.com/news/article/vrin-virtual-route-injector>

ECURED. *Opnet Modeler - EcuRed*. [En línea]. Cuba: 2018. [Consulta: 1 mayo 2018]. Disponible en: https://www.ecured.cu/Opnet_Modeler

ESPAÑA, M. *Comunicaciones ópticas: Conceptos Esenciales y resolución de ejercicios*. *Google Books* [En línea]. Madrid: Díaz de Santos, 2005. [Consulta: 30 junio 2018]. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=E4z9jhLbQ7EC&oi=fnd&pg=PR9&dq=comunicaciones+opticas&ots=KHG82aF_nQ&sig=yeqLvz-EzReackui6qbPrHaiRO8#v=onepage&q=comunicaciones%20opticas&f=false

ESPINOZA ORTEGA, M. & ORELLANA CORDERO, A. *Estudio de la Factibilidad Técnico-Económico para la implementación de IPTV (Internet Protocol Television) en la red de cobre de la empresa CNT Azogues*. (Tesis). (Ingeniería). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador, 2011.

FERRO BOLIVAR, R. & HERNANDEZ, C. Los sistemas IPTV ¿una amenaza inminente para los actuales medios de teledifusión? [En línea]. *Revista Tecnura*, 2011. [Consulta: 5 diciembre 2017]. Disponible en:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2011000100010&lang=pt

GAMARRA, J. & OROZCO, R., *ESTUDIO DE TECNOLOGÍAS Y APLICACIONES PARA IMPLEMENTAR IPTV EN LAS ORGANIZACIONES DE LA CIUDAD DE CARTAGENA,* CARTAGENA DE INDIAS: 2014. s.n.

GARCÍA, A. *GPON Y GPON Doctor: Introducción y conceptos generales.* [En línea]. Ccapitalia.net: 2014. [Consulta: 24 septiembre 2018]. Disponible en: <http://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf>

GONZÁLEZ, A. & ROJAS, C. G., *Construcción de un modelo de nodo híbrido de red inalámbrica WiMAX - Red Óptica Pasiva,* Catalunya : 2009.

GUNN, H, *The Basics of IPTV* [En línea]. Chicago-Illinois: IEC. 2007. p.136. [Consulta: 27 agosto 2018]. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=MkayFUc2xHYC&pg=PA116&dq=gpon&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj0o9De9KnWAhWHKiYKHfY5ATMQ6AEISzAG#v=onepage&q=gpon&f=false>

GUTIERREZ, V. S., ESPINOSA, D. M. & HERNÁNDEZ, C. A. *MPACTO Y MASIFICACIÓN DEL USO DE LAS REDES GPON EN COLOMBIA FRENTE A OTRAS TECNOLOGIA,* Bogotá : 2011.

INCIBE. [En línea]. España: 2010. [Consulta: 26 Octubre 2017]. Disponible en: <https://www.incibe.es>

ITU-T, PTV related protocols: IPTV Focus Group Proceedings. [En línea]. 2008. [Consulta: 8 abril 2018]. Disponible en: https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/opb/proc/T-PROC-IPTVFG-2008-PDFE.pdf.

JÁCOME, T & TAFUR, A. Servicio de televisión IPTV (Televisión sobre el protocolo IP): Estudio de factibilidad para la implementación del servicio de IPTV en la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT. *Repositorio.espe.edu.ec* [En línea]. (Tesis) (Maestría) ESPE, Sangolquí, 2013. [Consulta: 30 octubre 2018]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/8635/T-ESPE-047899.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LOGROÑO, Jorge & JIMENEZ, María. “INTEGRACIÓN DE LAS REDES ÓPTICAS PASIVAS ETHERNET (EPON/GPON) CON LA TECNOLOGÍA WiMAX”. *Bibdigital.epn.edu.ec* [En línea]. 2010. [Consulta: 15 marzo 2018]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9961/1/INTEGRACION%3FN%20DE%20LAS%20REDES%20%3FPASICAS%20PASIVAS%20ETHERNET%20%28EPON%20GPON%29%20CON%20LA%20TECNOLOGIA%3FA%20WiMAX.pdf>

LLORET, J, GARCÍA, M y BORONAT F. IPTV: *La televisión por internet*. [En línea]. España: Ediciones Vértice, 2008, p 2. [Consulta: 26 septiembre 2018]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=PvmZFX00mMYC&pg=PA2&dq=television+sobre+eI+protocolo+ip&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjy0NrG3KzWAhUM6iYKHV-UCVwQ6AEIJTAA#v=onepage&q=television%20sobre%20eI%20protocolo%20ip&f=false>

ONYMA, Onyma Billing & BPM. [En línea]. 2015. [Consulta: 18 octubre 2017]. Disponible en: <http://www.onyma.ru/main.php?mid=50#OnymaBilling>

OPEN BILLING SYSTEM, IPTV BILLING SERVICES AND RECURRING SUBSCRIPTION BASED SERVICE MANAGEMENT WITH OBS. [En línea]. 2014. [Consulta: 29 noviembre 2017]. Disponible en: <http://www.openbillingsystem.com/IPTV-BILLING-SOFTWARE>

ORELLANA, P. Diseño e implementación de una plataforma de servicios IP/TV y con fines docentes. [En línea]. (Tesis) Universidad de Chile, Chile, 2007. Disponible en: http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2007/orellana_p/html/index-frames.html

PROSTREAM, *ProStream 9100 High Density Stream Processor*. [En línea]. 2016. [Consulta: 11 octubre 2018]. Disponible en:

https://www.harmonicinc.com/media/2016/05/Harmonic_DS_ProStream-9100.pdf

REDHAT. *¿Qué es middleware?* *Redhat.com* [En línea]. 2018. [Consulta: 22 julio 2018]. Disponible en: <https://www.redhat.com/es/topics/middleware/what-is-middleware>

RICHARTE, J. *MotherBoards*. Primera ed. Costa Rica: DALAGA, 2012.

RIVERBED TECHNOLOGY. *SteelCentral Riverbed Modeler*. *Riverbed* [En línea]. 2018. [Consulta 22 abril 2018]. Disponible en: <https://www.riverbed.com/mx/products/steelcentral/steelcentral-riverbed-modeler.html>

ROTTMANN, K., 2010, Diseño e implementación de un laboratorio de IPTV, medición y gestión. [En línea]. (Tesis). Santiago de Chile.2010. [Consulta: 22 julio 2018]. Disponible en: http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2010/cf-rottmann_k/pdfamont/cf-rottmann_k.pdf

SAID HUNG, Elías. *Transformaciones Comunicativas en la Era Digital: Hacia el apagón analógico de la televisión*. [En línea]. Barranquilla, Colombia: Uninorte. 2009, p. 86. [Consulta: 17 abril 2018]. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=n0rGDzI0ip0C&pg=PA86&dq=television+sobre+el+protocolo+ip&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjy0NrG3KzWAhUM6iYKHV-UCVwQ6AEIPTAE#v=onepage&q=television%20sobre%20el%20protocolo%20ip&f=false>

SHAHBAZ RAHMANIAN. *IPTV Network Infrastructure*, Huawei Technologies CO LTD, China, 2008.

SLASHDOT. *vRIN - Browse Files at SourceForge.net*. *Sourceforge.net* [En línea]. 2017. [Consulta: 23 octubre 2017]. Disponible en: <https://sourceforge.net/projects/vrin/files/>

SRIVATS, P. *Ostinato Packet Generator*. [En línea]. 2010, [Consulta: 25 Octubre 2017]. Disponible en: <http://ostinato.org>

TAB-TV, *Normas resolución de imagen para la televisión SD, HD, Full HD, TV UHD*. [En línea]. 2016. [Consulta: 8 noviembre 2018]. Disponible en: <http://es.tab-tv.com/?p=743>

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE PEREIRA, *OPNET: Simulación de tráfico en redes inalámbricas mediante NS2*. ISSN 0122-1701: 2010, Vol. 44, págs. 256-257

XIAO, Yang, DU, Xiaojiang, ZHANG, Jingyuan, HU, Fei & GUIZANI, Sghaier, Internet Protocol Television (IPTV): The Killer Application for the Next-Generation Internet. *IEEE Communications Magazine*. (2007). Vol. 45, no. 11, p. 126-134. DOI 10.1109/mcom.2007.4378332. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)