

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

PROYECTO DE GRADO

**ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE IPTV SOBRE LA
RED WiMAX DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL
EJÉRCITO.**

Autor

JAVIER ALEJANDRO MERINO MALDONADO

SANGOLQUÍ - ECUADOR

2011

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado titulado: “ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE IPTV SOBRE LA RED WiMAX DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO”, fue realizado en su totalidad por el Sr. Javier Alejandro Merino Maldonado con CC: 1716720543, bajo nuestra dirección.

Ing. Román Lara
DIRECTOR

Ing. Gonzalo Olmedo Ph.D
CODIRECTOR

RESUMEN

El presente proyecto consiste en un análisis técnico y económico para la implementación del servicio de IPTV sobre la red WiMAX (estándar IEEE 802.16d) que actualmente opera en la ESPE. WiMAX es una buena alternativa para la difusión de IPTV, debido a su capacidad de manejar grandes anchos de banda por usuario y garantizar calidad de servicio.

El diseño de la red se dispuso en tres bloques. El *Headend* se encarga de la concentración del contenido, compresiones con CODECs MPEG y empaquetización IP. El bloque de transporte se encarga del envío de tramas de video, para lo cual se emplea la red WiMAX. El último bloque lo conforman las instalaciones de usuario.

Se realizaron dos tipos de pruebas en la red. La primera se basó en inserción de tráfico, con la que se determinó el ancho de banda máximo con el que se puede trabajar en *uplink*. La segunda se basó en *streaming* de video, con la que se puso a apreciar la calidad de la imagen que se puede obtener en recepción, transmitiendo con el ancho de banda máximo.

Para el análisis económico se identificaron los equipos necesarios para una futura implementación del presente proyecto y que aun no posee la ESPE. Se determinaron los costos en el mercado de tales equipos, y se seleccionaron las mejores opciones tomando en cuenta costos y funcionalidad de los mismos.

*A mis padres, Hugo y Elizabeth,
todo lo que soy es fruto de su esfuerzo y amor,
A mis hermanas, Lore y Karen,
sepan que pueden alcanzar todos sus sueños,
Y a todos quienes,
en algún momento de sus vidas creyeron en
Mí.*

AGRADECIMIENTOS

Antes que todo agradezco a Dios por la vida que me ha concedido y por todas las bendiciones con las que me ha colmado. Agradezco a mi querida Familia, por todo su apoyo y confianza, ustedes son la luz que me ha iluminado todos estos años. Agradezco a mis grandes amigos, aquellas maravillosas personas que conocí en mi travesía por el colegio y la EPSE, cada momento compartido ha sido una gran influencia en mi vida. Agradezco al director y codirector de mi Tesis el Ingeniero Román Lara y el Doctor Gonzalo Olmedo, por darme la oportunidad de aprender y crecer intelectualmente con este proyecto. Agradezco especialmente al ingeniero Juan Quiroz por ayudarme con todas las consultas con Latex, un buen amigo. Gracias Ani por la compañía y cariño que me haz dado.

Javier Merino

PRÓLOGO

El presente proyecto parte de la gran acogida que ha tenido el servicio de televisión a través del protocolo de Internet a nivel mundial. Hoy en día las plataformas de IPTV representan a su proveedor una gran concentración de clientes y una potencial fuente de regalías.

Lo que hace a IPTV tan atractivo al usuario, es el nivel de interactividad que se alcanza con este tipo de servicio. Estas aplicaciones interactivas van mucho más allá de lo que se ha ofrecido hasta el momento con la televisión analógica e incluso la televisión digital suministrada por empresas de telecomunicaciones.

Fusionar la plataforma de IPTV con una red inalámbrica como WiMAX, es muy común para muchas empresas del exterior, sin embargo en el país ninguna empresa ha realizado tal tarea, e incluso pocas han considerado hasta el momento tener a IPTV dentro de su *portfolio* de servicios.

Más que un negocio, IPTV representa la evolución de la tecnología en telecomunicaciones y como esta ha ido cambiando la forma de comunicarse. Es por este motivo que la ESPE debe dirigir un aporte investigativo a este tipo de servicio que envuelve una tecnología ya conocida como es el protocolo IP, pero que cada día trae consigo nuevas aplicaciones. Además, hacerlo mediante WiMAX representa un avance tecnológico totalmente nuevo en el país.

Índice

Glosario	xxi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Introducción	1
1.2. Alcance	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo General	2
1.3.2. Objetivos Específicos	3
1.4. Organización del Documento	3
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	6
2.1. IPTV	6
2.1.1. Definición	7
2.2. Tipos de IPTV	7
2.2.1. Internet IPTV	7
2.2.2. TELCO IPTV	7
2.2.3. <i>Broadcast</i> IPTV	8
2.2.4. <i>Local</i> IPTV	8

2.3.	Servicios Ofertados con IPTV	8
2.3.1.	Guía Electrónica de Programación (EPG)	8
2.3.2.	<i>Personal Video Recorder</i> (PVR)	9
2.3.3.	<i>Time Shift TV</i> (TSTV)	9
2.3.4.	<i>Video on Demand</i> (VoD)	9
2.3.5.	<i>Near VoD</i> (nVoD)	10
2.3.6.	<i>Virtual VoD</i> (vVoD)	10
2.3.7.	<i>Pay Per View</i> (PPV)	10
2.3.8.	<i>Web TV</i>	10
2.4.	Arquitectura de IPTV	11
2.4.1.	Recomendación UIT-T Y.1910	11
2.4.1.1.	Funciones de Proveedor de Contenidos	12
2.4.1.2.	Funciones Administrativas	12
2.4.1.3.	Funciones de Red	12
2.4.1.4.	Funciones de Control de Servicio	12
2.4.1.5.	Funciones de Aplicación	13
2.4.1.6.	Funciones de Usuario Final	13
2.4.2.	Enfoques de la UIT-T Y.1910	13
2.4.2.1.	Arquitectura Funcional de IPTV no-NGN	13
2.4.2.2.	Arquitectura Funcional de IPTV para NGN sin IMS	14
2.4.2.3.	Arquitectura Funcional de IPTV para NGN con IMS	14
2.4.3.	Arquitectura basada en DSL FORUM	15
2.4.3.1.	Capa de Acceso	15

2.4.3.2.	Capa de Agregación	15
2.4.3.3.	Capa de Borde o <i>Edge</i>	16
2.4.3.4.	Capa de Núcleo	16
2.4.4.	Arquitectura General de ATIS	17
2.4.4.1.	<i>Super Headend</i> (SHE)	17
2.4.4.2.	<i>Video Hub Office</i> (VHO)	17
2.4.4.3.	<i>Video Serving Office</i> (VSO)	17
2.4.4.4.	<i>Delivery Network Gateway</i> (DNG)	17
2.5.	Beneficios de IPTV	18
2.6.	Áreas donde ya se utiliza IPTV	19
2.7.	IPTV en el Mundo	20
2.7.1.	Europa	21
2.7.2.	Asia	22
2.7.3.	América	22
2.7.4.	Ecuador	23
2.8.	Concentración de Mercado y Regalías	24
2.9.	IPTV y Tecnologías Inalámbricas	25
2.10.	Por qué IPTV sobre WiMAX	26
2.11.	WiMAX	26
2.12.	Evolución de WiMAX	26
2.13.	Características del IEEE 802.16d	27
2.14.	Topología de la Red WiMAX de la ESPE	28
2.15.	Frecuencia de Operación de WiMAX	28

2.16. Modulación en WiMAX	29
2.16.1. Tecnología OFDM	29
2.16.2. Modulaciones Inalámbricas Empleadas en WiMAX	30
2.16.3. Modulación Adaptativa	31
2.17. Seguridad en WiMAX	31
2.18. Calidad de Servicio en WiMAX	32
2.18.1. <i>Unsolicited Grant Service</i> (UGS)	32
2.18.2. <i>Real-time Polling Service</i> (rtPS)	32
2.18.3. <i>Non-real-time Polling Service</i> (nrtPS)	33
2.18.4. <i>Best Effort</i> (BE)	33
3. DISEÑO DE LA RED	34
3.1. Descripción General del Servicio en la ESPE	34
3.2. Bloque de <i>Headend</i>	36
3.2.1. Fuente de Video	36
3.2.1.1. Control de Acceso en un Servidor de Video	37
3.2.1.2. Flujo de Datos en el Servicio de VoD	37
3.2.1.3. Protocolos Empleados por Servidores de Video	38
3.2.1.4. Requerimientos del Servidor de Video para la ESPE	38
3.2.2. Compresión	39
3.2.2.1. MPEG	41
3.2.2.2. MPEG-2	43
3.2.2.3. MPEG-4	44

3.2.2.4.	Ultra MPEG-4 <i>Converter</i>	45
3.2.3.	Paquetización y Protocolos que Intervienen en el Servicio	47
3.2.3.1.	<i>Streaming</i>	47
3.2.3.2.	Protocolo IP	47
3.2.3.3.	<i>User Datagram Protocol</i> (UDP)	48
3.2.3.4.	<i>Transmission Control Protocol</i> (TCP)	48
3.2.3.5.	<i>Stream Control Transmission Protocol</i> (SCTP)	48
3.2.3.6.	<i>Real Time Protocol</i> (RTP)	49
3.2.3.7.	<i>Real Time Transport Control Protocol</i> (RTCP)	49
3.2.3.8.	<i>Real Time Streaming Protocol</i> (RTSP)	49
3.3.	Direccionamiento en la Red de IPTV	49
3.3.1.	<i>Unicast</i>	50
3.3.2.	<i>Broadcast</i>	50
3.3.3.	<i>Multicast</i>	50
3.4.	Bloque de Transporte	51
3.4.1.	<i>Bit Rate Shaping</i>	51
3.4.2.	<i>Bit Error Rate</i>	52
3.4.3.	<i>Jitter</i>	52
3.4.4.	Ethernet	53
3.4.5.	Red WiMAX	53
3.4.5.1.	Estación Base	53
3.4.5.2.	Estación Suscriptora	54
3.4.5.3.	Características de los Equipos Alvarion	55

3.4.6.	Estado Actual de la Red WiMAX de la ESPE	55
3.4.7.	Gestión de Tráfico	56
3.4.7.1.	Priorización del Tráfico	57
3.5.	Bloque de Instalaciones de Usuario	60
3.5.1.	<i>Set-Top Box</i> (STB)	60
3.5.1.1.	Funcionamiento de Set-Top Box	60
3.5.1.2.	Arquitectura de Set-Top Box	61
3.5.1.3.	Requerimientos del STB para la ESPE	61
3.5.2.	Interfaz de Video	62
3.5.3.	Sistema de Visualización	63
3.5.3.1.	Resolución de Imagen	63
3.5.3.2.	SDTV	65
3.5.3.3.	HDTV	65
3.5.3.4.	Reproductor de Video	66
3.6.	<i>Middleware</i>	66
3.6.1.	Características del <i>Middleware</i>	67
3.6.2.	Funciones del <i>Middleware</i>	67
3.7.	Requerimientos de Calidad de Servicio	68
3.7.1.	QoE y QoS en el Servicio de IPTV	68
3.7.1.1.	Capa de Servicio	69
3.7.1.2.	Capa de Aplicación	71
3.7.1.3.	Capa de Transporte	72
3.7.2.	Ancho de Banda	75

3.8.	Diagrama de la Red Propuesta Para la ESPE	77
3.9.	Solución a la Limitante de Ancho de Banda	78
4.	PRUEBAS EN LA RED WiMAX	79
4.1.	Materiales	79
4.2.	Metodología	79
4.3.	Entorno de Pruebas	80
4.4.	Equipos WiMAX que Intervienen en las Pruebas	80
4.5.	Pruebas con <i>Distributed Internet Traffic Generator</i> (D-ITG)	81
4.5.1.	Consideraciones para las Pruebas con D-ITG	82
4.5.2.	Resultados con Tráfico de 1.404 Kbps	82
4.5.3.	Resultados con Tráfico de 1.598 Kbps	85
4.5.4.	Resultados con Tráfico de 2.160 Kbps	87
4.6.	Pruebas con <i>Windows Media Encoder</i> (WME)	90
4.6.1.	Pasos para Realizar <i>Streaming</i> de Video con WME	91
4.6.2.	Sesión de <i>Streaming</i> de Video con WME	93
4.6.3.	<i>Windows Media Video</i> , WMV	95
4.6.4.	Resultados de las Pruebas con WME	96
5.	ANÁLISIS ECONÓMICO	98
5.1.	Equipos a ser Adquiridos	98
5.2.	Proveedores	99
5.2.1.	STB	99
5.2.1.1.	Amino	99

5.2.1.2. Telergy	100
5.2.2. Cámara de Video HD	100
5.2.2.1. SONY	100
5.2.2.2. Panasonic	101
5.2.3. Servidor VoD	102
5.2.3.1. Exterity	102
5.2.3.2. NetUP	103
5.2.4. LCD	104
5.2.4.1. Panasonic	104
5.3. Selección de Equipos	105
5.4. Equipos Complementarios	106
5.5. Costo del Proyecto	106
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	107
6.1. Conclusiones	107
6.2. Recomendaciones	109
Anexos	111
Bibliografía	120

Índice de Figuras

2.1. Arquitectura Funcional de IPTV	12
2.2. Arquitectura Funcional de IPTV sin NGN	14
2.3. Red Basada en la Arquitectura DSL	16
2.4. Arquitectura IPTV basada en el modelo ATIS	18
2.5. Países con disponibilidad del Servicio	21
2.6. Número de Subscriptores por Regiones del servicio de IPTV	24
2.7. Regalías por Regiones del Servicio de IPTV	24
2.8. Posicionamiento de Estándares Wireless	25
2.9. Topología Punto Multi Punto	28
2.10. Espectro con OFDM	29
2.11. Radio de Celda de la Modulación Adaptativa	31
3.1. Bloques del Diseño para IPTV en la ESPE.	34
3.2. Estructura de un Servidor de VoD	36
3.3. Bloques del Modelo de un Encoder	40
3.4. Sincronización de Datos de MPEG-System	41
3.5. Estructura Jerárquica de la Trama MPEG	42
3.6. Entorno de Ultra MPEG-4 Converter	45

3.7. Video Extensión .mp4 sin Comprimir	46
3.8. Video Extensión .mp4 Comprimido con MPEG-4	46
3.9. Cabecera IP	47
3.10. Cabecera UDP	48
3.11. Tráfico Multicast y Unicast	51
3.12. CBR y VBR	52
3.13. Trama Ethernet	53
3.14. Estación Base BreezeACCESS	54
3.15. CPE de BreezeACCESS	54
3.16. Entorno Gráfico de AlvariCRAFT	56
3.17. Priorización de Tráfico con AlvariCRAFT	57
3.18. Conector HDMI	62
3.19. Conectores RCA	63
3.20. Variación de Pixeles	63
3.21. Estándares de Relación de Aspecto	64
3.22. Liquid Crystal Display	66
3.23. Latencia Máxima para Qos en Acciones de Control	70
3.24. Delay en Channel Zapping	73
3.25. Single B-Frame IP Packet Loss	74
3.26. Single I-Frame IP Packet Loss	74
3.27. Diagrama de la Red Propuesta de IPTV para la ESPE	77
4.1. Entorno Gráfico de D-ITG	81
4.2. Bitrate con 1.404 Kbps	83

4.3. Jitter con 1.404 Kbps	83
4.4. Delay con 1.404 Kbps	84
4.5. Packetloss con 1.404 Kbps	84
4.6. Bitrate con 1.598 Kbps	85
4.7. Jitter con 1.598 Kbps	86
4.8. Delay con 1.598 Kbps	86
4.9. Bitrate con 2.160 Kbps	88
4.10. Jitter con 2.160 Kbps	88
4.11. Delay con 2.160 Kbps	89
4.12. Packet Loss con 2.160 Kbps	89
4.13. Entorno Gráfico de Windows Media Encoder	90
4.14. Sesión de Transmisión en Vivo	91
4.15. Selección de Periféricos	91
4.16. Selección del Método de Broadcast	92
4.17. Selección del Puerto y Direcciones para Broadcast	92
4.18. Opciones de Codificación	93
4.19. Sesión con WME	94
4.20. Estadísticas de la Transmisión	94
4.21. Video extensión .mp4	95
4.22. Video extensión .wmv	95
4.23. Resultados WME	97
5.1. STB Amino A530	99
5.2. STB Telergy T502	100

5.3.	Cámara Digital HD SONY HVR-V1	101
5.4.	Cámara Digital HD Panasonic AG-HVX200A	102
5.5.	Servidor de VoD AvediaServer m6110	103
5.6.	Servidor de VoD NetUP	104
5.7.	LCD Panasonic TC-L42D2	105

Índice de Tablas

3.1. Calidad con Perfiles y Niveles Combinados en MPEG-2	44
3.2. Características Equipos Alvarion	55
3.3. Localización de Equipos Alvarion en la ESPE	56
3.4. Valores de IP Precedence Treshold	59
3.5. Funciones del Middleware	68
3.6. Retardos en Acciones de Control	70
3.7. Estándar de Codificación de Video Para SDTV con QoE	72
3.8. Estándar Mínimo Recomendado Para Audio en SDTV	72
3.9. Estándar de Codificación de Video Para HDTV con QoE	72
3.10. Estándar Mínimo Recomendado Para Audio en HDTV	72
3.11. Requerimientos Mínimos para Brindar SDTV con QoE y MPEG-2	75
3.12. Requerimientos Mínimos para Brindar SDTV con QoE y MPEG-4	76
3.13. Requerimientos Mínimos para Brindar HDTV con QoE y MPEG-2	76
3.14. Requerimientos Mínimos para Brindar HDTV con QoE y MPEG-4	76
4.1. Direcciones IP de los Equipos	80
4.2. Rangos de MIR y CIR	80
4.3. Resultados Totales con un Tráfico de 1.404 Kbps	82

4.4. Resultados Totales con un Tráfico de 1.598 Kbps	85
4.5. Resultados Totales con un Tráfico de 2.160 Kbps	87
4.6. Resultados con WME	97
5.1. Costo Total del Proyecto	106

Glosario

A

AES *Audio Elementary Stream*, p. 40.

API *Application Programming Interface*, p. 61.

B

BE *Best Effort*, p. 33.

BPSK *BiPhase Shift Keying*, p. 30.

BS *Base Station*, p. 28.

C

CBR *Constant Bit Rate*, p. 37.

CIR *Committed Information Rate*, p. 80.

CPE *Customer Premises Equipment*, p. 54.

D

D-ITG *Distributed Internet Traffic Generator*, p. 4.

DNG *Delivery Network Gateway*, p. 17.

DSLAM *Digital Subscriber Line Access Multiplexer*, p. 15.

E

EPG *Electronic Program Guide*, p. 8.

ES *Elementary Stream*, p. 40.

F

FDD *Frequency Division Duplexing*.

H

HDMI *High-Definition Multimedia Interface*, p. 62.

HFC *Hybrid Fibber Copper*, p. 17.

I

IDU *In Door Unit*, p. 54.

IEEE *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, p. 2.

IGMP *Internet Group Management Protocol*, p. 50.

IMS *IP multimedia system*, p. 11.

IPTV *Internet Protocol Television*, p. 1.

ISO *International Organization for Standardization*, p. 41.

ISP *Internet Service Provider*, p. 14.

L

LCD *Liquid Crystal Display*, p. 35.

M

MAN *Metropolitan Area Network*, p. 27.

MBone *IP Multicast Backbone*, p. 6.

- MHP** *Multimedia Home Platform*, p. 61.
- MIR** *Maximum Information Rate*, p. 81.
- MPEG** *Motion Picture Experts Group*, p. 40.
- N**
- nrtPS** *Non-real-time Polling Service*, p. 33.
- NTPD** *Network Time Protocol daemon*, p. 82.
- NTSC** *National Television System Committee*, p. 65.
- nVoD** *Near Video on Demand*, p. 10.
- O**
- ODU** *Out Door Unit*, p. 54.
- P**
- PAL** *Phase Alternating Line*, p. 65.
- PES** *Packetized Elementary Stream*, p. 41.
- PIM** *Protocol Independent Multicast*, p. 50.
- PMP** Punto Multi-Punto, p. 28.
- PON** *Passive Optical Network*, p. 15.
- PPV** *Pay Per View*, p. 10.
- PVR** *Personal Video Recording*, p. 9.
- Q**
- QAM** *Quadrature Amplitude Modulation*, p. 30.
- QoE** *Quality of Experience*, p. 68.
- QoS** *Quality of Service*, p. 68.
- QPSK** *Quadrature Phase Shift Keying*, p. 30.

R

RCA *Radio Corporation of America*, p. 62.

RTCP *Real Time Control Protocol*, p. 38.

RTP *Real Time Protocol*, p. 38.

rtPS *Real-time Polling Service*, p. 32.

RTSP *Real Time Streaming Protocol*, p. 49.

S

SCTP *Stream Control Transmission Protocol*, p. 48.

SHE *Super Head End*, p. 17.

SLA *Service Level Agreement*, p. 27.

SS *Subscriber Station*, p. 28.

STB *Set Top Box*, p. 4.

T

TCP *Transmission Control Protocol*, p. 48.

TDD *Time Division Duplexing*.

TMDS *Transition Minimized Differential Signaling*, p. 62.

TSTV *Time Shift TV*, p. 9.

U

UDP *User Data Protocol*, p. 48.

UGS *Unsolicited Grant Service*, p. 32.

UIT-T Unión Internacional de Telecomunicaciones, sector Normalización, p. 11.

UTP *Unshielded Twisted Pair*, p. 53.

V

- VBR** *Variable Bit Rate*, p. 37.
- VES** *Video Elementary Stream*, p. 40.
- VHO** *Video Hub Office*, p. 17.
- VoD** *Video on Demand*, p. 6.
- VSO** *Video Serving Office*, p. 17.
- vVoD** *Virtual Video on Demand*, p. 10.

W

- WiMAX** *Worldwide Interoperability for Microwave Access*, p. 1.
- WMA** *Windows Media Audio*, p. 90.
- WME** *Windows Media Encoder*, p. 90.
- WMV** *Windows Media Video*, p. 4.

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

Los avances en el acceso a Internet de banda ancha y las nuevas tecnologías escalables de codificación de video han hecho posible el que IPTV (*Internet Protocol Television*) se convierta en la aplicación más atractiva a ser desplegada en áreas metropolitanas. Desde su despliegue en 2005 el servicio de IPTV ha ido ganando una gran cantidad de adeptos, tanto proveedores como suscriptores alcanzando hasta el 2010 los 40 millones de usuarios a lo largo de más de 100 países [1]. Esta nueva modalidad en televisión representa una revolución, en contraste con los contenidos y aplicaciones que se ofrecen hoy en día con la TV analógica e incluso la TV digital.

En Ecuador el despliegue de IPTV se ha visto frenado debido a la realidad tecnológica del país. Este servicio requiere de altas tasas de transmisión para cumplir con los niveles de calidad y experiencia designados por los organismos de estandarización universales. La tecnología cableada DSL, que actualmente es predominante en el país en servicios de Internet de última milla, no puede abastecer el ancho de banda mínimo para el servicio. Aunque las redes de fibra óptica con sus altas tasas de transferencia son una solución cableada a tales limitaciones, su instalación conlleva altos costos y problemas de logística. Las tecnologías inalámbricas como WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) ahora en el mercado son una buena alternativa tecnológica para una red de acceso dirigida a desplegar el servicio de IPTV. WiMAX es el candidato perfecto gracias a la extensa área de cobertura que alcanza, las altas tasas de transmisión y el gasto económico que conlleva el cual es mucho más conveniente en contraste con las redes cableadas.

El estándar IEEE 802.16d/e WiMAX, fue diseñado específicamente para que empresas

proveedoras de servicios de telecomunicaciones, lleguen a sus clientes de manera más económica y con una mayor capacidad en un ambiente inalámbrico y móvil. En la actualidad, las redes WiMAX están siendo utilizadas para ofrecer servicios que requieren un gran ancho de banda. Muchas de las grandes empresas de telecomunicaciones, ya han desplegado equipos WiMAX, con el solo objetivo de ofrecer IPTV, ya que no es solo una buena forma de obtener regalías, sino es también una forma nueva de entretener, informar, comunicar, educar, etc. Con este estándar, el servicio de IPTV se torna conveniente, flexible, con un costo bajo pero altamente efectivo.

La red WiMAX incorporada en la Escuela Politécnica del Ejército en 2009, fue diseñada con el objetivo de realizar comunicaciones *triple-play* a nivel de todo el campus. El gran ancho de banda de WiMAX hace posible el realizar tales comunicaciones interdepartamentales y desplegar el servicio de IPTV sobre el mismo medio de acceso. El posicionamiento de la estación base de la tecnología está dirigido a cubrir los lugares de mayor concentración de usuarios dentro del campus politécnico, lo que significa un gran potencial de audiencia para el canal. Como lo hacen los grandes de las telecomunicaciones, con el gran potencial de la red WiMAX de la ESPE se podría llegar a la comunidad politécnica por medio de la televisión.

1.2. Alcance

El presente proyecto tiene como alcance el diseño y dimensionamiento de la red de IPTV sobre el estándar IEEE 802.16 d WiMAX, que incluirá el análisis de los equipos y costos que ofrezcan niveles de calidad óptimos en el despliegue de un canal de televisión para la ESPE.

1.3. Objetivos

Para cumplir con el alcance propuesto se han planteado los siguientes objetivos.

1.3.1. Objetivo General

El objetivo general del presente proyecto para la obtención del título de ingeniería es analizar los aspectos técnicos y económicos para la implementación del servicio de IPTV sobre la red WiMAX de la ESPE.

1.3.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos son:

1. Investigar los fundamentos teóricos necesarios para el desarrollo del proyecto.
2. Diseñar la red de IPTV para que cumpla con los estándares de calidad de servicio y experiencia.
3. Dimensionar el ancho de banda mínimo requerido para proveer el servicio de IPTV sobre WiMAX.
4. Probar el desempeño de la red WiMAX para lograr la transmisión de un canal de televisión en la ESPE.
5. Realizar el análisis costo beneficio de los equipos a ser implementados.

1.4. Organización del Documento

La estructuración del proyecto está dada de la siguiente manera:

- En el Capítulo 1, se hace una introducción al proyecto y se plantean los objetivos y el alcance que se tienen proyectados cumplir. Al final del Capítulo se describe la estructuración del documento.
- En el Capítulo 2, se detallan los fundamentos teóricos que sentarán las bases para el desarrollo del proyecto. El estudio teórico que envuelve al servicio de IPTV se tratan aspectos como su funcionamiento, arquitectura, beneficios y su penetración en el mercado. En lo que corresponde a la tecnología WiMAX el estudio incluye aspectos como las características del estándar, la frecuencia de operación y la modulación que maneja.
- En el Capítulo 3, una vez descrito el servicio de IPTV y la tecnología sobre la cual se basa este proyecto, el estudio se enfoca en el diseño de la red. El diseño incluye el análisis de los elementos y la tecnología inmersa en la entrega de video de extremo a extremo, sobre los cuales se levantará el servicio de televisión a través del protocolo de Internet en la ESPE. Tales elementos bien pueden ser de software como

el *middleware* o de *hardware* como el STB (*Set Top Box*). En el diseño también se describen las características que deben cumplir los equipos a ser adquiridos y las características de los equipos WiMAX marca Alvarion que trabajan en la ESPE.

- En el Capítulo 4, con el fin de preparar a la red WiMAX para el servicio de IPTV, se realiza una serie de pruebas de tráfico en la red. Las pruebas sobre la red WiMAX permiten determinar el ancho de banda mínimo para ofrecer un servicio de calidad sobre este medio inalámbrico. Para inyectar tráfico en la red se utiliza el *freeware* de procedencia Italiana D-ITG, diseñado para trabajar en plataformas Windows y Linux. Para hacer *streaming* de video se hace uso del *freeware*, *Windows Encoder* propiedad de *Microsoft*. Este *encoder* utiliza el *codec Windows Media Video* (WMV) para comprimir el contenido que va a ser transmitido.

Dentro de la ESPE, el lugar establecido como entorno de pruebas es el laboratorio del Centro de Investigaciones de Redes AD-HOC (CIRAD). Ya que el servicio de IPTV requiere un ancho de banda significativo de los recursos de la red, el principal objetivo de las pruebas es determinar el límite que se podrá alcanzar en la transmisión con la capacidad de los equipos WiMAX de la ESPE. De esta forma no habría un desperdicio o sobre ocupación de los recursos de la red inalámbrica.

Antes del emprendimiento de este proyecto, se realizaron *streamings* de video sobre una red Ethernet dentro del laboratorio del CIRAD. En esta red cableada se probó por primera vez WME, obteniendo buenos resultados principalmente por su flexibilidad en determinar el ancho de banda deseado. Este antecedente determinó que se procediera a realizar las pruebas en la red WiMAX con este software. En las pruebas con ambos programas intervendrán ordenadores conectados a los CPEs *In-Door* de WiMAX (*Customer Premises Equipment*). Se espera que los resultados sean variables en función de la tasa de bits enviados. Cabe recalcar que cuanto más grande sea la tasa de bits de transmisión, mejor será la calidad de video perceptible al ojo humano.

- En el Capítulo 5, se realiza un análisis de costos del servicio de IPTV para su futura implementación en la ESPE. De todos los equipos que intervienen en el desarrollo de este proyecto, la ESPE ya cuenta con algunos como los equipos Alvarion. En el mercado tecnológico de IPTV existe una gran cantidad de proveedores, en especial para los equipos que aún no dispone la ESPE. Esta es la razón por la cual este estudio también está dirigido a captar ofertas de distintos proveedores.

A partir de esta captación de ofertas, se tratarán los detalles técnicos y económicos de cada uno de los equipos y se analizarán sus beneficios para el servicio de IPTV en la Escuela. Así se tendrá una visión amplia de los precios en el mercado de IPTV,

lo que contribuirá a la selección de equipos que tendría que adquirir la Escuela para la implementación del proyecto y la apertura del canal de Televisión de la ESPE.

- En el Capítulo 6, se detallan las conclusiones del trabajo completado en el proyecto y se formulan las respectivas recomendaciones para la futura implementación del canal de televisión de la ESPE. Establecer un canal de televisión cuyo contenido y programación sea planificada por y para la ESPE, es muy productivo para todos los que formamos esta institución, tanto docentes y estudiantes, ya que se tendría a disposición espacios en los que se muestre temas de gran interés, que nos conciernen a todos y cuyos artífices sean miembros de la ESPE, estableciendo apertura a la creación de programas y clubes de televisión para los estudiantes, que generen parte de los contenidos, así como futuros trabajos en el tema. De esta manera lo que se quiere es fomentar el carácter investigativo y el desarrollo académico en los estudiante que formarían parte de dichos talleres o clubes.

Capítulo 2

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. IPTV

IPTV son las siglas en inglés para *Internet Protocol Television* y actualmente es la denominación más común para los sistemas de distribución por suscripción de señales de televisión y/o video mediante conexiones de banda ancha sobre el protocolo IP. IPTV empezó como un IP Multicast Backbone (MBone¹), compatible con las aplicaciones de Windows y Unix que manejaban tráfico de video y audio obteniendo baja calidad, similar a la alcanzada por el DVD, usando *unicast* y *multicast*[2]. IPTV no es un protocolo en sí mismo sino que se vale del protocolo IP para transmitir un canal de televisión. Lo que hace posible la televisión sobre el protocolo IP, es el *video streaming*, el cual será descrito más adelante. IPTV también es conocido como Telco TV, ya que es suministrado tradicionalmente por empresas proveedoras de Internet.

El término de IPTV también es fuertemente asociado a la entrega de canales de televisión tradicionales, películas, y demás contenido multimedia bajo demanda sobre una red privada. Esto quiere decir que el proveedor no emitirá ningún contenido esperando que el usuario recepte su transmisión como sucede con la televisión analógica y digital, sino que ahora todos los contenidos disponibles por parte del proveedor llegarán solo cuando el usuario los solicite. Este es el principio en el que se basa el servicio ofertado en las redes de IPTV denominado VoD *Video On Demand*. Los canales ofertados pueden ser tradicionales o más específicos referentes a un tema en especial, de manera que el usuario pueda disfrutar de televisión a la carta. Incluso las características del servicio, le permitirán almacenar el contenido, adelantarlo o retrocederlo, para disfrutarlo las veces que el usuario lo desee. VOD pueda ser el más popular de los servicios que son ofertados en el modelo de IPTV

¹Red virtual sobre Internet que utiliza multicast para la transmisión de videoconferencias

pero definitivamente no el único, otros servicios serán descritos mas adelante. Desde la perspectiva de usuario final IPTV simplemente opera como un servicio de televisión por suscripción normal.

Para desplegar el servicio de IPTV se requiere de tecnología con los últimos avances de codificación de video que garanticen la calidad de servicio, una alta capacidad de almacenamiento y redes mucho más rápidas que las actuales. Con la continua evolución de todos estos factores a mediano o a largo plazo, es seguro que el servicio de IPTV revolucionará la televisión actual.

2.1.1. Definición

La definición oficial de IPTV aprobada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) se plantea así: IPTV se define como servicios multimedia tales como televisión, video, audio, texto, gráficos, datos, que son entregados sobre redes IP, y que son capaces de proveer el nivel requerido de calidad de servicio, calidad de experiencia, seguridad, interactividad y confiabilidad [3]. Ya que IPTV utiliza el protocolo IP como un mecanismo de entrega, puede utilizarse para entregar los más diversos tipos de contenidos sobre Internet y redes privadas IP.

2.2. Tipos de IPTV

Poco a poco el desarrollo de IPTV ha ido expandiendo a un sin número de áreas, pero en general existen cuatro tipos básicos de IPTV. [4]

2.2.1. Internet IPTV

Este es entregado a través de Internet desde cualquier parte del mundo. Un gran ejemplo de este servicio es *Youtube*, que solo con *Web Browsers* despliega fácilmente una gran cantidad de contenido de video pero de no garantizada calidad.

2.2.2. TELCO IPTV

Este es el suministrado por compañías de Telecomunicaciones como TV Cable, CNT, o Movistar. Estas compañías utilizan sus redes IP para proveer contenidos multimedia, haciendo uso de sus redes privadas, estas compañías pueden garantizar la calidad de

servicio. El contenido a ser solicitado por el usuario puede ser en vivo o descargado desde servidores de video localizados en alguna parte de la red del proveedor.

2.2.3. *Broadcast* IPTV

Este modo de IPTV es el suministrado por canales locales de televisión, que utilizan Internet para distribuir parte de su contenido. Por lo general es usado para realizar retransmisiones de noticieros y eventos públicos. Este tipo de IPTV no garantiza la calidad de servicio.

2.2.4. *Local* IPTV

También es conocido como *Building* IPTV. Este es diseñado para distribuir televisión y video a través de redes locales, como la red WiMAX de la ESPE. Las redes LAN representan al servicio de IPTV; flexibilidad, escalabilidad, y bajos costos en la difusión de video. Este tipo de IPTV es el que se pretende pueda establecerse dentro del campus politécnico.

2.3. Servicios Ofertados con IPTV

Lo que hace que los contenidos ofertados por la televisión por protocolo IP sean tan atractivos para los suscriptores es el nivel de interactividad. Comparado con el de otros servicios, IPTV maneja un nivel medio alto de interactividad, lo que abre una nueva puerta de opciones al usuario al momento de disfrutar de la experiencia de IPTV.

2.3.1. Guía Electrónica de Programación (EPG)

La EPG es una agenda donde se presenta la programación de los canales contratados por el suscriptor, ya sean en vivo o no. El listado de la programación es por lo general hasta 7 días adelante de la fecha actual, aunque es previsto por los proveedores tener la capacidad para almacenar hasta un mes de programación. La EPG está enfocada a reemplazar la guía impresa. Además trae información adicional llamada *metadata*.² Además, la EPG facilita el cambio de canales (*zapping*) y el acceso a los servicios disponibles, ya que de lado del operador, representa la primera herramienta para vender sus contenidos. Por esta

²La *metadata* es la información tal como el reparto, duración, genero, etc.

razón su diseño debe ser fácilmente ajustado y actualizado con publicidad o promociones. Por lo general el acceso a la EPG es mediante un botón exclusivo en el control remoto, y para una mayor agilidad la EPG y la *metadata* son almacenadas en la memoria del STB.

2.3.2. *Personal Video Recorder (PVR)*

El servicio de PVR se da gracias a dispositivos que almacenan y permiten que la emisión y la visión del contenido se den en diferentes tiempos. El servicio de PVR debe ser capaz de permitir saltos rápidos en un momento en particular del video, lo que hace posible eliminar fragmentos de la emisión como por ejemplo la publicidad. Un PVR posee también las funcionalidades de un grabador de cinta, como: *Play, Pause, Stop, Rewind y Fast Forward*. El almacenamiento puede darse de dos maneras, la primera es que el STB cuente con capacidad para almacenar el contenido con discos rígidos incorporados y la segunda es que disponga de ellos en algún punto de la red, tales redes son llamadas nPVR.

2.3.3. *Time Shift TV (TSTV)*

El servicio de TSTV hace posible el congelar la imagen o repetir la emisión de cualquier programa en vivo. Mientras dura la pausa o la reproducción del *Replay* las escenas que continúan emitiéndose son almacenadas. Después de la pausa, el usuario puede continuar donde se quedó pero desfasado en el tiempo un intervalo igual a la duración de la pausa o el *Replay*. Para implementar TSTV, al igual que con el PVR, se lo hace mediante dos maneras. En la primera el STB debe contar con esta opción o que uno de los elementos en la red de IPTV realice tal acción. El segundo método no es el más apropiado ya que podría generarse un pico de tráfico en la red cuando varios usuarios lo soliciten al mismo tiempo, como por ejemplo la repetición de una jugada polémica en un partido de fútbol.

2.3.4. *Video on Demand (VoD)*

En el servicio de VoD el usuario tiene acceso a menús disponibles en el *Middleware* que disponga de catálogos *online* de películas, videos educativos, videos musicales, y cualquier otro contenido de video atractivo para el usuario de manera que pueda seleccionar únicamente lo que le apetezca observar. A diferencia de la televisión en vivo, un usuario puede solicitar o detener el video solicitado en cualquier momento y no está sujeto a ningún horario de televisión en particular. Una vez escogido el contenido, la reproducción del video seleccionado comienza casi instantáneamente en la TV o PC del usuario. El alquiler

del contenido puede ser limitado en tiempo pero ilimitado en reproducción y viceversa. Para implementar el servicio de VoD se necesita primeramente de un canal de banda ancha dedicado mientras dura la descarga y una línea de retorno siempre disponible. Cada contenido es obtenido usando la EPG.

2.3.5. *Near VoD (nVoD)*

Esta es una alternativa a ofrecer VoD, dirigida a economizar el ancho de banda en la red. Es factible cuando varios usuarios solicitan un mismo programa, si se da el caso, es posible emitir el contenido en cuestión como un canal más, así varios usuarios son sincronizados en una misma emisión. La desventaja de nVoD es que los usuarios deben adaptarse a los horarios del operador. Un claro ejemplo de este servicio son las plataformas de televisión satelital, las cuales dedican varios canales a este propósito.

2.3.6. *Virtual VoD (vVoD)*

Este servicio a diferencia de nVoD es personalizado a cada usuario. vVoD requiere una demanda anticipada, posterior a esto el contenido se almacena en un PVR de forma temporal. La ventaja de usar el servicio de vVoD es disminuir el ancho de banda necesario para la distribución, pero como desventaja está el tiempo que el usuario debe esperar hasta que el contenido se descargue y almacene en el PVR.

2.3.7. *Pay Per View (PPV)*

Con PPV los suscriptores son capaces de contratar un programa en particular como partidos de fútbol, conciertos, desfiles y demás contenido transmitido en vivo. Esto implica que todos los usuarios recibirán el mismo flujo de datos. Este servicio es contratado a través de la EPG.

2.3.8. *Web TV*

La tecnología de IPTV hace posible difundir la emisión de cualquier contenido de video en vivo o bajo demanda suministrado por un segundo proveedor de contenidos que se encuentre disponible en Internet. Por esta razón, acceder a cualquier contenido de video directamente desde un proveedor en Internet como *Youtube* es perfectamente viable. Ya que existe un amplio rango de selección de contenidos, obviamente los servicios no gestionados

tienen ventaja en la difusión a expensas de no garantizar la calidad y rendimiento de video.

2.4. Arquitectura de IPTV

Es factible y completamente funcional que cualquier red basada en IP brinde el servicio de IPTV siempre y cuando la red en mención cumpla con las características necesarias para entregar los niveles de calidad y experiencia adecuados. La tecnología que envuelve a las redes de transporte y acceso está en constante evolución, así que existe más de un enfoque para levantar la infraestructura de red que provea el servicio, pero sobre todo va a depender de las necesidades y posibilidades de cada proveedor. En 2008 la UIT-T aprobó la recomendación Y.1910, la cual es una descripción funcional del servicio de IPTV que va desde la adquisición del contenido hasta las terminales del usuario. La recomendación está descrita para redes IP tradicionales, redes de nueva generación (NGN) y redes que ya incluyen IP Multimedia Subsystem (IMS) en su núcleo.

A continuación se tratará la recomendación de la UIT, y los modelos dictados por el *DSL Forum* y *ATIS* para redes IP multi-servicios. Conocer como empresas de Telecomunicaciones hacen para transmitir televisión a través de sus redes IP, será una guía para identificar los elementos necesarios para levantar el servicio de IPTV en la ESPE.

2.4.1. Recomendación UIT-T Y.1910

La recomendación Y.1910 de la UIT-T aprobada en 2008, hace referencia a la “Arquitectura Funcional de Televisión por Protocolo de Internet” [5]. Esta recomendación describe la arquitectura funcional de IPTV basada en los requisitos del servicio y definiciones de IPTV. Este modelo se convierte en un conjunto de arquitecturas funcionales que sostienen redes de transporte NGN (redes de próxima generación) y no NGN, así como modos de operación con o sin IMS³.

La recomendación Y.1910 de la UIT-T proporciona un modelo de referencia de los componentes funcionales que se necesitan en una solución de IPTV de extremo a extremo y cómo interactúan unos con otros. En la Figura 2.1 se muestran los bloques de dicha arquitectura funcional de IPTV.

³IMS es el futuro de la administración de servicios convergentes prestados por Internet.

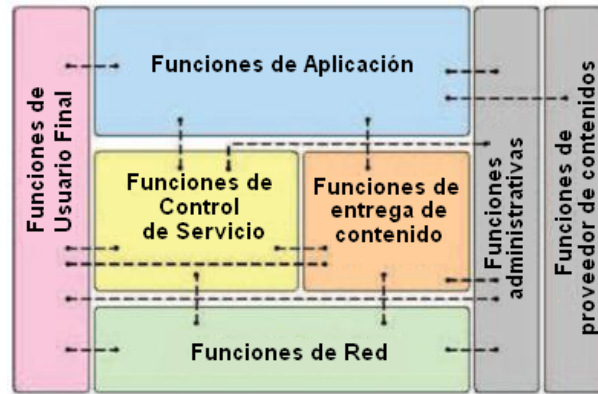


Figura 2.1: Arquitectura Funcional de IPTV

2.4.1.1. Funciones de Proveedor de Contenidos

Estas funciones son realizadas por entidades que tienen licencia para distribuir contenido, tal como películas, canales de televisión, descargas musicales y demás contenido multimedia que requieran de una licencia para ser difundidos y que estén sujetos a leyes de derechos de autor.

2.4.1.2. Funciones Administrativas

Están entre el dominio del proveedor del servicio y las funciones del proveedor de contenido. Realizan una administración global del sistema. Ven por la operación, administración, mantenimiento y aprovisionamiento. Las funciones administrativas no incluyen las funciones que aprovisionan el comportamiento dentro de las aplicaciones o las funciones que recaban información contable dentro de las aplicaciones.

2.4.1.3. Funciones de Red

Este bloque dentro de la arquitectura es el que comprende a la red IP. Las funciones de red transportan el contenido desde la fuente, contenido que es suministrado por las funciones de distribución de contenidos.

2.4.1.4. Funciones de Control de Servicio

Estas funciones de control son las que permiten la solicitud de descarga de recursos de la red y del servicio de IPTV. Administran la calidad de servicio (*Quality of Service*, QoS),

recursos de la red, y los recursos de descarga para garantizar que el contenido es recibido correctamente por el usuario. Estas funciones tienen la opción de obtener la ubicación actualizada del usuario final desde las Funciones de Red.

2.4.1.5. Funciones de Aplicación

Habilitan al usuario final funciones para seleccionar y comprar un producto que sea parte del contenido ofertado. Básicamente proporcionan una guía de programación tradicional, de publicidad, con capacidad interactiva y otras. Es aquí donde se desarrollarán y brindarán las nuevas características y funciones de la IPTV.

2.4.1.6. Funciones de Usuario Final

Estas funciones realizan la mediación entre el usuario final y la infraestructura de IPTV. En este bloque se encuentran los equipos adquiridos por el usuario como el STB, dispositivos móviles, PCs, etc. y también la pasarela residencial (*home gateway*). En definitiva este bloque comprende todos los componentes físicos y lógicos (*hardware y software*) que permitan al usuario final recibir y consumir el contenido.

2.4.2. Enfoques de la UIT-T Y.1910

Como ya se mencionó, el servicio de IPTV trabaja sobre cualquier red IP. La principal ventaja que esta tecnología ofrece a los proveedores es que existe una amplia gama de soluciones tecnológicas de donde escoger para ser implementadas de acuerdo a sus posibilidades y beneficios. La recomendación Y.1910 de la UIT identifica tres tipos de redes sobre las cuales se despliega la arquitecturas del servicio.

2.4.2.1. Arquitectura Funcional de IPTV no-NGN

En este modelo funcional la arquitectura no está basada en las redes de nueva generación y tanto los componentes tecnológicos, como los protocolos e interfaces utilizados en esta arquitectura de la IPTV ya están en uso. Este enfoque es una representación de las típicas redes existentes que proveen servicio de IPTV. En la Figura 2.2 se muestra el esquema que esta arquitectura maneja. Este diagrama de funciones es el más cercano a la adaptación del servicio de IPTV con la red WiMAX dentro de la ESPE.

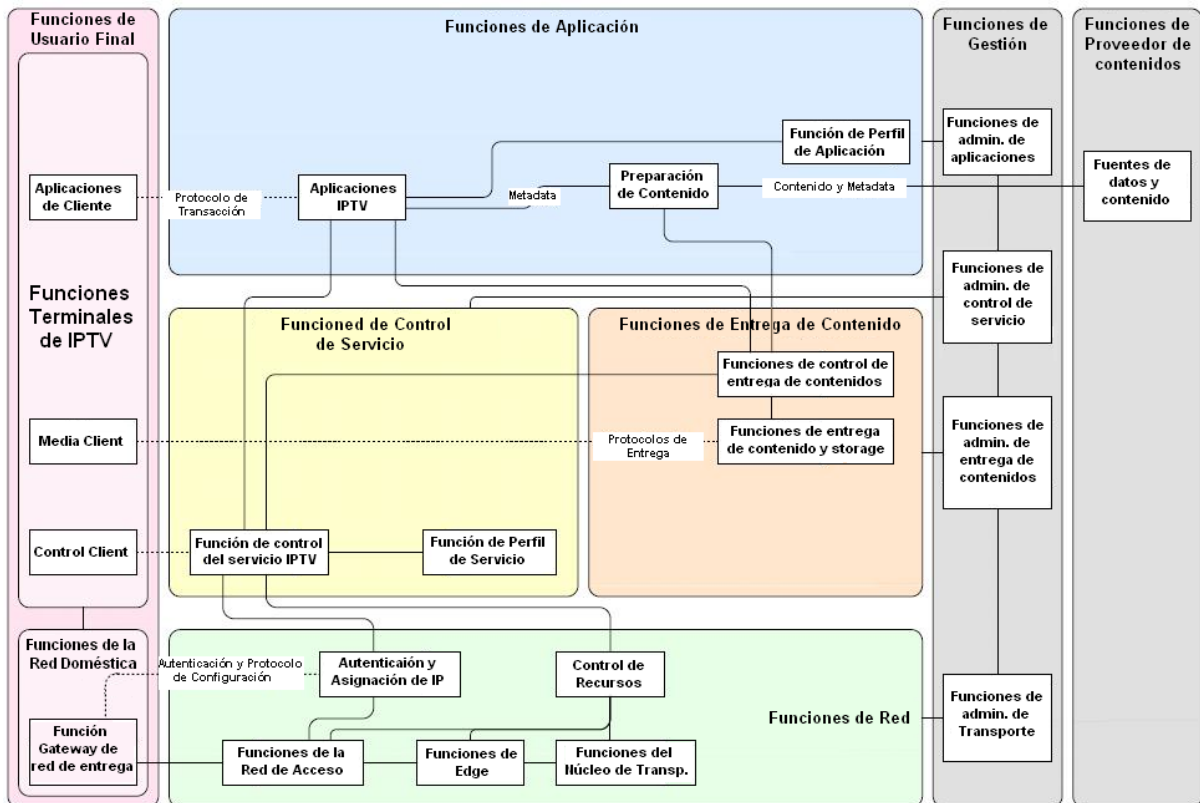


Figura 2.2: Arquitectura Funcional de IPTV sin NGN

2.4.2.2. Arquitectura Funcional de IPTV para NGN sin IMS

En este modelo la integración de IPTV en una NGN está dada por un componente del servicio de IPTV colocado sobre otros componentes de servicio NGN. Tales componentes de IPTV se dan en las funciones de red y control, que trabajan integrados en un solo bloque con los componentes de la NGN. El componente de servicio IPTV se obtiene sin utilizar las normas de tecnología IMS. La diferencia más significativa con el esquema anterior es que las funciones de red y de control se integran a las de una red de nueva generación, de manera que trabajan juntas.

2.4.2.3. Arquitectura Funcional de IPTV para NGN con IMS

El sistema IMS es parte del núcleo de las NGN. IMS permitirá que los ISP puedan controlar y facturar cada uno de los servicios que se pueden prestar por Internet. En este esquema, al igual que en el anterior modelo, las funciones de red y control de IPTV y de la NGN trabajan juntas en un solo bloque, pero en la función de control se encuentra integrado

el core de IMS. El core de IMS está destinado a administrar los servicios convergentes en esta red, de manera que los componentes del servicio de IPTV se administran con el sistema IMS.

2.4.3. Arquitectura basada en DSL FORUM

El DSL Forum es un consorcio de más de 200 compañías a nivel mundial. Como una parte del sector de las telecomunicaciones su principal objetivo es establecer nuevos estándares en la comunicación vía DSL[6]. En el diseño de redes que brinden IPTV, el DSL Forum identifica 4 niveles: Acceso, Agregación, Borde y Núcleo. A continuación se describirá las funciones de cada uno de estos niveles en la arquitectura.

2.4.3.1. Capa de Acceso

La red acceso es el inicio del Bucle Local el cual marca un punto específico de división entre la red del usuario y la red del proveedor. Un nodo de acceso debe ser capaz de manejar los protocolos de la red de agregación y los enlaces virtuales hacia la parte del usuario. Las tecnologías de ultima milla pueden ser PON en caso de fibra, xDSL para líneas de cobre. En el caso del cobre los puntos de acceso están conformados por los DSLAM. Algunas de los requerimientos principales que un nodo de acceso debe soportar son QoS, *multicast*, múltiples sesiones por puerto lógico o físico, evitar que piratas usen una dirección MAC ajena o envíen tráfico alternando direcciones MAC. El nodo debe ser capaz de limitar el número de direcciones MAC que pueda aprender de un solo puerto. También debe soportar DHCP, el cual es un protocolo de red que permite a los nodos de una red IP obtener sus parámetros de configuración automáticamente.

2.4.3.2. Capa de Agregación

La principal función de la red de Agregación es proporcionar más tráfico a la red lo que se traduce en más usuarios y un incremento en los nodos de Acceso. Cuando existe un pico de tráfico en una zona específica el nodo de Agregación prioriza el tráfico en aquellas zonas. La configuración física no está estandarizada así que se pueden adoptar topologías de anillo o estrella para asegurar que haya redundancia en la conexión de los nodos de Borde y Agregación. Generalmente los equipos que se colocan en los Nodos de Agregación son *Switches* y *Routers*, pero sobre todo deben soportar QoS para al menos 4 clases de tráfico, *Multicast*, Detección del Bucle y Balance de carga sobre los enlaces de agregación.

2.4.3.3. Capa de Borde o *Edge*

El nodo de Borde o Distribución es el punto que limita la capa de agregación, es decir un punto entre la capa 2 y la capa 3 del modelo OSI. Las topologías que se han desarrollado con los DSLAM muestran tres opciones para que estos nodos sean implementados: agregar a nivel 3 con IP y opcionalmente con MPLS, agregar a nivel 2 puramente Ethernet y a nivel 2 utilizando MPLS.

2.4.3.4. Capa de Núcleo

La función del núcleo es enrutar a gran escala y unir a nivel nacional los diferentes dominios de agregación y distribución. En esta capa no hay definición de servicios ni de abonados como es el caso de las anteriores capas.

En la red de la Figura 2.3 se identifica a los cuatro niveles de este tipo de arquitectura, así como algunos de los equipos de los que constan.

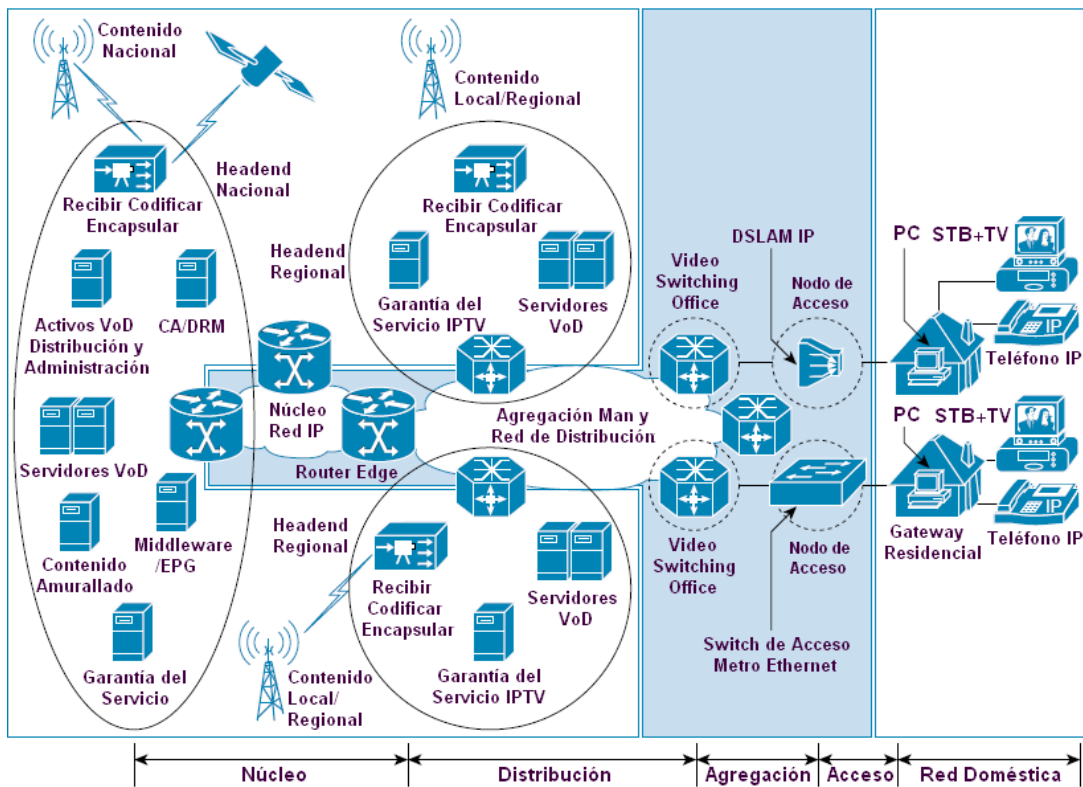


Figura 2.3: Red Basada en la Arquitectura DSL

2.4.4. Arquitectura General de ATIS

ATIS es un comité que provee el desarrollo de estándares técnicos para las tecnologías de la información a nivel mundial. La arquitectura propuesta por ATIS ha sido implementada por ya varios proveedores, signo de su escalabilidad y flexibilidad [7]. A continuación se presentan las estaciones incorporadas por ATIS.

2.4.4.1. *Super Headend (SHE)*

El SHE es el corazón de la red que ofrece IPTV. El SHE controla la adquisición de las señales de *broadcast* provenientes de diferentes fuentes como satélites, servidores de video, estudios locales, etc. La cabecera de video además cuenta con plataformas, sistemas de cifrado y control de derechos para el contenido digital. En conclusión esta estación se encarga de codificar, paquetizar y distribuir al resto de la red todo el contenido adquirido.

2.4.4.2. *Video Hub Office (VHO)*

Los VHO son los encargados de distribuir los contenidos a grupos de usuarios definidos geográficamente a través de la red de agregación. En este punto se ubican típicamente los servidores de video, se agrega publicidad y el contenido no gestionado. Dependiendo del alcance del proveedor existirán varios VHO, conectados entre si por redes de transporte de alta velocidad.

2.4.4.3. *Video Serving Office (VSO)*

Los VSO son los sitios desde donde se accede a los usuarios a través de las redes de acceso. En este punto se ubican típicamente los nodos de agregación y equipos de acceso como son las redes HFC, DSLAMs y PON en caso de fibra.

2.4.4.4. *Delivery Network Gateway (DNG)*

El DNG es el nodo de red de cada usuario instalado en casa del usuario. Hasta aquí llegan todo el tráfico proveniente de la red de Acceso. Por lo general tales instalaciones tienen una interfaz WAN que se conecta al proveedor del servicio y una interfaz Ethernet 10/100 Mbps que se conecta al STB.

En la Figura 2.4 se muestra un diseño basado en ATIS. Esta red usa para la conexión de las estaciones redes Ethernet y MPLS y en el acceso redes de cobre, fibra e híbridas.

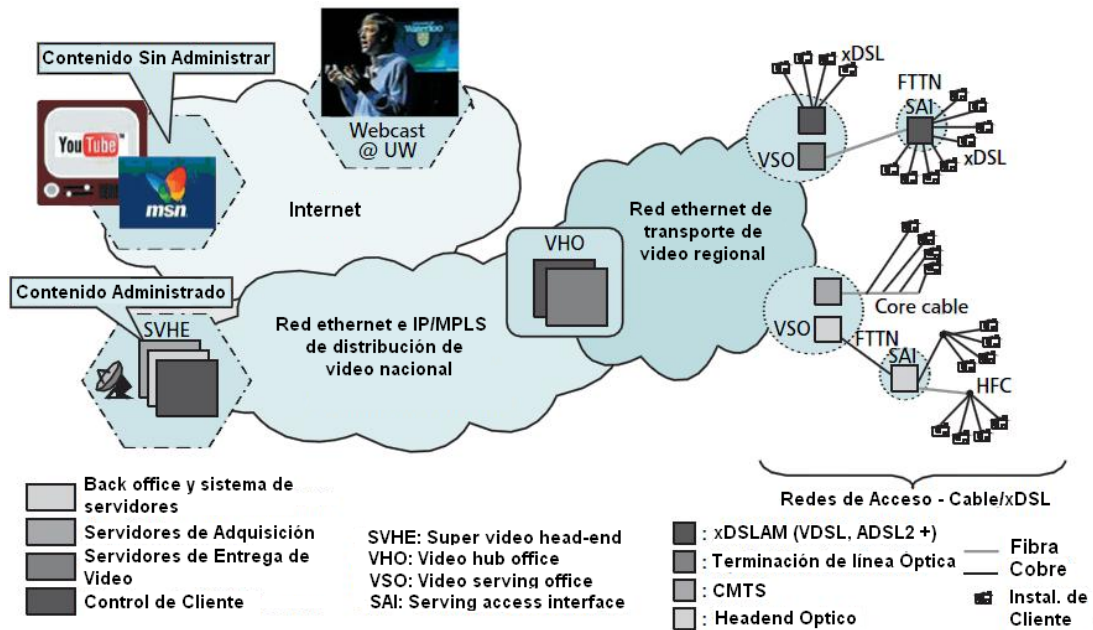


Figura 2.4: Arquitectura IPTV basada en el modelo ATIS

Las redes como la de la Figura 2.4 ofertan Televisión IP a miles de usuarios y su diseño es el adoptado por muchos TELCOS en la actualidad. Gracias a la flexibilidad de la tecnología IP, el concepto de IPTV es introducido incluso con redes privadas en el hogar para uso exclusivo en aquel entorno, en lo que ya se discutió antes como *Local IPTV*. En el siguiente capítulo se describirá más a fondo los elementos que conformarán el servicio de IPTV en la ESPE.

2.5. Beneficios de IPTV

Una plataforma de IPTV representa varios beneficios, tanto para el suscriptor como el proveedor del servicio. Una de las más significativas es la de integración de la televisión con otros servicios como Internet de alta velocidad o VoIP ya que todos son difundidos con el uso del protocolo IP. Además con IPTV es posible obtener el contenido a través de una mayor variedad de dispositivos electrónicos como PCs, teléfonos celulares, entre otros.

■ Mayor Volumen de Contenido

En las redes tradicionales de televisión por cable y satelitales se utiliza la tecnología *broadcast*, lo que significa que el usuario hace una conmutación dentro del STB para

cambiar de canal. Este *downstream* constante de datos dirigido a todos los usuarios inunda el canal, lo que limita la funcionalidad del servicio. IPTV trabaja diferente ya que el contenido se queda en la red y ya no en el STB. Únicamente la información que solicita el usuario es enviada al STB, lo que libera el ancho de banda. De esta manera la selección del usuario ya no está sujeta al tamaño del paquete de datos, lo que hace posible la alta definición en la mayoría del contenido.

■ **Evolución y Expansión de las Redes de Banda Ancha**

Con el servicio ganando cada vez más adeptos existe una tendencia en el mercado a expandir las redes de banda ancha. Los requerimientos de IPTV obligan a los TELCOS a mejorar las características de sus redes. Esta evolución no solo beneficia a las empresas proveedores para expandir su mercado, sino también a los usuarios en general que verían disponible solicitar otros servicios de banda ancha además de IPTV.

■ **Interactividad**

Con la liberación de ancho de banda y el desarrollo de aplicaciones de software, IPTV hace a la experiencia de ver televisión interactiva y mucho más personalizada. Este es uno de las opciones más atractivas y esenciales de IPTV. Las guías de televisión de IPTV son interactivas para garantizar la búsqueda de contenido a los usuarios. El usuario dispone si la búsqueda es en base a títulos, duración de contenido, género, etc. La interactividad permite también cambios de ángulos en la imagen, acceder a información de algún evento, navegar hacia otros dispositivos electrónicos, grabar, repetir, en definitiva un sin número de opciones.

■ **Reducción de Costos**

Los costos son significativamente reducidos ya que no se tienen que comprar unidades de TV alternativas como antenas satelitales. Los equipos de IPTV pueden utilizar las redes existentes en las infraestructuras locales y los terminales en las televisiones de nueva generación y PCs no necesitan de cables adicionales y costosos para obtener la imagen. Las PCs pueden captar el contenido con el software adecuado que lo reconozca, sin inversión en hardware la cual es más costosa.

2.6. Áreas donde ya se utiliza IPTV

Todo clase de organismos e instituciones pueden beneficiarse usando IPTV, y también las redes sobre las cuales es desplegado.

- **Construcción:** Las constructoras evitan el despliegue de redes coaxiales en la infraestructura, reemplazándola con tomas que integren los dispositivos del usuario a la red IP. Esto aumenta la flexibilidad y escalabilidad tecnológica del usuario y reduce los costos de construcción.
- **Educación:** Con IPTV se desarrolla una interacción en el aprendizaje totalmente nueva. El estudiante navega en clases virtuales referentes a cualquier tema. Este nuevo proceso de enseñanza utilizando TV se denomina *T-learning*.
- **Cuidados Médicos:** Los pacientes visualizan una variedad de contenido mientras están indispuestos. Información actualizada es desplegada en recepción y zonas de espera. Se graban procedimientos y operaciones para futuros intervenciones.
- **Finanzas:** Existen canales que ya distribuyen información actualizada referente a la información de mercado local e internacional.
- **Transporte:** En aeropuertos, estaciones de trenes y buses los pasajeros ven las horas de arribo y salida, información de seguridad, noticias en vivo, entretenimiento en todas las instalaciones. Incluso existen canales exclusivos en los que cada medio de transporte despliegan sus propios contenidos.
- **Estadios:** Hay cobertura en directo de los eventos dentro del Estadio. Este contenido es transmitido a través de las redes IP que cubren todo el Estadio. Las repeticiones de las jugadas son mostradas en pantallas gigantes de alta definición.

2.7. IPTV en el Mundo

El servicio de IPTV ha sido artífice de uno de los despliegues más grandes en servicios de telecomunicaciones desde sus comienzos en el 95, y ahora el servicio es ofertado en más de 100 países.

El primer programa difundido a través de Internet fue *World News Now* en 1994 por la ABC, pero el término IPTV apareció por primera vez en 1995 con la fundación de *Precept Software*. *Precept* diseñó y construyó un producto de video en Internet a partir del cual evolucionaría el servicio de IPTV. La Figura 2.5 muestra los países en los cuales el mercado de IPTV genera un gran margen de ganancias[8].

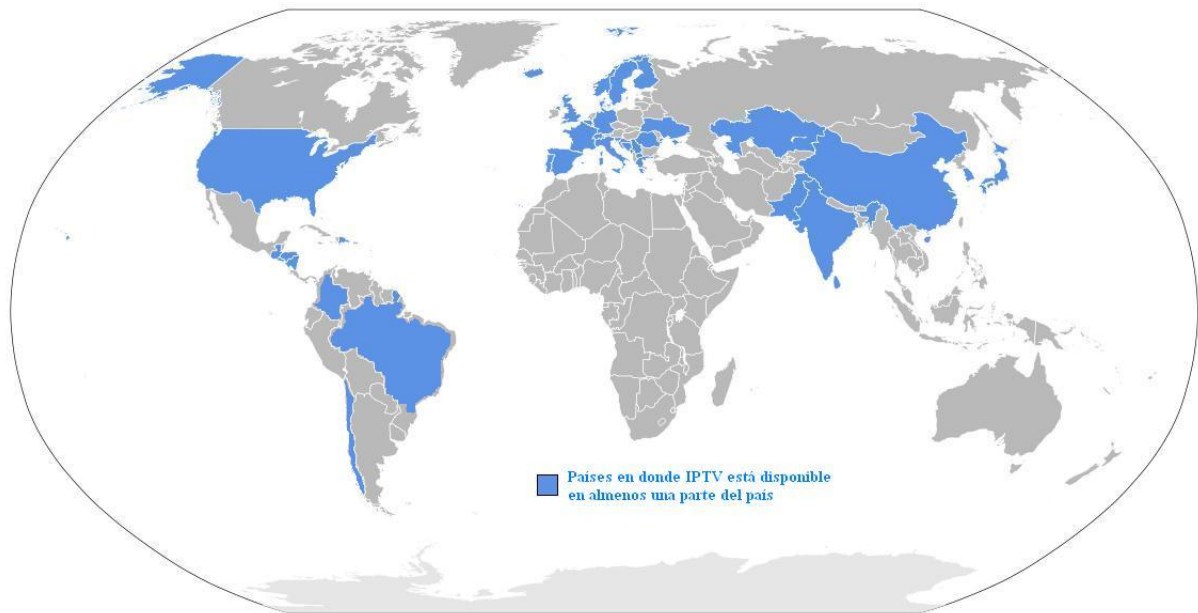


Figura 2.5: Países con disponibilidad del Servicio

A continuación se citarán los avances más significativos en los mercados mundiales por parte de las compañías que ofertan IPTV.

2.7.1. Europa

En el viejo continente se encuentran los mercados líderes de IPTV en el mundo, que en mayor parte se debe al alcance de las redes de banda ancha en ese territorio. En Alemania *Deutsche Telekom* es líder en IPTV [9]. *Deutsche Telekom* ha invertido alrededor de 3 billones de euros consiguiendo llegar a cuatro de cada diez familias alemanas. En Francia la empresa *Free* lidera el mercado, seguida de *Orange* y *Neuf Cegetel* que abastecen a 4 millones de suscriptores. En Italia, la empresa italiana *Fastweb* es la principal ofertante de IPTV y es uno de los mayores referentes en Europa de estos servicios. España ostenta unos 267.000 suscriptores que son parte de la compañía *Imagenio*, propiedad del gigante Telefónica.

La compañía de telecomunicaciones *Jazztel* también se ha unido a esta tecnología y ofrece el servicio con el nombre *Jazztelia TV*. El Reino Unido fue uno de los pioneros en el despliegue de IPTV. En 1999 *Kingston Communications* lanzó *KIT (Kingston Interactive Television)*, un servicio IPTV sobre DSL que además ofrecía interactividad. *Kingston* fue una de las primeras compañías en el mundo en ofrecer IPTV e IP VoD sobre ADSL. Otra de las empresas que ha expandido el mercado británico es la empresa *BT*, que en Febrero

de 2009 anunció que su servicio *BT Vision* había alcanzado los 400 mil suscriptores. Se han hecho avances también en países como Bélgica, Luxemburgo, Austria, Suiza, Bosnia y Herzegovina, Croacia, Macedonia, Montenegro, Polonia, Rumanía, Serbia, Eslovenia, Holanda, Grecia, Dinamarca, Finlandia, Estonia, Hungría, Noruega, Suecia e Islandia.

2.7.2. Asia

Corea del Sur cuenta en la actualidad con la mayor penetración de banda ancha a nivel global con una cobertura del 70 %, y 706 mil suscriptores de IPTV. La inversión del Gobierno al sector tiene como objetivo alcanzar una velocidad de conexión de 1 giga para las redes de cable, 10 megabites en inalámbricas y alcanzar los 2 millones de abonados a los servicios de IPTV para el año 2012. En china el primer servicio de IPTV en ser lanzado al mercado fue BesTV disponible en ciudades como Shangai y Harbin[10].

La empresa PCCW's construyó en Hong Kong su propia red IPTV usando tecnología de desarrollo propia, y con más de 610.000 abonados es uno de los mayores proveedores de IPTV del mundo. El mercado de IPTV se está expandiendo a los países del sur como Sri Lanka, Paquistán, y especialmente India. En India IPTV está disponible en la mayoría de ciudades importantes del país y fue lanzado por Airtel y por las empresas gubernamentales MTNL y BSCL. En Paquistán, IPTV fue lanzado por PTCL comercialmente conocido como *Smart TV*.

2.7.3. América

En Estados Unidos el mercado de IPTV ha sido abordado por varias empresas. En 2002, *Sasktel* fue el primero en desplegar comercialmente IPTV usando una línea de suscriptor digital a través de DSL y en 2006 fue la primera compañía Norte Americana en ofrecer canales HDTV en un servicio de IPTV. En 2006, AT&T lanzó IPTV a través de sus redes de fibra que se extienden por todo el país y en 2007 ofertaba más de 300 canales [11]. En la actualidad AT&T ofrece más de 100 canales en alta definición, y para ello ha construido una red IP privada exclusivamente para el tráfico de video.

En Latino América el desarrollo de IPTV aún está lejos del desarrollo alcanzado por mercados como el Asiático, Europeo o Norte Americano, donde ya existe una gran cantidad de operadores y un mercado establecido. La disponibilidad de banda ancha, tecnologías de las redes y factores de regulación son los principales limitantes de su desarrollo.

En Centroamérica la empresa Claro, parte de América Móvil, ha incursionado en el mercado con su propio servicio de IPTV llamado Claro TV, y está disponible en muchos de los países en los cuales opera como República Dominicana, El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua.

En Colombia la empresa pública de Medellín (EPM), reconoció haber alcanzado los 30 mil suscriptores de IPTV en 2008, y proyectaba tener el 2009 los 150 mil usuarios después de obtener la licencia que le permita operar en toda Colombia [12]. Esto lo convierte en la principal compañía latinoamericana de IPTV.

En Chile, Telefónica ha realizado un piloto de IPTV denominado *On Demand*, disponible en algunas zonas de Santiago, aunque por ahora no hay planes de extender el servicio. Por su parte la empresa Telefónica del Sur es pionera en este tipo de transmisiones en Chile. En Sao Paulo Telefónica está cableando zonas de la ciudad a través de la empresa de televisión por suscripción TVA.

2.7.4. Ecuador

En el Ecuador el despliegue de IPTV se ha visto frenado por la limitación tecnológica que vivimos. A más de las trabas regulatorias, la velocidad de conexión ofrecida por los principales proveedores de Internet en el país no es la suficiente para ofrecer los niveles de calidad requeridos del servicio. La penetración de Internet en el país es una de las más bajas en Latino América debido en gran parte a los altos costos, que oscilan entre los US\$ 20 por 300 kbps de *downstream* ADSL.

En la normativa referente al servicio de audio y video por suscripción vigente en el Ecuador no está contemplado aún el uso de la tecnología IPTV para brindar dicho servicio. Pese a esto, a IPTV se la ha tratado como si fuese un servicio de audio y video por suscripción bajo la modalidad de cable físico.

Hay que destacar que por parte de la SUPERTEL existe la apertura para que se utilice la tecnología digital en las redes de los operadores de cable. Este hecho puede facilitar la introducción de IPTV en el Ecuador. A la SUPERTEL han llegado tres solicitudes para obtener la concesión del servicio de audio y video por suscripción bajo la modalidad de cable físico. Estas son CNT, ETAPA y la empresa Eléctrica Regional Centro Sur.[13].

2.8. Concentración de Mercado y Regalías

En la Figura 2.6 se muestra la acogida que ha tenido del servicio de IPTV desde el 2009 y sus predicciones hasta el 2013[14].

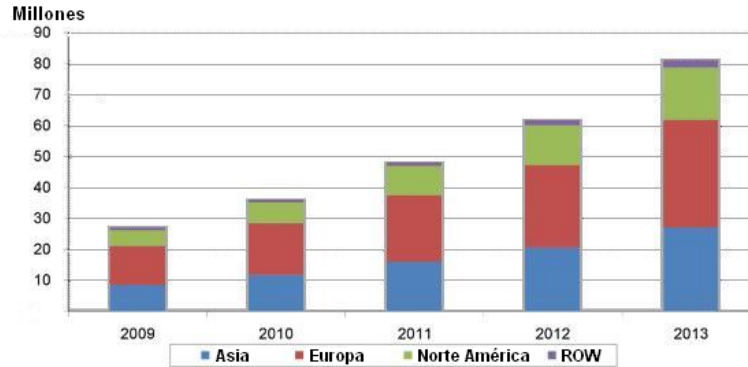


Figura 2.6: Número de Suscriptores por Regiones del servicio de IPTV

La mayor concentración e incremento de usuarios del servicio se encuentre en Europa ya que el continente tiene el mayor despliegue, en redes de Internet de banda ancha. En Asia se espera un crecimiento sostenido debido a la reciente inversión de la región en las redes de banda ancha. Para el 2013 se espera que los suscriptores ya alcancen los 83 millones a nivel mundial.

En la Figura 2.7 se muestran las regalías generadas en cada región por el mercado de IPTV en 2009 y sus proyecciones para el 2013.

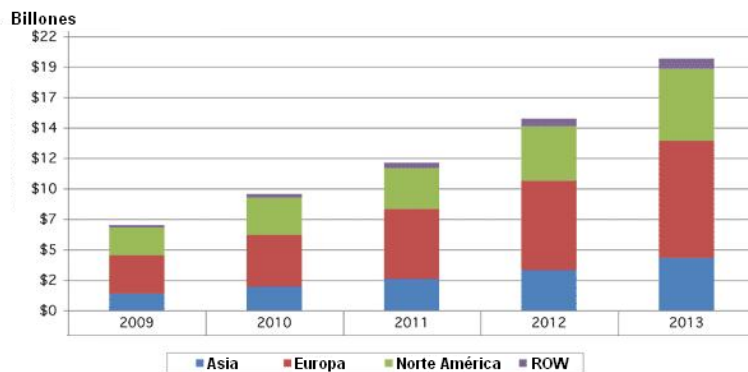


Figura 2.7: Regalías por Regiones del Servicio de IPTV

Europa y Asia son los territorios que concentran la mayor cantidad de suscriptores, pero en términos de ganancias, Europa y Norte América son los mercados más rentables para el servicio de IPTV. En el primer año el modelo de Negocio de IPTV dejó ganancias

que rodean los US\$ 12 billones a nivel global. Estudios de mercado esperan que el total de ingresos generados por el servicio alcancen los US\$ 38 billones en 2013.

2.9. IPTV y Tecnologías Inalámbricas

La tendencia en el mercado es instalar IPTV a través de medios cableados, pero su naturaleza de requerir aumentos en el ancho de banda le significa a los *carriers* realizar constantes mejoras en las infraestructuras. Además de estos costos, las empresas deben conectar los hogares a la red de distribución, en la mayoría de casos vía cable coaxial hacia la calle. Es aquí donde las tecnologías *wireless* son ventajosas.

El costo económico que representa llegar a más consumidores y reducir el cableado estructurado, es reducido efectivamente mediante tecnologías inalámbricas. El problema viene al transmitir *streamings* de alta calidad ya que las pérdidas de datos por factores de propagación son la gran limitante.

Las tecnologías *wireless* más populares como WiFi y WiMAX presentan ciertas propuestas que habilitarían su uso en la distribución de IPTV. Por parte de WiFi han habido desarrollos en el denominado *smartWiFi*, el cual mejora la ingeniería de transmisión de señales.

Estos avances podrían resultar en la posibilidad de prestar los mismos niveles de confiabilidad, cobertura y calidad de servicio que con conexiones cableadas. En la Figura 2.8 se muestra el alcance que tienen las tecnologías wireless que están disponibles en el mercado.

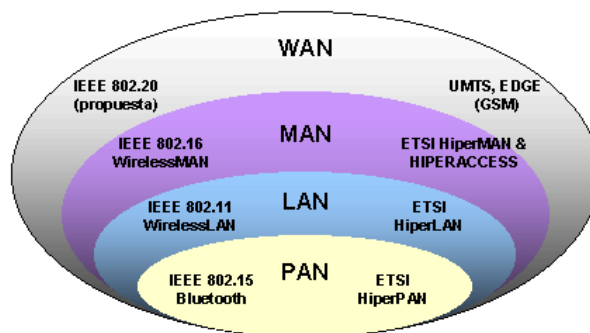


Figura 2.8: Posicionamiento de Estándares Wireless

2.10. Por qué IPTV sobre WiMAX

Proporcionar conectividad de banda ancha en última milla es un factor clave en el servicio. El desplegar XDSL y tecnologías cableadas no es tan fácil y no resultan tan escalables como las tecnologías WAN *wireless*. Como una alternativa para las redes de acceso, WiMAX ofrece una cobertura mayor a todas sus actuales competidores en el campo inalámbrico y con un mayor ancho de banda.

El costo de la infraestructura para la provisión del servicio puede ser reducido dramáticamente. Las características de WiMAX hacen posible que todas las estaciones base capten el número máximo de usuarios que se encuentren dentro del área de cobertura, y además lo hace con una mejor accesibilidad hacia la misma cantidad de contenido.

Lo más importante es que WiMAX es una tecnología que garantiza los niveles de calidad necesarios para ofrecer IPTV, a diferencia de otras tecnologías *wireless* en el mercado. WiMAX también representa una oportunidad para proveedores poco tradicionales de servicios que carecen de redes de acceso.

Soporte de tendencias futuras como movilidad, HD y acceso a Internet de banda ancha son tan solo algunas de las razones del porque WiMAX es una de las mejores opciones para el despliegue de IPTV en ambientes inalámbricos presentes y futuros.

2.11. WiMAX

El nombre WiMAX proviene de *Worldwide Interoperability for Microwave Access* y es una tecnología basada en los estándares IEEE 802.16 e HiperMAN del Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones ETSI. WiMAX fue diseñado como una solución de última milla en redes metropolitanas (MAN) para prestar servicios al público en general. Brinda conectividad de banda ancha entre puntos fijos, móviles y portátiles sin necesidad de tener línea de vista con la estación base, lo que lo hace una alternativa a usar medios cableados y a otras tecnologías similares como WiFi.

2.12. Evolución de WiMAX

El principal referente a nivel mundial de este estándar lo constituye el *WiMAX Forum*. El *WiMAX Forum* es un consorcio de más de 100 empresas dedicadas a promover la

interoperabilidad entre diferentes marcas para soluciones de última milla. El proyecto del estándar IEEE 802.16 se inició en 1998, pero el trabajo principal se desarrolló entre los años 2000 a 2003, dentro de un proceso de consenso abierto.

- IEEE 802.16-2001: Especifica la interfaz de un sistema de acceso inalámbrico de Banda Ancha aplicado a conexiones punto a multipunto (PMP), pero su gran desventaja es que requiere LOS para sus usuarios.
- IEEE 802.16a: Aprobado en 2003 como una enmienda al estándar IEEE 802.16-2001, este estándar recibió apoyo de fabricantes para equipos terminales y ya operaba en ambientes NLOS.
- IEEE 802.16-2004: Consolida a los 2 estándares anteriores, y define un acceso inalámbrico fijo. Fue diseñado para competir con los proveedores de Cable de Banda Ancha. Este es el estándar al cual corresponden los equipos en la ESPE, por lo que a continuación se detallaran sus características.
- IEEE 802.16e: Aprobado en 2005, permite utilizar terminales en movimiento con permanente conexión al sistema inalámbrico de Banda Ancha.
- IEEE 802.16-2009: Aprobado el 13 de mayo del 2009, especifica la interfaz aire, en la que se incluye la subcapa MAC y la capa PHY, en la cual se proveen múltiples servicios sobre enlaces combinados de acceso inalámbrico PMP fijos y móviles.

2.13. Características del IEEE 802.16d

- Es empleado en áreas metropolitanas (MAN), pudiendo llegar a cubrir un área de 48 km en un enlace sin línea de vista entre los receptores y las radio bases.
- Trabaja con multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM) con hasta 256 subportadoras.
- Soporta niveles de servicio SLAs y QoS, para ofrecer un servicio de televisión confiable dentro de la ESPE.
- Maneja un ancho de banda por canal de 15 a 20 MHz y alcanza velocidades de hasta 75 Mbps.
- Es independiente del protocolo que se utilice en la transmisión, en este caso el protocolo IP.

2.14. Topología de la Red WiMAX de la ESPE

Las topologías de red que se pueden disponer con WiMAX van desde diseños Mesh hasta en laces Punto a Punto. Las redes *Mesh* son aquellas redes en las que se mezclan dos topologías, la Ad-hoc y la de infraestructura. Permiten unirse a la red a dispositivos que a pesar de estar fuera del rango de cobertura de los puntos de acceso están dentro del rango de cobertura de alguna tarjeta de red que directamente o indirectamente está dentro del rango de cobertura de un *access point*.

Las redes Punto a Punto (PTP), manejan una conexión entre la Estación Base (BS) y una Estación Suscriptor (SS). Las redes PMP, se encuentra compuestas de una BS que se enlaza a una o más SS conocido como Equipo Cliente CPE. La red WiMAX de la ESPE está dispuesta con topología PMP como en la Figura 2.9.

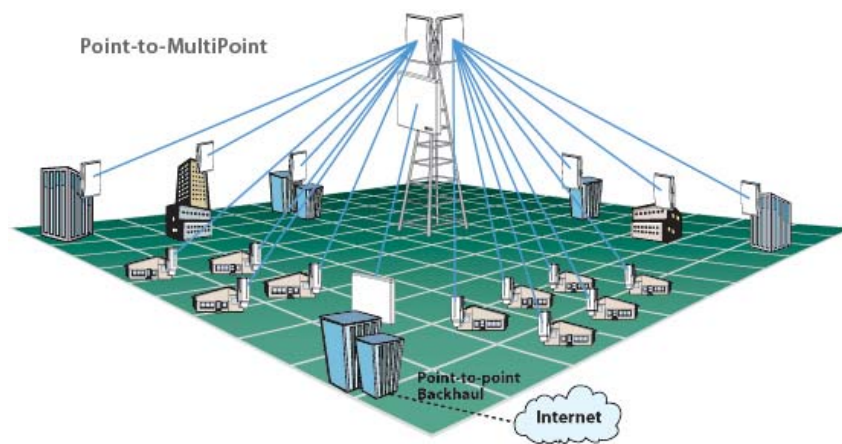


Figura 2.9: Topología Punto Multi Punto

2.15. Frecuencia de Operación de WiMAX

WiMAX trabaja en varios rangos de frecuencias y su uso depende del plan de frecuencias de la zona en la cual se esté operando. Con las actualizaciones del estándar se ha ido ampliando el rango de frecuencias en las que opera WiMAX pero por lo general se dispone de tres bandas de frecuencias: 2,4 GHz, 3,5 GHz y 5,4/5,8 GHz.

Por lo que compete al estándar 802.16d se trabaja con la banda de frecuencia licenciada en 2,5 GHz (2,5-2,69 GHz) y la no licenciada en 5 GHz (5,25-5,85 GHz).

2.16. Modulación en WiMAX

OFDM permitió el desarrollo del protocolo IEEE 802.16d y trae consigo muchas ventajas frente a estándares previos a este. OFDM envía un conjunto de ondas portadoras de diferentes frecuencias, donde cada una transporta información que es modulada en QAM o en PSK.

2.16.1. Tecnología OFDM

En previas tecnologías de multiplexación de frecuencia, como FDM, los canales de frecuencia están muy distanciados. Con OFDM las portadoras, es decir los canales de banda estrecha que transportan los símbolos de información están a distintas frecuencias y son ortogonales entre sí. Esto evita el uso de bandas de guardas y por consiguiente un uso eficiente del espectro. Estos resultados hacen posible el tener mayores tasas de transferencias, al realizarse un equivalente a una transmisión en paralelo con la mayor cantidad de subportadoras, y no serial como con la tecnología FDM.

Esta multiplexación es muy robusta frente al multi-trayecto, que es muy habitual en los canales de radiodifusión. En la Figura 2.10 se puede ver como está distribuido el espectro radio eléctrico utilizando OFDM.

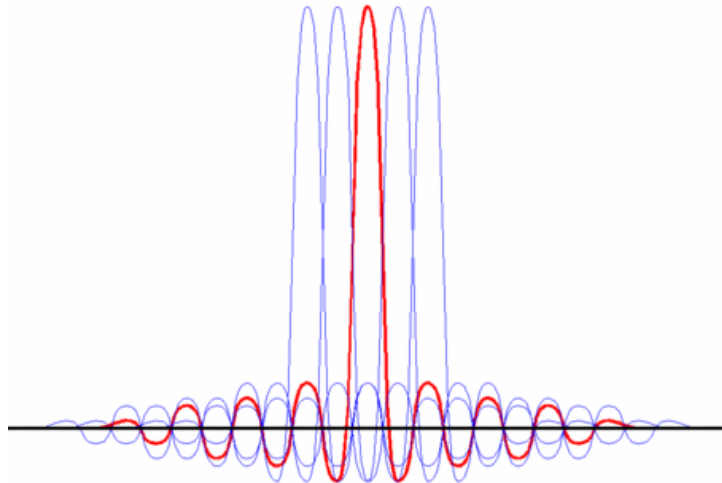


Figura 2.10: Espectro con OFDM

Debido a las características de esta multiplexación, en una transmisión con WiMAX es posible recuperar la información entre las distintas señales con distintos retardos y amplitudes que llegan al receptor. Es por esta razón que WiMAX tiene una respuesta muy

buena a ambientes NLOS de gran dispersión e interferencias y lo hacen un buen candidato para la transmisión de IPTV en la ESPE.

Con OFDM se supera la dispersión de retardo, el efecto multicamino, y la ISI de forma eficaz. Las subportadoras son moduladas con distintos tipos de modulación las cuales se describen a continuación.

2.16.2. Modulaciones Inalámbricas Empleadas en WiMAX

El objetivo de la modulación es transportar con la mayor calidad posible información a través de canales sujetos a desvanecimientos, multitrayecto y limitado ancho de banda. En un sistema de radio digital, las señales de modulación y demodulación son pulsos digitales, en los que se trabaja con los cambios de fase y amplitud. WiMAX emplea algunos de estos tipos de modulación, cada uno más robusto que otro. Así se obtienen distintos niveles de calidad de señal, de acuerdo a la proximidad de los CPEs en lo que se llama modulación adaptativa que será tratada a continuación. Las modulaciones con las que trabaja WiMAX son:

- *BiPhase Shift Keying* (BPSK): Su modulación se basa en el desplazamiento de fase, en la cual dos bits se modulan inmediatamente, seleccionando uno de cuatro grados posibles de los desplazamientos de fase del portador es decir, 0, 90, 180, 270 grados.
- *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK): Modula la señal enviándola en cuatro fases, 45, 135, 225, y 315 grados, y el cambio de fase de un símbolo al siguiente codifica dos bits por símbolo.
- *Quadrature Amplitude Modulation* (16-QAM): Esta modulación a diferencia de la anteriores realiza variaciones también en amplitud en las portadoras. 16-QAM maneja 4 fases y 4 amplitudes, de esta forma se tiene 16 símbolos.
- 64-QAM: Con esta modulación se logra la mayor transmisión de datos digitales en un medio inalámbrico ya que trabaja con 4 fases y 16 amplitudes. Con estas características se obtienen hasta 64 símbolos. La desventaja de este tipo de modulación es la robustez a una distancia alejada de la estación base.

2.16.3. Modulación Adaptativa

Este tipo de modulación permite a WiMAX ajustar el sistema de modulación dependiendo de la condición de relación señal a ruido SNR del enlace de radio. Si el enlace de radio tiene alta calidad, se usa el esquema de modulación más alto que proporciona a la transmisión mayor capacidad. En el transcurso de la transmisión y dependiendo de los efectos multicamino de la señal, el sistema puede cambiarse a un esquema de modulación menor con el fin mantener la calidad de conexión y estabilidad del enlace. La modulación adaptativa incrementa el rango sobre el cual puede ser usado un esquema de modulación superior, al contrario de tener un esquema fijo diseñado para la condición de peor caso. La Figura 2.11 es una representación de una celda WiMAX y como cambian los esquemas de modulación.

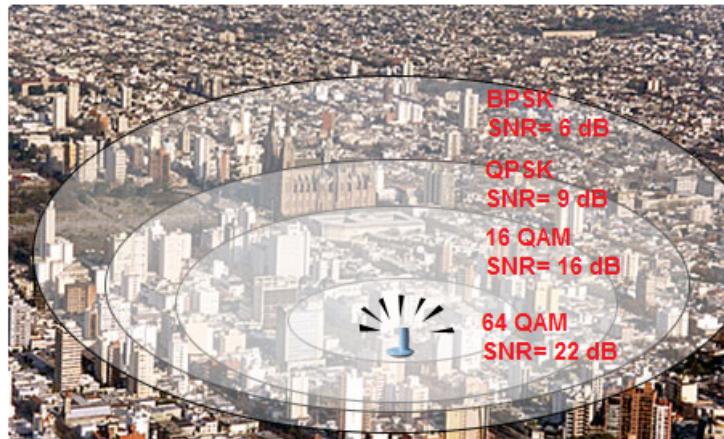


Figura 2.11: Radio de Celda de la Modulación Adaptativa

2.17. Seguridad en WiMAX

Las medidas de seguridad de WiMAX incluyen la autenticación de usuarios y la encriptación de los datos mediante los algoritmos DES3 de 128 bits y RSA de 1.024 bits[15].

Data Encryption Standard DES es un algoritmo que cifra bloques de 64 bits con una clave de 56 bits más 8 de paridad y su implementación en *hardware* y *software* es simple. Es muy útil cuando los niveles de seguridad son bajos. El mayor inconveniente al usar este algoritmo es la longitud de la clave de 56 bits ya que es muy corta, por lo que no es utilizado para cifrar datos importantes. El DES3 corrige esta problemática, al utilizar un grupo de claves compuestas por tres claves DES, cada una de 56 bits.

La criptografía RSA por *Rivest, Shamir y Adleman*, es un sistema de encriptación con clave pública que tiene tres pasos: generación de clave, cifrado y descifrado. Como en todo sistema de clave pública, cada usuario posee dos claves de cifrado, una pública y otra privada. Cuando se quiere enviar un mensaje, el emisor busca la clave pública del receptor, cifra su mensaje con esa clave, y una vez que el mensaje cifrado llega al receptor, este se ocupa de descifrarlo usando su clave privada. La generación de claves consiste en el producto de dos números primos muy altos que se eligen al azar. Este tiene éxito porque no existe forma rápida para factorizar un número grande en factores primos empleando las computadoras tradicionales.

2.18. Calidad de Servicio en WiMAX

La calidad de servicio en WiMAX es administrada por las radio bases. Estas son la encargadas de planificar y conceder el ancho de banda necesario en los enlaces de *uplink* de todas las estaciones suscriptoras según los parámetros de calidad de servicio requeridos. Determinando esta calidad de servicio se puede anticipar la latencia y el *throughput*. Existen cuatro tipos de planificación del servicio, las cuales se describen a continuación [16].

2.18.1. *Unsolicited Grant Service (UGS)*

El UGS es utilizado en transmisiones de tiempo real. Transporta paquetes de datos de tamaño fijo en un tiempo específico. En este tipo de calidad de servicio elimina la sobrecarga y latencia ocasionadas por las solicitudes de ancho de banda de parte de las estaciones suscriptoras y trabaja garantizando un periodo en el que es disponible conocer las necesidades de la transmisión en tiempo real.

Los parámetros mandatorios en este tipo de calidad de servicio son la tasa de tráfico mínima reservada, máxima latencia, *jitter* tolerado, tipo de planificación del *uplink* garantizado, políticas de transmisión e intervalos garantizados no solicitados.

2.18.2. *Real-time Polling Service (rtPS)*

rtPS está diseñado para trabajar con paquetes de datos de tamaño variable sobre períodos fundamentales, a diferencia UGS que trabaja con paquetes de tamaño fijo. El servicio ofrecido es periódico y en tiempo real bajo solicitudes *unicast* que permiten a la estación suscriptora especificar el tamaño de la concesión solicitada. La estación base

proporciona periódicamente oportunidades para las solicitudes *unicast*, con el objetivo de que el servicio trabaje correctamente. Los parámetros de calidad de servicio son la tasa de tráfico mínima reservada, tasa de tráfico máxima sostenida, máxima latencia, tipo de planificación garantizado en *uplink*, políticas de transmisión e intervalos garantizados no solicitados.

2.18.3. *Non-real-time Polling Service (nrtPS)*

En nrtPS existe una encuesta *unicast*, la cual asegura que el flujo de servicio recibe una solicitud hasta la congestión de la red. La BS típicamente encuesta conexiones nrtPS sobre un intervalo en el orden de un segundo o menos. La BS debe proveer una oportunidad de solicitud *unicast*. Los parámetros mandatorios de calidad de servicio son la tasa de tráfico mínima reservada, tasa de tráfico máxima sostenida, tráfico prioritario, tipo de planificación garantizado en *uplink* y políticas de transmisión.

2.18.4. *Best Effort (BE)*

El tipo de planificación BE consiste en proveer un servicio eficiente para el tráfico en *uplink*. Las fijaciones de las políticas de transmisión deben estar alineadas para que a la estación suscriptora se le permita usar una oportunidad de solicitud de contención como *unicast* y la oportunidad de transmitir datos. Todos los demás bits de las políticas son irrelevantes para la operación fundamental de esta planificación de servicio de acuerdo con las políticas de la red.

Capítulo 3

DISEÑO DE LA RED

3.1. Descripción General del Servicio en la ESPE

IPTV en la ESPE se lo difundirá sobre la red WAN WiMAX, que actualmente cubren solo ciertas dependencias del campus. Tales SS tendrán acceso a un servicio de VoD. En el diseño se opta por VoD por dos razones. La primera es que si la red WiMAX atiende otras funciones y no solo IPTV, el canal no permanecerá constantemente ocupado. La segunda es que al momento la ESPE no cuenta con el material de video necesario para transmitir ininterrumpidamente. El direccionamiento utilizado es *unicast*, ya que VoD requiere de conexiones dedicadas a cada uno de los usuario.

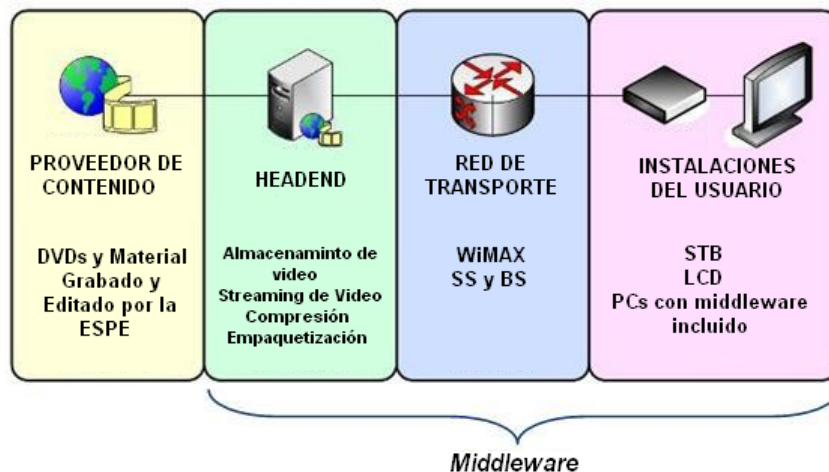


Figura 3.1: Bloques del Diseño para IPTV en la ESPE.

Como se muestra en la Figura 3.1 el diseño de la red está dispuesto en bloques, encargados de funciones específicas con el fin de entregar televisión de calidad con el protocolo

de Internet. Los bloques son: *Headend*, red de transporte (WiMAX), las instalaciones del usuario y el *middleware*.

El proceso empieza por la concentración de contenidos los cuales por el momento únicamente serán suministrados por servidores de video. El servidor de video tiene una gran capacidad de almacenamiento digital y será usado en el servicio de VoD. Este servidor opera desde el *Headend*.

Un archivo de video tiene un formato, el cual es la forma como están acomodados los datos del archivo para que puedan ser interpretados por un computador. Existen varios formatos de video como mov, avi, flv, mpeg, mkv, 3gp entre otros. Para que el contenido de TV pueda viajar por la red, sin inundarla de tráfico multimedia, debe ser comprimido al máximo. El contenido es codificado con algoritmos de compresión para eliminar redundancia espacial y temporal, y conservan la calidad de la misma y el formato del video.

Una vez que el contenido es comprimido, el flujo de video esta listo para ser distribuido en la red conformando la información en paquetes. Primero en contenedores como RTP de la capa de aplicación que emplean tramas de transporte UDP para luego encapsularlas en paquetes IP. Los protocolos de transporte que intervienen en la comunicación del servicio de IPTV serán descritos más adelante.

Cuando la información ya se encuentra adaptada en paquetes, y dirigida a direcciones *multicast* o *unicast*, comienza el *streaming* de video. Las tramas que inundan el canal de transporte están sujetas a retardos y pérdidas de datos. El *bit error rate* y el *jitter* característicos de un sistema de transmisión digital de datos serán descritos más adelante. Los paquetes son distribuidos mediante cualquier red de transporte, la cual en este proyecto es la red WiMAX de la ESPE. Actualmente a la red están conectadas 7 SS a las cuales podría llegar el servicio de IPTV, siempre y cuando dichos puntos de acceso estén conectados a un STB.

El STB, decodifica todos los datos empaquetados con los protocolos de transporte y previamente comprimidos con los algoritmos de compresión. Es por esta razón que la elección del STB es muy importante ya que debe ser capaz de manejar todas estas características. El STB desplegará la información, es decir la imagen reconstruida en cualquier sistema de visualización como un LCD o Plasma.

3.2.1.1. Control de Acceso en un Servidor de Video

El control de acceso en un servidor de video es importante ya que para que un usuario obtenga la imagen en su STB debe solicitar y tratar de establecer una conexión con el servidor, y generalmente existe más de un usuario solicitando el servicio. Para garantizar que los usuarios que se conecten a la red de IPTV tengan una reproducción continua del contenido requerido y la calidad adecuada, el servidor deberá tener recursos suficientes como memoria, ancho de banda de procesamiento y ancho de banda de red antes de admitir una nueva solicitud de conexión. Es importante tener en cuenta la reserva de recursos cuando se trabaja con *streams* de tasas de video variables[17]. Si los recursos son reservados de acuerdo al promedio o al pico de la tasa de transferencia de información, entonces los paquetes podrían bien perderse o en caso contrario se tendría una red subutilizada la mayor parte del tiempo.

3.2.1.2. Flujo de Datos en el Servicio de VoD

El flujo de datos en un sistema VoD va desde el servidor de video hacia el usuario. Es así como fluye el tráfico ya que es el usuario el que solicita los datos que están almacenados en el servidor. Existen dos formas de llevar esto a cabo: *Pull* y *Push*.

En *Pull* el equipo en la parte del usuario determina cuanta información se necesita y envía una solicitud de conexión por tal cantidad hacia el servidor VoD. Este responde con la cantidad de datos requerida. El usuario entonces recibe la información en periodos variables de tiempo y pide mas datos al servidor, así se repite el ciclo hasta que todo el programa es presentado al espectador. Este modelo tiene una debilidad ya que para la transmisión es necesario efectuar dos transferencias de comunicación.

En *Push* el usuario no hace la solicitud de información del servidor, sino que este la envía de forma continua. Esta técnica es muy empleada en casos de películas codificadas en *Constant Bit Rate* (CBR). Esto significa que una cierta cantidad de datos es siempre consumida en un cierto periodo de tiempo, tal como ocurre con el estándar MPEG1. Este modelo es también aplicable a *streams* de Variable Bit Rate (VBR), siempre que el servidor pueda transformar este *stream* a un formato CBR antes de ser transmitido.

La diferencia más notable entre ambos es que en el modelo *Pull* es el receptor el que inicia la transmisión de datos y en el *Push* el que inicia la transmisión es el transmisor. Al no usar una sincronía para la recepción de información el modelo *Push* es el recomendado,

ya que transmite la información a una tasa dada basado en el hecho de que ésta se consume al mismo tiempo eliminando retardos y preservando el ancho de banda de la red.

3.2.1.3. Protocolos Empleados por Servidores de Video

Muchos protocolos de red soportan monitoreo y gestión de transmisión de datos en tiempo real y aplicaciones de video en demanda. El protocolo mas aceptado es el *Real Time Protocol* (RTP) y el *Real Time Control Protocol* (RTCP). Estos protocolos de tiempo real bajo *User Data Protocol* UDP se emplean en aplicaciones multimedia y aplicaciones de control y se los detallará más adelante en el presente capítulo.

Para la emisión de el contenido el servidor primero interpreta la información almacenada y comprimida en el disco. El servidor procede a paquetizar y agregar encabezados. Para evitar fragmentaciones a nivel IP es importante fijar el tamaño máximo del paquete que en Ethernet es 1500 kb. Una vez completada la paquetización comienza el *bitstream* en tiempo real.

Los paquetes de control que se envían al usuario son de retroalimentación. Estos paquetes le informan al servidor el *status* de la recepción, con la finalidad de variar su modo de envío de acuerdo al *feedback* recibido. Este modo de envío se refiere a la calidad de la señal de acuerdo a la cantidad de *frames* enviados, característica que le da al servidor flexibilidad para controlar la degradación del *stream* de video.

En recepción se establece un *socket* TCP entre el usuario y el servidor. Mediante este *socket* la información del usuario como nombre del contenido, dirección IP del usuario y número de puerto para el envío del *stream* RTP es enviada al servidor de manera que éste sepa donde y que *stream* de video enviar. En caso de que el usuario lo quiera desplegar en su computador, este equipo crea un archivo HTML que carga el *Applet* para mostrar el video.

3.2.1.4. Requerimientos del Servidor de Video para la ESPE

- Proveer VoD y manejar contenido programado.
- Manejar contenido en definición estándar SD y en alta definición HD.
- Manejo de dispositivos como USB o DVD, CD, para cargar el contenido fácilmente.

- Administración mediante interfaz Web.
- Opción de desarrollar listas de reproducción.
- Disponer de interfaces de Ethernet 802.3-2008 y Gigabit Ethernet.
- Disponer de salidas de video HDMI y USB2.0.
- Gran capacidad de almacenamiento, que se encuentre en el orden de los *Terabytes* para almacenar todo el contenido que será difundido.
- Paquetización que genere el *Transport Stream* de MPEG.
- Manejar una resolución de gráficos HD de 720p y 1080i.
- Funcionamiento con una entrada de voltaje de 100-240V AC.
- La salida debe ser de 12DC a 2.5A.
- Trabajar a temperaturas de 0°C a 40°C.
- Soportar una humedad de 5 % a 95 % RH.

3.2.2. Compresión

En un sistema de video digital existe una etapa de codificación y compresión entendida como Codificación de Video [18]. La compresión de video se refiere a la reducción de la cantidad de información necesaria para representar un contenido de video sin disminuir excesivamente la calidad de la imagen. Es necesaria la compresión de video ya que la cantidad de información utilizada en una transmisión puede exceder la capacidad de almacenamiento del sistema de video.

La compresión se define por dos sistemas: el *encoder* y el *decoder*. El *encoder* convierte una señal de video a un formato comprimido. Este formato es conocido por el *decoder* el cual reconstruye la señal de video para ser luego presentada en un reproductor. Al par *encoder* y *decoder* se lo denomina CODEC.

Un CODEC debe ser eficiente y eficaz. La eficiencia del CODEC hace referencia a utilizar la menor cantidad de información posible para que las tasas de bits sean bajas. La eficacia del CODEC hace referencia a la forma de representar el video lo más fiel posible

al original, lo que conlleva a mayores tasas de bits. Lo óptimo para el servicio en la ESPE es utilizar un CODEC que sea altamente eficaz y eficiente como es la familia MPEG.

En función del sistema de video digital se desarrollan perfiles los cuales varían la relación entre eficacia y eficiencia para adaptarlo de mejor manera a la red, pero por lo general lo que hacen es eliminar la redundancia espacial y temporal en la imagen. Esta característica de variar esta relación es propia de los estándares de compresión. En la Figura 3.3 se muestran los bloques en un *Encoder*.

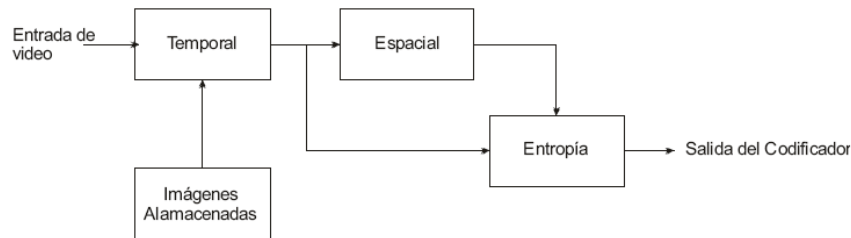


Figura 3.3: Bloques del Modelo de un Encoder

En la Figura 3.3 la señal de video que ingresa al *encoder* pasa a la primera etapa de compresión temporal, en ella se encuentran las similitudes entre cuadro consecutivos y se predicen cuadros posteriores. La salida del compresor temporal es un cuadro residual y un conjunto de vectores que indican el movimiento de la imagen.

El cuadro residual es procesado por el compresor espacial eliminando la redundancia en cada cuadro de la imagen, como la similitud de colores, texturas, etc. La salida es un conjunto de coeficientes resultado de la transformación espacial.

Finalmente los vectores de movimiento y los coeficientes espaciales son tomados por un compresor estadístico que utiliza el hecho de que algunos vectores y coeficientes son mucho más frecuentes que otros. La forma de la señal que sale del codificador es denominada *Elementary Stream* (ES). La ES contiene toda la información que el *decoder* necesita para poder convertir nuevamente la señal digital a imágenes en movimiento.

La codificación de video y audio se hacen por separado, es decir que para video se obtiene un VES y para audio otro AES. La ES es una trama de bits continua aportando información sobre las imágenes pero carece de información sobre como intercalar el video con el audio y con los datos adicionales. A continuación se discutirá el estándar de codificación y compresión MPEG.

3.2.2.1. MPEG

Los estándares de codificación se han desarrollado desde 1985 por la *International Organization for Standardization* (ISO) y la UIT, en busca de reducir el ancho de banda en la transmisión de archivos de video y reducir el espacio en memoria. Todo esto buscando afectar al mínimo la calidad de video. *Motion Picture Experts Group* (MPEG), es el estándar de codificación más conocido y aceptado por la industria en lo que respecta a la estandarización de video digital.

MPEG-*Systems* soluciona la problemática de intercalar y sincronizar Audio, Video y Datos en una única trama de datos. Para que los *Elementary Streams* que salen del codificador sean transmitidos en la red se los divide en paquetes de diferente tamaño según sea la aplicación y las características del codificador. A estos se los conoce como *Packetized Elementary Stream* (PES). Cada PES se le agrega una cabecera con información sobre el *stream*. Un PES tiene toda la información temporal para poder decodificar una señal de audio o video.

La sincronización de todo un conjunto de paquetes de datos, video y audio se encarga el MPEG-*Transport Stream*. Este multiplexor junta a todos ellos en un solo paquete denominado *Program Stream*. Sin embargo MPEG-4 tiene la opción de dejar esta tarea del MPEG-*Transport Stream* a los protocolos de transporte con el fin de transmitir video en tiempo real y eliminar el tamaño de la cabecera. En la Figura 3.4 se muestra el proceso que atraviesan los datos en los estándares MPEG.

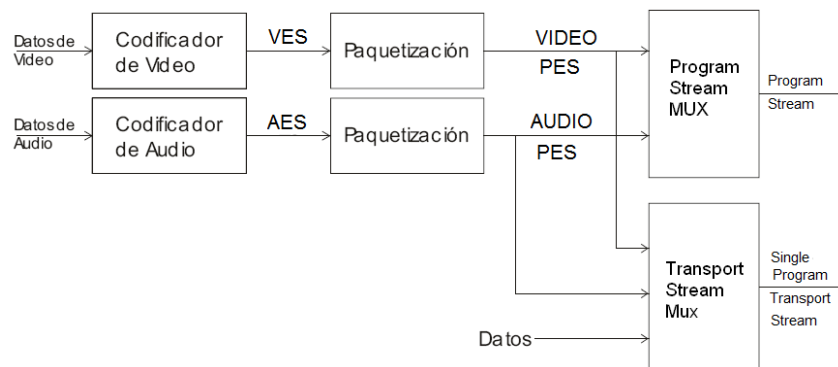


Figura 3.4: Sincronización de Datos de MPEG-System

Otro aspecto importante de MPEG es el modo en el que usa el ancho de banda disponible. MPEG permite seleccionar si la tasa de bits debe ejecutarse en modo constante (*Constant Bit Rate*) o variable (*Variable Bit Rate*). La ventaja de usar CBR es mantener

constante el uso de ancho de banda en la transmisión, sin embargo, la desventaja es que la calidad de la imagen variará, en su mayoría cuando existe movimiento en la escena. El modo VBR en cambio, mantendrá la alta calidad de la imagen sin tener en cuenta si hay o no movimiento en la escena.

La trama MPEG está estructurada de forma jerárquica con el objetivo de aumentar la flexibilidad del sistema y la intercomunicación entre el codificador y decodificador. La estructura de la trama comienza con una cabecera de la capa superior y continúa con las cabeceras de las capas siguientes. Las capas son: secuencia de video, grupo de imágenes GOP, imagen o *frame*, *slice*, macro bloque y bloque. En la Figura 3.5 se muestra de forma esquemática las relaciones de estas capas.

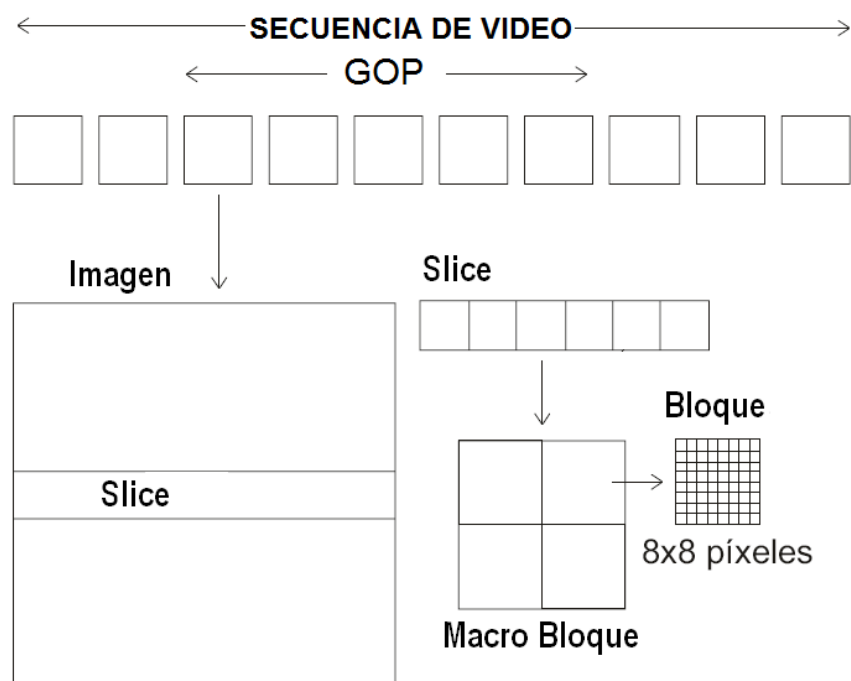


Figura 3.5: Estructura Jerárquica de la Trama MPEG

La secuencia de video empieza con una cabecera la cual contiene información de barrido, relación de aspecto, estructura de muestreo, matrices cuantificadas, nivel y perfil. Esta información es utilizada en el receptor por el decodificador para la reconstrucción de la secuencia. Cada secuencia es un grupo de imágenes (GOP). Un GOP a su vez está conformado por una cabecera seguida de una serie de imágenes o frames. Existen tres tipos de imágenes dentro de un GOP: La imagen I (Intra-trama) es codificada de forma independiente. Es descompuesta en bloques de 8x8 píxeles transformados mediante la transformada coseno. Para la imagen P (predicted) la codificación se realiza utilizando compensación de movimiento forward a partir de una imagen I u otra imagen P. Las

imágenes B (Bidirectional) se obtienen usando compensación de movimiento bidireccional a partir de imágenes I o P, es decir son generadas mas no codificadas.

La capa de *Slice* es una unidad básica de resincronización del sistema. El número de *Slices* en una imagen es variable y depende de las características del ruido en el que se aplica MPEG. Puede haber 1 *Slice* por imagen o uno por macro bloque. La capa de macro bloque es la unidad básica sobre la que se realiza la compensación de movimiento. Proporciona información sobre el tipo de codificación utilizado, la escala del cuantificador y el vector de movimiento. Por último esta la capa de bloque, la cual es la unidad de codificación a la que se aplica la transformada coseno. Contiene la información relativa a la componente de continua DC, los coeficientes AC y la información de finalización de la codificación de bloque EOB (*End of Block*).

La primera versión de MPEG, el MPEG-1 fue diseñada para el almacenamiento audiovisual en CD-ROMs. MPEG-2 lanzado en 1994, atiende aplicaciones de video en alta resolución como HDTV. El más reciente de este estándar es el MPEG-4 para comunicación audiovisual donde la tasa de transferencia debe ser optimizada al máximo. Para la transmisión de IPTV en la ESPE se utilizarán ambos estándares de compresión: MPEG-2 y MPEG-4. A continuación se revisarán ambos.

3.2.2.2. MPEG-2

El MPEG-2 presenta mejoras en cuanto a compresión, codificación intercalada y progresiva, además de la flexibilidad que vino gracias a incorporar perfiles y niveles con variaciones de calidad de compresión que permiten adaptar el estándar a diferentes exigencias de los sistemas particulares.

MPEG-2 fue diseñado para abarcar la mayor cantidad de aplicaciones de la forma más eficiente. Esto requería que el estándar fuera capaz de dividirse de tal forma que las aplicaciones más simples no conlleven a soportar los costes de procesamiento más elevados. Es así como este estándar según la necesidad y características de la red permite elegir la resolución, tamaño de la imagen, tasas de bits, frecuencia, tipo de muestreo, etc.

Los grados de calidad están definidos por el estándar en perfiles y niveles. Perfiles se refiere al espacio de colores y principalmente establece restricciones sobre los algoritmos de compresión. Los niveles definen la resolución de la imagen, muestras de luminancia por segundo, el número de capas de audio y video. Como ya se mencionó antes existen varios

perfiles y niveles de acuerdo al nivel de calidad de imagen deseado, los cuales se presentan en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1: Calidad con Perfiles y Niveles Combinados en MPEG-2

Perfil@Nivel	Resolución (Píxeles)	Velocidad de Cuadro (HZ)	YUV	Mbps	Ejemplo de Aplicación
SP@LL	176x144	15	4:2:0	0.096	Video de mano wireless
SP@ML	352x288 320x240	15 24	4:2:0	0.384	PDA's
MP@LL	352x288	30	4:2:0	4	STB Antiguos
MP@ML	720x480 720x576	30 25	4:2:0	15	DVD, SD-DVB
MP@H-14	1440x1080	30	4:2:0	60	HDV
MP@HL	1920x1080 1280x720	30 60	4:2:0	80	ATSC 1080i HD-DVB y HDTV

3.2.2.3. MPEG-4

Es también conocido como la recomendación UIT-T H.264, pero no son sinónimos ya que H.264 es tan solo una parte del Estándar. MPEG-4 está diseñado para una amplia gama de usos como: Teledifusión sobre satélite, Video bajo Demanda, DVD, sistemas de almacenamiento óptico y magnético. Es usado en servicios convencionales en redes coaxiales, DSL, Ethernet, inalámbricas y móviles.

No difiere mucho de MPEG-2, ambos utilizan perfiles y niveles para definir variantes de calidad de video y resolución. La secuencia puede ser progresiva o ínter laceada y la estructura jerárquica se mantiene casi invariante, sumando la opción en los perfiles más altos dos tipos extra de imágenes además de los I, P y B. Estos son *Switching P* (SP) y *Switching I* (SI), ambos para facilitar el cambiarse de *stream* de codificación, es decir cambiarse de una secuencia de video a otra de una manera más eficiente.

Otra de las mejoras de MPEG-4 se realiza en el formato de codificación, separándola del formato de transferencia, es decir que para transmitir video MPEG-4 no define un sistema de transporte, para que la paquetización sea más eficiente dentro de paquetes RTP. La señal de salida del codificador es una secuencia de bits llamada Capa de Codificación de Video VCL.

3.2.2.4. Ultra MPEG-4 Converter

El estándar MPEG-4 actualmente es el más eficaz y eficiente para la transmisión de datos de video, lo que lo hace el mejor candidato para la compresión de los contenido de video que viaje por la red WiMAX de la ESPE. Todo el contenido previamente a su envío deberá ser tratado con programas como el Ultra MPEG-4 Converter. Este programa es un poderoso software de conversión que codifica videos en los formatos MPEG4/AVC(Codec de Video Avanzado).

Con la integración del *codec* MPEG4/H264, este programa obtiene excelentes velocidades de conversión a la vez que conserva intacta la calidad del video original. Programas como este soportan una gran cantidad de formatos como DivX, AVI, WMV, MPG, MP4, FLV, 3GP, MOV, MKV, VCD, VOB, entre otros. Esta flexibilidad hace posible el transmitir a través de la red WiMAX casi cualquier archivo de video con las condiciones originales de calidad. En la Figura 3.6 se muestra la interfaz gráfica de este motor de compresión.

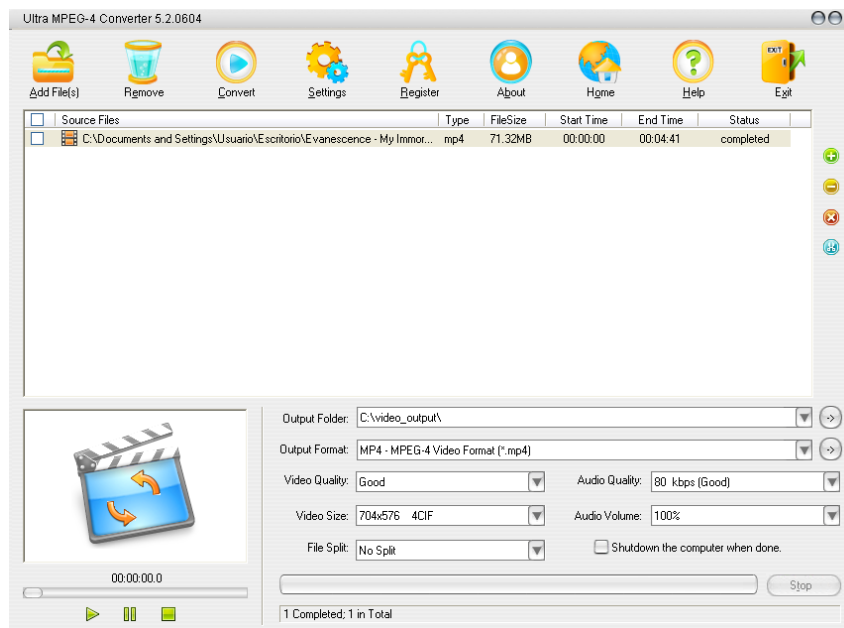


Figura 3.6: Entorno de Ultra MPEG-4 Converter

En la Figura 3.7 se muestra la captura de una escena de un video musical de *Evanescence*. Este video tiene una alta calidad de imagen y tamaño. El video es de extensión .mp4 de 1280x714 y ocupa 71.3 MB en disco. La captura de imagen del video se realizó a los 16 segundos de empezada la reproducción



Figura 3.7: Video Extensión .mp4 sin Comprimir

La Figura 3.8 es una captura de imagen al mismo instante de 16 segundos, después de ser comprimida con Ultra MPEG-4 Converter. La imagen fue comprimida con el *codec* MPEG-4, calidad de imagen definida como buena, tamaño de 704x576, *frame rate* de 23.976 fps y ocupando un espacio en disco de 35.1 MB, casi el 50 % del original.



Figura 3.8: Video Extensión .mp4 Comprimido con MPEG-4

Haciendo un contraste entre la la Figura 3.7 y la Figura 3.8 se aprecia que no existe un cambio significativo en la calidad de la señal transmitida, lo que confirma el gran potencial de este estándar y su inclusión en el proyecto.

3.2.3. Paquetización y Protocolos que Intervienen en el Servicio

Una vez codificada y comprimida la señal se realiza el proceso de empaquetar las señales de video. Es en este punto cuando se habla de las redes IP, los protocolos en tiempo real RTP, RTSP, RTMP y del concepto de *streaming*.

3.2.3.1. Streaming

El concepto de *Streaming* se lo relaciona a ver u oír un archivo directamente de una página Web. Es un equivalente a una transmisión en vivo de la señal para lo cual se han desarrollado protocolos diseñados para aplicaciones en tiempo real. El *streaming* representa una estrategia sobre demanda para la distribución de contenido multimedia a través de Internet. La información que se recibe es almacenada en un *buffer* y tales paquetes de información pueden ser reproducidos sin la necesidad de que la descarga del contenido se haya completado.

3.2.3.2. Protocolo IP

El protocolo IP (*Internet Protocol*), se encuentra en la capa de red del modelo OSI. Es un modelo no orientado a la conexión y realiza la comunicación de datos a través de una red de paquetes conmutados. IP se encarga de enviar información a través de la red en forma de paquetes, sin comprobar si estos llegan o no. La única seguridad que incorpora IP es la comprobación de su cabecera mas no de los datos y la forma de identificar los dispositivos dentro de la red es mediante las direcciones IP. La cabecera de cada paquete como se muestra en la Figura 3.9 contiene tanto la dirección origen como destino de los datos, versión, tamaño de cabecera, tipo de servicio, longitud total, etc.

0 - 3	4 - 7	8 - 15	16 - 18	19 - 31
Versión	Tamaño Cabecera	Tipo de Servicio	Longitud Total	
Identificador			Indicadores	Posición de Fragmento
Tiempo de Vida		Protocolo	Checksum Cabecera	
Dirección IP Origen				
Dirección IP Destino				
Opciones				Relleno

Figura 3.9: Cabecera IP

3.2.3.3. *User Datagram Protocol (UDP)*

Después de analizar lo más importante del protocolo de capa 3 en un sistema de IPTV siguen los protocolos de transporte o protocolos de capa 4 según el modelo OSI. El protocolo de transporte UDP provee un servicio basado en el mejor esfuerzo. Es utilizado en aplicaciones en vivo, ya sea videoconferencia o aplicaciones interactivas donde los paquetes necesiten llegar lo más pronto a su destino. En caso de no llegar sería inútil un reenvío de la trama puesto que sería demasiado tarde al transmitir en tiempo real, y ocasionaría un gasto de recursos de red. La cabecera UDP contiene 4 campos, dos de ellos opcionales ya que este protocolo no requiere de respuesta. Esos campos son el de Puerto Origen y el de Suma de Verificación. La reducida cabecera y rápida inicialización hacen posible el que se use este protocolo para *streaming* de video. En la Figura 3.10 se muestra la cabecera UDP.

0 – 15	16 – 31
Puerto Origen (opcional)	Puerto Destino
Longitud del Mensaje	Suma de Verificación (opcional)
Datos	

Figura 3.10: Cabecera UDP

3.2.3.4. *Transmission Control Protocol (TCP)*

TCP ofrece servicios de transporte tales como el control de flujo proporcionado por ventanas deslizantes, confiabilidad proporcionada por los números de secuencia y los acuses de recibo. En el caso de *streaming*, cuando se pierden paquetes la retransmisión aumenta el retardo y el consumo del ancho de banda, lo que puede provocar que se vacíe el *buffer* del reproductor y se interrumpa la reproducción. Para el servicio de IPTV el cual requiere una alta calidad de servicio se usa UDP en el *streaming*.

3.2.3.5. *Stream Control Transmission Protocol (SCTP)*

El protocolo SCTP es otro protocolo de transporte que brinda soluciones en aplicaciones que UDP y TCP no se adaptan perfectamente. Posee gran potencial para aplicaciones como *streaming* de video. Al igual que UDP se basa en datagramas pero a diferencia de este tiene un campo de número de secuencia con los que realiza controles de paquetes erróneos y pérdidas las cuales son retransmitidas. A diferencia de TCP, permite tener dentro de una misma conexión diferentes direcciones IP manteniendo siempre el puerto de conexión y número de secuencia.

3.2.3.6. *Real Time Protocol (RTP)*

Es un protocolo de capa de aplicación desarrollado para *streaming*. Provee funciones de fin a fin en la red para aplicaciones en tiempo real ya sea en transmisiones *unicast* o *multicast*, sin embargo no garantiza calidad de servicio. RTP incluye datos extras no presentes en TCP tales como *timestamp* y un número de secuencia lo que contribuye al transporte en forma continua. El *timestamp* refleja el instante de muestreo del primer octeto en el paquete. El instante del muestreo se deriva de un reloj de referencia que permite la sincronización y el cálculo del *jitter*, el cual se lo estudiará más adelante.

3.2.3.7. *Real Time Transport Control Protocol (RTCP)*

Es un protocolo de la capa de aplicación del modelo OSI que proporciona información de control para flujo de datos RTP. Funciona junto a RTP en la entrega y empaquetado de datos multimedia. Los datos son dejados en los paquetes RTP y los de control son dejados en paquetes RTCP. Este protocolo se encarga principalmente de la detección de fallas en el árbol de distribución *multicast*, número de paquetes perdidos y estadísticas de *jitter*. En resumen RTCP es usado para reportes de la calidad del servicio en el flujo RTP. Los datos RTP son unidireccionales y los datos RTCP son distribuidos de forma *many-to-many*.

3.2.3.8. *Real Time Streaming Protocol (RTSP)*

RTSP realiza control sobre datos multimedia en tiempo real y permite la posibilidad de interactividad con el reproductor. Es este protocolo el que permite adelantar, retroceder, pausar, reproducir un *streaming* de video en tiempo real, es decir es el que hace posible el servicio de *Time Shift TV*, VoD, entre otros. Reacciona a congestiones en la red reduciendo el ancho de banda y soporta RTP como protocolo de transporte.

Otra utilidad es la de brindar una forma inicial de escoger el canal de distribución óptimo hacia el usuario. Es decir escoger el protocolo de transporte entre UDP, TCP, UDP *multicast*.

3.3. Direccionamiento en la Red de IPTV

Se ha hablado del protocolo IP y de la paquetización de los bits que corresponden a audio y video, es decir de todo el procedimiento para transportar el tráfico de IPTV a

través de la red conmutada. Lo que sigue es el direccionamiento de los paquetes dentro de la red, para lo cual se necesita hablar de los conceptos de *unicast*, *broadcast* y *multicast*.

3.3.1. *Unicast*

Unicast está orientado generalmente a un único emisor o receptor, ambos envían y reciben información. Este tipo de dirección suele estar asociada a un único dispositivo o computador pero no implica una correspondencia uno a uno. Para enviar la misma información a diferentes direcciones *unicast* el emisor debe enviar dichos datos una vez por cada receptor. Es por esto que *unicast* es el direccionamiento utilizado en transmisiones de VoD, como es el caso de la ESPE, en donde el uso de canales dedicados es necesario. La desventaja de usar *unicast* es que generalmente se requiere un gran ancho de banda por usuario, lo que significa que para varios enlaces se requeriría del mismo ancho de banda multiplicado para el número total de usuarios.

3.3.2. *Broadcast*

Broadcast parecería una solución a la limitante de *unicast*, si se requeriría que todos los equipos conectados a la red LAN destinada a prestar IPTV recibieran la emisión. Los paquetes se enviarían una sola vez y los computadores y STB lo recibirían ya que fueron enviados a la dirección de *broadcast*. El problema de la difusión por *broadcast* es que quizás solo algunos de estos y no todos estén interesados en estos paquetes, por lo que en cierto sentido existe una sobreutilización de los recursos de la red.

3.3.3. *Multicast*

En una transmisión *multicast* el flujo de datos es dirigido a tan solo ciertos usuarios en la red. Por tanto, cuando se direccionan paquetes de video a un grupo *multicast*, estos paquetes son replicados y enviados a cada uno de los miembros del grupo, de esta manera todos ven el mismo contenido. Los datos son replicados por medio de routers que manejen los protocolos de *multicast* como IGMP y PIM. La mayoría de los protocolos de aplicaciones existentes que usan *multicast* lo hacen sobre el protocolo de transporte UDP [19].

En la Figura 3.11 se muestran los enlaces necesarios para transmitir un flujo de información a los equipos de una LAN. En la Figura (a) con *Multicast* y en la (b) con *Unicast*.

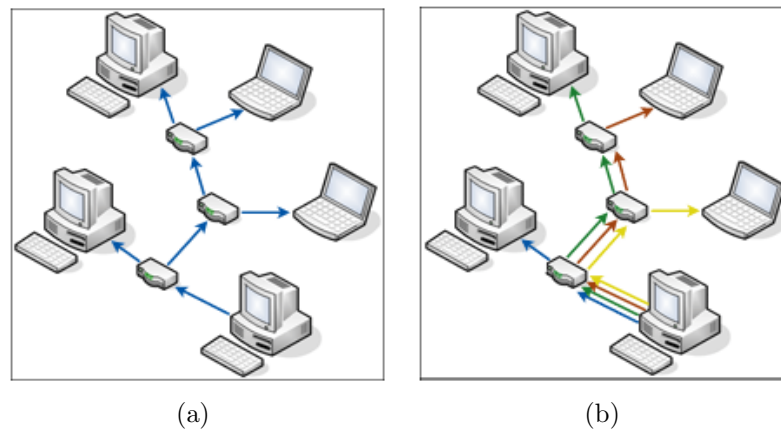


Figura 3.11: Enlaces Sobre una Red Ip con: (a) Multicast; (b) Unicast.

Multicast sería una buena opción para direccionar el contenido en la ESPE, si el servicio estuviera dispuesto para ser difundido continuamente, ya que tal contenido estaría dirigido a todos los usuarios por igual que tuvieran un acceso a la red. Aún no existe el material suficiente para hacerlo, así que para que el servicio tenga una mejor funcionalidad se ofrecerá independientemente a cada usuario una variedad de contenidos de donde escoger. Ya que los usuarios no requerirían del mismo contenido no sería viable usar por el momento *multicast*.

3.4. Bloque de Transporte

El bloque de transporte lo conforma la red WiMAX de la ESPE. Este es el medio por el cual se transmitirán las tramas de video desde la fuente hasta el receptor. Primero se tratarán parámetros relevantes en la transmisión de paquete como *jitter*, *bit error rate* y *bit rate shaping* que pueden afectar la calidad de servicio en una red que trabaja con *streaming* de video. En segundo lugar se describirá de manera general la tecnología Ethernet, la cual conecta los CPEs WiMAX con los servidores de video y los STB. Finalmente se describirá la red WiMAX de la ESPE principal componente del bloque de transporte.

3.4.1. *Bit Rate Shaping*

Bit Rate Shaping se refiere a la adaptación de la tasa de las tramas de video comprimido a un valor fijo impuesto, de manera que se adapte al ancho de banda disponible. En la red de transporte este proceso se encarga un multiplexor el cual maneja estadísticamente las tareas binarias de los servicios analizando las salidas de los mismos. El multiplexor

estadístico analiza la compresión de los *streams* y da prioridad a aquellos con mayor requerimiento de ancho de banda. En la Figura 3.12 se muestra como varía la adaptación de la tasa de tramas según el movimiento en una imagen [20].

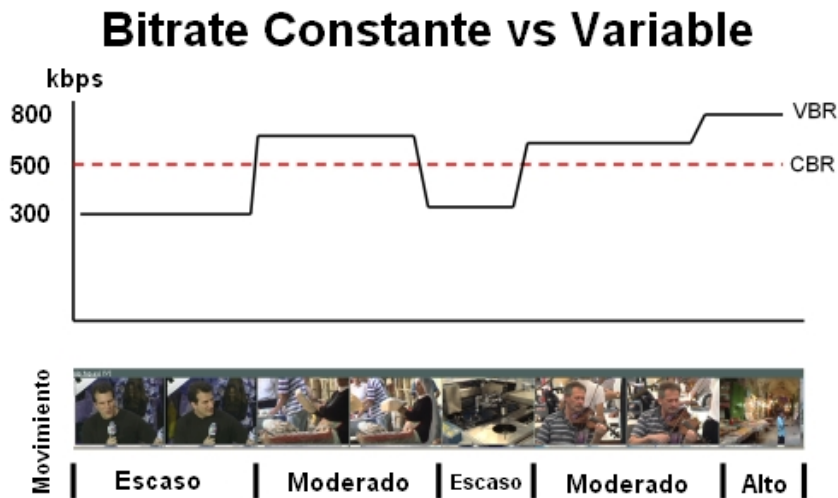


Figura 3.12: CBR y VBR

3.4.2. *Bit Error Rate*

El BER es la relación entre la calidad de bits erróneos recibidos y la cantidad total de bits transmitidos. Esta medida es un indicador del rendimiento y funcionalidad de la red. Para tener un nivel de calidad óptimo, por ejemplo, la transmisión de una película de 120 minutos a 20 Mbps debe tener un BER menor a 10^{-10} . Un BER menor a este es necesario para ofrecer niveles de calidad semejantes a los de fibra y Ethernet. Es imperativo que cuando se realicen pruebas en la red, el intervalo de medición sea lo suficientemente largo para obtener resultados que sean estadísticamente útiles. Este intervalo debe ser mayor que el intervalo en el cual se espera por lo menos un error para obtener la medición del BER.

3.4.3. *Jitter*

El *jitter* es la variación en el tiempo de llegada entre pulsos sucesivos, es decir es la medida de tiempo entre el momento en que se espera que un paquete llegue y efectivamente llega. Para contra restar este efecto se implementan *Jitter buffers*, que actúan como contenedores del *jitter* introducido por las redes de paquetes conmutados, para que la reproducción pueda ser continua.

3.4.4. Ethernet

Ethernet es un estándar de redes de computadoras de área local y define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI. Ethernet se tomó como base para la redacción del estándar internacional IEEE 802.3. De todos los estándares que hay de la tecnología Ethernet, el estándar 802.3y 100BASE-T2 de 100 Mbit/s sobre cable UTP, es al que se va a utilizar para la conexión de los equipos. Esto es, los computadores, el servidor y el STB estarán conectados hacia los CPEs WiMAX a través de Ethernet. En la Figura 3.13 se muestra la trama Ethernet que transporta los datos a nivel Físico y de Enlace.

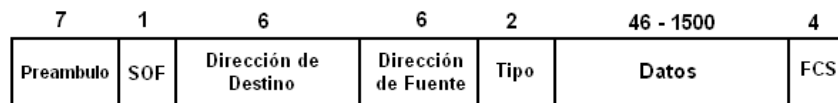


Figura 3.13: Trama Ethernet

3.4.5. Red WiMAX

WiMAX es multiplataforma por lo consiguiente los protocolos que intervienen en la transmisión de IPTV resultan transparentes para esta tecnología. Los equipos que posee la ESPE son marca Alvarion, empresa dedicada a la fabricación de equipos inalámbricos para diversos ambientes. Los equipos pertenecen a la familia *BreezeACCESS* de Alvarion que ocupan una modulación con OFDM y presentan capacidades avanzadas de calidad de servicio. Usando OFDM se puede trabajar en ambientes sin línea de vista directa entre la estación base y suscriptoras (NLOS), lo cual representa numerosos beneficios tanto en eficiencia espectral como en ahorro de energía debido a las potencias que utilizan dichos equipos. El sistema de acceso inalámbrico *BreezeACCESS* de la ESPE consta de dos componentes los cuales se describen a continuación.

3.4.5.1. Estación Base

La estación base *BreezeACCESS* es altamente modular y escalable, se encuentra disponible en tamaños micro y macro para garantizar la máxima rentabilidad del sistema WiMAX. Los módulos pueden ser intercambiables inclusive si estos se encuentran encendidos, poseen una alta disponibilidad y se puede complementar a través de múltiples sistemas de redundancia. En la Figura 3.14 se presenta la estación base de Alvarion.



Figura 3.14: Estación Base BreezeACCESS

3.4.5.2. Estación Suscriptora

La estación suscriptora *BreezeACCESS* se compone de una unidad interior (IDU) y una al aire libre (ODU). Estos componen el CPE de *BreezeACCESS* que se muestra en la Figura 3.15.



Figura 3.15: CPE de BreezeACCESS

Los CPE de *BreezeACCESS* son capaces de operar en diversos entornos. Los suscriptores pueden tener un acceso rápido a tasas netas de datos de hasta 10Mbps en un canal de 3.5 a 10 MHz. El CPE ODU contiene un módem, radio, procesador de datos y componentes

de gestión. También contiene una antena plana de alta ganancia, ya sea con polarización vertical u horizontal. Aunque también se puede encontrar CPEs ODU con un conector a una antena externa. Cada IDU se conecta directamente a la ODU a través un cable categoría 5e, el mismo que lleva los datos tráfico, además de las señales de activación y control entre el IDU y ODU.

3.4.5.3. Características de los Equipos Alvarion

En la Tabla 3.2 se muestran algunas de las características de los equipos Alvarion que se encuentran funcionando en la ESPE y por los que se transmitirá el tráfico de IPTV.

Tabla 3.2: Características Equipos Alvarion

Características	Estación Base BreezeAccess	CPE BreezeAccess
Estándar	802.16-2004	802.16-2004
Banda de Frecuencias	1,5GHz; 2,3GHz; 2,5GHz; 3,3-3,8GHz; 5GHz	1,5GHz; 2,3GHz; 2,5GHz; 3,3-3,8GHz; 5GHz
Capa física	OFDM 256 FFT con uplink	OFDM 256 FFT con uplink
Modo Dúplex	FDD, TDD	FDD, TDD
Modulación	64 QAM a BPSK(8 niveles adaptativos)	64 QAM a BPSK(8 niveles adaptativos)
Ancho de canal	1,75MHz; 3,5 GHz; 5MHz; 7MHz; 10 MHz	1,75MHz; 3,5 GHz; 5MHz; 7MHz; 10 MHz
Potencia de Transmisión	28 dBm	20 dBm
Ganancia de Antena	Antena externa 8 dBi, de 60°, 90°, 120°; omnidireccional	Antena Interna 18 dBi
Interfaz	10/100/1000 Base-T, E1/T1	10/100 Base-T, 802.11g Wi-Fi, RJ-11 POTS, E1/T1
Sensibilidad	-82 a -85 dBm	-82 a 85 dBm

3.4.6. Estado Actual de la Red WiMAX de la ESPE

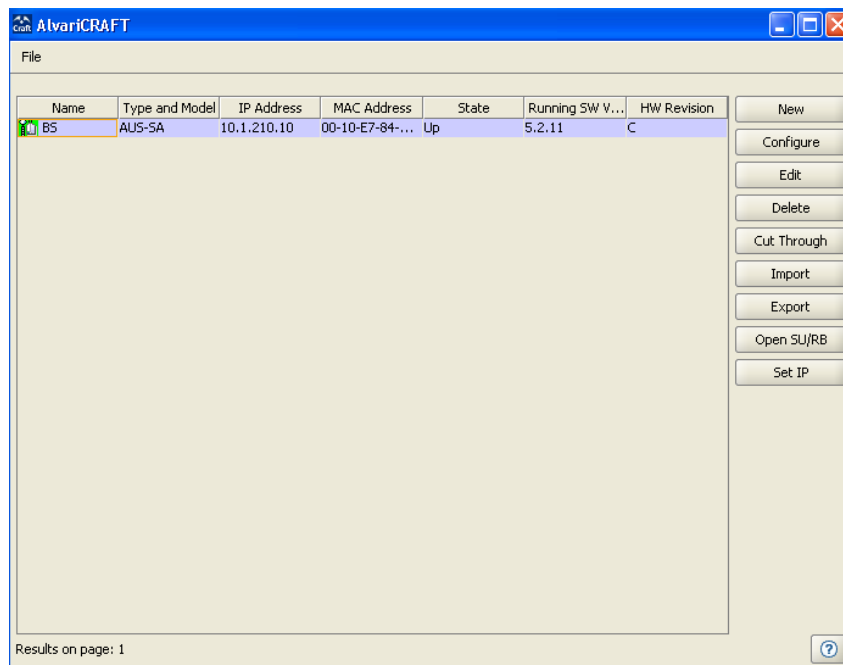
Actualmente se encuentran en funcionamiento 9 estaciones suscriptoras y 1 estación base. La ubicación de las estaciones suscriptoras y de la estación base dentro de la ESPE se encuentra detallada en la Tabla 3.3. Junto con su localización, también se detalla la dirección IP con la que está configurado cada uno de los CPEs.

Tabla 3.3: Localización de Equipos Alvarion en la ESPE

Dirección IP	Ubicación	Función
10.1.210.10	Edif. Posgrados	Estación Base
10.1.210.20	Lab. Electrónica	Estación Suscriptora
10.1.210.30	Residencia	Estación Suscriptora
10.1.210.40	Bloque Central	Estación Suscriptora
10.1.210.50	Lab. Biotecnología	Estación Suscriptora
10.1.210.60	M.E.D.	Estación Suscriptora
10.1.210.70	Idiomas	Estación Suscriptora
10.1.210.80	Lab. Electrónica	Estación Suscriptora

3.4.7. Gestión de Tráfico

Para la gestión de Tráfico se los equipos Alvarion utilizan *AlvariCRAFT*. Este es una herramienta de Software de gestión de los componentes de la familia *BreezeACCESS VL* de la red de banda ancha inalámbrica de Alvarion [21]. Esta es una aplicación basada en *Simple Network Management Protocol* (SNMP). Este protocolo de la capa de aplicación facilita el intercambio de información de administración entre dispositivos de red y facilita al administrador controlar un gran número de unidades desde el mismo lugar. A continuación en la Figura 3.16 se presenta la interfaz de *AlvariCRAFT*.

**Figura 3.16: Entorno Gráfico de AlvariCRAFT**

AlvariCRAFT dentro de las funciones de gestión de servicio permite al administrador cambiar ciertos parámetros de configuración en el enlace, entre las que se incluye la priorización de tráfico.

3.4.7.1. Priorización del Tráfico

Cada paquete recibido por el puerto Ethernet es procesado dependiendo de los parámetros de Priorización de Tráfico. Ya que el tráfico circundante en la red WiMAX es de todo tipo, para garantizar el servicio de calidad, en cada una de las estaciones se configura el tipo de tráfico que corresponde al de IPTV como de alta prioridad. La priorización de los paquetes es hecha usando diferentes clasificadores:

- Prioridad para VLAN.
- Prioridad ToS: Precedencia de IP o DSCP.
- Puertos UDP y/o TCP.

Service Parameters

General Traffic Priority \ DRAP Parameters \

Low Priority Traffic Min (%)

VLAN Priority Threshold *

ToS Prioritization *

IP Precedence Threshold *

DSCP Threshold *

UDP/TCP Port Range Prioritization *

UDP Port Ranges

RTP/RTCP Prioritization *

UDP Port Ranges Table

Range Start	Range End
-------------	-----------

Delete All Port Ranges

TCP Port Ranges

RTP/RTCP Prioritization *

TCP Port Ranges Table

Range Start	Range End
-------------	-----------

Delete All Port Ranges

* Requires reboot to take effect

Figura 3.17: Priorización de Tráfico con AlvariCRAFT

En la Figura 3.17 se muestra el entorno gráfico de configuración de Priorización de Tráfico de Alvaricraft.

La opción de *Low Priority Traffic Min (%)* es usada para prevenir que el tráfico de baja prioridad no sea enviado en lo absoluto. De esta manera estos paquetes de baja prioridad son transmitidos incluso a expensas del tráfico de alta prioridad. Para las pruebas se mantendrá en 0 %, para el uso exclusivo de IPTV.

El clasificador de *ToS Prioritization* hace una priorización del Tráfico dependiendo de acuerdo al Tipo de Servicio. Esta opción de Priorización es la que debe ser utilizada en la transmisión de IPTV en la red WiMAX.

De las tres opciones que define este clasificador, la segunda es la que más se acerca al propósito de este proyecto. Estas opciones de configuración son:

- *Disable*, el cual desactiva la opción de priorización por Tipo de Servicio.
- *IP Precedence*, activación de la priorización basada en los 3 bits de precedencia IP en el encabezado IP, acorde con la norma RFC 791.
- *DSCP*, activación de la priorización basada en el código de 6 bits de diferenciación de tráfico, acorde con la RFC2474.

La opción de *IP Precedence Threshold* es aplicable cuando el clasificador *ToS* está colocada en la opción *IP Precedence*. Esta opción es usada para realizar la priorización de acuerdo a un nivel de umbral. Esta será la usada en el proyecto.

Si el valor de los 3 bits de precedencia IP en el encabezado IP es más alto que este umbral, el paquete es enrutado a una cola alta. Si el valor es menor o igual que este valor umbral, el paquete será transferido a una cola baja.

El número que corresponde al tipo de tráfico a transmitirse es el 3, el cual es usado para transmisión de audio y video. Los valores de umbral van de 0 a 7 y se muestran en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4: Valores de IP Precedence Treshold

Valor	Descripción
000 (0)	Mejor Esfuerzo
001 (1)	Prioridad
010 (2)	Inmediato
011 (3)	Flash, usado principalmente para Voz o Video
100 (4)	Flash Override
101 (5)	Crítico, usado principalmente para Voz RTP
110 (6)	Internet
111 (7)	Red

El clasificador de UDP/TCP *Port Range Prioritization* es el último de los clasificadores de priorización de tráfico. Esta priorización define 4 opciones según el tipo de puerto al que se accede para establecer una comunicación, dependiendo del protocolo de transporte. Estas son:

- Disable, la cual deshabilita esta opción de clasificación mediante los puertos.
- Solo UDP, es decir solo puertos UDP serán utilizados en la comunicación.
- Solo TCP, solo puertos TCP serán utilizados
- UDP y TCP, Habilita ambos puertos

Para el servicio de IPTV se deben priorizar los puertos UDP, ya que este protocolo de transporte es el utilizado en esta clase de servicio, ya que TCP ocasionaría delays en exceso y desperdicio de los recursos de la red. Con TCP no se podría garantizar la calidad del servicio.

Cuando la priorización de rangos de puertos UDP/TCP se ha habilitado, AlvariCRAFT permite gestionar dichos rangos de puertos a ser utilizados como clasificadores de prioridad. Todos los paquetes cuyo destino está incluido en la lista serán enviados a la cola alta. Todos los demás paquetes serán enviados a la cola baja.

Los intervalos de puertos UDP/TCP incluyen los siguientes componentes:

- *RTP/RTCP Prioritization*: Cuando una aplicación usa RTP/RTCP, escoge números consecutivos como puerto destino. Seleccionando la opción de RTP con RTCP, todos

los paquetes cuyos números de destino están incluidos en la lista son enviados con alta calidad. Para IPTV es necesaria esta opción, ya que RTCP es vital para la entrega de todas los tipos de servicios ofertados por IPTV.

- *UDP/TCP Port Ranges Tables*: Cada tabla puede incluir hasta 64 entradas. En esta opción se pueden añadir rangos de puertos en la lista. Los cambios hechos en el dispositivo solo tomarán lugar cuando se aplique los cambios con el botón *Applytable*.

3.5. Bloque de Instalaciones de Usuario

3.5.1. *Set-Top Box* (STB)

Un STB es un dispositivo que convierte las señales digital de paquetes IP en una señal que el televisor puede interpretar para ser mostrada en pantalla. El STB hace posible el disfrutar de todo el conjunto de ventajas que ofrece la nueva televisión digital, como es el Acceso condicional, televisión interactiva o la televisión en alta definición.

3.5.1.1. Funcionamiento de Set-Top Box

El funcionamiento del STB de IPTV sigue ciertos pasos los cuales se describen a continuación:

1. Captar una señal digital, la cual incluye información de video (MPEG-2 o MPEG-4), de audio y de datos.
2. Separar los tres tipos de información para tratarlos por separado.
3. El sistema de acceso condicional decide cuales son los permisos que tiene el usuario para poder ver los contenidos que esta recibiendo. En caso de tener los permisos, descifra la información
4. Una vez descifrados, los paquetes de video y audio son enviados al televisor.
5. Los paquetes de datos recibidos junto con los de video y audio, se ejecutarán en caso de ser necesarios o solicitados por el usuario.
6. El STB puede poseer un canal de retorno por donde enviar datos a la cabecera, en caso de solicitar nuevos servicios.

3.5.1.2. Arquitectura de Set-Top Box

Para poder ejecutar los datos o programas descargados de la señal de datos, se necesitan una serie de elementos. Estos siguen un esquema de capas muy parecido al de un computador:

- **Capa de *Hardware*:** Son todos los componentes físicos que forman un STB como CPU, memoria, decodificador MPEG, entre otros.
- **Sistema Operativo:** El sistema operativo debe ser capaz de realizar operaciones en tiempo real como la decodificación MPEG. Algunos STB trabajan con sistema operativo Linux o Windows CE.
- ***Middleware*:** Se trata de un conjunto de módulos que permiten un desarrollo más eficiente de las aplicaciones. El *middleware* proporciona un API para cada uno de los tipos de programación que soporta. De los diferentes lenguajes de programación que puede soportar un STB, el más prominente es DVB-J (DVB-Java), el cual es utilizado para aplicaciones interactivas MHP
- **Capa de Aplicaciones:** Aquí se encuentran las aplicaciones, que una vez descargadas se ejecutan como la EPG o los anuncios interactivos. Esta capa no está operativa en todo momento, solo se ejecuta cuando el consumidor lo solicita.

3.5.1.3. Requerimientos del STB para la ESPE

- Funcionamiento bajo una entrada de energía de 100-240V AC.
- Alto desempeño con alta definición y codificación avanzada.
- Tener la opción de DVR y entregar una imagen a detalle con una resolución HD de 720p y 1080i.
- Disponer de un disco duro interno que permita el contenido a distintos intervalos de tiempo.
- Debe estar respaldado por un extenso ecosistema de *middleware*.
- Disponer de salidas de video HDMI y USB2.0
- Reconocimiento de las tramas MPEG.

- Trabajar a una temperatura de 0°C a 40°C.
- Manejo de interfaces Ethernet y Gigabit Ethernet
- Entregar una señal de energía de 12VDC para que sea compatible con los demás equipos.

3.5.2. Interfaz de Video

La señal que es decodificada y ensamblada por los STBs es mostrada en un televisor, mediante una interfaz HDMI o un cable de video RCA. La señal codificada de video también puede ser vista en computadores que cuenten con puertos Ethernet, el cual ya se describió anteriormente, siempre y cuando esté instalado el *middleware* de IPTV en el computador.

High-Definition Multimedia Interface (HDMI) es una interfaz multimedia de alta definición que permite el uso de vídeo digitalizado HD, así como audio digital multicanal en un único cable. HDMI incluye también 8 canales de audio digital sin compresión. HDMI utiliza la tecnología de codificación TMDS para enviar los datos de video descomprimidos por el STB. La versión HDMI 1.3 tiene un ancho de banda de 340 MHz (10.2 Gbit/s). En la Figura 3.18 se muestra un conector HDMI tipo A de 19 pines. Es aconsejable que tanto el STB como el equipo reproductor que van a servir en la ESPE tengan esta interfaz, para poder desplegar contenido de alta definición.



Figura 3.18: Conector HDMI

Otra interfaz es el conector RCA el cual es un tipo de conector eléctrico, muy común en el mercado audiovisual, para transportar señales de audio y video. El cable RCA generalmente viene según un código de colores. Amarillo corresponde a la señal de video,

rojo para el canal derecho, y blanco o negro para el canal izquierdo o audio *stereo*. Este conjunto de conectores puede ser encontrado en casi todos los equipos de audio y video. En la Figura 3.19 se identifica a este tipo de conector.

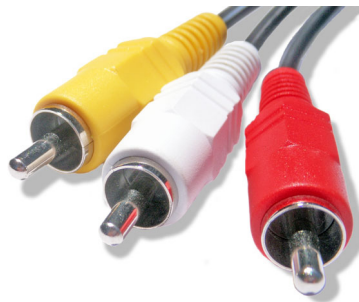


Figura 3.19: Conectores RCA

3.5.3. Sistema de Visualización

3.5.3.1. Resolución de Imagen

El término resolución de imagen hace referencia a cuánto detalle aparece en la misma. Tener mayor resolución se traduce en obtener una imagen con más detalle o calidad visual. En cuanto a las imágenes digitales, estas tendrán una mejor resolución conforme aumente el número de píxeles [22]. En la Figura 3.20 se muestra, con una imagen simple, como cambia la resolución de acuerdo al número de píxeles.

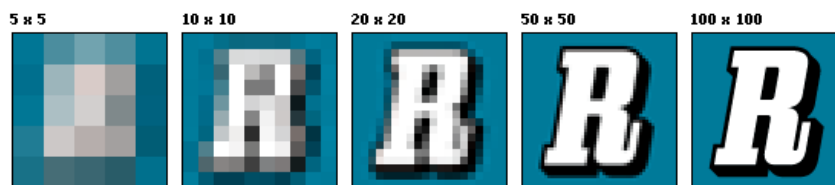


Figura 3.20: Variación de Píxeles

El píxel es la menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital, ya sea esta una fotografía, un fotograma de vídeo o un gráfico [23]. Las imágenes se forman como una matriz rectangular de píxeles, donde cada píxel forma un área relativamente pequeña respecto a la imagen total. Si se mira más de cerca una imagen digital se distinguen los píxeles que aparecen como pequeños cuadrados o rectángulos en color, en blanco, en negro, o en matices de gris.

Cada píxel se codifica mediante un conjunto de bits de longitud determinada, lo que se conoce como “La Profundidad de Color” que no es mas que la intensidad con la que

será representado. Si un pixel es codificado con un byte (8 bits), cada pixel admite 256 variaciones de colores. En las imágenes de color verdadero se suelen usar tres bytes para definir un color, lo que significa que en total podemos representar 2^{24} colores (16'777.216 opciones de color). Los tres bytes corresponden a tonalidades de rojo, verde y azul.

Para las imágenes digitales generalmente se describe a la resolución de dicha imagen con dos números enteros. El primero es la cantidad de columnas de pixeles, es decir, cuántos pixeles tiene la imagen a lo ancho. El segundo representa la cantidad de filas de pixeles, es decir, cuántos pixeles tiene la imagen a lo alto. Esta forma de describir la resolución es conocida como relación de aspecto. En la Figura 3.21 se muestran algunos de los estándares de video y su relación en tamaño.

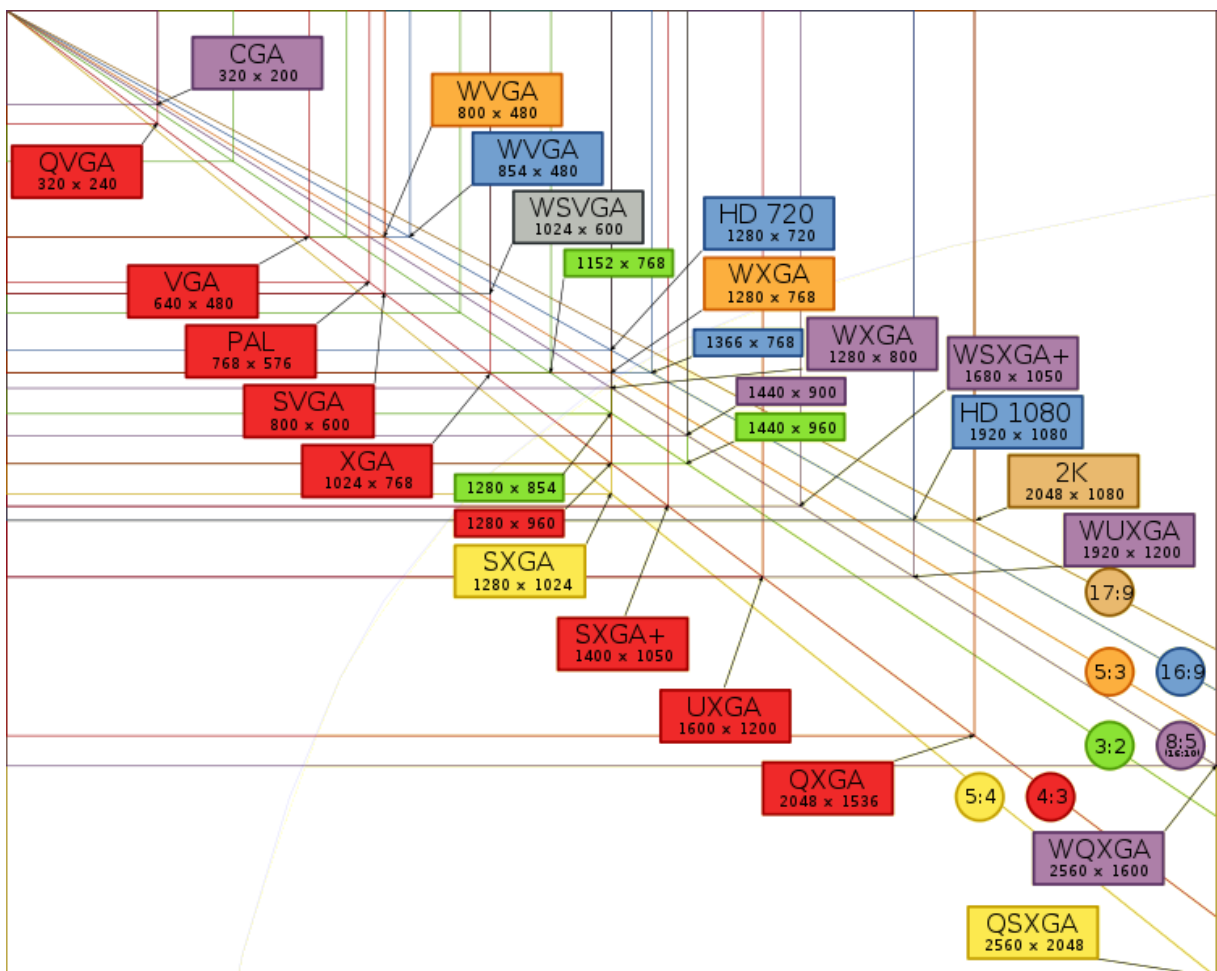


Figura 3.21: Estándares de Relación de Aspecto

Cabe recalcar que no se debe confundir el tamaño real de la ventana de monitores o televisores que se mide en pulgadas, con la resolución, la cual viene determinada por el número de pixeles que se muestran en la ventana del monitor.

3.5.3.2. SDTV

Al término SDTV se lo asocia generalmente a un sistema de televisión con señales analógicas de 720x480 líneas para NTSC o 720x576 para PAL. Estos son los estándares mayoritarios en los últimos 50 años. La relación de aspecto siempre es de 4:3 y la exploración es entrelazada. El término SDTV también se usa genéricamente para representar a señales de televisión digitales que tienen una calidad equivalente a la SDTV analógica. La resolución temporal es siempre de 50 imágenes entrelazadas por segundo (60 en NTSC). Sin embargo, el mínimo de *frames* por segundo en NTSC es de 29,97 y para PAL es de 25.

En audio los requerimientos mínimos de muestreo son: 48 Khz para *Dolby Digital*, 16 a 44,1 Khz para mp3 y de 32, 44,1 o 48 Khz para DVB.

3.5.3.3. HDTV

La televisión de alta definición o HDTV (*High Definition Television*) es uno de los formatos que sumados a los de la televisión digital, se caracteriza por emitir señales televisivas en una calidad digital superior a los sistemas tradicionales analógicos de televisión a colores NTSC y PAL.

Los términos *HD ready* y *compatible HD* están siendo usados con propósitos publicitarios. Estos términos indican que bien sea un televisor o un proyector con estas características, es capaz de reproducir señales en Alta Definición. El hecho de que sea compatible con contenidos en esta norma no implica que el dispositivo sea de alta definición o tenga la resolución necesaria. Únicamente son compatibles con señales en alta definición porque reducen la resolución de la imagen para adaptarse a la resolución real de la pantalla.

La pantalla HDTV utiliza una porción de aspecto de 16:9. La alta resolución de las imágenes (1920x1080 pixeles o 1280x720 pixeles) permite mostrar mucho más detalle en comparación con la televisión analógica o de definición estándar (720x576 según el estándar PAL). El CODEC utilizado para la comprensión puede ser MPEG-2, MPEG-4 o VC-1 implementado en Windows Media Video 9.

La resolución 1920x1080 suele estar en modo entrelazado, para reducir las demandas de ancho de banda. Las líneas son rastreadas alternativamente 60 veces por segundo. Este formato se denomina 1080i. Existen también formatos de rastreo progresivo con una velocidad de 60 cuadros por segundo. El formato 1280x720 en la práctica siempre es

progresivo, es decir el cuadro completo es refrescado cada vez, y es denominado 720p.

Para el audio los requerimientos mínimos de muestreo son: 48 Khz para *Dolby Digital*, 16 a 44,1 Khz para mp3 y de 32, 44,1 o 48 Khz para DVB. Al igual que para SDTV.

3.5.3.4. Reproductor de Video

La reproducción de video se logra con el uso de equipos audiovisuales como LCDs y computadores. Un LCD es una pantalla delgada y plana formada por un número de píxeles en color o monocromos colocados delante de una fuente de luz o reflectora. El LCD debe encontrarse conectado al STB mediante cualquiera de las interfaces descritas anteriormente para poder ver el contenido enviado. La resolución del LCD, es decir las dimensiones horizontal y vertical son expresadas en píxeles. Las pantallas HD tienen una resolución nativa de 1366x768 píxeles (720p) y la resolución nativa en las *Full HD* es de 1920x1080 píxeles (1080p). En la Figura 3.22 se muestra un LCD marca SAMSUNG.



Figura 3.22: Liquid Crystal Display

3.6. *Middleware*

El *middleware* es un *software* de conectividad que interviene en todo el proceso de entrega de video de extremo a extremo. El *middleware* ofrece un conjunto de servicios que hacen posible el funcionamiento de aplicaciones distribuidas que son ejecutadas sobre plataformas heterogéneas. De esta manera la gestión de dichas aplicaciones es unificada, y se logra la interacción del *Headend*, la red de acceso y el STB para ofrecer servicios Interactivos.

El *middleware* se encuentra en la capa de Aplicación del modelo OSI, y las aplicaciones

que ejecuta siguen el modelo cliente-servidor, el STB en la parte del usuario y el *middleware* por la del servidor. Tales aplicaciones deben ser cargadas en el sistema operativo del STB con anterioridad para que el *middleware* las ejecute.

Siendo parte fundamental de la administración del servicio, el *middleware* debe asegurar el completo funcionamiento y interoperabilidad entre los elementos que conforman la red de IPTV. Es importante que provea una comunicación directa con cada uno de estos elementos a fin de brindar soluciones de Video.

3.6.1. Características del *Middleware*

- Provee Apis para extender el desarrollo de nuevas aplicaciones que sean totalmente funcionales bajo este software y que vengan de la mano de los operadores del servicio.
- Soporta aplicaciones creadas principalmente en html, flash y java script.
- Soporta servicios como EPG, suscripción de VoD, auto configuración de los STB, entre otros.
- Escalabilidad, es decir, que es capaz de soportar un gran número de usuarios.
- Interoperabilidad con distintos STB. Es importante tener en cuenta que tal información viene especificada por el fabricante del *middleware* ya que al no existir una estandarización de este elemento, los detalles varían de fabricante en fabricante.

3.6.2. Funciones del *Middleware*

Las funciones que el *Middleware* desempeña en una red se dividirán en dos tipos: Funciones de Portal de TV y Funciones de Mediador.

Las funciones de Portal hacen referencia a las funciones con las que el software interactúa con el usuario. El *middleware* mediante un entorno gráfico guía a los usuarios para que estos puedan acceder y conocer los servicios ofrecidos. Entonces, se puede decir que el *middleware* es la interfaz virtual entre el servicio de IPTV y el usuario. Este último navega en el *middleware* haciendo uso del control remoto del STB.

Las Funciones de Mediador son las Funciones con las que el *Middleware* interactúa con los elementos parte del servicio de IPTV, donde tienen lugar todas las tareas destinadas

a gestionar el servicio y que son transparentes al usuario. A este servicio de apoyo se lo conoce como *Back Office* (Todo lo que no esta frente al usuario). En la Tabla 3.5 se muestra un listado de las Funciones del *Middleware*.

Tabla 3.5: Funciones del Middleware

Funciones de Portal	Funciones de Mediador	
Portal de Servicios del STB	Administración del Servicio	Administración del STB
EPG	Gestión de Servicios	Configuración
Aplicaciones Interactivas	Gestión de Contenidos	Actualización de Software
Canales Interactivos	Gestión de Suscriptores	Descarga de las listas de canales
VoD	Gestión de Paquetes	Autenticación del STB
nVoD	Soporte	
TSTV	Reportes	
PVR y PPV		
Web TV		

3.7. Requerimientos de Calidad de Servicio

Esta sección trata primordialmente de definir las necesidades desde el punto de vista de usuario para sentar las bases de apoyo al proyecto. Para empezar, se definirán los términos ya mencionados anteriormente, QoS y calidad de experiencia (*Quality of Experience, QoE*).

3.7.1. QoE y QoS en el Servicio de IPTV

QoS y QoE aunque suelen ser interpretadas como iguales, son términos completamente distintos.

La QoS es una medida del rendimiento de la red. Este término también hace referencia a un conjunto de tecnologías que permiten a los proveedores de IPTV administrar la red para efectos de congestión o flujos de tráfico determinados.

La QoE en cambio es una medida del rendimiento global del servicio pero desde la perspectiva del usuario. Este indicador es aplicable en la entrega de video de extremo a

extremo determina la forma en que el sistema que da provee el servicio de IPTV responde al usuario. Para un ofrecer un servicio de calidad, los objetivos de QoE deben ser establecidos desde el principio en el diseño y procedimientos de Ingeniería.

El DSL-Forum en su *Technical Report* TR-126 define los requerimientos para la calidad de experiencia en servicios *Triple-Play* [24]. Estos requerimientos están sustentados en una estructura para ofrece calidad de servicio y experiencia. El reporte de DSL-Forum ha identificado a la recomendación G.1010 de la UIT-T como guía para determinar tal estructura, la cual está conformada por tres capas: servicio, aplicación y transporte. Cada una se encarga de procesos específicos ya sean de control o datos. A continuación se detallaran más a fondo cada una de ellas ya que son totalmente aplicables en un servicio de IPTV.

3.7.1.1. Capa de Servicio

La Capa de Servicio hace referencia a la opinión que tienen los usuarios del Servicio. Al ser un indicador dictado por los usuarios, este también puede ser representada en términos de tolerancia de capas inferiores como la tasa de transferencia en la capa de aplicación o la pérdida de paquetes en la capa de transporte.

Dentro de las funciones más importantes de esta capa se encuentran las de control, especificando la máxima latencia para las acciones ejecutadas por el servicio. Estas acciones son:

- Velocidad de cambio de canales, lo que implica que deben ser capaces de manejar grandes picos en la transmisión de *multicast* (Lo que se conoce como *leaves and joins*)
- Control de VoD, esto concierne a la capacidad de respuesta al realizar un pedido de pausa, reproducir, adelantar, etc.
- Inicio de Sistema, se refiere a que tanto tarda la inicialización y autenticación de los usuarios en la red.
- Respuesta rápida de EPG, la cual debe ser casi instantánea.

Estudios señalan que una acción es percibida como instantánea cuando tras la acción la respuesta llega entre 50 y 200 milisegundos. La latencia y pérdidas de paquetes en el plano

de control, están definidas en la recomendación G.1010 que hace referencia a la Calidad de Servicio QoS percibida por el usuario. En la Figura 3.23 se presenta la latencia y la pérdida de paquetes máximos, en el plano de control que define la recomendación G.1010.

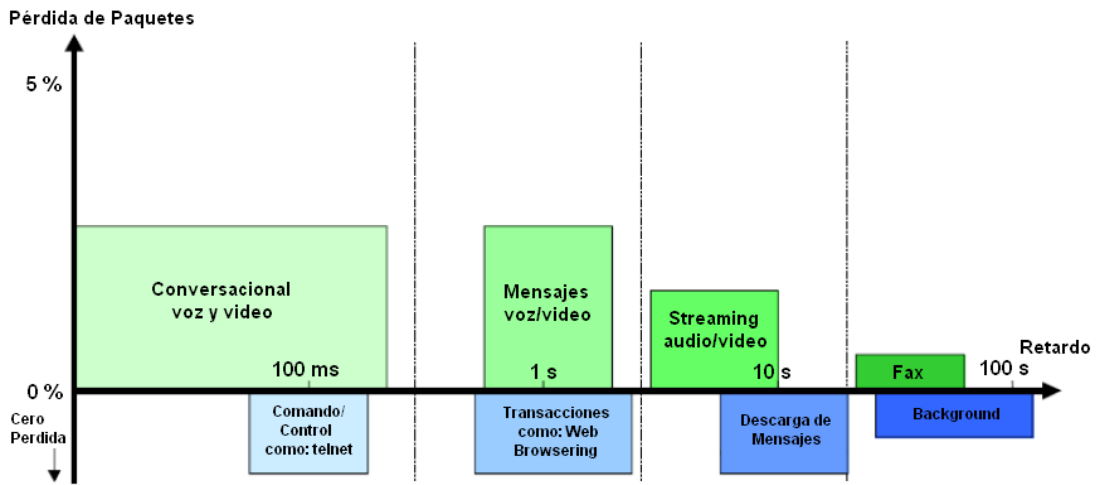


Figura 3.23: Latencia Máxima para Qos en Acciones de Control

En la Tabla 3.6 se muestran los retardos máximos admisibles para las acciones de control en un servicio de triple play IP.

Tabla 3.6: Retardos en Acciones de Control

Acciones de Usuario	Funcionalidades	Tipo	Retardo Máx. Admitido
Interfaz con el Sistema	Navegación en la EPG. Acción de Controles de VoD. Petición hecha en el control remoto hasta que se recibe en la TV la señal ejecutada.	Interactividad	200 ms
Cambio de Canal	Tiempo desde que se da la orden al control remoto hasta que se recibe el canal en TV.	Respuesta	2 s
Tiempo de Inicio	Tiempo desde que se enciende el STB hasta que los canales están disponibles.	Temporal	10 s

3.7.1.2. Capa de Aplicación

En la capa de Aplicación se trabaja con dos planos distintos. Los comandos de control, semejantes a los ya expuestos en la capa de Servicio, son tratados en el plano de control. A continuación se describen ciertas acciones.

- Comando de procesamientos en el STB, como intervalos de tiempo entre la acción del control remoto y la transmisión del mensaje de control RTSP a la red (*leave-join*).
- Tiempo necesario para que el STB procese los paquetes entrantes y entregue el contenido MPEG, incluyendo el acceso y la descryptación.
- *Buffer* en el STB para reducir el *jitter*.
- MPEG *decoder delay*, tiempo requerido para procesar la decodificación del video.
- Tiempo de arranque del STB.
- Tiempo de inicialización y autenticación por el *Middleware*.

En el plano de datos se tratan los parámetros de video tales como resolución, *framerate*, *encoder*, entre otras. El principal componente configurable en este plano es la digitalización y compresión de video y audio. A continuación se describen los factores a tener en cuenta en este plano de datos.

- Estándar usado por el codificador. MPEG-2, MPEG-4, AVC o VC-9.
- *Bitrate*
- CBR vs VBR, los cuales dictan con CBR una velocidad binaria constante y calidad de video variable. Con VBR se tiene una velocidad binaria variable y calidad de video constante. Estos aspectos son importantes con el objetivo de brindar QoE.

A continuación se presentarán tablas extraídas del reporte técnico del DSL-Forum que indican la tasa mínima de codificación para cada estándar con el fin de prestar SDTV y HDTV con calidad de experiencia.

Tabla 3.7: Estándar de Codificación de Video Para SDTV con QoE

Estándar de codificador de Video	Tasa de Bits Mínima
MPEG-2 MP@ML	2,5 Mbps CBR
MPEG-4 Level 3.0	1,75 Mbps CBR
SMPTE VC-1	1,75 Mbps CBR

Tabla 3.8: Estándar Mínimo Recomendado Para Audio en SDTV

Estándar de Codificador de Audio	Número de Canales	Tasa de Bits Mínima
MPEG capa II	Mono o Estéreo	128 Kbps-Estéreo
Dolby Digital (AC-3)	5.1 o Estéreo	384 Kbps-5.1 128 kbps-Estéreo
AAC	Estéreo	96 Kbps
MPEG-1 Layer 3	Estéreo	128 Kbps

Tabla 3.9: Estándar de Codificación de Video Para HDTV con QoE

Estándar de codificador de Video	Tasa de Bits Mínima
MPEG-2 MP@ML	15 Mbps CBR
MPEG-4 Level 4.0	10 Mbps CBR
SMPTE VC-1	10 Mbps CBR

Tabla 3.10: Estándar Mínimo Recomendado Para Audio en HDTV

Estándar de Codificador de Audio	Número de Canales	Tasa de Bits Mínima
MPEG capa II	Mono o Estéreo	128 Kbps-Estéreo
Dolby Digital (AC-3)	5.1 o Estéreo	384 Kbps-5.1 128 kbps-Estéreo
AAC	Estéreo	96 Kbps
MPEG-1 Layer 3	Estéreo	128 Kbps

3.7.1.3. Capa de Transporte

Las métricas de QoE de la capa de transporte son típicamente valores del desempeño de la red para satisfacer los requerimientos de la capa de Servicio. Tales parámetros incluyen

ancho de banda, paquetización de los TS, pérdidas en la red, latencia y jitter.

El plano de control en la capa de Transporte para alcanzar una buena calidad de experiencia en el servicio necesita de un rápido *zapping*. El *Technical Report* del DSL-*Forum* y del cual se describen estas capas para la calidad de servicio, está dirigido para redes *triple-play* que incorporan direccionamiento *multicast*. Es por esta razón que en la medición de latencia se toma en cuenta el tiempo de respuesta de los paquetes IGMP.

El *Zapping* es determinado por algunos factores como el tiempo en que se demora el STB al procesar el comando ejecutado por el usuario al apretar el botón del control, y para que envíe un paquete IGMP¹. En la Figura 3.24 se detalla el tiempo aproximado para completar estas acciones.

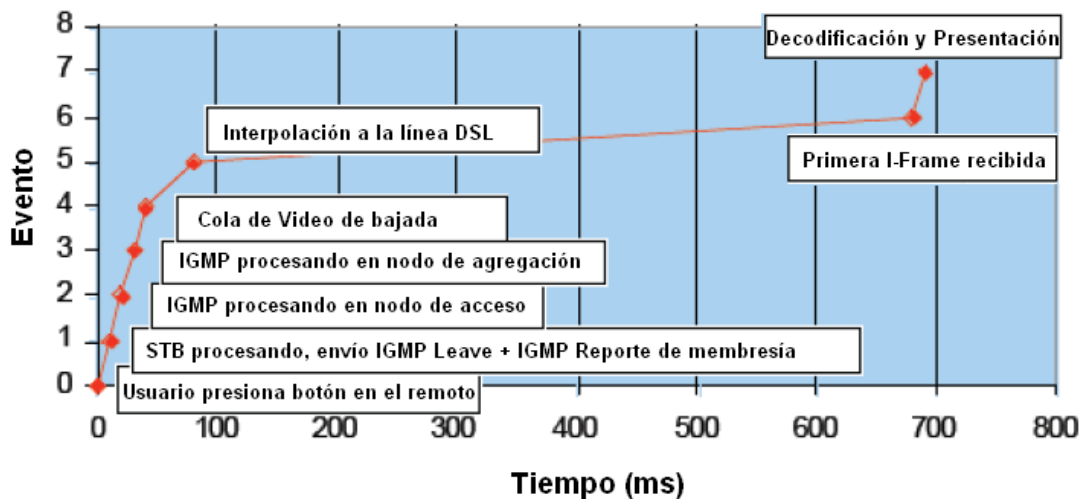


Figura 3.24: Delay en Channel Zapping

El plano de datos en la capa de transporte incluye las pérdidas de paquetes, latencia y *jitter*. Para aliviar el *jitter* en los STB están incorporados *buffer* que reducen significativamente la variación en el retardo, a tal punto que deja de ser un problema. De esta manera se incrementa el desempeño del servicio.

¹El protocolo IGMP intercambia información acerca del estado de pertenencia entre enrutadores IP que admiten la multidifusión y miembros de grupos de multidifusión.

Los *streams* de video sin embargo son más sensibles a la pérdida de datos dependiendo del tipo de imagen. Es decir, que la pérdida de una imagen I o P produce un impacto diferente a la pérdida de una imagen B. En la Figura 3.25 se muestra el efecto de perder una imagen B.



Figura 3.25: Single B-Frame IP Packet Loss

En la Figura 3.26 se muestra el efecto de perder una imagen I. En las imágenes se muestra el resultado de perder un paquete IP que contenía 7 paquetes MPEG-2. La pérdida de una imagen I afecta 14 cuadros de video o casi medio segundo de reproducción. La pérdida de una imagen B afecta únicamente un cuadro o 33 ms.



Figura 3.26: Single I-Frame IP Packet Loss

3.7.2. Ancho de Banda

Las características de la red WiMAX de la ESPE están dentro del rango de ancho de banda requerido para transmitir un canal SDTV. Los requerimientos para trabajar con el estándar de codificación MPEG-2 son:

- MPEG-2 Codec.
- MPEG-2 *Transport Stream* con 7 paquetes de 188 Bytes por paquete IP.

Los requerimientos para trabajar con el estándar de codificación MPEG-4 son:

- MPEG-4 AVC o VC-1 Codec.
- MPEG-2 *Transport Stream* 7x188 paquetes TS por paquete IP

Un evento de error puede darse ya sea una vez cada 30 minutos o cada 4 horas, dependiendo de el estándar de codificación. Este evento de error se define como la pérdida o corrupción de un paquete IP conformado por 7 paquetes MPEG de 188 Bytes. Típicamente un STB puede mantener entre 100 y 500 ms de video, por lo tanto el *Jitter* debe estar por debajo de estos límites.

En la Tabla 3.11, se muestran los requerimientos necesarios para ofrecer una canal de televisión de definición estándar con MPEG-2 y en la Tabla 3.12 con MPEG-4.

Tabla 3.11: Requerimientos Mínimos para Brindar SDTV con QoE y MPEG-2

Tasa de Video Stream (Mbps)	Latencia (ms)	Jitter (ms)	Período de Pérdida (Paquetes IP)	Intervalo de Pérdida	Promedio de Pérdidas (Paquetes IP)
3	<200	<50	1	1Er/30 min	1,9e-6
3,75	<200	<50	1	1Er/30 min	1,6e-6
5	<200	<50	1	1Er/30 min	1,2e-6

Tabla 3.12: Requerimientos Mínimos para Brindar SDTV con QoE y MPEG-4

Tasa de Video Stream (Mbps)	Latencia (ms)	Jitter (ms)	Período de Pérdida (Paquetes IP)	Intervalo de Pérdida	Promedio de Pérdidas (Paquetes IP)
1,75	<200	<50	1	1Er/30 min	3,3e-6
2,0	<200	<50	1	1Er/30 min	2,9e-6
2,5	<200	<50	1	1Er/30 min	2,3e-6
3	<200	<50	1	1Er/30 min	1,9e-6

En la Tabla 3.13, se muestran los requerimientos necesarios para ofrecer una canal de alta definición con MPEG-2 y en la Tabla 3.14 con MPEG-4.

Tabla 3.13: Requerimientos Mínimos para Brindar HDTV con QoE y MPEG-2

Tasa de Video Stream (Mbps)	Latencia (ms)	Jitter (ms)	Período de Pérdida (Paquetes IP)	Intervalo de Pérdida	Promedio de Pérdidas (Paquetes IP)
15	<200	<50	1	1Er/4 H	4,87e-8
17	<200	<50	1	1Er/4 H	4,30e-8
18,1	<200	<50	1	1Er/4 H	4,04e-8

Tabla 3.14: Requerimientos Mínimos para Brindar HDTV con QoE y MPEG-4

Tasa de Video Stream (Mbps)	Latencia (ms)	Jitter (ms)	Período de Pérdida (Paquetes IP)	Intervalo de Pérdida	Promedio de Pérdidas (Paquetes IP)
8	<200	<50	1	1Er/4 H	9,14e-8
10	<200	<50	1	1Er/4 H	7,31e-8
12	<200	<50	1	1Er/4 H	6,09e-8

3.8. Diagrama de la Red Propuesta Para la ESPE

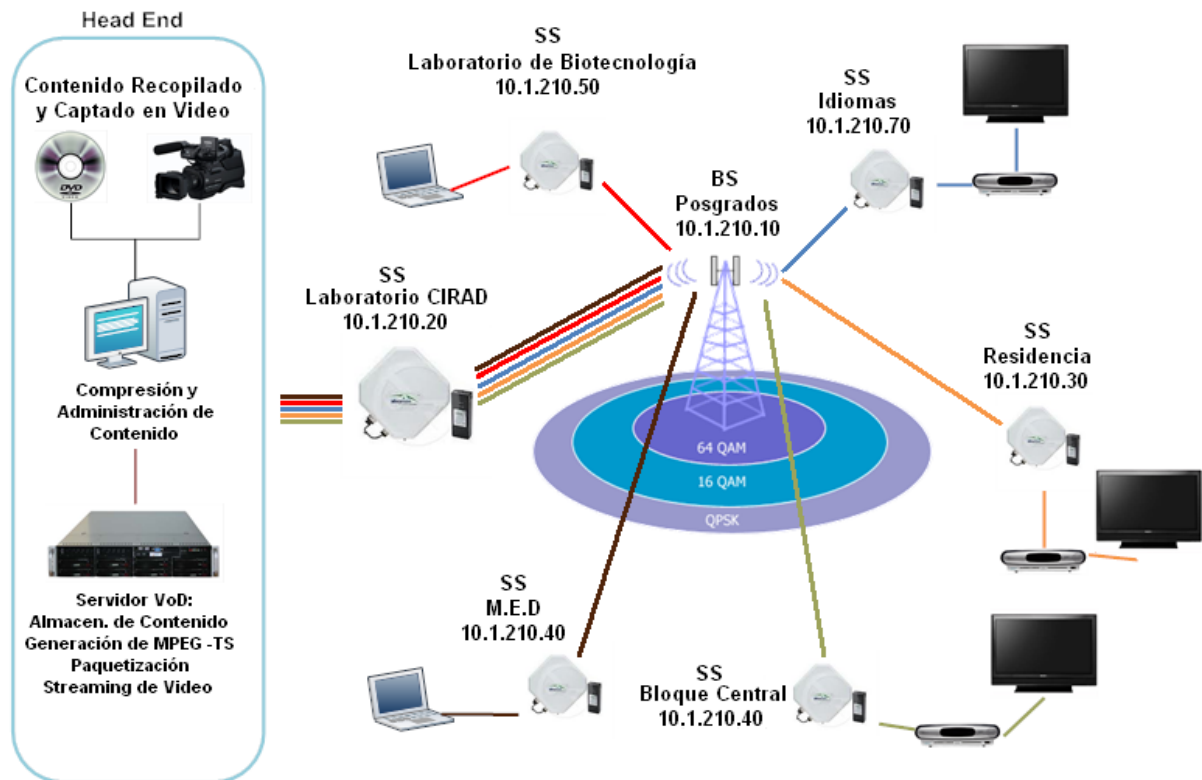


Figura 3.27: Diagrama de la Red Propuesta de IPTV para la ESPE

En la Figura 3.27 se muestra el diagrama de la red propuesta de IPTV para la ESPE y que corresponde a la modalidad de VoD. Ya que cada SS tiene la opción de escoger el contenido que desea ver, el ancho de banda requerido para el *streaming* de video debe ser garantizado para todas las SS. El direccionamiento que se emplearía para esta red sería *unicast*, ya que las SS no compartirían el mismo contenido, sino el contenido de su propia selección lo que descarta al hecho de utilizar *multicast*. Por tanto, todos los equipos conectados a la red de IPTV, incluyendo el servidor de la red deben pertenecer a la red 10.1.210.0.

Con el fin de reducir al máximo la información transmitida en los *streamings* se empleará el CODEC MPEG-4, el cual es el más eficiente en esta tarea. De las Tablas 3.12 y 3.14 se identifica el ancho de banda mínimo por usuario para recibir una transmisión de una canal de SD y de HD con QoE.

Para una transmisión de video de definición estándar se requiere por usuario:

- Latencia < 200 ms
- *jitter* < 50 ms
- Ancho de banda de 1,75 Mbps

Por lo tanto, el ancho de banda total del enlace con el que el servidor de VoD debe estar conectado a la red WiMAX en *uplink* debe ser de por lo menos 9 Mbps, para ofrecer simultáneamente el servicio de VoD a los 5 usuarios propuestos en el diagrama de red.

Para una transmisión de video de alta definición se requiere por usuario:

- Latencia < 200 ms
- *jitter* < 50 ms
- Ancho de banda de 8 Mbps

Por lo tanto en el caso de una transmisión HD, el ancho de banda total del enlace con el que el servidor de VoD debe estar conectado a la red WiMAX en *uplink* debe ser de por lo menos 40 Mbps, para ofrecer VoD simultáneamente a los 5 usuarios propuestos en el diagrama de red.

3.9. Solución a la Limitante de Ancho de Banda

Las SS marca *Alvarion*, familia *BreezeACCES*, serie SU-3 tienen un limitado ancho de banda para la aplicación de IPTV. Para aliviar tal limitante la ESPE debe adquirir una SS de la misma marca y familia, pero de la serie SU-54-BD (SU-54), ya que tanto en *uplink* como *downlink* trabaja con 54 Mbps. Esta SS sería el punto de salida del servidor de VoD hacia la red.

Para expandir el potencial de las estaciones suscriptoras y que puedan captar transmisiones en HD, se propone adquirir 5 módulos de actualización para la serie SU-3. Estos módulos ahorran a la ESPE la necesidad de adquirir equipos totalmente nuevos. Tal actualización incrementa la capacidad de la serie SU-3 a la de la serie SU-V. De esta forma cada SS manejaría 8 Mbps en *downlink* (Permitiendo la recepción de HD) y 2 Mbps en *uplink*.

Capítulo 4

PRUEBAS EN LA RED WiMAX

4.1. Materiales

Para realizar las pruebas en la red se requerirá de los siguientes elementos:

- *Software:*

1. Sistemas Operativos: Ubuntu de Linux y Windows XP
2. *Freeware Distributed Internet Traffic Generator (D-ITG)*
3. *Freeware Windows Media Encoder (WME)*
4. 3 Videos de alta Definición de cualquier formato.

- *Hardware:*

1. 2 CPEs WiMAX (cada uno incluye equipos *In-Door* y *Out-Door*)
2. 2 Computadores
3. 1 Cámara digital

4.2. Metodología

La metodología del proceso de pruebas consistió en realizar varias transmisiones de paquetes de información (datos y de audio y video) en la red, las cuales se llevaron a cabo una vez instalados y configurados los materiales ya mencionados. Tras dichas transmisiones con ambos *software* se logró definir la capacidad y calidad alcanzada por la actual red WiMAX al difundir esta clase de servicio y también servirán para la formulación de recomendaciones para empezar con el despliegue de IPTV en la ESPE.

4.3. Entorno de Pruebas

El entorno de pruebas es el laboratorio del Centro de Investigaciones AD-HOC, CIRAD. Este laboratorio está dotado de varios computadores con los que se realizan pruebas en varios proyectos. En el laboratorio, dos computadores están conectados a equipos WiMAX IDU. Ambos computadores trabajan con el sistema operativo Ubuntu de Linux y Windows XP. Las IDU están conectadas mediante cable 5e a las antenas Alvarion posicionadas sobre los laboratorios de Electrónica. Por medio de estas antenas la estación suscriptora entabla comunicación con la radio base, y esta a su vez hacia el receptor al que está dirigido el tráfico. La radio base está posicionada sobre el edificio de posgrados.

4.4. Equipos WiMAX que Intervienen en las Pruebas

En la Tabla 4.1 se detallan las direcciones IP de las computadoras y de las IDU que intervinieron en el proceso de pruebas.

Tabla 4.1: Direcciones IP de los Equipos

Emisor de Tráfico		Receptor de Tráfico	
PC	IDU	PC	IDU
10.1.210.5	10.1.210.80	10.1.210.4	10.1.210.20

En la Tabla 4.2 se muestra la capacidad de ancho de banda que manejan los equipos Alvarion.

Tabla 4.2: Rangos de MIR y CIR

Unit Type	MIR(Kbps)		CIR(Kbps)	
	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
SU-3	128-2.048	128-3.072	0-2.048	0-2.048
SU-6	128-4.096	128-6.016	0-4.096	0-6.016
SU-8	128-13.440	128-13.440	0-11.264	0-11.264
SU-54	128-53.888	128-53.888	0-45.056	0-45.056
SU-I	128-4.096	128-6.016	0-4.096	0-6.016
SU-V	128-8.064	128-2.048	0-8.064	0-2.048

El CIR especifica la mínima tasa de transmisión garantizada a cada suscriptor. EL

MIR especifica la máxima tasa de transmisión disponible para picos en la transmisión dado un ancho de banda específico. Los equipos receptores BreezeACCESS en la escuela son modelo SU-3. Según los datos del fabricante en *uplink* la máxima tasa de transmisión es 2.048 Kbps, mientras que en *downlink* la máxima tasa de transmisión también es 2.048 pero puede tener picos de hasta 3.072 Kbps. Por medio de pruebas realizadas en la red, previas a este estudio, se determinó que el *throughput* real entre SS es de 1,5 Mbps. Con las pruebas realizadas que se detallan a continuación se pudo constatar el *throughput* real en las transmisiones de *streaming* sobre la red WIMAX de la ESPE.

4.5. Pruebas con *Distributed Internet Traffic Generator (D-ITG)*

D-ITG es una plataforma capaz de producir tráfico a nivel de paquetes exactamente replicando procesos estocásticos para representar un típico canal de transmisión. Utiliza variables randómicas para el tiempo de salida y tamaño del paquete. D-ITG soporta generación de tráfico tanto para IPv4 como para IPv6 en las capas de red, transporte y aplicación. En la Figura 4.1 se muestra el entorno gráfico de D-ITG sobre Linux con el cual se realizaron las pruebas de tráfico.

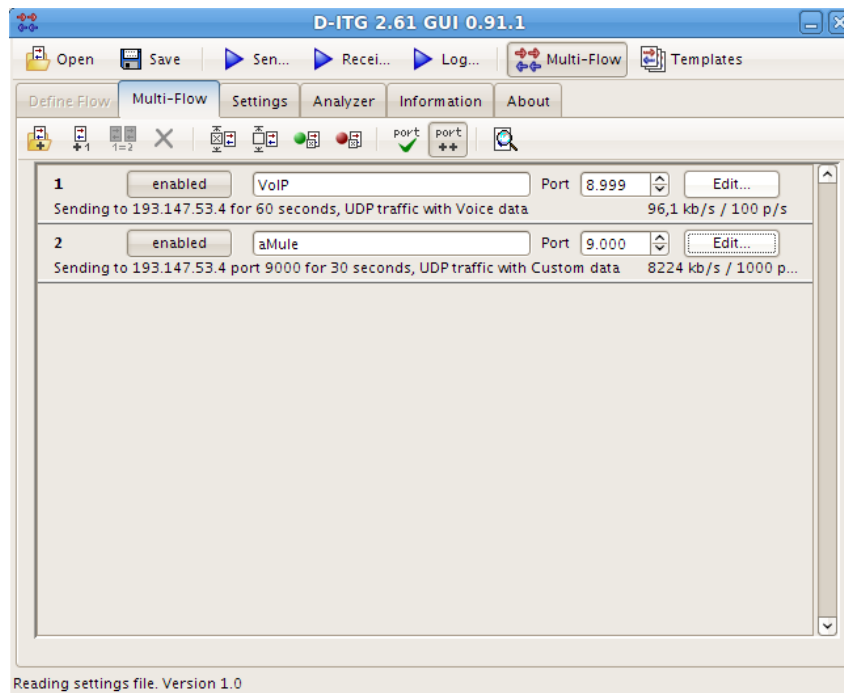


Figura 4.1: Entorno Gráfico de D-ITG

4.5.1. Consideraciones para las Pruebas con D-ITG

La capacidad máxima del canal en transmisiones entre SS es de 1,5 Mbps. Tomando en cuenta este ancho de banda se realizaron las pruebas con una inyección de tráfico menor a 1,5 Mbps, igual a 1,5 Mbps y por sobre este *throughput* del canal. En la prueba se seleccionó el protocolo de Transporte UDP, ya que es el más utilizado en los *streamings* de video como es la IPTV. Se sincronizaron las estaciones suscriptoras con un servidor NTPD para medir los retardos en la comunicación. Los resultados de las pruebas realizadas se registraron en tablas y gráficas los que se presentan a continuación.

4.5.2. Resultados con Tráfico de 1.404 Kbps

En la Tabla 4.3 se presenta la dirección IP de los computadores y los resultados obtenidos con un tráfico de 1.404 Kbps. No se esperaba pérdida de paquetes.

Tabla 4.3: Resultados Totales con un Tráfico de 1.404 Kbps

Flow number: 1	
From 10.1.210.5:54065	
To 10.1.210.4:8999	
Total time	10,001669 s
Total packets	3250
Minimum delay	0,722005 s
Maximum delay	0,752794 s
Average delay	0,729127 s
Average jitter	0,002439 s
Delay standard deviation	0,007154 s
Bytes received	1664000
Average bitrate	1330,977860 kbit/s
Average packet rate	324,945767 pkt/s
Packets dropped	0 (0,00 %)
Average loss-burst size	0,000000 pkt
Error lines	0

El *bitrate* del tráfico inyectado como se ve en la Figura 4.2 es casi constante, y está oscilando casi entre los 1.404 kbps. El hecho de que sea constante significa que no se ocupa toda la capacidad del canal y por tanto no existe pérdidas de paquetes. Si este tráfico fuera de video, se divisarían ligeros cambios en la calidad de la imagen con forme aumenta el movimiento en la escena.

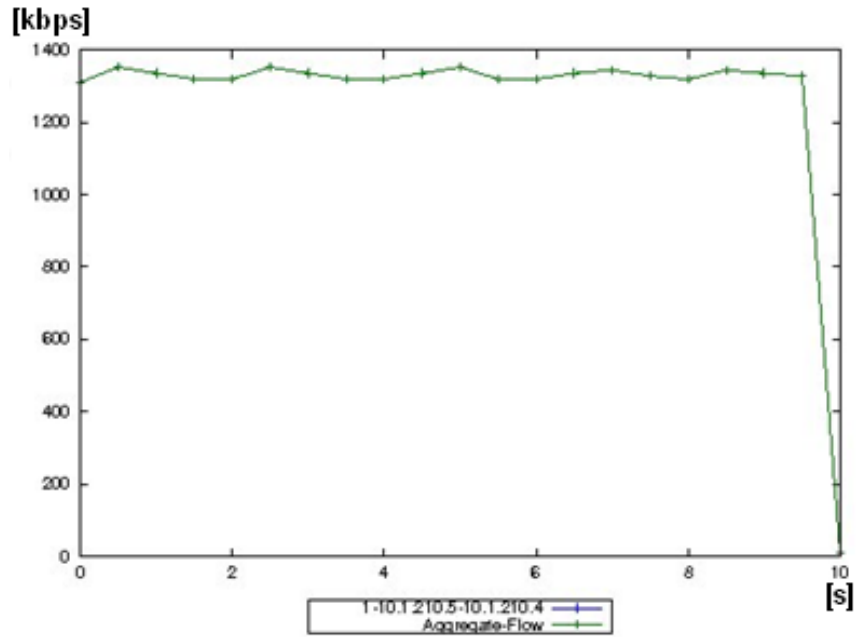


Figura 4.2: Bitrate con 1.404 Kbps

La gráfica de los datos obtenidos en la medición del *jitter* que se muestra en la Figura 4.3 es acumulativa. El *jitter* promedio registrado es de 2,4 ms. Las fluctuaciones del *jitter* se dan porque los paquetes son transmitidos a una tasa menor que la capacidad del canal.

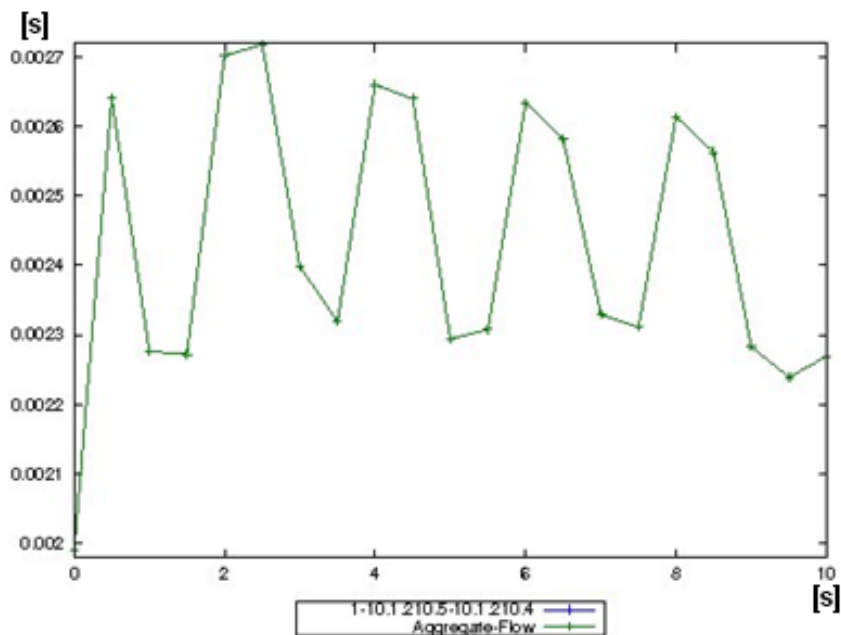


Figura 4.3: Jitter con 1.404 Kbps

La gráfica del *delay* en la Figura 4.4 también es acumulativa. El *delay* sufre ligeras

fluctuaciones de acuerdo al *Delay standard deviation* de 7,15 ms. Esta desviación no debe ser mayor a 200 ms, para que el usuario pueda apreciar una transmisión en tiempo real.

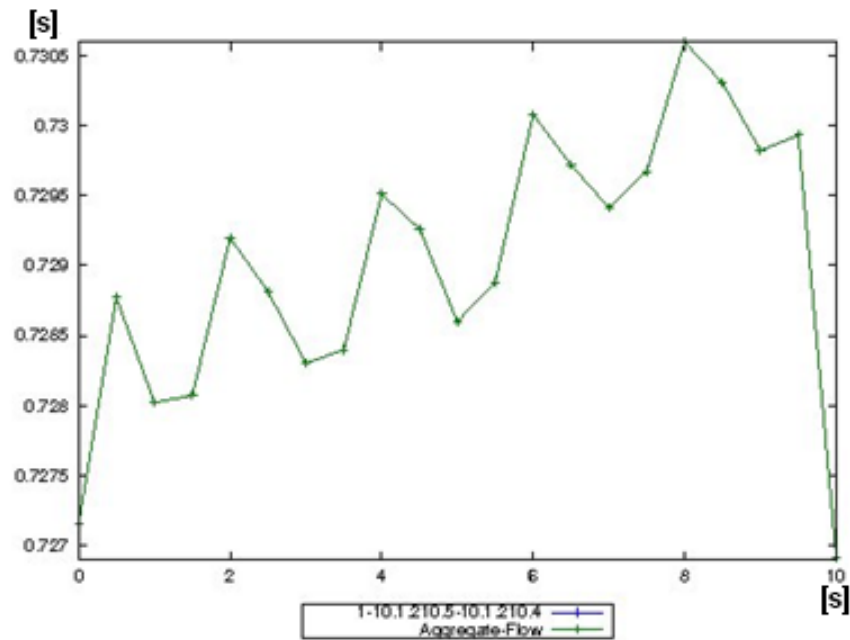


Figura 4.4: Delay con 1.404 Kbps

Con esta inyección de tráfico no existió un desborde de paquetes, por lo tanto no existieron pérdidas de paquetes como se muestra en la Figura 4.5.

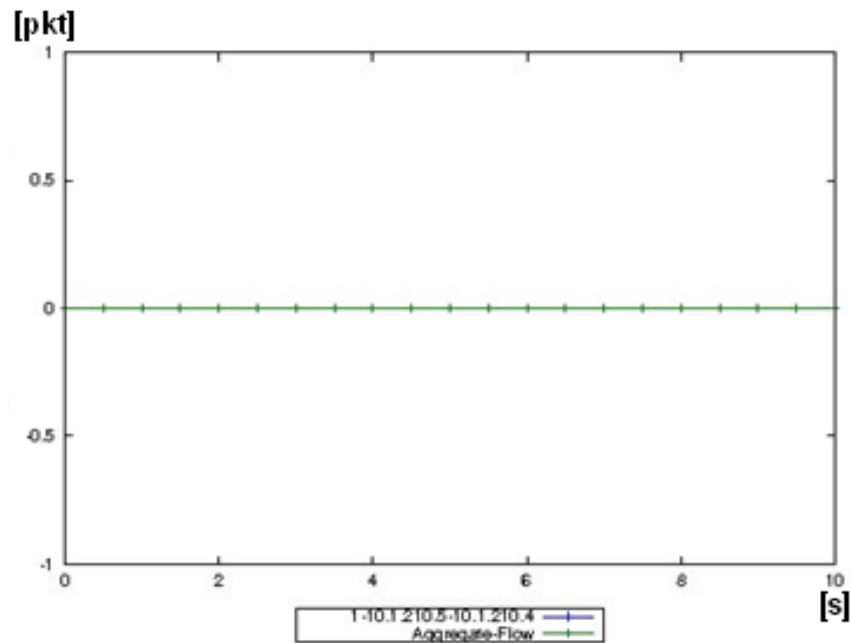


Figura 4.5: Packetloss con 1.404 Kbps

4.5.3. Resultados con Tráfico de 1.598 Kbps

En este escenario se distinguió como se comportan los parámetros de medición cuando la tasa de transmisión iguala a la capacidad del canal.

Tabla 4.4: Resultados Totales con un Tráfico de 1.598 Kbps

Flow number: 1	
From 10.1.210.5:41813	
To 10.1.210.4:8999	
Total time	10,433532 s
Total packets	3700
Minimum delay	0,758616 s
Maximum delay	1,222742 s
Average delay	0,984923 s
Average jitter	0,004367 s
Delay standard deviation	0,130589 s
Bytes received	1894400
Average bitrate	1452,547421 kbit/s
Average packet rate	354,625835 pkt/s

En la Figura 4.6, el *bitrate* deja de ser constante, presentando variaciones que van hasta los 1400 Kbps.

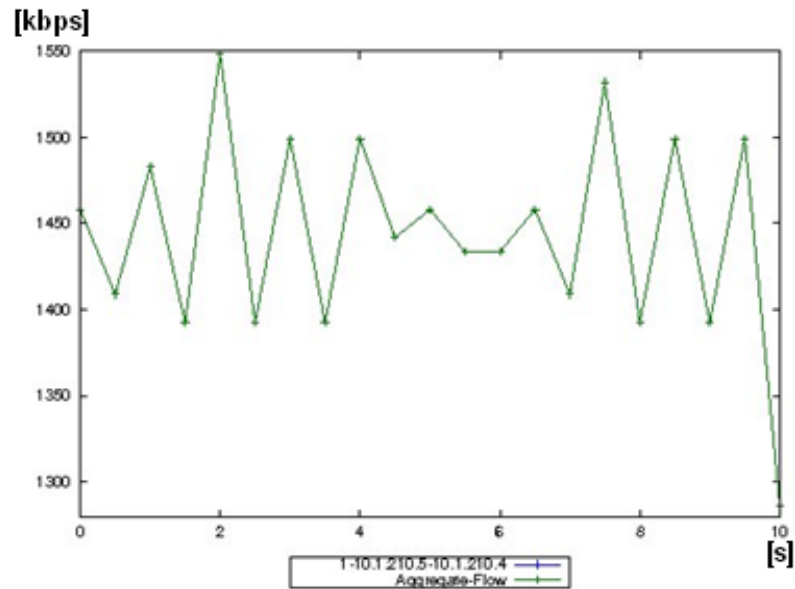


Figura 4.6: Bitrate con 1.598 Kbps

Cuando se iguala la capacidad del canal, las fluctuaciones del *jitter* como se muestra en la Figura 4.7 se reducen. Esto deriva en que el *delay* será casi constante.

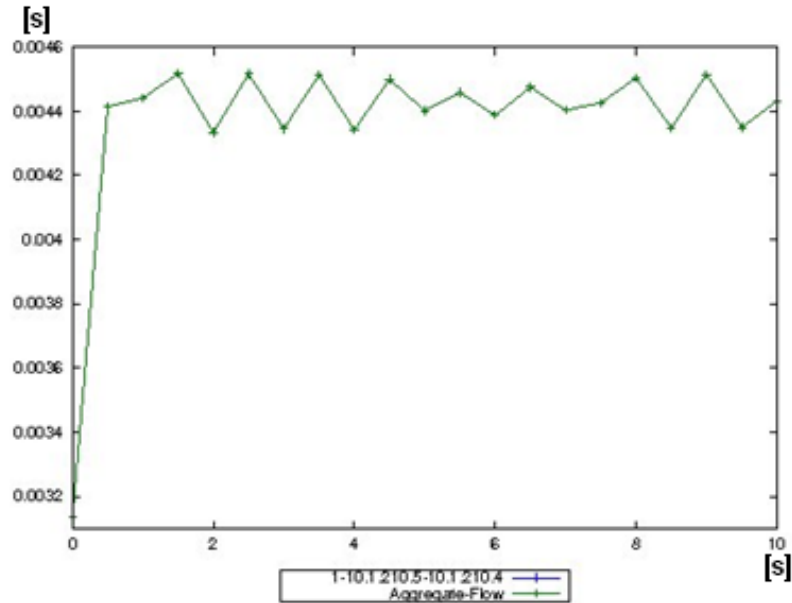


Figura 4.7: Jitter con 1.598 Kbps

Ya que la gráfica de la Figura 4.8 es acumulativa, se distingue una curva lineal porque el *delay* en la transmisión es casi constante, ya que al ocupar en su totalidad la capacidad del canal, todos los paquetes experimentan el mismo retardo.

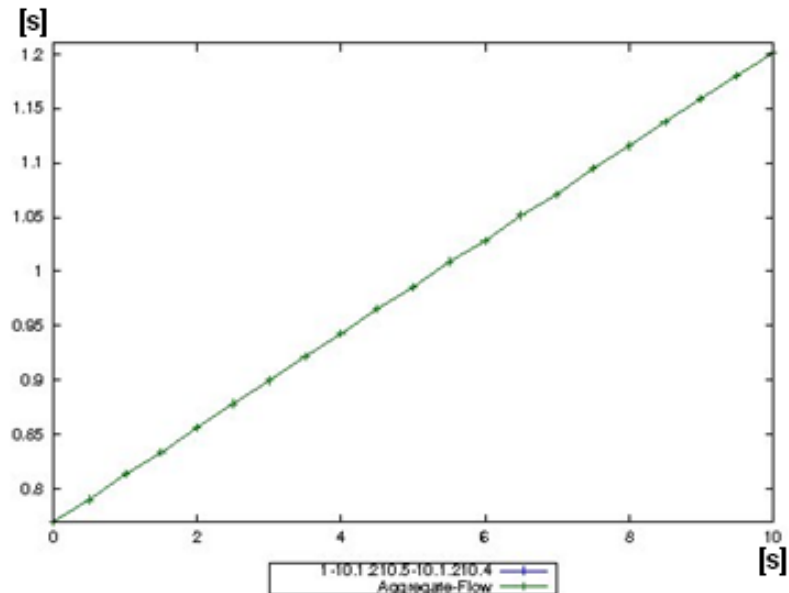


Figura 4.8: Delay con 1.598 Kbps

No existieron pérdidas de paquetes por lo que la gráfica de esta variable es la misma que en la prueba anterior. Si existe un incrementando en el tiempo de duración de la prueba, es posible que se diera el caso de tener paquetes perdidos.

4.5.4. Resultados con Tráfico de 2.160 Kbps

En la Tabla 4.5 se presentan los resultados obtenidos con un tráfico de 2.160 Kbps.

Tabla 4.5: Resultados Totales con un Tráfico de 2.160 Kbps

Flow number: 1	
From 10.1.210.5:45866	
To 10.1.210.4:8999	
Total time	10,473371 s
Total packets	4061
Minimum delay	0,838304 s
Maximum delay	1,318328 s
Average delay	1,129395 s
Average jitter	0,002856 s
Delay standard deviation	0,052927 s
Bytes received	2079232
Average bitrate	1588,204600 kbit/s
Average packet rate	387,745264 pkt/s
Packets dropped	1939 (32,32 %)
Average loss-burst size	3,082671 pkt
Error lines	0

Este caso ya se obtuvieron resultados distintos a las pruebas anteriores. Al exceder la capacidad del canal, el canal se desborda y el receptor recibe muchos más paquetes de los que puede procesar. Esto resulta en pérdidas de información, lo que traducido a una transmisión de IPTV se obtendrán vacíos en la imagen. Una imagen está dividida en bloques de información, los cuales el decodificador los interpreta y los reconstruye como pixeles. Estos bloques son empaquetados y enviados a través del canal, lo que significa que al perder un número de paquetes se obtendrán cuadros vacíos en las imágenes del receptor, en otras palabras imágenes pixeladas.

No es posible que el *bitrate* llegue a 2.160 kbps en este canal. Como se distingue en la Figura 4.9, lo máximo que alcanza es poco menos de 1.600 Kbps, y con picos ocasionales de 1.800 kbps. Los equipos no están diseñados para soportar tal cantidad de bits, por lo que muchos bits de información son perdidos.

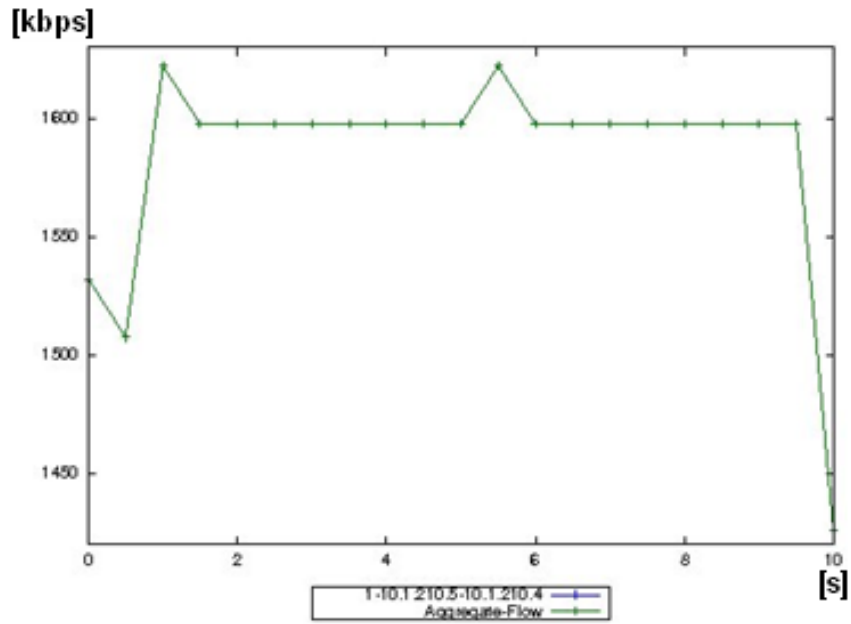


Figura 4.9: Bitrate con 2.160 Kbps

El *jitter* en la Figura 4.10 es casi constante y casi nulo. Esto se da porque los paquetes ocupan por completo el canal, cuando un paquete llega al receptor enseguida recepta el siguiente, haciendo que el retardo sea casi cero.

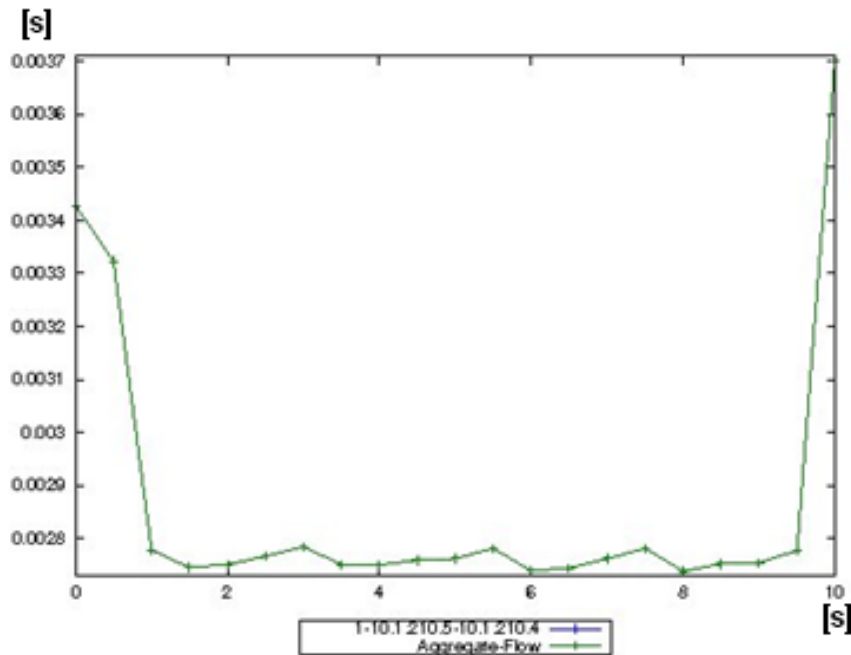


Figura 4.10: Jitter con 2.160 Kbps

Ya que la gráfica es acumulativa, la curva resultante es una línea recta como se muestra

en la Figura 4.11, ya que el *delay* es casi nulo. Esto significa que el receptor recibe paquetes uno tras otro casi enseguida.

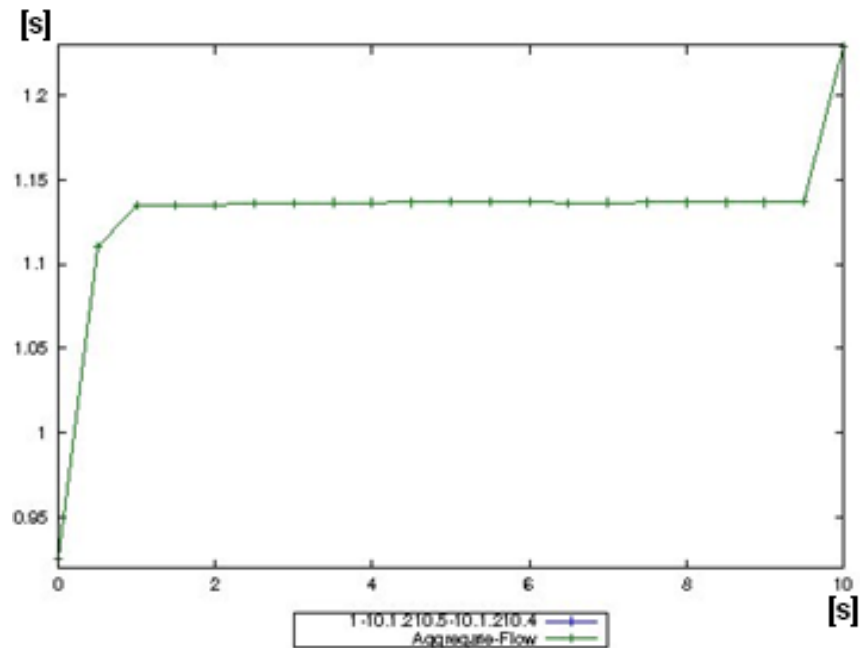


Figura 4.11: Delay con 2.160 Kbps

Como se muestra en la Figura 4.12, la pérdida de paquetes también se vuelve constante. Durante la transmisión, se perdió un equivalente al 30 % de paquetes.

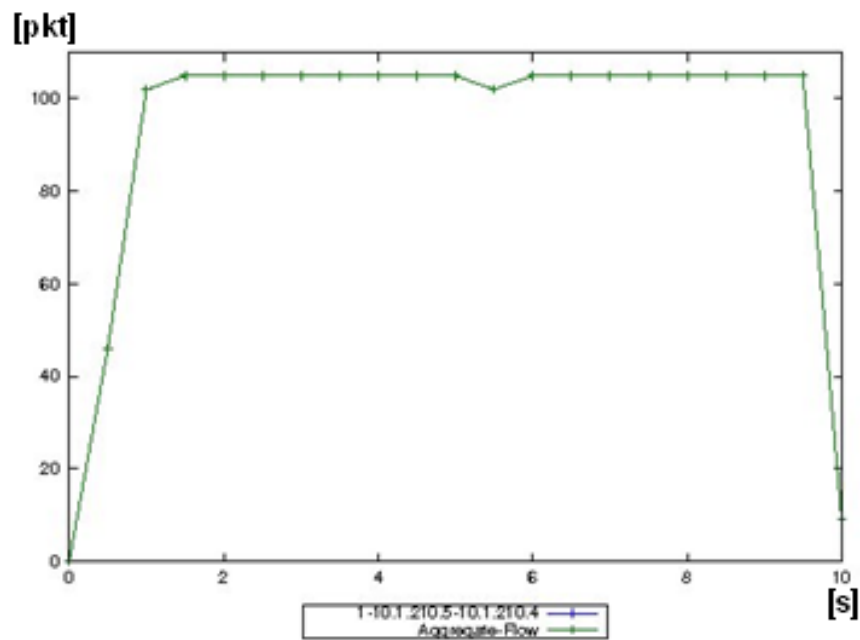


Figura 4.12: Packet Loss con 2.160 Kbps

4.6. Pruebas con *Windows Media Encoder* (WME)

WME es un codificador de archivos de video y audio desarrollado por Microsoft, el cual permite a desarrolladores de contenido convertir o capturar tanto audio como video, en vivo o previamente almacenado, a formato de Windows Media. Estos formatos permiten la difusión del contenido en vivo o bajo demanda. La última versión de *Windows Media Encoder* 9 puede codificar con el estándar de codificación *Windows Media Video*, WMV versión 7, 8, o 9. Codifica audio con el *códec Windows Media Audio*, WMA versión 9.2. Se describirá más adelante como funcionan estos algoritmos de compresión.

Windows Media Encoder 9 utiliza una codificación de dos fases para optimizar la calidad del servicio *on demand*, ya sea realizando un *streaming* de video o descargándolo. Soporta variable *bitrate*, VBR. Esta opción del *encoder* es aplicada durante toda la duración de una secuencia de movimiento, asegurando la alta calidad. En la Figura 4.13 se muestra el entorno gráfico de WME utilizado en las pruebas.

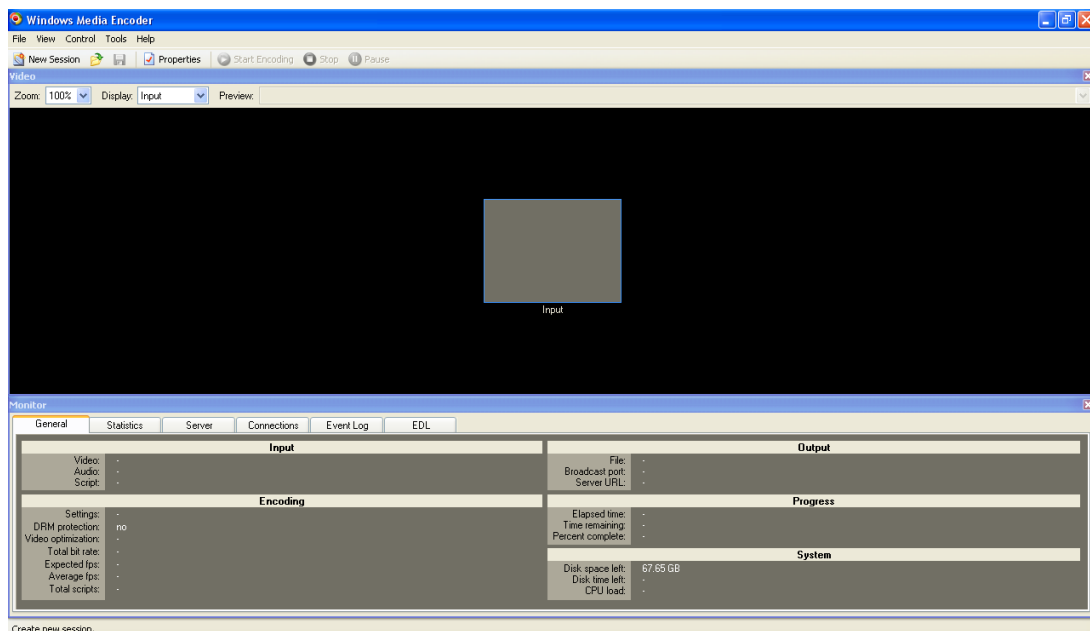


Figura 4.13: Entorno Gráfico de Windows Media Encoder

WME es un motor de *streaming* de video, pero también tiene otras aplicaciones como captura de video y la conversión de archivos. Para las pruebas de transmisión se utilizó la opción *Broadcast a live event*. Esta opción mediante el uso de una cámara de video permite al usuario realizar un *broadcast* a todas las computadoras con *Windows Media Player*. Cada usuario en WMP ve lo que la cámara capta. A continuación se describirán los pasos

que se ejecutaron para este *streaming* de video en orden secuencial.

4.6.1. Pasos para Realizar *Streaming* de Video con WME

1. Seleccionar la opción *Broadcast a Live Event* en New Session.

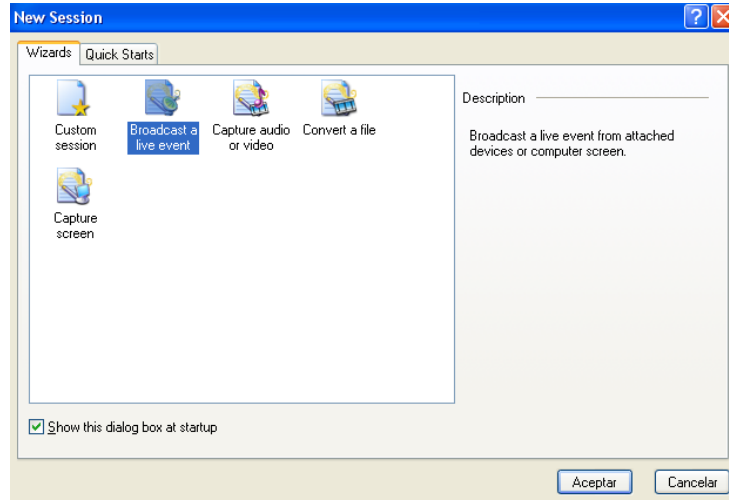


Figura 4.14: Sesión de Transmisión en Vivo

2. Selección del periférico de video y audio. La calidad de la transmisión también depende de la capacidad de la cámara de video y el micrófono empleado.

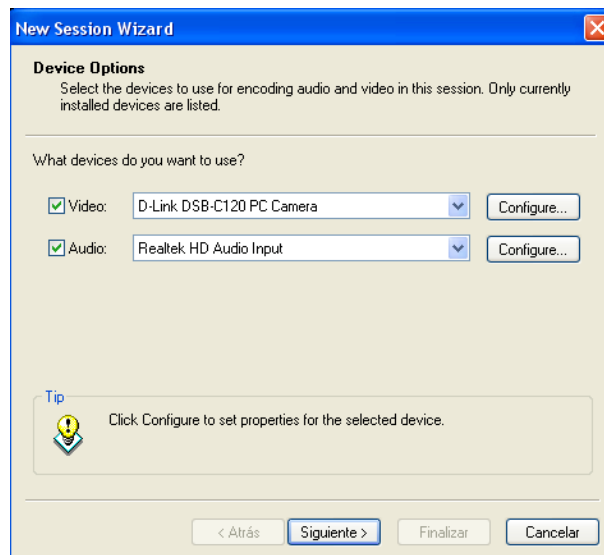


Figura 4.15: Selección de Periféricos

3. Elección del método de *Broadcast*. En la Figura 4.16 se muestran las 2 opciones

disponibles. La opción *Pull* hace que el servidor o el reproductor inicie la transmisión. La opción *Push* hace que la transmisión sea cargada a un servidor de Windows Media. Seleccionando la opción Pull From the Encoder, el usuario tiene el control sobre la conexión. Esta fue la que se empleó en la transmisión.

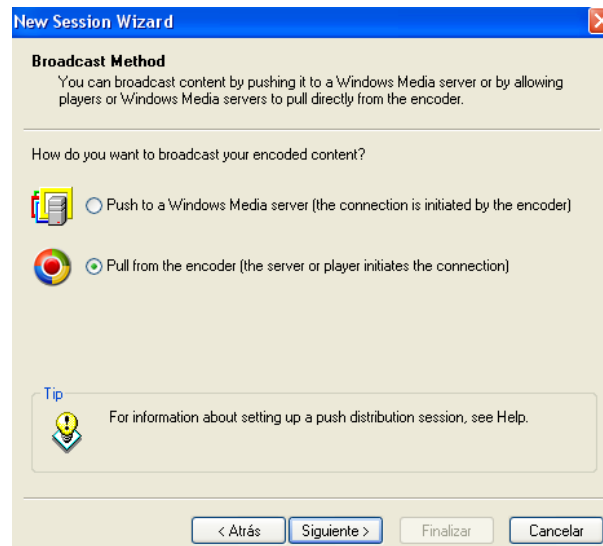


Figura 4.16: Selección del Método de Broadcast

4. Elección de la conexión de *Broadcast*. Como se muestra en la Figura 4.17, en esta sección se elige la dirección del puerto HTTP y el URL al que se conectaron los equipos con WMP dentro de la LAN.

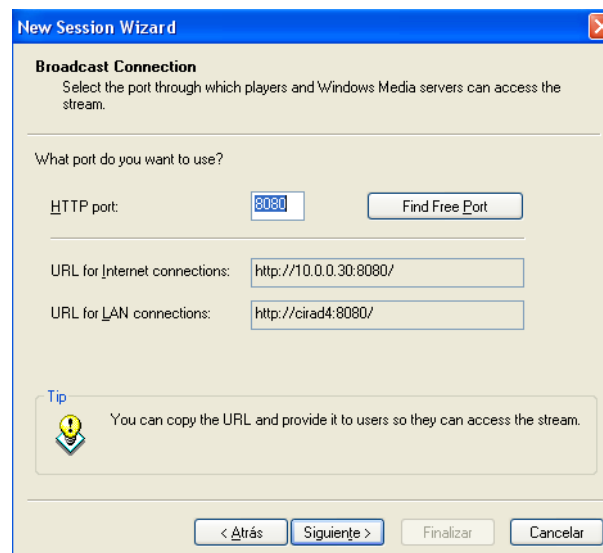


Figura 4.17: Selección del Puerto y Direcciones para Broadcast

5. Elección de las Opciones de Codificación. En esta ventana que se muestra en la Figura 4.18 se eligen opciones tales como el *bitrate*, es decir la densidad de información a enviarse por segundo y que depende de la capacidad del canal para ofrecer calidad de servicio. El *bitrate* que mejor se adaptaba a las características del canal fue el que corresponde a la calidad del DVD. Mayor a este la imagen en el receptor resultaba pixelada o en un vacío total de pixeles. El tamaño de los cuadros en la salida dictadas por este programa con calidad DVD es de 640x480.

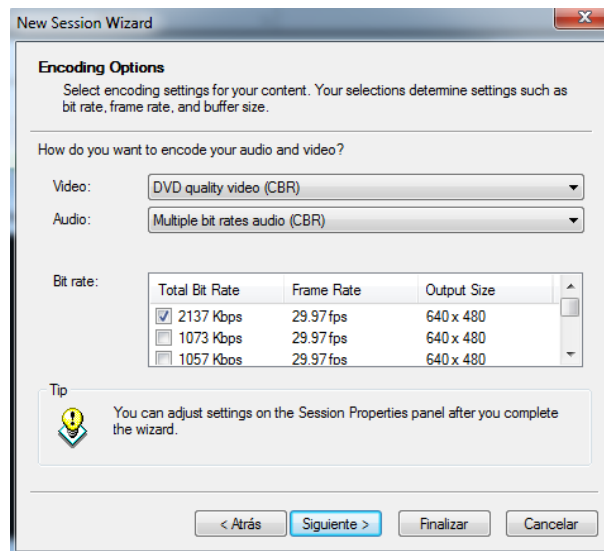


Figura 4.18: Opciones de Codificación

6. Por último vienen las opciones de guardar el contenido transmitido y registrar los datos informativos de la emisión, como el título, autor, descripción. En caso de seleccionar la opción de guardar la transmisión, WME permite al usuario seleccionar el tamaño máximo que alcanzará el archivo transmitido. Mientras mayor sea el tiempo que dura la emisión, mayor será el tamaño físico ocupado en disco. Tras finalizar todos estos pasos comienza la transmisión con WME.

4.6.2. Sesión de *Streaming* de Video con WME

Después de completar todos los pasos descritos comienza la transmisión con WME. En la prueba se utilizó una cámara de video D-Link, y 3 videos formato WMV que originalmente correspondían al formato Mp4. WME reproduce continuamente el video captado por la cámara de video, con los tres video ya mencionados, que son agregados a la transmisión como video de bienvenida, intermedio y despedida. El principal motivo de

agregar estos video en la prueba fue el poder analizar la calidad de imagen que se puede alcanzar y probar los formatos de video como WMV. En la Figura 4.19 se muestra una sesión con WME en proceso.

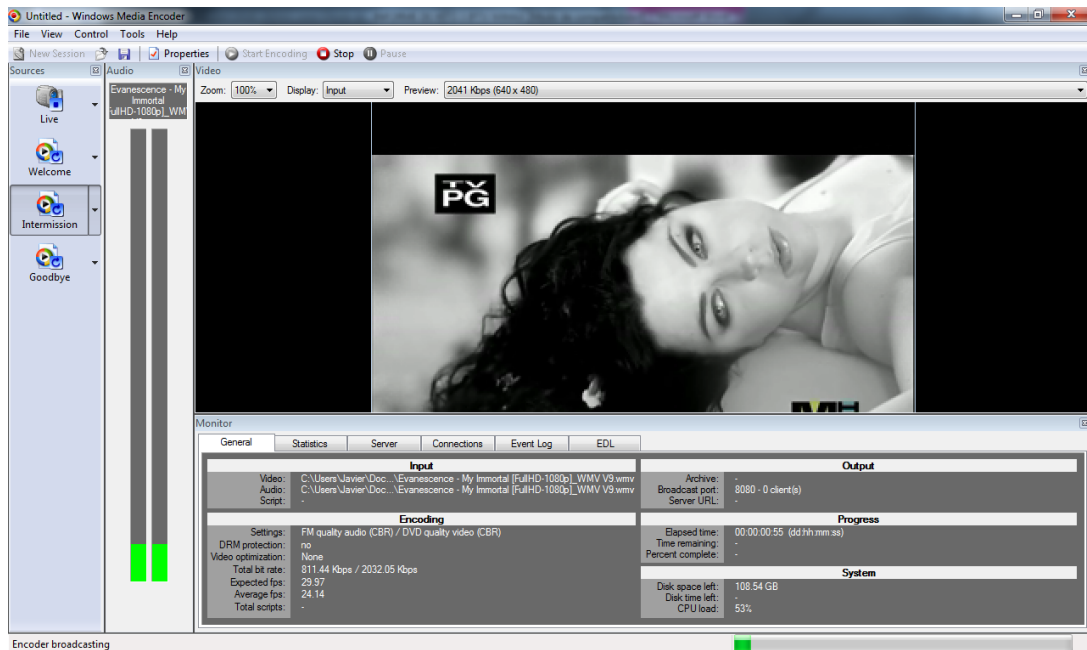


Figura 4.19: Sesión con WME

Una vez comenzada la transmisión se despliega un cuadro en la parte inferior del programa. En esta ventana de Monitor, el programa tiene algunas opciones para ver información de la emisión, las estadísticas de la transmisión, conexiones del *broadcasting*, entre otras. En la Figura 4.20 se muestra el cuadro de Estadísticas de la Transmisión. Este cuadro es importante porque se observa en tiempo real el *bitrate* transmitido, el cual varía de acuerdo pasan las escenas de la transmisión.

Monitor																																	
General	Statistics	Server																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Audio Input</th> <th>Audio Output</th> <th>2041.05 Kbps</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sampling rate: 22050</td> <td>Sampling rate: 22050</td> <td rowspan="3"> Combined bit rate Max. bit rate: 2041.05 Kbps Current bit rate: 903.40 Kbps Avg. bit rate: 1570.99 Kbps </td> </tr> <tr> <td>Channels: 2</td> <td>Channels: 2</td> </tr> <tr> <td>Samples dropped: 0</td> <td>Max. bit rate: 32.05 Kbps Current bit rate: 32.05 Kbps Avg. bit rate: 32.05 Kbps</td> </tr> <tr> <th>Video Input</th> <th>Video Output</th> <th>Video Output</th> </tr> <tr> <td>Width x height: 320 x 240</td> <td>Width x height: 640 x 480</td> <td>Max. bit rate: 2000.00 Kbps</td> </tr> <tr> <td>Max. fps: 25.00</td> <td>Max. fps: 29.97</td> <td>Current bit rate: 871.35 Kbps</td> </tr> <tr> <td>Current fps: 25.00</td> <td>Current fps: 25.02</td> <td>Avg. bit rate: 1538.94 Kbps</td> </tr> <tr> <td>Total frames: 2782</td> <td>Avg. fps: 25.01</td> <td>Pre-comp drop: 0</td> </tr> <tr> <td>Frames dropped: 0</td> <td>Frames dropped: 0</td> <td>In-comp drop: 0</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Post-comp drop: 0</td> </tr> </tbody> </table>			Audio Input	Audio Output	2041.05 Kbps	Sampling rate: 22050	Sampling rate: 22050	Combined bit rate Max. bit rate: 2041.05 Kbps Current bit rate: 903.40 Kbps Avg. bit rate: 1570.99 Kbps	Channels: 2	Channels: 2	Samples dropped: 0	Max. bit rate: 32.05 Kbps Current bit rate: 32.05 Kbps Avg. bit rate: 32.05 Kbps	Video Input	Video Output	Video Output	Width x height: 320 x 240	Width x height: 640 x 480	Max. bit rate: 2000.00 Kbps	Max. fps: 25.00	Max. fps: 29.97	Current bit rate: 871.35 Kbps	Current fps: 25.00	Current fps: 25.02	Avg. bit rate: 1538.94 Kbps	Total frames: 2782	Avg. fps: 25.01	Pre-comp drop: 0	Frames dropped: 0	Frames dropped: 0	In-comp drop: 0			Post-comp drop: 0
Audio Input	Audio Output	2041.05 Kbps																															
Sampling rate: 22050	Sampling rate: 22050	Combined bit rate Max. bit rate: 2041.05 Kbps Current bit rate: 903.40 Kbps Avg. bit rate: 1570.99 Kbps																															
Channels: 2	Channels: 2																																
Samples dropped: 0	Max. bit rate: 32.05 Kbps Current bit rate: 32.05 Kbps Avg. bit rate: 32.05 Kbps																																
Video Input	Video Output	Video Output																															
Width x height: 320 x 240	Width x height: 640 x 480	Max. bit rate: 2000.00 Kbps																															
Max. fps: 25.00	Max. fps: 29.97	Current bit rate: 871.35 Kbps																															
Current fps: 25.00	Current fps: 25.02	Avg. bit rate: 1538.94 Kbps																															
Total frames: 2782	Avg. fps: 25.01	Pre-comp drop: 0																															
Frames dropped: 0	Frames dropped: 0	In-comp drop: 0																															
		Post-comp drop: 0																															

Figura 4.20: Estadísticas de la Transmisión

4.6.3. *Windows Media Video, WMV*

WMV es un nombre genérico que se da al conjunto de algoritmos de compresión ubicados en el set propietario de tecnologías de vídeo desarrolladas por Microsoft. Para demostrar la capacidad de compresión, nuevamente como en pruebas anteriores, se trabajó con un video musical de Evanescence, dada su alta calidad de imagen y dimensiones. La Figura 4.21 es una captura de imagen del video a los 16 seg.



Figura 4.21: Video extensión .mp4

La Figura 4.22 es la captura de imagen del mismo video ya comprimido con WMV hecha también a los 16 seg para distinguir la diferencia en la resolución.



Figura 4.22: Video extensión .wmv

El video original tiene una extensión .mp4 de 1280x714 y ocupa 71,3 MB en disco. Comprimido con algoritmo WMV V8, con el cual el tamaño máximo del video es de

320x240, el espacio en disco utilizado es de 28,5 MB. Aunque la resolución ciertamente bajó, el tamaño que ahora ocupa en disco es de relativamente menor.

El formato WMV es reproducido por una amplia gama de reproductores, como BS.Player, MPlayer o Windows Media Player disponible en plataformas Windows y Macintosh. WMV no está constituido solo por tecnología Microsoft, ya que desde la versión 7 también utiliza una versión no estandarizada de MPEG-4 y se combina con sonido en formato Windows Media Audio.

WMV empaqueta a los contenedores multimedia como AVI o ASF. Los ficheros reciben la extensión .wmv o .wma si es un archivo solo de audio. La versión 9 del formato utilizado por Microsoft es también utilizado en la distribución de vídeo de alta definición sobre DVD, estándar en un formato que Microsoft ha denominado WMV HD, el cual puede ser reproducido tanto en computadores como en reproductores de sobremesa.

4.6.4. Resultados de las Pruebas con WME

El máximo *bitrate* con el que se puede trabajar con este programa es de 5.137 kbps, designado como de *High Definition quality*. El *bitrate* con el que se obtuvieron los mejores resultados en la red fue el de la calidad de DVD de 2.170 Kbps, aunque en ocasiones se pixelaba la imagen. En el cuadro de estadísticas se observó que el promedio de bits transmitido se acercó máximo a los 2000 Kbps, y oscilaba entre los 1.800 Kbps.

No existieron pausas en la transmisión pese a que el *bitrate* es mayor a la capacidad del canal que se compró antes con D-ITG de 1.598 Kbps. La razón es que los equipos en las SS tienen un MIR hasta los 2.048 kbps. Como se apreció en el cuadro de estadísticas, la transmisión no sobrepasó este valor. La tasa de transmisión no es constante, y el canal es despejado evitando que existan pérdidas de paquetes, o agotamientos del *buffer*.

En estas pruebas realizadas con este programa se determinó que una calidad mayor a la designada como de DVD provoca agotamiento en el *buffer* e inundación del canal de transmisión en la red WiMAX. Esto produce pérdidas de paquetes por tanto pérdidas de escenas y pausas involuntarias en la transmisión, es decir aumento del *jitter* y el *delay*.

Cuando se transmitía tanto la imagen capturada de video como los videos almacenados se observó un retardo en promedio de 8 segundos, desde el comienzo de la transmisión en

el PCTx, hasta su reproducción en el PCRx. En la Tabla 4.6 se muestran los resultados obtenidos sobre la red WiMAX con los diferentes *bitrates* de transmisión disponibles en WME y tamaño de la imagen.

Tabla 4.6: Resultados con WME

Calidad de Video	Bitrate Total (kbps)	Frame Rate (fps)	Tamaño de la Salida	Calidad de la Imagen
High Definition	5.137	29,97	1280x720	No Imagen
DVD	2.137	29,97	640x480	Pixelada
VHS	464	29,97	320x240	Buena
Low Bandwith	160	15	160x120	Baja
Screen Capture	469	15	Same as Input	Baja
Live Broadcast	387	29,97	320x240	Baja
Security Surveilance	387	0,5	320x240	Baja
Full Screen	1.128	29,97	Same as Input	Muy Buena
Film Content	887	24	640x480	Muy Buena
High Speed	887	60	320x240	Buena

En la Figura 4.23 se muestran los resultados obtenidos en el computador de recepción de video con el *bitrate* de *High Definition* de 5,137 mbps y con el *bitrate* de DVD de 2,137 mbps la cual produjo el mejor resultado.

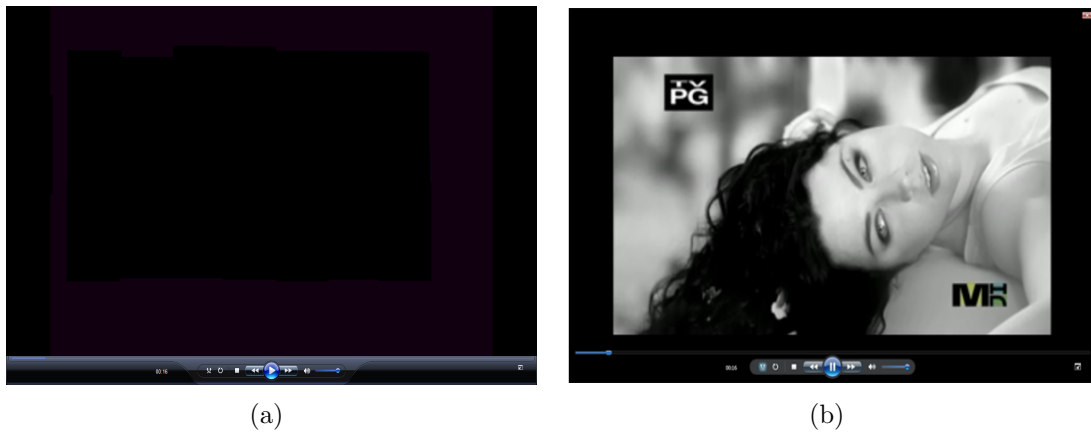


Figura 4.23: Resultados en WME: (a) Calidad HD; (b) Calidad DVD.

Capítulo 5

ANÁLISIS ECONÓMICO

En este capítulo se realizará un análisis de costos del servicio de IPTV para su implementación en la ESPE. Algunos equipos involucrados en el desarrollo del presente proyecto ya están funcionando en la ESPE, y fueron descritos ampliamente en el capítulo 2. Los equipos necesarios para emprender el servicio de VoD, que aún requieren ser adquiridos por la Escuela, se los describe a continuación.

5.1. Equipos a ser Adquiridos

La red WiMAX que cubre todo el campus politécnico será el medio inalámbrico de difusión del servicio de IPTV. Por el momento, el único tráfico que recorrerá la red WiMAX será el de IPTV, razón por la cual no es necesario equipos de direccionamiento de tráfico como *routers* o *switches*. A continuación se en listarán equipos que formarán parte de la cabecera de video hasta los que serán parte de la interfaz de usuario.

1. Servidor VoD.

Las características y del Servidor de VoD ya se definieron en el Capítulo 2. Sin embargo, no está demás recalcar que es vital que tenga una gran capacidad de almacenamiento y sea un motor de *streaming* MPEG-4 que soporte varios usuarios a la vez.

2. Cámara de Video HD.

Este equipo no se lo contó en el Capítulo 2 por no ser una parte fundamental del diseño de IPTV para la ESPE, pero se lo incluye como un equipo extra que complementará las funcionalidades del servicio. Esta cámara de video HD permitirá captar video de alta definición, para registrar acontecimientos de gran importancia para la ESPE y

que puedan ser transmitidos mediante IPTV. Esta cámara también puede ser un inicio para realizar videoconferencias dentro del Campus.

3. STB.

Al igual que con el servidor de VoD, las características que el STB debe tener ya se definieron en el Capítulo 2, por lo que en el presente Capítulo se mostrarán equipos que se acerquen a las necesidades ya establecidas.

4. LCD.

Un LCD es necesario para poder apreciar la calidad de servicio con la que se está transmitiendo. Es el sistema de visualización ideal ya que la resolución que maneja es la adecuada para apreciar la TV digital y es fácilmente transportable.

5.2. Proveedores

5.2.1. STB

5.2.1.1. Amino

Amino es una compañía especialista en soluciones de entretenimiento digital no solo de IPTV, sino también de Internet TV y de distribución multimedia en el hogar. Amino Communications es uno de los líderes en el mercado de IPTV, y tanto sus productos como propuestas están siendo implementadas por grandes operadores de redes y proveedores de servicios a nivel mundial.

La propuesta de Amino en STB es extensa, pero el STB de Amino que cumple casi por completo con los requerimientos ya definidos es el modelo AmiNET 530 que se muestra en la Figura 5.1.



Figura 5.1: STB Amino A530

Entre sus principales características se encuentran:

- Manejo de avanzadas técnicas de codificación.
- Alta definición, y almacenamiento de video digital.
- Un ecosistema extenso (Referente a *middleware*, *browser* y DRM).
- Herramientas amigables de diseño y gestión.

5.2.1.2. Telergy

Telergy es una empresa que diseña y desarrolla exclusivamente STBs. La plataforma de *hardware* y *software* que Telergy propone hace de sus STBs una opción viable y atractiva para su uso en la ESPE. Los campos en los que se pueden encontrar productos Telergy son varios, como video conferencia, proveedores de contenidos, entre otros.

El STB de Telergy que mas se acopla a los requerimientos propuestos para el STB de la ESPE es el modelo T502 RCA. En la Figura 5.2 se muestra el T502 RCA de Telergy.



Figura 5.2: STB Telergy T502

Entre sus principales características se encuentran:

- Acepta las técnicas de codificación propuestas a usar en el proyecto.
- Alta definición y definición estándar.
- El core del STB usa el software propiedad de Telergy.
- Extensiones de API para configurar y crear nuevas aplicaciones.

5.2.2. Cámara de Video HD

5.2.2.1. SONY

La HVR-V1 de SONY es una cámara eficiente y precisa que hace que la imagen captada tenga la apariencia del cine digital de producciones independientes. Permite filmar con

cinta, disco duro y además cuenta con una interfase de salida de alta definición HDMI para grabar sin compresión. a continuación se muestran alguna de sus características:

- Resolución de 1080i.
- Almacenamiento de imágenes de alta calidad en cintas de caset.
- Adopta el formato de compresión MPEG-2, usando componentes de almacenamiento de hasta 8 bit a una velocidad de almacenamiento aproximada de 25 Mb/s.
- Tiempo de grabación de HD alcanzado en los casets es de alrededor de 60 min.
- Gran variedad de puertos de salida de video como HDMI y video compuesto.

En la Figura 5.3 se muestra la cámara SONY HVR-V1 que podría ser adquirida para la producción de contenido.



Figura 5.3: Cámara Digital HD SONY HVR-V1

5.2.2.2. Panasonic

Entre los productos Panasonic se encuentra una división entera de filmadoras HD. La AG-HVX200A es una filmadora semiprofesional y se ajusta a las necesidades que la ESPE tiene al momento para la captación de contenido. En la Figura 5.4 se muestra este modelo de filmadora de Panasonic.



Figura 5.4: Cámara Digital HD Panasonic AG-HVX200A

Entre sus principales características están:

- Alta calidad de Grabación en caset DVCPROHD.
- Grabación en Mini Dv.
- Capacidad multiformato en HD y SD.
- Resolución de hasta 1080i.
- Interface VFIRE WIRE.
- 7 Ajustes de Gamma incluyendo Cine Gamma.

5.2.3. Servidor VoD

5.2.3.1. Exterity

Exterity es una empresa que se dedica a la creación de productos que proporcionan video digital de calidad profesional a través de redes IP. Los equipos de Exterity representan importantes avances comparados con los sistemas de cable coaxial y su despliegue es viable en sistemas de distribución de vídeo tanto a gran escala como a pequeña escala. Este escenario a pequeña escala es el que encaja en el modelo de IPTV en la ESPE.

La propuesta de Exterity en servidores de video bajo demanda corresponde a la serie AvediaServer, y específicamente el servidor de video para la ESPE que se acerca más

al cumplimiento de los requerimientos planteados en el Capítulo de diseño es el modelo m6110. En la Figura 5.5 se muestra al servidor m6110 incorporado en el chasis c1550, también de Exterity.



Figura 5.5: Servidor de VoD AvediaServer m6110

A continuación se muestran algunas de las características de este servidor:

- Provee VoD en la red IP y la posibilidad de programar contenido.
- Utiliza interfaces FTP, USB, DVD y CD para cargar contenido de definición estándar y de alta definición.
- Facilidad de programar *streamings* para que sean transmitidos a una hora determinada por el administrador de red.
- Utiliza una interfaz Web para su gestión y configuración.
- Permite la creación de listas de reproducción.

5.2.3.2. NetUP

NetUP Inc. es una empresa fundada en 2001 cuyo principal modelo de negocios era el desarrollo de *software*. NetUP desde un principio se enfocó en las necesidades de creciente mercado de las telecomunicaciones y ahora es una empresa de renombre y con alta experiencia en redes IP, sistemas operativos, bases de datos y *hardware* el cual es esencial para el desarrollo de sus soluciones para IPTV. NetUP cuenta con alianzas estratégicas en el mercado de IPTV por lo que en su página web presentan soluciones completas de IPTV, sin embargo esta propuesta de servidor es completamente desarrollado por ellos. En la figura 5.6 se muestra el servidor de video bajo demanda de NetUP.



Figura 5.6: Servidor de VoD NetUP

Características del servidor de VoD de NetUP:

- Soporta más de 100 *streams* simultáneos.
- Trabaja con compresión MPEG-2 a una tasa de 4 Mb/s por *stream*.
- Soporta tanto *multicast* como *unicast*.
- Para el almacenamiento se utiliza MPEG-2 o MPEG-4 en SD y HD.
- Gran capacidad de almacenamiento.
- Permite servicios como TSTV y NPVR.

5.2.4. LCD

5.2.4.1. Panasonic

Panasonic ofrece una amplia gama de productos de equipo audiovisual, de información y comunicaciones. El LCD de Panasonic que serviría a la realización de este proyecto en la ESPE es el modelo TC-L42D2.

Este LCD tiene una dimensión de 42 pulgadas y una resolución de 1920x1080 píxeles, lo cual permitirá apreciar con más detalle la calidad de la imagen que se está recibiendo. En la Figura 5.7 se muestra el LCD Panasonic TC-L42D2.



Figura 5.7: LCD Panasonic TC-L42D2

5.3. Selección de Equipos

- STB: Se reconoce al STB A530 de Amino como la mejor opción para el servicio de IPTV en la ESPE. Principalmente por que cuenta con un disco propio de almacenamiento, con lo que se podrán realizar, además de las pruebas tradicionales, pruebas de PVR.
- Servidor de VoD: Se reconoce al servidor de Exterity, el AvediaServer m6110, como la mejor opción para IPTV en la ESPE. La razón es que los usuarios que se pueden conectar a este servidor son suficientes para brindar IPTV de calidad en la ESPE.
- Cámara de Video HD: Se reconoce a la cámara SONY HVR-V1 como la mejor opción de compra para la ESPE. La razón es por sus opciones de almacenamiento de contenido, y su variedad de puertos de salida de video.
- LCD: La mejor opción de compra es el Panasonic TC-L42D2. La razón por la cual este LCD es la mejor opción es su variedad de puertos de entrada de video, su alta resolución que soporta definición HD de 1080i que permite apreciar de mejor manera la calidad en la recepción del servicio de IPTV.

5.4. Equipos Complementarios

Estos equipos no estaban tomados en cuenta al iniciar la fase de diseño del proyecto, pero dados los requerimientos, son necesarios para poder hacer a la red más funcional y escalable.

- Una SS marca Alvarion, familia BreezeACCESS VL, serie SU-54-BD (SU-54). Que trabaje tanto en *uplink* como *downlink* con 54 Mbps. Esta SS sería el punto de salida del servidor de VoD hacia la red.
- 5 módulos de actualización para la serie SU-3. Tal actualización incrementa la capacidad de la serie SU-3 a la de la serie SU-V. De esta forma cada SS manejaría 8 Mbps en *downlink* (Permitiendo la recepción de HD) y 2 Mbps en *uplink*.

5.5. Costo del Proyecto

Tabla 5.1: Costo Total del Proyecto

No	Detalle	Marca	Modelo	Cant.	Valor Unidad	Valor Total
1	Servidor de VoD para IPTV	Exterity	AvediaServer m6110	1	Unidad	\$ 6765.00
2	Cámara de Video de alta definición	SONY	HVR-V1N/1	1	Unidad	\$ 4275.00
3	Set-top Box de IPTV	Amino	AmiNET530	3	Unidad	\$ 1590
4	LCD	Panasonic	TC-L42D2	3	Unidad	\$ 3000
5	Acces Point WiMAX	Alvarion	SU-A-5.4-54-BD-VL	1	Unidad	\$ 593.00
6	Módulo de Actualización	Alvarion	SU-3 TO SU-V	5	Unidad	\$ 800.00
					Costo Total	\$ 17023.00

Capítulo 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Se investigó a fondo el marco teórico que envuelve al servicio de IPTV y a la tecnología inalámbrica WiMAX, el cual incluía la historia, los parámetros, sus características, y se pudo constatar que si bien el servicio de IPTV como tal no lleva mucho tiempo en el mercado, su evolución y crecimiento son de los más grandes en los últimos años en el mercado de las telecomunicaciones y la tecnología WiMAX ha sido participe de ese crecimiento.

Tras un análisis de la penetración de IPTV en el mercado se concluye que la mayor concentración de usuarios a nivel global están en los continentes de Europa y Asia, y precisamente estos mercados son los que obtienen las mayores regalías con este servicio. Se estima que en los próximos años el desarrollo de IPTV se extienda a Latino América, en donde la realidad tecnológica, como es el caso de Ecuador, ha sido un limitante hasta ahora para este tipo de servicios de banda ancha.

Se identificó que la modalidad de IPTV que se establecería en la ESPE de entre todas las formas ofertadas hoy en día mediante Internet y Telcos. Este modelo corresponde a lo que se conoce como *Building* IPTV, el cual hace uso de redes locales para difundir el servicio, como es el caso de la red WiMAX de la ESPE.

Los beneficios más importantes de una plataforma de IPTV son la capacidad de manejar un mayor volumen de contenido gracias a la liberación del canal de transmisión, el desarrollo de aplicaciones interactivas, y la reducción de costos de operación en contraste a las demás propuestas de TV en el mercado como la televisión satelital o por cable.

Estos beneficios actualmente están siendo aprovechados en varios campos como el de la construcción, educación medicina, finanzas, entre otros.

Se determinó que VoD es el servicio más viable que se pueda ofrecer con IPTV en la ESPE, debido a que en este servicio no se inunda el canal de transmisión permanentemente y especialmente porque no se cuenta con el material de video necesario para transmitir ininterrumpidamente.

Se definió que es viable desplegar IPTV mediante WiMAX por cuatro razones en especial. Primero por su alta escalabilidad, lo que reduce dramáticamente costos de instalación. Segundo por su gran cobertura, la cual es muy superior al de otras tecnologías inalámbricas. Tercero por las robustas técnicas de codificación digital. Por último y en definitiva lo que lo hace uno de los mejores candidatos es su capacidad de garantizar niveles de calidad, característica necesaria para IPTV.

Se establecieron los elementos que conformarían parte de la plataforma de IPTV en la ESPE. Estos son una cabecera de video o *headend* donde iría el servidor de video, la red de transporte cuya función es desempeñada por la red WiMAX, y las instalaciones de usuario en la cual se incorporan los equipos de visualización de contenido como el STB con un LCD, o una PC con el *middleware* incluido.

Para el dimensionamiento de la red de IPTV se investigaron los requerimientos mínimos de ancho de banda para brindar un canal de SDTV y uno de HDTV, con el fin de esclarecer si tales requerimientos se acoplan a la capacidad de los equipos WiMAX. De esta investigación se concluyó que no se puede prestar el servicio de VoD con las características actuales de los equipos WiMAX de la ESPE, ya que usando MPEG-4 se necesitaría por usuario al menos 1,75 Mbps, lo que significa que para difundir IPTV en las cinco SS en funcionamiento, se necesitaría al menos una conexión de 10 Mbps para *uplink* conectada al servidor de video.

Para sobrellevar las limitantes de ancho de banda se investigaron los equipos que sí cumplirían con los requerimientos del servicio. La SS que el servicio requeriría sería maraca *Alvarion*, de la familia *BreezeACCESS*, serie SU-54-BD (SU-54), ya que tanto en *uplink* como *downlink* trabaja con 54 Mbps. Esta SS sería el punto de salida del servidor de VoD hacia la red. Para expandir el potencial de las estaciones suscriptoras, se propone adquirir 5 módulos de actualización para la serie SU-3 a SU-V. De esta forma cada SS manejaría 8 Mbps en *downlink* (Permitiendo la recepción de HD) y 2 Mbps en *uplink*.

Se probó el desempeño de la red WiMAX con la ayuda de dos *software* libres. El primero fue D-ITG con el cual se pudo obtener resultados plasmados en gráficas de la calidad de transmisión, de lo cual se concluye que en un enlace *unicast* se puede llegar a cumplir los requerimientos mínimos con MPEG-4 para un solo usuario. El segundo fue WME, con el cual se pudo cerciorar la capacidad de la red WiMAX de sostener un *streaming* de video continuo utilizando una tasa de transmisión de hasta 2,137 Mbps, aunque se obtuvieron en ocasiones imágenes pixeladas. Por sobre este *bit rate* se inunda el canal y en recepción se obtiene una pantalla negra.

Tras realizar pruebas sobre WiMAX y Ethernet se comprobó la factibilidad de realizar *streamings* de video sobre cualquier red basada en IP, pero se evidenció que los niveles de calidad y experiencia alcanzados en cada transmisión dependen en gran medida de la calidad y capacidad del enlace de comunicación. Ya que los niveles de calidad y experiencia para IPTV son grandes, las empresas dedicadas a ofertar el servicio siguen complejas arquitecturas dictadas por entidades como la UIT, el DSL FORUM, y ATIS para cumplir los rigurosos estándares de calidad, e incluso sus redes ya integran soluciones de nueva generación e IMS.

Se realizó un análisis económico en cuanto a lo que representaría instaurar IPTV con VoD dentro de la ESPE. Para este análisis se hizo una selección de equipos que complementarían a los equipos WiMAX en la implementación del servicio. Estos son un servidor de video, un STB, un LCD y una cámara de video HD. Se tubo en cuenta propuestas de varios proveedores para estos equipos y tras considerar aspectos económicos y técnicos se determinó que el costo total de la plataforma es de \$ 17.023,00. En este costo se incluyen las actualizaciones que complementarían a la red WiMAX de la ESPE.

6.2. Recomendaciones

Se recomienda que todo el contenido que sea almacenado en el servidor de video sea comprimido con MPEG-2 y no con MPEG-4, ya que el segundo algoritmo es muy agresivo con la calidad de imagen, y parte del detalle puede perderse en la compresión. Sin embargo, para realizar el *streaming* de video es aconsejable utilizar MPEG-4 en la transmisión para optimizar el ancho de banda.

Para lograr optimizar el ancho de banda utilizado en cada conexión de VoD, se recomienda utilizar direccionamiento *multicast*, pero es importante distinguir que se haría un cambio en el tipo de servicio ofertado a cada usuario. Si se implementa el uso de

multicast todas las estaciones que pertenezcan a un mismo grupo *multicast* se verían forzadas a compartir el mismo contenido y ya no se podría llamar a tal servicio VoD para todas los usuarios.

Como continuación a este proyecto se podrían realizar estudios de *T-learning* con IPTV y su factibilidad de implementarse en la ESPE. El desarrollo de *T-learning* podría ser beneficioso en todas las áreas de especialización de la ESPE, y su uso podría ser llevado a convertirse en una herramienta de uso diario con fines pedagógicos.

Se podrían realizar estudios de interactividad sobre IPTV, los cuales la comunidad politécnica encuentre atractiva y útil. Una vez incrementado el ancho de banda para el uso de IPTV en la ESPE, este proyecto se podría complementar con estudios sobre aplicaciones interactivas que puedan ser probadas e implementadas. Este avance en el desarrollo de *software* sería un adelanto a los servicios ofertados en el Ecuador actualmente. Estas aplicaciones bien podrían ser desarrolladas con el *middleware Ginga* de procedencia Brasileña.

Se recomienda impulsar la formación de clubes de televisión en la ESPE, tal y como se hizo con el proyecto de Radio. Tales clubes podrían dedicarse a la generación de contenido, el cual sea difundido a través de la red. Mediante la generación de contenido se podría informar a la comunidad politécnica temas de interés para todo el personal de la ESPE.

ANEXOS

ANEXO 1
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
STB Aminet 530

AMINO A530



HIGH DEFINITION IP-STB BOX WITH DVR

A high definition, comprehensively specified set-top box (STB) with integral digital video recording (DVR) capability for IPTV applications

The A530 is a highly specified IP-STB. With high definition, and advanced codec support, coupled with DVR capability, it allows operators to maximise their revenues through advanced service features. Using the latest high-performance system-on-chip (SoC) generations, the A530 will continue to deliver the high performance required for the developing demands of the IPTV market.

Advanced codec support

The support of low bitrate advanced video codecs provides operators with the opportunity to grow revenue generating services, while maximising the efficient use of network bandwidth and creating the ability to:

- Reach a greater number of subscribers
- Increase the number of interactive and multicast channels
- Enhance viewing experience with HD channels.

High definition

As HD displays become established in living rooms around the world, consumers want to watch more and more HD programming. The A530 delivers the increased detail and realism of HD programming at 720p and 1080i resolutions - content that brings greater revenue potential for telcos.

Digital video recording

The integral hard disk drive brings time shift recording of multiple channels, pause live TV and push Video-on-Demand (VoD) capabilities to your service. Combined with suitable middleware, the A530 also supports multi-room DVR capability, significantly increasing the revenue opportunities per installation.

Extensive ecosystem support

The A530 is supported by an extensive ecosystem of middleware, browser, conditional access and DRM options required for the widely varying configurations of the IPTV market.

Comprehensive design tools and support

Amino software technology is based on open standards such as Linux and HTML. Application developers for the A530 benefit from the Amino JMACX system which enables full control of the STB functions from the browser. JMACX provides the service operator with a powerful set of HTML and JavaScript extensions which allow simple and highly effective user interface designs to be created or ported. For increased flexibility in creating custom applications ADKs and SDKs are also available.

To find out more about the A530 please contact an Amino representative today.

“The A530 will continue to deliver the high performance required for the developing demands of the IPTV market.”





AMINO A530

Software updates and maintenance

The A530 holds a complete software image in on-board flash memory, and is also designed to support secure bootstrap from a multicast server. At any time, a deployed A530 can be upgraded with a new software image via the secure multicast server. The multicast approach ensures that very large numbers of deployed set-tops can be upgraded without placing an individual load on the server or the network. For security, software images can be signed with keys unique to each deployment.

About Amino Communications

Amino is the world leading independent IPTV specialist, delivering entertainment solutions for pure and hybrid IPTV, Over-The-Top (OTT) Internet video and in-home multimedia distribution. Amino delivers a range of award-winning set-top boxes and software to over 800 customers in 80 countries, including telecoms operators, service providers, broadcast, enterprise and hospitality companies. Amino also boasts the industry's widest range of pre-integrated IPTV ecosystems.

Amino's 'AssetHouse' modular asset management solution allows telecoms companies, content producers, broadcasters and web TV companies to profit from their on-demand services.

Detailed Specification A530 - High Definition IP-STB with DVR

Size and weight	185mm x 240mm x 70mm. 1.8Kg (excluding accessories and packaging)	Front panel buttons	Standby, menu, 4 way navigation, OK
Inputs	Ethernet 10/100 BaseT via RJ-45 shielded connector	Operating environment	ETS 300-019-1-3 Class 3.1
Outputs	HDMI 1.2a, with HDCP. S/PDIF (optical). USB2.0 (x3). USA: Composite video RCA, S-VHS, Stereo Audio RCA, Component (YPrPb) RCA, RF loop through and modulator. Europe: Dual SCART, Stereo Audio RCA, Component (YPrPb) RCA	EMC conformance	FCC Part 15 class B EN 60065
Power	12V DC at 2.5A via external power supply Less than 12W typical usage (external supply input voltage 100-240V AC 50-60Hz 1.3A max, output 12VDC 4A)	Safety approvals	CAN/ CSA-C22.2 No. 60065-03 IEC 60065:2001
HDD	160GByte standard.	RoHS	2002-95-EC
Codecs	MPEG-2 MP@HL MPEG-4 pt10 AVC/H.264 HP@L4	WEEE	2002-96-EC
Video resolutions	Up to 720p and 1080i	Operating temperature	0°C (32°F) to 40°C (104°F)
Graphics resolutions	HD graphics up to 1280x720	Storage humidity	5% to 95% RH (non-condensing)
Audio	Analogue stereo audio out. Stereo and Dolby 5.1 surround via S-PDIF and HDMI. Dolby Digital pass through to external decoder	Accessories	
Security	Wide selection of DRM and Conditional Access support. HDCP on HDMI. Macrovision on SD outputs (option)	Remote control	Standard
Memory	32MB Flash, 192MB RAM	Regional power supply with power cord	Standard
Front panel LEDs	Standby/power on (Red/Green) IR command received (Blue), Record (Red)	Component (YPrPb) cable	Standard
		Stereo audio cable	Standard
		IR keyboard	Optional
		HDMI cable	Optional
		SCART cable	Optional
		S-VHS cable	Optional



Global Headquarters

Amino Communications Limited
Buckingham Business Park
Anderson Road, Swavesey
Cambridge CB24 4UQ
United Kingdom

Tel: +44-1954-234100
Fax: +44-1954-234101
Email: info@aminocom.com

Americas

Amino Communications LLC
3625 Brookside Parkway
Suite 150
Alpharetta GA 30022
USA

Tel: +1-678-636-6000
Fax: +1-678-636-6001
Email: info@aminocom.com

China

Amino Communications
Technology Service Co Ltd
Suite 2702, City Gateway
398 Caoxi Lu, Shanghai 200030
China

Tel: +86-21-3368-8423
Email: cninfo@aminocom.com

London

Amino Communications Limited
6th Floor
32 Duke Street, St James's
London SW1Y 6DF
United Kingdom

Tel: +44-20-7747-9300
Fax: +44-20-7747-9301
Email: info@aminocom.com

Sweden

Amino Communications AB
Finlandsgatan 40
SE-164 74 Kista
Sweden

Tel: +46-8-5625-1600
Email: info@aminocom.com

Amino, AmiNET, AssetHouse, Mood and the Amino Logo are trademarks of Amino Communications Limited. All other trademarks are the property of their respective owners. © Amino Communications Ltd 2009.



ANEXO 2
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
SERVIDOR VoD
AvediaServeR m6110

AvediaServer m6110, m6120, m6150

The AvediaServer Play module provides Video On Demand (VoD) and Scheduled content. SD and HD content are easily uploaded to the Play module using either FTP, USB or DVD/CD ROM.

Scheduled Play Streaming plays back content at a planned date and time as specified by administrators using the web management interface. The Play module offers the ability to repeat scheduling if desired.

Playlists can be created using multiple assets which can be offered for VoD or Scheduled Play.



Software Specifications

Features

- Video On Demand: Up to 500 Mbps - 125 clients @ 4Mbps
- Scheduled Play: Up to 10 multicast channels playing content
- Content Ingest: Content can be ingested using FTP, USB, DVD/CD Rom
- Administration: Web interface
- Storage: Up to 7TB – 3600 hours @ 4Mbps

Formats

- Video: MPEG2, MPEG4, MPEG4(H264) VBR or CBR
- Audio: Any
- Encapsulation: MPEG2 Transport Stream
- Streaming: VoD - Unicast MPEG-TS over RTP
Scheduled Play - Multicast MPEG-TS over UDP/RTP

Supported Protocols:

- ARP, DHCP (Client), FTP, HTTP, ICMP, IGMP, IP, RTP, RTSP, SAP, SDP, SNMP, SYSLOG, TCP, TFTP, UDP

Variant Features of m6110 (play 60)

- Total Bitrate (Mbps): Up to 60
- Scheduled Channels: Up to 2
- Simultaneous VoD Sessions @ 4Mbps: Up to 15
- Portal and EPG module included: Yes

Variant Features of m6120 (play 200)

- Total Bitrate (Mbps): Up to 200
- Scheduled Channels: Up to 10
- Simultaneous VoD Sessions @ 4Mbps: Up to 50
- Portal and EPG module included: Yes

Variant Features of m6150 (play 500)

- Total Bitrate (Mbps): Up to 500
- Scheduled Channels: Up to 10
- Simultaneous VoD Sessions @ 4Mbps: Up to 125
- Portal and EPG module included: No

Play module

m6110

m6120

m6150

Resolution

SD

HD

Chassis

c1550

For more information on AvediaServer Modules and Chassis

Please refer to m6010 (Portal/EPG Module) Technical Specification datasheet or the m6220 (Record Module) Technical Specifications for more information.

For information on the corresponding chassis for this module, please refer to the c1550 Technical Specification datasheet.



AvediaServer c1550

The AvediaServer chassis provides a reliable and robust platform with dual redundant power supplies.

Resilience and performance of this server is enhanced with the support for RAID 5 storage.

One or more chassis enables users to build a sophisticated Video on Demand solution, to include VoD, Scheduled Play, User Portal, EPG and centralised Recording.



Technical Specifications

Physical Format

2U rack-mounted standard 19" server

IP

Ethernet Interface: Dual 802.3-2008 1000BASE-TX
Gigabit Ethernet, 1000Mbps full duplex

Ports

Serial, VGA, PS/2 keyboard and mouse connectors, 2
USB on the rear and 2 USB on the front

Admin

Web interface, SSH, Serial interface

AC Voltage

100–240V, 60–50Hz, 10A Max

Drive

DVD ROM

Disk Storage

AvediaServer provides one internal OS disk and up to 8 SATA external disks in a RAID 5 array. Only a few options are listed below. Please call an Exterity representative to discuss a solution that fits your requirements. Storage capacity examples below are based on the following criteria:

Audio: 1 Mbps
SD: 4 Mbps
HD: 20 Mbps

Disk Pack (RAID 5)	Audio (Days)	SD (Days)	HD (Days)	Audio (Hours)	SD (Hours)	HD (Hours)
2.0 TB	170	40	8	4000	1000	200
4.0 TB	350	85	17	8400	2000	420
7.0 TB	610	150	30	14700	3600	730

Regulatory

Electromagnetic Emissions: FCC Class A, EN 55022 Class A,
EN 61000-3-2/-3-3, CISPR 22 Class A
Electromagnetic Immunity: EN 55024/CISPR 24, (EN 61000-4-2,
EN 61000-4-3, EN 61000-4-4,
EN 61000-4-5, EN 61000-4-6,
EN 61000-4-8, EN 61000-4-11)

Safety: EN 60950/IEC 60950-Compliant, UL Listed (USA), CUL
Listed (Canada), TUV Certified (Germany), CE Marking (Europe)

Power

700W dual redundant power supply with auto-switching capability

Dimensions

L: 648 mm x H: 89 mm x W: 437 mm
Weight: 27.5kg - 31.5kg (fully loaded)

Operating Environment (System)

Operating Temperature Range: 10 - 35°C (50° - 95°F)

For more information on the AvediaServer Modules

Please refer to m6010 (Portal/EPG), m6110, m6120, m6150 (Play Module)
Technical Specification datasheet or the m6220 (Record Module) Technical
Specifications for more information

Head Office: Ridge Way, Hillend Industrial Park, Dalgety Bay, Dunfermline, UK, KY11 9JD

t: +44(0) 1383 828 250 f: +44(0) 1383 824 905 w: www.exterity.com e: info@exterity.com

© 2009 Exterity Ltd. All rights reserved. The Exterity Building IPTV logo, AvediaStream, AvediaServer, AvediaCentre and isocket are trademarks or registered trademarks of Exterity Ltd. The information and specification are subject to change without prior notice. Exterity tries to ensure that all information in this document is correct but does not accept liability for any error or omission.

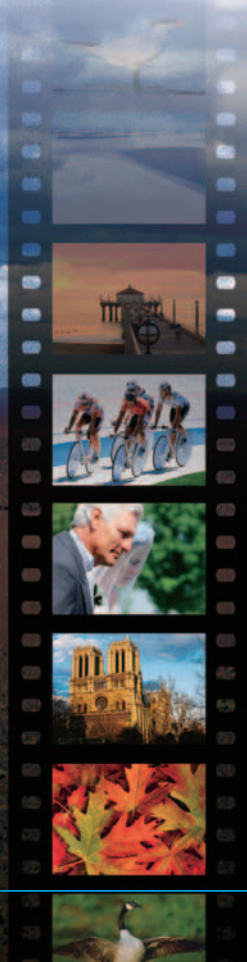


ANEXO 3
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
CÁMARA HD
SONY HVR-V1



HDV

HDV 1080i



Specifications

Camera section		
Lens		Carl Zeiss Vario-Sonnar T* zoom lens, 20x (optical), f = 3.9 to 78 mm, f = 37.4 to 748 mm* at 16:9 mode f = 45.7 to 914 mm* at 4:3 mode, F = 1.6 to 2.8, filter diameter: 62 mm
Built-in filter		1/4 ND, 1/16 ND
Focus		Auto, manual (focus ring/one push auto/infinity)
Imaging system		1/4-inch type, 3 ClearVid CMOS Sensor system
Picture elements		Approx. 1,037,000 pixels (effective), approx. 1,120,000 pixels (total)
White balance		Auto, one-push auto (2 positions), indoor (3200 K), outdoor (5800 K +15steps)
Manual shutter speed	60i/30p mode	1/4, 1/8, 1/15, 1/30, 1/60, 1/90, 1/100, 1/125, 1/180, 1/250, 1/350, 1/500, 1/725, 1/1000, 1/1500, 1/2000, 1/3000, 1/4000, 1/6000, 1/10000 s
	24p mode	1/3, 1/6, 1/12, 1/24, 1/40, 1/48, 1/50, 1/60, 1/96, 1/100, 1/120, 1/144, 1/192, 1/200, 1/288, 1/400, 1/576, 1/1200, 1/2400, 1/4800, 1/10000 s
Exposure		Auto, manual (Type1/Type2)
Gain		0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 dB
Minimum illumination		4 lx with F1.6 at 18 dB
VTR section		
Recording format		1080/60i, 480/60i (NTSC)
Play out/Down conversion format		1080/60i, 480/60i (NTSC)
Tape speed	HDV/DV SP	Max. 18.812 mm/s
	DVCAM	Max. 28.218 mm/s
Playback/Recording time	HDV/DV SP	Max. 63 min with PHDVM-63DM cassette
	DVCAM	Max. 41 min with PHDVM-63DM cassette
Fast forward/Rewind time		Approx. 1 min 45 s with PHDVM-63DM cassette (AC adaptor)
		Approx. 2 min 40 s with PHDVM-63DM cassette (battery pack)
Input/Output connectors		
Audio/Video output		A/V OUT jack, 10-pin connector Composite video: 1 Vp-p, 75 Ω unbalanced, sync negative Y: 1 Vp-p, 75 Ω unbalanced C: 0.286 Vp-p (burst signal), 75 Ω unbalanced Audio: 461 mV input impedance more than 47 k Ω , output impedance less than 2.2 k Ω
Component video output		COMPONENT OUT jack Y: 1 Vp-p, 75 Ω unbalanced Pr/Pb (Cr/Cb): 700 mVp-p, 75 Ω unbalanced
HDV/DV input/output		i.LINK interface (IEEE 1394, 4-pin connector S100)
XLR audio input		XLR 3-pin female x 2, 327 mV, -60 dBu: 3 k Ω , +4 dBu: 10 k Ω , power supply: approx. 48 V
Headphone		Stereo mini jack (ϕ 3.5 mm)
LANC		Stereo mini-mini jack (ϕ 2.5 mm)
USB		Mini-B connector
HDMI output		HDMI connector
Built-in output devices		
LCD viewfinder		0.54-inch** type, approx. 252,000 dots, 16:9 aspect ratio
LCD monitor		3.5-inch** type, Clear Photo LCD plus, approx. 211,200 dots, hybrid type, 16:9 aspect ratio
Speaker		ϕ 16mm
General		
Weight		Approx. 3 lb 6 oz (1.5 kg) (camcorder only)
Power requirements		DC 7.2 V (battery pack), DC 8.4 V (AC adaptor)
Power consumption	HDV	Approx. 6.8 W (recording mode with LCD viewfinder or monitor on)
	DVCAM/DV	Approx. 6.6 W (recording mode with LCD viewfinder or monitor on)
Operating temperature		32 to 104 °F (0 to 40 °C)
Storage temperature		-4 to +140 °F (-20 to +60 °C)
Supplied accessories		AC-L15 AC adaptor Power cord NP-F570 infoLITHIUM rechargeable battery pack A/V connecting cable, component video cable, USB cable lens hood with lens cover RMT-831 wireless Remote Commander™ ECM-NV1 monaural electret condenser microphone Operating instructions(CD-ROM) Printed operation instructions

* These values are calculated to be equivalent to the 35 mm film.

** Viewable area, measured diagonally.

SONY

Sony Electronics Inc.
1 Sony Drive
Park Ridge, NJ 07656
www.sony.com/HDV

V-2352 (MK10372V1)

© 2008 Sony Electronics Inc. All rights reserved.
Reproduction in whole or in part without permission is prohibited. Features and specifications are subject to change without notice. All non-metric weights and measurements are approximate. Sony, DVCAM, ClearVid CMOS Sensor, Enhanced Imaging Processor, DigitalMaster, SteadyShot, i.LINK, InfoLITHIUM, Memory Stick Duo, Picture Profile, Shot Transition, Clear Photo LCD plus, Cinematone Gamma, and Cinematone Color are trademarks of Sony. 3 ClearVid CMOS Sensor logo is a trademark of Sony Corporation. HDV and the HDV logo are trademarks of Sony Corporation and Victor Company of Japan, Limited. Vario-Sonnar T* is a trademark of Carl Zeiss AG.

Printed in USA (9/08)

ANEXO 4
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
SU-54-BD BreezeACCESS VL

BreezeACCESS[®] VL

Broadband Wireless Access with Toll Quality Voice

BreezeACCESS VL, Alvarion's broadband wireless platform in the 5 GHz frequency, is part of the BreezeACCESS product family, the world's most deployed wireless broadband platform. Superior features such as non-line-of-sight (NLOS), extended reach, high capacity in all packet sizes, encryption, and end-to-end QoS for time critical applications are key to its success in deployments worldwide.

Increase revenue from offering toll quality voice over IP (VoIP) and other triple play services through the use of quality of service algorithms (QoS), multimedia application prioritization (MAP) for wireless link prioritization, and unprecedented high capacity in all packet sizes. BreezeACCESS VL supports hundreds of simultaneous calls per sector.

With BreezeACCESS VL, operators offer a wide variety of services and applications, including VoIP, wireless leased line, hotspot feeding, gaming services, secure VPNs, video surveillance and wireless xDSL in urban and rural environments, and all at reduced capital and operating costs than wired alternatives.



Specifications

Radio

Frequency	4.900 - 5.100 GHz, 5.15 - 5.35 GHz, 5.47 - 5.725 GHz, 5.725 - 5.850 GHz								
Radio access method	Time Division Duplex (TDD)								
Channel	10 MHz, 20 MHz								
Central frequency resolution	5 MHz, 10 MHz								
Max output power (at antenna port)	AU: -10 dBm to 21 dBm, 1 dB steps SU: -10 dBm to 21 dBm, automatically adjusted by ATPC Actual max power may be limited for compliance with local regulation								
Sensitivity, typical (dBm at antenna port)	Modulation Level* (20 MHz)	1	2	3	4	5	6	7	8
		-89	-88	-86	-84	-81	-77	-73	-71
	Level* (10 MHz)	-92	-91	-89	-87	-84	-80	-76	-74
	*Modulation Level combines modulation scheme and coding gain.								
Modulation scheme (Adaptive)	OFDM: BPSK, QPSK, QAM 16, QAM 64								
Antenna port (AU-RE)	N-Type 50 ohm								
Subscriber integrated antenna AU antennas	21 dBi (19 dBi in 4.9-5.1 GHz band), 10.5° H/V, Integrated flat panel 60°: 16 dBi, Sector 60° horizontal, 10° vertical 90°: 16 dBi, Sector 90° horizontal, 6° vertical 120°: 15 dBi, Sector 120° horizontal, 6° vertical , 360°: 8 dBi, Sector 360° horizontal, 9° vertical (AU-SA only)								

Data Communication

VLAN support	Based on IEEE 802.1q , QinQ 802.3ad
Layer-2 traffic prioritization	Based on IEEE 802.1p
Layer-3 traffic prioritization	IP ToS according to RFC791 and DSCP according to RFC2474
Layer-4 traffic prioritization	UDP/TCP port range
Security	WEP 128-bit authentication, AES 128, WEP 128, and certified FIPS-197 mode built in encryption

Configuration and Management

Local & remote management	SNMP based NMS and windows based configuration utility, Telnet
Remote management access	From wired LAN, wireless link
Management access protection	Multilevel password Configuration of remote direction (from Ethernet only, wireless only, or both sides) Configuration of IP addresses of authorized stations
Software upgrade	Via TFTP and FTP
Configuration up/download	Via TFTP and FTP
SNMP agents	SNMP v1 client, MIB II, Bridge MIB, Private BreezeACCESS VL MIB

Physical and Electrical

Type		Connectors	Electrical
SU-NI	Ethernet	10/100BaseT RJ-45, 2 embedded	Power consumption 25W
AU-NI	Radio	LEDs 10/100BaseT Ethernet RJ-45	AC input: 100-240VAC, 50/60Hz
	AC IN	3-pin AC power plug	
SU-RA	Indoor	10/100Base RJ-45 with waterproof sealing assembly	54 VDC from indoor to outdoor
AU-RE			
AU-BS	Ethernet	10/100BaseT RJ-45, 2 embedded LEDs	Power consumption 30W
	Radio	10/100BaseT Ethernet RJ-45	(module plus outdoor unit) AC input: 100-240VAC, 50/60Hz 3.3VDC, 54V from power supply in backplane
BS-PS AC (AC power supply)	AC-IN	3-pin power plug	Power consumption: 240W, full chassis (1 PS, 6 AU) AC input: 85-265VAC, 47-65Hz DC output: 54V, 3.3V
BS-PS-DC (DC power supply)	-48 VDC	3-pin DC D-Type 3 power pin plug Amphenol	Power consumption: 240W, full chassis (1 PS, 6 AU) DC input: -48 VDC nominal (-34 to -72), 10 A max. DC output: 54V, 3.3V

Standards Compliance

Type	Standard	
EMC	FCC part 15 class B, CE ETSI EN 301 489-1/4	
Safety	UL 60950-1, EN 60950-1	
Environmental	Operation	ETS 300 019 part 2-3 class 3.2E for indoor units ETS 300 019 part 2-4 class 4.1E for outdoor units
	Storage	ETS 300 019-2-1 class 1.2E
	Transportation	ETS 300 019-2-2 class 2.3
Lightning protection	EN 61000-4-5, class 3 (2kV)	
Radio	FCC part 15	EN 301 753 EN 301 021 EN 301 893 (V 1.3.1)

Note: Not all options are available in all regions and some features require software licensing key. Please contact your local representative for further information



NetLink Technologies
4400 140th Avenue North
Suite 250
Clearwater, FL 33762
727-437-3000 voice
727-533-9516 fax
888-677-0712 toll free

Web: www.netlinkweb.com

© Copyright 2008 Alvarion Ltd. All rights reserved.
Alvarion® and all names, product and service names referenced here in are either registered trademarks, trademarks, tradenames or service marks of Alvarion Ltd. All other names are or may be the trademarks of their respective owners. The content herein is subject to change without further notice.

Bibliografía

- [1] Ing. José Manuel Huidrobo, IPTV la televisión a través de Internet http://www.acta.es/articulos_mf/43039.pdf, ingreso 18 de Junio 2010.
- [2] *Worldlingo*, IPTV, <http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/IPTV>, 21 de Junio 2010.
- [3] ITU-T Newslog, *IPTV Standardization on Track Say Industry Experts*, <http://www.itu.int/ITU-T/newslog/IPTV+Standardization+On+Track+Say+Industry+Experts.aspx>, ingreso 8 de Julio 2010.
- [4] Atel Asesores, Curso IPTV, <http://www.atelasesores.com.ve/cursos/detalles/?i=9>, ingreso 8 de Julio 2010.
- [5] Y.1910 UIT-T, *Arquitectura Funcional de Televisión por Protocolo de Internet*; ingreso 8 de Julio 2010.
- [6] CISCO, *Cisco End-to-End Solutions for IPTV*, http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns524/ns610/net_brochure0900aecd80613e32.pdf, ingreso 10 de Julio 2010.
- [7] ATIS, *The IPTV Interoperability Forum*, <http://www.itu.int/ITU-T/worksem/ngn/200603/presentations/s3-wright.pdf>, ingreso 12 de Julio 2010.
- [8] *Internet HDTV unveiled*, http://www.canada.com/reginaleaderpost/news/business_agriculture/story.html, ingreso 22 de Julio 2010.
- [9] IPTV Noticias, El mercado de IPTV en Europa, <http://iptv.lacoctelera.net/post/2007/04/02/el-mercado-iptv-europa>, ingreso 24 de Julio 2010.
- [10] Frost&Sullivan, *Asia Pacific IPTV Market*, http://www.researchandmarkets.co.uk/reportinfo.asp?cat_id=129report_id=363673p=1, ingreso 25 de Julio 2010.

- [11] AT&T, *U-verse TV Lineup Expands to 100 or More High Definition Channels in Every U-Verse TV Market*, <http://iptv.lacoctelera.net/post/2007/04/02/el-mercado-iptv-europa>, ingreso 26 de Julio 2010.
- [12] Guillermo Corona, *IPTV en América Latina*, <http://www.ultimasnoticias.com.ve/Blogs/jhmvajjh/archive/2010/08/22/iptv.-mientras-los-mercados-mas-desarrollados-de-la-iptv-gozan.aspx>, ingreso 26 de Julio 2010.
- [13] Ing. Christian Orbe, *Estudio de migración de sistemas de audio y video por suscripción bajo la modalidad de cable físico a IPTV con sugerencias en el ámbito regulador*, ingreso 28 de Julio 2010.
- [14] *International Television Expert Group, IPTV Global Forecast (2008-2013)*, http://www.international-television.org/tv_market_data/global-iptv-forecast-2009-2013.htm, ingreso 30 de Julio 2010.
- [15] Ing. Edwin Amaguaña y Ing. Tatiana Apolo, *Diseño y Simulación de una red con tecnología WiMAX (ieee 802.16-2004) para el campus politécnico de la ESPE*, ingreso 2 de Agosto 2010.
- [16] Ing. Román Lara, *Evaluación del Desempeño del Estándar IEEE 802.16j en los Entornos Urbano y Rural Empleando Software de simulación*, ingreso 18 de Diciembre 2010.
- [17] Ing. Fernando Rodrigues Da Silva, *Servidores de Video en aplicaciones de Video en Demanda (VoD)*, ingreso 1 de Septiembre 2010.
- [18] Ing. Wilson Bustamante de los Ríos, *Estudio técnico sobre la implementación de IPTV en la red de Etapa*, <dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/160/2/Capitulo%202.pdf>, ingreso 3 de Septiembre 2010.
- [19] Departamento de Ingeniería de Sistemas Telemáticos, *COMO hacer Multicast sobre TCP/IP*, <http://jungla.dit.upm.es/~jmseyas/linux/mcast.como/Multicast-Como-2.html>, ingreso 4 de Septiembre 2010.
- [20] *Streaming Learning Center, Streaming 102: Codecs, plus VBR and CBR, and I, B and P Frames*, ingreso 10 de Septiembre 2010.
- [21] Alvarion, *AlvariCRAFT™ Device Manager for BreezeACCESS Family Versión 5.2, User Manual*, ingreso 15 de Septiembre 2010.

- [22] *Guideline of the Camera & Imaging Products Association, Guideline for Noting Digital Camera Specifications in Catalogs*, ingreso 3 de Octubre 2010.
- [23] Rudolf F. Graf, *Modern Dictionary of Electronics*, pag. 569, ingreso 3 de Octubre 2010.
- [24] Tim Rahrer, Riccardo Fiandra, Steven Wright, *DSL Forum, Technical Report TR-126: Triple-play Services Quality of Experience (QoE) Requirements*, ingreso 7 de Octubre 2010.

FECHA DE ENTREGA

El proyecto fue entregado al Departamento de Eléctrica y Electrónica y reposa en la Escuela Politécnica del Ejército desde:

Sangolquí, _____ del 2011

ELABORADO POR:

Javier Alejandro Merino Maldonado
1716720543

AUTORIDAD

Ing. Gonzalo Olmedo, Ph.D
Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Electrónica
Telecomunicaciones