



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO Y REGULATORIO PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE AUDIO Y VIDEO POR
SUSCRIPCIÓN USANDO TECNOLOGÍA IPTV PARA UN WISP
DEL CANTÓN GENERAL VILLAMIL PLAYAS”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES

ING. CRISTIAN MAURICIO LANDACAY JARAMILLO

ING. PABLO AUGUSTO QUIJIJE MEJIA

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2018

AGRADECIMIENTOS

A Dios, quien nos ha conservado con vida, con salud, que nos dio inteligencia, nos ha guiado y nos ha acompañado siempre en todo momento de dificultad permitiéndonos terminar satisfactoriamente nuestros estudios.

A nuestros padres, quienes nos han ayudado en todo momento para la consecución de nuestras metas, infundiendo en nuestras mentes y corazones los valores que hacen hoy de nosotros hombres de bien. Gracias padres queridos por que ustedes se sacrificaron y lo dieron todo para que nosotros hoy concluyamos una etapa más de nuestra formación integral.

A los maestros, gracias por vuestra paciencia y comprensión a lo largo de nuestra formación profesional, y recuerden que lo que hasta hoy han sembrado, pronto dará sus más exquisitos frutos.

A los compañeros, gracias a cada uno de ustedes, por vuestra simpatía y amistad, por vuestro apoyo incondicional y por cada una de las horas compartidas que hicieron que nuestro caminar por la vida universitaria haya sido más agradable.

Al tutor, M.Sc César Yépez, verdadero orientador y motivador para poder culminar este proyecto de grado, dimensionando al docente en todas sus potencialidades didácticas.

DEDICATORIA

De Pablo:

A mi madre Luz por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida, a mis tías quienes han velado por mí durante este arduo camino para convertirme en una profesional.

A mi padre Augusto quien con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional.

A mis amigos, que gracias al equipo que formamos logramos llegar hasta el final del camino y que hasta el momento, seguimos siendo amigos: Julio, Víctor, Christian, Isaura y María.

De Christian:

Mis estudios de especialidad en Telecomunicaciones y la realización de la presente Tesis que me facultan como Magister se las dedico:

A mi esposa Nayrita Ramírez que con su amor y alegría siempre me apoyado en la buenas y malas como la compañera que Dios me ha regalado para alcanzar la presente Titulación y los muchos éxitos que vendrán.

A mis hijos Cristian Andrés y Cristina Salomé por ser la inspiración de cada día para ser una mejor persona, padre y profesional.

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

Ing. César Martín Moreno, PHD

SUBDECANO DE LA FIEC

Ing. César Yépez, MSC

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Rebeca Estrada, PHD

MIEMBRO PRINCIPAL DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, me (nos) corresponde exclusivamente; y doy (damos) mi (nuestro) consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

.....
Ing. Cristian Mauricio Landacay Jaramillo

.....
Ing. Pablo Augusto Quijije Mejía

RESUMEN

El presente documento lleva como objetivo conocer la viabilidad técnica, económica y legal para la implementación del servicio de audio y video por suscripción, basado en la Tecnología IPTV sobre una WLAN con IP nativo, en una empresa proveedora del servicio de internet inalámbrico (WISP) llamada CELERITEL, situada en la ciudad de Villamil Playas.

Debido a que los prestadores de acceso a internet requieren aumentar la cartera de servicios para mejorar sus ingresos, se propondrá diseñar y analizar de manera tal que se constituya en otra alternativa para los usuarios de consumir múltiples servicios, de acuerdo a la necesidad de cada uno. En esta misma línea, empleando el estándar internacional IEEE 802.11n modificado, que opcionalmente puede reemplazar la capa MAC del estándar por una MAC TDMA50 libre de colisiones, se buscará tener la capacidad de integrar contenidos multimedia.

El uso de la Tecnología IPTV no admite retrasos, puesto que los equipos de radio y de conmutación IP han mejorado sus características en lo referente al intercambio de flujos de video y existen técnicas de enrutamiento que garantizan calidad en el servicio en redes IP, puesto que el tráfico de video es muy sensible a cualquier disminución en las prestaciones de la red inalámbrica.

Por otro lado, cuando se realiza la transmisión basada en IP multicast con el protocolo RTSP que encapsula el video sobre RTP y UDP, se permite la distribución de la fuente a varios receptores. De esta manera, cada canal multicast se diferencia con una dirección IP multicast, por lo que para elegir cualquier programa el IP-STB debe unirse al grupo multicast correspondiente, mediante la entrega de un paquete IGMP al router de acceso, y así llevar el contenido al usuario.

El análisis económico planteado se basa en un estudio de mercado con datos estadísticos del INEC Y ARCOTEL (fuentes secundarias), y encuestas efectuadas a los clientes de CELERITEL (fuentes primarias), para conocer indicadores claves como: aceptación del servicio, otras empresas proveedoras del servicio de audio y video en el sector de Playas y Posorja, expectativas del servicio, costo mensual y más.

También, se estimarán los costos de equipamiento y mantenimiento, de permisos de operación e instalación tanto del cliente como del proveedor; y con estos datos realizar una valoración del monto de inversión por la implementación los servicios de IPTV en la empresa CELERITEL; se analiza entonces la relación costo-beneficio y el tiempo para recuperar inversión y obtener ganancias.

Posteriormente se presenta un análisis de carácter regulatorio para conocer la reglamentación vigente del Ecuador relativa a los servicios de IPTV, haciendo un análisis comparativo con la reglamentación de Colombia y Chile, países de la región que tienen experiencias de éxito en la implementación de esta tecnología.

Finalmente, se realiza la sugerencia para la inclusión de la nueva modalidad de transmisión de servicios de Televisión usando el protocolo de internet para que puedan ser ofrecidos bajo la ley.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN.....	iv
DECLARACIÓN EXPRESA.....	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
CAPÍTULO 1.....	17
1.PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA.....	17
1.1 Identificación del Problema.....	17
1.2 Justificación.....	19
1.3 Solución Propuesta.....	20
1.4 Objetivo de la Tesis.....	22
1.4.1 Objetivos Generales.....	22
1.4.2 Objetivos Específicos.....	22
1.5 Metodología.....	23
1.5.1 Metodología Descriptiva.....	23
1.5.2 Metodología Inductiva.....	23
CAPÍTULO 2.....	25
2.DESCRIPCIÓN DE LA TELEVISIÓN SOBRE EL PROTOCOLO DE INTERNET.....	25
2.1 Televisión sobre el Protocolo Internet.....	25
2.1.1 Introducción.....	25
2.1.2 Comparación entre IPTV y otras Tecnologías de Difusión.....	25
2.1.2.1 Televisión Digital Terrestre (TDT) ¡Error! Marcador no definido.	
2.1.2.2 Televisión Satelital..... ¡Error! Marcador no definido.	
2.1.2.3 Televisión por Cable..... ¡Error! Marcador no definido.	
2.1.3 Características de IPTV.....	27

2.1.3.1	Contenido	27
2.1.3.2	Convergencia.....	28
2.1.3.3	Interactividad.....	299
2.1.4	Diferencia entre IPTV e Internet TV	29
2.2	Características de la Tecnología IPTV.....	29
2.2.1	Características Técnicas.....	30
2.2.1.1	Jitter.....	32
2.2.1.2	Latencia	32
2.2.1.3	Pérdida de Paquetes.....	32
2.2.1.4	Ancho de Banda.....	33
2.2.2	Formato de Video y Audio usados por IPTV	34
2.2.2.1	Contenedores de Video.....	34
2.2.2.2	Códecs de Video	35
2.2.3	Formato MPEG-2.....	36
2.2.4	Formato MPEG-4.....	36
2.2.5	Formato H.265.....	36
2.2.6	Códec H.265	37
2.2.7	Códecs de audio	38
2.3	Protocolos utilizados por la Tecnología IPTV	40
2.3.1	Protocolos de Transporte y Control.....	40
2.3.1.1	Protocolo UDP/TCP	40
2.3.1.2	Protocolo de Transporte en Tiempo Real (RTP)	41
2.3.1.3	Protocolo de Control en Tiempo real (RTCP)	41
2.3.1.4	Protocolo Streaming en Tiempo Real (RTSP).....	41
2.3.2	Protocolos Multicast	41
2.3.2.1	Protocolo de Gestión de un Grupo de Internet.....	42
2.4	Servicios y Aplicaciones que ofrece IPTV	42
2.4.1	Convergencia de Servicios.....	42
2.4.2	Televisión Interactiva.....	43
2.4.3	Video Bajo Demanda (VoD)	44
2.4.4	Registro de Video	44

2.5 Arquitectura de IPTV	44
2.5.1 Cabecera	44
2.5.2 Core de la Red	45
2.5.3 Red MPLS.....	45
2.5.3.1 Arquitectura de la Red MPLS.....	46
2.5.4 Red de Acceso	48
2.5.4.1 Acceso WLAN con IP Nativo.....	48
2.5.5 Red de Usuario.....	49
2.5.5.1 Set Top Box.....	50
2.5.5.2 Home Gateway.....	51
2.6 Calidad de Servicio.....	51
2.6.1 Calidad de Experiencia.....	53
CAPÍTULO 3.....	55
3.ANÁLISIS TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE AUDIO Y VIDEO CON TECNOLOGÍA IPTV SOBRE UNA RED WLAN DEL CANTON GENERAL VILLAMIL PLAYAS.....	55
3.1 Estudio Preliminar del WISP.....	55
3.1.1 Red WLAN con IP Nativo.....	58
3.1.1.1 Topología de la Red de Acceso	58
3.1.1.2 Características de Equipamiento.....	59
3.1.1.3 Capacidad y Cobertura de Equipamiento.....	60
3.1.2 Servidores Streaming	61
3.1.2.1 Servidores de Contenido	62
3.1.2.2 Sistema Operativo	62
3.1.2.3 Capacidad y Contenidos	62
3.2 Servidores VoD (Video on Demand).....	63
3.2.1 Tipos de Contenidos	63
3.2.2 Especificaciones Técnicas	63
3.2.3 Requerimientos Técnicos.....	64
3.3 Puntos de Acceso que soporten la transmisión de audio y video.....	64
3.3.1 Descripción de los Puntos de Acceso	65

3.3.2	Estándares Internacionales	¡Error! Marcador no definido.
3.3.3	Descripción de Parámetros que permiten la Transmisión de Video	67
3.4	Equipos Suscriptores que Soporten la Recepción de Audio y Video	64
3.4.1	Características.....	68
3.4.2	Esquemas de Conexiones	68
3.4.3	Parámetros Indicadores de la Calidad del Servicio	69
3.5	Análisis y Resultados.....	70
3.5.1	Lectura de parámetros en equipos suscriptores	70
3.5.2	Resultados	74
3.5.2.1	Uso Efectivo de Ancho de Banda	74
3.5.2.2	Tiempos de Conexión	75
3.5.2.3	Calidad de Servicio	76
3.6	Diseño del Sistema que soporte Servicio de audio y video usando Tecnología IPTV	76
3.6.1	Compilación de Resultados Obtenidos.....	76
3.6.2	Descripción de cada Resultado y Resumen según la Configuración de los Parámetros Técnicos.	77
3.6.2.1	Configuración del ePMP 1000 (Punto de Acceso).....	77
3.6.2.2	Configuración SM	78
3.6.3	Consideraciones de Diseño.....	80
3.6.3.1	Diagrama del Sistema con Tecnología IPTV	81
3.6.3.2	Red de Acceso WLAN con IP Nativo	85
CAPÍTULO 4.....		86
4.ANÁLISIS ECONÓMICO DE INTEGRAR IPTV EN UNA RED WLAN DEL CANTON GENERAL VILLAMIL PLAYAS		86
4.1	Estudio de Mercado en el Cantón Playas	86
4.1.1	Factores Determinantes que los Habitantes del Cantón Playas consideran al elegir un Prestador de Servicio de Televisión	87
4.1.2	Análisis de la Tarifa por el Servicio Multimedia.....	88
4.1.3	Empresas que oferten el Servicio de Televisión Digital Pagada	90
4.2	Costo de Inversión en Adquisición de Equipamientos definidos en el Diseño ..	90
4.2.1	Costo de Equipamiento de Transmisión, Recepción y Enrutamiento	90

4.2.2	Costo de Equipamiento de Usuario (STB)	91
4.2.3	Costo de Servidores de Contenidos	91
4.2.4	Costo de Adicionales	92
4.2.5	Costo de Total por Inversión en Equipamiento	92
4.3	Costo de Operacionales y de Mantenimiento para el Sistema IPTV	92
4.3.1	Costo por Operar la Red Inalámbrica del WISP	92
4.3.2	Costo por Contenidos Adquiridos	93
4.3.3	Costo por Mantenimiento	93
4.3.4	Costo por Administración	94
4.3.5	Costo Total por Operación y Mantenimiento	94
4.4	Costo de Total del Proyecto	95
4.5	Tarifa del Servicio Multimedia con Tecnología IPTV	95
4.6	Inversión: Costo Capital	96
4.7	Flujo de Caja Puro / Flujo con Deuda	97
4.8	Tiempo de Recuperación de Capital	99
CAPÍTULO 5.....		100
5. ANÁLISIS REGULATORIO PARA LA OPERACIÓN DE LA TECNOLOGÍA IPTV SOBRE UNA RED WLAN CON IP NATIVO.....		100
5.1	Introducción	100
5.2	Diferencias entre el Servicio Multimedia con IPTV y otros Servicios.....	100
5.3	Leyes y Reglamentos sobre las Telecomunicaciones	101
5.3.1	Ley Orgánica de Telecomunicaciones.....	101
5.3.2	Ley Orgánica de Comunicaciones	102
5.4	Normativa y Regulación de IPTV en Países de la Región y fuera de ella.	102
5.4.1	Regulación de IPTV en Colombia	103
5.4.2	Regulación de IPTV en Chile	103
5.5	Sugerencias Regulatorias de IPTV para el Ecuador.....	104
5.5.1	Modificación de Marco Regulatorio	104
5.5.2	Título Habilitante para Prestación de Servicios Multimedia con IPTV .	105
CONCLUSIONES.....		106
RECOMENDACIONES.....		107

BIBLIOGRAFÍA.....	108
ANEXOS	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparación TDT vs IPTV [10]	27
Figura 2. Comparación de los Códecs H.264 y H.265	37
Figura 6. Elementos de la Red MPLS [15]	46
Figura 7. Ubicación del WISP	55
Figura 8 ZyXEL ZyWALL USG 200.....	57
Figura 9. Zyxel USG110	57
Figura 10. Switch ZyXEL GS1900 -24	57
Figura 11. Red WLAN con IP Nativo.....	58
Figura 12. ePMP Force 180.....	59
Figura 13. ePMP 1000.....	60
Figura 14. Cobertura del WISP	61
Figura 15. Esquema de Conexiones	68
Figura 16. Diagrama de conexión cliente-servidor	70
Figura 17. Nivel de Señal a Ruido (SNR).....	71
Figura 18. Valores promedio de latencia.....	73
Figura 19. Uso efectivo del canal de comunicación	75
Figura 20 Ventana para habilitar Multicast e IGMP	78
Figura 21. Captura del Protocolo RTCP.....	79
Figura 22. Captura del Protocolo IGMPV2.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 23. Arquitectura del Sistema IPTV utilizando Servidor VoD	81
Figura 24. Red de Acceso	85
Figura 25. Crecimiento de servicio de televisión suscripta de audio y servicio. Fuente (INEC, 2017).....	86
Figura 26. Calidad de Experiencia	87
Figura 27. Tipos de contenidos.....	88
Figura 28. Suscriptores por Operadora.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Perspectiva y Comparación del Desarrollo de la TV Digital por Satélite, Cable, TDT e IPTV. [9].....	26
Tabla 2. Diferencias entre IPTV e Internet TV.....	30
Tabla 3. Factores de Pérdida de Paquetes.....	33
Tabla 4. Tasa Promedio de SDTV en Redes IPTV.....	34
Tabla 5. Tasa Promedio de HDTV en Redes IPTV.....	34
Tabla 6. Servicio de Video con su respectivo Códec.....	38
Tabla 7. Códecs Soportados por los Contenedores de video.....	39
Tabla 8. Coordenadas del WISP.....	56
Tabla 9. Características Técnicas de la Antena Sectorial.....	65
Tabla 10. Características Técnicas del Radio ePMP 1000.....	66
Tabla 11. Características Técnicas del Radio Epmp 180.....	69
Tabla 12. Parámetros del Lado del Cliente.....	77
Tabla 13. Paquetes de Canales.....	82
Tabla 14. Tarifa mensual por suscriptor encuestado.....	89
Tabla 15. Tarifa con Funcionalidades por suscriptor encuestado.....	89
Tabla 16 Costo de Equipamiento de Transmisión, Recepción y Enrutamiento.....	91
Tabla 17. Costo de Equipamiento Usuario (STB).....	91
Tabla 18. Servidores de Contenido.....	91
Tabla 19. Costos de Adicionales.....	92
Tabla 20. Costos Total por Inversión en Equipamiento.....	92
Tabla 21. Costos por Permiso de la Red WISP.....	92
Tabla 22. Costos por operación de la red WISP.....	93
Tabla 23. Costos por Contenidos Adquiridos.....	93
Tabla 24. Costos por Mantenimiento.....	93
Tabla 25. Sueldo de Directivos.....	94
Tabla 26. Gastos Administrativos.....	94
Tabla 27. Costo Total por Operación y Mantenimiento.....	94
Tabla 28. Costo Total del Proyecto.....	95
Tabla 29. Tarifa Multimedia con Tecnología IPTV.....	96
Tabla 30. Inversión de Capital.....	96

Tabla 31. Depreciación de Equipos	96
Tabla 32. Tasas del Costo de Capital	97
Tabla 33. Flujo de Caja Puro	97
Tabla 34. Flujo de Caja con deuda	98
Tabla 35. Evaluación Financiera con Caja Pura	98
Tabla 36. Evaluación Financiera con Deuda.....	98

CAPÍTULO 1

1. PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA

1.1 Identificación Del Problema

La penetración de Fibra Óptica ha crecido notablemente desde el año 2006, en el que apenas se tenían 3.500 km tendidos, frente a los, aproximadamente, 60.000 km que se reportaron en el 2015 [1]. A pesar de todo este despliegue de red alámbrica y mejoramiento de la Infraestructura, existen áreas rurales y sectores urbanos-marginales del Ecuador con una carencia de Conexión y Servicios de Banda Ancha por parte de los Operadores de Telecomunicaciones. Esto es un problema de conectividad que empresas usualmente pequeñas con permisos para ser Proveedores de Servicio de Internet Inalámbrico (WISP, Wireless Internet Service Provider) y mediante la modalidad de Prestación de Servicio de Acceso a Internet (SAI, Service Access Internet) utilizando Tecnología Inalámbrica han resuelto el problema de conectividad y cubren este importante nicho de mercado.

Por otro lado, el Servicio de audio y video por suscripción (AVS, Audio and Video by Subscription) ha presentado un crecimiento sobre todo por la alta demanda de Televisión Codificada Satelital la cual hasta el Cuarto Trimestre del año 2014 alcanzó un 56,94% del Total de Suscriptores de AVS respecto al 9,89% que obtuvo en el año 2010 [2]. Estos datos estadísticos de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) resumen el requerimiento creciente del Servicio de Televisión Pagada en el país. Se requiere entonces, un estudio regulatorio-técnico-económico que permita establecer la Viabilidad del Proyecto en términos de tecnología y capacidad de red, tarifas al público, y la base legal para su operación.

El objetivo es que la entrega del Servicio de audio y video por suscripción usando la Tecnología llamada Televisión sobre el Protocolo de Internet (IPTV, Internet Protocol Televisión), no necesite de una red adicional, al hacer que el contenido pueda viajar por la misma red de datos por la cual se provee el SAI, tomando en cuenta el ancho de banda ofertado y el manejo de Calidad de

Servicio (QoS, Quality of Service) en la Red de Acceso. La calidad de servicio es un parámetro cada vez más importante para las redes hoy en día.

En este Proyecto se analiza la velocidad necesaria para operar los servicios multimedia que la tecnología IPTV ofrece, que supera el Ancho de Banda típico de una Transmisión del Internet.

La Tarifa Mensual al público por el Servicio de Televisión Digital ofrecido mediante IPTV en una Red con Acceso Inalámbrico, debe ser competitiva con el precio fijado por Sistemas de Televisión por Cable o Satelital ya existentes y se constituye en el elemento principal para la recuperación de la inversión. Esta tarifa debe incluir costos tecnológicos, y de gestión. Es necesario un análisis económico-financiero para conocer si dicha tarifa hace viable económicamente el proyecto.

En el Ecuador, la regulación de IPTV no ha evolucionado a la par con los cambios tecnológicos. En este sentido, por ejemplo, en el artículo 2 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (LOT) se manifiesta:

“Las redes e infraestructura usadas para la prestación de servicios de radiodifusión sonora y televisiva y las redes e infraestructura de los sistemas de audio y vídeo por suscripción, están sometidas a lo establecido en la presente Ley. No corresponde al objeto y ámbito de esta Ley, la regulación de contenidos” [3].

Según este artículo, la LOT es la encargada de especificar el servicio de audio y video por suscripción, pero no se incluye ningún servicio basado en tecnología IPTV. Además, define que los servicios de audio y video por suscripción se prestan por empresas de radiodifusión al amparo del título habilitante llamado autorización. Los WISP tienen un título que les autoriza prestar solamente servicios de acceso a internet.

El Consejo de Regulación y Desarrollo de la Información y Comunicación (CORDICOM), por medio de la Ley de Comunicación (LOC) es el organismo autorizado para regular el contenido emitido en los sistemas de audio y video

por suscripción, pero no incluye regulación alguna respecto de la entrega de contenido multimedia utilizando IPTV.

Hasta la actualidad en ningún WISP del Ecuador se ha realizado un Análisis Técnico del Equipamiento Instalado, con el enfoque de conocer si soporta la Transmisión de audio y video con Tecnología IPTV. Esto se debe a la alta demanda de Ancho de Banda requerida por el Servicio de Televisión digital. Además, el reglamento general a la LOT decretado y vigente especifica dos Tecnologías de acceso para ofrecer Servicios de audio y video por suscripción, pero no incluye a la Tecnología IPTV, ni el medio de transmisión inalámbrico.

1.2 Justificación

Muchas marcas de proveedores de Equipos de Comunicaciones de Banda Ancha en Bandas Industrial, Científica y Médica (ISM, Industrial Scientific and Medical) tienen alguna línea de productos que superan totalmente los Estándares de Red de Área Local Inalámbrica (WLAN, Wireless Local Area Network) y ofrecen prestaciones razonablemente buenas, soporte de QoS, etc. Para distancias largas. Un ejemplo conocido sería la línea de productos que la empresa Motorola desarrolló a partir del 2007, con el nombre comercial de Canopy¹ [4].

Empresas como los WISP del Cantón Playas necesitan conocer si es factible técnica y económicamente implementar la tecnología IPTV en sus sistemas inalámbricos, bajo la Ley de Regulación vigente. Esto sirve en un futuro cercano como punto decisivo para implementar el servicio de televisión pagada sobre las redes punto multipunto inalámbricas, y que contribuye sin ninguna duda en su economía porque estas redes son de despliegue rápido, bajo costo de inversión (no pago por el uso de frecuencia), bajo mantenimiento de la red y un crecimiento adaptado a la demanda.

Especialistas consideran que entre los próximos 3 a 5 años, todas las Empresas Proveedoras de Servicios de Telecomunicaciones deben pasar de ser un

¹ En la actualidad, y dado que Motorola vendió esta línea Canopy a otros inversores, el desarrollo de estas tecnologías corresponde a la empresa Cambium Networks.

negocio basado en la infraestructura de red, a un negocio basado en servicios y aplicaciones [5]. Y la WLAN utiliza la Tecnología IPTV para orientarse a esa línea de negocio.

La población del Cantón Playas, según proyecciones del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) basado en el censo del 2010 es de 52,607 habitantes en el 2016 [6]. Los playenses tienen una mayor aceptación del Servicio AVS que del Servicio SAI, esto se revela en datos estadísticos publicados por el INEC. Así el Servicio de Acceso a Internet tiene una penetración en el mercado de Playas del 6.39% en comparación del Servicio de audio y video por suscripción con un 37.3% [7]. Estas cifras hacen ver que los usuarios de estos servicios en este Cantón contratan más el servicio de Televisión que el servicio de Internet. Lo que motiva a los administradores o propietarios de las Empresas WISP evaluar la prestación del servicio de Televisión Digital bajo el Protocolo IP.

Los operadores que integran servidores con tecnología IPTV en sus redes de distribución de contenido (CDN, Content Distribution Network) mejoran su capacidad de retención de clientes y atracción de nuevos clientes [8].

El interés del gobierno ecuatoriano para difundir la televisión digital, es ya una realidad, en septiembre del año 2015 se oficializó la *Normativa Técnica de Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre*, para que las empresas de Televisión abierta comiencen a operar. Esto es un adelanto en el ámbito legal, que incentiva a las autoridades legislativas competentes de la radiodifusión y comunicaciones que aprueben Normas Técnicas para el funcionamiento de sistemas de transmisión de contenido multimedia usando tecnología IPTV en el modelo de una red inalámbrica de bandas libres.

Existe la oportunidad de compartir esta iniciativa con un operador SAI Inalámbrico que tiene una red operativa ubicada en el Cantón General Villamil Playas, lo que ayudará en el desarrollo del presente proyecto.

1.3 Solución Propuesta

Se plantea realizar un análisis técnico de los equipos implementados en la red Punto Multipunto del WISP ubicados en el Cantón General Villamil Playas para

transmitir contenido de audio y video que se inyecta con el software libre Video Media Player desde el lado del proveedor hacia el lado del cliente.

Seguidamente se espera proponer que el diseño propuesto con IPTV basado en estándares internacionales compatibles con la red Punto-Multipunto del SAI, cumpla también con todos los estándares y recomendaciones del servicio de audio y video por suscripción de tal manera que la calidad sea comparable y al menos igual que el servicio de televisión pagada basadas en la tecnología satelital y por cable.

Por otro lado, se destaca que estudio empleará como red de acceso una red inalámbrica que funciona en frecuencias no Licenciadas para la distribución de AVS, mediante Tecnología IPTV; y a este respecto, se recalca que el poder transmitir Televisión sobre IP en un ambiente Inalámbrico, promueve la Convergencia de la Televisión con otros servicios como el Internet y la Voz sobre IP (VOIP, Voice Over Internet Protocol) dando origen al empleo de Múltiples Servicios en un solo dispositivo IP para el usuario como el Smartphone, Smart TV, etc; y que además, es un nuevo modelo de negocio del sector de las telecomunicaciones que se busca formalizar. Se espera que al considerar la tarifa del servicio de televisión en torno a costos en equipamiento, contenido, operación, gestión y financiamiento, permita la recuperación de la inversión y la continuidad del servicio, bajo parámetros económicos del mercado.

Finalmente, se espera recomendar la redacción de una norma que pueda proponerse a la Autoridad Regulatoria de las Telecomunicaciones y que permita Integrar este servicio al conjunto de servicios autorizados. Y al ser este estudio un proyecto piloto, que quiere proveer AVS mediante la Red de Acceso Inalámbrica en Bandas Libres utilizada por un WISP, en el Cantón Playas de la provincia del Guayas y el Ecuador, se proyecta como referente para otros Cantones, Provincias y Países que aún no hayan Implementado la Tecnología IPTV.

1.4. Objetivo de la Tesis

1.4.1 Objetivos Generales

Establecer la viabilidad técnica-económica y regulatoria para la implementación de servicio de audio y video por suscripción utilizando tecnología IPTV sobre una red de acceso inalámbrica SAI, en base a un análisis técnico, una revisión económica financiera y un estudio de la normativa vigente.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Examinar los avances tecnológicos utilizados por las Redes Inalámbricas Punto - Multipunto, para la transmisión de información digital a través del Protocolo de Control de Transporte/Protocolo de Internet (TCP/IP).
- Diseñar un Sistema SAI que incluya la Implementación del Servicio de Televisión Digital mediante Tecnología IPTV, a partir de una red de acceso inalámbrico punto a multipunto existente, indicando las modificaciones tecnológicas y operativas, que pudieran ser necesarias.
- Determinar, para la cobertura geográfica y demográfica del Cantón Playas, la Rentabilidad Económica y Viabilidad Técnica en la Implementación de la Tecnología IPTV a través de Redes Inalámbricas Punto - Multipunto tomando en consideración el cumplimiento de normas técnicas, regulatorias y de QoS.
- Redactar recomendaciones técnicas para que la autoridad regulatoria incluya la Tecnología IPTV en la normativa para la Implementación de Servicio de audio y video por suscripción prestada por un WISP.
- Satisfacer la demanda del Servicio de audio y video por suscripción utilizando un SAI que usa un medio de transmisión Inalámbrico operativo en el Cantón General Villamil Playas.

1.5. Metodología

1.5.1 Metodología Descriptiva

En esta investigación se seleccionó una Red Inalámbrica que esté en operación con el Servicio de Internet en el Cantón General Villamil Playas de la Provincia del Guayas, gracias a la apertura por parte de los administradores de una empresa que realiza este servicio en la zona.

Se instalará un servidor de Video bajo Demanda (VoD, Video on Demand) en el cuarto de equipos del nodo principal del WISP. La función de este servidor será alojar el contenido de audio y video para que los televidentes lo reproduzcan en cualquier momento.

Se configurarán los parámetros necesarios para la Prestación del Servicio de audio y video como tipo de codificación, nivel de compresión, tamaño del buffer del decodificador, ancho de banda requerido, protocolo Multicast del Grupo Internet (IGMP, Internet Group Multicast Protocol) en los equipos radio en transmisión y recepción.

Mediante el monitoreo de la interfaz de los equipos radio se leerán y registrarán valores de desempeño de la red inalámbrica como el retardo, jitter y pérdida de paquetes.

Con los datos obtenidos en las mediciones descritas anteriormente, se procederá a realizar el análisis pertinente para el desarrollo de esta Tesis utilizando una Metodología Inductiva.

1.5.2 Metodología Inductiva

Se diseñará la arquitectura de un Sistema de Televisión con Tecnología IPTV tomando en consideración una WLAN como la Red de Acceso utilizando los más actuales estándares con detalles de las funciones de cada componente que permitirá a los administradores proveer un servicio de Televisión Digital de calidad y en forma eficiente.

Se considerarán costos, si se lo requiere, de cada una de los elementos que conformen el diseño propuesto. Esto permitirá hacer una evaluación

Económica del Proyecto. Este paso es muy importante porque indicará su Viabilidad Económica, el Monto de la inversión, Tiempo de recuperación del capital y Rentabilidad en función de la tarifa al usuario.

En el ámbito regulatorio se hará un análisis comparativo de las normas existentes en otros países de la región, en los cuales ya se preste el Servicio de audio y video utilizando Tecnología IPTV sobre SAI.

CAPÍTULO 2

2. DESCRIPCIÓN DE LA TELEVISIÓN SOBRE EL PROTOCOLO DE INTERNET

2.1 Televisión Sobre El Protocolo Internet

2.1.1 Introducción

La Televisión sobre el Protocolo de Internet o IPTV es una tecnología basada en el Protocolo IP como mecanismo para el transporte de flujos de contenido (audio y video) a través de una red alámbrica o inalámbrica. Las Empresas Proveedoras del Servicio de Internet buscan la forma de implementar esta tecnología para ofrecer más servicios y mayores beneficios a sus clientes.

IPTV convierte una señal de televisión en pequeños paquetes de datos, como cualquier otra forma de tráfico en línea, tales como el correo electrónico o una página web, para luego ser enviados a la red. Esto permite implementar mecanismos de control para ofrecer calidad en el servicio de audio y video al momento de transmitir utilizando las redes locales inalámbricas de los WISP que son propensas a factores como pérdidas de paquetes y demás que dificultan la óptima recepción en el lado del cliente.

2.1.2 Comparación entre IPTV y otras Tecnologías de Difusión

En la Tabla 1 se compara las tecnologías Satelital, Cable, TDT e IPTV que se utilizan para dar acceso al servicio de televisión digital.

2.1.2.1 Televisión Digital Terrestre (TDT)

En esta tecnología, la señal de audio y video, se convierte en digital para luego transmitirse con antenas convencionales UHF y se recibe con un televisor con estándar ISDB-T. En el Ecuador se la está implementando progresivamente. En la Figura 1 se compara la IPTV con la TDT.

	SATÉLITE	CABLE	TDT	IPTV
Arraigo social	Alto	Alto	Bajo	Bajo
Canal de retorno	Limitado	Limitado	Limitado	Ilimitado.
Implantación	Fácil / Rápida	Difícil / Costosa	Fácil / Rápida	Fácil / Rápida
Cobertura	Continental	Local	Local	Mundial
Ancho de Banda	Gran capacidad	Gran capacidad	Limitado	Gran capacidad
Contenidos	Información internacional y regional.	Información local, regional e internacional	Información local y nacional	Información internacional, regional, nacional y local
Modalidad comercial	Modelo de TV de pago	Modelo de TV de pago	Modelo de TV en abierto o parcialmente de pago	Modelo de TV en abierto / parcial de pago o de pago
Servicios	Audiovisuales	Audiovisuales, internet, telefonía	Audiovisuales	Audiovisuales, internet, Telefonía, VOD
Relación señal / Ruido	Baja	Alta	Media	Baja
Potencia de recepción	Pequeña	Alta	Media	Alta
Producción de contenidos	Alta	Baja	Alta	Alta
Organización corporativa	Presencia mayoritaria en plataformas y trasnacionales	Presencia mayoritaria en plataformas y trasnacionales	Presencia mayoritaria en canales y operadores televisivos locales y nacionales	Presencia mayoritaria en plataformas y trasnacionales

Tabla 1. Perspectiva y Comparación del Desarrollo de la TV Digital por Satélite, Cable, TDT e IPTV. [9]

2.1.2.2 Televisión Satelital

Esta tecnología también se la llama televisión directo al hogar (DTH) porque el usuario solo puede acceder a la señal de audio y video con un Televisor que se conecta al decodificador por medio

de una antena parabólica enlazada a un satélite geoestacionario. A diferencia de IPTV que puede recibir mediante cualquier dispositivo que soporte el protocolo de internet solo la programación de canales solicitada. En cambio con la tecnología DTH recibes toda la programación dada por los proveedores satelitales.

2.1.2.3 Televisión por Cable

Esta tecnología construye sistemas de distribución de señales de televisión a través de una red de cable coaxial o una red híbrida fibra coaxial híbrida (HFC) al contrario de IPTV que utiliza una red completamente digital.

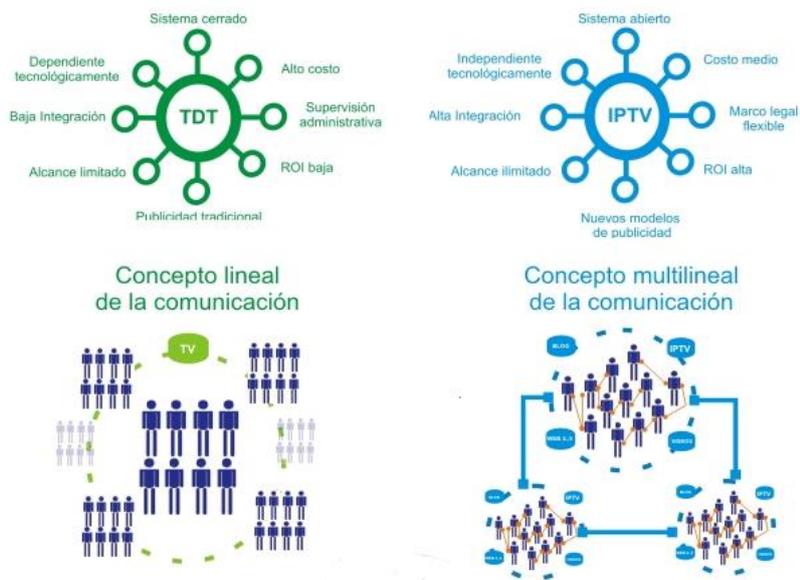


Figura 1. Comparación TDT vs IPTV [10]

2.1.3 Características de IPTV

2.1.3.1 Contenido

Todos los contenidos implementados con tecnología IPTV, incluyendo VOD y material de difusión, pasarán a través de las

funciones de codificación (compresión, conversión y codificación) para el aprovisionamiento de contenido. Las funciones prepararán flujos de vídeo digital capaces de ser distribuidos a través de la red IP. Dentro de esta función, el contenido también se modificará para incluir interés comercial o público, publicidad, logotipos e información de marca, así como elementos de seguridad como marcas de agua y elementos de cifrado de Gestión de Derechos Digitales (DRM, Digital Rights Management). Como también se puede aplicar filtros de contenidos, para que los niños no accedan a contenidos inadecuados.

Para la entrega de contenido se incluye funciones responsables de entregar el flujo codificado a los suscriptores. La información será obtenida en orden de las funciones de control y transporte para la entrega del contenido al suscriptor adecuado. Las funciones de entrega de contenido incluirán almacenamiento de copias locales para acelerar la entrega de contenido, como el almacenamiento temporal de caché debido a VOD y a la grabadora personal de vídeo basado en red (DVR, Digital Video Recorder). Cuando las funciones del suscriptor interactúan con las funciones de control de IPTV para solicitar contenidos específicos, ellos serán redireccionados a la función de entrega de contenidos para obtener acceso al flujo.

2.1.3.2 Convergencia

La convergencia tecnológica es el proceso por el cual se fusionan las tecnologías empleadas en diferentes industrias de telecomunicaciones, informática y el sector audiovisual; teniendo como fundamento la digitalización, la cual se ha convertido en la pauta para el manejo de la información (señales de voz, vídeo, datos). La digitalización ha permitido que las redes puedan transmitir a cualquier parte del mundo todo tipo de información sin importar su tipo u origen. La dimensión de la convergencia tecnológica utilizada por la tecnología inalámbrica es:

Convergencia de Redes o Medios de Transmisión. Con este tipo de convergencia los proveedores tienen la capacidad de hacer uso de varias plataformas de servicios.

2.1.3.3 Interactividad

La Interactividad es la comunicación bidireccional que permite a los operadores de telecomunicaciones ofrecer una serie de servicios y aplicaciones interactivas, como televisión de definición estándar, alta definición, juegos y navegación por internet.

Hoy en día el desafío que se tiene, es que el programa garantice la interpretación y ejecución de instrucciones en una gran variedad de receptores y cajas decodificadoras, construidos por diferentes fabricantes en el mundo. Este software debe actualizarse (o cambiarse) periódicamente. El Middleware es un subsistema que implementa los mecanismos que proveen la semántica de aplicaciones, que permite la integración de software que se comunica con otro software. Es decir, el Middleware que actúa como un mediador entre diferentes programas.

2.1.4 Diferencia entre IPTV e Internet TV

La Televisión por internet o Internet TV como la IPTV basan su transmisión sobre redes IP utilizando la misma tecnología base sin embargo la forma en que se envían los flujos de video es diferente. Ver Tabla 2.

2.2. Características de la Tecnología IPTV

Entre las características de la tecnología IPTV se destacan las siguientes:

- **Personalización:** La tecnología IPTV tiene el sistema punto a punto, por medio del cual soporta comunicaciones bidireccionales.
- **Facilidad a Múltiples Dispositivos:** La visualización de los contenidos multimedia no es solo para televisores, además se puede acceder a los servicios IPTV mediante un teléfono inteligente, Tablet y computadoras.

- **Red Privada:** Como se entrega continuamente canales de contenido para miles de espectadores de una forma repetida, una red IPTV debe ser cuidadosamente diseñada y controlada. Esta tarea es mejor realizada sobre una red privada, en donde todo el contenido de video y otro tráfico de red pueden ser controlados. Esta tarea sería imposible en la Internet pública.

	IPTV	INTERNET TV
Usuarios	Usuarios conocidos	Cualquier usuario
Alcance Geográfico	Cobertura limitada por el Proveedor	Alcance mundial.
Ancho de Banda	Dedicado para cada usuario	Compartido entre otros usuarios.
Calidad de Servicio	Alta, es propietarios de la infraestructura de conexión de redes.	Baja, son servicios basados en el mejor esfuerzo.
Plataforma	Sistema cerrado con control personalizado de los contenidos.	Modelo Abierto a cualquier interesado en subir contenido
Tarifa para usuarios	Provistos a cambio de una tarifa.	Disponible de manera gratuita.
Modo de Transmisión	Multicast	Broadcast.
Calidad de Video	Existe control de la calidad de video	No hay garantía
Soporte al usuario	Brindado por el Proveedor	No
Seguridad	Usuarios autenticados y protegidos	No seguro
Formato de video soportado	MPEG-2/MPEG-4/Microsoft-VC1	Real Network/Windows Media/Quick Time/Flash
Fiabilidad	Estable	Depende del Tráfico de la Red
Interactividad	Alta	Baja

Tabla 2. Diferencias entre IPTV e Internet TV

2.2.1 Características Técnicas

La tecnología IPTV minimiza la posibilidad que los firewalls bloqueen los contenidos porque utiliza los protocolos FTP y HTTP para transferir los contenidos desde el servidor al cliente utilizando. Generalmente para solicitudes del servicio VOD, IPTV se basa en un software del servidor web estándar.

El tiempo de descarga de una película dependerá del ancho de banda de la red y de la calidad del contenido. Los suscriptores de IPTV por medio de aplicaciones de internet pueden grabar una copia del contenido descargado en un DVD. IPTV es diseñado para enviar programación al espectador en tramas de video continuo. Cada espectador puede seleccionar la trama que desea ver, pero debe unirse al flujo en progreso.

Este proceso es idéntico a la programación entregada por las empresas televisivas, compañías de TV-CABLE y proveedores satelitales, en donde el espectador puede seleccionar el canal, pero no puede acceder al contenido del canal. Por lo tanto, algunos proveedores de IPTV ofrecen VOD y servicios interactivos. En IPTV se entrega los contenidos producidos por las redes de difusión de forma simultánea a un grupo de espectadores. Por lo general los espectadores eligen los canales que quieren ver interactuando con el STB.

La mayoría de sistemas IPTV utilizan un formato de codificación de video (o posiblemente dos) para cada tipo de contenido. Típicamente se elige MPEG-2, MPEG-4 y VC-1. Generalmente los proveedores IPTV escogen un formato de compresión y una tasa de bit para todas las señales de Video Estándar (SD) y otro para señales de Video de Alta Definición (HD). Además, simplifica el diseño de STB al eliminar la necesidad de descomprimir múltiples videos.

El papel del STB es extremadamente importante para una red IPTV. Ya que sirve como el terminal de la red IPTV; así, este debe poder recibir comandos desde el Control remoto del usuario y enviarlos a la red para ejecutarlos. Este además necesita de forma inteligente poder generar texto u otros gráficos para comunicarse con el espectador, para servicios como la EPG.

2.2.1.1 Jitter

El Jitter es una medida de la variación asociada con paquetes que llegan demasiado pronto o demasiado tarde. Es un comportamiento llamado fluctuación de fase.

Los servicios IPTV son especialmente sensibles a las sobrecargas de servidores, enrutamiento, congestión de la red y cola como el vídeo IP. Los paquetes atraviesan la red. La calidad de una señal de vídeo depende mucho de la entrega de un flujo sin pérdida de IP a una velocidad de bits constante. El decodificador requiere un flujo de IP entrante estable y confiable. Esto se consigue mediante un sofisticado proceso de sincronización y sincronización que se produce entre el decodificador y el codificador en el centro de datos IPTV.

2.2.1.2 Latencia

La latencia es un parámetro que se utiliza para medir el tiempo para que los paquetes IP viajen desde el servidor IPTV al EPG, Electronic Program Guide.

Se espera un cierto retardo o latencia porque el contenido de vídeo debe ser decodificado por el dispositivo de usuario IPTVCD (IPTV Customer Device). Sin embargo, la cifra de latencia varía de una red a otra red. Los bajos niveles de latencia son fundamentales para ofrecer contenido de vídeo de buena calidad a los usuarios finales. Si el valor de latencia es demasiado alto, los usuarios finales empezarán a ver imágenes borrosas, bloqueo de imágenes y marcos congelados en su pantalla de televisión. Las causas de latencia pueden variar de no tener suficiente ancho de banda para entregar canales IPTV de alto ancho de banda aumentando sus niveles de uso.

2.2.1.3 Pérdida de Paquetes

Un paquete se declara "perdido" cuando no llega a su destino. Esto puede ser causado por cualquier número de circunstancias. Una forma en que los paquetes se pueden perder es cuando el encabezado se ha perdido la transmisión, cada vez que un paquete recibe un paquete, se vuelve a calcular la suma de comprobación del encabezado, si el resultado del cálculo no

coincide con la suma de comprobación entrante, se ha producido un error de bit y el encabezado ha sido dañado, por lo que el paquete será destruido.

En casos graves, la conexión entre el servidor de video y el IPTVCD terminará. Esto es particularmente cierto para el contenido de IPTV, que es transportado por UDP porque el paquete nunca se vuelve a enviar y el contenido se ha ido. TCP. Ver Tabla 3 resume algunos de los factores que puede causar pérdida de paquetes a través de una red IPTV.

FACTORES DE PÉRDIDAS DE PAQUETES	EXPLICACIÓN
Interferencia Eléctrica	Estas fuentes eléctricas están sujetas a diversos impedimentos incluyendo caídas de tensión y sobrecargas en los niveles de potencia. Esto puede introducir problemas de error de bit, que pueden ocurrir mientras que el dispositivo está en funcionamiento.
Señal-Ruido (Signal to noise, SNR)	La SNR, es el nivel de señal con respecto al ruido existente, si es muy bajo afecta sobre el número de paquetes perdidos.
Congestión de la red	Mientras el tiempo de congestión en redes con tecnología IPTV sea mínimo y en ciertos periodos entonces las pérdidas de paquetes son típicamente bastante bajo para redes bien diseñadas.

Tabla 3. Factores de Pérdida de Paquetes

2.2.1.4 Ancho de Banda

La tecnología IPTV no distribuye cada canal para cada usuario final, sino que permite que solo se envíen datos por el canal solicitado por el usuario. Esto permite conservar el ancho de banda.

Para que pueda funcionar la tecnología de IPTV de manera adecuada se requiere manejar un gran ancho de banda y ancho de banda reservado con el objetivo de garantizar la calidad de servicio (QoS); por lo que se requiere una conexión de al menos 4Mbps

para poder recibir la señal de televisión comprimida según el formato de compresión.

El Ancho de Banda o Tasa Promedio de SDTV en Redes IPTV utilizando diferentes normas de codificación. Ver Tabla 4.

TÉCNICA DE CODIFICACIÓN	TASA MÍNIMA
MPEG-2	2.5 Mbps CBR
MPEG-4	1.75 Mbps CBR
SMPTE VC-1	1.75 Mbps CBR
AVS	bps CBR

Tabla 4. Tasa Promedio de SDTV en Redes IPTV

El Ancho de Banda o Tasa Típicas HDTV en Redes IPTV utilizando diferentes normas de codificación. Ver Tabla 5.

TÉCNICA DE CODIFICACIÓN	TASA MÍNIMA
MPEG-2	15 Mbps CBR
MPEG-4	10 Mbps CBR
SMPTE VC-1	10 Mbps CBR
AVS	10 Mbps CBR

Tabla 5. Tasa Promedio de HDTV en Redes IPTV

2.2.2 Formato de Video y Audio usados por IPTV

Para tener calidad del video y audio en el lado del televidente es necesario tener eficiencia en el almacenamiento y emisión de los contenidos. Para lograr este objetivo se debe comprimir a un formato de datos acorde al ancho de banda de la red de acceso y procesable por equipos del usuario. Para ello es necesaria la utilización de códecs de audio y video. Mediante el uso de los códecs podemos tener calidad en la imagen/audio reduciendo la tasa de bits necesarios para la reproducción del video. Los formatos de video están compuestos por los contenedores del video y los códecs de video y audio.

2.2.2.1 Contenedores de Video

Envuelve varios componentes del video como son: las imágenes del video, audio, metadatos, etc. Es por ello que en un archivo de video podemos encontrar el audio en varios idiomas, subtítulos,

etc.; siempre y cuando el formato del contenedor lo permita. Entre los formatos de los contenedores más conocidos tenemos a OGG, 3GP, AVI, MOV, MP4, Flash Video (FLV), WebM de Google, Matroska (MKV), entre otros. La calidad del video y el ancho de banda que se utilizará dependen de los siguientes atributos:

El tamaño del Marco (Frame size): Es la resolución que tiene una imagen, cuanto mayor sea la resolución, mayor calidad tendrá el video, pero también requerirá más ancho de banda para la transmisión.

La tasa del Marco (Frame rate): Es la velocidad con que los marcos son capturados y posteriormente reproducidos. La tasa de los marcos más comunes son 15 frames per second (fps), 24 fps, 25 fps, 30 fps, y 60 fps.

Tasa de bit (Bitrate): La tasa de bit es el número de bits que se transmiten en un tiempo determinado. El bitrate es una combinación entre el contenido de video y del audio en el archivo. Normalmente un Bitrate (Tasa de bit) alto implica una mejora calidad del video y un tamaño del mismo mayor.

Tasa de muestreo de audio: El audio a su vez, también es comprimido usando los diferentes códecs. Dependiendo del códec que se utilice añadirá entre unos 128 – 256 kbps a la tasa de bit.

2.2.2.2 Códecs de Video

Permiten minimizar las pérdidas de bits mediante nuevas técnicas que permitan comprimir el video manteniendo una buena calidad en la imagen.

Existen diversos códecs de video empleados para la transmisión de IPTV, sin embargo algunos de ellos resultan más convenientes por sus características de compresión. De esta manera, los formatos empleados por IPTV más usualmente son: MPEG-2, MPEG-4, H.264 y H.265

2.2.3 Formato MPEG-2

La aplicación de este códec fue principalmente en la compresión de películas en DVD y transmisión de televisión digital, tiene varios tamaños de resolución que van desde los 176x144 píxeles con una tasa de bit de 96 Kbps hasta una resolución de 1920x1080 píxeles con una tasa de bits de 80 Mbps.

Las partes que conforman el estándar MPEG-2 son, entre otras, las siguientes:

- El sistema: cómo sincronizar y conjuntar los flujos de vídeo y audio en un solo flujo de datos.
- El códec de vídeo para señales entrelazadas y progresivas.
- El códec de audio, que es una extensión del MPEG-1 audio (también conocido como MP3) capacitado para sonido multicanal.

2.2.4 Formato MPEG-4

A finales de los 90's, la ISO estandarizó el códec MPEG-4 que fue desarrollado por el comité MPEG. Este nuevo códec tiene varias partes; mejora la calidad del video que sus antecesores y además ofrece características nuevas que incluyen los subtítulos en el video y protección de derecho de autor. Se usa principalmente en la codificación de contenido web, video streaming, video sobre redes móviles 3G, 4G.

Estas características, sin embargo, no tienen por qué ser obligatoriamente utilizadas. MPEG-4 Versión 2 ofrece una técnica de compresión que es ligeramente mejor que MPEG-2. MPEG-4, cuando emplea la separación de objetos, comienza a trabajar con GOV (Grupo de objetos de vídeo).

2.2.5 Formato H.265

Es posible codificar cualquier vídeo usando el H.264 (MPEG-4 versión 10) sin la necesidad de la separación objetos. H.264 es la actual innovación en tecnología de compresión de video basta mejoras sobre los códec

video anteriores. Por ejemplo, H.264 puede enviar la misma calidad de video que MPEG-2 ocupando de la tercera a la mitad de velocidad.

Durante la estimación de movimiento, los códecs tradicionales comúnmente procesan tramas de macrobloque de (16 x 16 pixeles). La característica de H.264 es la capacidad de procesar diferentes tamaños de tramas lo que se refleja en alta definición de imagen a bajas velocidades. H.264 presenta más precisión tanto en escenas de movimiento rápidos como de movimiento lento. Los objetos de movimientos son más quebradizos en la reconstrucción, dando una mejor representación del material fuente.

2.2.6 Códec H.265

El último códec estandarizado por la ITU-T y la ISO es el High Efficiency Video Coding o HEVC, también conocido como H.265. Este nuevo estándar ofrece el mismo nivel de calidad de imagen que H.264 pero con una mejor compresión. Esta nueva característica es clave para la transmisión de video en ultra alta definición UHD, también conocida como video 4K. Este nuevo códec, al igual que H.264, fragmenta la imagen en bloques, pero en este caso de 64x64 pixeles que pueden dividirse en subbloques para las partes de las imágenes que tengan mayores cambios llegando a subbloques de 4x4 en las zonas de mayor cambio. En la Figura 2 podemos ver la diferencia entre el códec H.264 y el códec H.265 o HEVC, en cuanto a la división de la imagen en bloques.

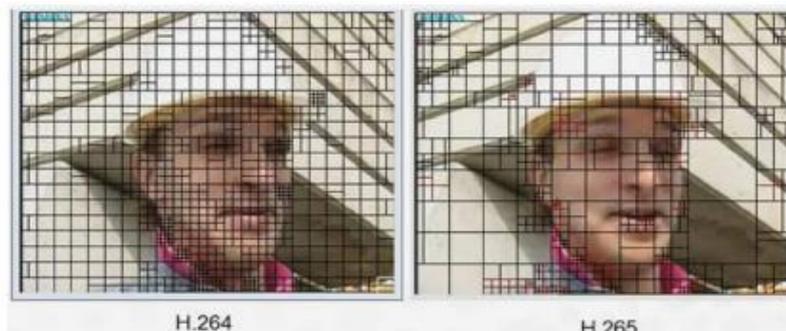


Figura 2. Comparación de los Códecs H.264 y H.265

En la Tabla 6 podemos encontrar un resumen de los Tipos de Servicios que ofrecen Video y que Códecs utilizados para poder realizar la transmisión de los mismos según la calidad.

SERVICIO	TASA DE BIT	CÓDECS UTILIZADOS
Transmisión de TV Digital	2 – 5 Mbps 5 – 15 Mbps para HD 18 – 34 Mbps para UHD	MPEG-2 H.264/AVC/MPEG-4 HEVC/H.265
DVD, HD-DVD, Blu-Ray, HD Blu-Ray	2 – 20 Mbps	MPEG-2 H.264/AVC, VC-1
Video Streaming sobre Internet	0,5 – 2 Mbps 5 – 8 Mbps para HD 10 – 24 Mbps para UHD	H.263, H.264/AVC, MPEG-4, VC-1, VP8 VP9,HEVC/H.265
Video Conferencia, Video Llamadas	200 – 400 Kbps 700 – 1000 Kbps para HD	H.261, H.263 H.264/AVC
Video sobre Redes Móviles 3G y 4G	200 – 700 Kbps para SD 1,5 – 7 Mbps para HD	H.263, MPEG-4, H.264/ AVC,VC-1

Tabla 6. Servicio de Video con su respectivo Códec

2.2.7 Códecs de audio

Para que la reproducción del video streaming sea de calidad, el audio y las imágenes deben ejecutarse a la par. Por eso son importantes los códecs de audio. A continuación veremos los códecs de audio más utilizados:

MPEG Audio Layer III o MP3, es un códec con pérdida usado para la compresión de audio dentro de un archivo. Es comúnmente usado en dispositivos de reproducción de audio como los ordenadores, reproductores que llevan su mismo nombre, equipos de música, etc. No es el más eficiente pero es uno de los que más soporte tiene en los dispositivos, además puede comprimir con una tasa menor o mayor de bits por segundo según la calidad deseada.

AC3. Este códec presentaba una nueva característica que MP3 no lo hacía, es la del sonido envolvente, se lo conoce también como Dolby Digital. Ahora cuenta con un canal de audio mono, dos estéreos, cuatro de audio cuadrafónico y hasta canales 5.1 (audio surround) que lo incluían

muchas películas y videos cortos, es por ello que se empezó a popularizar.

AAC Audio. Provee mejor eficiencia en la compresión que formatos viejos como mp3 porque ocupa menos espacio de almacenamiento y soporta funciones DRM. Es utilizado por MPEG-4 y Apple lo hizo muy popular con iTunes y iPod ya que Gracias a su alto rendimiento y calidad, es muy utilizado para la compresión de audio para transmisión por Internet.

WMA. Fue desarrollado por Microsoft como alternativa a MP3, introdujo mejoras como el soporte opcional de DRM, además ofrece sonido envolvente como AAC.

Ogg Vorbis. Utiliza el contenedor OGG, es de código abierto y es una alternativa a MP3, WMA, ACC. Es utilizado en video juegos y aplicaciones como Spotify que lo maneja para su servicio de reproducción de música streaming por Internet.

En la Tabla 7 podemos observar la relación de los Contenedores con los Códecs de audio y video que soportan:

CONTENEDOR	CÓDECS DE AUDIO	CÓDECS DE VIDEO
MKV	Vorbis, MP3, LC-AAC, HE-AAC, WMA, AC3	MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4/ H.264, H2,265, VC-1, VP8, VP9
MP4	MP3, LCC-AAC, HE-AAC, AC3	MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4/ H.264, VC-1, VP8 y posiblemente H.265
FLV	MP3, LCC-AAC, HE-AAC	VP6, MPEG-4/ H.264/ AVC
3GP	LC-AAC, HE-AAC	H.263, MPEG-4/ H.264 /AVC
MOV	MP3, WMA, HE-AAC, AAC, AC3	MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4/ H.264/ AVC, VC-1
WebM	Vorbis	VP6, VP7, VP8, VP9
OGG	Vorbis	MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4/ H.264/ AVC, VC-1

Tabla 7. Códecs Soportados por los Contenedores de video

2.3 Protocolos utilizados por la Tecnología IPTV

2.3.1 Protocolos de Transporte y Control

Los protocolos de transporte para streaming incluyen el protocolo de datagramas de usuario (UDP, User Datagram Protocol), Protocolo de Control de Transmisión (TCP, Transmission Control Protocol), Protocolo de Transporte en Tiempo Real (RTP, Real-Time Transport Protocol) y el de transporte de control en tiempo real RTCP (Real-Time Control Protocol). Los protocolos UDP y TCP proveen las funciones básicas de transporte mientras que RTP y RTCP corren encima de estos.

2.3.1.1 Protocolo UDP/TCP

El protocolo de datagramas de usuario se utiliza a menudo para datos que son muy sensibles en el tiempo, en cambio TCP es utilizado para el transporte de datos como es el caso de internet. RTP soporta el transporte de datos en tiempo real, como el streaming de vídeo. Los protocolos UDP y TCP realizan las funciones de multiplexado, control de error o control de flujo. La televisión por protocolo de Internet (IPTV), utilizan UDP, porque TCP provoca demoras debido a que retransmite para recuperar el paquete descartado y controla la tasa de transmisión de acuerdo al nivel de congestión de la red. Dado que UDP no asegura la entrega, el receptor deberá confiar en la capa superior (RTP) para detectar las pérdidas de paquetes.

La característica común de UDP y TCP es que utilizan puertos lógicos para la comunicación de datos. Los puertos sirven como direcciones lógicas dentro de un dispositivo para protocolos de alto nivel y aplicaciones de usuario. Cuando un dispositivo remoto desea acceder a una aplicación específica en otro dispositivo, debe enviar datos a la dirección IP correcta y luego indicar a UDP o TCP para el que se destinan los datos.

2.3.1.2 Protocolo de Transporte en Tiempo Real (RTP)

Trabaja sobre UDP de forma que posee un checksum para detección de errores y la posibilidad de multiplexación de puertos. Se utiliza en aplicaciones en las que se deben transmitir los datos con baja latencia y para la transmisión de video multicast y unicast. Para ello se recurre a un doble direccionamiento mediante las direcciones IP y el número de puerto en UDP.

2.3.1.3 Protocolo de Control en Tiempo real (RTCP)

Es un protocolo de control diseñado para funcionar junto con RTP. Se basa en la transmisión periódica de paquetes de control por parte de todos los participantes de la sesión. En una sesión RTP, los participantes periódicamente envían paquetes RTCP para mantener la calidad de los datos y la información de los participantes de la sesión.

2.3.1.4 Protocolo Streaming en Tiempo Real (RTSP)

Trabaja en el nivel de aplicación controlando la entrega de datos. Para ello define la manera en la que se enviara la información entre el cliente y el servidor, ya que el contenido con el que se trabaja al hacer streaming, es muy sensible a la sincronía temporal. Así pues, se podría considerar que el RTSP actúa como un control remoto de red para los servidores multimedia.

2.3.2 Protocolos Multicast

Multicast envía una única copia de la información a los clientes que pidieron, permitiendo una reducción significativa en el uso de ancho de banda por parte de las aplicaciones. Para la gestión de IP multicast se utiliza el Protocolo de Gestión de un Grupo Multicast (IGMP, Internet Group Management Protocol). En IPTV el flujo de transporte de MPEG es encapsulado en multicast de ethernet. El bajo costo y la facilidad de operación en comparación con otras tecnologías de red hacen de ethernet una inversión más atractiva para las empresas.

El IP multicast es muy eficiente en la transmisión de contenidos multimedia para un conjunto dado de receptores, siendo ideal para transmisiones IPTV que están constituidas por un flujo de vídeo, uno o más flujos de audio, además de información adicional.

2.3.2.1 Protocolo de Gestión de un Grupo de Internet (IGMP, Internet Group Management Protocol)

Es un protocolo que opera en la capa tres del modelo OSI. Se implementa cuando el envío de datos a una dirección IP puede alcanzar múltiples servidores y a todos los dispositivos de una subred.

IGMP es usado entre los host y enrutadores locales. Cuando un miembro potencial desea unirse a un grupo multicast ha de enviar una petición de unión al router designado de su subred, el cual se encarga de extraer la información relevante y generar un mensaje de unión específico del protocolo de encaminamiento multicast.

2.4 Servicios y Aplicaciones que ofrece IPTV

2.4.1 Convergencia de Servicios

IPTV no es la única tecnología que está siendo usada para proporcionar la nueva generación de servicios multimedia, pero sí es la única que permite extraer todo el potencial de la convergencia entre la televisión tradicional, las telecomunicaciones y la informática.

La convergencia de servicios implica una convergencia de redes que es posible con la implementación de la tecnología (MPLS, Multiprotocol Label Switching) en el núcleo de la red ya que permite unificar la rapidez del reenvío del tráfico con las funciones de enrutamiento además de brindar calidad de servicio con la utilización de DiffServ, mejorando la transmisión y priorizando el tráfico de las aplicaciones de voz, datos y video.

2.4.2 Televisión Interactiva

Los usuarios son capaces de participar activamente con el contenido en sus pantallas de televisión. Por lo que se proporciona a los espectadores acceso a más información, comunicación, aplicaciones y la facilidad para responder. Para los consumidores, les permite ver cientos de canales, grabar simultáneamente material de TV y acceder a una gama de servicios de televisión interactiva, entre los cuales existen:

- **Guía Programación Electrónica (EPG, Electronic Program Guide).**- Es una visualización en pantalla que dice a los televidentes el tipo de contenido que está disponible en los canales.
- **Control Parental.**- El usuario puede bloquear el acceso a ciertos contenidos desde cualquier interfaz
- **Navegación IPTV y Correo electrónico IPTV.**- Esta aplicación facilita navegar por internet desde el televisor. Se utiliza el Set-Top-Box con acceso a internet.
- **Mensajería instantánea IPTV.**- El suscriptor podrá estar conectado a un grupo de mensajería instantánea, y cuando no esté conectado se guarda las comunicaciones para reenviárselas al momento que acceda de nuevo al servicio.
- **Identificador de llamadas para televisores.**- Se podrá tener un identificador interactivo de llamadas entrantes en la pantalla del televisor. Se podrá detener el programa y responderla, o bien desviar la llamada, enviarla al buzón de voz y reanudar el programa.
- **Comercio IPTV.**- Posibilita utilizar la televisión para lanzar aplicaciones para: compras, consultas y pagos de facturas/cuentas, votación, apuestas.
- **Publicidad IPTV.**- Se puede insertar anuncios de interés particular enfocado a ciertos sectores.

- **Integración de servicios de video y datos.**- Posibilita utilizar la televisión para lanzar nuevas aplicaciones mientras se ve la programación, aplicaciones para: compras, consultas y pagos de facturas, votación, apuestas.

2.4.3 Video Bajo Demanda (VoD)

Es un servicio que ofrece cualquier tipo de programación como series, películas, novelas, etc. que se encuentran disponibles para que el usuario acceda en el horario de su preferencia. El televidente puede reproducir, retroceder, pausar, hacer un avance rápido y saltar a una parte particular de un contenido

El sistema de VOD tiene tres componentes principales: el servidor de video, que almacena los programas y permite el acceso a ellos, la red que interconecta al suscriptor y el STB que funciona como la interfaz entre el equipo de TV y los servicios de VOD. A continuación se enumeran los tipos de servicios de VOD.

2.4.4 Registro de Video

En el registro de video digital, un disco duro necesita ser incorporado en el IP Set-Top Box para apoyar en la funcionalidad del DVR. La capacidad de seleccionar programas, grabar digitalmente y almacenar TV en vivo.

2.5 Arquitectura de IPTV

2.5.1 Cabecera

Es el elemento central de una infraestructura IPTV porque adquiere el contenido, lo almacena, lo prepara y lo distribuye a los suscriptores. Recibe todas las solicitudes de abonados y proporciona contenido al Set-Top Box. La función clave es modificar el contenido de video adquirido en flujos de video codificados MPEG y encapsulada en multicast IP.

La cabecera está formada por receptores satelitales, receptores de video, sistema de gestión de contenidos, servidores de flujo de video, pasarela, servidor de flujo de video cache, middleware, sistemas relacionados con

el negocio, servidor DHCP, servidor RADIUS, router multicast, utilidades de gestión de servicios IPTV y VoD.

El sistema de gestión de contenidos se encarga de autogestionar todo el ciclo de vida de los contenidos del proveedor. Desde la codificación online, la fijación de precios y el empaquetamiento, hasta la introducción de marketing en dichos contenidos. Desde el punto de vista de la seguridad, la cabecera almacena la parte más importante, y todos los esfuerzos deben ser tomados para asegurar que el acceso a la cabecera sea controlado, las comunicaciones dentro de la cabecera están autorizadas y los contenidos que entran son protegidos en todo momento.

2.5.2 Core de la Red

El núcleo interconecta la cabecera con la red de Distribución. Para cumplir con su función se basa en una red de fibra óptica combinando tecnologías Gigabit Ethernet, SONET/SDH, xWDM y OADM (multiplexores ópticos).

La Red Core está conformada por dos dispositivos:

- Un switch IP de capa 2 con soporte multicast, es decir, utiliza la capa 2 del modelo OSI y cuando recibe una petición almacena la MAC address y envía al puerto que corresponde.
- Un router IP, que se encarga de agregar los switch de capa 2 y debe ser capaz de soportar enrutamiento y multicast IP.
- El núcleo de la red puede utilizar cualquier tecnología, entre ellas MPLS. Cuando el núcleo de la red de transporte se basa en MPLS entonces definimos una red MPLS como la red de transporte.

2.5.3 Red MPLS

Aunque IP nunca fue diseñado originalmente con funciones tales como QoS y capacidades de segregación de tráfico, el protocolo funciona muy bien en estos ambientes cuando se combina con una tecnología llamada Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo (MPLS). La red MPLS soporta eficientemente el envío de tráfico de vídeo, voz y de paquetes IP. Es

decir permite el desarrollo de IPTV y permite crear circuitos virtuales de extremo a extremo a través de cualquier medio de transporte. Además se puede encapsular paquetes de diferentes protocolos de red, es decir es independiente del protocolo. MPLS pertenece a la familia de redes de paquetes conmutados.

2.5.3.1 Arquitectura de la Red MPLS [14]

En la arquitectura de la red MPLS se deben vincular los elementos participantes y que además deben cumplir un papel fundamental en el funcionamiento de la red. Los principales elementos se detallan a continuación. Ver Figura 3.

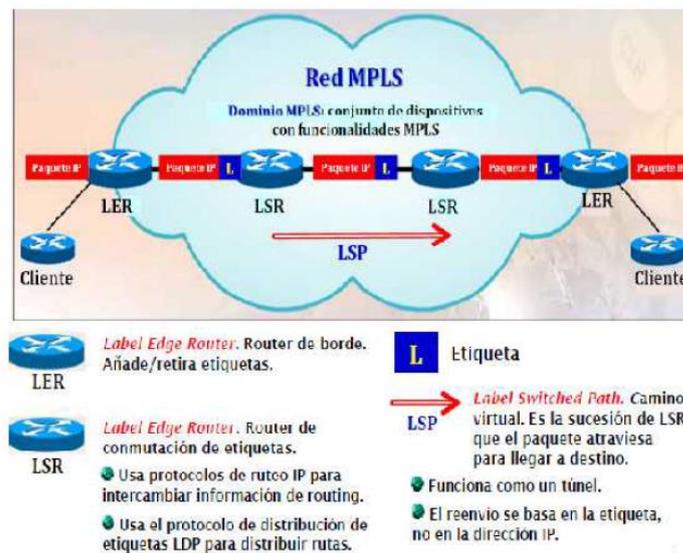


Figura 3. Elementos de la Red MPLS [15]

- **Router Conmutador de Etiquetas (LSR, Label Switch Router):** El router conmutador de etiquetas basa su funcionamiento de envío en el chequeo de la etiqueta que ha sido añadida a un paquete IP al ingresar al dominio MPLS. El LSR remueve la etiqueta y asigna otra para indicar el siguiente salto dentro de la red MPLS (Gavilanes L.M., 2007).
- **Router de Frontera de Etiquetas (LER, Label Edge Router):** Es un enrutador que se encuentra en la frontera de una red

MPLS. Se encarga de realizar y brindar funcionalidades de aplicaciones del cliente cuando esté conectado a la red de un proveedor MPLS. Estos enrutadores cumplen funciones ya sea para un dominio MPLS como para un Dominio no MPLS (Gavilanes L.M., 2007).

- **Clase Equivalente de Envío (FEC, Forwarding Equivalence Class):** La FEC se refiere a un subconjunto de paquetes IP que son tratados de la misma forma por un ruteador (sobre la misma ruta y con el mismo tratamiento de envío). Se puede decir que, en el enrutamiento convencional, cada paquete está asociada a un nuevo FEC en cada salto. (Jarrin, 2007)
- **Entrada de Envío de Etiqueta al Siguiente Salto (NHLFE, Next Hop Label Forwarding Entry):** Es una entrada a una tabla de envío en la que se indica la etiqueta del siguiente salto. Por lo tanto, cuando un paquete entra a una red MPLS, se le asigna un determinado FEC. (Salviat, 2005).

Funcionamiento. Una red MPLS es un conjunto de Routers Conmutadores de Etiquetas (LSRs) que tienen la capacidad de conmutar y rutear paquetes en base a la etiqueta que se ha añadido a cada paquete.

Cada etiqueta define un flujo de paquetes entre dos puntos finales. Cada flujo es diferente y es llamado Clase de Equivalencia de Reenvío (FEC), así como también cada flujo tiene un camino específico a través de los LSR de la red, es por eso que se dice que la tecnología MPLS es “orientada a conexión”.

Etiquetas. La etiqueta en MPLS es un identificador de longitud corta y constante que ese emplea para identificar una clase de envío equivalente (FEC), normalmente con carácter local. La etiqueta indica el camino que un paquete IP etiquetado debe seguir hasta alcanzar su destino. En TCP/IP la etiqueta esta empaquetada en la cabecera MPLS.

Aplicaciones. MPLS ha dado origen a una serie de aplicaciones como las Redes Privadas Virtuales, Manejo de Clase de Servicio e Ingeniería de Tráfico. Esta última definida como una disciplina que utiliza los recursos de la red una manera fiable y económica mediante principios científicos de medición, caracterización, modelado y control de tráfico que circula por la red para optimizar el rendimiento de redes operativas; además, permite implementar Calidad de Servicio y Clase de Servicio.

Con estas aplicaciones los proveedores proveen un servicio de nivel estable (SLA, Service Level Agreements) en el ancho de banda, el retardo y jitter.

2.5.4 Red de Acceso

Es el enlace entre la red MPLS y la red del usuario, es decir, dicha red termina donde comienza el equipo del usuario. Esta red tiene varios elementos que suministran los contenidos a pedido del usuario.

Esta red debe proveer y administrar los recursos como ancho de banda de forma eficiente porque debe llevar los contenidos multimedia hasta el usuario y atender las peticiones de éste por el canal de retorno.

2.5.4.1 Acceso WLAN con IP Nativo

La tecnología de red de área local inalámbrica (WLAN, Wireless Local Area Network) con IP nativo ha encontrado camino como red de acceso, particularmente porque es de bajo costo y hay una amplia disponibilidad de equipos terminales. El espectro de radio científico, médico e industrial (ISM), donde típicamente funciona WLAN es también libre licencia. La red WLAN con IP nativo en la mayoría de los casos es usada por los Proveedores de Servicio de Internet por vía Inalámbrica (WISP, Wireless Internet Service Provider)

Dentro de las mejoras de WLAN con IP nativo es la adaptación de la tecnología de radio antena MIMO, que mejora la eficiencia de la

interfaz aire. La unión de canales también permite mejorar el uso del espectro no licenciado en las bandas ISM. Como resultado, la velocidad máxima en bruto ha aumentado de 11 Mbps a 110Mbps. Sin embargo, en la práctica las velocidades típicas de servicio que los usuarios experimentan pueden ser considerablemente menores, y otros problemas tales como la interferencia de frecuencia de otros aparatos lo que degrada la experiencia, continúan causando un impacto.

Se puede utilizar un controlador WLAN para configurar de forma completamente automática los puntos de acceso de la red inalámbrica, aunque se encuentren en ubicaciones remotas. De este modo es posible garantizar unos estándares de seguridad uniformes en todos los emplazamientos de la empresa y supervisarlos las 24 horas del día.

Cuando se configuran los puntos de acceso, un ajuste determina si el controlador se va a encargar de gestionarlos de forma centralizada o si cada punto de acceso va a funcionar de manera independiente. No hay necesidad de ninguna variante de firmware o hardware especial.

2.5.5 Red de Usuario

También llamada red residencial. Está formada por los cables y demás elementos del interior de cada domicilio del usuario. Cada dispositivo que desee acceder a las aplicaciones debe estar conectado (sea por red cableada o inalámbrica) al Gateway residencial, el cuál actuará de puente entre la red de acceso y la residencial.

Puede haber varios set-top box conectados al switch, pudiendo, por tanto, ver IPTV en varios televisores simultáneamente. Además se puede tener una red inalámbrica para servicios de voz IP y datos. El set-top box debe estar utilizando la VLAN (Virtual Area Network) correspondiente a los servicios de VoD e IPTV.

Los dispositivos que por lo general encontramos en esta red son: los Set Top Box (STB), los computadores personales (portátiles o de escritorio), SmartTV, SmartPhones, PDA (personal Digital Assistant), Punto de Acceso inalámbrico, Conmutador (Switch).

2.5.5.1 Set Top Box

El Set-Top-Box (STB) de IPTV es un equipo de comunicación IP que al ser habilitado por un cliente de Acceso Condicional de IPTV es capaz de recibir, decodificar y descifrar las señales de video encapsuladas en IP por la cabecera a señales compatibles y visibles en el televisor convencional. También permite a las compañías proveedoras de servicio de televisión la habilidad de juntar otros servicios de banda ancha en una única plataforma.

Algunos de los atributos de Set-Top-Box se detallan a continuación:

- **Portabilidad.-** son lo suficientemente pequeñas como para ser transportables por una persona promedio.
- **Facilidad de uso.-** Son bastante simples de usar y no requieren entrenamiento especial, más allá de un manual de instrucciones.
- **Asequible para la mayoría.-** Son lo suficientemente económicos como para ser asequibles por el hogar medio.
- **Fácilmente controlable.-** Los controles remotos o los teclados inalámbricos son normalmente utilizados para emitir comandos al decodificador.
- **Soporta servicios de datos bidireccionales.-** Un canal de retorno o ruta de retorno está integrado en algunos modelos de decodificadores para facilitar las comunicaciones al servicio de red proveedor.

- **Compatibilidad con aplicaciones de TV interactivas.-** permiten el ofreciendo servicios tales como TV interactiva y juegos multijugador.
- **Capacidades de red doméstica.-** Muchas de las set-top boxes modernas, interfaces que permiten la comunicación en tiempo real con dispositivos como DVDs, cámaras digitales y servidores de música

2.5.5.2 Home Gateway

Un Gateway Residencial se ubica entre la red de acceso de banda ancha IP y la red residencial. Permite múltiples dispositivos digitales en un hogar para poder compartir una sola conexión IP. Los Gateway residenciales son capaces de encaminar servicios IPTV a televisores digitales, pantallas planas y dispositivos móviles.

Básicamente un Gateway residencial contiene 3 componentes: Módem digital, chipset de red y software relevante. Esto permite sea capaz de soportar una gran variedad de diferentes módems que proveen conectividad a redes de acceso de banda ancha.

2.6 Calidad de Servicio

Calidad de Servicio es un conjunto de mecanismos que priorizan el tráfico de unos servicios de IPTV sobre otros. Así que permite el manejo rápido de aplicaciones como el video. En este sentido mejora el rendimiento de la red.

Dichos mecanismos se pueden implementar en diferentes niveles. Por ejemplo, a nivel de red, con políticas para la gestión de tráfico, tales como el almacenamiento en buffers o la diferenciación de servicios y el manejo de prioridades en los dispositivos de red; a nivel de transporte, con la ocultación de pérdida de paquetes y la aplicación de Forward Error Correction (FEC) (Álvarez, M. & González, A. (2009).

Entre los parámetros que se debe controlar para garantizar QoS se tiene la disponibilidad del canal, el tiempo de inicio del visionado, retardos y fallos en el

cambio de canal. Por tanto se debe gestionar una serie de métricas al momento de la transmisión de audio y video; para el video se mide el jitter, el retardo, bit rate constante, periodo de pérdida, intervalo de pérdida, la probabilidad de pérdida de paquetes IP promedio, la probabilidad de errores del canal, etcétera. Para la voz se incluye el ratio de pérdida de paquetes de voz, el jitter, el retardo y otros.

El usuario espera una calidad de servicio que ya experimentó con la televisión convencional independiente de la tecnología que se utilice. Para garantizar QoS, se ofrecen servicios diferenciados para los usuarios (tráfico de bajada); y se monitoriza el tráfico de usuario (tráfico de subida), de forma que se pueda controlar el acceso. La calidad de servicio no depende de subjetividad humana.

Existen diferentes niveles de calidad de servicio:

- **Máximo Esfuerzo o Best effort:** Es una conexión básica, que no garantiza la entrega de los paquetes en caso de congestión.
- **Servicios diferenciados:** En este modelo los enrutadores hacen un reparto de los recursos de la red con base en la clasificación de los paquetes, dándole a cada tipo de tráfico un nivel de prioridad con el que serán procesados en cada enrutador donde se configure QoS. Es típicamente usado en grandes redes.
- **Servicios integrados.** Este tipo calidad de servicio garantiza que el servicio tendrá un ancho de banda reservado para el flujo del tráfico.
- **El modelo de servicios garantizados o integrados reserva de recursos para un tipo de tráfico específico.** En este modelo, se realiza una petición de reserva de recursos en los enrutadores de la red antes de enviar los datos de la aplicación. La petición se hace mediante una señalización explícita, donde se informa las características del tráfico y se pide un ancho de banda determinado que pueda satisfacer sus requerimientos.
- **La calidad de la experiencia y calidad de servicio están interconectados.** Puesto que dada una QoS es posible estimar la calidad de la experiencia que experimenta el usuario.

2.6.1 Calidad de Experiencia

La calidad de la experiencia (QoE) del usuario es un indicador que cuantifica el funcionamiento del servicio de Televisión Digital de forma subjetiva. Afecta directamente en lo que el usuario percibe en recepción como el pixelado, congelación de la imagen, anulación de audio, desfase entre el video y el audio. La calidad de experiencia, en inglés Quality of Experience (QoE), se define como la aceptación general de una aplicación o servicio, tal y como se percibe subjetivamente por el usuario final; esta se mide desde dos enfoques: el objetivo, que se logra por medio de parámetros que determinan el grado de satisfacción de un usuario (Quality of Service, QoS); y el subjetivo, con el indicador mean opinion score (MOS) que mide las expectativas, actitud y motivación del usuario [25].

QoE indica el grado de aceptación que percibe el usuario de los servicios y aplicaciones de IPTV. Se mide al registrar los efectos del sistema: en el servicio, en el camino a través de infraestructura y en la aplicación terminal y cliente.

La calidad de la experiencia puede ser influenciada por las expectativas del usuario y el contexto. Ejemplo: La compra de un televisor LED vista en la tienda con la señal de televisión de alta definición sin compresión y ver en casa la señal de televisión de alta definición de un proveedor de satélite con un alto grado de compresión.

Los factores que definen la calidad de la experiencia:

Factores objetivos:

- Calidad de servicio.
- Factores de servicio.
- Factores de transporte.
- Factores de aplicación.
- Factores de recepción y reproducción.

Factores subjetivos:

- Componentes humanos.
- Emociones.
- Costo.
- Expectativa.
- Convulsiones.
- Experiencia de vida.

Los puntos claves para tener una QoE satisfactoria son:

- **Calidad de la Fuente:** La Fuente con contenido degradado dará como resultado baja QoE.
- **La calidad de los codificadores de audio y video,** si los codificadores introducen errores de codificación se deteriorará la señal recuperada.
- **Resolución:** la calidad del vídeo depende directamente de la resolución empleada. Mejorar la resolución no da como resultado la mejora en la resolución de la imagen.
- **Velocidad de transmisión:** velocidades de transmisión muy bajas pueden requerir vídeo de alta compresión, causando distorsiones. El uso de velocidad de bits constante para presentar fuentes de vídeo, que son naturalmente de velocidad de bits variable.

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE AUDIO Y VIDEO CON TECNOLOGÍA IPTV SOBRE UNA RED WLAN DEL CANTON GENERAL VILLAMIL PLAYAS

3.1 Estudio Preliminar del WISP

El estudio preliminar, se centró en realizar varias visitas a la zona en la que se encuentra implementada un Nodo Central de WISP brindando el servicio de Internet, en donde se recogió datos como los siguientes:

- **Ubicación del Nodo Central:** El Nodo Central se sitúa en el Edificio llamado Carabelas de Colón sector de Victoria en el Malecón de General Villamil donde se encuentra un radio enlace con una línea de vista sin obstáculos por ser la más elevada del sector y tener un edificio de 12 pisos con terraza para establecer el Nodo. Ver figura 4.



Figura 4. Ubicación del WISP

- **Geografía del Terreno (elevación):** Con la visita al sitio las Carabelas de Colón y la ayuda de la aplicación para móvil llamada “Mapa de Coordenadas” se observa que la elevación de la torre del nodo principal describe una altura geográfica de 65 m s. n. m.

- **Coordenadas del Lugar:** Se utilizó la herramienta “Mapa de Coordenadas” para obtener las coordenadas geográficas del nodo principal, que se especifican en la Tabla 8.

LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
Sector La Victoria Malecón de Playas Villamil Edificio Carabelas de Colón	2° 38'16.20"S	80° 24'1.48" 0	65ms.n.m.

Tabla 8. Coordenadas del WISP

Según lo observado en el nodo principal, la red física se divide en los siguientes módulos: acceso, distribución y salida a internet.

- **Módulo de Acceso:** Este módulo permite que los suscriptores accedan al servicio de internet. Los equipos de este módulo son los cambium network ePMP1000 y Force 180. Los ePMP1000 funcionan como AP y los Force 180 como suscriptores en la topología de red Punto Multipunto.
- **Módulo de Distribución:** El módulo de distribución es el encargado de enrutar el tráfico de toda la red, originado por los diferentes clientes que han accedido al WISP, y que se le asignado una dirección IP. Mediante este módulo se conecta la red de acceso al internet.

Los equipos que se utiliza para este módulo son:

ZyXEL ZyWALL USG 200: El USG200 Security Gateway Firewall Unificado mostrado en la Figura 5 tiene 7 puertos Gigabit ZyXEL proporciona a las pequeñas empresas con la inspección en tiempo real y protección de la red de múltiples capas para proteger sus redes de amenazas sin sacrificar el rendimiento. Este portal contiene alta disponibilidad, Stateful Packet Inspection (SPI), Anti-Virus (AV), detección y prevención de intrusiones (IDP), filtrado de contenidos, anti-spam y VPN (IPSec / SSL / L2TP) características. Además, el firewall USG 200 ofrece licencia de seguridad completa y garantiza continuas actualizaciones de firmware para ahorrar costes. La incorporación de características de seguridad en los dispositivos conectados, los USG 200 salvaguardias firewall del cliente y la compañía registros de su organización, la

propiedad intelectual, así como los recursos críticos de las amenazas externas e internas.



Figura 5. ZyXEL ZyWALL USG 200

Zyxel USG110: Es un dispositivo diseñado para que las pequeñas empresas proporcionen inspección en tiempo real y una capa de protección multicapa para evitar que la red se vea amenazada. La Figura 6 muestra este router con puertos de banda ancha que se adaptan rápidamente a las necesidades de los usuarios de la red global de redes sociales. Incorpora funciones de protección antivirus (SPI) Firewall, Anti-Virus (AV), detección y prevención de intrusiones (IDP), filtrado de contenido, antispam y VPN (IPSec / SSL / L2TP).



Figura 6. Zyxel USG110

Switch ZyXEL GS1900 -24: Es un Switch con velocidad Gigabit y funciones de administración, brindan a su red empresarial más flexibilidad y conectividad. La Figura 7 muestra este modelo que tiene 24 puertos, suministra conmutadores GbE con funciones de ahorro de energía, con IPv4 e IPv6 garantiza que su red esté lista para expansiones futuras. Soporta el protocolo IGMP snooping. Permite la administración de tráfico y ofrecer calidad de servicio. Es PoE y cumple con la norma IEEE 802.3at Power over Ethernet (PoE) Plus.



Figura 7. Switch ZyXEL GS1900 -24

Salida al Internet: Los proveedores del servicio de internet que la empresa ISP contrata son CLARO y TELCONET, los mismos utilizan enlaces microondas como medio de transmisión.

3.1.1 Red WLAN con IP Nativo

La red WLAN elegida se describe en la Figura 8, en la misma se especifica el nodo principal, 3 nodos de acceso con varios AP (Access Points, Puntos de Acceso) y 4 enlaces dedicados. Esta topología logra una total cobertura del cantón Playas y sus alrededores.

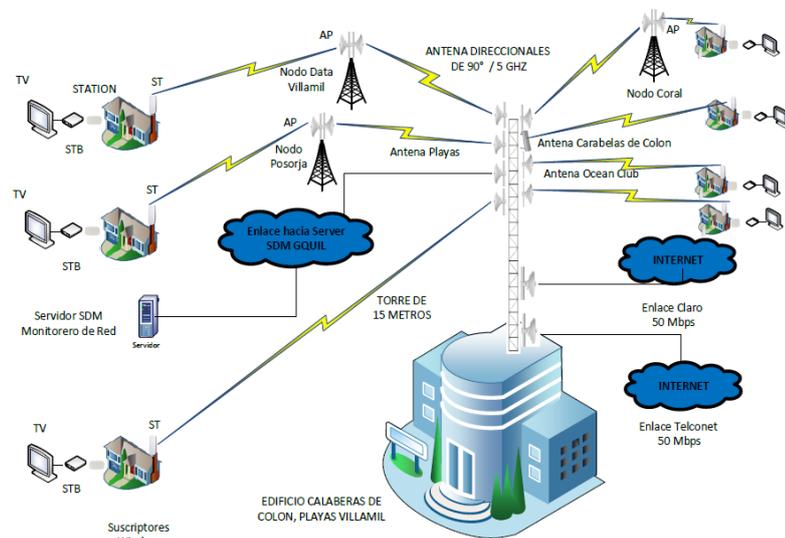


Figura 8. Red WLAN con IP Nativo

3.1.1.1 Topología de la Red de Acceso

La Infraestructura de la red de acceso tiene una topología denominada estrella puesto que el nodo principal tiene el punto de acceso al internet el cual servirá para la conexión a internet de los demás AP'S, esto permite una rápida y mejor cobertura ya que conecta a varios nodos de acceso hacia el nodo principal, esto permite que el cliente más alejado esté conectado el nodo central.

Los nodos de acceso al igual que el nodo principal utilizan una antena sectorial y los clientes en cambio tiene instalados antenas

direccionales que apuntaran al nodo central o nodo de acceso. Este escenario se lo denomina sistema punto multipunto

3.1.1.2 Características de Equipamiento

Los Equipos que operan la red de acceso son los ePMP1000 y los ePMP Force 180 los mismos que tiene las siguientes características:

ePMP Force 180: Este equipo inalámbrico de la marca cambium network pertenece a la segunda generación de radio ePMP integrada. Con 2x2 MIMO en la banda de 5 GHz, con capacidad de 200+ Mbps y con antena integrada de 16 dBi, puede ser utilizado como CPE, como punto de acceso (sin sincronismo) o como PTP. Ver Figura 9.



Figura 9. ePMP Force 180

Funcionalidades Principales:

- Ganancia superior. 16 dBi en comparación con 13 dBi.
- Puerto Gigabit Ethernet.
- Herraje con inclinación incluida.
- Compatibilidad con PoE Cambium y POE estándar para facilitar la migración de las redes a ePMP.

ePMP 1000: Es una radio 2x2 MIMO en la banda de 5 GHz, con capacidad de 150Mbps y conectorizado para usar una antena

externa. Se puede usar como CPE, como AP (sin sincronismo) o como PTP. Ver Figura 10.



Figura 10. ePMP 1000

Características:

- Tiene dos conectores hembra RP-SMA para antena externa ubicados en la parte superior del equipo.
- Tiene interfaces de red primario y auxiliar.
- Tiene unos indicadores de señal que indican el nivel de señal a ruido.

3.1.1.3 Capacidad y Cobertura de Equipamiento

La Cobertura del punto de acceso con antena sectorial es de 120° con un alcance de 3Km hasta el cliente, para que tenga un nivel de S/N (Signal to Noise, Señal a Ruido) igual o superior a los -55 dB y una tasa de transmisión superior a los 70 Mbps. Esto da la confiabilidad de inyectar el servicio de audio y video.

Los equipos ePMP1100 ubicados en el nodo principal y en los nodos de acceso ubicados en puntos geográficos con una alta elevación dan cobertura a la población de Playas, Posorja y sus alrededores.

En la Figura 11 se puede observar la Cobertura del Equipamiento actual del WISP.

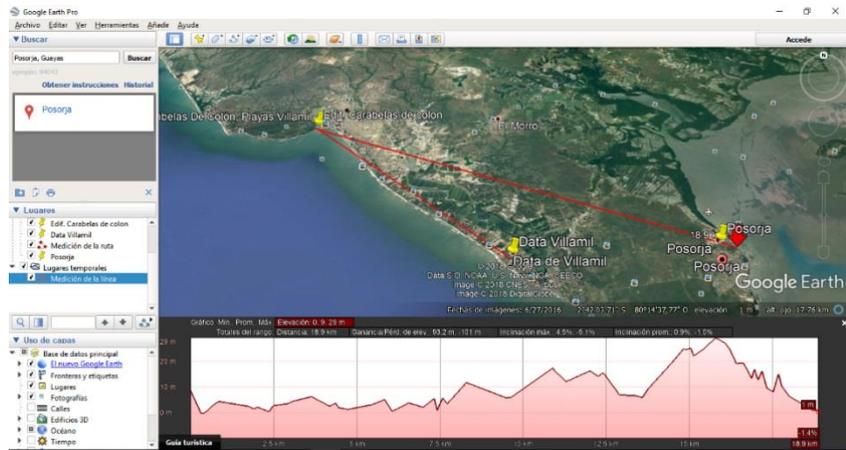


Figura 11. Cobertura del WISP

La capacidad máxima de cada Punto de Accesos ePMP1000 es de aproximadamente 120 clientes conectados al servicio de internet. Actualmente el WISP tiene un promedio de 70 clientes repartidos por toda la red WLAN. Estos clientes tienen el servicio de internet.

3.1.2 Servidores Streaming

La empresa CELERITEL no tiene implementado ningún tipo de servidor que inyecte la señal de televisión a la red local inalámbrica. Por lo tanto se intenta simular un servidor streaming basado en una arquitectura servidor-cliente. Un servidor con tecnología de streaming retransmite o transmite por secuencias la información que le llega de la fuente, al otro extremo está el usuario que recibe y visualiza la señal, independiente si la información se haya descargado por completo.

Con fines probatorios, se simula el servidor streaming y el cliente con el software gratuito VLC Player Versión 3.0 tanto para transmitir y recibir señal de audio y video respectivamente en modo multicast, es decir ofrece la difusión del mismo contenido desde el servidor a un grupo de clientes.

3.1.2.1 Servidores de Contenido

El servidor streaming provee de contenidos a los clientes de CELERITEL. Estos contenidos llegan en diferentes formatos que el Servidor debe procesar en un formato que el usuario pueda receptar con la mayor rapidez posible. Por lo que se requiere un servidor de streaming de alto rendimiento que pueda adaptarse para satisfacer la demanda y ofrecer la mejor calidad de visionado posible en todas las redes y dispositivos. Como contenidos para la simulación se busca utilizar archivos de audio y video en los formatos que soporta el programa VLC.

3.1.2.2 Sistema Operativo

El servidor streaming simulado en la aplicación VLC Player Versión 3.0 funciona sobre una computadora con El Sistema Operativo Windows 10 de 32 Bits como. Esta plataforma es de fácil uso y personalizable. Entre los requisitos mínimos de hardware para instalar Windows 10 tenemos: Procesador 1000MHz o Superior, 4 GB de RAM y 20GB Disco Duro.

3.1.2.3 Capacidad y Contenidos

Posee la Capacidad para reproducir contenidos locales a través de distintos protocolos de red (SMB, FTP, SFTP, NFS), soporte de códecs de 12 bits de color y HDR, soporte de vídeos 4K con HDR o de vídeos 8K, vídeos en 360 grados, audio 3D, audio Ambisonics con más de 8 canales de audio.

Entre los archivos capaces de leer tenemos :UDP/RTP unicast o multicast, HTTP, FTP, MMS, RTSP, RTMP, DVD, VCD, SVCD, CD Audio, DVB, Video acquisition (a través de V4l y DirectShow), fuentes RSS/Atom y archivos almacenados en su computadora.

Los Formatos de audio y video embebidos soportados son: ASF, AVI, FLV,10 MP4, Ogg, Wav, MPEG-2 (ES, PS, TS, PVA, MP3),

MPJPEG, FLAC y MOV. Los Formatos de Streaming soportados son: UDP, HTTP, RTP, RTSP, MMS y File.

3.2 Servidores VoD (Video on Demand)

Los Servidores VoD de NetUP, son una plataforma estándar de la industria que sirven para cargar, guardar, codificar, gestionar y distribuir contenidos en redes IP a petición. La Tecnología VoD se utiliza en muchos servicios de alojamiento de video como YouTube, Netflix, etc. La marca NetUP permite integrar este servicio dentro de una solución multiservicios como la serie NetUP IPTV Combine 16x

3.2.1 Tipos de Contenidos

Entre los Tipos de Contenidos que el servidor VoD almacena para ofrecer a los clientes están:

- Serie y Películas
- Música y Video.
- Juegos y Encuesta.

Todos los contenidos son adquiridos a Proveedores en diferentes formatos. EL Servidor VoD de Net UP soporta los principales formatos estándar en los que vienen los contenidos más demandados.

3.2.2 Especificaciones Técnicas

El servidor VoD de la marca NetUP tiene las siguientes características técnicas:

- Soporta más de 100 flujos concurrentes no encriptados en una tasa de compresión MPEG-2 de 4 Mbps por flujo.
- Soporta modo de transmisión multicast y unicast
- Las películas son almacenadas en un flujo de transporte MPEG-2 o MPEG-4 AVC.
- Soporta los estándares SD y HD. El contenido puede ser cargado vía ftp.

- Adicionalmente se encarga del control de acceso, manejo de requisiciones, entrega de información y encriptación de la misma.

3.2.3 Requerimientos Técnicos

Para que un Servidor VoD opere correctamente requiere:

- Un ancho de banda acorde al número de clientes que queramos soportar y la calidad de los videos a servir.
- Un Sistema operativo base bajo la Distribución GNU/Linux capaz de ejecutar el programario requerido, y que tenga todos los servicios necesarios para su correcta ejecución.
- Un Servidor Web, con módulos de PHP y módulo Python.
- Un servidor MySQL como sistema de gestión de base de datos.
- Tiempos de respuesta mínimo a las operaciones realizadas por el usuario del sistema como reproducir, parar, avanzar.
- Bajas perdidas en los paquetes que permita asegurar una perfecta sincronización entre servidor y cliente. Esto permite maximizar la calidad de la imagen y el audio.

3.3 Puntos de Acceso que soporten la transmisión de audio y video

Los equipos utilizados son de la marca Cambium Networks y modelo ePMP1000 configurados como puntos de acceso. Estos proporcionan cobertura estable a través de grandes áreas de servicio y mejora la infraestructura existente para dar una conectividad fiable de banda ancha de alta calidad que puede ser desplegado rápidamente. El ePMP 1000 soporta un impresionante rendimiento de más de 200 Mbps para ofrecer servicios de gran ancho de banda, tales como voz sobre IP, video y datos a los usuarios finales. El ePMP está optimizado para aplicaciones outdoor, ofreciendo conectividad de hasta 20,8 km (13 millas) por módulo con un eficiente radio PTP y PMP integrado.

Beneficios

- **Calidad de Servicio (QoS):** ePMP1000 proporciona QoS superiores con tres niveles de soporte para VoIP, datos de alta velocidad y servicios de vídeo. La función Auto VoIP en la interfaz gráfica de usuario permite la

priorización automática de la voz, la entrega de un sonido claro y sin interrupciones. Priorización asegura el máximo rendimiento, ofreciendo una alta calidad de datos y la protección contra el discurso confuso y transmisiones de vídeo entrecortado.

- **Seguridad:** Asegura la integridad de la información crítica y ayuda a defenderse contra ataques cibernéticos. Nuestro cifrado AES de 128 bits, la configuración del firewall L2 y L3 y anti-clonación mecanismos de software soporta los numerosos requisitos de seguridad de los datos.

3.3.1 Descripción de los Puntos de Acceso

El punto de acceso se compone por el radio ePMP 1000 y una antena externa tipo sectorial. En la Tabla 9 y 10 se indica sus principales características técnicas:

ESPECIFICACION	DESCRIPCION
Rango de frecuencia	4.9Ghz hasta 5.97Ghz
Ganancia	18dBi
Azimuth- ancho de haz de 6 dB	120 Grados
Polarización	Horizontal y Vertical
Potencia máxima de entrada	5W
Impedancia de Entrada	50 ohm
Conectores de Montaje	2 x RP SMA
Relación delante hacia Atrás	35 dB
Ambientes	IP65
Hardware de Montaje	Incluye un hardware en la parte posterior para conectar un radio ePMP.
Peso	Solo antena:4kg, antena con radio:6,6Kg.
Temperatura de Operación	-40 °C hasta 60 °C

Tabla 9. Características Técnicas de la Antena Sectorial

3.3.2 Estándares Internacionales

Los equipos ePMP 1000 no operan bajo el estándar internacional IEEE 802.11n, porque se modifica la técnica de acceso al medio CDMA/CA utilizada por el WI-FI, ya que esta técnica presenta algunos

inconvenientes para el balance de los enlaces. Por ello los fabricantes de equipos Wi-Fi para exteriores como Cambium Network fabricaron una línea de productos que tienen circuitos Wi-Fi pero que opcionalmente pueden reemplazar la capa MAC del estándar por una MAC TDMA50 libre de colisiones.

Por ello los equipos del modelo PMP otorga una tasa teórica superior a los 200Mbps, aprovecha la propagación por multitrayectoria mediante el concepto MIMO (Multiple Input Multiple Output, Múltiples Entradas Múltiples Salidas), esto implica utilizar varios transmisores y múltiples receptores para aumentar la tasa de transferencia, el alcance y su rendimiento.

ESPECTRO	
Espacio de Canal	Incrementos de 5Mhz
Rango de Frecuencia	5150-5970 Mhz
Ancho de Canal	20Mhz-40Mhz
INTERFAZ	
Capa Física	2x2MIMO/OFDM
Interfaz Ethernet	100BaseT
Protocolos usados	IPv4, UDP, TCP, IP, ICMP, SNMPv2c, HTTPs, STP, SSH, IGMP Snooping.
VLAN	802.1Q
RENDIMIENTO	
ARQ	Yes
Sensibilidad Nominal en Recepción (canal de 20 Mhz)	MCS0=-93dBm hasta MCS15=-69dBm
Niveles de Modulación	MCS0(BPSK) hasta MCS15(64QAM 5/6)
Calidad de Servicio	Tres niveles de prioridad (Voz, alto, bajo)
Presupuesto de Enlace	
Rango de Potencia de Transmisión	-17 hasta +30 dBm (intervalo de 1dB)
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Conexión de la Antena	50 ohm, RP (Reverse polarity, Polaridad Inversa) SMA (2)
Temperatura	-30°C hasta +60°C
Consumo de Potencia	7 W máximo, 5 W normal
Voltaje de entrada	10V hasta 30V
Seguridad	
Encriptación	128-bit AES (MODO CCMP)

Tabla 10. Características Técnicas del Radio ePMP 1000

3.3.3 Descripción de los Parámetros que permiten la Transmisión de Video

Para la correcta transmisión de streaming utilizando equipos ePMP 1000 se debe considerar los siguientes parámetros:

- **Prioridad de Tráfico.-** Permite dar prioridad al tráfico multicast sobre otros tipos de tráfico. Esto se habilita en la pestaña de configuración en el submenú Calidad de servicio y se habilita la opción Prioridad de Tráfico.
- **Prioridad de Multicast.-** Esta funcionalidad hace que se detecte todo el tráfico multicast en el puerto Ethernet y se coloque con prioridad alta en la cola de tráfico, con esto se le indica que se transmita en el aire con la mejor modulación antes que el tráfico de baja prioridad hacia el Suscriptor. Esto se configura en el la pestaña de Configuración, submenú Calidad de servicio y se selecciona alto en la opción Prioridad Multicast.
- **Multicast Confiable.-** Con el Multicast Confiable se restringe la transmisión de multicast solo aquellos clientes que lo requieran, usando el Sistema de Codificación y Modulación más óptimo (MCS, Modulation and Codification Scheme), reduciendo el consumo de ancho de banda. Esta característica asegura la entrega confiable de paquetes en todas las condiciones. Esto se debe a que tanto el Punto de Acceso como el Suscriptor operan con el protocolo IGMP Snooping.
Cuando se deshabilita esta funcionalidad, el AP envía tráfico multicast usando MCS 1 a todos los Módulos Suscriptores(SM, Suscriptor Module)
La funcionalidad Multicast confiable sólo se utiliza cuando los usuarios envíen peticiones de unión IGMP hacia el SM.
Esta funcionalidad se la habilita en el submenú Broadcast/Multicast Traffic Shaping en la Opción Multicast Confiable.
- **IGMP V3.-** Permite escuchar el tráfico de la red entre el suscriptor y el servidor IPTV. Al escuchar estas conversaciones, el sistema mantiene

un mapa de cuales enlaces inalámbricos necesitan transmitir flujos IP multicast.

El sistema usa la mejor velocidad para enviar de datos en multicast para cada suscriptor y usa retransmisiones inteligentes para una confiabilidad adicional.

También tiene un modo especial para fijar la tasa de datos de los paquetes multicast para enviar un flujo a la vez a todos los suscriptores. En este modo, un cliente puede configurar un número fijo para la retransmisión de paquetes.

3.4 Equipos Suscriptores que Soporten la Recepción de audio y video

Los equipos que van a recibir la señal del AP son los ePMP Force 180.

3.4.1 Características

El equipo ePMP Force 180 es la segunda generación de los Módulos de Radio Integrado ePMP. La Tabla 11 describe sus especificaciones.

3.4.2 Esquemas de Conexiones

Los equipos que tiene el WISP están conectados como lo describe Figura 12. Conectamos a la red doméstica (Switch) a un puerto de la Fuente del Ethernet del PoE y el otro puerto a la Antena del Módulo Suscriptor ePMP Force 180. Desde allí se enlaza vía Radiofrecuencia al Módulo de Radio AP ePMP 1000, conectamos a un puerto de la fuente PoE y el otro puerto Ethernet aquí a la Computadora del Nodo.

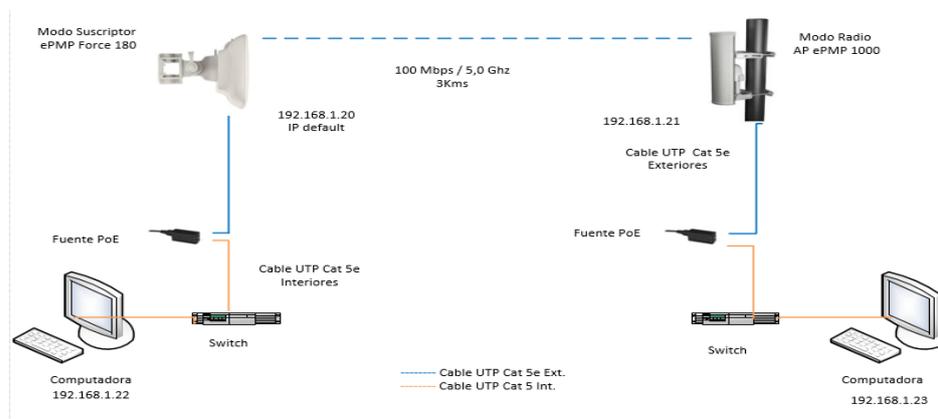


Figura 12. Esquema de Conexiones

Espectro	
Espacio de Canal	Incrementos de 5Mhz
Rango de Frecuencia	4910-5970 Mhz
Ancho de Canal	5 10 20 40 Mhz
Interfaz	
Capa MAC	Propietario CAMBIUM
Capa Física	2x2MIMO/OFDM
Interfaz Ethernet	10/100/1000BaseT
Protocolos usados	IPv4, UDP, TCP, IP, ICMP, SNMPv2c, HTTPs, STP, SSH, IGMP Snooping.
VLAN	802.1Q
Rendimiento	
ARQ	Yes
Sensibilidad Nominal en Recepción (canal de 20 Mhz)	MCS0=-93dBm hasta MCS15=-72dBm
Sensibilidad Nominal en Recepción (canal de 40 Mhz)	MCS0=-90dBm hasta MCS15=-69dBm
Niveles de Modulación(Adaptativa)	MCS0(BPSK) hasta MCS15(64QAM 5/6)
Calidad de Servicio	Tres niveles de prioridad (Voz, alto, bajo)
Presupuesto de Enlace	
Rango de Potencia de Transmisión	-17 hasta +30 dBm (intervalo de 1dB)
Ganancia de la Antena Integrada	16 dBi
Potencia Transmitida Máxima	30 dBm
Características Físicas	
Conexión de la Antena	Antena Integrada
Temperatura	-30°C hasta +60°C
Consumo de Potencia	10 W máximo, 5 W normal
Voltaje de entrada	10V hasta 30V
Seguridad	
Encriptación	128-bit AES (MODO CCMP)
Parámetro	Especificación
Ancho de Haz a 3dB en Azimut	15°
Ancho de Haz en Elevación	30°
Polarización	Lineal doble (H/V)
Aislamiento Delante Atrás	Mayor 20 dB
Polarización Cruzada	15dB

Tabla 11. Características Técnicas del Radio ePMP 180

3.4.3 Parámetros Indicadores de la Calidad del Servicio

La calidad de Servicio en los Equipos Cambium ePMP se aplica únicamente al tráfico que ingresa al puerto Ethernet del dispositivo y sale de la interfaz de radio del dispositivo a través del enlace de radio.

Los dispositivos ePMP 1000 que hace la función de Punto de acceso dan QoS para datos asignando una alta y baja prioridad que ingresan al puerto Ethernet y salen del dispositivo a través del enlace descendente de la radio.

El Módulo suscriptor ePMP Force 180 ofrece QoS para datos de alta y baja prioridad que ingresan al puerto Ethernet y salen del dispositivo a través del enlace ascendente de la radio.

3.5 Análisis y Resultados

Las pruebas que se realiza en el presente proyecto es transmitir y recibir video, mediante la aplicación VLC. Los equipos radio, terminales y de comunicación se conectaron bajo el diagrama de red de la Figura 13.

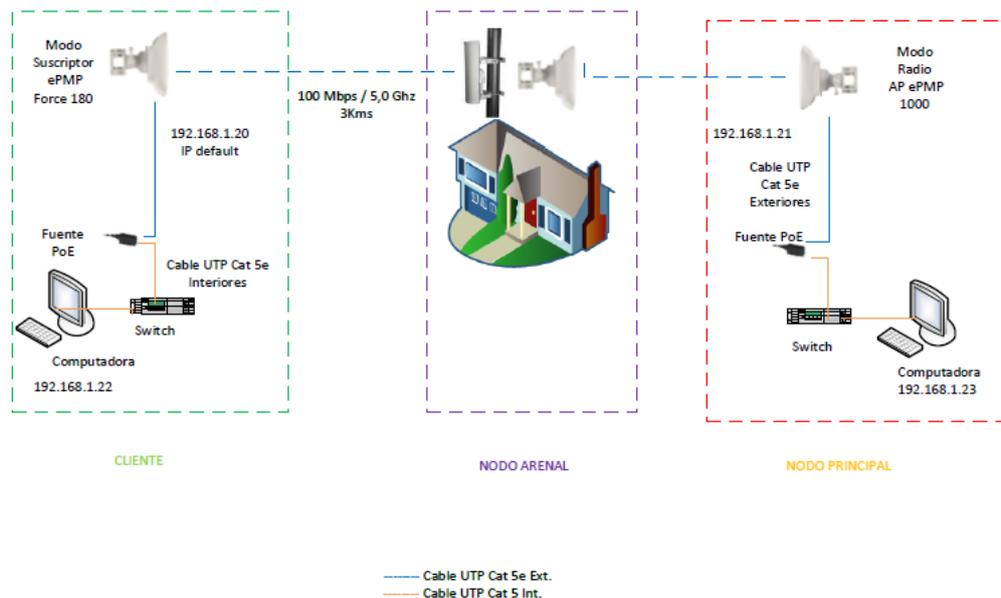


Figura 13. Diagrama de conexión cliente-servidor

3.5.1 Lectura de parámetros en equipos suscriptores

Los parámetros técnicos en los equipos suscriptores en los que pueden de una u otra manera afectar la prestación de servicios de televisión se detallan a continuación:

Nivel de Señal a Ruido (SNR). En el receptor se registra el valor del indicador Downlink SNR, que es el margen que hay entre la potencia de la señal recibida y la potencia de la señal ruido. Cuando la señal recibida está demasiado cerca de la señal ruido se produce perdidas de datos y como consecuencia se necesita retransmitir. En la Figura 14 el Downlink SNR se registra en 55 dB que es un valor óptimo porque nos indica que la señal portadora está muy por arriba del ruido. Entre mayor es el nivel de SNR mayor es el rendimiento de la red WLAN.

Device Name	Familia Velazquez
Operating Frequency	5775 MHz
Operating Channel Bandwidth	20 MHz
Transmitter Output Power	-1 dBm
Antenna Gain	17 dBi
Country	Other
Subscriber Module Mode	TDD
Subscriber Module Priority	Normal
Network Mode	Bridge
Downlink RSSI	-41 dBm
Downlink SNR	55 dB
Uplink MCS	MCS 9
Downlink MCS	MCS 9

Figura 14. Nivel de Señal a Ruido (SNR)

Potencia Recibida. La medida del nivel de potencia que recepta el ePMP Force 180 nos lo indica el indicador Downlink RSSI (Received Signal Strength Indicator), que es un indicador de la Fuerza de la Señal Recibida. Según Los equipos Cambium Network El nivel de RSSI que asegure una estabilidad en el enlace y un mejor rendimiento del sistema de radio deben ser mayor a -60 dBm, o sea el nivel de RSSI de -41 dBm.

Velocidad de Recepción. Es la velocidad con la que se transfieren paquetes del ePMP 1000 hacia el Módulo Suscriptor. Es decir la velocidad de bajada o descarga que se registra cuando se realiza una prueba de velocidad desde una aplicación web de referencia. En lado del cliente se

registró una capacidad de descarga de 2.94 Mbps, casi igual al ancho de banda asignado por el administrador de la red WLAN.

Paquetes Perdidos. Existen paquetes extraviados en la recepción debido muy posiblemente a interferencias del SM con un router cercano de tipo casero que distribuye el internet en el interior de la vivienda del cliente.

Jitter. Es la variación en las demoras (latencias). Por ejemplo, si dos puntos comunicados reciben un paquete cada 20 ms en promedio, pero en determinado momento, un paquete llega a los 30 ms y luego otro a los 10 ms, el sistema tiene un “jitter” de 10 ms.

El receptor debe recibir los paquetes a intervalos constantes, para poder regenerar de forma adecuada la señal original. Dado que el “jitter” es inevitable, los receptores disponen de un “buffer” de entrada, con el objetivo de “suavizar” el efecto de la variación de las demoras. Este buffer recibe los paquetes a intervalos variables, y los entrega a intervalos constantes. Es de hacer notar que este “buffer” agrega una demora adicional al sistema, ya que debe “retener” paquetes para poder entregarlos a intervalos constantes. Cuánto más variación de demoras (“jitter”) exista, más grande deberá ser el buffer, y por lo tanto, mayor demora será introducida al sistema. Típicamente los jitter buffers introducen una demora de entre 10 ms a 30 ms.

El retardo de transferencia del medio se considera “Excelente”, “Bueno” o “Aceptable” y que es menor o igual a 10, 75 ms y 125 ms, respectivamente, mientras que si superaba los 125 se considera “Malo”.

Latencia. Es el retraso entre la flujo enviado desde el servidor hasta el cliente. Mientras ese retardo no afecte a la calidad de la recepción y al procesamiento de las señales de audio y video, no afectará a la percepción de una calidad correcta.

En las redes IP inalámbrica, además de retardo de la transmisión, hay que añadir los retardos asociados a códec, empaquetamiento y encaminamiento de los propios equipos Cambium Network.

Se realizó varias pruebas de velocidad en diferentes instantes de tiempo desde una aplicación WEB, de ahí se obtuvo un valor promedio de latencia de 37.2 ms, recibiendo dos películas sin interrupciones y calidad estándar. Estas películas tienen formato .avi y con una duración de 1 hora y 30 minutos aproximadamente.

La latencia media mencionada es muy buena para realizar streaming porque está muy cerca de los valores promedio de latencia de otras tecnologías alámbricas que se observan en la Figura 15.

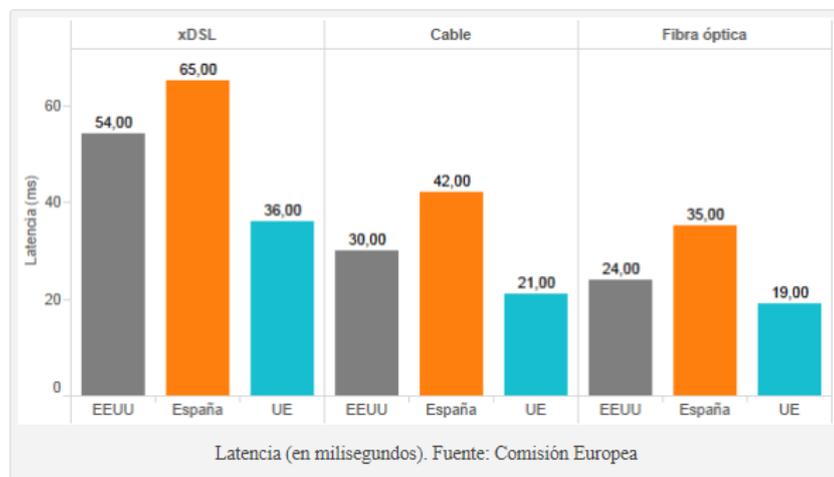


Figura 15. Valores promedio de latencia

Nivel de QoS. La calidad de Servicio en los Equipos Cambium ePMP se aplica únicamente al tráfico que ingresa al puerto Ethernet del dispositivo y sale de la interfaz de radio del dispositivo a través del enlace de radio.

Los dispositivos ePMP 1000 que hacen la función de Punto de acceso dan QoS para datos asignando una alta y baja prioridad que ingresan al puerto Ethernet y salen del dispositivo a través del enlace descendente de la radio.

El Módulo suscriptor ePMP Force 180 ofrece QoS para datos de alta y baja prioridad que ingresan al puerto Ethernet y salen del dispositivo a través del enlace ascendente de la radio.

Como los paquetes codificados por VLC es un tráfico multicast. Se configura el Equipo Suscriptor en el parámetro de Prioridad de Multicast para priorizar el multicast mediante la habilitación en la cola con alta prioridad. De forma predeterminada, el tráfico de multicast se categoriza automáticamente en la cola con prioridad baja. Con esto el equipo transmite más rápido los paquetes con una prioridad alta.

Para priorizar el tráfico de video, el equipo debe marcar los paquetes que ingresan al puerto Ethernet del AP. basado en la dirección IP destino 192.168.100.2 y su respectiva mascara de subred 255.255.255.240.

3.5.2 Resultados

3.5.2.1 Uso Efectivo de Ancho de Banda

El ancho de banda representa la velocidad de un canal de transmisión. En nuestro caso de análisis es de 2.94 Mbps de bajada y 1.48 Mbps de subida. Sin embargo, el ancho de banda efectivo es la cantidad real de información que puede transmitirse en un segundo por ese medio de comunicación. Esto depende de la capacidad de manejar los bits (unos y ceros) de manera eficiente y de la velocidad de los circuitos electrónicos para administrar esta información de una manera organizada y segura.

No hay una fórmula para determinar si la velocidad es efectiva o nominal. Sin embargo, para nuestro caso (transmisión de video), podemos suponer que la velocidad efectiva es solo un 40% de la velocidad nominal, en la gran mayoría de casos, en redes de datos tipo LAN/WAN.

Como los contenidos transmitidos tienen un bitrate de 1024bps y de 1794bps. La tasa de bit promedio es 1409 Kbps y con la ecuación (3.1) podemos conocer que el ancho de banda efectivo teórico es de 2.818 Mbps.

$$BW_E = U \times B_R \quad (3.1)$$

$$BW_E = 2 \times 1409kbps$$

$$BW_E = 2818Kbps = 2.818Mbps$$

Dónde:

BW_E = ancho de banda efectivo teórico.

U = usuarios simultáneos.

B_R = Tasa de bit promedio.

El uso de ancho banda en la práctica la obtenemos mediante una aplicación gráfica del equipo que nos permite observar que llega alrededor de una tasa de 3,00 Mbps promedio. Ver Figura 16.

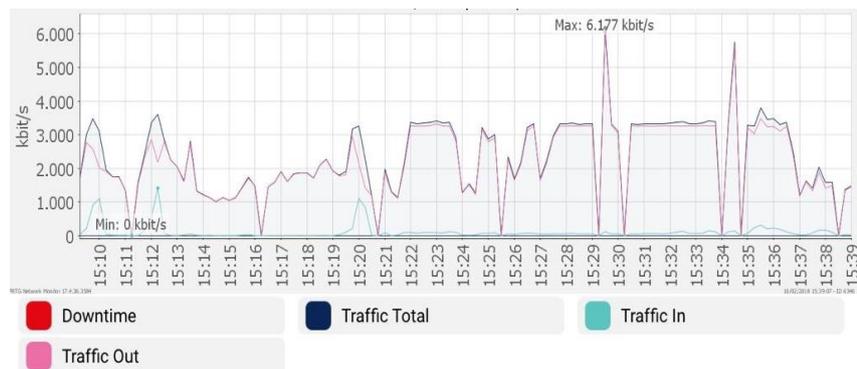


Figura 16. Uso efectivo del canal de comunicación

3.5.2.2 Tiempos de Conexión

Es el tiempo que le toma al servidor streaming responder a la computadora que solicita el video. Se lo diagnostica con el comando PING que utiliza el protocolo ICMP para la comunicación. El objetivo de un ping es determinar si el servidor VLC, es accesible desde el cliente. Para ello, el host servidor envía al host destino (cliente) un paquete de información de 32 bytes.

El ping se lo inicio en el cliente hacia el servidor. La computadora cliente y servidor se conectan por medio de un router Dlink y un

Switch ZyXEL GS1900 respectivamente. El tiempo medio de conexión es de 71ms..

3.5.2.3 Calidad de Servicio

Los factores fundamentales para poder obtener una buena calidad de servicio (QoS) en una transmisión se resumen en estos tres conceptos:

- Temporales: Latencia, jitter
- Productividad: ancho de banda
- Fiabilidad: tasa de pérdidas

Los Equipos del modelo ePMP proporcionan un esquema de modulación adaptativo en el que el receptor monitorea constantemente la calidad de la señal recibida y notifica el final del enlace del modo de modulación óptimo con el que transmitir. De esta forma, se logra una capacidad óptima en todo momento.

3.6 Diseño del Sistema que soporte el Servicio de audio y video usando Tecnología IPTV

3.6.1 Compilación de Resultados Obtenidos

En la prueba de campo realizada en el WISP, se instaló el VLC tanto en la computadora que hace de emisor y las computadoras que reproducen el video. Se realizó una transmisión tipo multicast. Para ello desde la computadora emisora de video con dirección IP 192.168.240.75 se configuró el protocolo RTSP, el nombre del canal "LAN", los puertos 8554 y 8555.

Se utilizó dos películas en formato .avi y .mpg, resolución estándar, con un tamaño de 1.33 GB y 788 MB. Las computadoras reproductoras del audio y video con dirección IP 192.168.0.12 y 192.168.0.13 se configuró la dirección IP (192.168.240.75) de la fuente del video y el nombre del canal LAN. En La Tabla 12 muestra un resumen de los parámetros relevantes

en el lado del cliente que me indican que tipo de señal de audio y video recepto.

Parámetros	Valor	unidad
Latencia promedio	37	ms
Jitter	12	ms
Ancho de Banda Efectivo	2.8	Mbps
Número de paquetes perdidos	248	-
Tiempo promedio de Conexión	71	ms
Velocidad de Recepción	2.94	Mbps
Relación Señal a Ruido	55	dB
Potencia Recibida	-41	dBm

Tabla 12. Parámetros del Lado del Cliente

3.6.2 Descripción de cada Resultado y Resumen según la Configuración de los Parámetros Técnicos.

Se realizó la configuración para la transmisión y recepción del audio y video tanto en el equipo ePMP 1000 como en el ePMP Force 180.

3.6.2.1 Configuración del ePMP 1000 (Punto de Acceso)

Como el modo Multicast confiable es soportado solo en modo TDD. Si se habilita el sistema detecta automáticamente si un cliente se suscribe a una transmisión de multicast específica manejando una solicitud de unión IGMP apropiada.

En la Figura 17 se indica con una flecha azul una ventana para habilitar este parámetro. La transmisión de video en multicast se transmite a todos los usuarios suscritos utilizando solo la velocidad de datos MCS (Modulation and Coding Scheme) más óptima. Además los paquetes individuales son retransmitidos si se necesita en la presencia de alta interferencia. Este mecanismo asegura la entrega confiable de paquetes bajo todas las condiciones. Con la opción de Multicast Confiable habilitada, el AP envía tráfico Multicast con el mejor MCS solo a los Módulos Suscriptores que han registrado peticiones de suscripción IGMP desde el equipo en la LAN.

Cuando Multicast Confiable está deshabilitada, el AP envía el tráfico Multicast IGMP usando MCS 1 a todos los SM.



Figura 17 Ventana para habilitar Multicast e IGMP

Soporte de salida rápida IGMPv2. Esta opción es relevante solo cuando el IGMPv2 es usado en la red. Se puede habilitar solo cuando el mecanismo de Multidifusión Confiable está habilitada. Cuando la salida rápida IGMPv2 se habilite, el AP rechazará paquetes de salida IGMPv2 que ingresen desde los suscriptores si todavía hay otros SM suscritos a este grupo de Flujo de bajada.

Si IGMPv2 Fast Leave está deshabilitado, el AP recibirá IGMPv2. Deje los paquetes provenientes de los suscriptores y detenga la transmisión de multidifusión en el enlace descendente. IGMPv2 Fast Leave es un mecanismo de multidifusión para controlar cómo se interrumpe la transmisión de flujos de multidifusión grupal.

Normalmente, cuando un enrutador / enrutador IGMP recibe un mensaje IGMP Leave, el snooper espera recibir un mensaje de consulta de membresía del IGMP Querier para determinar si hay miembros adicionales del grupo conectados a la interfaz antes de eliminar la entrada de la tabla puente.

3.6.2.2 Configuración SM

Límite de grupo de multidifusión. Configuramos la cantidad máxima de grupos Multicast / IGMP simultáneos permitidos en el SM. Se establece en 0 para desactivar la limitación. SM ejecuta la

inspección de grupos de multidifusión en caso de que el Límite de grupo de multidifusión esté habilitado. Cuando el Límite de grupo de multidifusión está desactivado: SM pasará el tráfico incluso sin la suscripción al Grupo de multidifusión IGMP.

VLAN de multidifusión. Agregamos una VLAN al tráfico multicast, ingresamos al puerto LAN del SM antes de enviarlo al AP y el SM eliminará la dirección opuesta al tráfico Multicast (etiquetado con ID de VLAN de multidifusión) ingresando en el puerto WAN del SM antes de enviar a el puerto LAN del SM.

Prioridad de VLAN de multidifusión. Agregamos el valor de Prioridad en el campo de etiqueta 802.1Q en el Marco de Ethernet. Multidifusión mediante el protocolo IGMPV2 mediante el IP 224.0.0.251. Ver Figura 18 y 19.

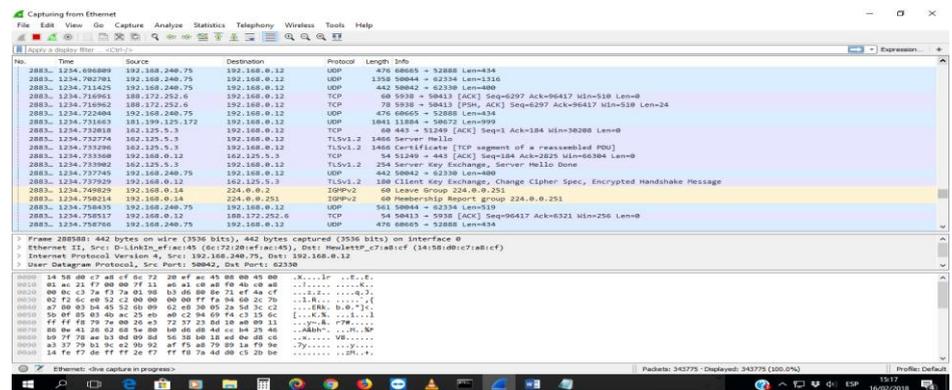


Figura 18. Captura del Protocolo RTCP

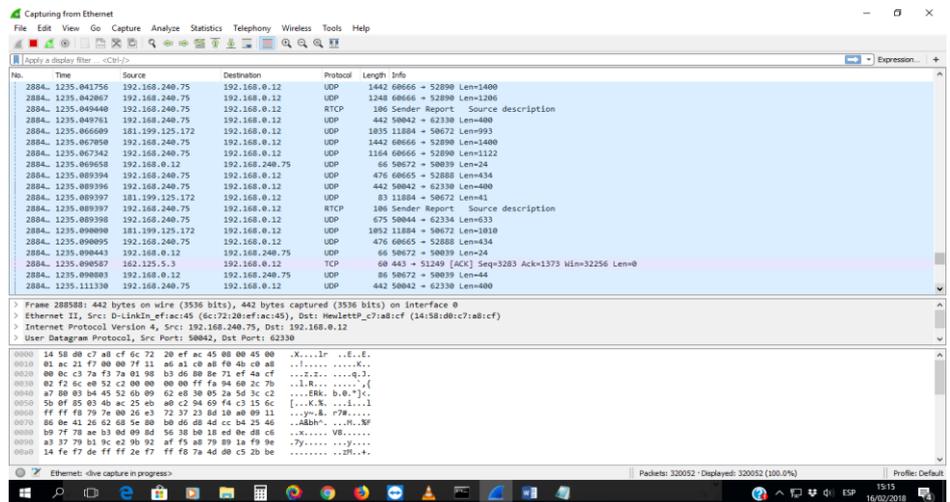


Figura 19. Captura del Protocolo IGMPV2

3.6.3 Consideraciones de Diseño

Para el diseño del sistema IPTV que se muestra en la Figura 35, se considera una infraestructura de red cerrada con características como la bidireccionalidad, estabilidad, funcionalidad, interoperabilidad y rendimiento para garantizar calidad de servicio y Calidad de Experiencia usuario.

El diseño propuesto es de tipo tradicional porque es similar a los sistemas de Televisión Satelital y de Cable en lo que se refiere a la transmisión de programas en vivo. Se justifica esto porque actualmente los clientes de CELERITEL consumen contenidos en vivo, como los Informativos, fútbol y otros. Y como la demanda cambia hacia los servicios innovadores IPTV, en el esquema se propone un equipo que soporte servicios VOD para que pueda ser implementado en el futuro.

Este esquema IPTV tiene su administración local, es decir el administrador de CELERITEL es el que controla. Entre otras muchas características, debe aumentar el ancho de banda actual por el cual se transmite solo el tráfico de datos. Se debe utilizar un ancho de banda mínimo de 1.5 Mbps para un contenido con definición estándar y de 8 Mbps para un canal de alta definición basándonos en el formato MPEG-

4/AVC. Adicional se planea que toda la transmisión sea en modo Multicast para un uso eficiente del ancho de banda.

3.6.3.1 Diagrama del Sistema con Tecnología IPTV

El diagrama del sistema IPTV propuesto se compone de Cabecera IPTV, Red de Distribución, Red de Acceso y Red del Cliente. Lo que se añade a la actual infraestructura del WISP es la cabecera IPTV y los equipos decodificadores en la red del cliente. Ver Figura 20.

Cabecera IPTV. La cabecera IPTV se estructura de dos etapas: Adquisición y Procesamiento de contenidos.

a. Adquisición de Contenidos. La adquisición de contenidos o canales nacionales e internacionales se receipta mediante tres antenas parabólicas de foco primario, una de ellas funciona en la banda KU y las otras dos en la banda C. Las mismas permiten receiptar los contenidos especificados en la Tabla 13.

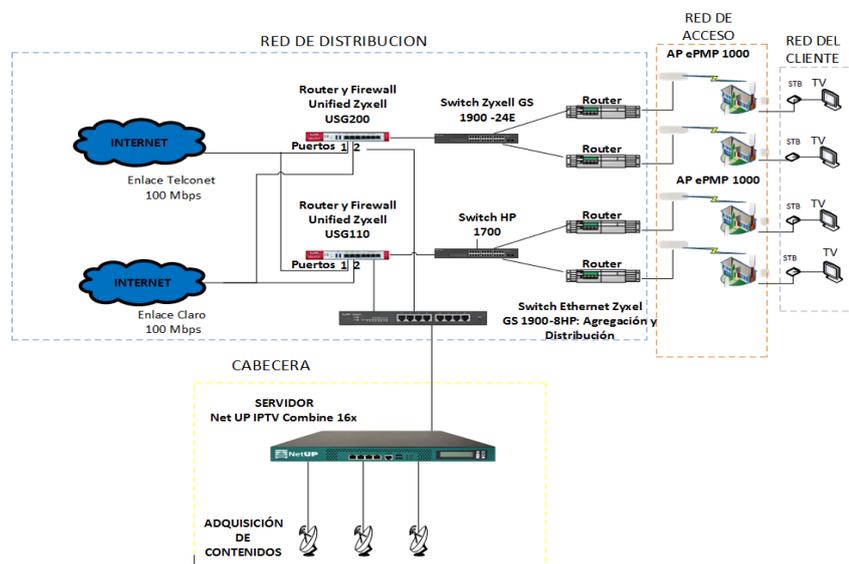


Figura 20. Arquitectura del Sistema IPTV

Además son necesario 3 Bloques de Bajo Ruido (LNB, Low Noise Block). Estos son cavidades resonadoras que reciben las señales

PAQUETES DE TELEVISION	CANALES INCLUIDOS		SATELITE	
PAQUETE HBO	1	HBO	INTELSAT 11	3718H
	2	CINEMAX	INTELSAT 11	3718H
	3	AXN	INTELSAT 11	4087H
	4	HISTORY	INTELSAT 11	4087H
	5	WARNER	INTELSAT 11	4087H
	6	TELEMUNDO	INTELSAT 11	4087H
	7	E! LATINO	INTELSAT 11	4087H
PAQUETE FOX	8	CANAL FOX	INTELSAT 21	4000H
	9	NATIONAL GEOGRAFIC	INTELSAT 21	3720V
	10	FOX SPORT	INTELSAT 21	4000H
PAQUETE DISCOVERY	11	DISCOVERY CHANNEL	INTELSAT 21	3880V
	12	ANIMAL PLANET	INTELSAT 21	3880V
	13	DISCOVERY KIDS	INTELSAT 21	3880V
	14	DISCOVERY HOME HEALTH	INTELSAT 21	3880V
CANALES NACIONALES Y SEÑAL ABIERTA	15	EWTN	INTELSAT 21	3840H
	16	CANAL UNO	AMAZONAS 5	12087H
	17	TC TELEVISION	AMAZONAS 5	12087H
	18	ECUAVISA	AMAZONAS 5	12087H
	19	TELEAMAZONAS	AMAZONAS 5	12087H
	20	OROMAR	AMAZONAS 5	12087H
	21	RTS	AMAZONAS 5	12087H
	22	TELE CIUDADANO	AMAZONAS 5	12087H
	23	GAMA TV	AMAZONAS 5	10728H
	24	CMD	AMAZONAS 5	10728H

Tabla 13. Paquetes de Canales

del satélite reflejadas por el plato de la antena y las procesa. El procesamiento consiste en amplificar la señal microondas del satélite porque es una señal débil y cambiarla a una banda de frecuencias menor para reducir pérdidas en el cable coaxial que lo conecta al conector F de cada entrada receptora DVB-S2 del equipo NetUP IPTV Combine 16x. Este tiene 16 tarjetas DVB S2 para recibir los contenidos de las 9 señales de transpondedores.

b. Procesamiento de contenidos. El procesamiento de los contenidos lo realiza el equipo NetUP Combine 16x integrado por un servidor de streaming (streamer), aplicación VoD, un sistema de administración (middleware) y un software de facturación.

El streamer de NetUP combina las funciones de un receptor y un streamer IP, sintoniza las 9 señales captadas por el plato satelital, realiza una corrección de errores y decodifica el contenido. A continuación lo comprime y configura del Bit Rate con el mejor formato de compresión. Este contenido se encapsula en flujos MPEG- TS para ser transmitidos en paquetes IP en modo multicast

El Servidor middleware permite acceder al contenido multimedia, ya que todos los Set-top boxes se comunican con este servidor para solicitar la programación requerida por los usuarios. Es decir hace de intermediario entre los equipos de usuarios y servidor streaming o de contenidos.

Este software administra y autentica los usuarios, controla las transacciones y sesiones establecidas con los STB. Además es el Responsable de mantener la EPG y coordina con los sistemas externos como el VoD, Facturación y Control de Acceso (CAS).

El sistema de facturación ejecuta las siguientes funciones:

- Mantenimiento de base de datos de suscriptores
- Tarifas de servicios disponibles
- Creación y administración de planes por tarifa

El sistema de facturación se puede integrar con cualquier sistema de terceros que controle servicios como el internet, telefonía, etc.

Todos los servidores que integra el equipo NetUP Combine 16x, trabajan en conjunto para que el servicio de audio y video sea transmitido en tiempo real, interactivo y muy rentable para el operador.

Red de Distribución. Es responsable del transporte de los paquetes IP inyectados por la cabecera IPTV que se envían hacia la red de acceso en un modo full dúplex. Por lo que los equipos que la conforman tienen una capacidad de comunicación en Gigabit y características técnicas como soporte de protocolos de acceso y gestión de contenidos como el IP, IGMP, UDP, entre otros para garantizar una alta transferencia de los flujos para servicios de televisión y de internet.

Se agrega un Switch Gigabit Ethernet Zyxel que va estar ubicado en la cabecera. Este equipo tiene capacidad de 8 interfaces de Gigabit Ethernet soporte en cada una de ellas de los protocolos IPTV. Además de ser el responsable de unir la cabecera con todos los demás Router y Firewall Unified Zyxell, Switch Zyxell que conforman la Red de Distribución como se detalla en la Figura 35.

Red de Acceso. Es la Red inalámbrica de Acceso Local (WLAN) que permite el acceso al suscriptor. Esta red está configurada en modo Punto Multipunto. Es decir al Punto de Acceso se conectan varios Módulos Suscriptores. En el diagrama el Punto de Acceso es el ePMP 1000 y el módulo suscriptor es el ePMP Force 180.

Red del Cliente. Es la red interna, que inicia en el Modulo Suscriptor y se distribuye a petición y necesidad del cliente. Es recomendable instalar routers inalámbricos para que la señal de internet se distribuya en toda la residencia. A este equipo se conectan los IP STB que decodifican los contenidos que son procesados en la cabecera de IPTV, que son solicitados por el

usuario por medio de la Guía Electrónica de Programación y enviados por el streamer.

Se propone para el diseño los STB NET UP android IP que entre sus especificaciones técnicas esta IEEE 802.11 b/g/n 2.4G, aplicaciones de Live TV y de VOD.

Este equipo soporta la mayoría de formatos comerciales de audio y video. Esto justifica no utilizar un equipo transcoder en el diseño del sistema IPTV propuesto.

3.6.3.2 Red de Acceso WLAN con IP Nativo

El esquema de la Red de Acceso implementada en el WISP mostrada en la Figura 21 soporta de forma eficiente el acceso al servicio de internet. La misma tiene las condiciones físicas y firmware para transmitir el servicio de televisión digital en tiempo real mediante la técnica multicast. Lo que se debe gestionar es ampliar el actual ancho de banda por cliente segmentado de acuerdo al formato de compresión, bit rate configurados en la cabecera IPTV. Esto con el fin de garantizar calidad en el servicio de televisión.

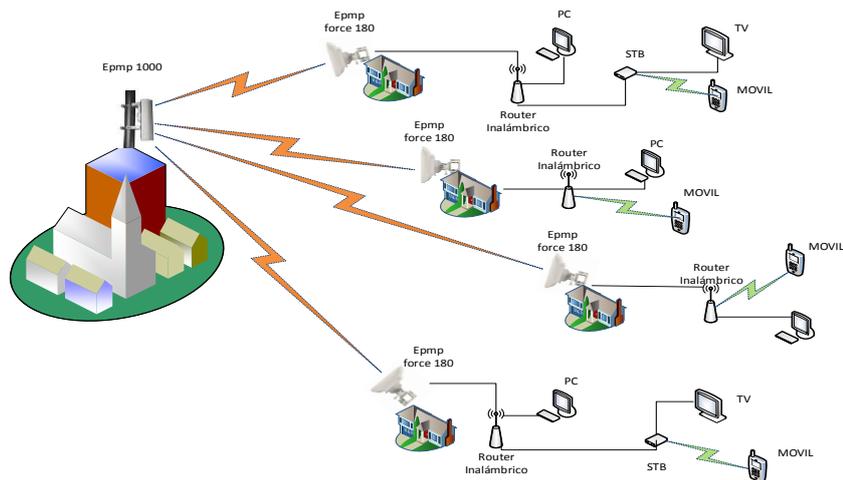


Figura 21. Red de Acceso

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS ECONÓMICO DE INTEGRAR IPTV EN UNA RED WLAN DEL CANTON GENERAL

4.1 Estudio de Mercado en el Cantón Playas

Según el informe del último censo del Instituto nacional de estadísticas y Censos (INEC), ha ido creciendo el número de suscriptores al servicio de audio y video por suscripción (SAVS), como se puede ver en la Figura 22, esto demuestra que el mercado de SAVS va a crecer en los próximos años.



Figura 22. Crecimiento de servicio de televisión suscripta de audio y servicio. Fuente (INEC, 2017)

Según datos publicados de la fuente SIETEL-ARCOTEL, en el Ecuador hasta abril del 2016 se reportaron 1.365.797 abonados del SAVS. Para la provincia de Guayas existen 321.866 suscritos, 107,946 de ellos son clientes de DIRECT TV. Para el sector de Playas-Posorja, el operador con mayor acogida en el área urbana es TV PACIFIC que registra 2753 abonados. No se registra el número de clientes de DIRECT TV en estos cantones.

Para el presente análisis económico se elige como mercado potencial a los actuales clientes del servicio de internet de CELERITEL ubicados en los cantones de Playas y Posorja. Por tal motivo a esta población se les realizó una encuesta para conocer el nombre de las empresas proveedoras del servicio de televisión pagada, la tarifa que estas cobran y los motivos que tienen los

suscriptores para elegir a un determinado distribuidor del servicio de audio y video por suscripción.

4.1.1 Factores Determinantes que los Habitantes del Cantón Playas consideran al elegir un Prestador de Servicio de Televisión

Los actuales suscriptores del servicio de televisión pagada en Playas y Posorja seleccionan a la empresa operadora de acuerdo a los siguientes factores:

Calidad de la Experiencia.- De los datos recogidos por las encuestas existe un 60 % de suscriptores que se encuentran muy satisfechos y el resto poco satisfecho Como se indica en la Figura 23.

Numero de Suscriptores

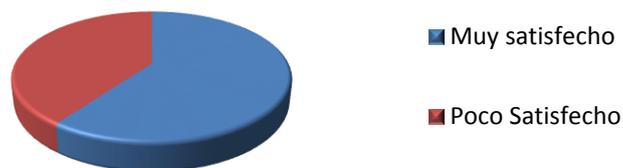


Figura 23. Calidad de Experiencia

Variedad de Contenidos.- Los clientes de CELERITEL encuestados mencionan que prefieren los programas en el siguiente orden descendente: deportes y películas, programa para niños, noticiero, entretenimiento, canal religioso, series y telenovelas. Como se ilustra en la Figura 24

Cantidad de Servicios.- Todos los encuestados mencionan que el servicio que reciben no incluye funcionalidades como grabar, pausar algún programa, y les gustaría ver Televisión de una forma más interactiva a través del cualquier dispositivo que soporte el protocolo IP, como Smartphone, Tablet, etc.

Atención.- Se puede describir que la atención prestada por el personal técnico y administrativo de las actuales empresas proveedoras del servicio de televisión tiene un nivel de atención de 3.5 sobre 5 que equivale a una buena atención pero es necesario mejorar. Los encuestados mencionan que se debe tener personal capacitado con enfoque a servirlos.

frecuencia de programa

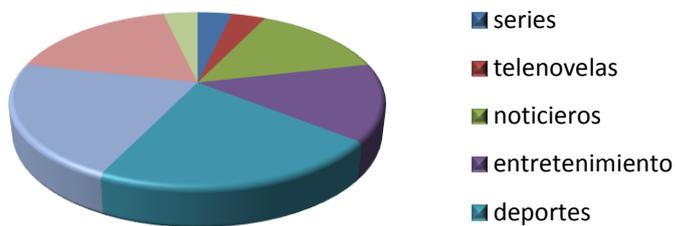


Figura 24. Tipos de contenidos

Precio del servicio.- Los clientes califican de 4.4 sobre 5 la tarifa mensual por el servicio de televisión, es decir el precio es de agrado de los clientes.

4.1.2 Análisis de la Tarifa por el Servicio Multimedia

La tarifa mensual actual que cada suscriptor cancela a su operadora por el servicio de televisión es en promedio de \$21.70. La Tabla 14 nos indica el valor mensual de cada suscriptor encuestado.

El servicio de televisión con funcionalidades como grabar, pausar permite que el usuario interactúe, además de que los contenidos puedan ser vistos en múltiples dispositivos, como los celulares y tablets. Todo esto tiene un costo que los usuarios en la Tabla 15 se indica que estarían dispuestos a pagar un valor promedio de \$25 por cada mes.

Pregunta 8. ¿Cuál es el precio de los contenidos televisivos que recibe?

# Encuesta	Tarifa actual
1	27
2	17
3	18
4	24
5	18
6	18
7	20
8	20
9	27
10	28
	\$ 21.70

Tabla 14. Tarifa mensual por encuestado

Pregunta 10. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por ver televisión en cualquier dispositivo tecnológico?

Encuestas	Tarifa con Funcionalidades
1	27
2	17
3	28
4	30
5	18
6	20
7	20
8	25
9	30
10	35
	25

Tabla 15. Tarifa con Funcionalidades por suscriptor encuestado

Con el precio de la tarifa actual que indica el precio de la competencia y de la tarifa con funcionalidades que nos indican el precio que los clientes pagan por la tecnología IPTV, se tiene una base. A esto se debe agregar los gastos de implementación para tener una tarifa que justifique la inversión y sea accesible a los clientes.

4.1.3. Empresas que oferten el Servicio de Televisión Digital Pagada

Entre los principales proveedores de Televisión Digital por Suscripción en el sector de Playas - Posorja son DIRECT TV y TV PACIFIC. Según la ubicación y tecnología que utilizan, TV PACIFIC está enfocada en la parte urbana de este sector y DIRECT TV en la parte rural. La encuesta mediante la pregunta 2 describe que la mitad de clientes es para cada uno de los operadoras mencionadas como se describe en la Figura 25.

Pregunta 2. ¿Cuál es su proveedor del servicio de televisión?



Figura 2. Suscriptores por Operadora

4.2 Costo de Inversión en Adquisición de Equipamientos definidos en el Diseño

Se necesita una Inversión en Adquisición de Equipamiento que permitan sustentar inmediatamente la comercialización de los sistemas de la Implementación del Servicio de audio y video por suscripción usando Tecnología IPTV para un WISP. Se requiere realizar adecuaciones para poder dar este servicio y poner en marcha este proyecto.

4.2.1 Costo de Equipamiento de Transmisión, Recepción y Enrutamiento

El detalle del Costo de Equipamiento Transmisión, Recepción y Enrutamiento, se adquirida un Switch. Ver tabla 16.

# Cant.	Concepto por Equipamiento de Transmisión, Recepción y Enrutamiento.	Costo Unitario en Dólares (\$)	Costo Total en Dólares (\$)
1	Switch Ethernet Zyxell GS1900-8HP	\$ 200.00	\$ 200.00
2	Antena Parabólica Banda C	\$ 1,290.00	\$ 2,580.00
1	Antena Parabólica banda KU	\$ 1,530.00	\$ 1,530.00
2	LNB banda C	\$ 300.00	\$ 600.00
1	LNB banda ku	\$ 360.00	\$ 360.00
1	Multiswitch	\$ 744.00	\$ 744.00
Subtotal			\$ 6,014.00

Tabla 16 Costo de Equipamiento de Transmisión, Recepción y Enrutamiento

4.2.2 Costo de Equipamiento de Usuario (STB)

El detalle del Costo de Equipamiento de un Usuario (STB) es adquirido para dar servicio al cliente final, se encuentra detallado en la siguiente Tabla 17.

# Cant.	Concepto Equipamiento Usuario (STB)	Costo Unitario en Dólares (\$)	Costo Total en Dólares (\$)
1	STB Standard	\$ 125,00	\$ 65.00
1	STB HD DVDR	\$ 250,00	\$ 100.00
Subtotal			\$ 165.00

Tabla 17. Costo de Equipamiento Usuario (STB)

4.2.3 Costo de Servidores de Contenidos

El detalle del costo de servidor de Contenido de IPTV es adquirido para poder hacer la transmisión de VOD, se encuentra detallado en la siguiente Tabla 18:

# Cant.	Concepto Servidores Contenidos	Costo Unitario en Dólares (\$)	Costo Total en Dólares (\$)
1	Net UP IPTV Combine 8	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00
Subtotal			\$ 20,000.00

Tabla 18. Servidores de Contenido

4.2.4 Costo de Adicionales

El detalle del Costo de Adicionales entre otros conceptos, se encuentra detallado en la siguiente Tabla 19:

# Cant.	Concepto por Otros adicionales	Costo Unitario en Dólares (\$)	Costo Total en Dólares (\$)
1	Instalación de equipos	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
1	Configuración de equipos	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
Subtotal			\$ 2,000.00

Tabla 19. Costos de Adicionales

4.2.5 Costo de Total por Inversión en Equipamiento

El detalle del Costo Total por Inversión en Equipamiento se encuentra detallado en la siguiente Tabla 20:

# Cant.	Concepto por Costos Total por Inversión en Equipamiento	Costo Unitario en Dólares (\$)	Costo Total en Dólares (\$)
1	Equipamiento de Transmisión, Recepción y Enrutamiento.	\$ 6,014.00	\$ 6,014.00
1	Equipos de Usuario (STB)	\$ 375.00	\$ 375.00
1	Servidor de Contenido	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00
1	Costo adicionales	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
Subtotal			\$ 28,389.00

Tabla 20. Costos Total por Inversión en Equipamiento

4.3 Costo de Operacionales y de Mantenimiento para el Sistema IPTV

4.3.1 Costo por Operar la Red Inalámbrica del WISP

El detalle de los Costos por Operar la Red Inalámbrica del WISP como el Permiso del Red WISP se encuentra detallado en la Tabla 21 y 22.

# Cant.	Concepto por Permiso de la Red del WISP	Costo Unitario en Dólares (\$)	Costo Total en Dólares (\$)
1	Permiso SAI (10 años)	\$ 660.00	\$ 660.00
Subtotal			\$ 660.00

Tabla 21. Costos por Permiso de la Red WISP

# Cant.	Concepto por operación de la red WISP	Costo Unitario en Dólares (\$)	Costo Total en Dólares (\$)
12	Pago por frecuencia Libre	\$ 28.00	\$ 336.00
12	Pago de Energía Eléctrica	\$ 60.00	\$ 720.00
12	Pago de Internet (Telconet)	\$ 3,250.00	\$ 39,000.00
12	Pago de Internet (Claro)	\$ 3,250.00	\$ 39,000.00
12	Alquiler de por uso de suelo	\$ 150.00	\$ 1,800.00
Subtotal			\$ 80,856.00

Tabla 22. Costos por operación de la red WISP

El permiso de operaciones del SAI, es un solo pago con un periodo de funcionamiento de 10 años. Los equipos que ya fueron adquiridos, al inicio de la actividad en el año de enero del 2016, son activos fijos tangibles, que se debe tomar en cuenta en las depreciaciones. El costo de 1 Mbps puro corresponde a \$ 65,00 dólares mensuales, por lo que enlaces de los operadores de Internet de Telconet y Claro adquiridos por lo que de 50 Mbps nos da un costo mensual \$3,250.00 por cada uno.

4.3.2 Costo por Contenidos Adquiridos

La justificación del Costo por Contenidos de Adquiridos, es mostrada en la Tabla 23.

# Cant.	Concepto por Contenidos Adquiridos	Costo Mensual en Dólares (\$)	Costo Anual en Dólares (\$)
12	Paquete HBO	\$ 1,600.00	\$ 19,200.00
12	Paquete FOX	\$ 1,200.00	\$ 14,400.00
12	Paquete Discovery	\$ 1,200.00	\$ 14,400.00
12	Canales Nacionales y Señal abierta	\$ 600.00	\$ 7,200.00
Subtotal		\$ 4,600.00	\$ 55,200.00

Tabla 23. Costos por Contenidos Adquiridos

4.3.3 Costo por Mantenimiento

La justificación del Costo por Mantenimiento es mostrada en la Tabla 24:

# Cant.	Concepto por Mantenimiento	Costo Unitario en Dólares (\$)	Costo Anual en Dólares (\$)
12	Mantenimiento de la Base	\$ 41.67	\$ 500.04
12	Mantenimiento de Nodo	\$ 25.00	\$ 300.00
Subtotal		\$ 66.67	\$ 800.04

Tabla 24. Costos por Mantenimiento

El costo de 1 Mbps puro corresponde a \$ 65,00 dólares mensuales, por lo que enlaces de los operadores de Internet de Telconet y Claro adquiridos por lo que de 50 Mbps nos da un costo mensual \$3,250.00 por cada uno.

4.3.4 Costo por Administración

La justificación de los Costos de Administración tales como Sueldo de los Directivos y Gastos Administrativos es mostrada en las Tablas 25 y 26.

# Cant.	Concepto de Sueldo de los Directivos	Costo Unitario en Dólares (\$)	Costo Anual en Dólares (\$)
12	Ingeniero	\$ 750.00	\$ 9,000.00
12	Secretaria - Contadora	\$ 400.00	\$ 4,800.00
12	Técnico	\$ 381.00	\$ 4,572.00
Subtotal		\$ 1,531.00	\$ 18,372.00

Tabla 25. Sueldo de Directivos

# Cant.	Concepto por gastos Administrativos	Costo Unitario en Dólares (\$)	Costo Anual en Dólares (\$)
12	Gastos en Propaganda	\$ 100.00	\$ 1,200.00
12	Gastos de agua	\$ 25.00	\$ 300.00
12	Alquiler de oficina	\$ 200.00	\$ 2,400.00
12	Suministro de Material de oficina	\$ 25.00	\$ 300.00
Subtotal		\$ 350.00	\$ 4,200.00

Tabla 26. Gastos Administrativos

4.3.5 Costo Total por Operación y Mantenimiento

La justificación Costos de Operación y Mantenimiento es mostrado en la Tabla 27:

# Cant.	Concepto Total por Operación y Mantenimiento	Costo Unitario en Dólares (\$)	Costo Anual en Dólares (\$)
12	Mantenimiento	\$ 66.67	\$ 800.04
12	Sueldo de Directivos	\$ 1,531.00	\$ 18,372.00
12	Gastos Administrativos	\$ 350.00	\$ 4,200.00
Subtotal		\$ 1,947.67	\$ 23,372.04

Tabla 27. Costo Total por Operación y Mantenimiento

4.4 Costo de Total del Proyecto

Dentro de los Costos Totales del Proyecto estarían considerados, la inversión inicial que se realiza para implementar el proyecto en el año cero y a partir del primer año se considerarían: Permiso SAI, Equipos de comunicación, Contenidos de Canales Adquiridos, Operación y Mantenimiento. La justificación de los Costos Total del Proyecto es mostrado en la siguiente Tabla 28:

# Cant.	Concepto Total por Operación y Mantenimiento	Costo Anual en Dólares (\$)	Costo Total en Dólares (\$)
1	Permiso SAI	\$ 660.00	\$ 660.00
1	Operación de la red	\$ 80,856.00	\$ 80,856.00
1	Contenido de Canales Adquiridos	\$ 55,200.00	\$ 55,200.00
1	Operación y Mantenimiento	\$ 23,372.04	\$ 23,372.04
Subtotal		\$ 160,088.04	\$ 160,088.04

Tabla 28. Costo Total del Proyecto

4.5 Tarifa del Servicio Multimedia con Tecnología IPTV

“El crecimiento del mercado de la televisión por IP será relativamente estable gracias a dos factores: el aumento de los ingresos medios por cliente y el aumento de la base de abonados”, declara Edyta Kosowska, analista de investigación de Frost & Sullivan.

No obstante, los ingresos procedentes de los servicios de IPTV representarán solo una pequeña parte del volumen de negocios total de las comunicaciones a corto y medio plazo. A largo plazo, los actores del mercado podrán contar con ingresos más importantes gracias a los contenidos premium y los servicios con valor añadido”[24]

En cuanto a las tarifas de Usuarios tomando en cuenta la TV online existen contenidos de videos que son emitidos en forma gratuita para los usuarios. Mientras que los servicios de IPTV son emitidos de acuerdo a la tarifa a la cual el usuario se haya suscrito, la cual también puede incluir otros paquetes con diferentes ofertas.

Al hablar de un sistema cerrado nos referimos a que el operador (ISP) tiene más control sobre el acceso de los contenidos que brinda para así poder perfeccionar modelos de negocios como PPV (Pay Per View).

Los ingresos serían de los rubros por la tarifa servicio Multimedia con Tecnología IPTV, seguras cumpliendo con los estándares de la industria, suministro e instalación de STB, manejo e instalación y soporte técnico. La justificación de la Tarifa Multimedia con Tecnología IPTV es mostrada en la siguiente Tabla 29:

# Cant.	Concepto por Servicio Multimedia con Tecnología IPTV	Costo Unitario en Dólares (\$)	Costo Total en Dólares (\$)
1	Servicio de Instalación de STB Principal	\$ 75.00	\$ 75.00
1	Servicio de Instalación de STB Adicional	\$ 25.00	\$ 25.00
1	Servicio Básico Formato ST + 8 Mbps	\$ 25.00	\$ 25.00
1	Servicio Básico Formato HD + 16 Mbps	\$ 40.00	\$ 40.00
1	Soporte Técnico	\$ 15.00	\$ 15.00
Subtotal		\$ 180.00	\$ 180.00

Tabla 29. Tarifa Multimedia con Tecnología IPTV

Se ofrecerá el servicio de IPTV con un ancho de Banda de 8 Mbps en servicio Standard y 16 Mbps para el servicio HD que garantiza la calidad en los servicios brindados tanto de TV e Internet.

4.6 Inversión: Costo Capital

La justificación de la Inversión, Tasas de Costos de Capital y Depreciación de Equipos son mostradas en las siguientes Tabla 30, 31 y 32:

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión de Equipamiento	\$ 28,179.00	\$0.00	\$0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
Costo Total del Proyecto	\$160,0088.04	\$0.00	\$0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
Total de Capital	\$ 188,267.04					

Tabla 30. Inversión de Capital

Equipo	% Depreciación	P. Unitario	P. Total
Servidor IPTV VOD	50,00%	\$ 5,495.00	\$ 2,747.50
Equipos de Operación	33,33%	\$ 200.00	\$ 60.60
STB ST	33,33%	\$ 65.00	\$ 19.51
STB HD	33,33%	\$ 100.00	\$ 33.33

Tabla 31. Depreciación de Equipos

Parámetros	Unidad	Valor	Descripción
Tasa libre de Riesgo (Rf)	%	6,00 %	www.bce.gob.ec
Beta (B)	-	1,50	http://ages.stern.nyu.edu
Costo Capital Propio (Ke)	%	19,50 %	
Tasa de Retorno Mercado (Rm)	%	29,40%	
Impuesto a la Renta	%	15,00 %	
Costo de la Deuda - Banco	%	40,00 %	Porcentaje del banco
WACC	%	15,78 %	Costo de Capital Medio Ponderado

Tabla 32. Tasas del Costo de Capital

4.7 Flujo de Caja Puro / Flujo con Deuda

Para el estudio se realizó la identificación de ingresos y egresos así como análisis de indicadores, con lo cual se determinó el déficit o superávit que se puede presentar durante los cinco años de proyección. En el flujo de caja se realiza una presentación sistemática de los ingresos y egresos que se presentan en los 5 años de proyección, los ingresos y costos se obtienen de los diferentes estudios que se realizan en la formulación del proyecto; es decir, puede considerarse al flujo de caja como una síntesis de todos los estudios realizados en lo referente a ingresos por obtener y costos del proyecto para su inversión.

La justificación de los Flujos de Caja Puro y Flujo con Deuda son mostradas en las siguientes Tabla 33 y 34:

	Periodo 0	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6	Periodo 7
Demanda del WISP unidades		30	45	68	101	152	228	342
Servicio Básico IPTV Standard		\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00
Servicio Básico IPTV HD		\$ 40,00	\$ 40,00	\$ 40,00	\$ 40,00	\$ 40,00	\$ 40,00	\$ 40,00
Instalación del Servicio IPTV Principal		\$ 50,00	\$ 50,00	\$ 50,00	\$ 50,00	\$ 50,00	\$ 50,00	\$ 50,00
Instalación del Servicio IPTV Adicional		\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00
Inversión	\$ 188.267,04							
	Periodo 0	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6	Periodo 7
Ingresos por IPTV	\$ 25.200,00	\$ 37.800,00	\$ 56.700,00	\$ 85.050,00	\$ 127.575,00	\$ 191.362,50	\$ 287.043,75	
Costos Variables de Equipos	\$ (4.950,00)	\$ (7.425,00)	\$ (11.137,50)	\$ (16.706,25)	\$ (25.059,38)	\$ (37.589,06)	\$ -	
Costo de Mano de Instalación	\$ (1.500,00)	\$ (2.250,00)	\$ (3.375,00)	\$ (5.062,50)	\$ (7.593,75)	\$ (11.390,63)	\$ (17.085,94)	
Costos por Operación y Mantenimiento	\$ (23.372,04)	\$ (23.372,04)	\$ (23.372,04)	\$ (23.372,04)	\$ (23.372,04)	\$ (23.372,04)	\$ (23.372,04)	
Costo por Contenido	\$ (4.600,00)	\$ (4.600,00)	\$ (4.600,00)	\$ (4.600,00)	\$ (4.600,00)	\$ (4.600,00)	\$ (4.600,00)	
Depreciación de Servidor IPTV VOD	\$ (10.000,00)	\$ (10.000,00)				\$ -	\$ -	
Depreciación de Equipamiento	\$ (2.004,47)	\$ (2.004,47)	\$ (2.004,47)			\$ -	\$ -	
Depreciación de STB	\$ (549,89)	\$ (549,89)	\$ (549,89)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
Valor Desecho	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
Valor en Libros	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
Utilidad antes del Impuesto	\$ (21.776,40)	\$ (12.401,40)	\$ 11.661,10	\$ 35.309,21	\$ 66.949,84	\$ 114.410,77	\$ 241.985,77	
Impuesto 15%	\$ (25.042,86)	\$ (14.261,61)	\$ 13.410,27	\$ 40.605,59	\$ 76.992,31	\$ 131.572,39	\$ 278.283,64	
Utilidad después del Impuestos	\$ (46.819,25)	\$ (26.663,00)	\$ 25.071,37	\$ 75.914,80	\$ 143.942,15	\$ 245.983,16	\$ 520.269,41	
Depreciaciones	\$ 12.554,36	\$ 12.554,36	\$ 2.554,36	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
Valor Desecho								
Valor en Libros								
Inversión	\$ (188.267,04)							
Flujo Neto de Caja	\$ (188.267,04)	\$ (34.264,90)	\$ (14.108,65)	\$ 27.625,73	\$ 75.914,80	\$ 143.942,15	\$ 245.983,16	\$ 520.269,41

Tabla 33. Flujo de Caja Puro

	Periodo 0	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6	Periodo 7
Demanda del WISP unidades		30	45	56	70	88	110	137
Servicio Básico IPTV Standard		\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00
Servicio Básico IPTV HD		\$ 40,00	\$ 40,00	\$ 40,00	\$ 40,00	\$ 40,00	\$ 40,00	\$ 40,00
Instalación del Servicio IPTV Principal		\$ 50,00	\$ 50,00	\$ 50,00	\$ 50,00	\$ 50,00	\$ 50,00	\$ 50,00
Instalación del Servicio IPTV Adicional		\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00
Inversión	\$ 0,00							
	Periodo 0	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6	Periodo 7
Ingresos por IPTV		\$ 25.200,00	\$ 37.800,00	\$ 56.700,00	\$ 85.050,00	\$ 127.575,00	\$ 191.362,50	\$ 287.043,75
Costos Variables de Equipos		\$ (4.950,00)	\$ (7.425,00)	\$ (11.137,50)	\$ (16.706,25)	\$ (25.059,38)	\$ (37.589,06)	\$ -
Costo de Mano de Instalación		\$ (1.500,00)	\$ (2.250,00)	\$ (2.812,50)	\$ (3.515,63)	\$ (4.394,53)	\$ (5.493,16)	\$ (6.866,46)
Costos por Operación y Mantenimiento		\$ (23.372,04)	\$ (23.372,04)	\$ (23.372,04)	\$ (23.372,04)	\$ (23.372,04)	\$ (23.372,04)	\$ (23.372,04)
Costo por Contenido		\$ (4.600,00)	\$ (4.600,00)	\$ (4.600,00)	\$ (4.600,00)	\$ (4.600,00)	\$ (4.600,00)	\$ (4.600,00)
Depreciación de Servidor IPTV VOD		\$ (10.000,00)	\$ (10.000,00)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Depreciación de Equipamiento		\$ (2.004,47)	\$ (666,60)	\$ (666,60)				
Depreciación de STB		\$ (549,89)	\$ (549,89)	\$ (549,89)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valor Desecho		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Valor en Libros		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Gastos de Intereses		\$ (9.037)	\$ (7.614)	\$ (6.021)	\$ (4.237)	\$ (2.238)	\$ (18.653)	\$ (20.891)
Utilidad antes del Impuesto		\$ (30.813,21)	\$ (18.677,86)	\$ 7.540,32	\$ 32.619,29	\$ 67.910,75	\$ 101.655,69	\$ 231.314,41
Impuesto 15%		\$ (35.435,20)	\$ (21.479,54)	\$ 8.671,36	\$ 37.512,19	\$ 78.097,36	\$ 116.904,05	\$ 266.011,57
Utilidad después del Impuesto		\$ (66.248,41)	\$ (40.157,41)	\$ 16.211,68	\$ 70.131,48	\$ 146.008,11	\$ 218.559,74	\$ 497.325,98
Depreciaciones		\$ 12.554,36	\$ 11.216,49	\$ 1.216,49	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Devolución de Capital	\$ 75.306,82	\$ (11.854,03)	\$ (13.276,51)	\$ (14.869,69)	\$ (16.654,05)	\$ (18.652,54)	\$ (20.890,84)	\$ 0,00
Valor Desecho								
Valor en Libros								
Inversión	\$ (188.267,04)							
Flujo Neto de Caja	\$ (112.960,22)	\$ (65.548,08)	\$ (42.217,43)	\$ 2.558,48	\$ 53.477,43	\$ 127.355,57	\$ 197.668,90	\$ 497.325,98

Tabla 34. Flujo de Caja con deuda

Evaluación Financiera: Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR)

Para mejorar la evaluación financiera, decidimos realizar el proyecto con deuda; es decir, el banco nos facilitará un préstamo para disminuir la utilidad antes del impuesto a la renta, para lo cual también se realizó un flujo de caja con la deuda, obteniendo un TIR 23% con \$ 22.737,76.

La justificación de la evaluación financiera con caja pura y con deuda, así como los valores de la VAN y TIR son mostradas en las siguientes Tabla 35 y 36:

Evaluación Financiera con Caja Pura	
TIR	29%
VAN @ 19,50%	\$ 119.635,48

Tabla 35. Evaluación Financiera con Caja Pura

Evaluación Financiera con Deuda	
TIR	28%
VAN @ 15,78%	\$ 151.937,92

Tabla 36. Evaluación Financiera con Deuda

4.8 Tiempo de Recuperación de Capital

El tiempo de recuperación de capital con financiamiento del banco es de dos años con cuatro meses como la mejor alternativa, los proyectos de tecnología son sustentable y rentable en el largo tiempo.

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS REGULATORIO PARA LA OPERACIÓN DE LA TECNOLOGÍA IPTV SOBRE UNA RED WLAN CON IP NATIVO

5.1 Introducción

En un análisis regulatorio es fundamental admitir hoy en día, la viabilidad de la regulación del Internet y de la convergencia de redes, es muy restringida en cuando a su reglamentación o está limitada al crecimiento de la tecnología en nuestro país.

Los entes de regulación y control deben garantizar el desarrollo en el mercado, lo cual asegurará la conectividad, la externabilidad y facilidad de entrada y de salida en el mercado a los operadores de telecomunicaciones.

Para el presente capítulo se realizará un recuento sobre la normativa que rige en el Ecuador y luego en países vecinos, efectuando una comparación de dichas normas, y observar el marco sobre el cual se desenvuelven los proveedores de telecomunicaciones

5.2 Diferencias entre el Servicio Multimedia con IPTV y otros Servicios

5.2.1 Servicio de audio y video por suscripción

En el aspecto Regulatorio del Ecuador, un servicio de audio y video pagado es aquel que es distribuido por un sistema que envía señales de multimedia y datos hacia un público suscriptor.

5.2.2 Servicio de Valor Agregado

Es el servicio que utiliza otros servicios como los finales y portadores de telecomunicaciones para alcanzar a los usuarios, además de utilizar aplicaciones que transformen la información transmitida. Como el internet.

5.2.3 Servicio Multimedia IPTV

En el ámbito Regulatorio del Ecuador, no se encuentra definido dicho servicio que representa al conjunto de servicios multimedia como audio, video, televisión, texto, imágenes y datos, controlados por un operador para dar seguridad, permitir interactividad y ofrecer confiabilidad, así se

garantiza la Calidad en el Servicio y una experiencia atractiva para el usuario final. Sin embargo el marco regulatorio ecuatoriano es escaso al respecto.

5.3 Leyes y Reglamentos sobre las Telecomunicaciones

5.3.1 Ley Orgánica de Telecomunicaciones

Según la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (LOT). La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones podrá otorgar los siguientes títulos habilitantes:

Art. 37.- Títulos Habilitantes.

Registro de servicios: Los servicios para cuya prestación se requiere el Registro, son entre otros los siguientes: servicios portadores, operadores de cable submarino, radioaficionados, valor agregado, de radiocomunicación, redes y actividades de uso privado y reventa.

Autorizaciones: Para el uso y explotación del espectro radioeléctrico, por las empresas públicas e instituciones del Estado. Para la prestación de servicios de audio y vídeo por suscripción, para personas naturales y jurídicas de derecho privado, la autorización se instrumentará a través de un permiso.

Actualmente la empresa CELERITEL tiene el Registro como el título habilitante para proveer el acceso a internet. Según esta Ley no se incluye los servicios de IPTV en ninguno de los apartados del artículo 37.

Art. 124.- Clausura de estaciones de radiodifusión. Las estaciones de radiodifusión sonora y televisión que se instalen y operen y usen frecuencias del espectro radioeléctrico con tales fines sin la correspondiente habilitación, y en igual forma, en el caso de sistemas de audio y video por suscripción, aun cuando estos últimos no hagan uso de espectro radioeléctrico, sin la correspondiente habilitación, serán clausuradas con el apoyo de la autoridad competente de Policía Nacional de la respectiva jurisdicción donde se encuentre instalada la estación o el sistema.

Art. 144.- Competencias de la Agencia. Ejercer el control técnico de los medios de comunicación social que usen frecuencias del espectro radioeléctrico o que instalen y operen redes, tales como los de audio y video por suscripción.

Las empresas como los prestadores de acceso a internet deben tener en cuenta todos estos artículos para no caer en sanciones o multas por no acatar lo dispuesto en los artículos antes mencionados.

5.3.2 Ley Orgánica de Comunicaciones

En el aspecto Regulatorio del Ecuador, los artículos relacionando con los servicios de audio y video por suscripción de la Ley Orgánica de Comunicaciones (LOC), manifiesta lo siguiente:

Art. 5.- Medios de comunicación social.- Para efectos de esta ley, se consideran medios de comunicación social a las empresas, organizaciones públicas, privadas y comunitarias, así como a las personas concesionarias de frecuencias de radio y televisión, que prestan el servicio público de comunicación masiva que usan como herramienta medios impresos o servicios de radio, televisión y audio y vídeo por suscripción, cuyos contenidos pueden ser generados o replicados por el medio de comunicación a través de internet.

A partir que CELERITEL provea el servicio de televisión se convierte en un medio de comunicación.

5.4 Normativa y Regulación de IPTV en Países de la Región y fuera de ella.

El tema de la regulación de los servicios de IPTV ha generado un debate regional respecto a si deben o no ser regulados como servicios de telecomunicaciones o como servicios de televisión; debido a esto, no existen normas claras, y el debate continúa hoy en día, por lo que las normativas de regulación para IPTV se están realizando de acuerdo a las características y necesidades de los mercados de cada país.

Si bien existen diferencias y no hay unificación de criterios, Europa es la región que cuenta con mayores avances normativos sobre el tema. Algunos países

como Francia, Holanda, Reino Unido y Dinamarca consideran que IPTV es un servicio de difusión; mientras que Finlandia considera que no es televisión, reporta "TV y Vídeo"; y a este último criterio se une Australia también. En América Latina, el debate ha sido menor, siendo Colombia y Chile algunos de los primeros países en sugerir regulación sobre el asunto.

5.4.1 Regulación de IPTV en Colombia

Según condiciones jurídicas de Colombia, IPTV es el uso de un protocolo para la prestación del servicio de televisión por suscripción sobre redes de banda ancha, alámbricas o inalámbricas. En ese orden de ideas, cualquier servicio de televisión por suscripción, que no se encuentre soportado en la red pública Internet "televisión por Internet", y que utilice el protocolo IPTV es, legalmente, un servicio público de televisión y conforme a las normas constitucionales y legales y a la jurisprudencia está sujeto a la reglamentación de la CNTV.

Cualquier servicio de televisión por suscripción, que no se encuentre soportado en la red pública Internet "televisión por Internet", y que utilice el protocolo IPTV es, legalmente un servicio público de televisión y conforme a las normas constitucionales y legales y a la jurisprudencia está sujeto a la reglamentación de la CNTV.

5.4.2. Regulación de IPTV en Chile

El martes 15 de octubre de 2013, se aprobó la Ley de Televisión Digital en dicho país, siendo los principales elementos de la Ley los siguientes:

- Regula el correcto funcionamiento de la televisión introduciendo el concepto de pluralismo.
- Establece que todas las concesiones de televisión digital con medios propios serán a plazo fijo de 20 años renovables. Y crea la concesión con medios de terceros a plazo fijo de cinco años renovable.
- Obligación de los canales abiertos y cableoperadores de transmitir al menos cuatro horas de programación cultural a la semana y campañas de utilidad pública autorizadas por el CNTV de forma gratuita.

- Regula la concentración del espectro radioeléctrico en televisión, disponiendo que un canal o grupo económico nacional o extranjero, solo podrá acceder a una concesión por localidad, salvo en el caso de TVN que podrá tener una segunda concesión para transmitir exclusivamente señales regionales y actuar como transportador público de canales pequeños sin red propia.
- Ley consagra principio de gratuidad de las señales televisivas de libre recepción y obligación de los concesionarios de licitar públicamente las señales que no utilice a terceros sin medios propios.
- Introduce el concepto de retransmisión consentida, que conlleva la obligación de los operadores de TV pago de contar con la autorización comercial de los canales de TV abierta para poder llevar sus señales en su parrilla programática.
- Establece un plazo de cinco años para que la actual televisión analógica migre a televisión digital el 100% de su cobertura actual.

5.5 Sugerencias Regulatorias de IPTV para el Ecuador

5.5.1 Modificación de Marco Regulatorio

En el Reglamento para la *Prestación de Servicios de Telecomunicaciones y Servicios de Radiodifusión por Suscripción*, se cuenta con Fichas Descriptivas que definen cada uno de los servicios de telecomunicaciones y radiodifusión por suscripción. En la misma constan 3 modalidades: Televisión por Cable Físico, Televisión Codificada Terrestre y Televisión Codificada Satelital.

Se sugiere que se incluya en las en la *Ficha Descriptiva de Servicio por Suscripción*, la nueva modalidad de transmisión a ser añadida: la Televisión por Protocolo de Internet (IPTV). De esta forma, se abre una oportunidad para el uso y aprovechamiento de la tecnología IPTV con miras a generar escenarios que propicien el desarrollo tecnológico y la satisfacción de las necesidades de los usuarios.

5.5.2 Título Habilitante para Prestación de Servicios Multimedia mediante IPTV

Siguiendo estas líneas, la reglamentación del fenómeno de convergencia debe estar encaminada a la creación de un único título habilitante o licencia de servicios con el cual un operador tenga la capacidad de ofrecer los servicios tradicionales y sus innovaciones y no como se ha hecho hasta el momento en otorgar títulos habilitantes para cada servicio que se quiera prestar según la ARCOTEL.

Para que ello sea posible es necesario que la reglamentación esté dirigida a cumplir con los principios de: libre competencia, neutralidad competitiva, neutralidad tecnológica, uso eficiente de la infraestructura y los recursos escasos, acceso universal y servicio universal, protección de usuarios, organización institucional.

En el reglamento actual el Servicio de audio y video por suscripción se puede prestar por dos formas alámbricas y acceso satelital, también se deberá prestar a través de los operadores SAI antiguamente llamados ISP. Se debería proponer en el nuevo reglamento, el registro de dos Títulos Habilitantes para poder brindar dar el Servicio IPTV los cuales serían:

- Título Habilitante del SAI (acceso Inalámbrico y Alámbrico)
- Título Habilitante de audio y video (acceso alámbrica, Inalámbrica y Satelital)

Bajo la figura de estos dos Títulos Habilitante de Registro de Servicio y con la Convergencia de estos sería determinante para establecer la Televisión sobre el Protocolo IP, dicha normatividad de prestación de servicios de audio y vídeo por suscripción, para personas naturales y jurídicas de derecho privado, la autorización se instrumentará a través de un permiso se recomendaría en el nuevo reglamento.

CONCLUSIONES

La plataforma de banda ancha inalámbrica Cambium Networks ePMP de los equipos ePMP 1000 y el Force 180 de la red de accesos de CELERITEL soportan el mecanismo de entrega multicast utilizando el protocolo IGMPV3. Esta capacidad permite la transmisión confiable de flujos de contenido multimedia con calidad de servicio incluso en ambientes alta interferencia, así garantiza el rendimiento de la red para la entrega de audio y video por medio de la tecnología IPTV.

Se diseña un sistema IPTV con la red WLAN de CELERITEL como la red de acceso para transmitir contenidos en tiempo real adquiridos mediante recepción satelital. El esquema añade una cabecera IPTV y los STB en el lado del cliente. Esto permite, en el lado del proveedor tener un control y administración de los STB para que en lado del cliente se recepte programas de calidad. EL equipo NET UP Combine 16x de la cabecera es para pequeñas y medianas infraestructuras como el WISP analizado. Además que permite agregar otros servicios como la Facturación y VOD que no son ofertados en este estudio.

El proyecto resulta muy atractivo y altamente rentable, ya que con capital propio se recupera la inversión inicial en 7 años a una tasa de capital de 15,78%. Pero mucho más factible es incursionar en este negocio con deuda ya que hay una disminución de la utilidad antes del impuesto a la renta, y los valores a cancelar de acuerdo a la tabla de amortización se reparten a través de los años con el flujo de otros componentes, esto hace que aparte de recuperar la inversión, se obtiene mucha más ganancia y rentabilidad.

Se debe modificar la ficha descriptiva del Reglamento para la Prestación de Servicios de Telecomunicaciones y Servicios de Radiodifusión por Suscripción para adicionar la tecnología IPTV como una nueva modalidad de Prestación del servicio de audio y video por suscripción.

RECOMENDACIONES

La empresa CELERITEL debe hacer la inversión respectiva en la compra de contenidos VOD porque según los datos encuestados, todos los usuarios elegirían al proveedor que les ofrezca más servicios de mejor calidad y con un precio accesible.

Se debe realizar un estudio de la demanda en toda la población de Playas y Posorja acerca de su conocimiento y gusto de los servicios de IPTV. Esto permite determinar la demanda inicial antes de iniciar cualquier tipo de inversión.

BIBLIOGRAFÍA

[1] MINTEL “PLAN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES Y TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN DEL ECUADOR 2016-2021”, en <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2016/08/Plan-de-Telecomunicaciones-y-TI..pdf>.

[2] ARCOTEL “Boletín Estadístico del Sector de las Telecomunicaciones”, en http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/BOLETIN-AVS_RTV_TF_FINAL_.pdf.

[3] ASAMBLEA NACIONAL (2015, Febrero 18). LEY ORGANICA DE TELECOMUNICACIONES [En línea]. Disponible en: <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/Ley-Org%C3%A1nica-de-Telecomunicaciones.pdf>.

[4] Francisco Javier Simo Reigadas (2007, Enero) <http://www.ehas.org/wp-content/uploads/2012/01/TesisJSimo.pdf>.

[5] Edison Rafael Pérez Vaca, “Análisis del Sector de las PYME de Televisión por Cable de Imbabura y Carchi, en el Ámbito de la Transición a Servicios.

Convergentes de Telecomunicaciones”, Programa de Maestría en Dirección de Empresas 2012, en: <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/2996/1/T1076-MBA-Perez-Analisis.pdf>.

[6] INEC, Proyección de la Población Ecuatoriana, por años calendario, según cantones 2010-2020. Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>.

[7] Información Censal Cantonal, Total de hogares por disponibilidad de internet, según provincia, cantón y parroquia de empadronamiento. Disponible en: http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com_content&view=article&id=232&Itemid=128&lang=es.

[8] Akamai, SERVIDOR DE TELEVISIÓN POR PROTOCOLO DE INTERNET (IPTV). Disponible en: <https://www.akamai.com/es/es/resources/iptv-server.jsp>.

[9] Elías Said Hung, “La Convergencia Tecnológica en los Servicios Ofertados en la TV de Pago y su Impacto en el Mapa Comunicacional”, Universidad Complutense de Madrid, Septiembre 2006. Disponible en: <http://biblioteca.ucm.es/tesis/inf/ucm-t29476.pdf>.

[10] EMIRATV,IPTVvs TDT,

<http://emiratv.wordpress.com/2007/11/04/iptv-vs-tdt/>, Publicación (2007)

[11] DIMENSIONAMIENTO DE REDES, CCNA4 versión 5, Academia Cisco.

[13] Motta, Diapositivas de TV digital, Maestría de Telecomunicaciones Guayaquil, 2016.

[14] Luis Morales Dibildox, Tesis Investigación de Redes VPN con Tecnología MPLS, México. Mayo 2006

[15] Faraz, Zaheer; Liu Martey “Troubleshooting IP Routing Protocols” Cisco Press. Mayo 2002

ANEXOS

ANEXO I

ENCUESTA

Nombre de la Empresa: **CELERITEL**

Encuesta de estudio de mercado para la aceptación de servicio de Televisión

Fecha: 9 de Febrero 2018

Reciba un cordial saludo, somos estudiantes de la ESPOL, actualmente realizamos una investigación de mercado para conocer el grado de aceptación del servicio de televisión digital, para nosotros es muy importante su opinión, por ello le agradecemos por su tiempo, disposición y objetividad con la que dé respuesta a cada una las siguientes preguntas:

N0	Número de Encuesta	_____
N1	¿Usted tiene el servicio de Televisión por suscripción?	
	SI	<input type="checkbox"/>
	NO	<input type="checkbox"/>
N2	¿Cuál es su proveedor del servicio de Televisión?	
	TV CABLE PACIFICO	<input type="checkbox"/>
	DIRECT TV	<input type="checkbox"/>
	CNT	<input type="checkbox"/>
	CLARO	<input type="checkbox"/>
	OTRO	<input type="checkbox"/>
N3	En cuanto al servicio de Televisión que recibe con su actual proveedor es:	
	Muy satisfecho	<input type="checkbox"/>
	Poco Satisfecho	<input type="checkbox"/>
	Poco Insatisfecho	<input type="checkbox"/>
	Totalmente Insatisfecho	<input type="checkbox"/>
N4	¿Qué tipo de programas televisivos elige con mayor frecuencia?	
	Series	<input type="checkbox"/>
	Telenovelas	<input type="checkbox"/>
	Noticieros	<input type="checkbox"/>
	Programas de Entretenimientos	<input type="checkbox"/>
	Programas Deportivos	<input type="checkbox"/>
	Documentales	<input type="checkbox"/>
	Películas	<input type="checkbox"/>
	Niños	<input type="checkbox"/>
	Otro	<input type="checkbox"/>

N5 ¿El servicio de televisión que usted tiene actualmente le permite grabar, pausar e interactuar?

SI

NO

N6 Cuantas horas al día ves Televisión?

2

4

6

Otro

N7 Califique sobre 5 a su actual proveedor del servicio de Televisión

Atención

Calidad

Precio

Otra

N8 ¿Cuáles el precio por los contenidos televisivos que recibe?

\$ 20

\$ 40

\$ 60

Otro

N9 Usted le gustaría tener la funcionalidad de ver televisión en la TV, PC y Smartphone?

SI

NO

N10 ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por tener Televisión en cualquier dispositivo tecnológico?

\$ 30

\$ 60

\$ 90

Otro

SI

NO

N12 ¿Tiene algún comentario o sugerencia para la empresa ISP sobre el servicio de televisión?

ANEXO II

Configuración en Servidor en VLC de los Múltiples Protocolos de Streaming

RTP

UNICAST: Emisor: dirección receptor el puerto se deja tal cual (5004) poner nombre del canal: yo pongo LAN. Receptor: RTP://@:5004

MULTICAST: Emisor: una dirección del 224.0.0.0 al 229.255.255.255 el puerto se deja tal cual (5004). Receptor: RTP://@239.255.0.76

RTSP

Emisor: Poner el nombre al canal en mi caso LAN. Receptor: RTSP://XXX.XXX.XXX.XXX:8554/XXX/. Se pone la dirección del emisor y el nombre del canal.

HTTP

Emisor: Poner el nombre del canal en mi caso LAN. Receptor: HTTP://XXX.XXX.XXX.XXX:8081/XXX/. Se pone la dirección del emisor y el nombre del canal

MMSh

Emisor: Poner el nombre del canal en mi caso LAN dirección IP.

Receptor: MMSH: // XXX.XXX.XXX.XXX:8081. Se pone la dirección del emisor.

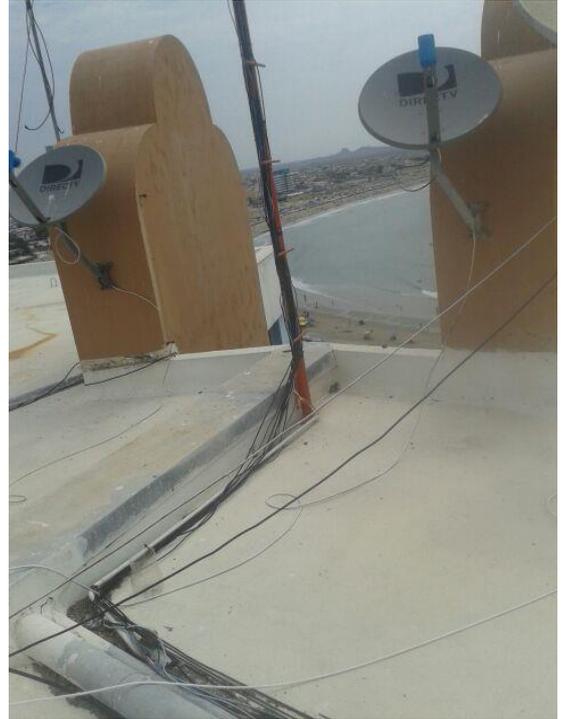
ANEXO III

Registro Fotográfico

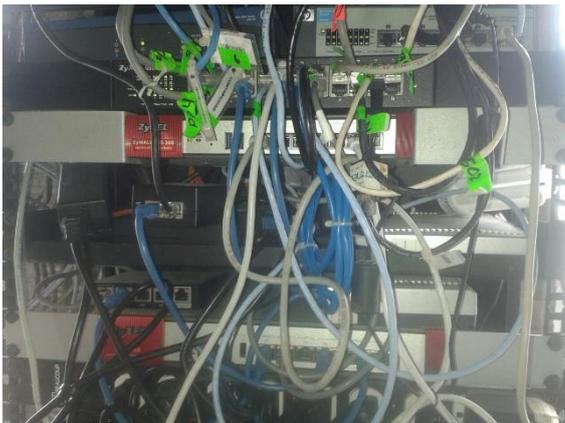
Sitio del Nodo



Poste de Antenas Direccionales y Antenas Sectoriales



Cableado y Canalización de Antenas

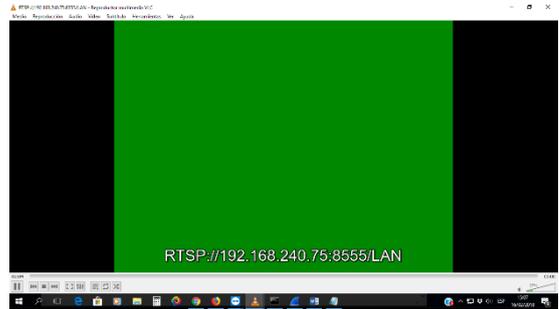


Rack de Comunicaciones

PRUEBAS PRÁCTICAS



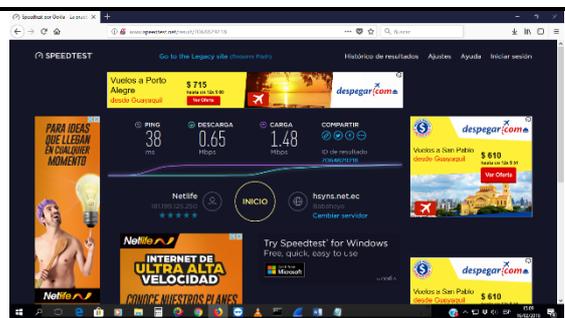
Transmisión de Videos de Contenido



Recepción en el Protocolo RSTP



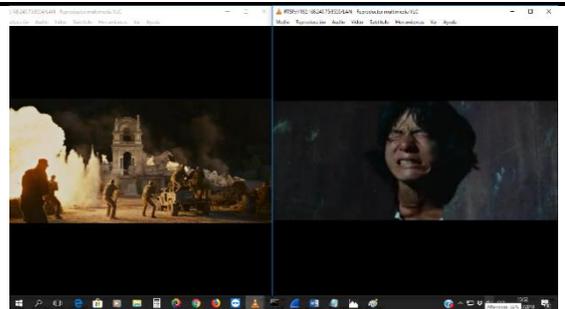
Ancho de Banda sin uso Efectivo



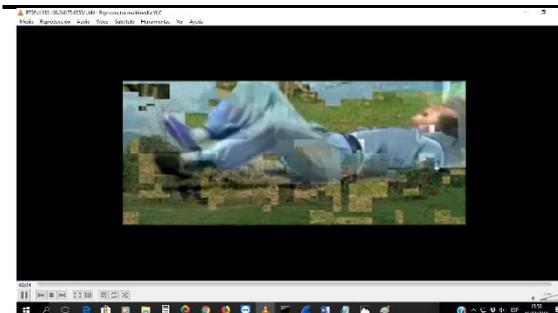
Ancho de Banda con uso Efectivo



Canal de 1 video



Canal de 2 videos



Canal pixelado

OTROS ELEMENTOS



Servidores VoD
