

**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**

**MAESTRIA EN INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES**

**NOMBRE:**

**Ing. Patricia Zúñiga Vázquez**

**DIRECTORES DE TESIS:**

**M. en C. Miguel Quiroz de Gante  
Dr. Héctor Oviedo Galdeano**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS EN  
INGENIERIA DE TELECOMUNICACION**



SIP-14-BIS

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

*ACTA DE REVISIÓN DE TESIS*

En la Ciudad de México, D. F. siendo las 11:00 horas del día 7 del mes de Abril Del 2010 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de E. S. I. M. E para examinar la tesis titulada:

**“PROPUESTA DE ARQUITECTURA DE UNA RED DE SERVICIOS IPTV CON CALIDAD DE SERVICIO”**

Presentada por el alumno:

**ZÚÑIGA**

Apellido paterno

**VÁZQUEZ**

Apellido materno

**PATRICIA**

Nombre(s)

Con registro: 

A	0	7	0	2	9	4
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES**

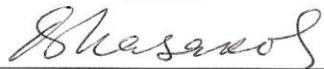
Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron *APROBAR LA TESIS*, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

  
DR. HÉCTOR OVIEDO GALDEANO

Presidente

  
DR. VLADIMIR KAZAKOV

Tercer Vocal

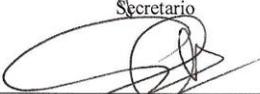
  
DR. JOSÉ LUIS LÓPEZ BONILLA

  
M. EN C. MIGUEL QUIROZ DE GANTE

Segundo Vocal

  
M. EN C. MIGUEL QUIROZ DE GANTE

Secretario

  
DR. SALVADOR ALVAREZ BALLESTEROS

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

  
DR. JAIME ROBLES GARCÍA





*INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL*  
*SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO*

*CARTA CESIÓN DE DERECHOS*

En la Ciudad de México el día 21 del mes Junio del año 2010, el (la) que suscribe Patricia Zúñiga Vázquez alumno (a) del Programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería de Telecomunicaciones con número de registro A070294, adscrito a la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME Unidad Zacatenco, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de M. en C. Miguel Quiroz de Gante y Dr. Héctor Oviedo Galdeano y cede los derechos del trabajo intitulado Propuesta de Arquitectura de una Red de servicios IPTV con Calidad de Servicio, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección salomezu@hotmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Patricia Z-V.  
Patricia Zúñiga Vázquez

Nombre y firma



## INDICE GENERAL

	Pag
Resumen .....	8
Abstract .....	9
I. Planteamiento del Problema .....	10
II. Objetivo General .....	10
III. Justificación .....	10
IV. Recapitulación .....	11
V. Alcance del Proyecto .....	11
VI. Publico .....	11
Introducción General.....	13
Antecedentes .....	14
1. Capítulo I: Televisión Digital .....	17
1.1. Introducción.....	17
1.2. Antecedentes de la Televisión Digital .....	17
1.3. Televisión Digital .....	19
1.3.1. Imágenes Digitales .....	20
1.3.2. Digitalización y Color .....	21
1.3.3. Estructura General de Datos en la Televisión Digital .....	24
1.4. Estándares Internacionales de la televisión Digital .....	25
1.4.1. Estándar ATSC .....	26
1.4.2. Estándar Europeo DVB .....	28

1.4.3. Estándar Japonés ISDB .....	29
1.5. Niveles de los Estándares de la Televisión Digital .....	30
1.5.1. Transmisión y Modulación .....	30
1.5.2. Transporte .....	31
1.5.3. Compresión .....	33
1.5.4. Middleware.....	34
1.5.5. Aplicaciones .....	35
1.6. SDTV (Televisión Digital Estándar) .....	35
1.6.1. Características de SDTV .....	35
1.7. HDTV (Televisión Digital de Alta Definición) .....	36
1.7.1. Definición de HDTV .....	36
1.7.2. Características Generales de HDTV .....	36
1.7.3. Formatos de la Televisión de Alta Televisión .....	37
2. Capitulo: Redes IPTV (Televisión sobre Protocolo de Internet) .....	39
2.1. Introducción .....	39
2.2. Antecedentes .....	39
2.3. Definición de IPTV .....	39
2.4. Elementos de una Red IPTV.....	40
2.4.1. Headend .....	42
2.4.2. Red Dorsal .....	46
2.4.3. Red de Acceso.....	49
2.4.4. Red en el Hogar .....	50

2.5. Seguridad en el contenido .....	52
2.5.1. Administración de Derechos Digitales (DRM) .....	52
2.5.2. Capa de Seguridad DRM .....	52
2.5.3. Ventajas y Desventajas de los DRM .....	56
2.6. Protocolos empleados en IPTV/Video Streaming .....	57
2.6.1. Protocolo de Administración de Grupos de Internet (IGMP) .....	57
2.6.2. Protocolo de Streaming en Tiempo Real y Protocolo de Descripción de Sesión ...	57
2.6.3. Protocolo de Transporte en Tiempo Real y Protocolo de Control de Tiempo Real .	58
2.7. Calidad de Servicio IPTV .....	58
2.7.1. Intserv y Diffserv .....	59
3. Capítulo: Propuesta de una Arquitectura de Red de Servicios IPTV con calidad de Servicio.	61
3.1. Introducción .....	62
3.2. Criterios a Consideras .....	63
3.3. Módulos que componen el proyecto .....	64
3.3.1. Modulo del Headend .....	70
3.3.2. Modulo de Aplicaciones de Servicios IPTV (Servidores) .....	74
3.3.3. Modulo de Red .....	88
3.3.4. Nivel de Usuario y Calidad de Servicio .....	106
3.3.5. Dimensionamiento para la Red de Santafe .....	110
4. Capítulo: Consideraciones para su implementación .....	113
4.2. Modulos del Proyecto .....	114



4.2.1. Modulo del Headend .....	114
4.2.2. Modulo de Aplicaciones en los Servidores .....	117
4.2.3. Modulo de Red.....	120
5. Capitulo: Pruebas y resultados .....	124
5.1. Introducción .....	124
Trabajos a Futuros .....	136
Conclusiones .....	137
Bibliografia General .....	139
Anexo 1.....	142
Anexo 2 .....	152

## RESUMEN

A lo largo de los últimos años, no solo la telefonía está sufriendo una drástica transformación por el rápido desarrollo e implementación de sistemas de Voz sobre IP sino que también la industria de la televisión enfrenta un interesante reto con la transmisión de televisión por IP (IPTV); esta tecnología transformará la televisión actual en una experiencia totalmente personalizada, por supuesto sobre conexiones de banda ancha y garantizando la calidad de servicio.

IPTV (Televisión sobre el Protocolo de Internet), se ha convertido en la denominación más común para los sistemas de distribución por suscripción de señales de televisión y/o vídeo usando conexiones de banda ancha sobre el protocolo IP. IPTV ha sido desarrollo basándose en el “video streaming”. Esta tecnología en un futuro próximo la televisión actual.

El incremento del ancho de banda en las redes de telecomunicaciones ha posibilitado la adopción, por parte de los proveedores de servicios, del sistema de televisión IPTV que gestiona la información de sus programas en un esquema multicast posibilitando al proveedor a no transmitir su programación de manera interrumpida esperando que algún usuario se conecte al sistema, sino que el contenido únicamente llegue al usuario cuando éste los solicite.

Esta nueva modalidad exige un mayor ancho de banda disponible en el sistema, pero permite, en cambio, ofrecer de manera sencilla y eficiente servicios de televisión digital de siguiente generación sobre redes de banda ancha como: oferta ilimitada de canales de televisión digital y música, programación de pago por evento, video por demanda y grabación personalizada de video.

Adicionalmente esta nueva tecnología ofrece ventajas sobre el servicio existente de televisión por cable y las tecnologías de satélite, típicamente IPTV esta encadenado a otros servicios como video bajo demanda, voz sobre IP o teléfono digital logrando el triple play.



## ABSTRACT

Over recent years, not only telephony is undergoing a dramatic transformation by the rapid development and deployment of Voice over IP systems but also the television industry faces an interesting challenge to the transmission of IP television (IPTV), this technology will transform the current television in a totally personalized experience, of course on broadband connections and guaranteeing the quality of service.

IPTV (Television over Internet Protocol) has become the most common denomination for subscription distribution systems of television signals and / or video using broadband connections on the IP protocol. IPTV development has been based on "streaming video." This technology in the near future television today.

The increased bandwidth in telecommunication networks has enabled the adoption by service providers, IPTV television system that manages information about their programs in a multicast scheme enabling the supplier to not transmit their programming so suspended waiting for a user logs into the system, but the content only when it reaches the user request.

This new method requires more bandwidth available in the system, but allows, however, offer a simple and efficient digital television services on next generation broadband networks such as unlimited supply of digital TV channels and music Pay-per-view programming, video on demand and personalized video recording.

Additionally, this new technology offers advantages over the existing service cable television and satellite technology, IPTV is typically chained to other services as video on demand, voice over IP or digital telephone achieving the triple play.

## I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El mundo de la televisión se encuentra en este momento en un periodo de cambios, expansión y transformación. En los últimos años el usuario ha visto como la oferta de canales ha crecido de forma considerable gracias al auge del mundo digital: la televisión digital vía satélite se abrió paso ofreciendo una gran cantidad de canales generalistas y temáticos; las redes de cable vinieron después.

El problema principal es que tradicionalmente el televidente ha sido participante pasivo en recibir los programas que las estaciones de televisión ofrecen; así mismo existen algunos inconvenientes para el televidente en cada uno de los diferentes tipos de televisión convencional: Televisión abierta, Televisión por cable y Televisión por satélite.

El problema que existe en la televisión abierta es la limitación de canales y programación, la mala calidad de imagen y la pasividad que ofrece a los participantes; por su parte la televisión satelital es muy costosa y su señal es variable debido a su vulnerabilidad a la lluvia y a la propagación atmosférica y existe un retardo de transmisión que traen consigo los satélites geoestacionarios; por su parte la televisión por cable implica un elevado costo de instalación, su uso resulta antiestético, es muy vulnerable a las perturbaciones por lo que la relación señal a ruido es relativamente elevada y también requieren de un buen diseño que elimine las perturbaciones y ecos debido a desadaptadores.

## II. OBJETIVO GENERAL.

Proponer una Arquitectura de red que mejore la entrega de la televisión convencional a través de la tecnología IPTV con calidad de servicio.

## III. JUSTIFICACIÓN

En el escenario actual, la televisión así como sus programaciones, muestran signos evidentes de segmentación y micro-segmentación, a la par que agotamiento. Las audiencias tienden hacia un contenido más especializado dejando a un lado las propuestas genéricas. Los jóvenes y sectores sociales con nivel académico y renta económica media y media alta abandonan la televisión convencional. Lo que repercute en las prácticas publicitarias y de marketing traduciéndose en menos ingresos económicos para el sustento de la industria.

Actualmente la mayoría de los expertos o de las personas relacionadas con la industria están de acuerdo que en que la convergencia de los medios digitales con la tecnología de la información es inevitable.

Los televidentes se enfrentan a la problemática de ser pasivos; además buscan una mayor interactividad y personalización de sus contenidos favoritos; donde tengan la factibilidad, flexibilidad y comodidad para crear su propia programación y verla en el momento deseado, de manera agradable y sencilla.

Hoy en día se pueden observar canales de televisión desde internet pero no cuentan con una gran cantidad de canales con calidad de servicio; adicionalmente a esto tienen que ser tolerante a las distorsiones y en algunos casos lenta velocidad de la descarga de las imágenes.

Por otro lado, nuestro país está pasando por una fuerte crisis económica con lo cual los televidentes buscan una nueva alternativa que cubra una mayor cantidad de servicios a un menor costo pero con una buena calidad de servicio.

Algunos sectores como en la industria necesitan una alternativa para videoconferencias en línea para realizar juntas y mesas redondas de manera remota sin necesidad de estar presente físicamente.

Las instituciones educativas necesitan cuentan con mucho material disponible de consulta para sus alumnos pero en algunos casos no es posible que llegue a todos los sitios del país de manera fácil y sencilla; también no cuentan con una herramienta que permita la comunicación entre alumnos con su profesor o con alumnos de otras instituciones que permitan el intercambio de conocimientos, debatir sobre algún tema o mantenerse informados con otras instituciones en concursos educativos.

Mi propuesta al utilizar la tecnología IPTV, ofrece una solución a las necesidades anteriormente mencionadas logrando una mejor calidad de video, mayor interactividad, convergencia de servicios y menor costo.

## IV. RECAPITULACIÓN

### Capítulo 1

Este primer capítulo se investigan las características, estándares internacionales, niveles y tipos de formatos de la televisión digital tanto estándar (SDTV) como de Alta de Definición (HDTV), permitiendo así conocer los principios básicos y fundamentales de la televisión digital.

### Capítulo 2

En este segundo capítulo se muestran los fundamentos teóricos de la tecnología IPTV como: Definiciones, elementos que lo integran, protocolos, conceptos de gestión, seguridad y calidad de servicio.

### Capítulo 3

En este tercer capítulo se proporcionan los criterios necesarios para realizar mi propuesta y planeación de la arquitectura de red IPTV con calidad de servicio; considerando los módulos y sub-módulos que lo conforman.

## Capítulo 4

Este capítulo comprende la selección de equipos operativos que conformarán mi propuesta de arquitectura de red IPTV, de acuerdo a sus características y especificaciones; así mismo se consideran sus costos.

## Capítulo 5

Este capítulo contiene algunas posibles pruebas que podrían servir para evaluar mi propuesta en dado caso de ser implementado.

## V. ALCANCE DEL PROYECTO

- Se pretende abarcar a 1, 000, 000 de acometidas distribuidas en tres las ciudades principales del país: Monterrey, Guadalajara, Puebla y Santafé.
- Se considerarán 140 canales de Televisión distribución para diferentes tipos: Definición Estándar, Alta Definición, Música, Pago por evento, Móviles y VoD.
- Este proyecto se realizará de acuerdo a las recomendaciones hechas por Microsoft y Telmex para la Administración y Realización Eficiente de Proyectos cubriendo únicamente el nivel de propuesta en todas las etapas de IPTV; no se cubrirán las etapas restantes de dimensionamiento, evaluación e implementación.

## VI. PUBLICO

Este trabajo de tesis va dirigido a cualquier alumno, profesor, ingeniero y organización que necesite y desee conocer más sobre IPTV de una manera no solamente teórica sino de forma real y objetiva. Tanto para proveedores de servicios como para investigadores de nuevas tecnologías y equipos. No se requiere formación previa de IPTV, solo los conocimientos básicos que conforman una red IP.



## INTRODUCCION GENERAL

Hoy en la actualidad la televisión es símbolo de lo digital, de cientos de canales donde se puede elegir lo que más se apetece con una amplia gama de temática, de calidad de imagen digital y del mando a distancia como centro de operaciones.

Las transformaciones se articulan a nivel mundial con el avance de las TIC's y dentro de estas, la televisión con sus formatos y contenidos no podía ser menos; la llegada de la televisión a través del protocolo IP (IPTV) está respaldada por la industria de las telecomunicaciones, con el propósito de ofrecer más interactividad e instaurar una fuerte dosis de competencia en el negocio de la venta de televisión.

IPTV es una de las áreas más interesantes de la convergencia que la tecnología IP ha permitido, dado que cambia por completo el paradigma a lo que hemos estado acostumbrados por muchos años respecto a la forma de ver la televisión. Sus siglas en inglés de Internet Protocolo Televisión y/o su traducción Televisión por Protocolo de Internet, hace referencia únicamente al mecanismo de transmisión del servicio de la televisión IP, el protocolo para la transmisión de paquetes usado en Internet.

El crecimiento de los sistemas de satélite, el surgimiento del cable digital y el nacimiento de la Televisión de Alta Definición, han dejado su marca en el mercado televisivo; por lo tanto IPTV ha llegado siendo respaldada por la industria de las telecomunicaciones que se ha posicionado para ofrecer mayor interactividad y brindar más competencia en el negocio de la televisión, que hoy en día este servicio es el caballo por el que todos están apostando.

La gran madurez, confiabilidad y robustez de los equipos de redes existentes en la actualidad, permite que este servicio (IPTV) sea ofrecido con gran calidad, un alto nivel de servicio y una funcionalidad extraordinaria.

IPTV constituye una tecnología de Televisión interactiva que puede igualar o mejorar la calidad de distribución de las señales digitales de video que hoy implementan televisión digital tanto en su distribución vía terrestre como satelital.

## ANTECEDENTES

Actualmente la televisión convencional que llega a nuestros hogares de diferentes formas: televisión abierta, por cable y satelital.

Para el caso de la televisión por cable se encarga de llevar señales de televisión de índole diversa, hasta el domicilio de los abonados, sin que estos deban disponer de diferentes equipos receptores, reproductores y sobre todo de antenas y se compone de una Cabecera de Red, Red Troncal o de Transporte, Red de Distribución y el último tramo hasta el usuario final.

La cabecera es el centro de la red encargado de agrupar y tratar los diversos contenidos que se van a transmitir por la red. La Red troncal o de Transporte es la señal compuesta generada por la cabecera a todas las zonas de distribución que abarca la red de cable. La red de distribución será el encargado de distribuir la señal hasta señal al usuario y el tramo final donde se conectarán los diferentes dispositivos para la modulación/demodulación de la señal.

Las ventajas de la televisión abierta son:

- Bajo Costo
- Gran cobertura

Pero también poseen desventajas como son:

- Limitación de número de canales y contenidos
- Baja calidad de imagen
- No existe interactividad con los contenidos

Las ventajas que posee la televisión por cable son las siguientes:

- Instalación sencilla y fácil de mantener
- Es menos costosa

Las desventajas de la Televisión por cable:

- Maneja una cantidad limitada de canales
- Velocidad alta
- Menor calidad de imagen
- Dificultad de tener la red de cable en lugares de poca población hace que solamente los núcleos urbanos tengan accesos a estos servicios
- Alcanza clientes específicos pero no alcanza clientes potenciales.

Por su parte el modo de operación de la televisión por satélite es haciendo rebotar en un satélite de comunicaciones una señal emitida desde un punto de la tierra, de forma que pueda llegar a otras partes del planeta. Estos satélites giran a la misma velocidad lo que les permiten estar en forma estacionaria. Toda compañía cuenta con su propio satélite, estas reciben la señal de sus proveedores de canales la cual es protegida y verificada, después de esto se envía al espacio terrestre pero con una frecuencia diferente a la que se recibió, esto se da para que no allá interferencias con la señal del proveedor, después de que la señal ha recorrido miles de kilómetros, es captada por la antena parabólica del cliente.

Existen dos elementos en el hogar del cliente que hacen que el recibimiento de la señal sea posible. La antena parabólica y su receptor; donde la antena es parecida a un platillo curvo que al recibir la señal emitida por el satélite este lo encapsula en la parte central del platillo el cual dirige al centro de alimentación este envía la señal a su receptor el cual sirve para decodificar la señal y que su televisor pueda entenderlo. Este receptor cuenta además con algunas funciones tales como controles parentales, programación de canales y pedidos de películas en línea al servidor de la empresa. Las empresas que actualmente ofrecen este servicio en nuestro país son DISH y SKY.

Las ventajas que presenta la Televisión por satélite:

- Los canales de televisión son digitales
- La calidad de recepción es mucho mejor
- Maneja Canales ilimitados
- Mas servicios interactivos
- Llega a toda la superficie de un territorio concreto, facilita el acceso a zonas muy remotas y aisladas

Las desventajas de la televisión por satélite:

- Alto costo
- Perturbaciones del clima pueden inferir en la señal satelital.
- En dado caso de que en un solo hogar se tuvieran más de una acometida, los clientes verían el mismo canal

Mi proyecto surge de una idea alternativa de recibir televisión mejorando las características de la televisión por cable y satélite con una alta calidad de video, gran interactividad y logrando tres servicios a la vez desde el televisor (voz, datos y video).

## CAPITULO 1

### TELEVISIÓN DIGITAL

#### 1.1. Introducción

Como sabemos, la televisión (TV) es un sistema de telecomunicación para la transmisión y recepción de imágenes en movimiento y sonido a distancia; es una palabra híbrida de la voz griega "Tele" (distancia) y la latina "visio" (visión). El término televisión se refiere a todos los aspectos de transmisión y programación de televisión. A veces se abrevia como *TV*. Este término fue utilizado por primera vez en 1900 por Constantin Perski en el *Congreso Internacional de Electricidad de París*. Esta transmisión puede ser efectuada mediante ondas de radio o por redes especializadas de televisión por cable. El receptor de las señales es el televisor.

Sin duda la digitalización de la televisión es una revolución en este medio de comunicación; con la llegada de la televisión digital se supone un cambio tan radical como el que supuso el paso del blanco y negro al color; tratando de conseguir imágenes mejores, pero no se queda ahí, sino que también se van a abrir las puertas a la futura introducción de servicios hasta ahora inimaginables, como la recepción móvil de televisión, la interactividad, la televisión a la carta o los servicios multimedia tan de moda hoy en día con la explosión de Internet.

Tal y como lo experimentamos a fines de la década de los 70's y comienzo de los 80's, viviremos un proceso progresivo de introducción de la nueva tecnología, sólo que esta vez la tecnología digital y analógica no son compatibles, como lo eran la transmisión blanco y negro con la de color.

La digitalización como concepto ha abarcado todo el amplio abanico de la tecnología y, la televisión no ha estado exenta de ello. Este proceso en la televisión comenzó con la digitalización de las transmisiones por satélite y el cable, que ahora se ha volcado hacia el servicio de libre de recepción.

La digitalización de la televisión significa varias ventajas, entre ellas se puede mencionar la mejora de la calidad de la imagen y del sonido, el aumento de la oferta de canales de televisión, alta definición y otras características como guía de programa e interactividad.

#### 1.2. Antecedentes de la Televisión Digital

La televisión hasta tiempos recientes, principios del siglo XXI, fue analógica totalmente y su modo de llegar a los televidentes era mediante el aire con ondas de radio en las bandas de VHF<sup>1</sup> y UHF<sup>2</sup>. Pronto

---

<sup>1</sup> VHF (Very High Frequency, Frecuencia Muy Alta) es la banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 30 MHz a 300 MHz.

salieron las redes de cable que distribuían canales por las ciudades. Esta distribución también se realizaba con señal analógica, las redes de cable tienen una banda asignada, más que nada para poder realizar la sintonía de los canales que llegan por el aire junto con los que llegan por cable. El satélite, permite la llegada de la señal a zonas muy remotas y de difícil acceso, su desarrollo, a partir de la tecnología de los lanzamientos espaciales, permitió la explotación comercial para la distribución de las señales de televisión; así mismo realiza dos funciones fundamentales, la de permitir los enlaces de las señales de un punto al otro del orbe, mediante enlaces de microondas, y la distribución de la señal en difusión. Recordemos que los estándares para la televisión analógica que se manejan en todo el mundo son los siguientes:

- **NTSC (Comité Nacional de Sistemas de Televisión).** Es un sistema de codificación y transmisión de Televisión a color analógica desarrollado en Estados Unidos en los años 1940, y que se emplea en la actualidad en la mayor parte de América y Japón, entre otros países. Un derivado de NTSC es el sistema PAL que se emplea en Europa y países de Sudamérica.
- **PAL (*línea Alternada en Fase*).** PAL surge en el año de 1963 por parte del Dr. Walter Bruch con el fin de mejorar la calidad y reducir los defectos en los tonos de color que presentaba el sistema NTSC; es un sistema de codificación utilizado en la transmisión de señales de televisión analógica en color en la mayor parte del mundo y es utilizada en la mayoría de los países africanos, asiáticos y europeos, además de Australia y algunos países latinoamericanos.
- **SECAM (*Color Secuencial con Memoria*).** Es un sistema para la codificación de televisión en color analógica utilizado en Francia; inventado por un equipo liderado por Henri de France trabajando para la firma de Thomson. Es conocida como la primera norma de televisión en color europea.

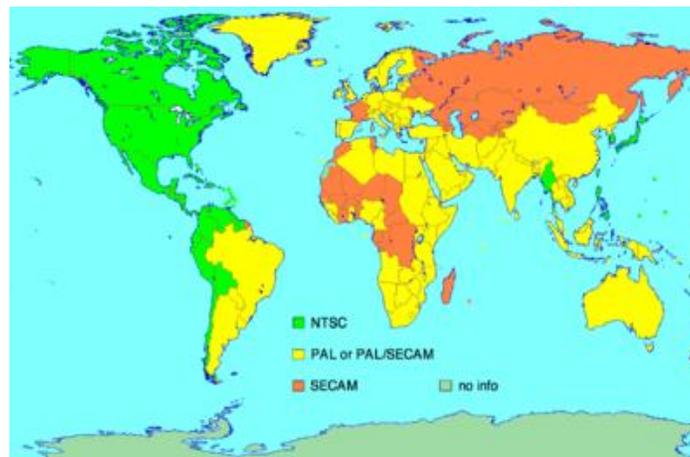


Figura. 1.1. Muestra la distribución geográfica de los estándares analógicos existentes en el mundo

<sup>2</sup> UHF (Ultra High Frequency, frecuencia ultra alta): una banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 300 MHz a 3 GHz

### 1.3. Televisión Digital (DTV)

La Televisión Digital (DTV), es un nuevo tipo de tecnología en transmisión que va a transformar la televisión. Debido a que la entrega de DTV es digitalmente, la señal de televisión va a estar virtualmente libre de interferencias, y debido a que la DTV es más eficiente que la tecnología análoga, las estaciones de TV están en capacidad de ofrecer televisión con una mejor calidad de imagen y sonido envolvente (surround). La DTV va a reemplazar muy pronto el sistema de transmisión analógico de televisión; al transmitir la información utilizada para hacer una imagen y sonido de televisión como “bits de datos” (como una computadora), un transmisor digital puede transmitir más información de la que es actualmente posible con la tecnología de transmisión analógica.

Supone en primer lugar una mejora de calidad de la televisión analógica, la cual, nacida hace más de sesenta años en su versión en blanco y negro, y ampliada hace cincuenta como televisión en color, se puede considerar un prodigio de la técnica para la época en que fue diseñada, aunque en la actualidad el procesado digital de la señal y las técnicas de modulación hacen posible alcanzar mayores niveles de calidad y funcionalidad.

En la televisión analógica, los parámetros de la imagen y del sonido se representan por las magnitudes analógicas de una señal eléctrica, en donde el transporte de esta señal analógica a los hogares ocupa muchos recursos. En la televisión digital estos parámetros analógicos se representan a través de señales digitales en código binario, es decir usando los dígitos “1” y “0”. El proceso de digitalización de una señal analógica lo realiza el convertidor analógico/digital, el cual se encarga de comprimir la señal, almacenarla, transportarla con un mínimo uso de recursos sin degradar la calidad del video ni del audio.

Los canales radioeléctricos de la Televisión digital ocupan el mismo ancho de banda (8MHz) que los canales utilizados por la televisión analógica pero, debido a la utilización de técnicas de compresión de las señales de imagen y sonido (estándares del grupo MPEG), tienen capacidad para un número variable de programas de televisión en función de la velocidad de transmisión, pudiendo oscilar entre un único programa de televisión de alta definición (gran calidad de imagen y sonido) a cuatro programas con calidad técnica similar a la actual.

Las ventajas de la Televisión digital se agrupan de la siguiente forma:

- **Interacción:** Si el operador brinda todas las posibilidades de interacción, con el control remoto o con el set top box o decodificador el televidente podrá realizar varias operaciones Consultas sobre la programación que se le está presentando, siempre y cuando el emisor coloque dicha información a su disposición.

- **Una mejor definición en la imagen y el sonido:** Los ruidos e interferencias de la señal se reducirán sustancialmente lo mismo que la presencia de dobles imágenes, usuales en la TV Analógica. La calidad del audio mejorará e incluso se podrá contar con un sonido envolvente distribuido por varios parlantes, similar al que ofrece el denominado Teatro en Casa.
- **Más cantidad, variedad y calidad de los contenidos:** La TV Digital permitirá más programas, que se escogerán de una **Guía Electrónica de Programación**, con un menú sobre la programación. El hecho de aumentar la oferta de programación, redundará en beneficio de la variedad e innovación y abrirá nuevas opciones de empleo. Esto incentivará la industria de la televisión, en especial entre los productores, que tendrán mayores posibilidades de ofrecer sus productos.
- **Posibilidades de crear nuevos canales:** Debido a la optimización en la utilización del espectro electromagnético, existirá la posibilidad de la entrada de nuevos operadores, lo que beneficiará que el servicio se proporcione a una mayor cantidad de usuarios.
- **Crecimiento de la industria de la Televisión:** Con la TV Digital se incentivará el crecimiento de la industria de la televisión en los siguientes casos:
  - Para los operadores de televisión digital, por cuanto existe la posibilidad de establecer nuevos modelos de negocio de servicios interactivos.
  - Para la industria electrónica, porque se requiere renovación de los aparatos receptores de televisión y la introducción de nuevos productos.
  - Para los creadores de contenidos, pues existe la posibilidad de crear nuevas vías para comercializar sus productos y, por tanto, lograr el crecimiento de esta industria.

### 1.3.1. Imágenes Digitales

Las imágenes son de dos dimensiones y por lo tanto, requieren una matriz de elementos de imagen (píxeles) organizados a lo largo de filas y columnas, o por una serie de líneas horizontales, cada una de ellas con el mismo número de píxeles por línea<sup>3</sup>. El número y la densidad de píxeles están relacionados con la resolución de la imagen. Debido a que cada imagen tiene dos dimensiones, la resolución puede ser diferente en cada dimensión. Por ejemplo una imagen puede consistir de 100,000 píxeles colocados como 250 líneas horizontales de 400 píxeles cada una. La resolución total de una imagen es el producto del número de píxeles por línea y el número de líneas. Un estándar de la pantalla de la televisión digital consiste de 720 píxeles por línea y 480 líneas, resultando en 345,600 píxeles. Las pantallas de la

---

<sup>3</sup> Weber Joseph & Newberry, IPTV Crash Course, Mc Graw Hill, Estados Unidos 2007

televisión digital de alta definición (HDTV) tienen altas resoluciones que consisten de varios millones de píxeles. Otro factor importante es la *proporción*<sup>4</sup> existente entre el número de píxeles horizontales con el número de píxeles verticales. Este aspecto de *proporción* define la forma rectangular resultante de la imagen. Una de las características de la televisión digital de alta definición (HDTV) es el cambio proporcional con respecto a la televisión digital estándar de 4:3 a una proporción de 16:9 para alta definición. Algunos ejemplos de imágenes digitales y sus respectivas resoluciones se muestran en la siguiente tabla:

Imagen Digital	Resolución Horizontal	Resolución Vertical	Número de píxeles	Proporción
SDTV	720	480	345, 600	4:3
HDTV	1920	1080	2 millones	16:9

Figura. 1.2. Tabla que muestra algunos ejemplos de imágenes digitales y sus resoluciones

### 1.3.2. Digitalización y Color

La información a digitalizar será la de las imágenes<sup>5</sup>. Cada cuadro de la imagen es muestreado en unidades de píxeles, con lo que los datos a almacenar serán los correspondientes al color de cada píxel. Tres componentes son necesarios y suficientes para representar el color y para ser interpretado por el ojo humano. El sistema de codificación de color usado es el RGB (Red, rojo; Green, verde; Blue, azul). Un píxel que está constituido por un 100% de componente rojo, 0% azul y 0% verde es un píxel puramente rojo; mientras que si otro píxel está compuesto de un 100% de componentes rojos, 100% de componentes verdes y 0% de componentes azules obtenemos un píxel puramente amarillo. Algunos píxeles que contienen iguales componentes rojos, verdes y azules pueden formar el blanco o el gris, dependiendo del brillo del píxel. Por ejemplo combinando un 100% de rojo, verde y azul se produce un píxel puramente blanco, mientras que con un 50% de cada color resulta un píxel puramente gris.

Para digitalizar una señal de vídeo analógico es necesario muestrear todas las líneas de vídeo activo. La información de brillo y color son tratadas de forma diferente por el sistema visual humano, ya que es más sensible al brillo que al color. Con lo que se usa un componente especial para representar la información del brillo, luminancia, color, saturación, y la crominancia. Cada muestra de color se codifica en señal Y-U-V (Y- luminancia, U y V crominancia) partiendo de los valores del sistema RGB. Con este sistema las diferencias de color pueden ser muestreadas sin resultados visibles, lo que permite que la misma información sea codificada con menos ancho de banda. Y, U y V puede ser calculados a partir de los valores de R, G y B mediante las siguientes ecuaciones:

$$Y = 0.587 X G + 0.114 X B + 0.299 X R$$

<sup>4</sup> El concepto de proporción se refiere a la relación entre el ancho y la altura de la imagen o el número de píxeles individuales. La televisión digital estándar tiene una proporción de 4:3, mientras que el formato de la televisión digital de alta definición usa una proporción de 16:9.

<sup>5</sup> B. Casey John & Aupperle Ken, Digital Televisión and the PC, Hauppauge Computer Works, Inc, November 1998

$$U = 0.493 X (B - Y)$$

$$V = 0.877 X (R - Y)$$

Las imágenes de vídeo están compuestas de información en el dominio del espacio y el tiempo. La información en el dominio del espacio es provista por los píxeles, y la información en el dominio del tiempo es provista por imágenes que cambian en el tiempo. Puesto que los cambios entre cuadros colindantes son diminutos, los objetos aparentan moverse suavemente. El valor de luminancia de cada píxel es cuantificado con ocho bits para el caso de imágenes blanco y negro. En el caso de imágenes de color, cada píxel mantiene la información de color asociada; una imagen completa es una composición de tres fotogramas<sup>6</sup>, uno para cada componente de color, así los tres elementos de la información de luminancia designados como rojo, verde y azul, son cuantificados a ocho bits. Pero la transmisión digital de vídeo tiene también alguna desventaja respecto a la analógica, por ejemplo, en una videoconferencia, cuando distintos usuarios envían sonido al mismo tiempo, si el proceso fuera analógico las distintas ondas se sumarían y podríamos escuchar el conjuntos de todas ellas. Al ser digital, los datos llegan en paquetes entremezclados, lo que dificulta la compresión. Algunos números de bits por píxel es llamado *color profundo*<sup>7</sup> o *píxel profundo* de la imagen digital. La información del color puede ser acumulada en el espacio de RGB con 8 bits por cada color o en el espacio del formato de la televisión digital YUV con 8 bits por valores de luminancia y crominancia.

La técnica de compresión de vídeo consiste de tres pasos fundamentalmente: primero el preprocesamiento de la fuente de vídeo de entrada, paso en el cual se realiza el filtrado de la señal de entrada para remover componentes no útiles y el ruido que pudiera haber en esta. El segundo paso es la conversión de la señal a un formato intermedio común (CIF<sup>8</sup>), y por último el paso de la compresión. Las imágenes comprimidas son transmitidas a través de la línea de transmisión digital y se hacen llegar al receptor donde son reconvertidas al formato común CIF y son desplegadas después de haber pasado por la etapa de post-procesamiento.

Mediante la compresión de la imagen se elimina información redundante. La compresión del vídeo presenta las siguientes propiedades de las imágenes:

- *Redundancia temporal*: se basa en que un píxel tiende a repetirse en una secuencia de imágenes, es reducida primero usando similitudes entre sucesivas imágenes, usando información de las imágenes ya enviadas. Cuando se usa esta técnica, sólo es necesario enviar la diferencia entre las

---

<sup>6</sup> Fotograma: Cada uno de las imágenes que se suceden en una película cinematográfica rodada en celuloide. Es el elemento más pequeño de la película

<sup>7</sup> Color profundo o píxel profundo: es el número de bits utilizados por píxel, existen tres números por cada píxel de color, el total de píxeles profundos va ser la suma de tres componentes individuales de color profundo.

<sup>8</sup> CIF (Common Intermediate Format, Formato intermedio común) se refiere a las resoluciones de video analógico de 352x288 píxeles (PAL) y 252x240 píxeles (NTSC)

imágenes, es decir las zonas de la imagen que han variado entre dos fotogramas<sup>9</sup> consecutivos, lo que elimina la necesidad de transmitir la imagen completa.

- *Redundancia espacial*: con base en que un píxel y sus vecinos guardan mucha semejanza entre ellos. Se reduce haciendo una transformación de dominio (transformada de coseno discreto, DCT)<sup>10</sup> y aplicando a los coeficientes resultantes una cuantización que refleja el hecho de que el ojo humano es más sensible a las bajas frecuencias que a las altas. Con esto se anulan los valores de muchos coeficientes, lo que permite reducir apreciablemente el número de bits a transmitir.
- *Redundancia estadística*: se basa en el hecho de que hay agrupaciones de bits que se repiten continuamente, por lo que se consiguen ahorros de tasa de transmisión mediante el empleo de códigos de longitud de segmento (RLE: Códigos de longitud de cadenas o segmentos)<sup>11</sup> y códigos de longitud variable (por ejemplo Huffman) asignando los códigos de longitudes menores a los símbolos más frecuentes.
- La interfaz digital serial (SDI) es la más utilizada en los estudios para la generación de las señales, pero los anchos de banda necesarios para la transmisión de estas señales digitalizadas resultan irrealizables desde un punto de vista práctico. Por ello es necesario realizar una compresión de la señal que reduzca de forma considerable del canal requerido.

El Grupo de Expertos en Imágenes en movimiento (Motion Picture Expert Group, MPEG) ha emitido una serie de estándares internacional es para la industria de la televisión, definido por un comité llamado MPEG formado por la ISO, para la representación codificada y comprimida de imágenes en movimiento y audio asociado, orientado a medios de almacenamiento digital que define los formatos que debe tener esta señal comprimida. El algoritmo que utiliza además de comprimir imágenes estáticas compara los fotogramas presentes con los anteriores y los futuros para almacenar sólo las partes que cambian. La señal incluye sonido en calidad digital. El inconveniente de este sistema es que debido a su alta complejidad necesita apoyarse en hardware específico.

Los estándares MPEG aplican la compresión temporal y la espacial. En primer lugar se aplica una transformada de coseno discreto, seguida de una cuantización para finalmente comprimir mediante el algoritmo RLE (Run-length encode). Los bloques de imagen y los de predicción de errores tienen una gran redundancia espacial, que se reduce gracias a la transformación de los bloques desde el dominio

<sup>9</sup> Fotograma: cada una de las imágenes sucesivas de una película cinematográfica: *cuando ves una película, pasan por delante de tus ojos 24 fotogramas por segundo.*

<sup>10</sup> La transformada del coseno o DCT es una implementación específica de la transformada de Fourier donde la imagen es transformada de su representación espacial a su frecuencia equivalente

<sup>11</sup>RLE (Run Length Encoding, Códigos de longitud de cadenas o segmentos): es una forma muy simple de compresión de datos en la que secuencias de datos con el mismo valor son almacenadas como un único valor más su recuento. Esto es más útil en datos que contienen muchas de estas "secuencias"; por ejemplo, gráficos sencillos con áreas de color plano, como iconos y logotipos.

del espacio al dominio de la frecuencia. La versión 2, conocida como MPEG-2, es la que se utiliza en la televisión digital.

### 1.3.3. Estructura General de Datos en la Televisión Digital

Los componentes de la estructura de datos es la siguiente:

- **Bloque:** Es la unidad mínima de información constituida por los coeficientes de la DCT.
- **Macrobloque:** Es constituido por una agrupación de 16x16 muestras de luminancia Y, 8x8 de crominancia U y 8x8 de crominancia V. Los macrobloques son la base del cálculo de los vectores de movimiento.
- **Tira (Slice):** para permitir implementaciones que realizan el procesamiento de la señal en paralelo por tiras horizontales que componen la imagen.
- **Imagen:** es la unidad de codificación básica. Consiste en una agrupación de tiras. Existen tres tipos de imágenes:
  - Imágenes I. Son las que se utilizan al principio de una secuencia de imágenes o de grupo de imágenes (GOP). Son imágenes dónde sólo se aplican técnicas de compresión de redundancia espacial y estadística. Evidentemente serán las que menos compresión tengan, pero son necesarias para evitar la propagación de errores. Además sirven para dar una referencia al decodificador, puesto que si hacemos un cambio de emisora necesitamos una imagen de referencia para empezar a decodificar (y las imágenes B y P provienen de la predicción respecto a una imagen I).
  - Imágenes P. Tienen como referencia una imagen I o bien otra P de una o dos tramas anteriores. En estas imágenes se aplican los tres tipos de compresión.
  - Imágenes B. La razón de la eficacia de la compresión MPEG-2 viene dada precisamente por la existencia de las imágenes del tipo B. Esta compresión es útil cuando realizamos cambios de plano, puesto que se hace a partir de imágenes anteriores y futuras (I y P). Ahora bien, esto tiene un coste y es el de necesitar buffers más grandes y hacer más cálculos (cosa que provoca retardos).
- **Grupo de imágenes (GOP):** Es la base para realizar la codificación temporal. El número de imágenes que componen el grupo puede configurarse, pero suelen ser 12. El GOP acota la propagación de errores.

- **Secuencia de vídeo:** Permite la representación de imágenes entrelazadas o progresivas, con relación de aspecto (4:3, 16:9) y resolución (4:2:2, 4:2:0) determinadas. Todos estos aspectos conforman los niveles y perfiles de MPEG-2.

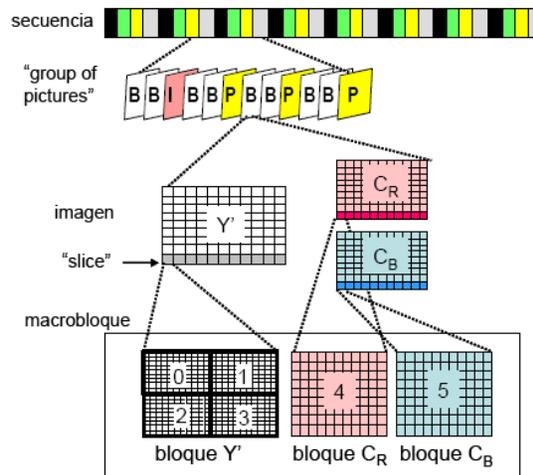


Figura 1.3. Estructura de los Datos en la Televisión Digital

#### 1.4. Estándares Internacionales de la Televisión Digital

La expansión mundial y la distribución de dichos estándares de la televisión digital la podemos mostrar en el siguiente esquema siendo los principales<sup>12</sup>:

- ATSC (Comité del Sistema de Televisión Avanzada)
- DVB (Video Digital Broadcasting)
- ISDB (Servicios Digitales Integrados Broadcasting)

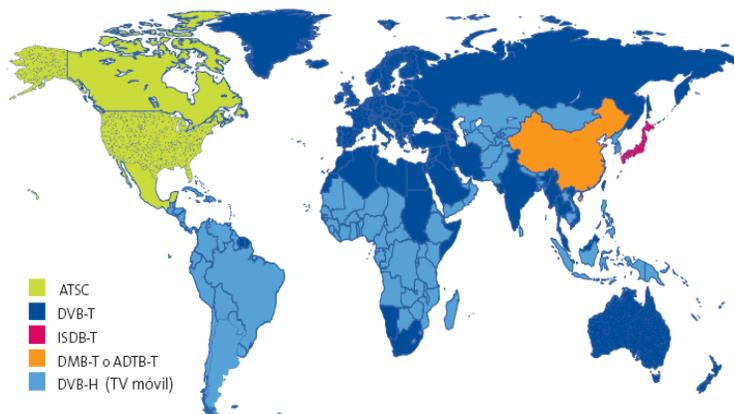


Figura 1.4. Expansión Mundial de estandarización para la televisión digital

<sup>12</sup> Carreño Juan Andrés, Documento de Televisión Digital Terrestre, Comisión Digital de Televisión, Bogotá 2008

#### 1.4.1. Estándar ATSC (Comité del Sistema de Televisión Avanzada).

Fue diseñado por Estados Unidos para la transmisión de una señal de televisión digital de alta definición (HDTV) o múltiples señales de televisión estándar (SDTV), con alta calidad de video y audio y para un espectro de canal de 6 MHz de ancho de banda.

El comité ATSC fue fundado como organización privada en 1982 por radiodifusores, fabricantes de equipos profesionales y de equipos de consumo, empresas de las industrias de computación, TV por cable, satélite y fabricantes de semiconductores. Adoptado en: Estados Unidos, Canadá, México, Corea del Sur y Honduras. Propietario: patentes norteamericanas de LG Electronics Inc. y su Subsidiaria de investigación en E.U., Zenith Electronics Corp.

Transmitir una señal digital ya sea en el formato estándar SDTV o en el estándar de alta definición HDTV, resultaba imposible en el espectro que ocupaba una señal de televisión analógica de 6 a 8 MHz de ancho de banda, dado que una señal digital estándar ocuparía más de 70 MHz de ancho de banda (una de HDTV digital ocuparía más de 420 MHz). Para ello se necesitarían resolver dos problemas: el primero poder comprimir la señal para poder transportarla en un ancho de banda de 6 a 8 MHz y segundo había que diseñar un sistema de modulación adecuado para ese flujo de datos comprimido. Estos problemas se solucionaron mediante la compresión MPEG-2, la cual fue desarrollada y puesta en práctica en 1993. MPEG-2 es una norma técnica internacional de compresión de imagen y sonido, el MPEG-2 especifica los formatos en que deben representarse los datos en el codificador así como el conjunto de normas para la transición de imágenes en video digital. En la codificación se comparan los fotogramas actuales con los anteriores y los futuros para almacenar sólo las partes que cambian de unos a otros.

Los formatos bajo la norma ATSC también poseen audio con calidad de teatro, porque utiliza el formato Dolby Digital AC-3 que brinda un canal 5.1 de sonido envolvente. El sistema permite el transporte de hasta 5 canales de sonido más un sexto canal para efectos de baja frecuencia. La transmisión y la modulación la realizan por medio 8-VSB (Modulación de banda lateral vestigial), es una versión mejorada de la modulación single-side-band que mejora apreciablemente la eficiencia espectral.

Las características esenciales de la norma ATSC han sido desarrolladas para garantizar:

- Herramientas para una TV Autofinanciada (TV gratuita para los televidentes).
- Inclusión Social (TV para todas las clases socioeconómicas).
- Complementariedad de la TV de Aire con el Cable (TV Libre por antena hogareña y antena comunitaria).
- Interactividad (acceso a mayor información a través de la TV y la PC).

- Movilidad (Nuevos servicios sin penalizar el servicio fijo de TV libre y gratuita).

En cuanto a capacidad de transportar información dispone de 19 Mbps. El estándar norteamericano fue exclusivamente creado para la televisión digital terrestre. En la actualidad existen 3 medios para la transmisión de TV digital: Satélite, cable y televisión digital terrestre. Se llama terrestre a la que llega a través de repetidores que envían las ondas, minimizando así la distorsión de la señal. El sistema ATSC privilegia la alta definición (HDTV), con una resolución que duplica la de la TV analógica. Sin embargo, prevé incorporar las otras ventajas mencionadas a medida que el proceso de digitalización vaya creciendo

Entre los beneficios que brinda el estándar estadounidense, es que "ATSC garantiza una real inclusión social, al prever receptores de bajo costo para usarse en los receptores de TV analógica. La capacidad de cubrir mayor distancia con un solo transmisor, además, garantiza la recepción de la TV cuando sea únicamente digital en zonas más alejadas de los centros urbanos".

En la parte de video ATSC utiliza el MPEG-2 como sistema de compresión de datos en video. El diseño de sistema de video comprende dos capas OSI, la parte de formateo de fuente de video y la codificación de compresión como lo muestra la figura 1. Es necesario formatear la fuente ya que hoy en día, la mayoría de las fuentes de programas son producidas en varios formatos de componentes analógicos utilizando señales G, B, R o Y, Pr, Pb. La digitalización se realiza usando una frecuencia de muestreo de 13.5 MHz para señales SDTV y 75 MHz para señales HDTV. En la producción de imágenes se utilizan muchos estándares de colorimetría. Para asegurar una versión de colorimetría idéntica en la pantalla receptora, se especifican parámetros de colorimetría con base en colores primarios, características de transferencia (gama) y coeficientes de matriz. Por último, se utiliza el MPEG-2 para la compresión del video. Luego de comprimir la señal digital, ésta se multiplexa en el dominio del tiempo y se formatea en paquetes que serán enviados al sistema de transporte.

La transferencia de datos en HDTV utilizando una señal sin comprimir debiera ser de 1 Gbps, pero como se utiliza un canal de 6 MHz de ancho de banda, para transmitir la información debemos comprimirla unas 50 veces con el objeto de reducir la tasa de transferencia a 20 Mbps o por el número de veces para obtener 6 a 8 Mbps para una red de acceso IPTV, que es lo que acepta dicho ancho de banda.

Los siguientes perfiles MPEG-2 son los determinados por el Standard ATSC:

- El **MP@ML profile (MainProfile@MainLevel)**: Es el formato digital más comparable al NTSC y su velocidad de transmisión de datos es de 15 Mbps.

- El **MP@HL profile (MainProfile@HighLevel)**: Es utilizado para la genuina HDTV. Su máxima velocidad de transferencia de datos alcanza los 80 Mbps, por lo que no puede ser completamente usado en el ancho de banda de 6 MHz. donde aproximadamente se hace a 19,4 Mbps.

#### 1.4.2. Estándar Europeo DVB (Video Broadcasting Digital).

Originalmente fue diseñado para canales de 8 MHz (aplicable también a 7 y 6 MHz), fue desarrollado con el objeto de optimizar su funcionamiento en cualquiera de los tres entornos de operación presentes en Europa: El DVB (Digital Video Broadcasting) es un organismo encargado de crear y proponer los procedimientos de estandarización para la televisión digital. Está constituido por más de 270 instituciones y empresas de todo el mundo. Los estándares propuestos han sido ampliamente aceptados en Europa y casi todos los continentes, con la excepción de Estados Unidos y Japón donde coexisten con otros sistemas propietarios. Todos los procedimientos de codificación de las fuentes de vídeo y audio están basados en los estándares definidos por el grupo MPEG. No obstante, hemos visto que los estándares MPEG sólo cubren los aspectos y metodologías utilizados en la compresión de las señales de audio y vídeo y los procedimientos de multiplexación y sincronización de estas señales en tramas de programa o de transporte. Una vez definida la trama de transporte es necesario definir los sistemas de modulación de señal que se utilizarán para los distintos tipos de difusión (satélite, cable y terrena), los tipos de códigos de protección frente a errores y los mecanismos de acceso condicional a los servicios y programas.

El DVB ha elaborado distintos estándares en función de las características del sistema de radiodifusión. Los estándares más ampliamente utilizados en la actualidad son el DVB-S y el DVB-C que contemplan las transmisiones de señales de televisión digital mediante redes de distribución por satélite y cable respectivamente. La transmisión de televisión digital a través de redes de distribución terrestres utilizando los canales VHF convencionales se contempla en el estándar DVB-T, que actualmente se está implantando en la mayor parte de los países europeos. Además de estos estándares también están especificados sistemas para la distribución de señales de televisión digital en redes multipunto, sistemas SMATV (Satellite Master Antenna Televisión). También existen estándares que definen las características de la señalización en el canal de retorno en sistemas de televisión interactiva, la estructura de transmisión de datos para el cifrado y descifrado de programas de acceso condicional, la transmisión de subtítulos, y la radiodifusión de datos (nuevos canales de teletexto) mediante sistemas digitales.

Originalmente diseñado para canales de 8 MHz (aplicable también a 7 y 6 MHz), Fue desarrollado con el objeto de optimizar su funcionamiento en cualquiera de los tres entornos de operación presentes en Europa:

- Transmisión en un canal actualmente libre o un canal adyacente.
- Transmisión en pequeñas redes SFN (redes de única frecuencia).

- Transmisión en grandes redes SFN

Las redes de frecuencia única o SFN ofrecen ventajas significativas en la difusión de televisión digital terrenal. La principal ventaja es que la eficiencia espectral que se puede obtener, ya que un servicio compuesto por 4 ó 5 programas de televisión puede ser difundido en un área extensa o incluso a nivel nacional usando tan sólo un único canal RF. Sin embargo, el modo de operación SFN requiere una perfecta técnica de sincronización de red. Es necesario definir métodos de sincronización de frecuencia, de tiempo, de bit, y de dispersión de energía.

La sincronización de frecuencia es especialmente crítica en la televisión digital terrenal debido al esquema de modulación multiportadora empleado. La modulación COFDM (Multiplexación por División de Frecuencias Codificadas Ortogonalmente) emplea portadoras 2K/8K que se deben difundir a la misma frecuencia RF por todos los transmisores que pertenecen a la red SFN. Cada portadora debe ser transmitida a una frecuencia igual a  $fk \pm (Df / 100)$ , donde  $fk$  es la posición ideal de la portadora  $k$ -ésima e  $Df$  es el espaciamiento de las portadoras (1116 Hz en el sistema 8K).

#### 1.4.3. Estándar Japonés ISDB (Servicios Digitales Integrados Broadcasting).

Este estándar surge en Japón desde la propia industria de medios como un desarrollo necesario para mejorar los servicios de cobertura de televisión abierta y gratuita en todo el territorio, desde las grandes concentraciones urbanas hasta cualquier habitante aislado en las montañas. Se consideró como importante en el desarrollo que el sistema de TV esté centrado en la robustez, movilidad y portabilidad, tanto para imágenes de alta calidad (HDTV) como para baja calidad (SDTV) y pequeñas pantallas como celulares, Agendas Personales Electrónicas (Palms), etc. El sistema ISDB utiliza una modulación OFDM que el DVB-T), en un canal de 6 MHz, pero las portadoras están agrupadas en segmentos, 13 en total, dando lugar al OFDM Segmentado. El agrupamiento de los segmentos permite transportar distintos servicios, como HDTV, SDTV y LDTV<sup>13</sup> (Televisión de Definición Baja). En particular la utilización de un segmento para servicios de baja velocidad de transferencia se conoce como **One-seg** y está pensado para transmitir televisión de baja resolución para teléfonos celulares.

Las principales ventajas de éste sistema están en el uso de OFDM segmentado que permite la recepción de servicios jerárquicos y la Intercalación Temporal, que aleatoriza las variaciones de la señal debido al ruido impulsivo o ruido urbano, logrando una mejora de 7 dB de inmunidad en comparación a otros sistemas. En cuanto al área de cobertura con un único transmisor, el ISDB-T permite lograr la misma área de cobertura con la mitad de potencia que con los otros sistemas. También permite formar redes de frecuencia única (SFN) con el consiguiente ahorro en el uso del espectro. ISDB divide la banda de

---

<sup>13</sup> LDTV (Televisión de Baja Resolución): Se refiere a los sistemas de televisión que tienen una menor resolución que la televisión de definición estándar, siendo la fuente más común la internet, dispositivos portátiles como Apple video de iPod o Sony Play Station Portable

frecuencia de un canal en trece segmentos. El organismo de radiodifusión puede seleccionar la combinación de los segmentos de usar; elección de la serie de sesiones de esta estructura permite flexibilidad para el servicio. ISDB ha adoptado el estándar MPEG-2 de vídeo y sistema de compresión de audio. ATSC y DVB también adoptó el mismo sistema. DVB y ISDB también para otros métodos de compresión de vídeo que se utilizarán, incluyendo JPEG y H.264, JPEG, si bien es sólo una parte obligatoria de la norma MHEG (Grupo de Expertos de Hipermedia y Multimedia)<sup>14</sup>. Los distintos sabores de la ISDB se diferencian principalmente en las modulaciones utilizadas, debido a los requerimientos de las diferentes bandas de frecuencia. La banda de 12 GHz ISDB-S utiliza la modulación PSK, la banda de 2,6 GHz de radiodifusión sonora digital utiliza MDL y ISDB-T (en VHF y / o UHF banda) utiliza COFDM con PSK / QAM. El estándar japonés soporta tres tipos de recepción por un canal las cuales pueden ser: recepción fija (HDTV, SDTV), recepción móvil, recepción en celular (One-Seg service). ISDB-T se destaca por ser un sistema robusto y flexible. Es importante resaltar que HDTV ó SDTV y la recepción por celular (One-Seg Service) puede ser transmitido simultáneamente en un canal.

### 1.5. Niveles de los estándares de la Televisión Digital

En la etapa de codificación de canal y modulación, cada una de las propuestas de estándar de transmisión terrestre (ATSC, DVB-T y ISDB-T) adoptó una solución específica. Cada estándar se encuentra integrado por una serie de niveles o capas que dan soporte al sistema general. Para cada uno de los módulos existen varios codificadores que permiten implementar su función específica como se muestra en la siguiente figura:

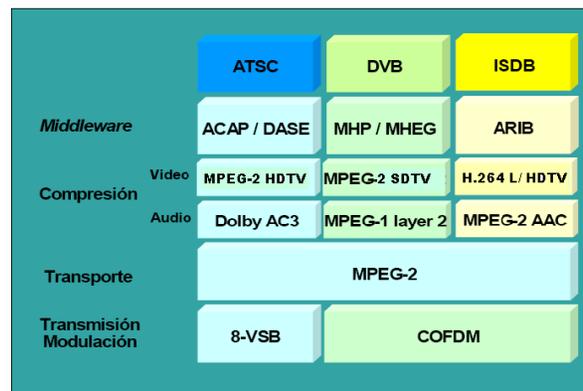


Figura 1.5. Niveles de los estándares de la televisión Digital

#### 1.5.1. Transmisión y Modulación

En esta etapa se presenta una de las diferencias más notorias entre los estándares, el esquema de modulación y codificación de canal de cada norma es distinto dado que se busca fortalecer una

<sup>14</sup> MHEG (Grupo de Expertos de Hipermedia y Multimedia) : Estándar que propone hacer aplicaciones multimedia lo mismo que HTML, proporciona un formato común de intercambio, el cual pudiera ejecutarse en cualquier receptor

característica específica. El estándar ATSC codifica el canal con una modulación 8-VSB, el estándar Europeo utiliza COFDM, y el estándar ISDB, utiliza una modificación de COFDM segmentado, donde cada segmento tiene su tiempo de duración propio, permitiendo el uso de segmentos para la recepción fija y otros para recepción móvil.

El formato COFDM (Multiplexación por División de Frecuencias Codificadas Ortogonalmente) es la técnica de modulación adoptada en Europa, por el Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeos (ETSI) para la transmisión de Televisión Digital Broadcasting, bajo el estándar DVB-T, que consta de dos partes, la primera consiste en dividir o multiplexar la frecuencia que pasa por la banda del canal en muchas sub frecuencias; la segunda parte modula cada sub-frecuencia por un método tradicional, concretamente empleando modulación de fase en cuadratura QPSK, o modulación mixta de amplitud y fase en cuadratura QAM. Una de las diferencias entre 8VSB y COFDM consiste en que la primera tiene sus parámetros fijos y en la COFDM son ajustables. La posibilidad de ajustar los parámetros, permite cierto control sobre la vulnerabilidad de la señal frente al ruido o interferencias. Los parámetros ajustables son los que determinan los estados o niveles de amplitud de la portadora, la tasa de codificación y el intervalo de guarda. Los estados de la portadora son función del tipo de modulación. Para el tipo QPSK hay 4 estados posibles, lo que implica una mayor inmunidad al ruido, al compararlo con el tipo 64-QAM que tiene 64 estados posibles. Mientras aumenta el número de niveles discretos en que se divide una señal, manteniendo su potencia o amplitud máxima, menor será la separación entre los niveles, y por lo tanto es más fácil que se confundan los niveles al sumarse ruido durante la transmisión. El precio de tener mayor inmunidad con modulación QPSK, es menor velocidad de transmisión de datos, ya que con QPSK se transmiten solo 2 bits por cada símbolo, en cambio con 64-QAM se transmiten 6 bits por cada símbolo.

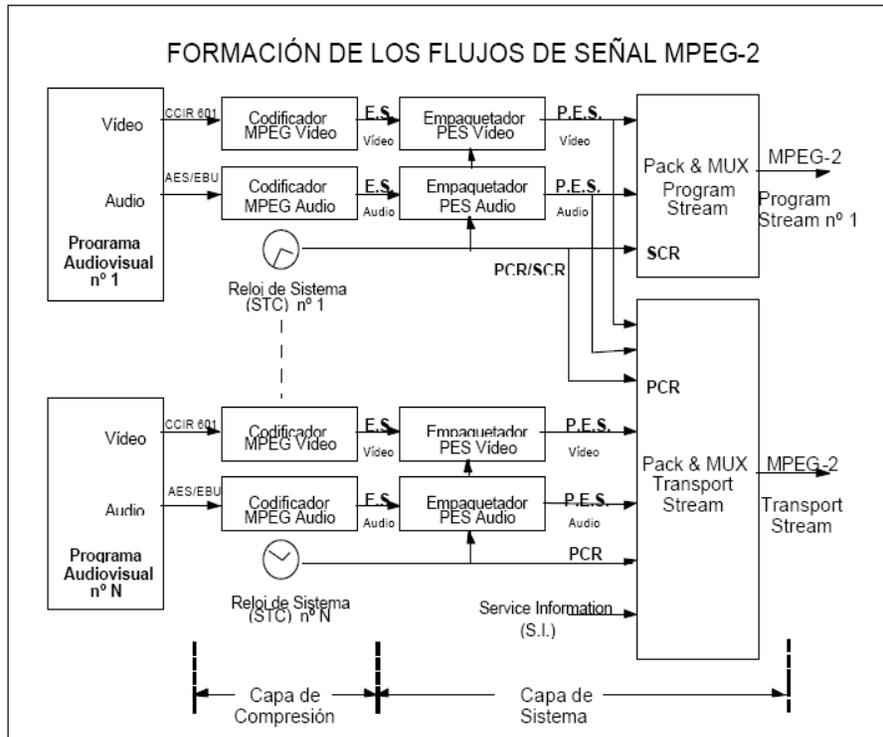
### 1.5.2. Transporte

El nivel de transporte hace referencia a como es procesada la información en conjunto, en esta etapa los tres estándares manejan el mismo esquema de compresión, el cual tiene como base MPEG-2, un codificador diseñado exclusivamente para manejo de audio y video en difusión con calidad de televisión<sup>15</sup>.

La siguiente figura siguiente muestra el proceso de los flujos de programas de una señal digital, dicha secuencia de operaciones puede dividirse en dos grandes bloques, denominados “*Capa de Compresión*” y “*Capa de Sistema*”.

---

<sup>15</sup> Delgado Gutiérrez Alejandro, Flujos de Programa y Transporte MPEG-2, Aplicaciones a DVB, Universidad Politécnica de Madrid



**Figura 1.6. Esquema de Transporte con MPEG-2**

En la “*Capa de Compresión*” se realizan las operaciones propiamente dichas de codificación MPEG, recurriendo a los procedimientos generales de compresión de datos, y aprovechando además, para las imágenes, su redundancia espacial (áreas uniformes) y temporal (imágenes sucesivas), la correlación entre puntos cercanos y la menor sensibilidad del ojo a los detalles finos de las imágenes fijas. En cuanto al audio, se utilizan modelos psicoacústicos del oído humano, que tienen en cuenta la curva de sensibilidad en frecuencia (máxima entre 1 y 5 KHz), los efectos de enmascaramiento frecuencial (señales simultáneas a diferentes frecuencias) y enmascaramiento temporal (un sonido de elevada amplitud enmascara sonidos más débiles anteriores o posteriores), para reducir la cantidad de datos que hay que transmitir, sin deteriorar de forma perceptible la calidad de la señal de audio.

En la “*Capa de Sistema*” se realizan las operaciones que conducen a la obtención de los flujos de señales MPEG-2, consistentes en la organización en “paquetes”, de los datos comprimidos y el posterior multiplexado de todas las señales asociadas al programa (vídeo, audio, datos, etc.). En el caso de Flujos de Programa MPEG-2, se multiplexan todos los componentes del programa (vídeo, audio, datos, etc.) y se incorpora el reloj del sistema, pero solamente se transmite la información correspondiente a un único programa audiovisual.

### 1.5.3. Compresión

La etapa de compresión es donde se realiza el tratamiento, codificación y compresión de las señales analógicas tanto de audio como de video.

#### Compresión de Audio

Es una forma de compresión de datos, específicamente en la reducción del tamaño de los archivos de audio. Los algoritmos de compresión de audio normalmente son llamados códec de audio[5]. Los métodos de compresión que utilizan los diferentes estándares que se utilizan en la parte del audio son los siguientes:

- Dolby Digital es el nombre comercial para una serie de tecnologías de compresión de audio desarrollado por los Laboratorios Dolby, es la versión más común que contiene hasta un total de 6 canales de sonido, con 5 canales de ancho de banda completa de 20 Hz - 20 KHz para los altavoces de rango-normal (frente derecho, centro, frente izquierdo, parte posterior derecha y parte posterior izquierda) y un canal de salida exclusivo para los sonidos de baja frecuencia conocida como Efecto de Baja Frecuencia o subwoofer. El formato Dolby de Digital apoya usos Mono y Estéreo también. Lo que hacen, básicamente, es eliminar todas las partes del sonido original, codificado analógicamente, que no pueda ser percibido por el oído humano. De ésta forma, se logra que la misma información sea de menor tamaño y por lo tanto ocupe mucho menos espacio físico, una vez lograda la compresión de la onda original, se puede añadir más información que antes no era posible: canales de audio, etiquetas de lengua del audio, información para la corrección de errores entre otros, además este formato puede comprimir los flujos de audio en un factor de 10 a 12, con un índice de muestreo de 16 bits a 48 KHz y una velocidad binaria global de 384 Kbps Existe también la versión de Dolby Digital EX que tiene un canal adicional (a veces se utiliza el término "6.1") que se crea con dos canales posteriores, a fin de ocultar el "vacío de sonido" que existe detrás del oyente; sin embargo, una fuente de audio Dolby Digital EX se puede leer muy fácilmente con un decodificador tradicional Dolby Digital 5.1. El estándar Dolby Headphone se utiliza para disfrutar en privado del sonido envolvente con un conjunto tradicional de auriculares, sin molestar a las personas que se encuentran cerca, utilizando una fuente estéreo o multicanal. Dolby Headphone tiene como base un proceso denominado "virtualización", que utiliza HTRF (Funciones de Transferencia Relacionadas con la Cabeza) para simular sonidos 3D, tomando en cuenta la distorsión del sonido al pasar a través de las diferentes partes de la cabeza del oyente y la combinación de esta información con la acústica de una sala de sonido virtual.
- Estándar MPEG-1 LAYER II, también conocido como Musicam, es una abreviación de *MPEG-1 Audio Capa 2* (no MPEG-2), y también es utilizado como extensión en los nombres de archivo

para indicar contenidos codificados en este formato. El estándar está definido en la norma ISO/IEC 11172-3, quedando establecidos los siguientes parámetros: Frecuencias de muestreo: 32, 44.1 y 48 KHz y Tasas de bits: 32, 48, 56, 64, 80, 96, 112, 128, 160, 192, 224, 256, 320 y 384 Kbps.

- MPEG-2 AAC (MPEG codificación avanzada de audio), también conocido como MPEG-2 NBC (no compatible hacia atrás) representa el estado actual de la técnica natural de codificación de audio. Es capaz de manejar mucho más canales de MP2 o MP3 (48 canales de audio completo y 16 de baja frecuencia que mejora en comparación con 5 canales de audio completo y 1 de baja frecuencia para una mejora MP2 o MP3), y que puede manejar mayores frecuencias de muestreo que MP3 (hasta 96 KHz a 48 KHz).

### Compresión de video

- MPEG-2 SDTV: Opera a una compresión de video de entre 3.5 y 5 Mbits/s.
- MPEG-2 HDTV: Esto es un intento para operar en un rango de 2 a 15 Mbits/s. Un amplio rango de aplicaciones, velocidades, resolución calidades de las señales y servicios son direccionados, incluyendo todas las formas de medios de almacenamiento digital, televisión (incluyendo HDTV), broadcasting y comunicaciones.
- H.264 HDTV (MPEG-4): Es un codificador de video extremadamente escalable, lo que permite entregar una excelente calidad a través del espectro de banda ancha completo, desde televisión de alta definición a conferencias de video y multimedia móvil 3G, puede proporcionar video de calidad DVD con una tasa binaria 40% inferior a la de MPEG-2. Proporciona un formato para compresión de video para una amplia gama de aplicaciones de comunicaciones lo cual permite optimizar el uso del ancho de banda en sistemas de videoconferencia en los cuales la calidad de video siempre se ha visto degradada por las consideraciones relacionadas con la compresión; ofrece unas tasas de compresión muy buenas, pero requiere entre 3 y 4 veces más poder de procesamiento que MPEG-2, es decir, que se necesitará de un procesador de mínimo 1.5 GHz para obtener buena calidad en video. Se emplea para IPTV en SDTV y HDTV.

#### 1.5.4. Middleware

Es la plataforma de software que soporta las aplicaciones que son presentadas al televidente, haciendo independiente el entorno tecnológico que precede a la aplicación, es decir, la codificación de canal y los diferentes esquemas de compresión.

- **ACAP (Protocolo Automatizado de Acceso a Contenidos)**. Es un protocolo que permite que los buscadores detecten las condiciones de uso de los contenidos sujetos a derecho de autor, es

decir que permite que los editores expresen sus políticas de derechos de autor en un lenguaje que pueda ser interpretado por los motores de búsqueda.

- **MHP (Plataforma Multimedia del Hogar).** Es un sistema intermediario (*middleware* en inglés) abierto, diseñado por el proyecto DVB y estandarizado por la ETSI. MHP define una plataforma común para las aplicaciones interactivas de la televisión digital, independiente tanto del proveedor de servicios interactivos como del receptor de televisión utilizado. De este modo, MHP favorece la creación de un mercado horizontal donde aplicaciones, red de transmisión y terminales MHP pueden ser suministrados por proveedores o fabricantes independientes.
- **ARIB (Asociación de Industrias de Radio y negocios)** es una organización de normalización en el Japón. ARIB es designado como el centro de promoción del uso eficiente del espectro radioeléctrico y la frecuencia de cambio designado organismo de apoyo.

### 1.5.5. Aplicaciones

El nivel de aplicaciones hace referencia a los servicios y beneficios que pueden ser prestados a los televidentes y usuarios en general, bajo el servicio de Televisión Digital, ejemplo Guía Electrónica de programación (EPG, Guía electrónica Interactiva I-EPG, internet, etc. Las diferencias más notorias en este campo están limitadas a la interactividad que permita implementar cada uno de los estándares.

## 1.6. SDTV (Televisión de Definición Estándar)

### 1.6.1. Características de SDTV

La televisión de definición estándar, lo consideramos como el video que todos conocemos y que hemos visto en la tele por décadas, y tiene una dimensión de 720 pixeles de ancho por 480 de alto y se proyecta a una velocidad de 60 cuadros entrelazados por segundo (lo que se conoce como 60i por la palabra “interlaced” que significa “entrelazado” en inglés).

La dimensión 720 x 480 significa que la imagen en video de definición estándar se ve como un cuadro de estas dimensiones y lo 60i significan que son 60 cuadros entrelazados. Esto significa que la imagen en video de definición estándar se ve como un cuadro de estas dimensiones por segundo significa que cada segundo una grabación de video bombardea la pantalla con 30 imágenes consecutivas formadas por dos cuadros de imagen combinados en uno sólo. De ahí el término “60 entrelazados”; porque cada una de las 30 imágenes que se ven cada segundo en el video está compuesta de dos imágenes. Esto da la apariencia de fluidez en el video.

La digitalización de los dos componentes de la señal de vídeo de definición estándar, luminancia (Y) o Luminosidad y crominancia (B-Y e R-Y) o color; denominadas respectivamente componentes U y V), se

realiza a una frecuencia de muestreo de 13.5 millones de muestras por segundo para el caso de la luminancia y la mitad, 6.75 millones, para cada uno de los componentes de la señal de color U y V de una señal de televisión de definición estándar<sup>16</sup>. Esto es debido a la respuesta del ojo humano, mucho más sensible a la luminancia que a la crominancia. En la norma ITU R-601 se definen varios sistemas de muestreo. El anterior se denomina 4:2:2 (4 muestras Y + 2 muestras u + 2 muestras v), definiéndose otros sub-muestreos como el 4:2:0, donde en una línea se manda información de crominancia y en la siguiente no, que es el que utiliza el sistema de compresión MPEG-2. Cada muestra, tanto de luminancia como de crominancia, se cuantifica a continuación con 8 ó 10 bits. El resultado se serializa y se le añade el audio, que se muestrea a 48 KHz. Se envían 32 bits por muestra, de los cuales 20 corresponden a la codificación del audio y el resto son funciones adicionales. El audio y el video se multiplexan y se serializan en una única salida normalizada por el ITU R-601, la denominada SDI (Serial Digital Interface)<sup>17</sup>.

Teniendo en cuenta las velocidades de muestreo y niveles de cuantización, resulta que las velocidades más comunes de esta interfaz son:

- Para el caso de muestreo 4:2:2 y 10 bits de cuantización: 270 Mbps.
- Para el caso de muestreo 4:2:0 y 8 bits de cuantización: 177 Mbps

Se han definido otras interfaces SDI; por ejemplo para transmitir imágenes con relación de aspecto 16:9 la velocidad necesaria es de 360 Mbps.

## 1.7. HDTV (Televisión de Alta Definición)

### 1.7.1. Definición de HDTV

La HDTV es un nuevo tipo de televisión que tiene varios formatos desde hace mucho tiempo, y que le han propuesto varios estándares. La industria del cine está empezando a usar los formatos HDTV con el propósito de obtener altas resoluciones para mostrar las imágenes con la mejor calidad en las grandes pantallas de cine. Así, han consolidado el estándar de alta definición más común.

### 1.7.2. Características Generales de HDTV

Algunas de las características más importantes son<sup>18</sup>:

<sup>16</sup> A Guide to Standard and High-Definition Digital Video Measurements, Tektronics

<sup>17</sup> SDI (Serial Digital Interface, Interface digital Serial) es un estándar para la transmisión de video digital sobre cable coaxial. La velocidad de datos más común es de 270Mbps. Sin embargo puede alcanzar teóricamente velocidades de 540Mbps. El cable normalmente más utilizado es el de 75 ohms.

<sup>18</sup> Foro de la TV de alta definición, Grupo Técnico del Foro de la Televisión de Alta Definición, Marzo 2008

- **Widescreen (pantalla panorámica).** Primero, y lo más importante, todos los formatos de alta definición adoptan la misma relación de aspecto de pantalla panorámica 16:9.
- **Square Pixels (pixeles cuadrados).** Segundo, en todos los estándares de alta definición, los pixeles son cuadrados. Esto incluye a la industria informática, permitiendo integrar de forma más simple los gráficos generados por ordenador en las imágenes de alta definición.
- **Colorimetría.** Todos los estándares HDTV de las dos familias usan la colorimetría definida en la ITU-R BT.709. Esta no es la misma colorimetría que se usa en los sistemas de televisión estándar PAL o NTSC.
- **Dos “familias” de estándares.** Los estándares HDTV han reconocido la convergencia entre la electrónica, cinematografía e industria informática, siendo una parte importante para la reproducción en modernas televisiones y producciones de cine.

Existen dos “familias” de formatos de televisión en alta definición (HDTV) que se distinguen por el número de pixeles y líneas. Una de las familias tiene 1080 líneas activas de imagen mientras que la otra, tiene 720 líneas. Cada familia define varias frecuencias de visualización o imágenes por segundo.

Una de las elecciones más importante de la alta definición, ha sido el escaneado entrelazado y progresivo. La HDTV admite ambos, reconociendo las ventajas de cada uno de ellos. La forma más común para referirse a un estándar de alta definición, es usar el número de líneas y la frecuencia visualización. Por ejemplo, 1080/50i y 720/60p se pueden usar para definir el estándar, donde el primer número indica; siempre el número de líneas, el segundo número indica la frecuencia de visualización, y la “i” o la “p” indica si el escaneado es entrelazado<sup>19</sup> (i) o progresivo<sup>20</sup> (p).

### 1.7.3. Formatos de la Televisión de Alta Definición

La televisión de Alta Definición presenta dos diferentes tipos de formatos o estándares que a continuación se mencionan:

- a) **Alta definición 1920 x 1080 HD-CIF (Formato de Imagen Común).** Esta familia está definida internacionalmente por la SMPTE 274M<sup>21</sup> (*Sociedad de Ingenieros de Imágenes en Movimiento y Televisión*) y la subdivisión ITU-R BT.709-5. El estándar BT.709 define un formato de imagen y frecuencia de visualización, y todas sus variantes tienen 1920 pixeles horizontales y 1080 líneas

<sup>19</sup> Escaneo Entrelazado: Significa que cada imagen se transmite en dos mitades o campos, el primer campo contiene las líneas impares y el segundo campo contiene las líneas pares, así las imágenes consistentes entre dos campos entrelazados, se transmiten al doble de la frecuencia de cuadro (50Hz o 60Hz).

<sup>20</sup> Escaneo Progresivo: Significa que cada imagen se transmite en un solo campo que contiene líneas pares.

<sup>21</sup> SMPTE (Society of Motion Picture and Televisión Engineers, sociedad de ingenieros de cine y televisión): Es un estándar que define un formato de imagen y frecuencia de visualización, todas sus variantes tienen 1920 pixeles horizontales y 1080 líneas activas; con una relación de aspecto de 16:9 siendo el pixel cuadrado ( $1080 \times 16/9 = 1920$ ).

activas de imagen. Con una relación de aspecto 16:9 y siendo el pixel cuadrado, (1080 x 16/9= 1920) encaja en el mundo informático. El formato HD-CIF de 1920 x 1080 contiene 2,07 millones de píxeles en una sola imagen de televisión (comparado con los cerca de 400.000 píxeles de una imagen PAL o NTSC). Así, el aumento potencial de resolución es de un factor de casi 5 veces. Las variantes se refieren a las diferentes frecuencias de visualización, y la forma en que las imágenes son capturadas; de forma progresiva o entrelazada. El documento ITU-R BT.709-5 recomienda el uso de del formato HD-CIF para la producción de nuevos programas y facilitar los intercambios internacionales, las distintas frecuencias permitidas son:

Sistema	Captura	Escaneado
24p, 25p, 30p, 50p, 60p	1920 x 1080, progresivo	Progresivo
24psF, 25psF, 30psF	1920 X 1080, Captura	Cuadra
	Progresiva	Segmentado
50i, 60i	1920 x 1080, entrelazado	Entrelazado

Donde i=entrelazado, p=progresivo y psF=progresivo con cuadro segmentado.

El Cuadro Segmentado es una forma de transportar una imagen progresiva en dos segmentos, así esa señal se “ve” igual que los dos campos de una imagen entrelazada.

- b) Alta definición 1280 x 720 (Estructura simple de Imagen Progresiva).** Definido internacionalmente por la SMPTE 296M, aunque no por la ITU, es una familia que incluye ocho sistemas de escaneado - todos en formato progresivo - teniendo una resolución de 1280 pixels horizontales y 720 líneas activas. Proporciona 921,600 píxeles en una imagen, pero al estar definido como un formato de imagen sólo progresivo, acarrea algunas implicaciones. Las frecuencias de visualización son 23,98p, 24p, 25p, 29,97p, 30p, 48p, 50p, 59,95p y 60p.

Sistema	Captura	Escaneado
24p, 25p, 30p, 50p, 60p	1280 x 720, progresivo	Progresivo
23, 98p, 29.97p, 59.94p	1280 x 720, progresiva	Progresivo Compatible NTSC

## CAPITULO 2

### REDES IPTV

#### 2.1. Introducción

En la última década, el crecimiento de los sistemas de satélite, el surgimiento del cable digital y el nacimiento del TV de Alta Definición, han dejado su marca en el mercado de televisión. Ahora un nuevo método de entrega trata de llevar las cosas a un nivel más poderoso. La Televisión sobre el Protocolo de Internet (IPTV, Internet Protocol Televisión) ha llegado y respaldado por la industria de las telecomunicaciones, se ha posicionado para ofrecer mayor interactividad y brindar mayor competencia en el negocio de TV.

Es así como las siglas IPTV están comenzando a aparecer por doquier. El aumento del ancho de banda y la aparición de nuevas tecnologías han permitido el despliegue de servicios, que hasta ahora estaban reservados para otros medios. Hoy en día, el servicio de televisión es el caballo por el que todos están apostando.

IPTV es una de las áreas más interesantes de la convergencia que la tecnología IP ha permitido, dado que cambia por completo el paradigma a lo que hemos estado acostumbrados por muchos años respecto a la forma de ver la televisión. Sus siglas en inglés de Internet Protocol Televisión ó en su traducción Televisión por Protocolo de Internet, hace referencia únicamente al mecanismo de transmisión del servicio de la televisión IP, el protocolo para la transmisión de paquetes usado en Internet. Sin embargo, cuando se mencionan los términos IPTV o Internet Televisión, no se hace referencia al modo de transmisión de estos servicios, sino al modelo de explotación y negocio de los mismos.

La gran madurez, confiabilidad y robustez de los equipos de redes existentes en la actualidad, permiten que este servicio sea ofrecido con una alta calidad, un alto nivel de servicio y una funcionalidad extraordinaria. La tecnología de IPTV será la aplicación con mayor demanda para la siguiente generación de internet y tendrán nuevas oportunidades para los proveedores de servicio. Sin embargo, para desplegar los servicios del IPTV con una alta calidad de servicio (QoS: Quality of service), muchas tecnologías deben ser estudiadas.

#### 2.2. Antecedentes

A pesar de su actualidad, los orígenes de IPTV se remontan a finales de los años 80, cuando mediante una serie de experiencias piloto se demostró la posibilidad de ofrecer servicios de televisión a través de las redes IP.

## 2.3. Definición de IPTV

Es una tecnología que especifica los medios de comunicación de imágenes y sonidos que operan sobre una red IP; es decir proporciona señales de televisión a través del Protocolo de Internet (IP)<sup>22</sup>. Se consideran esencialmente dos conceptos importantes:

- **Protocolo de Internet (IP, Internet Protocol):** Dicho protocolo especifica el formato de paquetes y el régimen de direcciones, la mayoría de las redes combinan una red IP con un protocolo de alto nivel dependiendo del proveedor aunque el protocolo más típico es el UDP (Protocolo de Datagrama de Usuario) que establece una conexión virtual entre el destino y la fuente.
- **Televisión (TV):** Especifica los medios de comunicación que opera a través de la transmisión de imágenes y sonidos; aunque Todos sabemos de televisión, pero aquí nos estamos refiriendo a los servicios que se ofrecen para la televisión, como programación bajo demanda.

En su forma más simple, IPTV permite la creación de un único uso compartido de alta velocidad las infraestructuras de transporte; es decir que se pueden entregar señales digitales de televisión datos y voz. El impacto que tiene IPTV con respecto a la industria se puede dividir en tres importantes categorías:

- **Contenido IPTV:** Es uno de los beneficios de esta tecnología que permite tener más disponibilidad en el contenido, convirtiéndola más accesible y mas portable.
- **Convergencia:** La utilización de una red IP única permitirá a las aplicaciones que se ejecuta a través de múltiples dispositivos de usuario final, en toda prestación de servicios de una sola red.
- **Interactividad:** Las dos vías naturales de la red IP permitirá la interacción sin precedentes entre usuarios, proveedores de contenidos y proveedores de servicios.

Desde que IPTV está habilitado por la disponibilidad de la tecnología de red, la arquitectura de red utilizada para desplegar IPTV es importante. Exige la entrega de contenido de ancho de banda y rendimiento, no sólo en la última milla (la red de acceso), sino también en el extremo, el núcleo de la red y en las instalaciones del cliente.

## 2.4. Elementos de una red IPTV

Una red IPTV la podemos considerar como una red conformada por cuatro elementos importantes:

---

<sup>22</sup> IPTV Explained, BroadBand Services Forum, [www.broadbandservicesforum.org](http://www.broadbandservicesforum.org)

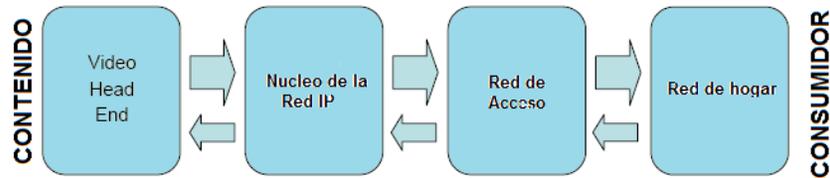


Figura 2.1. Diagrama a bloques de una red IPTV

**Video Headend.** Es la fuente del contenido de video, este es el punto donde es capturada o se ingesta la programación de broadcast<sup>23</sup> y contenido bajo demanda dentro del sistema IPTV

**Red Dorsal:** Es la encargada de transportar todo el sistema de contenido (video, música, canales y datos). La red dorsal es la parte principal del sistema broadcast IPTV dentro de la región de servicio. También la inserción de contenido local y contenido publicitario local para cada región puede ser insertada a la red dorsal.

**Acceso a la Red:** Es el enlace desde el proveedor del servicio hasta el hogar del usuario; también se le denomina como la “última milla” ya que proporciona la conexión de banda ancha entre el proveedor del servicio y el hogar del usuario, para esto se pueden emplear diferentes tecnologías.

**Red del hogar:** Es la parte donde el servicio IPTV entra al hogar (se emplea un Gateway o enrutador). Es también donde se lleva a cabo la distribución del servicio IPTV dentro de todo el hogar. Existen varios y diferentes tipos de redes domesticas con un gran ancho de banda ya que IPTV así lo requiere.

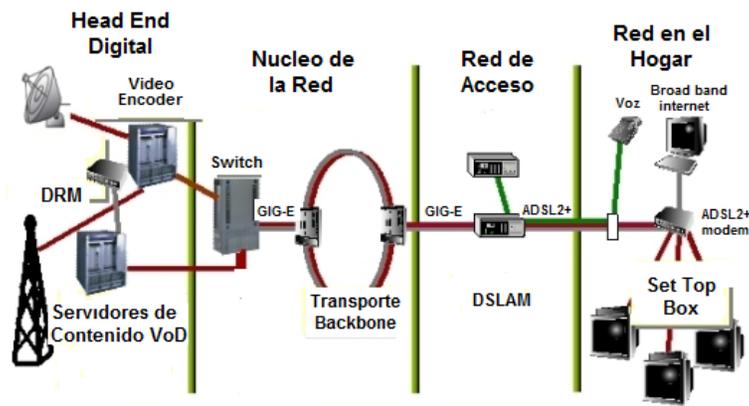


Figura 2.2. Sistema de Red IPTV

<sup>23</sup> Multidifusión (Broadcast): Es una técnica utilizada para enviar paquetes de datos de manera simultánea a todos los dispositivos de un segmento de red.

### 2.4.1. Headend

El cerebro de algunos sistemas IPTV es el Super Headend, el cual involucra los nodos principales que dan conectividad y distribución de video a diferentes áreas demográficas, es el sitio donde se adquieren las señales de broadcast de diferentes medios, se agregan, se procesan, se codifican y desde allí se distribuyen al resto de la red.

El Headend involucra la inserción e ingesta del contenido nacional y ofrece la mayor cobertura con mayor funcionalidad y está conformado por varios tipos de equipos designados a recibir el contenido para su posible cambio de ser necesario y prepararlo para su posible distribución por la red. El Headend realiza las siguientes funciones<sup>24</sup>:

- **Recepción de contenido:** Esta conformado por componentes que reciben ambos canales de video digital y analógico, ya sea directamente desde el proveedor de contenidos o desde la agregación de contenidos, incluye servicios broadcast y bajo demanda. Cada vez más los canales son próximos a enlaces de fibra óptica de alta velocidad en vez de ser por satélite.
- **Acondicionamiento de la señal:** Consta de equipos de procesamiento de señales destinados a mejorar las señales de vídeo procedentes de los equipos de recepción de contenidos. Este podría incluir decodificadores de recepción integrada (IRD's), reducción de ruido y los productos del procesamiento de video digital.
- **Preparación de contenido:** Los codificadores se encargan de preparar el contenido de video en un formato adecuado para el transporte IP y por la recepción en un STB IP (Set Top Box IP).
- **Administración de Derechos Digitales (DRM):** Es una parte del proceso de codificación un sistema de control de acceso y protección de copia utilizada para la distribución de medios digitales, involucra el control de acceso físico a la información, validación de identidad (autenticación), autorización de servicio y protección del contenido (encriptación). Autentican la identidad del usuario para asegurarse que es la persona o el dispositivo autorizado para solicitar y recibir los contenidos, esta autenticación inhibe el uso fraudulento de los dispositivos de comunicación que no contienen la información apropiada de comunicación.
- **Servidores de licencia DRM:** Administra la encriptación del contenido de los datos, el servidor verifica el contenido de la licencia requerida y cuestiones del contenido de licencias de confianza, autenticación final DRM usada por el cliente. Esta también proporciona información de auditoría para facilitar el pago de regalías.

<sup>24</sup> Weber Joseph & Newberry, IPTV Crash Course, Mc Graw Hill, USA 2007

- **Servidores VOD (Video en demanda):** El VOD o servidores de los medios de comunicación están optimizados para servir a múltiples clientes a la vez. Por lo general son de ancho de banda limitado en el número de streams que pueden suministrar sostener y, por tanto, debe escalar con el uso previsto y el número de suscriptores al servicio. Muchos contenidos o programas son almacenados sobre servidores multicast a un grupo de espectadores en un tiempo fijo ó para un usuario individual unicast en un sistema VoD. Dependiendo del sistema de arquitectura de la red, los servidores VoD pueden estar en el súper Headend o distribuidos regionalmente en la red.
- **Aplicaciones de los servidores:** Las aplicaciones de los servidores pueden variar enormemente entre despliegues IPTV, dependiendo de las características, funcionalidades, escalabilidad, Aplicación IPTV (middleware), sistema de control; pueden incluir una Guía de Programación Electrónica (EPG), servidores de manejo de derechos digitales (DRM) y Sistemas de Acceso condicional (CAS), servidores Middleware, portal IPTV, correo electrónico y diagnóstico remoto.

Podemos dividir el Headend en cuatro partes importantes y que son las siguientes<sup>25</sup>:

1. Adquisición de video
2. Procesamiento de video
3. Codificación de video
4. Gestión de Video

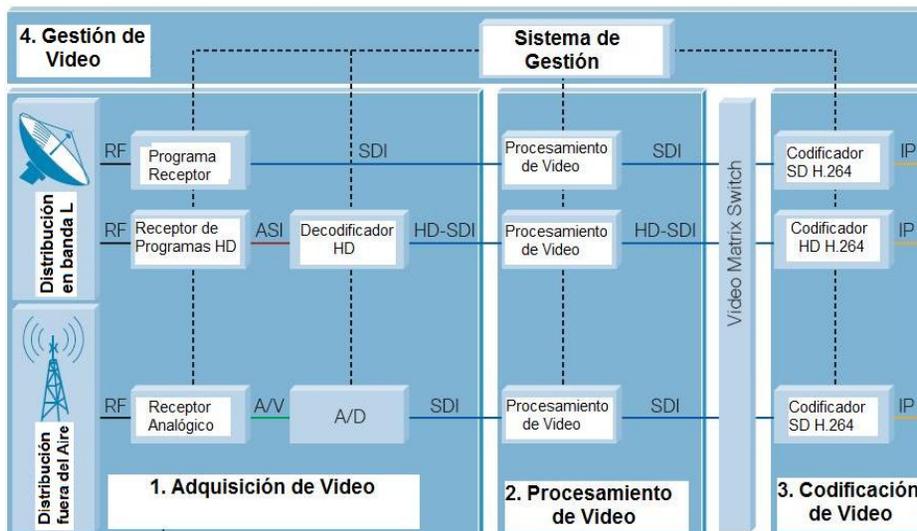


Figura 2.3. Etapas del Headend

<sup>25</sup> Cisco IPTV Video Headend, Defining a Superior Video Experience

1) **Adquisición de Video:** El servicio de IPTV provee programación de televisión adquirida de diversas fuentes. Cada proveedor de contenidos de programación contribuye a través de una variedad de recursos, incluidos los satélites, aire, cables y una gran variedad de formatos y protocolos de encriptación. Desencriptando, convirtiendo y multiplexando estos contenidos dentro de un solo servicio de video nacional o regional, es un reto complejo que requiere de varios componentes para trabajar juntos. Dado que cada proveedor de servicios ofrece su propio menú de canales y servicios, cada uno de ellos requiere una combinación única de tecnologías, la adquisición de vídeo como componente de la cabecera (Headend) debe ser construida desde la base como una solución personalizada. La adquisición de video es una parte personalizada del Headend que requiere de un diseño inteligente con muchas compensaciones. El objetivo es recoger y convertir el video recibido desde un amplia gama de fuentes, incluyendo satélite, aire, fibra y otras fuentes analógicas y digitales utilizando un rango amplio de dispositivos incluyendo: receptores de satélite de banda C, Ku, así como fuera de los receptores de aire en una interfaz digital serial.

La adquisición de contenido la podemos obtener de:

- a) **Sistema Receptor Satelital:** Antenas satelitales para recibir los canales de programación específicos con redundancia requerida. Si las antenas se encuentran fuera de ella, una capa de fibra óptica proporciona transporte de los flujos de la banda L en la ubicación del SHE.
  - b) **Sistema de recepción fuera del Aire:** Los canales que están fuera del aire son recibidos por antenas de muy Altas Frecuencias (VHF) y antenas de ultra altas frecuencias (UHF), posteriormente, el contenido se filtra y se extiende a través de cada fibra o coaxial de RF de las líneas del Headend de IPTV.
  - c) **Receptores Satelitales e IRD's:** Para la definición estándar (SD) se recibe el contenido en formato digital, estos receptores demodulan y descodifican MPEG-2 de audio / vídeo en un único programa de flujo de salida digital que es una interfaz digital serial (SDI) o la interfaz analógica, un convertidor analógico/digital (A/D) es utilizado para digitalizar la señal de audio y video a SDI. Para el contenido de alta definición (HD, High Definition) los receptores demodulan los flujos de video y la proporcionan en MPEG-2 a través de una interfaz digital asíncrona (ASI) a un decodificador externo HD. El decodificador provee una interfaz digital serial de alta definición (HD-SDI). Los flujos SDI y HD-SDI son procesados y enrutados antes de ser codificados.
- 2) **Procesamiento de Video:** Como las señales de vídeo son adquiridos, el Headend debe procesar cada señal para su distribución. En el pasado, este proceso fue relativamente sencillo, ya que todos los usuarios veían el mismo contenido de un solo tipo de televisión con un solo formato de vídeo y relación de aspecto. En la mayor parte, del procesamiento de vídeo se garantizaba que la programación local era efectivamente de un punto, junto con los canales nacionales de vídeo. Hoy en

día, la situación es mucho más compleja. Los proveedores del servicio tienen el proceso de video para tener en cuenta:

- **Múltiples dispositivos de visualización:** Hoy los suscriptores pueden ver un programa en un tamaño de televisión de definición estándar (SD) una televisión de alta definición de 100 pulgadas, una pantalla de tres pulgadas en un dispositivo portátil, o cualquier cosa entre ellos. Para servir con eficacia a todos los suscriptores a través de todos los dispositivos, diferentes herramientas deben ser utilizadas para entregar el mismo video en varias resoluciones.
- **Inserción regional y local:** Los servicios IPTV son conmutados hacia el hogar de cada usuario, permitiendo saber lo que cada espectador está observando y los proveedores de servicio (carriers) la oportunidad de que su entrega sea mas específica, personalizada, rentable y de publicidad rentable.
- **Funcionalidad de de reproductor de video (Trick Play):** Para dar una visión más atractiva y una conveniente experiencia de video, muchas compañías están desplegando servicios de VoD y Video Grabación Personal (nPVR) que permiten a los suscriptores hacer pausas, avance rápido, retroceder y programas de televisión. Sin embargo, estas funcionalidades nos proporcionan la capacidad de exigir a los proveedores de servicio entregar no sólo el flujo normal de emisión de un programa, sino también de retroceder y avance rápido a varias velocidades.
- **Ajustes de Audio/Video:** Proporciona ecualización de niveles de audio y vídeo en todos los canales, algunos canales pueden necesitar algunos ajustes de nivel para proporcionar una experiencia coherente cuando los usuarios sintonizan los canales.

3) **Codificación de Video:** La parte principal del Headend es la codificación de vídeo, es la solución que da forma a la experiencia de video para mostrarse en la pantalla del suscriptor. Incluso cuando los proveedores de servicio realizan un despliegue de vídeo excelente en cuanto a adquisición, procesamiento y gestión de soluciones en última instancia las decisiones que tomen los codificadores de vídeo son las que determinan la calidad de la oferta IPTV. Mientras que los proveedores de servicio se enfrentan al reto de ofrecer la mejor calidad de imagen, también tienen que hacerlo utilizando el ancho de banda mínimo, y muchos proveedores de IPTV están dispuestos a desplegar la última técnica de codificación de vídeo avanzado (AVC, MPEG-4/AVC parte 10 (H.264) de codificación de vídeo cumple estos requisitos de alta calidad utilizando menor ancho de banda. MPEG-4/AVC permite reducir la cantidad de ancho de banda por flujo, en promedio, la mitad en comparación con la codificación MPEG-2. Sin embargo, para lograr esto significativamente con un menor ancho de banda sin comprometer y alterar la calidad de video, los algoritmos de codificación H.264 deben aplicarse de

manera óptima, que no es una tarea trivial. La codificación MPEG-4/AVC es un proceso sumamente complejo, que abarca muchas más variables y una mayor conjunto de técnicas de codificación MPEG-2.

#### 2.4.2. Red Dorsal

La red dorsal consiste de un backbone de fibra y varios VHOs (oficinas de video regional), y obtiene los datos del súper Headend y entrega los datos a la red de acceso<sup>26</sup> [4]. El objetivo principal es el de proveer un adecuado ancho de banda para todo el tráfico en la red de datos y video entre las áreas de servicios y la fuente de contenido nacional; también provee la capacidad de inserción de contenido local dentro de cada área de servicio. La red dorsal debe adaptarse a la red extremo a extremo y proporcionar capacidad de ancho de banda ya que el sistema crece con más clientes y más contenido.

La VHO (Video Hub Office) actúa como punto de distribución de contenidos a un mercado regional. VHOs puede servir a entre 100,000 y 1,000, 000 usuarios. VHO recibe el contenido de la SHE y la distribuye a los suscriptores, ya sea directamente o por medio de otra oficina de un vídeo llamado Oficinas Servidoras de Vídeo (**Video Serving Offices**). Antes de la distribución, se ingestan y encriptan los canales locales, estos canales, se ha creado para el mercado local y se insertan los anuncios locales. VoD (Video bajo Demanda) popular es el contenido almacenado y distribuido en la VHO.

En la siguiente figura se muestra un análisis del tráfico IP requerido para los VHO, cabe mencionar que estos valores van a depender de cada sistema operador de la red, de los factores escala y servicios. Se puede ver cómo todo el gran tráfico de red podría estar dentro de la red básica al multiplicar la capacidad total VHO (por ejemplo 4 Gbps) por el número requerido de VHO desplegadas en el marco del sistema. Dependiendo de la aplicación y del ancho de banda de red necesario, un operador de red puede optar por el transporte de video y datos sobre la misma o diferente red de fibra.

#### Multicast IP sobre MPLS

MPLS (Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo), es un estándar contenido en el RFC 3031 que surgió para agrupar diferentes soluciones de conmutación multinivel, se le llama Multi protocolo porque tiene la capacidad para transportar distintos protocolos de nivel 2 y 3, aunque centra su interés en el transporte del tráfico IP. La arquitectura MPLS se tiene que entender desde dos perspectivas:

- La primera, desde el punto de vista del rol que juegan los enrutadores en la red de acuerdo a sus funciones.

---

<sup>26</sup> Converged Network Solutions (CNS), The Basic Architecture of IPTV, May 2007

- La otra, desde el punto de vista de la arquitectura interna de los enrutadores instalados en la red MPLS.
- En la arquitectura de red MPLS los enrutadores cumplen son distintas funciones de acuerdo al lugar, con respecto al tráfico en donde se encuentran instalados. De acuerdo a esto los enrutadores pueden ser catalogados como:
  - E-LSR, Enrutador de conmutación por etiquetas de frontera (Edge-Label Switch Router), es el dispositivo ubicado en la frontera entre una red IP tradicional y una red MPLS, mantiene la información de enrutamiento confiable mediante algún protocolo de enrutamiento, asigna etiquetas e intercambia esta información mediante un protocolo de distribución, recibe paquetes IP, etiqueta y los reenvía, recibe paquetes etiquetados, elimina la etiqueta y los reenvía como paquetes IP tradicionales, recibe los paquetes IP y los reenvía sin etiqueta.
  - LSR, Enrutador de conmutación por etiquetas (Label Switch Router), es el dispositivo interno a la red MPLS, mantiene la información de enrutamiento confiable mediante algún protocolo de enrutamiento, asigna etiquetas e intercambia esta información mediante un protocolo de distribución de etiquetas, recibir paquetes etiquetados, cambiar las etiquetas y enviarlos al siguiente enrutador etiquetados.
  - FEC (Forwarding Equivalence Class): Clase que define un conjunto de paquetes que se envían sobre el mismo el camino a través de la red, aun cuando sus destinos finales sean diferentes.

La arquitectura interna de un enrutador se divide en dos planos:

- Plano de control
- Plano de datos

El plano de control es el responsable de la creación y mantenimiento de las trayectorias conmutadas por etiquetas; el plano de datos es el responsable del transporte de los paquetes IP de los usuarios, se compone de un par de bases de un par de bases de datos calculadas y mantenidas de acuerdo a la información proporcionada por el plano de control.

La conmutación de etiquetas exige que en los LSR y E-LSR se realicen una serie de funciones para la asignación, reenvió y remoción de las etiquetas a los paquetes IP, estas funciones son:

- IMPOSE (Imposición de Etiqueta), se realiza en los E-LSR y consiste en insertar una etiqueta MPLS a un paquete IP que ingresa al enrutador.
- SWAP (Conmutación de paquetes etiquetados), consiste en recibir un paquete etiquetado, verificar la etiqueta en LFIB<sup>27</sup>, cambiar la etiqueta al paquete y colocarlo en el puerto de salida.
- POP (Remoción de Etiqueta), consiste en eliminar la etiqueta a un paquete IP. Una vez eliminada la etiqueta el E-LSR realiza una nueva búsqueda en FIB<sup>28</sup> y reenvía el paquete de manera tradicional.
- PHP (Remoción de etiqueta en el penúltimo salto) consiste en eliminar la etiqueta en el dispositivo anterior al E-LSR, de esta forma el paquete arriba al E-LSR como un paquete IP tradicional evitando la búsqueda y eliminación de etiquetas, sustituye al POP.

En el momento de ingresar un paquete IP en el E-LSR se inserta (IMPOSE) una etiqueta de 32 bits en el encabezado del paquete IP y el encabezado de la estructura de trama de nivel 2. Una vez insertada la etiqueta el paquete se envía al siguiente dispositivo en donde se conmutará utilizando tan solo la etiqueta. La etiqueta MPLS genérica está compuesta por:



**Figura 2.4. Etiqueta MPLS**

El encabezado está formado por 32 bits dividido en los siguientes campos:

- Label (20 bits): Es el valor actual, con sentido únicamente local, de la etiqueta MPLS. Esta etiqueta es la que determinará el próximo salto del paquete.
- Exp (3 bits): Este campo antes de llamaba CoS (clase de servicio), en el se indica la QoS del paquete y es posible diferenciar distintos tipos de tráfico y mejorar el rendimiento de un tipo de tráfico respecto a otros.

<sup>27</sup> LFIB (Label Forward Information Base): Tabla que contiene la información necesaria para conmutar rápidamente paquetes etiquetados cambiando el valor de la etiqueta o bien, entregarlos como paquetes IP tradicionales eliminando etiqueta.

<sup>28</sup> FIB (Forward Information Base): Tabla en la que se encuentra la información necesaria para efectuar un reenvío rápido de los paquetes IP recibidos y en caso de ser necesario asignarles una etiqueta MPLS.

- Stack (bit): Mediante este bit se soporta una pila de etiquetas jerárquicas, es decir; indica si existen más etiquetas MPLS. Este bit esta en 1 cuando es la última entrada de la pila y cero en cualquier otro caso.
- TTL (8 bits): Este campo es copiado directamente a la cabecera IP y proporciona la funcionalidad del tiempo de vida del paquete ó TTL (Time To Live) típica de IP; la cual permite mitigar el efecto de posibles bucles en la red decrementando el valor inicial en una unidad por cada salto ó nodo en el que pase el paquete.

Los beneficios que ofrece MPLS son los siguientes:

- MPLS es una solución versátil que resuelve problemas de escalabilidad de las redes IP, en temas como la velocidad, calidad de servicio, gestión e ingeniería de tráfico.
- También es una plataforma adecuada para alcanzar los requerimientos y servicios de la siguiente generación de las redes basadas en IP.
- Flexibilidad
- Escalabilidad, es más simple y seguro de añadir un nuevo sitio
- Accesibilidad, la conexión de un sitio puede hacerse con diversas tecnologías y ancho de banda.
- Calidad de servicio, MPLS proporciona el transporte de tráfico diferenciado una sola conexión para todos los servicios.
- Migración sencilla
- Seguridad, información del cliente es totalmente confidencial.

### 2.4.3. Red de Acceso

La red de acceso es el enlace del proveedor de servicios para el hogar. A veces se denomina "la última milla", la conexión de banda ancha entre el prestador de servicios y el hogar se puede lograr usando una variedad de tecnologías. Los proveedores de servicios de telecomunicaciones están utilizando DSL (línea digital de suscriptor) para servir a los hogares individuales. También están comenzando a utilizar la tecnología como fibra de redes PON (red óptica pasiva) para llegar a los hogares. Las redes IPTV usan variantes de DSL asimétrica (ADSL) y de muy alta velocidad (VDSL) a fin de proporcionar el ancho de banda necesario para ejecutar un servicio de IPTV para el hogar. El proveedor de servicios de un dispositivo (como un módem DSL) de las instalaciones del cliente para ofrecer una conexión Ethernet a la red.

#### 2.4.4. Red del Hogar

La red típica del hogar consiste de un enrutador Gateway Residencial (con módem integrado) de banda ancha y los dispositivos del cliente IPTV, así como STBs (Set Top Box).

**Set Top Box:** Los STB serán los equipos que se conectarán con el TV del cliente. Deberán decodificar las señales para que se transportan como flujos de información multimedia sobre el protocolo IP para hacerla compatibles con una TV. Cada STB deberá disponer de un control remoto el cual será utilizado por los clientes para enviar las órdenes al sistema. Un STB principalmente se encarga de recibir una señal digital, en alguno de los estándares (cable, satélite, terrestre, IPTV), y de comprobar que se tenga permiso para ver esta señal. Posteriormente lo demodula y lo envía al televisor. También permite disfrutar de todo el conjunto de ventajas que ofrece la nueva televisión digital, como pueden ser: Acceso condicional, televisión interactiva (MHP, Plataforma Multimedia para el Hogar) o la televisión en alta definición. Actualmente un STB puede ofrecer muchos servicios, desde utilizarlo como grabador de video personal (PVR) en los STB que incorporen disco duro, como utilizarlos para hacer consultas meteorológicas, hacer la reserva de una visita médica, o hacer compras en los que disponen de interactividad. Los elementos que componen a un Set Top Box son los siguientes:

- **Hardware:** Son todos los componentes físicos que forman un STB (CPU, Memoria, acceso condicional, decodificador MPEG4, MPEG2 o VC10).
- **Sistema operativo:** Al igual que en un ordenador, un STB también necesita de un sistema operativo para su funcionamiento. La diferencia básica sería en que un STB, necesita de un sistema operativo en tiempo real, ya que, operaciones como la decodificación MPEG necesitan que se realicen al instante. Algunos ejemplos de sistema operativo serían: Linux, Windows CE, entre otros.
- **Software de aplicación IPTV (Middleware).** Se trata de una capa intermedia entre la capa hardware y la software. Se trata de un conjunto de módulos que permiten un desarrollo más eficiente de las aplicaciones. El middleware proporciona APIs (Interfaz de Programación de la Aplicación) para cada uno de los tipos de programación que soporta. De los diferentes lenguajes de programación que puede soportar un STB, el que sería más destacable, sería DVB-J (DVB-Java) y Web Services, los cuales son utilizados para las aplicaciones interactivas.
- **Capa de aplicaciones:** Aquí es donde encontraremos las aplicaciones, que una vez descargadas se podrán ejecutar (algunas aplicaciones podrían ser: Guía de Programación Electrónica (EPG), anuncios interactivos, Mis Favoritos, etc.). A diferencia de las demás capas, este no debe de estar operativa en todo momento, pues simplemente se ejecutará cuando el consumidor lo solicite.

- **Gateway/Enrutador Residencial:** Un **gateway** (puerta de enlace) es un dispositivo que permite interconectar redes con protocolos y arquitecturas diferentes a todos los niveles de comunicación. Su propósito es traducir la información del protocolo utilizado en una red al protocolo usado en la red de destino. En entornos domésticos se usan actualmente Gateways Residenciales (con enrutador y módem DSL incluido) para conectar la red local doméstica con la red de datos IP (Internet, si bien esta puerta de enlace no conecta 2 redes con protocolos diferentes, si que hace posible conectar 2 redes independientes (la red local del cliente y la red pública)<sup>29</sup>.
- **Middleware (Plataforma de Aplicación IPTV):** El Middleware es el sistema cuyo cometido es soportar la entrega de servicios de IPTV. El Middleware define y coordina la forma en que el usuario interactúa con el servicio de IPTV, y soporta la interacción de los distintos servidores de aplicaciones con el Headend y las bases de datos<sup>30</sup>. El Middleware también podrá contar con un módulo de tasación de servicios. El Middleware constituye una especie de servidor de portal que es accedido y utilizado por una aplicación “cliente” que se ejecuta en el STB. El Middleware (Eje principal para la entrega de Servicios) es la capa de aplicación del sistema de IPTV encargada de administrar la solución completa uniendo las distintas aplicaciones para crear un conjunto de servicios que serán suministrados, controlados y facturados de acuerdo a las definiciones del prestador del servicio. Las funciones de aplicación IPTV son las siguientes:
  - Guía Electrónica de Programación (EPG)
  - Video Grabación Personal (PVR)
  - Pausa de TV (TSTV, Time Shift TV)
  - Video en Demanda (VoD)
  - Pago por Evento (PPV)

El middleware, como mediador, es el encargado de interactuar con los distintos sistemas de gestión y elementos de la red. Con diversos niveles de seguridad el Middleware permitirá a los operadores realizar las modificaciones al sistema para que este esté configurado de acuerdo a las necesidades de la solución implementada.

- Gestión de los STB
- Gestión de Servicios
- Gestión EPG

<sup>29</sup> Amézquita Martínez Carlos, Seminario IPTV, Instituto Tecnológico de Teléfonos de México (INTELMEEX), 2007

<sup>30</sup> <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/526/3/T10457CAP2.pdf>

- Gestión del Contenido
- Distribución del contenido

## 2.5. Seguridad en el Contenido

### 2.5.1. Administración de Derechos Digitales (DRM)

Es un sistema de control de acceso y protección de copia utilizada para la distribución de medios digitales, involucra el control del acceso físico a la información, validación de identidad (autenticación), autorización de servicio y protección del contenido (encriptación).

Los sistemas DMR están típicamente incorporados o integrados con otros sistemas como sistemas de control de contenido, sistemas de facturación y sistemas de manejo de regalías; además de que identifican y utilizan dispositivos que se suponen confiables. Los dispositivos confiables son componentes de hardware o aplicaciones de software conocidas previamente, estos dispositivos tienen privilegios que permiten la manipulación de los datos o su eliminación.

Los sistemas DMR autentifican la identidad del usuario, para asegurarse que es la persona o el dispositivo autorizado para solicitar y recibir los contenidos, esta autenticación inhibe el uso fraudulento de los dispositivos de comunicación que no contienen la información apropiada de comunicación.

En la autenticación de IPTV, el proveedor de servicios requiere que el usuario se identifique antes de proporcionarle el servicio. Esto implica desde la simple identificación con contraseña, hasta la transferencia de códigos de autorización. Para ayudar a proteger la información, los sistemas DMR encriptan la información. Los sistemas DMR controlan el acceso proporcionando las llaves de descryptación.

### 2.5.2. Capas de la seguridad DRM

Un sistema completo DRM consiste de múltiples capas que protegen el contenido desde la copia no autorizada y garantiza los derechos tanto del usuario y el propietario del contenido.

- **Encriptación:** es el proceso de cambio de una serie de bits digitales que aparecen de manera aleatoria y la información que contienen es ocultada; es necesario una llave única, una serie de bits digitales para deshacer el proceso de cifrado y recuperar la información original.
- **Control de Acceso:** controlar quién obtiene acceso a las llaves necesarias para descifrar el contenido.
- **Autenticación:** la autenticación del dispositivo / usuario que solicita la verificación de llaves y sus derechos a acceder a los contenidos.

- **Gestión de los Derechos:** Define los términos (el precio, periodo de tiempo el número de copias permitidas, etc.) para acceder a los contenidos.

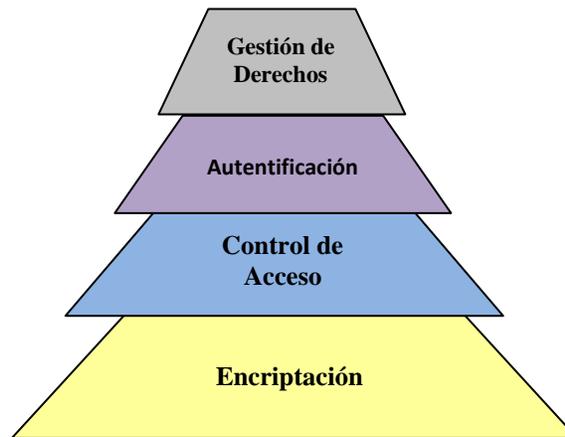


Figura 2.5. Seguridad DRM

## Encriptación

La encriptación digital es el proceso de cambio de una serie de bits digitales que aparecen de manera aleatoria y la información contenida es ocultada. Una llave única, en si una serie de bits digitales que se necesitan para deshacer la encriptación y la información original es recuperada. Un algoritmo típico de encriptación o cifrado, tiene el texto original no codificado en bits (también denominado texto sin formato, cleartext) y una llave produce una serie de bits aparentemente aleatorios.

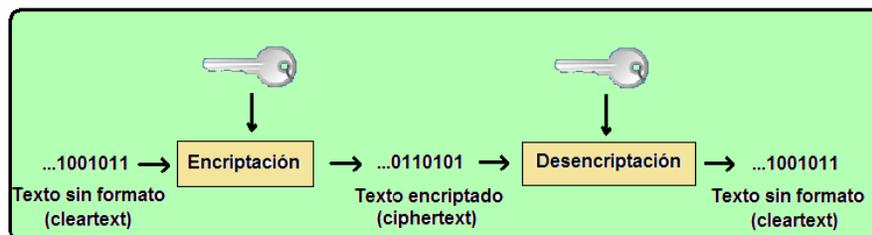


Figura 2.6. Proceso de Encriptación utilizando las llaves cleartext y ciphertext

En un encriptado simétrico, la llave de desencriptado es la misma que la de la llave de encriptación. El número de posibles llaves pueden ser muy largas; si la llave es tamaño de longitud de  $n$ -bits hay  $2^n$  posibles llaves. Una llave muy pequeña tiene un tamaño de 32 bits, por ejemplo contiene más de 4 billones posibles de llaves, la encriptación simétrica de llaves son de tamaño típico de 64 a 512 bits en cuanto a longitud, resultando un enorme número de llaves posibles.

## Bloque común de cifrado

El estándar de encriptación de datos (DES), este sistema de cifrado se ha utilizado ampliamente para la encriptación desde 1970. DES fue desarrollado por IBM en respuesta a una solicitud que realizó el

gobierno de los Estados Unidos para garantizar el sistema de cifrado. Este fue avalado públicamente en 1975. DES es un sistema de cifrado de bloque en que se toma un numero de bits fijos (bloque) con calves fijas (56 bits) y producen el mismo número de bits encriptados. Para DES el tamaño del bloque es de 64 bits, un mensaje digital de 64 bits debe ser dividido en una serie de bloques de 64 bits y alimentados por separado en el algoritmo de cifrado.

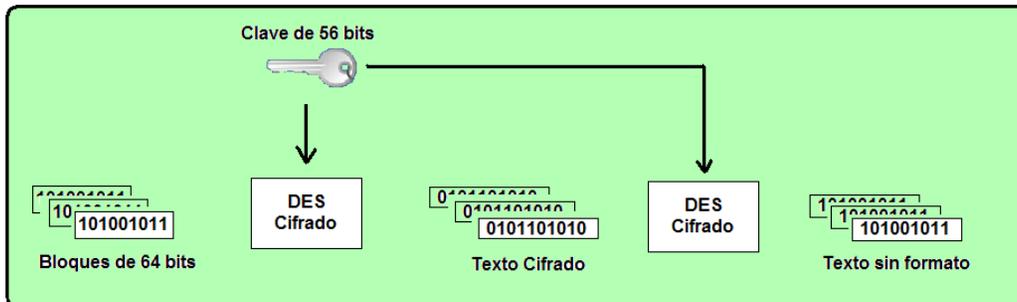


Figura 2.7. Llaves simétricas, bloque de cifrado DES de 64 bits de datos digitales

Mientras que un sistema de cifrado de bloque como DES opera en una longitud fija de bits a la vez un sistema de cifrado de flujo tiene un continuo flujo de bits y produce flujos de bits continuos encriptados. Afortunadamente, DES y otros bloques de cifrado pueden ser usados en una cadena de bloques modo que simula un flujo de cifrado. En particular el modo de Cifrado por Encadenamiento de Bloques (CBC) toma la salida de un solo bloque y se alimenta de uno en la entrada. Una OR exclusiva binaria es aplicada entre el bloque de la siguiente entrada y el bloque de salida anterior, efectuando la creación de cadenas de bloques dependientes. Para la descryptación la entrada se alimenta con interés de la salida del cifrado DES. La XOR se repite en la producción de bloques de texto original de la reproducción (recordemos que dos XOR consecutivas que operan sobre un numero binario retornan al número original).

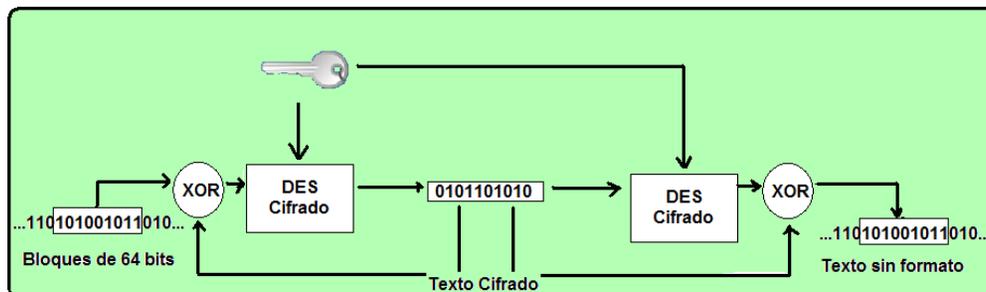


Figura 2.8. Modo DES en CBC

Existe una variante llamada triple DES que usa el mismo algoritmo básico como DES pero utiliza tres diferentes llaves, teóricamente incrementando el tamaño de las llaves a 168 bits. El incremento en la longitud de las llaves hace mucho más difícil para montar un ataque de fuerza bruta y encontrar las llaves. DES y triple DES están siendo desplazados gradualmente por un nuevo bloque cifrado llamado

Estándar de Encriptación Avanzado (AES). AES opera sobre bloques de 128 bits y usan llaves de 128 bits. Después de algunas fallas que encontraron en DES que se encontraron, el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) recomienda AES en vez de DES, por la seguridad del sistema. IPTV ofrece servicios probablemente será requerido por los propietarios de los contenidos a utilizar AES u otras cifras más recientes para proteger su contenido

### Control de Acceso

La gestión de este complejo y dinámico sistema de distribución de llaves, es la esfera de competencia de la CAS (Control de Acceso), que debe controlar la totalidad de estas llaves al mismo tiempo de mantenerlas en secreto. Mientras que el cifrado de encriptación se publica en general y abierto para todos para examinar y tratar de romper, los proveedores de CAS tienden a ser extremadamente guardar en secreto la forma en que sus productos funcionan.

### Jerarquía de Llaves

Miles de llaves de diferente encriptación pueden ser utilizadas en el servicio de televisión digital. Un sistema de control de acceso también utiliza típicamente una jerarquía de llaves para reducir el número de llaves discretas que se necesitan administrarse. En la jerarquía, se usan llaves de alto nivel para encriptar grupos de de otras llaves de bajos niveles. Las llaves de los grupos encriptados son enviados a todos los suscriptores en masa. Una sola llave de alto nivel puede ser entregada a los usuarios dependiendo de su autorización. Las llaves de nivel alto pueden ser utilizadas para descifrar los grupos propios de llaves de bajo nivel.

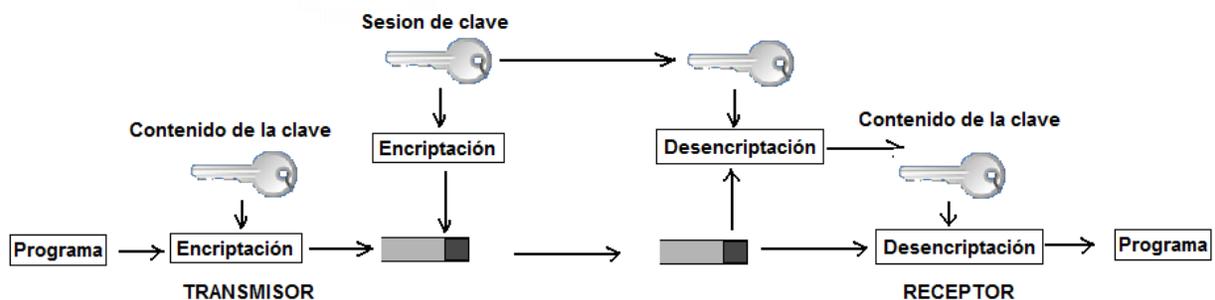


Figura. 2.9. Contenido de llaves

Una sola llave, llamada llave de sesión es entregada al dispositivo por separado, este puede ser utilizado para descifrar el contenido de las llaves. El contenido de las llaves puede cambiar frecuentemente pero la sesión de la llave puede permanecer con la misma. Mantiene más seguro el contenido de las llaves, la llave de la sesión es válida para más tiempo y puede tener una llave de mayor longitud.

## Mensajes de control de derechos y Mensajes de administración de derechos

La información de la llave en banda tales como el contenido y la sesión de las llaves son enviadas y llamados Mensajes de control de derechos (ECMs); así mismo el correspondiente a la información fuera de banda está contenido en los mensajes de administración de derechos (EMMs). Los EMCs contienen importantes llaves de información necesaria para descryptar el contenido, son enviados mientras los EMMs contienen información acerca de los dispositivos que son autorizados para descryptar el contenido.

### Autenticación

La Autenticación es utilizada para verificar ambas: por un lado para validar los mensajes que contienen la información secreta y por el otro verifica la identidad del transmisor.

### 2.5.3. Ventajas y Desventajas de los DRM

Las principales ventajas de los DRM son:

- Permiten a los propietarios de los derechos controlar de forma segura la explotación sucesiva de su obra, limitando los usos no autorizados y reduciendo la posibilidad de copias ilegales.
- Facilitan al autor estadísticas en tiempo real de accesos a su trabajo, ayudándole a determinar el valor de éste.
- Facilitan al autor una fuente de ingresos, complementarios a las ventas por otros medios no digitales.
- Ayudarán a que aparezcan más y mejores contenidos digitales, por disminuir la facilidad con que estos medios permiten la difusión ilícita de la información.

Las principales desventajas de los DRM son:

- Existe aún la imagen entre los titulares de que no son sistemas seguros y de que pueden ser fácilmente vulnerados y craqueados.
- El sistema de pago no es aún totalmente confiable.
- Disminuirá el número de usuarios que acceden a los contenidos, al asegurarse siempre de su pago.
- Incrementan los costos del proceso de creación o distribución de contenidos digitales: costos de hardware y de software, además del personal de mantenimiento del sistema.

- Elevada complejidad del sistema de control de acceso, lo que provoca incompatibilidades entre sistemas y que muchos usuarios no los usen o lo hagan incorrectamente.
- Falta de privacidad, ya que la mayoría de los sistemas incluyen un control de la conducta del usuario, sobre qué adquieren, preferencias, tasas de uso, etc. Esto puede ser muy peligroso en sistemas políticos autoritarios o podría ser utilizado para construir perfiles sobre las preferencias informativas de los usuarios y venderlos con propósitos comerciales.

Inadecuación en su estado de desarrollo actual, al espíritu de las excepciones a los derechos de autor, lo cual podría llevar a imponer toda clase de prohibiciones a los usuarios de las bibliotecas, viéndose así amenazando el derecho a leer anónimamente y con ello el derecho fundamental a la libertad de pensamiento.

## 2.6. Protocolos empleados en IPTV/Video Streaming

IPTV se ha desarrollado basándose en el video-streaming. Este sistema consiste en que la reproducción de los clips o las películas no requiere una descarga previa por parte del usuario, sino que el servidor entrega los datos de forma continua, sincronizada y en tiempo real (al mismo tiempo que se envía, se está visualizando el video con su audio).

### 2.6.1. Protocolo de Administración de Grupos de Internet (IGMP)

El servidor envía una única trama IP a todos los destinos que la están demandando en ese momento (únicamente a los que la demandan, no confundir con broadcast).

Cuando una aplicación en un anfitrión se suscribe a un grupo particular, el anfitrión envía un mensaje de informe (Reporte de Membresía) con la dirección del grupo al que se ha suscrito. Periódicamente, los enrutadores envían interrogaciones de Membresía al grupo 224.0.0.1 (todos los anfitriones). Cada ordenador responde con un informe de Membresía (Reporte de Membresía) por cada grupo al que pertenece, incluyendo la dirección de dicho grupo. Si un host observa un informe de algún otro host asociado al mismo grupo de multicast, no envía su propio mensaje (ahorro recursos). Si después de varias interrogaciones no se recibe ningún mensaje relativo a alguno de los grupos activos de esa subred, el enrutador elimina dicho grupo de la tabla asociada a ese interfaz.

### 2.6.2. Protocolo de Streaming de Tiempo Real (RTSP) y Protocolo de Descripción de Sesión (SDP)

RTSP se usa para el establecimiento y control de la sesión de video streaming. Actúa como un mando a distancia de la sesión, permitiendo comandos como reproducción, pausa, retroceso, etc. Se emplea en conjunto con SDP, que es el encargado de proporcionar información sobre la sesión: número de flujos,

tipo de contenido, duración, ancho de banda, etc. Algunas de las características principales de RTSP son:

- Protocolo de nivel de aplicación.
- Independiente de la capa de transporte (TCP o UDP).
- No es el encargado de transportar los contenidos.
- Un servidor RTSP necesita mantener el estado de la conexión.
- Compatible tanto con unicast como con multicast.
- Capacidad multi-servidor: Cada flujo multimedia dentro de una presentación puede residir en servidores diferentes.

### **2.6.3. Protocolo de Transporte en Tiempo Real (RTP) y Protocolo de Control del Transporte en Tiempo Real (RTCP)**

RTP es un protocolo de nivel de aplicación que se emplea para la transmisión de información en tiempo real. En video-streaming (y la mayoría de las aplicaciones) se emplea RTP sobre UDP, que es mucho menos pesado que TCP; ya que con UDP se recibe la información en el momento adecuado como lo requiere el video streaming existiendo una entrega rápida por encima de la fiabilidad en el transporte

RTP no ofrece garantías sobre la calidad del servicio ni sobre el retraso de la entrega de datos, estos deben ser proporcionados por la red subyacente, ofrece entrega de datos multicast. Debido a la necesidad de entregar los paquetes en orden (UDP no provee esta característica) RTP incorpora un número de secuencia que además sirve para la detección de paquetes perdidos. Por tanto, RTSP y RTP poseen cometidos diferentes. Mientras que el primero es el encargado del establecimiento y control de la conexión video-streaming, RTP se emplea para transportar los contenidos en tiempo real (audio y video).

RTCP proporciona información de control asociada con un flujo de datos para una aplicación multimedia (flujo RTP), trabaja junto con RTP en el transporte y empaquetado de datos multimedia, pero no transporta ningún dato por sí mismo; se encapsula sobre UDP y se utiliza para monitorear la calidad de servicio.

## **2.7. Calidad de Servicio de (QoS) en IPTV**

Se proponen dos soluciones para mejorar la calidad en el servicio de IPTV: Intserv y Diffserv.

### 2.7.1. Intserv y DiffServ

**IntServ (Servicios Integrados):** El dispositivo del usuario solicita de antemano los recursos que necesita. Cada enrutador del trayecto ha de tomar nota y efectuar la reserva solicitada.

- *Ventajas:* Los paquetes no necesitan llevar ninguna marca que indique como has de ser tratados, la información la tienen los router.
- *Desventajas:* Requiere mantener información de estado sobre cada conmutación en todos los routers por los que pasa. Se requiere un protocolo de señalización para informar a los routers y efectuar la reserva en todo el trayecto.

**DiffServ (Servicios Diferenciados).** El dispositivo del usuario marca los paquetes con una determinada etiqueta que marca la prioridad y el trato que deben recibir por parte de los enrutadores. Éstos no son conscientes de los flujos activos.

- *Ventajas:* Los routers no necesitan conservar información del estado.
- *Desventajas:* Los paquetes han de ir marcados con la prioridad que les corresponde. La garantía se basa en factores estadísticos, es menos segura que la reserva de recursos.

Intserv posee la intensidad intrínseca de utilizar un protocolo de señalización de reservas. Este es RSVP.

#### Protocolo RSVP (Resource Reservation Protocol)

- Realmente es un protocolo de señalización pues crea información de estado de los routers. Cada router ha de mantener el detalle de todas las conexiones activas pasan por él, y los recursos que cada una a reservado.
- Depende del encaminamiento de la red para su funcionamiento. Hay que destacar que no es un protocolo de routing.

Por su parte Diffserv intenta evitar los problemas de escalabilidad que plantea Intserv/RSVP. Se basa en marcar los paquetes con una etiqueta y acordar con todos los routers un tratamiento según la etiqueta:

El campo DS es un octeto de bits distribuidos como sigue:

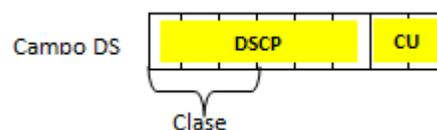


Figura 2.10. Muestra el campo DS

**DSCP: Punto de Código de Servicios Diferenciados**), hace referencia al segundo byte en la cabecera de los paquetes IP que se utiliza para diferenciar la calidad en la comunicación que quieren los datos que se transportan 6 bits que indican el tratamiento que debe recibir este paquete en los enrutadores.

**CU: (Actualmente no usado - reservado)**. Este campo se utiliza actualmente para control de congestión (RFC 3168).

El campo DS se añade a cada uno de los paquetes que viajan por la red para indicar la clase a la que pertenece. Seis bits permitirán codificar  $2^6 = 64$  clases de tráfico posible, así mismo se distinguen tres tipos:

Servicio	Características
Expedited Forwarding	Es el que da más garantías. Equivale a una línea dedicada , garantiza todo: canal, tasa de pérdidas, retardo y jitter
Assured Forwarding	Asegura un trato preferente, pero sin fijar garantías, se definen cuatro clases y en cada una tres niveles de descarte de paquetes.
Best Effort	Ninguna garantía

Tabla 2.11. Muestra los tres tipos de Diffserv

El Políticas de Control de Tráfico (Traffic Policing) sólo se ejerce en los enrutadores de entrada a la red del ISP<sup>31</sup> y en los que atraviesan fronteras entre ISP. Esto es lo que se conoce como un Dominio DiffServ (DS Domain). Los siguientes solo han de realizar el tratamiento que corresponde según el DSCP. De esta manera, el esquema de un enrutador de entrada a un dominio Diffserv es el siguiente:

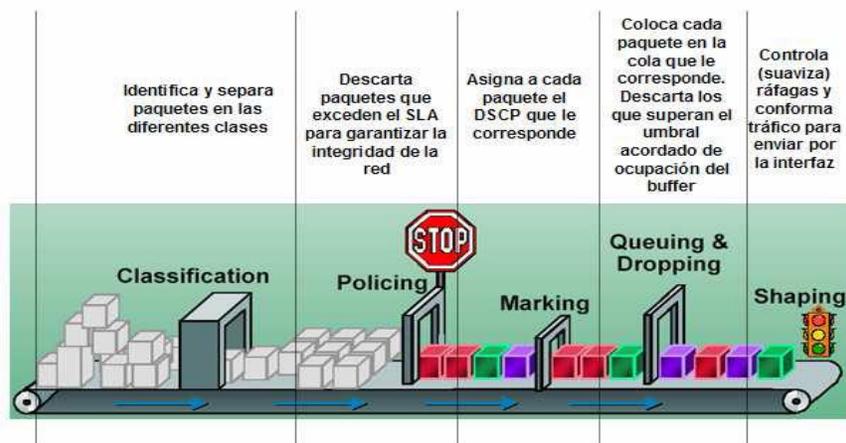


Figura 2.12. Muestra esquema de un enrutador en un dominio Diffserv

<sup>31</sup> ISP (*Internet service provider, Proveedor del servicio de Internet*): Éste es un servicio (en la mayoría de los casos pago) que permite conectarse a Internet.

## CAPITULO 3

# PROPUESTA DE ARQUITECTURA DE UNA RED DE SERVICIOS IPTV CON CALIDAD DE SERVICIO

### 3.1. Introducción

No solo la telefonía está sufriendo una drástica transformación en el desarrollo e implementación de sistemas de Voz sobre IP (VoIP) sino que también la industria de la televisión enfrenta un interesante reto con la transmisión de Televisión sobre IP. En lugar de la recepción de televisión sobre la emisión de ondas, cable ó líneas a través de un servicio de televisión por satélite, el televisor está conectado directamente a un router de banda ancha y recibe información digital directamente a través del protocolo IP, con lo cual posee un flujo de datos más eficiente de las tecnologías actuales.

La televisión sobre IP (IPTV) posee un flujo de datos más eficiente que las tecnologías actuales, y por lo tanto reduce los costos de operación y los precios a los suscriptores proporcionalmente.

La integración puede ser una gran ventaja de varias empresas así como los suscriptores para ofrecer y recibir respectivamente varios servicios en un paquete integrado. La entrega de programación de televisión a televidentes vía banda ancha utilizando el protocolo de internet (IPTV), ofrece ventajas sobre el servicio existente de televisión por cable y las tecnologías de satélites, típicamente IPTV esta encadenado a otros servicios como video bajo demanda (VoD), voz sobre IP (VoIP) ó teléfono digital y acceso a internet, colectivamente se refieren a estos servicios como Triple Play; así mismo si le agregamos el servicio de televisión estos se extenderán a Cuádruple Play con la movilidad. Estos costos pueden reducirse y el suscriptor solo tiene que tratar con un proveedor en lugar de tal vez tres, por lo que es más conveniente.

Con conmutación de IP todo el proceso es más eficiente. Todos los datos de la televisión se lleva a cabo en un centro de ubicación y solo el canal que el consumidor elige en el hogar se canaliza; esto significa mucho más ancho de banda para las emisiones, ya sea de mejor calidad o la posibilidad de añadir más opciones de datos, debido a que el ancho de banda ya no es una cosa importante en cuestión.

Otra de las ventajas con las que cuenta IP es la interactividad con la que cuenta siendo la habilidad de poder utilizar una grabadora de video digital (DVR, Digital Video Recorder) para grabar varios programas de televisión al mismo tiempo; también será más fácil encontrar sus programas favoritos utilizando la guía electrónica de programación, IPTV también permite imagen en recuadros (Picture in Picture) sin necesidad de tener sintonizadores múltiples, pudiendo estar observando un programa mientras que utilizando el picture in picture puede estar buscando algún otro programa.

### 3.2. Criterios a considerar

Los criterios que se mencionan a continuación son las características que debe de cubrir mi propuesta:

- ✚ **Tipo de Arquitectura:** Por ser un sistema compuesto de nodos de procesamiento comunicados y coordinados mediante una red que permite el intercambio de mensajes entre los mismos; se elige una arquitectura distribuida ya que adicionalmente nos ofrece accesibilidad entre los recursos disponibles; escalabilidad, flexibilidad y fiabilidad.
- ✚ **Aplicación IPTV:** Esta parte hace referencia a la plataforma de software para la televisión sobre IP (IPTV), siendo el entorno de aplicaciones multimedia para el desarrollo de servicios interactivos. La mayoría de plataformas existentes de IPTV se inclinan por Microsoft:

Empresa	Nombre de la Plataforma IPTV	Plataforma de Software
Ericcson	IMS IPTV Middleware	Microsoft
Alcatel-Lucent	MiView Tv	Microsoft
Nokia Siemens	Middleware SDK	Microsoft
Telmex TV	Mediaroom	Microsoft

**Tabla 3. Empresas que soportan plataformas de software basadas en Microsoft**

Para los diferentes proveedores de servicio anteriormente mencionados: IMS IPTV Middleware de Ericcson, MiViewTv de Alcatel-Lucent (ALU), Middleware SDK Nokia Siemens y Mediaroom de Telmex TV, Microsoft permite que los proveedores aprovechase fácilmente de los crecientes servicios del mercado de la TV digital y convertir las demandas de los consumidores (que sea fácil, personal, conectado y una experiencia de entretenimiento social) en ingresos y diferenciación competitiva.

Para el amplio y creciente ecosistema de vendedores: Los vendedores pueden aprovecharse y desarrollar productos para la plataforma Mediaroom. Adicionalmente a los que se mencionaron en la tabla 3, alguno de los partners que ya trabajan con Micorsoft son Alcatel-Lucent, AMD, Cisco, Harmonic, IBM, Intel, HP, Modulus, Motorola, Juniper, Phillips y Sun Microsystems.

Para los consumidores: Una televisión fácil, conectada, personal y social. Microsoft Mediaroom incluye las siguientes características: una guía de programación rápida e intuitiva, que permite encontrar y descubrir TV.

Microsoft Mediaroom además añade las siguientes funcionalidades:

- Comparación personal multimedia. Esto permite a los consumidores escuchar fácilmente música digital
- Entorno de Aplicación Multimedia: El entorno ofrece un soporte más rico para los servicios, permitiendo a los proveedores de servicios desarrollar características avanzadas como portales dinámicos de video sobre demanda, pasatiempos y servicios interactivos de TV.
- Capacidades de MultiVista Mejorada: Le permite a los usuarios ver diferentes canales, programas y ángulos en una pantalla.
- Capacidad de Personalización: Para que los clientes puedan encontrar fácilmente los programas que desean, cuando y donde ellos quieran.

✚ **Alcance del proyecto, estimado de clientes:** El último trimestre de 2009 la Cofetel reportó 6 millones de usuarios de TV restringida y se tiene un mercado potencial de otros 5 millones de clientes al 2013<sup>32</sup>. Actualmente México cuenta con 19 mil suscriptores de TV con tecnología IPTV y se espera que si las autoridades de telecomunicaciones (SCT y COFETEL) modifican el Título de concesión de Telmex para permitirle servicios de televisión podrían existir 2.2 millones de suscriptores en IPTV para el año 2012<sup>33</sup>; de acuerdo a dichas estimaciones mi proyecto pretende cubrir 1 millón de suscriptores del total que se tiene pronosticado.

✚ **Cobertura:** Se seleccionan cuatro ciudades principales del país considerando su Producto Interno Bruto (PIB) de acuerdo a los resultados estadísticos del INEGI<sup>34</sup>, el 95% de los mexicanos poseen como mínimo un televisor en su hogar y considerando que este proyecto está destinado a población por estrato social 1, 2, 3, 4, 5 y 6 (bajo ,medio bajo, medio, medio alto y alto) expectativamente, se estima que en cada hogar existirán de dos a tres unidades STBs<sup>35</sup> (Ser Top Boxes) por cada televisor que se encuentre en el hogar; por lo tanto si consideramos dos televisores dicho servicio llegaría a 500,000 hogares pero si consideramos tres televisores el servicio llegara a 333,000 hogares aproximadamente.

- **Distrito Federal:** Es el centro político y económico del país aportando el mayor PIB en cuanto a servicios del 80.2%.

<sup>32</sup> José Manuel Mercado, analista de consultora Frost & Sullivan

<sup>33</sup> La Decisión Acertada, Informe Diario de los Negocios de Telecomunicaciones en México, 13 de Julio de 2009

<sup>34</sup> [www.inegi.com.mx](http://www.inegi.com.mx)

<sup>35</sup> Set Top Box: Dispositivo encargado de la recepción y decodificación de señal de televisión analógica ó digital, para luego ser mostrada en un dispositivo de televisión

- **Monterrey:** Es una las entidades que cuentan con el mayor IDH<sup>36</sup> (índice de desarrollo humano) después del Distrito Federal, que cuentan con población de buena educación y con un nivel digno contando con un PIB en cuanto a servicios del 69.3%.
  - **Guadalajara:** Es una de las entidades más desarrolladas en cuanto a actividades económicas, comerciales y culturales contando con un PIB del 70% en servicios.
  - **Puebla:** Es uno de los estados más industrializados y productivos del país que cuenta con PIB de servicios del 67%.
- ✚ **Distribución:** Considerando el alcance del proyectado de 1,000,000 de clientes para la distribución, se emplea un modelo proporcional teórico sin estudios de mercado porcentual, y tomando en cuenta las estadísticas en donde cada hogar cuenta en promedio con dos televisores por hogar, por lo tanto consideraremos dos acometidas de STB (Equipo Receptor Decodificador) por televisor; quedando distribuido de la siguiente manera:
- Distrito Federal (Santafé) = 50% = 500,000 acometidas de STB's en 250,000 hogares
  - Puebla = 10% = 100,000 acometidas de STB's en 50,000 hogares
  - Guadalajara = 15% = 150,000 acometidas de STB's en 75,000 hogares
  - Monterrey = 25% = 250,000 acometidas de STB's en 125,000 hogares
- ✚ **Red Redundante:** Por ser mi proyecto una red robusta, es necesario que si un elemento falla la red debe seguir funcionando, por lo tanto, debe ser un diseño redundante y los equipos deben ser carrier class y tolerante a fallas, debe de ser diseñada de tal manera que si su equipo falla un segundo equipo de respaldo entrará a operar.
- ✚ **Cantidad de canales de TV:** Este proyecto contempla 130 canales de televisión bajados del satélite Galaxy y distribuidos de la siguiente manera:
- 90 Canales de Televisión de Definición Estándar
  - 10 Canales de Televisión de Alta Definición
  - 10 Canales de Televisión de Pago por Evento
  - 20 Canales de Música
  - 10 Canales de Televisión para Dispositivos Móviles

<sup>36</sup> Informe del desarrollo Humano, Organización de las Naciones Unidas ,[www.onu.org.mx](http://www.onu.org.mx)

Los canales de televisión de Definición Estándar, Alta Definición, Pago por evento, Música y para Dispositivos móviles a considerar en mi proyecto se mencionan en el Anexo 1 (Tablas A1, A2 y A3, A4 y A5).

✚ **Compresión de video:** Se eligió la compresión H.264 debido a las razones siguientes:

- Es un estándar capaz de proporcionar alta calidad de imagen con velocidades binarias notablemente inferiores a los estándares previos (MPEG-2).
- Simplifica el diseño de red
- Es un codificador de video extremadamente escalable
- Ahorro sustancial de velocidad binaria (hasta un 50%) respecto a otros estándares, manteniendo la misma calidad de imagen.
- Proporciona una mayor exactitud en la estimación de movimiento.
- Mejora la compresión de video.
- Mejora la calidad de imagen manteniendo la misma relación Señal a Ruido (S/N).

✚ **Dimensionamiento estimado del Ancho de Banda:** Considerando los canales de TV planteados anteriormente, se estima los siguientes valores de ancho de banda (números gruesos, cálculo aproximado):

- 90 canales de TV estándar a una compresión H.264 a 2 Mbps (incluye encabezados) = 180 Mbps.
- 10 canales de Pago por evento (PPV) = 10 x 2 Mbps = 20 Mbps
- 10 canales de TV de alta definición a una compresión H.264 a 6 Mbps= 60 Mbps
- 20 canales de Música = 384 Kbps = 7.68 Mbps + control + gestión
- 10 canales para Móviles de Definición Estándar a una compresión de H.264 a 384kbps = 3.84 Mbps.
- VOD 100 títulos de películas estándar en calidad cercana a DVD, a 3.5 Mbps y 20 títulos en alta definición a 6 Mbps= 350 Mbps + 120 Mbps= 470 Mbps.
- Ancho de banda integrado: 180 Mbps de TV viva estándar + 20 Mbps PPV + 60 Mbps de Tv de alta definición + 8 Mbps de Música + 3.84 Mbps de Multimedia + 470 Mbps de

VOD calidad cercana a DVD y Alta definición = 741.84 Mbps + 15% de sesiones de control y de gestión de red = 853 Mbps, por lo que el proyecto puede operar con interfaces GigabitEthernet en sus interfaces (dentro de los Nodos de Televisión).

- o Capacidad de almacenamiento: 100 títulos de 120 min duración requieren 315 GB y 20 títulos de 120 minutos de alta definición requieren 108 GB, capacidad total de 423 Gbytes.
- o Capacidad de Bases de datos de Clientes: 1 Mbyte x Cliente x 1 000,000 clientes = 1 Terabyte.

### 3.3. Módulos que componen el proyecto

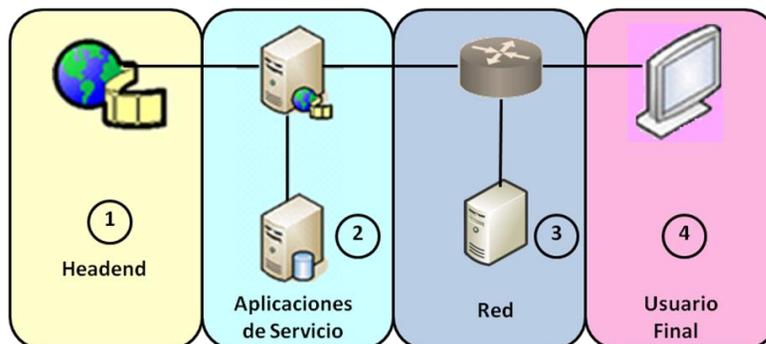
Mi propuesta de este proyecto de IPTV, está sustentada en las recomendaciones del Focus Group IPTV (FG IPTV) de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones):

FG IPTV	Recomendaciones
DOC-0147	Requerimientos de Servicios IPTV
DOC- 0181	Arquitectura IPTV
DOC- 0182	Escenarios para servicios IPTV
DOC- 0185	Mecanismos de Gestión de tráfico para el apoyo de los servicios IPTV
DOC- 0188	Aspectos de seguridad IPTV
DOC- 0189	Aspectos de red IPTV
DOC- 0190	Multicast IPTV
DOC- 0191	Protocolos IPTV
DOC- 0194	Middleware, aplicaciones y plataforma de contenidos IPTV
DOC- 0198	Estándares para la plataforma de aplicación de las plataformas multimedia IPTV

Tabla 3.1. Recomendaciones del Focus Group IPTV (FG IPTV)

Los Módulos por los que se conforma son los siguientes:

- i. Módulo de Headend
- ii. Módulo de Aplicaciones de Servicios
- iii. Módulo de Red
  - a. Sub-Módulo de Red Dorsal
  - b. Sub-Módulo de Red Distribución
  - c. Sub-Módulo de Red de Acceso
  - d. Sub-Módulo de Red al Hogar
- i. Módulo de Usuario Final



**Figura 3.2. Módulos que conforman el proyecto de IPTV**

De acuerdo a estos módulos, mi arquitectura estaría conformada de la siguiente manera:

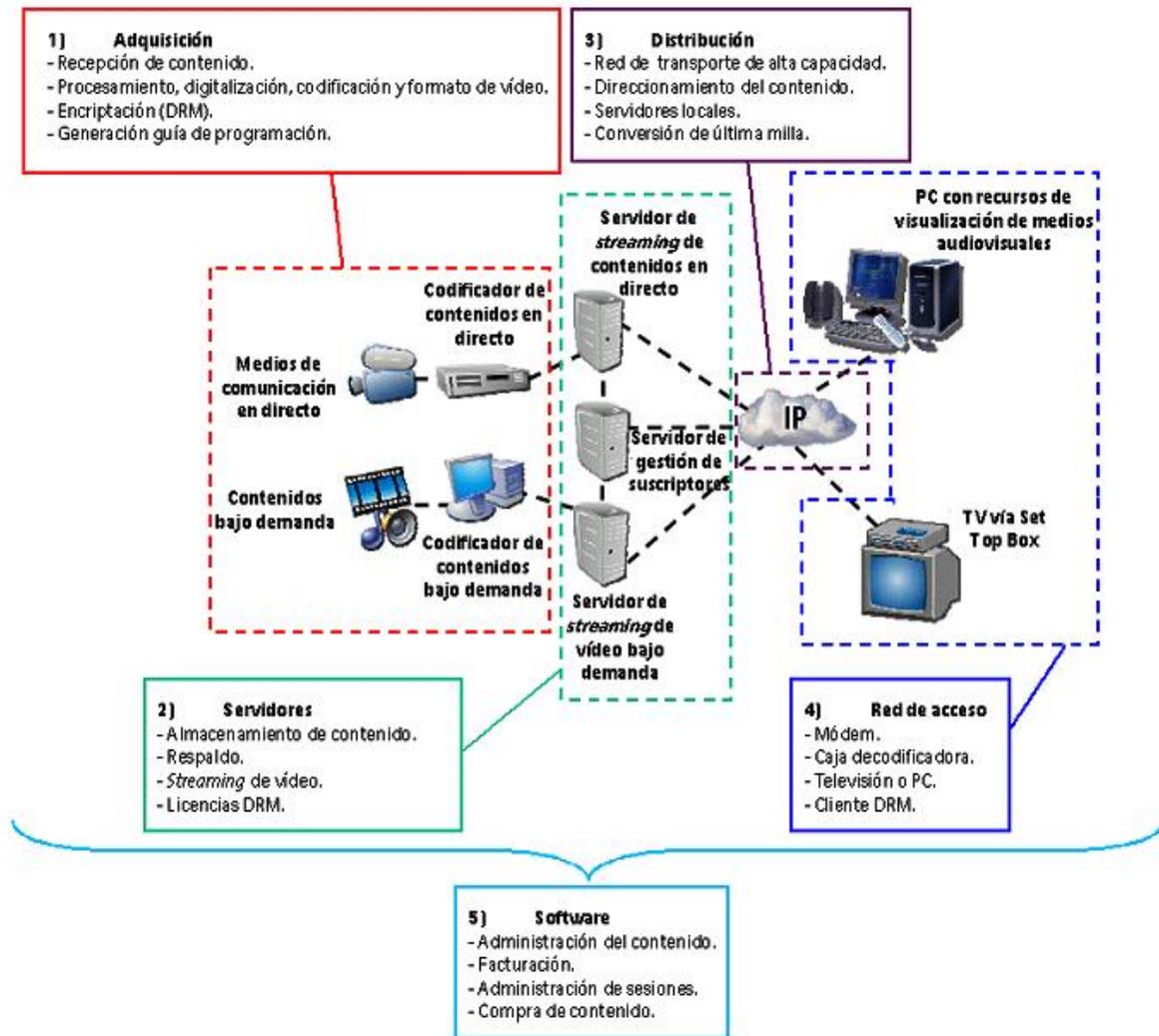


Figura 3.3. Arquitectura IPTV

Cada uno de estos módulos realiza diversas funciones de acuerdo al FG IPTV-DOC-0116R de la Unión Internacional de Telecomunicaciones en las que distribuyo y organizo en este proyecto:

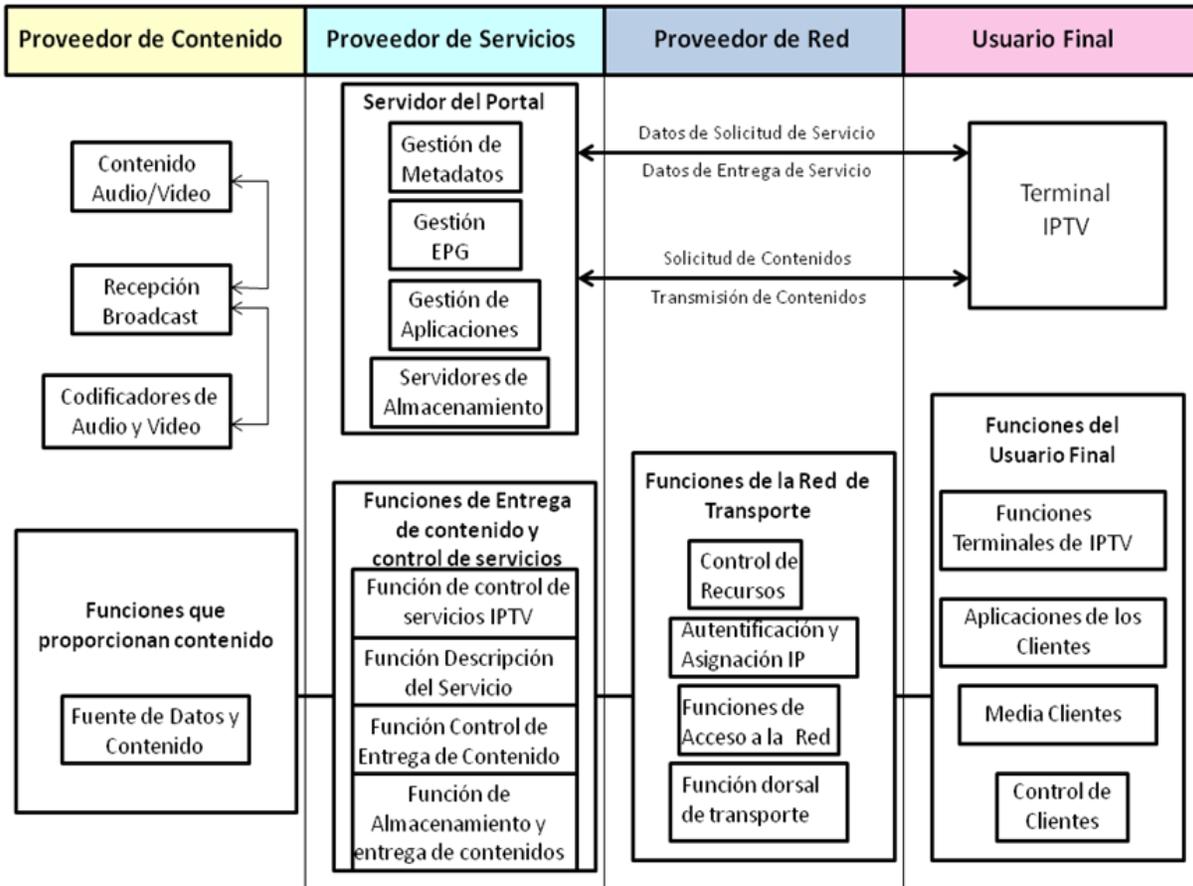


Figura 3.4. Funciones de cada plano IPTV

Las funciones que debe realizar mi arquitectura IPTV<sup>37</sup> son:

<sup>37</sup> FC IPTV-C-0900, Tokyo-Japón , octubre 2007

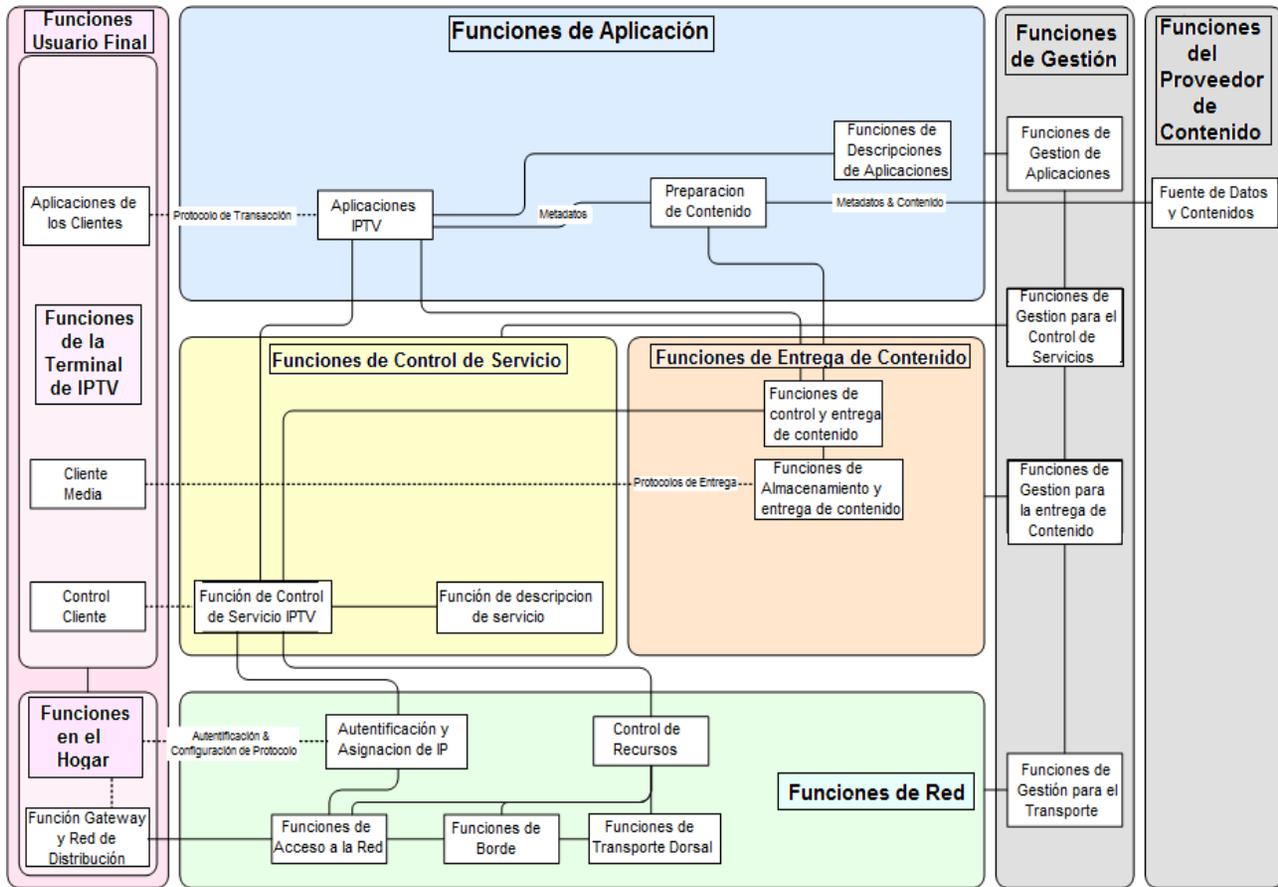


Figura 3.5. Arquitectura Funcional IPTV de acuerdo FG IPTV-DOC-0187 de la UTI

### 3.3.1. Modulo de Headend

Es el primer plano también conocido como cabecera de TV que se encarga de recibir, monitorear, acondicionar, comprimir y entregar Televisión en vivo estándar y alta definición, de la adquisición y administración del contenido para el servicio de video sobre demanda, en donde se van realizan las principales funciones de:

- **Captación de señales:** Comprende las antenas, LNBs y sus fuentes de energía, líneas de cableado y en general todos los elementos que tienen como función captar señales del aire o satélite.
- **Recepción:** Lo conforman el conjunto de equipos necesarios para la recepción de las señales como receptores de satélite, demoduladores, etc.
- **Codificación:** Esta sección está integrada por el equipamiento necesario para la codificación de señales, codificadores, multiplexores, control de acceso, etc.

- **Inserción:** Contiene el equipamiento para la inserción de contenidos como programación propia, comerciales, etc.

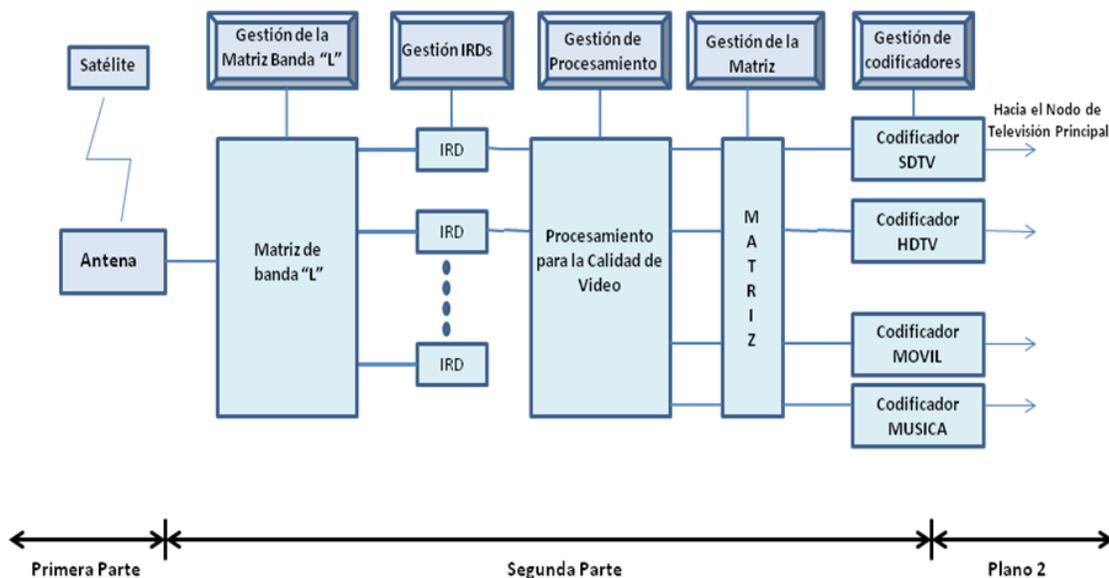


Figura 3.6. Elementos que componen la cabecera<sup>38</sup> de TV (Headend)

Como vemos en la figura anterior, este plano está dividido en dos partes importantes la primera parte de la recepción de Televisión en donde los canales serán recibidos por el satélite a través del plato de la antena, la constelación de satélites está compuesta de acuerdo al proveedor de los canales previstos, una página muy útil para revisar estos datos es <http://www.lyngsat.com/> en ella se puede buscar el satélite y la antena que necesitamos y la otra parte que si propondremos para el procesamiento, codificación y compresión de la señal recibida.

Una vez que se obtuvo la señal de video en banda "L" a través de los receptores, la señal pasa por un **IRD (Receptor Decodificador Integrado)**, que es la caja que contiene el hardware, el software e interfaces necesarios para seleccionar, recibir, recuperar y corregir los errores procedentes de la antena receptora, controla el acceso del usuario a programas y servicios en función de un sistema de claves que permite la decodificación de la señal recibida.

Al contar con múltiples señales de entrada de Televisión y audio de diferentes fuentes HD y SD, por lo tanto se debe de contar con una matriz de enrutamiento de TV, que tenga la flexibilidad de ser capaz de enviar cualquier señal de entrada a todos los dispositivos de destino; es decir que sirve para orientar el camino o trayectoria de una o más señales en uno o más dispositivos. Así mismo permite el procesamiento de enrutamiento individual compartiendo las mismas tareas y permitiendo la redundancia entre ellos, ya sea intensificando, y repitiendo la información contenida en el mensaje a fin de que el

<sup>38</sup> CISCO IPTV Video Cabecera, Defining a Superior Video Experience, 2007

factor de la comunicación como por ejemplo el ruido o algún otro factor externo no provoque una pérdida de información y si algún dispositivo no funciona, sólo la funcionalidad de ese dispositivo se perderá, mientras que el resto del sistema permanece en funcionamiento. Por su parte los codificadores de video serán los encargados de codificar las señales de entrada de Televisión SD y HD.

### Componentes del Headend ó Cabecera

Considerando los canales de televisión propuestos a continuación se muestra el dimensionamiento para nuestra propuesta de red.

- ✚ **Antenas:** Por cobertura y costo beneficio, se determinó usar dos antenas Simulsat 7 las cuales serán las encargadas de recibir las señales de Televisión, una de ellas fungirá como la ejecutiva y la otra será la redundante. Capaces de recibir hasta 300 canales de TV (Figura A7).
- ✚ **IRDs:** Por cada canal de televisión se necesitara un IRD, y en nuestra propuesta se están considerando 90 canales de SDTV + 10 canales de Pago por evento + 10 canales HDTV + 20 canales de música = 130 canales en total; así mismo de acuerdo a las mejores prácticas de proveedores como Harmonic's, Motorola, y CISCO (antes Scientific Atlanta), recomienda que únicamente los canales de Pago por evento sean respaldados sean respaldados, de los cuales considerando mi propuesta solo son 10 canales SD por lo tanto:
  - **Ejecutivos:** 90 IRD
  - **Redundantes:** 10 canales SDTV = 100 equipos redundantes
  - **Total de IRDs:** 100 ejecutivos + 10 redundantes = **110 IRDs**
- ✚ **Procesamiento y Monitoreo:** Cada equipo de procesamiento y monitoreo soporta 20 canales de televisión por lo tanto tenemos:
  - Para **130** canales de TV = **7 Equipos de Procesamiento y Monitoreo**
- ✚ **Matriz Switch-router:** Considerando que son 130 canales en total necesitaremos una matriz de 256 x 256 una ejecutiva y una redundante.
- ✚ **Codificador SD (Codificador de video de Definición Estándar):** considerando los 90 canales de Televisión Estándar y que cada codificador puede tener 4 canales por equipo por lo tanto, el número de codificadores de SD= 90 canales de televisión estándar con codificadores con 4 canales SD y considerando que por cada 10 codificadores SD se debe de considerar 1 de respaldo por lo tanto:

- **Ejecutivos:** 25 Codificadores de SD
- **Redundantes:** 3 codificadores SD
- **Total de Codificadores:** 25 Ejecutivos + 3 Redundantes = **28 Codificadores SD**
  
- ✚ **Codificador HD (Codificador de video de Alta Definición):** Cada codificador soporta dos canales de alta definición y de la misma manera se considera que por cada 10 codificadores de HD se debe de considerar uno de redundancia, por lo tanto tenemos.
  - **Ejecutivos:** 5 Codificadores de HD
  - **Redundantes:** 1 Codificador de HD
  - **Total de codificadores:** 5 Ejecutivos + 1 Redundante = **6 Codificadores HD**
  
- ✚ **Codificador de Música:** Para el caso de los codificadores de música cada uno soporta 50 canales y para mi proyecto estamos consideramos 20 canales de música por lo tanto:
  - **Ejecutivos:** 1 Codificador de Música
  - **Redundantes:** 1 Codificador de Música
  - **Total de codificadores:** 1 Ejecutivo + 1 Redundante= **2 Codificadores de música**
  
- ✚ **Codificadores para Móviles:** Cada codificador soporta 4 canales de TV y considerando las mismas políticas antes mencionadas y considerando los 10 canales de TV tenemos:
  - **Ejecutivos:** 3 Codificadores para Móviles
  - **Redundantes:** 1 Codificador para Móviles
  - **Total de codificadores:** 3 Ejecutivos + 1 Redundante= **4 Codificadores Móviles**

Componentes	Cantidad
Antenas	$2E+1R=3$
IRD	$130E + 10R= 140$
Procesamiento y monitoreo de Televisión (20 Canales)	$7E+1R= 8$
Matriz switch-router	$256 \times 256$
Codificador SD (Codificador de video estándar)	$25E+3R=28$
Codificador HD (Codificador de video de alta definición)	$5E+1R=6$
Codificador de Música	$1E+1R= 2$
Codificador Móviles	$3E+1R= 4$

**Tabla 3.7. Muestra el dimensionamiento del Headend ó Cabecera**

A continuación se muestra el diagrama a bloques con el cálculo antes mencionado:

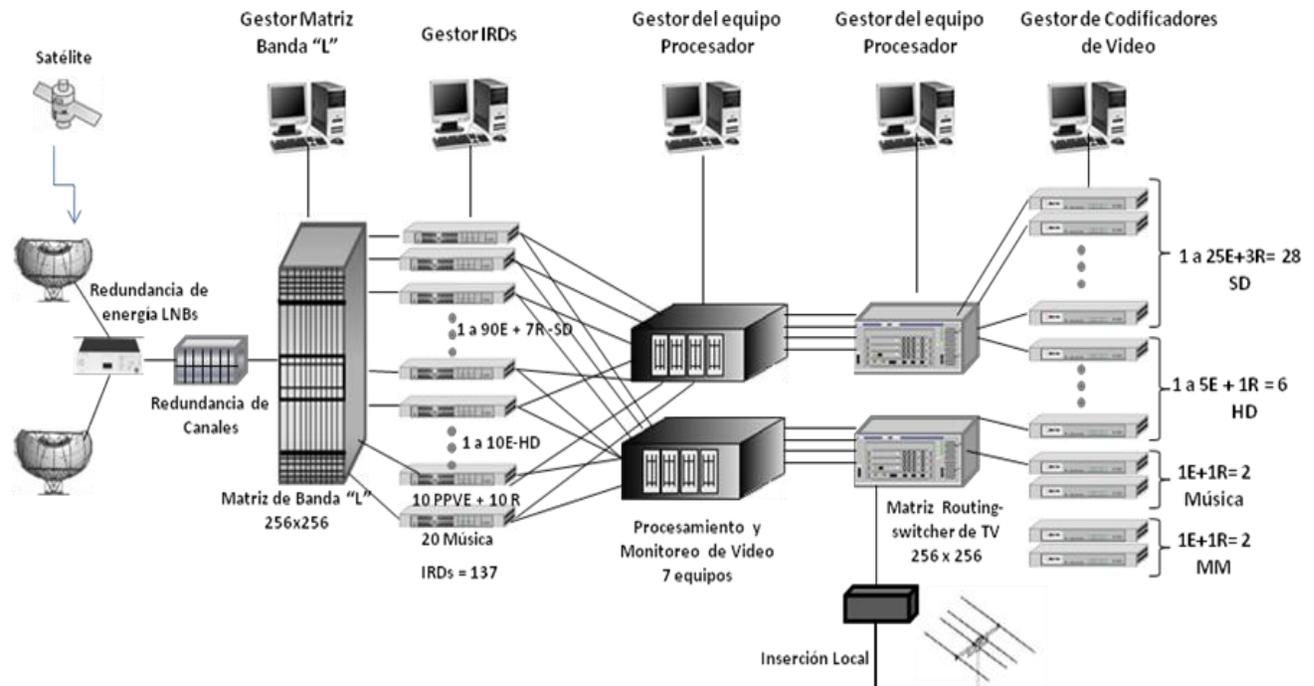


Figura 3.8. Dimensionamiento del Headend ó Cabecera

### 3.3.2. Modulo de Aplicaciones de Servicios de TV (infraestructura: Servidores)

De acuerdo a un análisis de diferentes arquitecturas de Aplicación de TV sobre IPTV como Alcatel-Lucent, Ericsson, Microsoft, Huawei, ZTE y por las ventajas competitivas y beneficios que nos proporciona la plataforma de software base (sistema operativo) decidí emplear Windows Server 2008, siendo:

- i. **Plataforma de aplicaciones y Web de primera categoría.** Plataforma segura y fácil de administrar para desarrollar servicios y aplicaciones de agrupamiento fiables.
- ii. **Rendimiento de la red mejorada:** Aprovecha al máximo las redes multi-gigabit actuales, al tiempo que protege y controla el tráfico de la red.
- iii. **Mayor seguridad y cumplimiento:** Cumple con los estándares más estrictos de Tecnología Informática más estrictos, además la protección de acceso a redes ayuda a garantizar que cualquier servidor que se conecte a la red cumpla la política corporativa con respecto a los requisitos de seguridad.
- iv. **Ciclo del Sistema Operativo maximizado:** Se puede maximizar el ciclo del sistema operativo y aprovechar al máximo de las ventajas técnicas y económicas de la nueva funcionalidad.

- v. **Control de su infraestructura remota:** Simplifica la administración de servidores a través de las mejoras realizadas al Directorio Activo, así como a los controladores de dominio y la separación de roles administrativos.
- vi. **Administración de servidores simplificados:** La consola de administración de servidores constituye una herramienta sencilla y unificada para la administración de la configuración de su servidor, mostrando el estado y administración de los roles de cada servidor.
- vii. **Mejor secuencia de comandos y automatización de tareas**
- viii. **Vitalización de la presentación:** Acceso seguro a aplicaciones internas mediante puertos no conflictivos con los equipos de seguridad de red (firewalls).
- ix. **Nuevas herramientas:** Windows Server 2008 con Hyper-V, nos ayuda a mejorar la disponibilidad del sistema para la consolidación de servidores de producción, la recuperación de desastres y la administración completa de centros de datos dinámicos; también nos ofrece la posibilidad de ejecutar un sistema operativo anterior como Windows 2000 y 2003 en las plataformas recientes como una instancia virtual para evitar problemas de compatibilidad.
- x. **Compatibilidad de Windows:** Windows server 2008 y Windows Vista comparten una serie de tecnologías de red, almacenamiento, seguridad y administración.

Como mejor práctica, Microsoft propone una arquitectura de servidores distribuidos jerárquicamente en bosques, árboles, hojas y ramas. De acuerdo a las recomendaciones que nos proporciona Windows Server 2008 hay que considerar los siguientes elementos que darán distribución y dimensionamiento a nuestros Nodos de Televisión (i.e., principal, secundarios y terciarios o locales), quedando de la siguiente manera: Numero de Bosques: 1 bosque con cuatro arboles, Número de Dominios: 4 dominios, Nombres de Dominios: santafe, guadalajara, puebla y monterrey y raíz del dominio: [www.miprojectoptv.santafe.com](http://www.miprojectoptv.santafe.com).

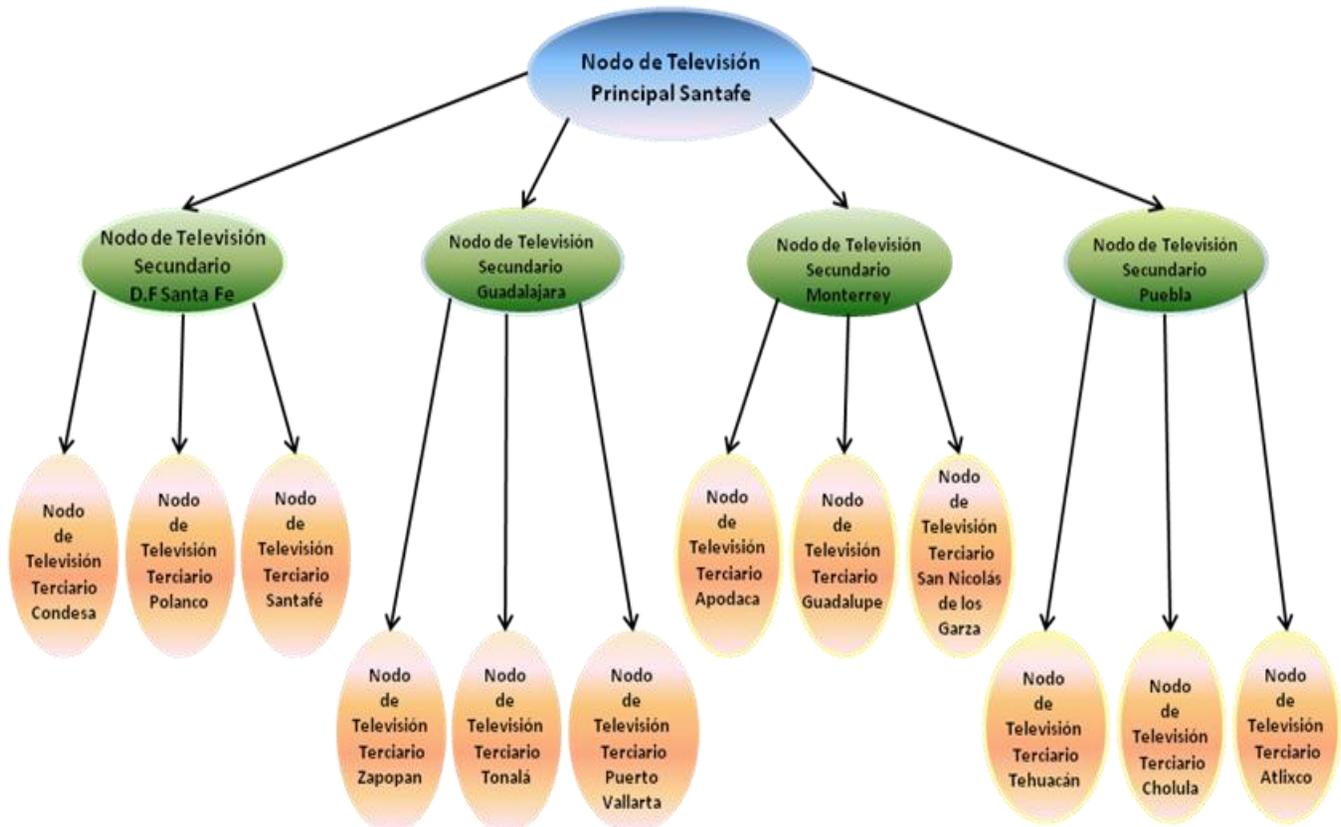


Figura 3.9. Distribución de los Nodos de Televisión: primario, secundarios y terciarios

Considerando como referencia las figuras 3.6, 3.7 y 3.8 y los elementos que recomienda Windows server 2008, llegamos la siguiente tabla práctica en donde identifiqué y distribuí las funciones de los servidores, así como los roles de los mismos de manera jerárquica y regional, así como su nomenclatura:

Funciones Generales	Roll	Nomenclatura	NTvP	NTvS	NTvT
Servidores de Aplicaciones IPTV.	Administrador de Aplicaciones IPTV	Ap-IPTV	✓	✓	
Servidores de Preparación de Contenidos	Adquisición de Televisión en vivo Estándar	A-TViva-Sdtv	✓		
	Adquisición de Televisión en vivo Alta Definición	A-TViva-Hdtv	✓		
	Adquisición de Música	A-Música	✓		
	Adquisición de Multimedia	A-MMedia	✓		
	Preparación de Ingesta de VoD	Ingesta-VoD	✓		
	Storage de VoD	S-VoD	✓		

Servidores de Control y Distribución de contenidos	Distribución de Televisión en vivo	D-TViva	✓	✓	✓
	Controlador de Distribución de Televisión en vivo Estándar.	Ctrl-D-TViva Sdtv	✓	✓	✓
	Controlador de Distribución de Televisión en vivo Alta Definición.	Ctrl-D-TViva Hdtv	✓	✓	✓
	Distribución de VoD	D-VoD	✓	✓	✓
	Controlador de VoD	Control-VoD	✓	✓	✓
Servidores de Almacenamiento y Entrega de Contenidos	Almacén de las Bases de Datos de VoD	Alm-VoD	✓	✓	✓
	Base de Datos de Gestión	BD-Ges	✓	✓	
	Controlador de Dominio	CD	✓	✓	

Servidores con WS2003 y WS2008	Directorio Activo/Controlador de Nombres de dominio.	ADDS	✓		
	Controlador de Configuración	DHCP	✓	✓	
	Controlador de sincronización	NTP	✓	✓	
Servidores de Administración de Usuarios	Administración del Usuario y Servicio	Adm-US	✓	✓	
	Base de Datos de Usuarios y Facturación	BDU-F	✓	✓	
	Almacén de Datos	Alm-D	✓		
	Registro de Usuarios	Reg-C	✓	✓	
Servidores de Gestión	Gestión de Operación Principal	Ges-OP	✓	✓	
	Gestión de Base de Datos Principal	Ges-BDP	✓	✓	
	Gestión Operativa del Servicio IPTV	Ges-OS	✓	✓	
	Vigilancia de calidad de servicio	Vig-QoS	✓	✓	

**Tabla 3.10. Funciones de los servidores distribuidos jerárquicamente por los nodos de televisión**

Donde:

NTvP: Nodo de Televisión Primario,

NTvS: Nodo de Televisión Secundario;

NTvT: Nodo de Televisión Terciario

### **Funciones de Aplicaciones a residir en los servidores**

**Servidores de Aplicaciones IPTV:** Están conformados por las siguientes funciones:

- **Administrador de Aplicaciones de IPTV:** Se encarga de la administración y organización de las diferentes aplicaciones de IPTV como la preparación e ingesta de contenidos, edición de contenidos, etc.

**Servidores de Preparación de Contenidos:** Está conformado por las siguientes funciones:

- **Adquisición de Televisión en vivo SD (A-TViva-Sdtv):** Se encarga de la ingesta de contenidos de televisión de definición estándar; así como de las llaves de seguridad.
- **Adquisición de Televisión en vivo HD (A-TViva-Hdtv):** Se encarga de la ingesta de contenidos de televisión de Alta definición; así como de las llaves de seguridad.
- **Adquisición de Multimedia (A-Mmedia):** Se encarga de la ingesta de contenidos de televisión para dispositivos móviles incluyendo la ingesta de llaves de seguridad.
- **Preparación de Ingesta de VoD (Ingesta VoD):** Se encarga de la preparación e inserción de los contenidos para VoD, así como con ingesta de llaves de seguridad.
- **Storage de VoD (S-VoD):** Se encarga del almacenamiento de los contenidos de VoD.

**Servidores de Control y Distribución de contenidos:** Contiene las funciones y servidores:

- **Distribución de televisión en vivo (D-TViva):** Se encarga de la distribución de los canales de televisión (SD, HD y Música) en vivo a todos los clientes de los Nodos de Televisión.
- **Controlador de distribución de televisión en vivo SD (Ctrl-D-TViva-Sdtv):** Este servidor coordinara la entrega de los recursos de almacenamiento y establece una política de distribución óptima de contenidos entre la entrega de contenido y las funciones de almacenamiento de los canales de televisión de definición estándar.

- **Controlador de distribución de televisión en vivo HD (Ctrl-D-TViva-Hdtv):** Coordina la entrega de recursos de almacenamiento y establece una política de distribución óptima de contenidos entre la entrega de contenido y las funciones de almacenamiento de canales de la televisión de alta definición.
- **Distribución de VoD (D-VoD):** Se encargará de la distribución y entrega de contenidos VoD hacia los nodos de televisión.
- **Controlador de VoD (Control-VoD):** Se encarga de coordinar la entrega de contenido y las funciones de almacenamiento VoD.

**Servidores de Almacenamiento de y Entrega de contenidos:** Realiza las siguientes funciones:

- **Almacén de las bases de datos de VoD (Alm-VoD):** Se encarga de almacenar, depositar y proporcionar los contenidos VoD SD y HD, también se encarga del control de los mensajes de la Televisión como pausa y avance; incluye también las funciones principales: funciones de servicio, funciones de almacenamiento y funciones de distribución.
- **Base de Datos de Gestión (BD-Ges):** Contiene las bases de datos de todo el sistema de supervisión y gestión de operación.

**Servidores WS2003 y WS2008:** Contiene los siguientes servidores:

- **Controlador de dominio (CD):** Almacena, mantiene y gestiona la base de datos de usuarios y recursos de la red.
- **Directorio Activo/Controlador de Nombres de Dominio (ADDS):** Realiza dos funciones por una lado se encarga de manejar todos los elementos de la red incluidos, grupos, usuarios, dominios, políticas de seguridad y cualquier tipo de objetos definidos para el usuario, y por otro lado controla y coordina los nombres de dichos elementos de red.
- **Controlador de Configuración (DHCP):** Es responsable de asignar y administrar de forma centralizada las direcciones IP e información relacionada y las ofrecen a cada uno de los servidores automáticamente.
- **Servidor de Referencia de Tiempo (NTP):** Se encarga de distribuir el tiempo universal coordinado (UTC) en TCP/IP a través de la red y asegura que toda la hora sea exacta y estable.

### Servidores de Administración de Usuarios

- **Administración del Usuario y Servicio (Adm-US):** Se encarga de la gestión y monitoreo del servicio y de la administración de las cuentas de usuarios.
- **Base de Datos de Usuarios y Facturación (BD-UF):** Se encarga del control y organización de los datos y cuentas de usuarios; además del control y manejo de la facturación.
- **Almacén de Datos (Alm-D):** Se encarga de depositar los datos y cuentas de usuarios, almacenándolas en cuando se utilicen.
- **Registro de Clientes (Reg-C):** Se encarga del registro de los clientes que utilizan el servicio.

### Servidores de Gestión:

- **Gestión de Operación Secundaria (Ges-OP):** Se encarga de la gestión y supervisión de la operación de los elementos del Nodo de Televisión Secundario.
- **Gestión de Base de Datos Principal (Ges-BDP):** Se encarga de la gestión, control y monitoreo de las bases de datos principales dentro de la red.
- **Gestión Operativa del servicio IPTV (Ges-OS):** Se encarga de la operación, monitoreo y gestión del funcionamiento del servicio IPTV, mostrando las fallas y alarmas que se presenten
- **Vigilancia de calidad de servicio (Vig-QoS):** Se encarga del vigilar, supervisar y gestionar el buen funcionamiento del servicio de IPTV, con el objetivo de entregar un servicio de buena calidad.

Como pudimos observar se realizaron grupos de servidores debido a que nuestra arquitectura tiene contemplado usar lo más reciente en tecnología como son los servidores blade<sup>39</sup> (en hoja o por tarjeta) que van alojados dentro de un chasis, ya que nos proporcionan las siguientes ventajas sobre los servidores tradicionales:

- Proporciona un menor costo de adquisición, hasta un 10% inferior a las arquitecturas de unidades para bastidor tradicionales (servidor autónomo).
- Menor consumo de energía, a través de una infraestructura eléctrica centralizada e inteligente que entrega a los servidores exactamente la calidad de energía que los equipos requieren para mantener los niveles de servicio.

<sup>39</sup> Servidor Blade: es un tipo de computadora para el procesamiento de datos específicamente diseñada para aprovechar el espacio, reducir el consumo y simplificar su explotación.

- Mejor utilización del espacio, permitiéndonos tener hasta 16 servidores en un espacio de 7U en rack, una mejora superior al 100% en comparación con las arquitecturas de rack tradicional.
- Optimización del cableado e infraestructura de comunicaciones.
- Mejoras sustanciales en la administración tales como:
  - Consola accesible remotamente, individual para cada servidor.
  - Monitoreo e inventario de toda la solución, con notificación de fallas.
  - Monitoreo de rendimiento y detección de cuellos de botella.
  - Manejo de imágenes para realizar instalaciones completas de servidores en minutos que con esquemas tradicionales tomarían varias horas.
- Mayor disponibilidad a menor costo; la arquitectura blade incorpora de manera estándar redundancia a nivel de sus componentes: fuentes de poder con redundancia, ventiladores redundantes dentro de cada servidor, interfaces de red y canales de fibra redundantes.

## **Arquitectura de Servidores en los Nodos de Televisión**

### **A. Nodo de Televisión Primario (NTvP)**

Los elementos que componen el NTvP son los que se mencionan a continuación:

SW-RO-1: Switch-Router Ejecutivo

SW-RO-2: Switch-Router Redundante

SW-1: Switch Ejecutivo

SW-2: Switch Redundante

FW-1: Firewall Ejecutivo

FW-2: Firewall Redundante

RO-1: Router Dorsal Ejecutivo

RO-2: Router Dorsal Redundante

El diagrama muestra los tres principales grupos funcionales del Nodo de Televisión Principal (en adelante NTvP):

- Un conjunto de servidores de Preparación de Contenidos IPTV que soportan la adquisición, encriptación, encapsulación y difusión de canales de televisión estándar, alta definición, música y multimedia.
- Un conjunto de servidores de VoD, que se encargan de la ingesta, encapsular, encriptar y genera flujos IP y contenidos VoD.
- Un conjunto de servidores de gestión responsable de la autenticación y monitoreo.

Una vez que las señales de televisión son comprimidas con el estándar H.264 y convertidas en paquetes IP por medio de Codificadores de video, las señales pasan al SW-RO-1 un switch-router que se encargará de realizar el traffic shaping<sup>40</sup>, re-encapsulamiento<sup>41</sup> sobre RTP, conmutación<sup>42</sup> y Re-expedir tráfico H.264/RTP/UDP//IP<sup>43</sup> que a su vez está conectado a SW-RO-2 en caso de fallas; posteriormente pasan a los servidores en tarjeta (versión Blade) para la adaptación y preparación de contenidos de Televisión Estándar, Alta definición, Música y Multimedia; estos a su vez se conectarán a un switch SW-1 que dará conectividad a los demás servidores, filtrara, reenviara y evitará loops o bucles y que también cuenta con un equipo de respaldo que es el SW-2; posteriormente pasa al firewall FW-1 que se encargará de filtrar las entradas y salidas de vulnerabilidades, protegiendo la red, así mismo cuenta con un equipo redundante siendo este el equipo Firewall FW-2. Una vez que es protegida esta es enviada al RO-1 y RO-2 que son los routers que se encuentra al borde de la red y que es la que son los que se encuentran en contacto con los equipos de la red dorsal para el transporte de tráfico a los demás sitios de mi proyecto. En el NTvP planteo los servidores DNS de la región de servicios, el DHCP que asigna direcciones a los STBs de los clientes y el servidor NTP que asigna las estampas de tiempo a cada uno de los elementos de mi red incluyendo servidores y STBs (equipos del cliente).

Los routers RO-1 y RO-2 son la interconexión directa a la Red Dorsal IP/MPLS de transporte. De acuerdo a la tabla 3.13 diseñé y planteo la arquitectura mostrada en la Fig. 3.14 para el Nodo de televisión Principal (NTvP):

<sup>40</sup> Traffic Shaping: Es una técnica para controlar el volumen de tráfico que permite optimizar y garantizar su funcionamiento, las bajas latencias, etc.

<sup>41</sup> Re encapsular: Es el proceso por el cual los datos que son reenviados a través de una red se deben colocar en paquetes que se pueden administrar y rastrear

<sup>42</sup> Conmutación: Permite la descongestión entre los usuarios de la red disminuyendo el tráfico y aumentando el ancho de banda.

<sup>43</sup> Reexpedir: Enruta cada paquete que llega a su dirección destino por el camino que mejor le parezca en ese momento.

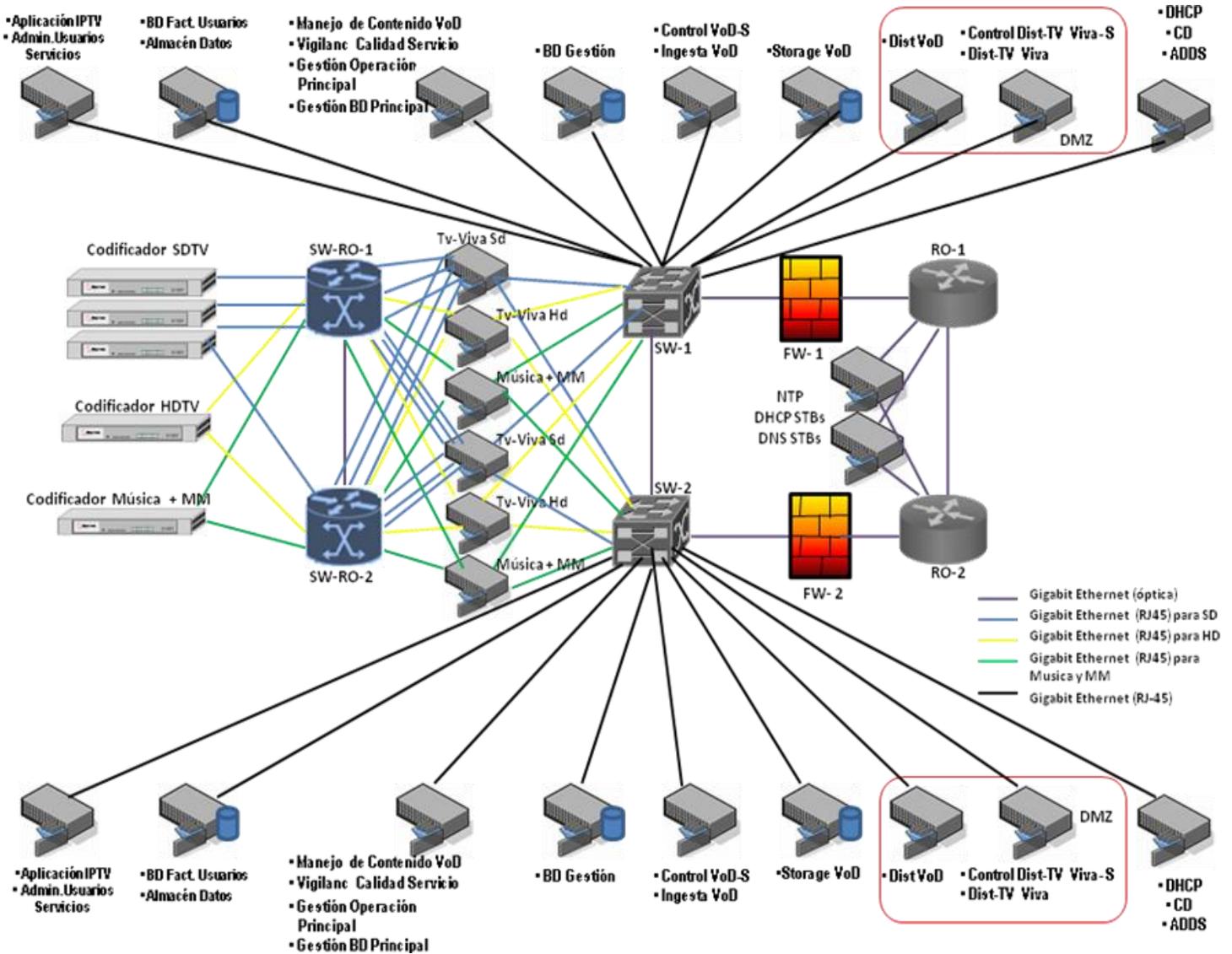


Figura 3.11. Arquitectura del Nodo de Televisión Principal (NTVP)

## B. Nodo de Televisión Secundario (NTVS)

Los componentes de los siguientes elementos:

SW-3: Switch Ejecutivo

SW-4: Switch Redundante

FW-3: Firewall Ejecutivo

FW-4: Firewall Redundante

RSB-1: Router de Servicios de Borde Ejecutivo

RSB-2: Router de Servicios de Borde Redundante

ROM-1: Router Metropolitano Ejecutivo

ROM-2: Router Metropolitano Redundante

La conectividad de los servidores y a sus grupos funcionales estará a cargo de los switches SW-3 y su redundancia SW-4 respectivamente en caso de alguna falla que se pudiera suscitar, y las sesiones de comunicación de la aplicación deben de ser protegidas por los equipos firewall FW-3 y FW-4 ya que también en los Nodos Regionales o secundarios habra servidores en la zona desmilitarizada que estará proporcionando servicios a los Clientes y extraños malintencionados serían detenidos por los firewalls al tratar de entrar en los servidores de aplicación.

El tráfico multicast de TV en Vivo y el unicast VOD como tal no pasan en los firewalls, estos ya llevan llaves de seguridad que incrustó la aplicación, así como procedimientos de cifrado X.509 desde el NTvP, una vez realizado lo anterior el tráfico es enviado y distribuido hacia la red IP/MPLS donde será transportado el tráfico a los sitios previamente definidos a través del ROM-1 y el ROM-2; estos dos son considerados los routers de borde porque son los que se encuentran conectados con los routers que transportarán el tráfico dentro de la red IP/MPLS.

Aclaro que en mi arquitectura los routers ROM-1 y el ROM-2 reciben el tráfico Multicast de Televisión y PPV, así como el Unicast de VOD principal en el NTvP. No obstante las sesiones de control y de gestión si podrían ir del Nodo de Video Secundario hacia el Primario. Este nodo es modular y escalable, y es de las arquitecturas que me permite entregar servicios a los clientes de forma regional, así mi arquitectura permite tener hasta cuatro de estos nodos en una gran Ciudad como la de México y en las demás uno sólo.

También se muestran dos Routers de Servicios de Borde (BSR-1 y BSR-2) que interconectan a la red de distribución o red regional enrutada IP/MPLS que consideré, ya sea propia de la arquitectura o bien de un proveedor de servicios a quien rente este tipo de servicios.

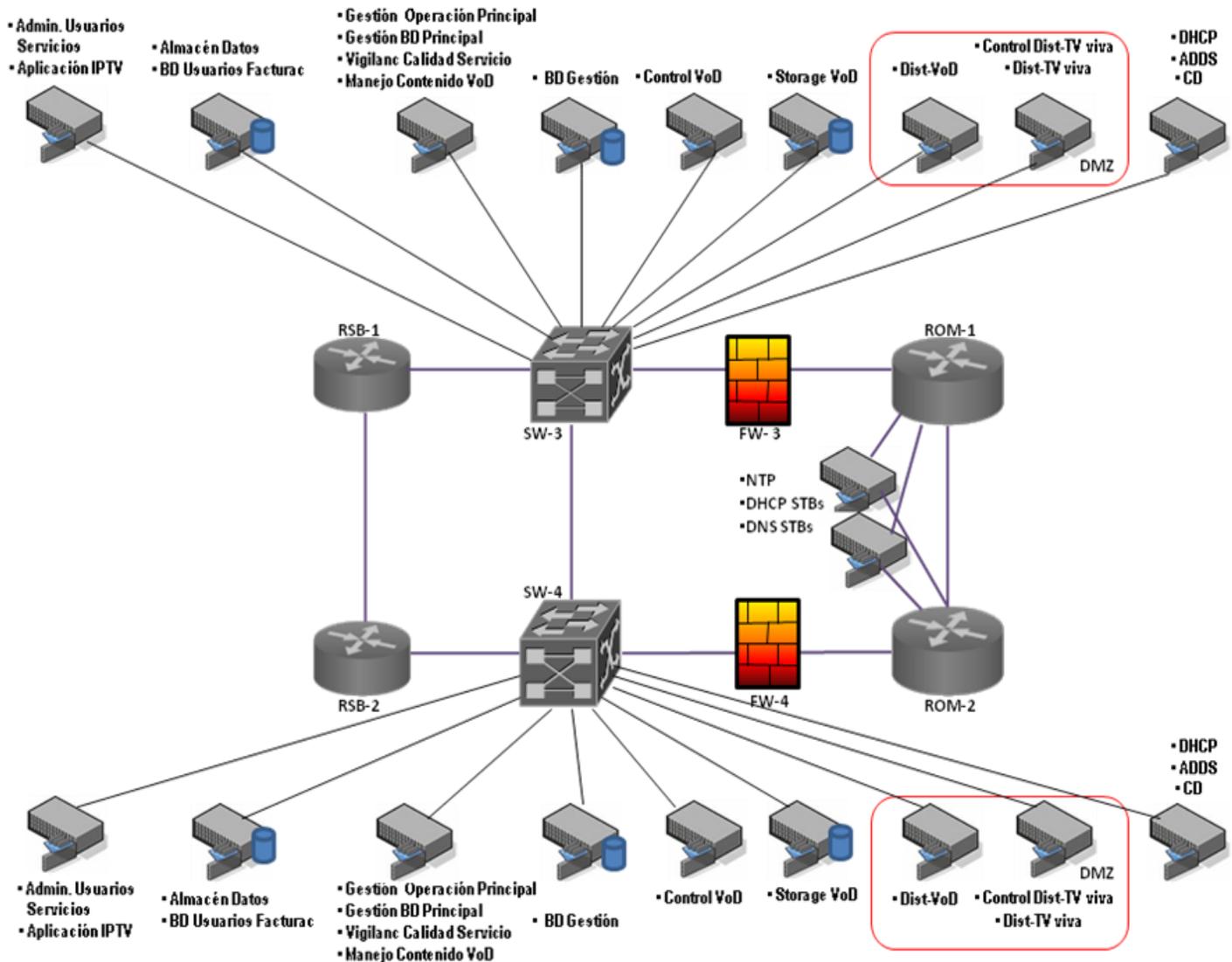


Figura 3.13. Arquitectura del Nodo de Televisión Secundario (NTvS)

### C. Nodo de Televisión Terciario (NTvT)

Este nodo se utilizara solo en casos donde ciertas localidades se encuentren alejados de los sitios del NTvS y este estará conformado por los siguientes elementos:

SW-5: Switch Ejecutivo

SW-6: Switch Redundante

RSB-1: Router de Servicios de Borde Ejecutivo

RSB-2: Router de Servicios de Borde Servicios

RSB-3: Router de Servicios de Borde Ejecutivo

RSB-4: Router de Servicios de Borde Redundante

Los Routers de Servicio de Borde RSB-1 y RSB-2 son los que se encuentran en la frontera de la red IP/MPLS secundaria y también se encargan de formar la red IP/MPLS terciario; el Nodo de televisión terciario (NTvT) está conformado por los SW-5 y SW-6 que darán conectividad a los servidores correspondientes; dichos switches estarán conectados a los routers RSB-3 y RSB-4 que interconectan a la red local IP/MPLS que consideré, ya sea propia de la arquitectura o bien de un proveedor de servicios a quien rente este tipo de servicios, o bien directamente a los equipos de la red de acceso GPON.

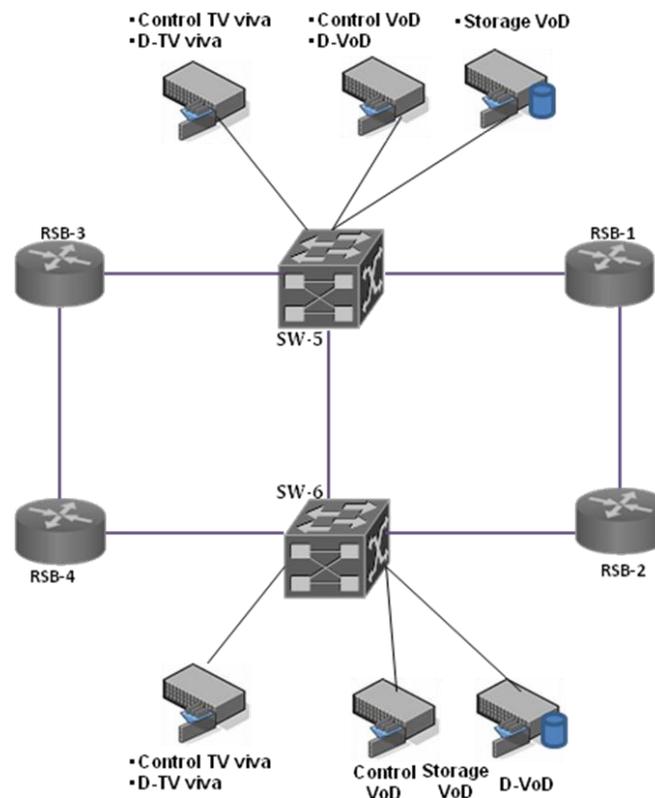


Figura 3.14. Arquitectura del Nodo de Televisión Terciario (NTvT)

### 3.3.3. Modulo de Red

#### Posibles casos de Red

Para la propuesta de este plano que es la red, existen dos posibles casos que se pudieran considerar y utilizar para nuestro proyecto y son los siguientes:

Caso 1. Propia (Propuesta Propia)

## Caso 2. Red Arrendada

### Caso 1. Propia

Este caso consiste en realizar una propuesta, diseño e implementación utilizando nuestros propios recursos tecnológicos, económicos, operativos y administrativos; logrando los siguientes beneficios:

- Gran inversión para el diseño, implementación y configuración.
- Selección y evaluación de equipos.
- Inversión en equipos y contratación de recursos humanos.
- Gran inversión de tiempo.
- Permite realizar un gran despliegue en las zonas que deseamos.
- Permite llevar los servicios a lugares donde no hay alcance por otras empresas.
- Permite una manipulación y adecuación de la red a nuestras necesidades.
- Contacto con el conocimiento de la red y las nuevas tecnologías.
- A largo plazo resulta una reinversión ya que podría alquilarse dicha red para otros usuarios.

### Caso 2. Red Arrendada

Este caso se refiere a la renta de enlaces y equipos de diversos proveedores como lo son:

- a) Avantel
- b) Alestra
- c) Telefónica
- d) Telmex

Una red de este tipo nos permite lo siguiente:

- Ahorro de costos al no requerir instalar su propia Red.
- Reducción de costos
- Se impulsaría a la penetración de los servicios en aquellas zonas que en la actualidad no tiene la oferta de estos.

Mi propuesta de red se basará en el primer caso expuesto, por lo tanto mi propuesta en este Módulo de Red estará conformada por tres sub-módulos principales:

- Sub-módulo de Red Dorsal
- Sub-módulo de Red de Distribución
- Sub-módulo de Red de Acceso
- Sub-módulo de Red en el Hogar

### **Sub-Módulo de Red Dorsal**

El objetivo de esta fase es la interconexión con otros puntos para dar servicio de tránsito o de intercambio de tráfico en diferentes sitios. Mi propuesta de red dorsal debe contar con las siguientes características:

- Topología Distribuida
- Redundante
- Alto rendimiento
- Confiable
- Maneje cantidades de tráfico necesarias y escalables
- Multicast
- Protocolo de distribución de tráfico multicast: PIM SSM (Multicast Independiente de Protocolo- Modo específico de origen).
- Protocolo MPLS (Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo).
- Calidad de servicio
- Gran optimización
- Escalable
- Segura

La siguiente figura muestra los cuatro puntos principales en donde se transportara y distribuirá el tráfico de video a cada Nodo de Televisión Principal y secundarios.

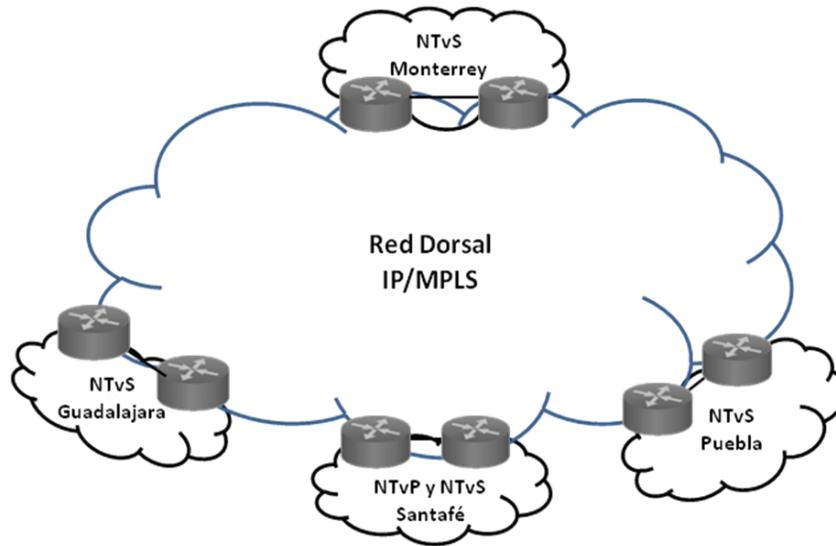


Figura 3.15. Distribución de los NTVp y NTVs

### Descripción de la Red Dorsal

La red dorsal cuenta con cuatro puntos de operación principales:

- NTVp y NTVS Santafé
- NTVS Monterrey
- NTVS Guadalajara
- NTVS Puebla

Como vimos en la Arquitectura de la Aplicación (y por ende de servidores) cada Nodo de Televisión Secundario (NTvS) cuentan con 2 routers (ROM-1 y ROM-2) que formaran parte de la red Dorsal Principal así como también darán distribución a los demás sitios secundarios (IP/MPLS Secundario) y son los encargados de transmitir tráfico multicast en la red Dorsal.

De acuerdo a las características anteriormente mencionadas y basados en las redes de tráfico dorsal de Cisco<sup>44</sup> y Siemens<sup>45</sup> obtenemos lo siguiente:

<sup>44</sup> Cisco Systems, "Optimizing Video Transport in your IP Triple Play Network", 2008

<sup>45</sup> Nokia Siemens Network, "High quality and resilient IPTV Multicast Arquitectura, 2008

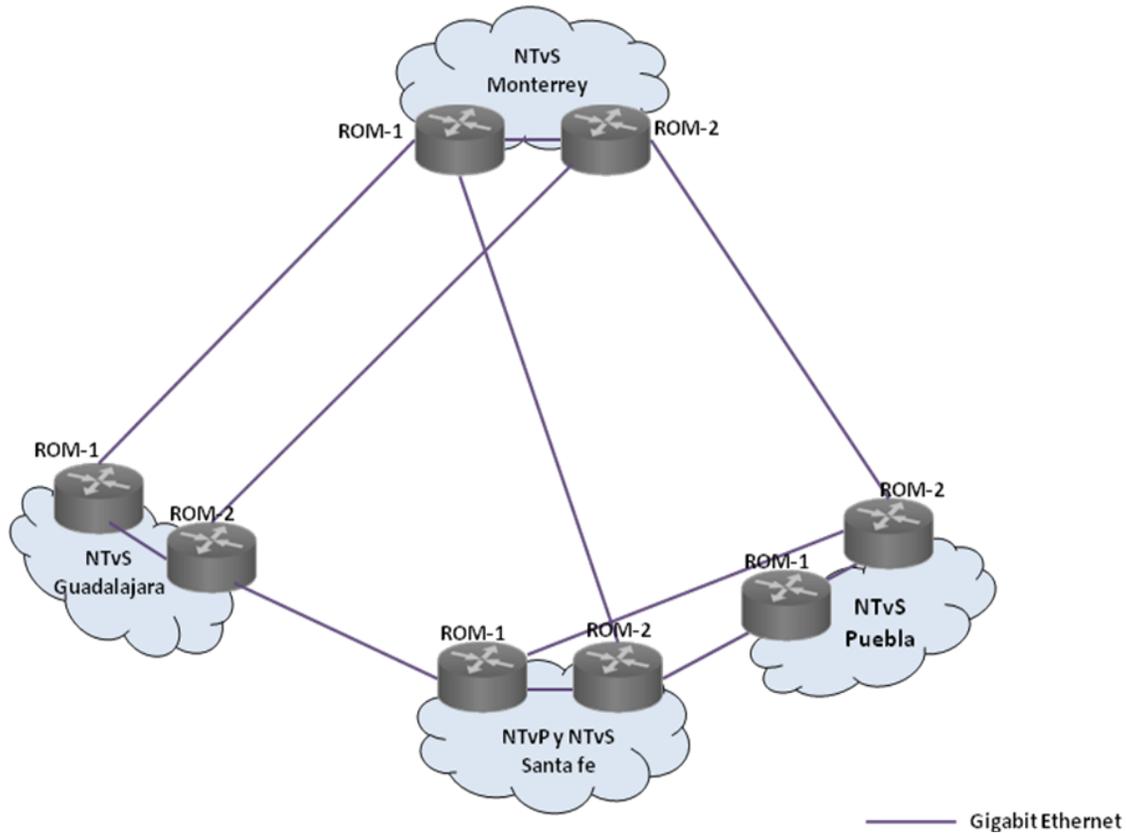


Figura 3.16. Red Dorsal

Componente	Número
Routers	$4E + 4R = 8$

Tabla 3.17. Componentes de la red dorsal

### Sub-Módulo de Red de Distribución

Esta parte será la encargada de transportar y conectar el servicio IPTV desde el headend hasta los sitios de distribución postulados al comienzo de este capítulo; recordando y retomando los sitios de distribución considerados en mi proyecto mostrados a continuación:

Nodos de Televisión	Zonas de Ubicación																				
<b>Nodo de Televisión Primario</b>	Santafé																				
<b>Nodo de Televisión Secundario</b>	Santafé (Iberoamericana) Monterrey Guadalajara Puebla																				
<b>Nodo de Televisión Terciario</b>	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 60%;">Santafé (Centro Comercial)</td> <td rowspan="3" style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</td> <td rowspan="3" style="vertical-align: middle;">NTS Santafé</td> </tr> <tr> <td>Condesa</td> </tr> <tr> <td>Polanco</td> </tr> <tr> <td>Zapopan</td> <td rowspan="3" style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</td> <td rowspan="3" style="vertical-align: middle;">Guadalajara</td> </tr> <tr> <td>Tonalá</td> </tr> <tr> <td>Puerto Vallarta</td> </tr> <tr> <td>Apodaca</td> <td rowspan="3" style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</td> <td rowspan="3" style="vertical-align: middle;">Monterrey</td> </tr> <tr> <td>Guadalupe</td> </tr> <tr> <td>San Nicolás de los Garza</td> </tr> <tr> <td>Tehuacán</td> <td rowspan="3" style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</td> <td rowspan="3" style="vertical-align: middle;">Puebla</td> </tr> <tr> <td>Atlixco</td> </tr> <tr> <td>Cholula</td> </tr> </table>	Santafé (Centro Comercial)	}	NTS Santafé	Condesa	Polanco	Zapopan	}	Guadalajara	Tonalá	Puerto Vallarta	Apodaca	}	Monterrey	Guadalupe	San Nicolás de los Garza	Tehuacán	}	Puebla	Atlixco	Cholula
Santafé (Centro Comercial)	}	NTS Santafé																			
Condesa																					
Polanco																					
Zapopan	}	Guadalajara																			
Tonalá																					
Puerto Vallarta																					
Apodaca	}	Monterrey																			
Guadalupe																					
San Nicolás de los Garza																					
Tehuacán	}	Puebla																			
Atlixco																					
Cholula																					

Figura 3.18. Sitios de Distribución en los NTvP, NTvS y NTvT

Para mi propuesta en la parte de la red de distribución necesitaremos una red que tenga las siguientes características:

- Red Enrutada
- Protocolo PIM SSM
- Flexibilidad
- Escalabilidad
- Accesibilidad
- Eficiencia
- Bajo Costo
- Fiable
- Sencilla
- Rentable
- Eficiente
- Segura

- Calidad de Servicio
- Gestión
- Configuración Rápida

**Sitio Monterrey:** Este sitio está conformado por Apodaca, San Nicolás de los Garza y Guadalupe.

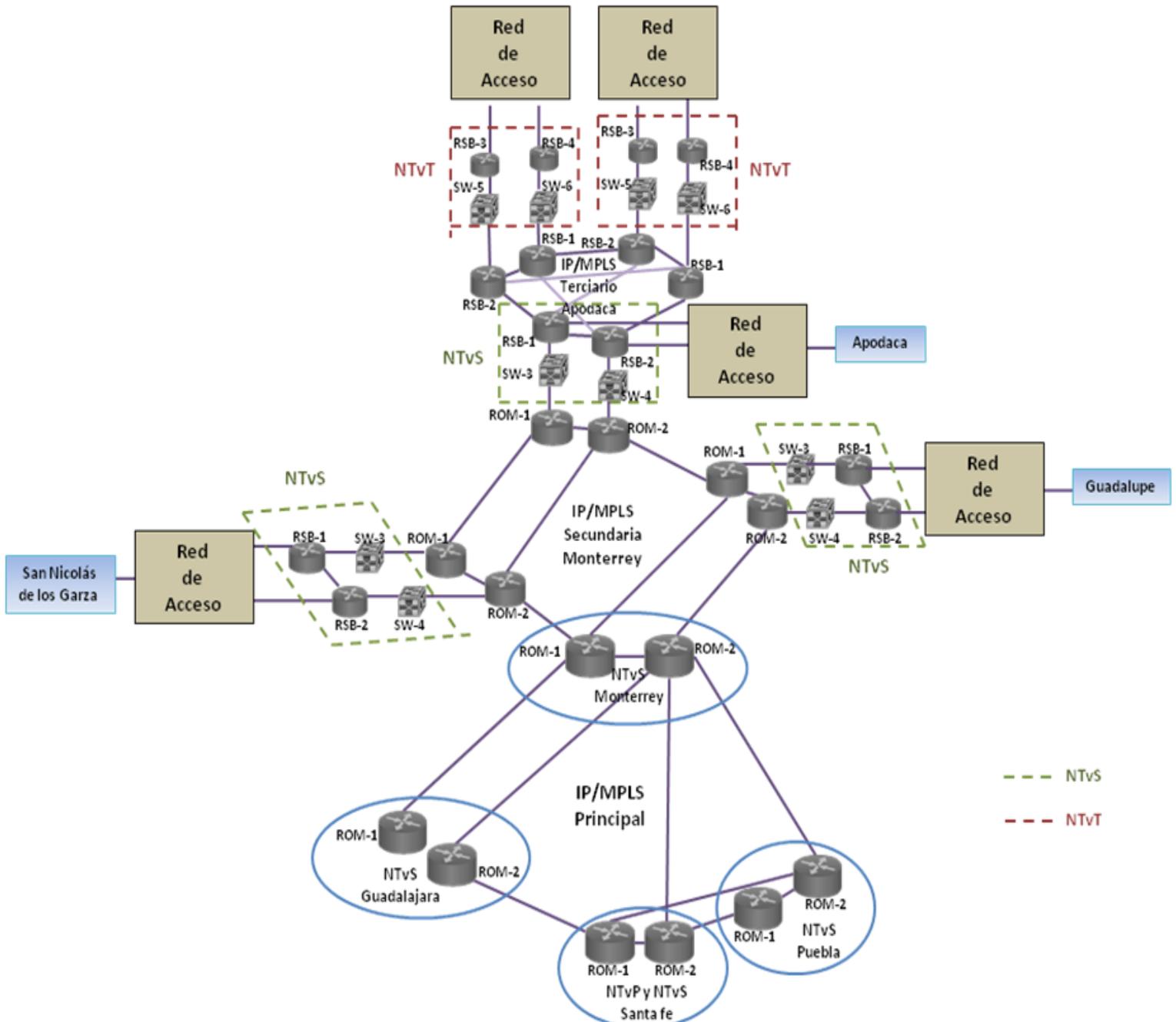


Figura 3.19. Red de Distribución Monterrey

Componente	Número
Routers	10E+10R=20
Switches	5E+5R=10

Tabla 3.20. Componentes en la distribución del sitio de Monterrey

**Sitio Guadalajara:** Esta conformado por los sitios Zapopán, Tonalá y Puerto Vallarta.

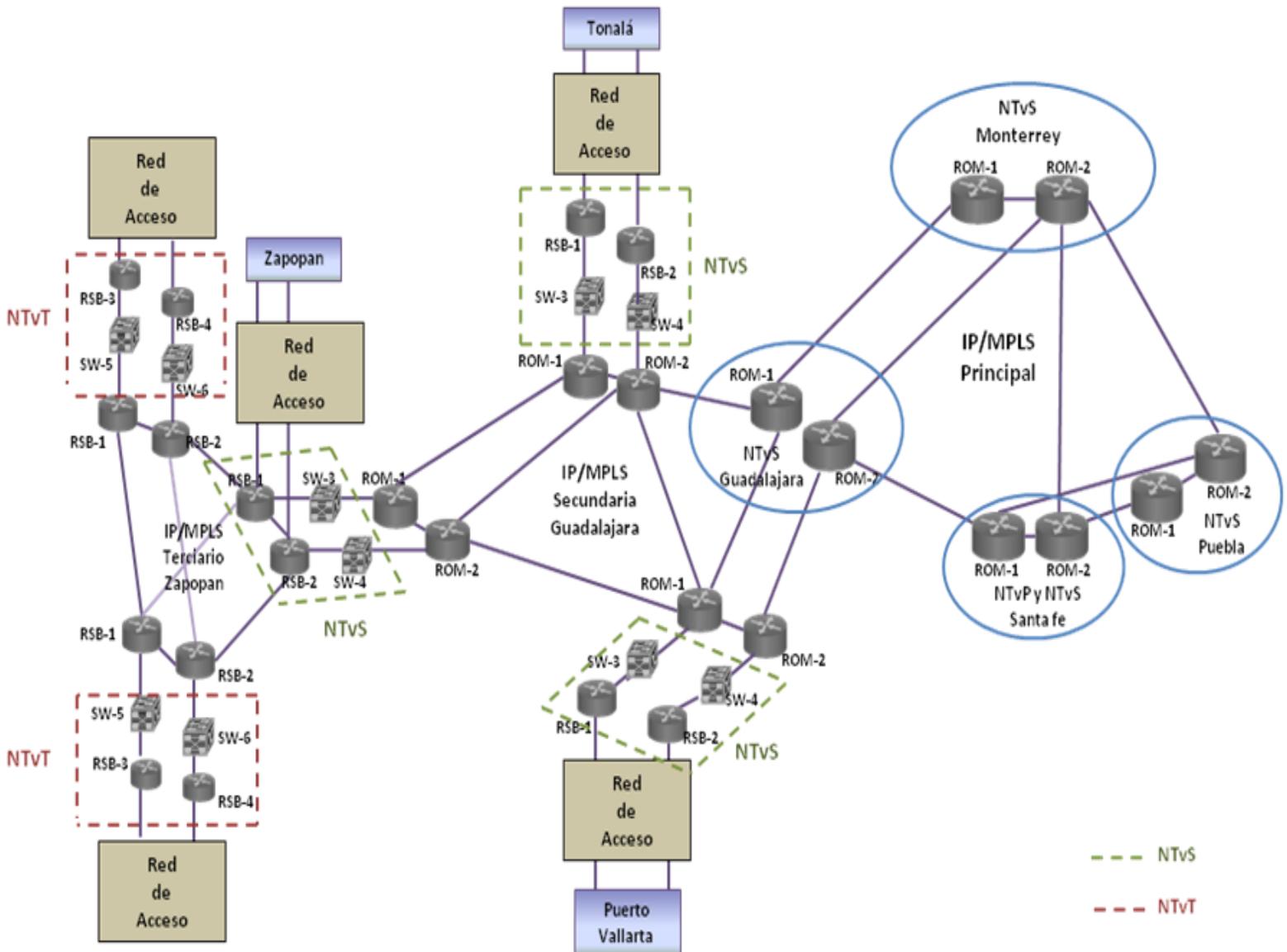


Figura 3.21. Red de Distribución Guadalajara

Componente	Número
Routers	10E+10R=20
Switches	5E+5R=10

Tabla 3.22. Componentes en la distribución del sitio de Guadalajara

Sitio Puebla: Esta conformado por los sitios Cholula, Atlixco y Tehuacán.

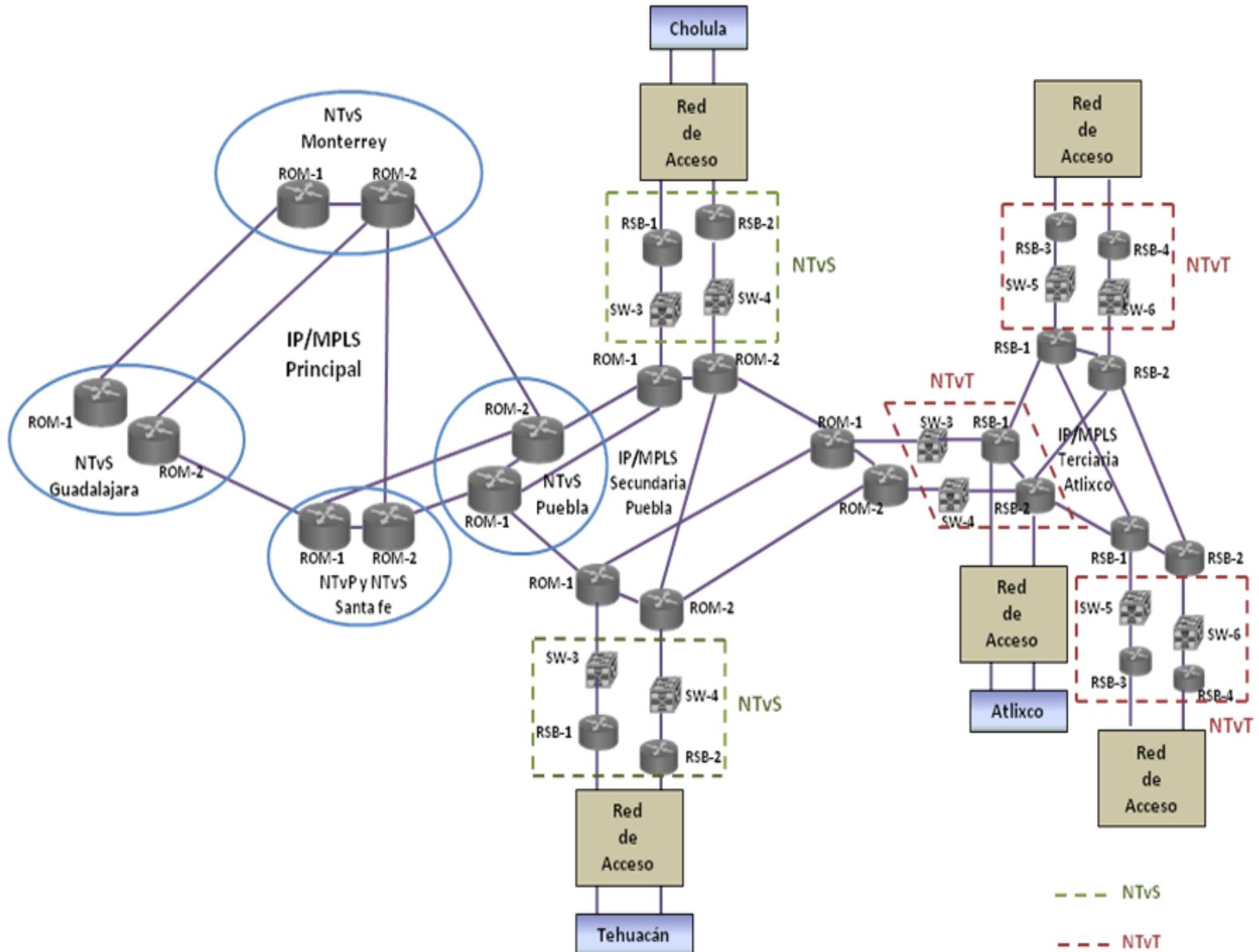


Figura 3.23. Red de Distribución Puebla

Componente	Número
Routers	$10E+10R=20$
Switches	$5E+5R=10$

Tabla 3.24. Componentes en la distribución del sitio de Puebla

Sitio Santafé. Está conformado por los sitios Santafé, Condesa y Polanco.

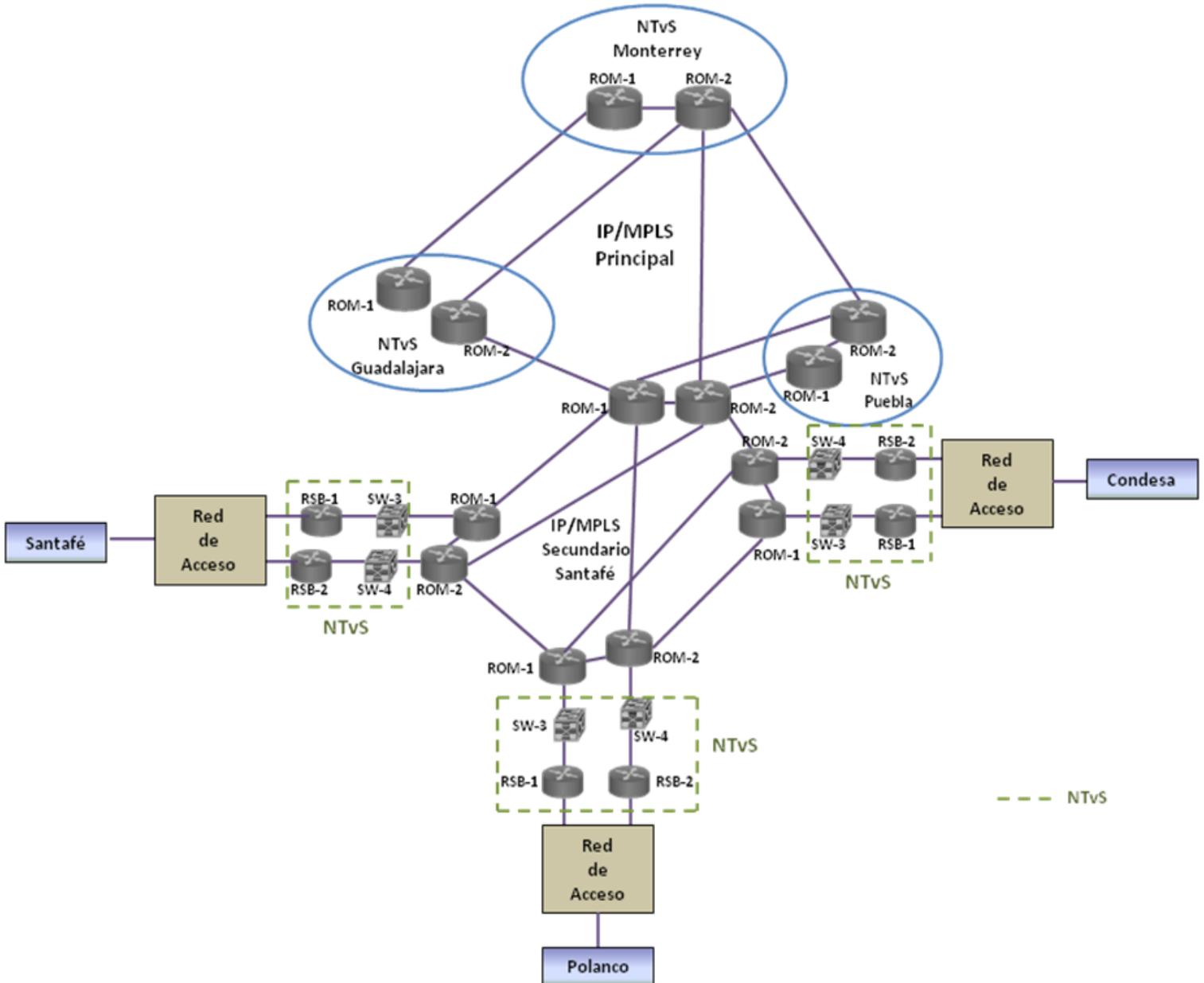


Figura 3.25. Red de Distribución Santafé

Componente	Número
Routers	$6E+6R=12$
Switches	$3E+3R=6$

Figura 3.26. Componentes en la distribución del sitio de Puebla

### Sub-Módulo de Red de Acceso

Esta parte de la mi propuesta es el trayecto final de mi red, es el tramo que une el domicilio de cada usuario con el resto de la red. De acuerdo al servicio que estamos considerando en mi propuesta necesitaremos una red de acceso que posee las siguientes características:

- Proporcione mayor ancho de banda a mayores distancias
- Concentración de servicios y clientes.
- Gran calidad de servicio entregada al usuario.
- Simplificación de la red
- Escalable
- Segura
- Mayor eficiencia de transporte para servicios IP
- Pueda soportar cualquier clase de servicios

La tecnología que cubre dichas necesidades son las Redes ópticas Pasivas con capacidad de Gigabit (GPON, por sus siglas en inglés Gigabit-Capable Passive Optical Network Gigabit) recomendada y estandarizada por la ITU-T fue aprobada en 2003-2004 por las recomendaciones G.984.1, G.984.2, G.984.3 y G.984.4; además de ser considerada por líderes del mercado internacional<sup>46</sup> de arquitecturas FTTH, la solución más rentable tanto en términos de despliegue inicial como en operadores de red, sin necesidad de sacrificar ancho de banda. Mi propuesta de red de acceso al hogar consta de los siguientes elementos:

- Terminal de Línea óptica (OLT, por sus siglas en inglés Optical Line Terminal) que se encontrará ubicado en las instalaciones del operador de televisión u operador de telecomunicaciones y consta de varios puertos de línea GPON cada uno soportando hasta 64 ONT.
- Terminal de Red óptica (ONT, por sus siglas en inglés Optical Networking Terminal) será el elemento situado en casa del usuario en donde termina la fibra óptica y ofrece las interfaces entre la red óptica y los equipos del cliente.
- Para conectar la OLT con la ONT se emplea un cable de fibra óptica para transportar una longitud de onda downstream, mediante un pequeño divisor pasivo que divide la señal de luz que tiene a

---

<sup>46</sup> Infonetics Research, 2006

su entrada de varias salidas, entonces el tráfico de bajada de la red (Downstream) originado en la OLT puede ser distribuido.

- Se puede considerar una serie de divisores pasivos llamados “splitters” 1 x n (donde  $n=2, 4, 8, 16, 32$  y  $64$ ) en distintos emplazamientos hasta alcanzar a los clientes. Los datos upstream (ascendente a la red) desde la ONT hasta la OLT que son distribuidos en una longitud de onda distinta para evitar colisiones en la transmisión downstream es agregado por la misma unidad divisora pasiva, que hacen las funciones de combinador en la otra dirección del tráfico, esto permite que el tráfico sea recolectado desde la OLT sobre la misma fibra óptica que envía el tráfico Downstream (de bajada de la red hacia el cliente).
- En esta red GPON se asigna una longitud de onda para el tráfico de televisión (IPTV), downstream (1.490nm) y otra para el tráfico upstream (1.310nm). Además a través del uso de DWDM se asigna una tercera longitud de onda (1.550nm) que está dedicada para el broadcast de televisión RF (Broadcast analógico, broadcast digital, HDTV y video bajo demanda). Aunque Televisión analógica no es el motivo de este trabajo.

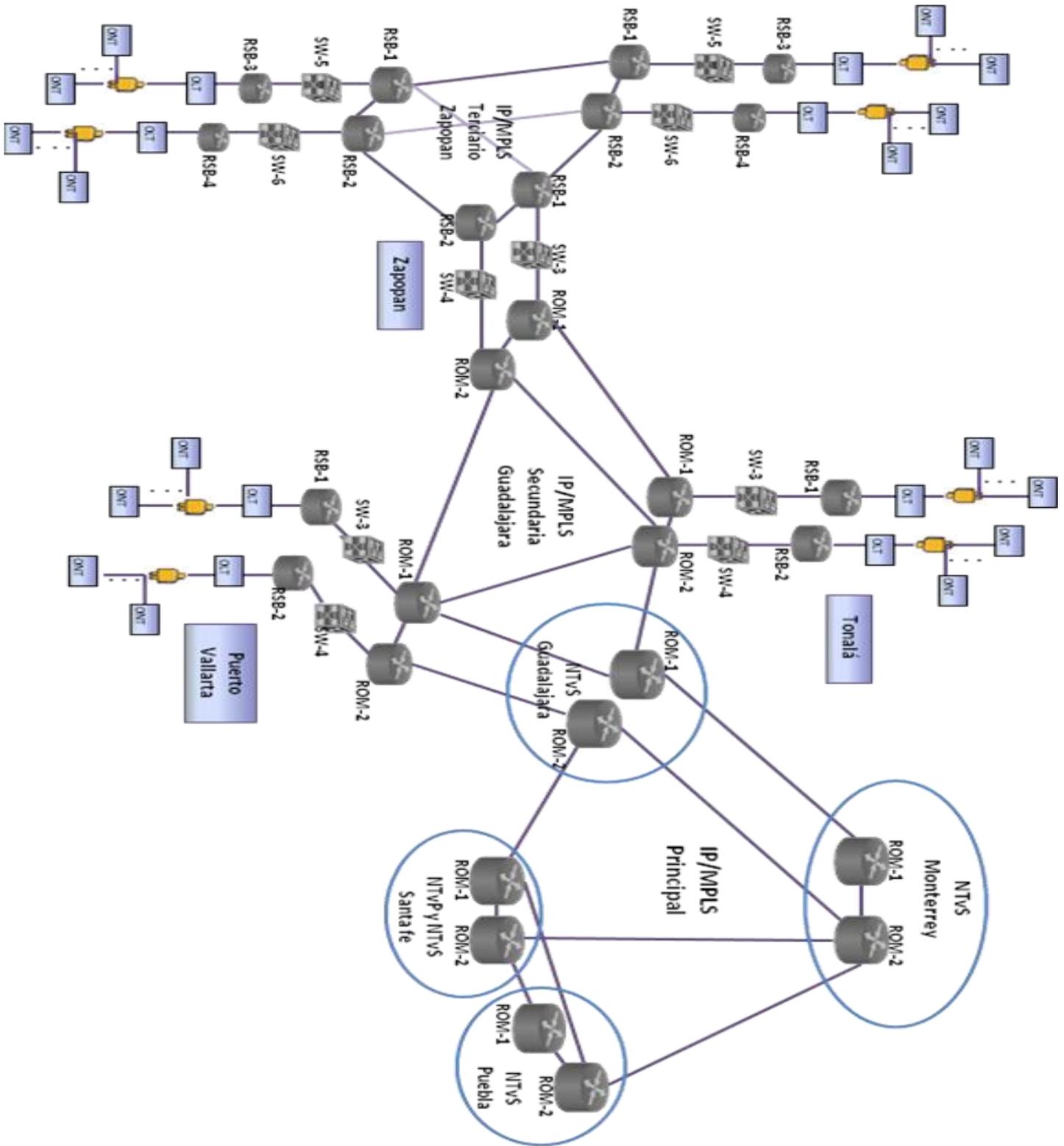


Figura 3.27. Red de Acceso GPON para la red de Guadalajara

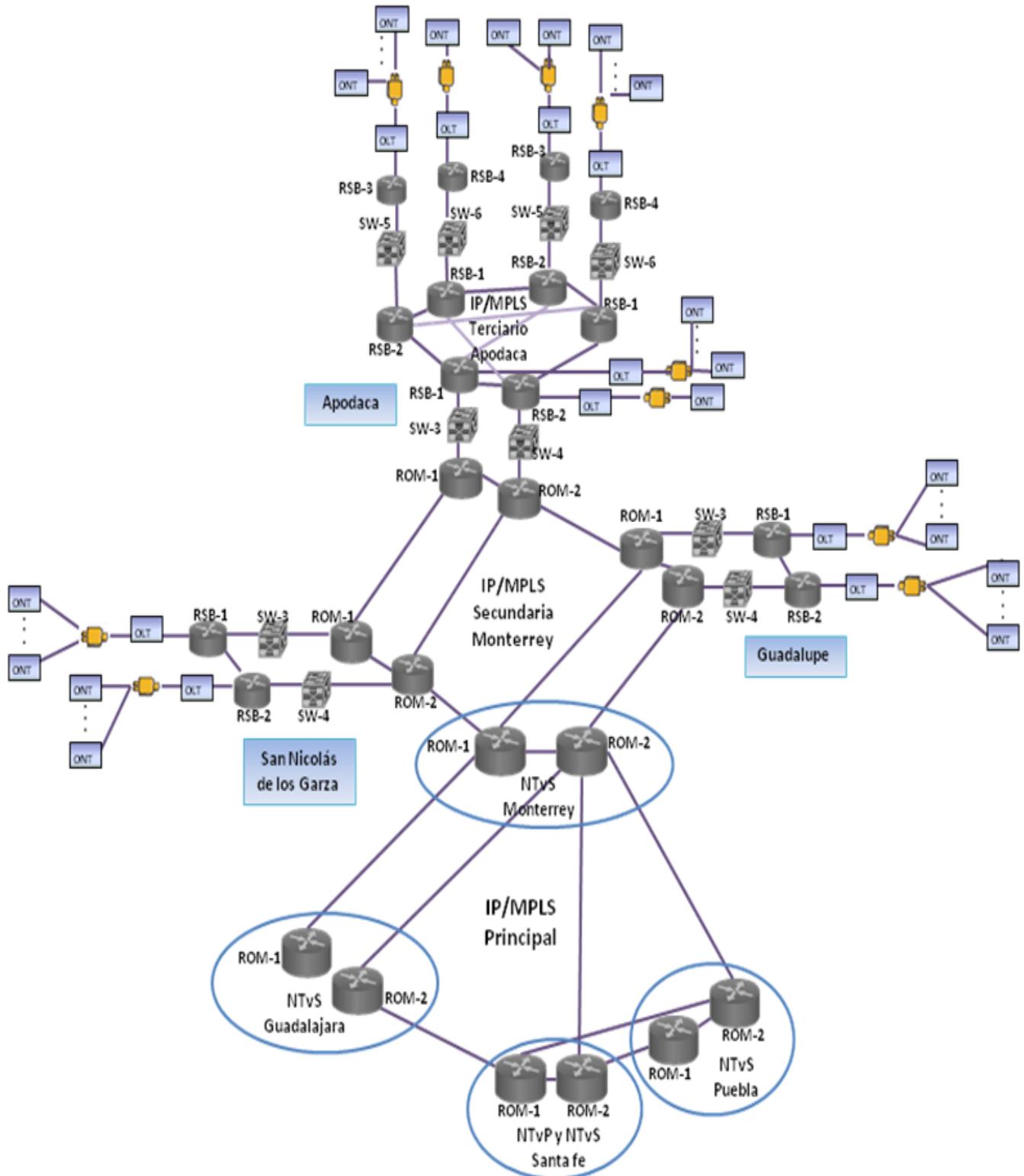


Figura 3.28. Red de Acceso GPON para la red de Monterrey

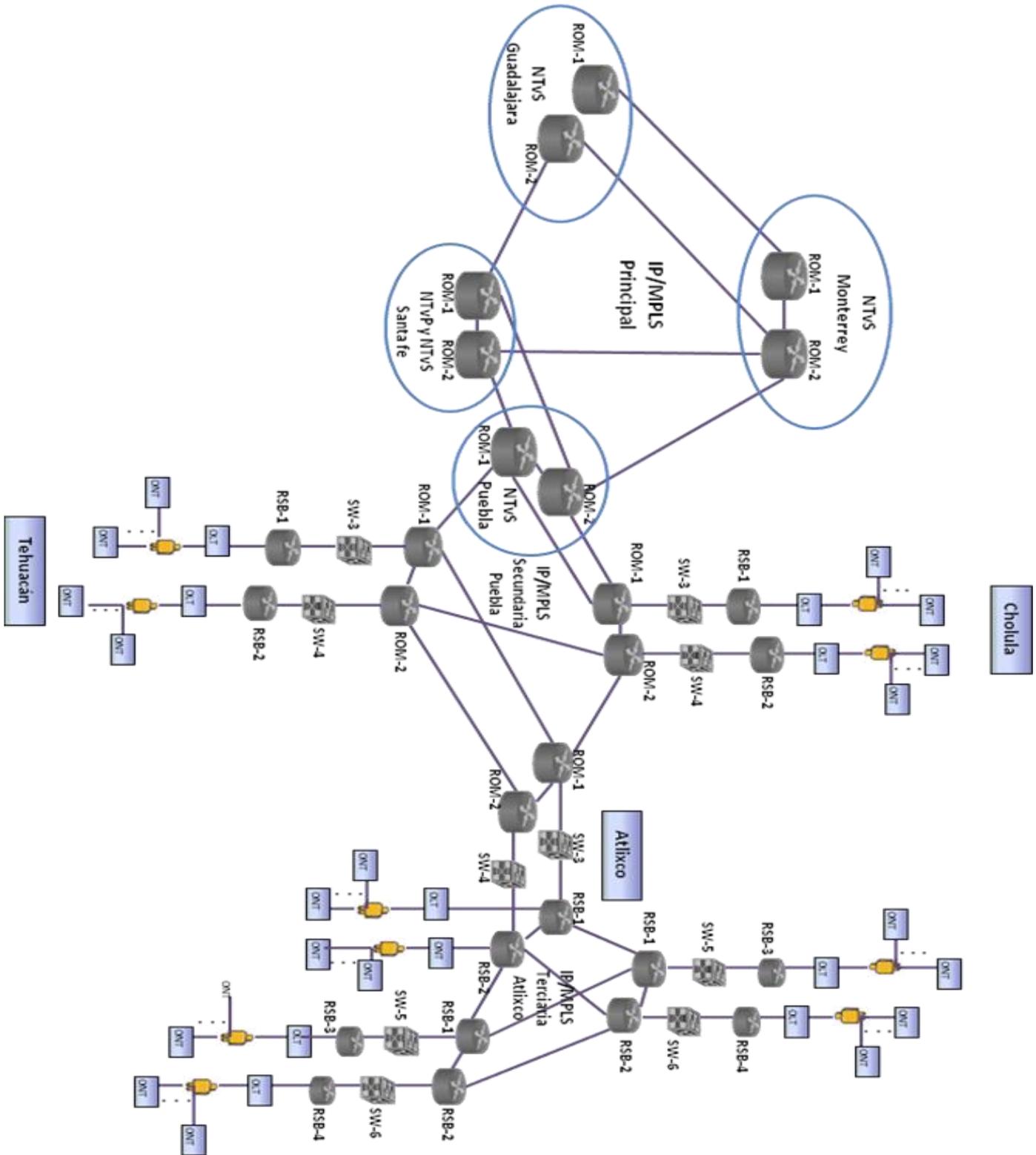


Figura 3.29. Red de Acceso GPON para la red de Puebla

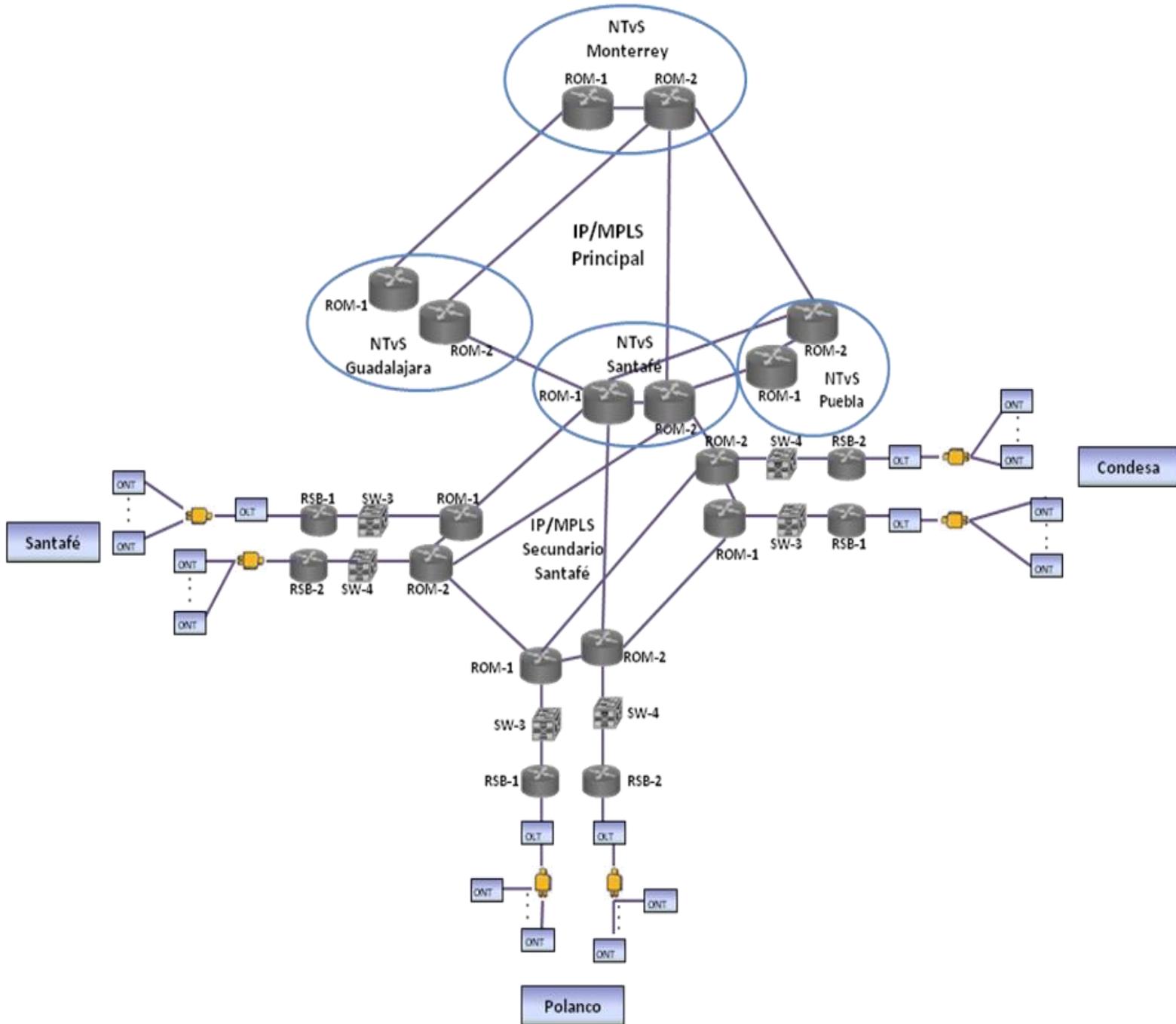


Figura 3.30. Red de Acceso GPON para la red de Puebla

Sitios de Acceso	OLT	Splitter	ONT
Guadalajara	75	2344	150,000
Santafé	250	7813	500,000
Monterrey	125	3907	250,000
Puebla	50	1563	100,000
TOTAL	500	15627	1,000,000

Tabla 3.31. Dimensionamiento de la red de acceso

### Sub-Módulo de Red en el Hogar

Es la red que corresponde a lo instalado dentro de la casa del cliente y consiste de un enrutador Gateway Residencial de banda ancha que conecta a los dispositivos del cliente, como STBs (Set Top Box). Los clientes corporativos y comerciales podrían tener hasta 10 STBs por acometida así que la arquitectura hasta el hogar para cada sitio queda de la siguiente manera:

#### Red al hogar en sitios de distribución de Guadalajara

Como vimos en los postulados y considerando el 15% que le corresponde a este sitio correspondientes 150,000 y distribuidos de la siguiente manera:

Guadalajara.....	37,500 unidades distribuidos en 18,750 hogares
Tonalá.....	37,500 unidades distribuidos en 18,750 hogares
Puerto Vallarta.....	37,500 unidades distribuidos en 18,750 hogares
Zapopan.....	37,500 unidades distribuidos en 18,750 hogares

#### Red al hogar en sitios de distribución de Distrito Federal (Santafé)

De acuerdo al porcentaje considerado en los postulados al principio de este trabajo, tenemos que para la distribución del servicio IPTV en el Distrito Federal (Santafé) es del 50% del total correspondiéndoles a 500,000 usuarios, quedando repartidos por regiones de la siguiente manera:

Santafé.....	125,000 unidades distribuidos en 62,500 hogares
Condesa.....	125,000 unidades distribuidos en 62,500 hogares
Polanco.....	125,000 unidades distribuidos en 62,500 hogares
Roma .....	125,000 unidades distribuidos en 62,500 hogares

#### Red al hogar en sitios de distribución de Monterrey

Por su parte para el caso de Monterrey el porcentaje que le corresponde es del 25% que equivale a 250,000 usuarios y quedando distribuidos de la siguiente manera:

Monterrey.....	62,500 unidades distribuidos en 31,250 hogares
Guadalupe.....	62,500 unidades distribuidos en 31,250 hogares
Apodaca.....	62,500 unidades distribuidos en 31,250 hogares

San Nicolás de los Garza..... 62,500 unidades distribuidos en 31,250 hogares

### Red al hogar en sitios de distribución de Puebla

Así mismo para el caso de Puebla le corresponde un porcentaje del 10% del total del servicio IPTV, cubriendo 100,000 usuarios, distribuidos de la siguiente manera:

Puebla..... 25,000 unidades distribuidos en 12,500 hogares

Cholula..... 25,000 unidades distribuidos en 12,500 hogares

Tehuacán..... 25,000 unidades distribuidos en 12,500 hogares

Atlixco..... 25,000 unidades distribuidos en 12,500 hogares

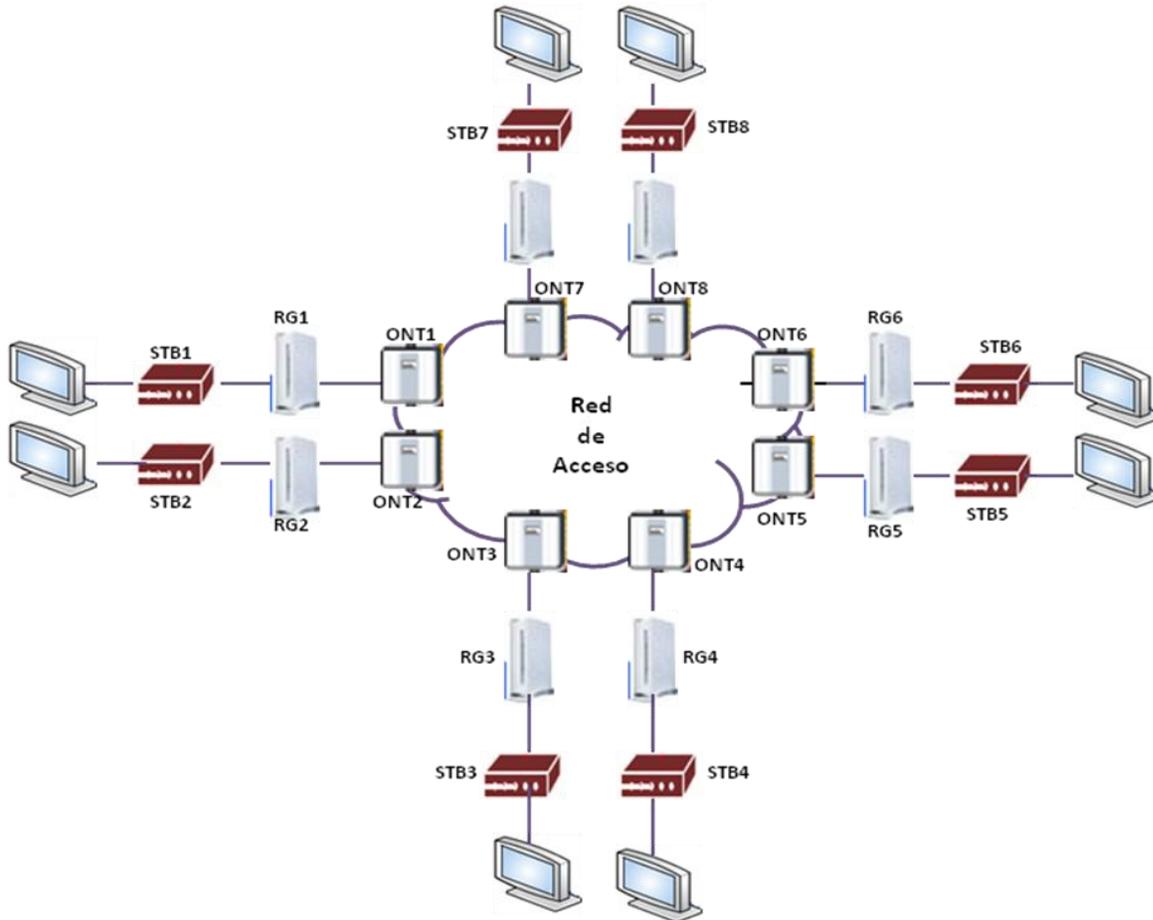


Figura 3.32. Red en el Hogar

### 3.3.4. Nivel de Usuario y Calidad de Servicio

La **calidad de servicio** nos permitirá medir el funcionamiento del sistema a nivel de transporte de paquetes desde el punto de vista de red. Cuando se analiza un servicio, hay tres capas que se relacionan con la calidad:

- a. **Capa de transporte:** Será la parte donde se deben de aplicar mecanismos de calidad de servicio y corrección de errores para ajustar los parámetros requeridos por el usuario.
- b. **Capa de Servicio:** Es la que está expuesta al usuario, esta define y miden las variables que contribuyen a una calidad de experiencia satisfactoria.
- c. **Capa de Aplicación:** Es la parte donde se configuran los diferentes parámetros de la aplicación (por ejemplo tipo de codificación, tasa de bits, etc.) que son requeridos para una calidad de experiencia satisfactoria

#### Capa de Transporte

En la primera parte de esta capa me basaré en las recomendaciones e información de la QoS Baseline de Cisco<sup>47</sup> para planificar la red la cual define hasta 11 clases de servicio de tráfico y que a continuación indicó las aplicaciones que se considerarán en este trabajo:

Aplicación	PHB	Estándares
IP Routing	CS6	RFC 2474-4.2.2
Video interactivo	AF41	RFC 2597
Video Streaming	CS4	RFC 2474-4.2.2
Multimedia Streaming	AF3	RFC 2597
Operación, Administración y Mantenimiento	CS2	RFC 2474-4.2.2

Tabla 3.33. QoS de aplicaciones

#### Calidad de Servicio en la Red Dorsal, Red de Distribución y de Acceso

Tomando como referencia la tabla 3.34 podemos obtener la calidad de servicio en nuestra Red Dorsal y de Distribución como veremos a continuación:

<sup>47</sup>Michael Lin, Cisco IOS Software, Quality Of Service, Cisco System

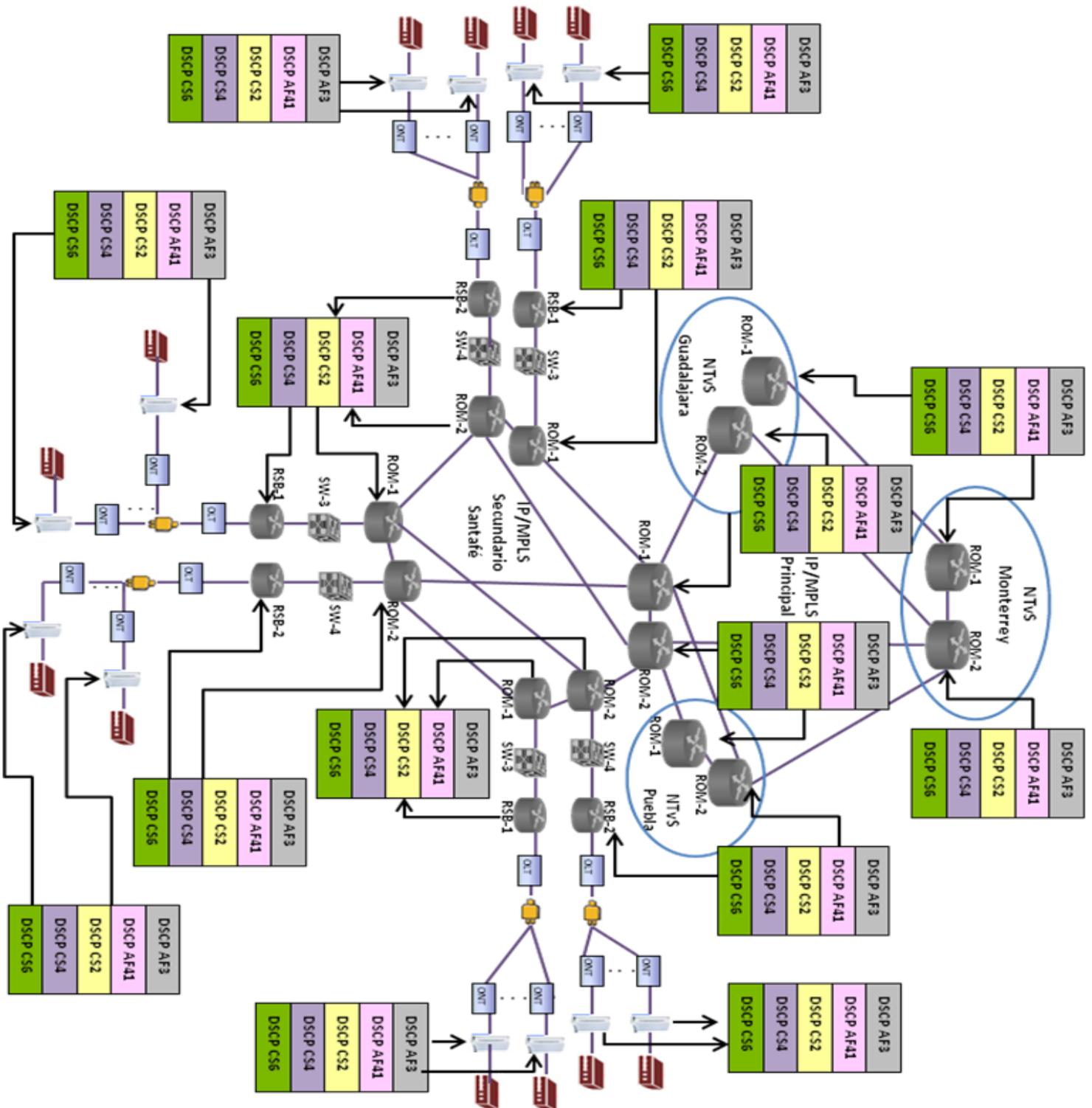


Figura 3.32. QoS en la Red Dorsal y de Distribución

Factores	Retardo
Multicast de salida para un canal	50ms
Retardo para detener el flujo multicast IP	150ms
Ingreso de Multicast para un Nuevo canal	50ms
Jitter	150-200ms
Retardo en el Acceso condicional	0-2msec
Retardo en la trama I	500ms

Figura 3.33. Valores importantes considerados

### Capa de Servicio

A nivel de capa existen dos formas de medir la calidad de video:

1. Forma subjetiva, con el método MOS (Índice de Opinión Media<sup>48</sup>).
2. En forma Objetiva, basándose en modelos que simulan la visión humana (en este tema está trabajando el VQEG Video Quality Experts Group<sup>49</sup>).

De acuerdo a las recomendaciones de las aplicaciones de la ITU-T, a nivel de la capa de servicio se recomiendan los siguientes retardos máximos<sup>50</sup>.

Acción de usuario	Categoría	Retardo Máximo
Acciones relacionadas con la interface de usuario (controles de VoD como pausa, despliegue de guía electrónica, etc.)	Interactivo	200ms
Cambio de canal (tiempo entre que se da orden al control remoto hasta que se recibe en la TV el canal solicitado en forma estable).	Respuesta	2s
Tiempo de inicialización (por ejemplo tiempo que se enciende el STB y que los canales estén disponibles).	Temporal	10s

Tabla 3.34. Recomendaciones a las aplicaciones de la ITU-T

Planificación de calidad de servicios en función del retardo y pérdida de paquetes (MDI LR, MDI DF);, los cuales miden los índices de entrega de medios en función de la pérdida de paquetes y del retardo en la red. Realmente estos índices se medirán en pruebas de laboratorio, piloto y de despliegue de servicios, sin embargo es necesario planificarlos.

Para cumplir con los mismos se deben de ajustar varios parámetros en las capas de aplicación y transporte, como se verá a continuación:

### Capa de Aplicación

A continuación se mencionan los diferentes parámetros que afectan a la calidad en la capa de aplicación:

<sup>48</sup> ITU-T Recommendation P.800.1, Mean Opinion Score (MOS) terminology (2003).

<sup>49</sup> Video Quality Experts Group (VQEG) [www.its.bldroc.gov/vqeg/projects/projects.php](http://www.its.bldroc.gov/vqeg/projects/projects.php).

<sup>50</sup> Clasificación de aplicaciones definida por UIT G.1010 "End-user multimedia QoS Categories".

- a) Velocidad de cambio de canal en señales de difusión. Básicamente a nivel de capa de aplicación influyen:
- El tiempo de procesamiento de los comandos en el STB (o sea el tiempo entre que se oprime el botón del control remoto y se envían efectivamente los mensajes de join/leave de IGMP a la red).
  - Tiempo de procesamiento de los paquetes IP recibidos por el STB hasta que se los envía al decodificador H.264, incluyendo tiempos de procesamiento de remover el cifrado o acceso condicional.
  - El retardo que existe entre el buffer de jitter de STB se completa hasta que se envía la señal para decodificación.
  - El retardo de decodificación de H.264.
- b) Control de video bajo demanda (VoD).
- El tiempo de procesamiento de comandos de STB (o sea el tiempo entre que se oprime el botón del control remoto y se envían efectivamente los mensajes de control de RSTP<sup>51</sup> a la red y servidores de video).
  - Tiempo de procesamiento de los comandos RTSP y tiempo en generar la señal requerida (por ejemplo: adelantar o atrasar la señal de video).
  - El tiempo de procesamiento de los paquetes IP recibidos por el STB hasta que se los envía al decodificador H.264, incluyendo tiempos de procesamiento por quitar el cifrado o acceso condicional.
  - El retardo que existe entre el buffer de jitter del STB se completa hasta que se envía la señal para la decodificación.
  - El retardo de decodificación MPEG
- c) Tiempo de inicialización del sistema: incluye el tiempo de inicialización del STB, Middleware, tiempo de autenticación y cualquier otro tiempo asociado con la actualización del software, etc.
- d) Respuesta de la interfaz de navegación de la guía de programación electrónica (EPG). Tiempo requerido para actualizar en la pantalla la información de la tecla que se presionó.

---

<sup>51</sup> Real-Time Streaming Protocol (RFC 2326).

### 3.3.5. Dimensionamiento para la red de Santafé

Consideremos el caso de estudio de Santafé, que de acuerdo a las estadísticas y resultados proporcionados por el INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) y por estudios realizados México City, Real Estado Overview 2009-2010; la zona de Santa fe cuenta con 4,311 residencias familiares y 19,500 habitantes.

Tomando en cuenta que los hogares cuentan con mínimo 2 televisores por hogar; por lo tanto tenemos:

$$2 \text{ Televisores} \times 1 \text{ Hogar} = 2 \text{ STB (Set Top Box)}$$

$$8,622 \text{ Televisores} \times 4,311 \text{ Hogares} = 8,622 \text{ STB's}$$

Recordando el Ancho de banda integrado: 180 Mbps de TV viva estándar + 20 Mbps PPV + 60 Mbps de Tv de alta definición + 8 Mbps de Música + 3.84 Mbps de Multimedia + 470 Mbps de VOD calidad cercana a DVD y Alta definición = 741.84 Mbps + 15% de sesiones de control y de gestión de red = 853 Mbps, por lo que el proyecto puede operar con interfaces GigabitEthernet en sus interfaces (Ver detalles en la página 67)

$$\text{Ancho de Banda Integrado} = 853 \text{ Mbps por Televisión}$$

Por lo tanto:

$$\text{Ancho de Banda Total de los } 8,622 \text{ STB's} = 7,354 \text{ Gbps}$$

Considerando y Recordando que:

$$1 \text{ ONT (Terminal de Red Óptica)} = 2000 \text{ OLT (Terminal de Línea Óptica)}$$

$$5 \text{ ONT's (Terminal de Red Óptica)} = 8622 \text{ OLT (Terminal de Línea Óptica)}$$

Y considerando los divisores pasivos "splitters" de mayor dimensionamiento 1 x n, donde n = 64; con lo que tenemos:

$$1 \text{ ONT} \rightarrow \text{Soporta } 2000 \text{ OLT}$$

$$\text{Splitter} \rightarrow 1 \times n = 64$$

Para:

$$\text{Primer ONT} = 31 \text{ Splitter de } 64$$

$$\text{Segundo ONT} = 31 \text{ Splitter de } 64$$

Tercero ONT = 31 Splitter de 64

Cuarto ONT = 31 Splitter de 64

Quinto ONT = 11 Splitter de 64

Total de Splitters = 135 Splitter de 64

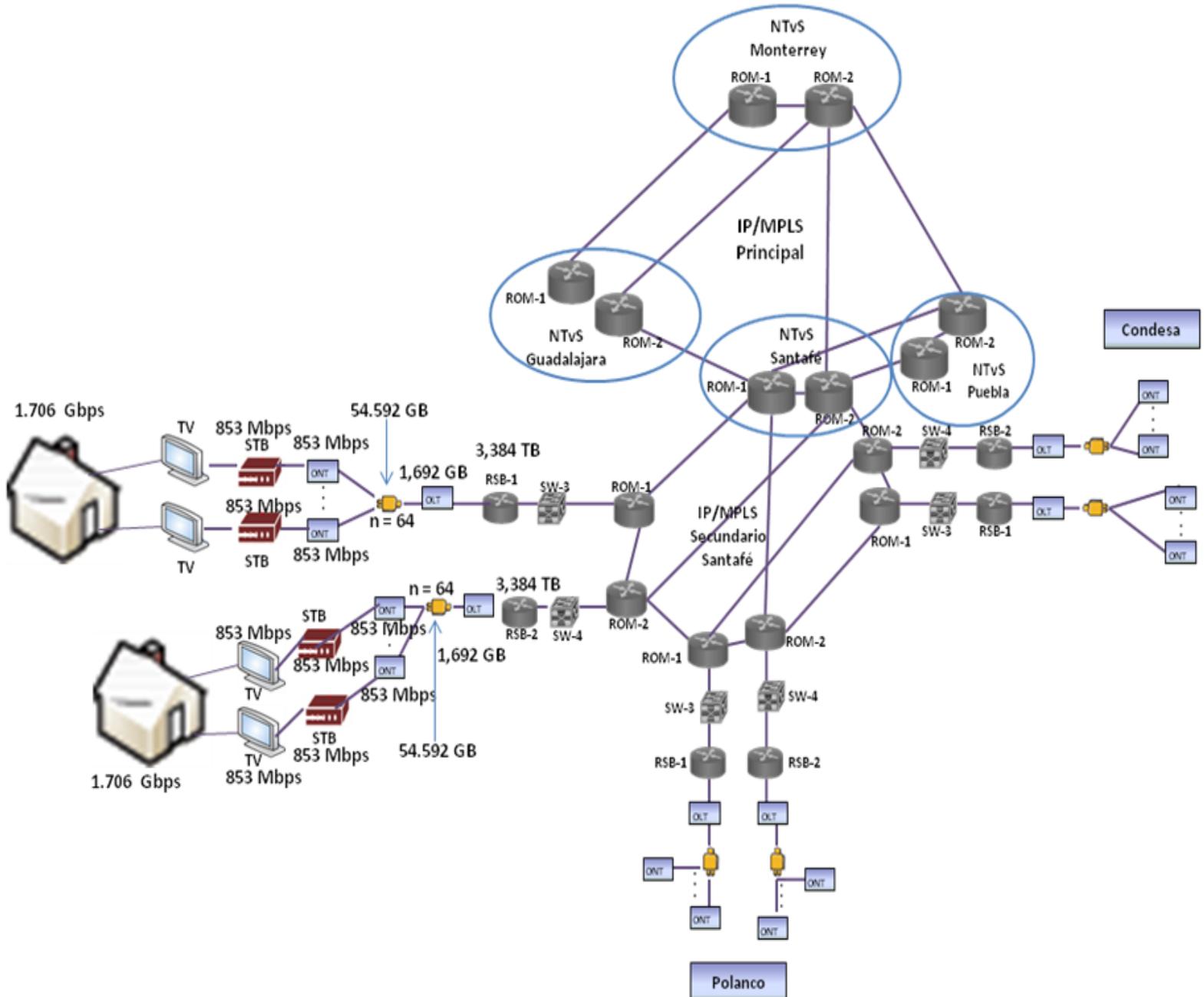


Figura 3.35. Dimensionamiento de la Red Santa Fe

Como vemos en la figura anterior en cada hogar se están considerando dos televisores y así mismo por cada televisor deberá de llevar un Set Top Box (equipos decodificador), cada uno de los cuales deberá de soportar un ancho de banda de 853 Mbps, así mismo la Terminal Óptica de Red tendrá el mismo ancho de banda cada ONT estará conectada a un splitter de 64 puertos dichos splitters deberá de soportar una ancho de banda de:

$$853 \text{ Mbps} = 1 \text{ Puerto para la conexión de una ONT}$$

$$54.592 \text{ Gbps} = 64 \text{ Puertos para la conexión de las ONT}$$

Existirán 4 OLT's que soportara 31 splitters y 1 OLT que solo soportara 11 Splitters para abastecer las 4,311 residencias anteriormente mencionadas, con lo cual tendremos que el ancho de banda que soportaran las OLT (Terminal de Línea Óptica) es de:

$$54.592 \text{ Gbps} = 1 \text{ splitter}$$

$$1,692 \text{ Gbps} = 31 \text{ splitters}$$

Es decir que los 1,692 Gbps será el ancho de banda que deberá de soportar la OLT y el router RSB-1 soportara 3,384 Tbps.

## CAPITULO 4

### CONSIDERACIONES PARA SU IMPLEMENTACIÓN

#### 4.1. Introducción

Recordemos que mi proyecto de tesis únicamente consiste en una propuesta de red, sin embargo para que esto se pueda implementar es necesario considerar los elementos que se necesitarán para llevarlo a la realidad.

En el presente capítulo muestra dos aspectos a considerar para la implementación de mi propuesta de red presentada en el capítulo 3 por un lado los equipos seleccionados a utilizar y su costo económico.

En el caso de los equipos, elegiré los equipos que a mi consideración son los que ofrecen las mejores ventajas y beneficios para mi red resaltando las características y especificaciones más importantes de cada equipo; así mismo para el caso del aspecto económico consideraremos los costos de todos los elementos que conforman mi red,

Este capítulo está organizado y dividido en cuatro etapas como lo vimos en el capítulo 3: Etapa de Contenidos, Etapa de servicios, Etapa de red y Etapa del Usuario final, para mayor comprensión.

## 4.2. Módulos del Proyecto

### 4.2.1. Modulo del Headend

Los equipos que se seleccionaron para este modulo de la arquitectura es la siguiente:

**Antenas:** Para la selección de antenas consideramos la antena Simulsat 7 ya que es la mejor comparable con otros modelos.

*Nota.* Para ver la información completa de este equipo consulte el Anexo1 (Tabla A6).

**Redundancia de energía de LNBS.** Las estaciones terrestres satelitales debe contar con una fuentes de alimentación especiales que controlen la corriente suministrada a los LNBS. Para eso es recomienda que se utilice un equipo que respalde dicha fuentes de alimentación para esto se selecciono el equipo **Multi Channel Bias Tee de Dev 8122/4/75.**

*Nota.* Para ver la información completa de este equipo consulte el Anexo1 (Tabla A7).

**Redundancia de canales.** Para asegurar la actividad del sistema de la estación terrestre, es necesario tener la redundancia de los canales en caso de falla, para esto utilizaremos el equipo DEV 1993/zz/m\*n+1, en donde “m” = es el numero de redundancia conectadas en paralelo y “n” es el número de canales más uno de redundancia, “zz” corresponde a la impedancia que utilizará, para el este caso de banda “L”, consideraremos una impedancia de 75 ohms, por lo tanto para nuestra propuesta tenemos 2 antenas de las cuales una es la ejecutiva y una es la redundante.

*Nota.* Para ver la información completa de este equipo consulte el Anexo1 (Tabla A8).

**IRD (Decodificador Receptor Integrado).** Para la selección de los IRDs, se consideraron los siguientes equipos, estos fueron elegidos de acuerdo al proveedor del canal como se muestra a continuación en los ejemplos:



The screenshot shows the LyngSat website interface. At the top, there are navigation links: Atlantic, Main, America, America, HD, Headlines, Launches, and Asia. Below these, there are search filters for longitude and latitude: 121.0°W <C> 125.0°W and HD | SatTracker | LyngSat Maps | 121.0°W <Ku> 125.0°W. A table of channels is displayed, with the following data highlighted:

Freq. Tp	Provider Name Channel Name	System Encryption	SR-FEC SID-VPID	ONID-TID Audio	Beam	Source Updated
4140 H tp. 22	ESPN ESPN	A	Digicipher 2 29270-3/4	639-?	☺	Kyl 416 050211

Additional information on the page includes: Galaxy 18 © Lyngemark Satellite, last updated 2009-11-17 - http://www.lyngsat.com/galaxy18.html. There are also advertisements for CET Teleport and Complete IPTV in one box!

Figura 4.1. Proveedor del canal Digicipher

4160 V tp 23	<a href="#">A&amp;E TV Networks</a>		DVB	29270-3/4	747-?	C	L Girardo 050509
	<a href="#">A&amp;E West</a>	A	PowerVu	110	100 E		
	<a href="#">History West</a>	A	PowerVu	210	200 E		
	<a href="#">A&amp;E East</a>	A	PowerVu	310	300 E		
	<a href="#">History East</a>	A	PowerVu	410	400 E		
	<a href="#">History en Español</a>	A	PowerVu	510	500 Sp		
	<a href="#">Military History US</a>	A	PowerVu	610	600 E		

Figura 4.2. Proveedor del canal estándar con PowerVu

3840 H tp 7		<a href="#">Disney Channel East</a>	A	DVB-S2 - 8PSK MPEG-4/HD Digicipher 2	29270- 5/6 1 - 17	18 E	C	Kyl 416 080407
----------------	---	-------------------------------------	---	---	----------------------------	------	---	-------------------

Figura 4.3. Proveedor de canal de alta definición con Digicipher 2

Como vimos en las figura 4.1, 4.2 y 4.3, la selección de los IRDs se basa en el tipo de proveedor cada canal, y para el dimensionamiento de nuestra propuesta esto tenemos lo siguiente:

Número de Canales de TV	Proveedor de canales de TV
45 Canales de SD	DVB
35 Canales de SD	Digicipher
30 Canales de SD	PowerVu
10 canales de HD	Digicipher
20 Música	DVB

Tabla 4.4. Muestra de proveedores de IRDs para cada canal

*Nota.* Para ver la información completa de este equipo consulte el Anexo1 (Tabla A9).

**Procesamiento y Monitoreo de Video.** Para esta etapa se elije el equipo Densité Series XVP-3901.

*Nota.* Para ver la información completa de este equipo consulte el Anexo1 (Tabla A10).

**Matriz de Enrutamiento.** Después de que los canales han sido procesados y monitoreados, es necesario integrar todas las señales en una sola matriz mixta para todas las señales de audio y video, el equipo seleccionado es el **Large Routing Platinum Harris**.

*Nota.* Para ver la información completa de este equipo consulte el Anexo1 (Tabla A11).

### Codificadores de Video

Después de pasar por la matriz de enrutamiento, los canales son enviados a su codificador de video correspondiente (audio, video y móvil); en donde se llevara a cabo la compresión en el formato seleccionado y la conversión a salida IP, permitiendo así el envío de canales de TV por nuestra red IP. Los diferentes señales y formatos de los canales de TV, serán encaminados en diferentes codificadores de video; es decir que tendremos un codificador de video específico para los canales SD, otro para los canales HD, otro para los canales de música, así como otro para el caso de la multimedia.

Codificador de video SD: Harmonic's DiviCom Electra 7000

Codificador de video HD: Harmonic's DiviCom Electra 7020

Codificador de video Música: ProStream 1000 de Harmonic's

Codificador para móviles: UE-9610 Real Time Mobile Encoder Scopus

*Nota.* Para ver la información completa de estos equipos consulte el Anexo1 (Tabla A12, A13, A14 y A15).

### Arquitectura del Proyecto con equipos

Asumiendo los equipos anteriormente seleccionados y propuestos para nuestro proyecto, obtenemos la siguiente propuesta de arquitectura:

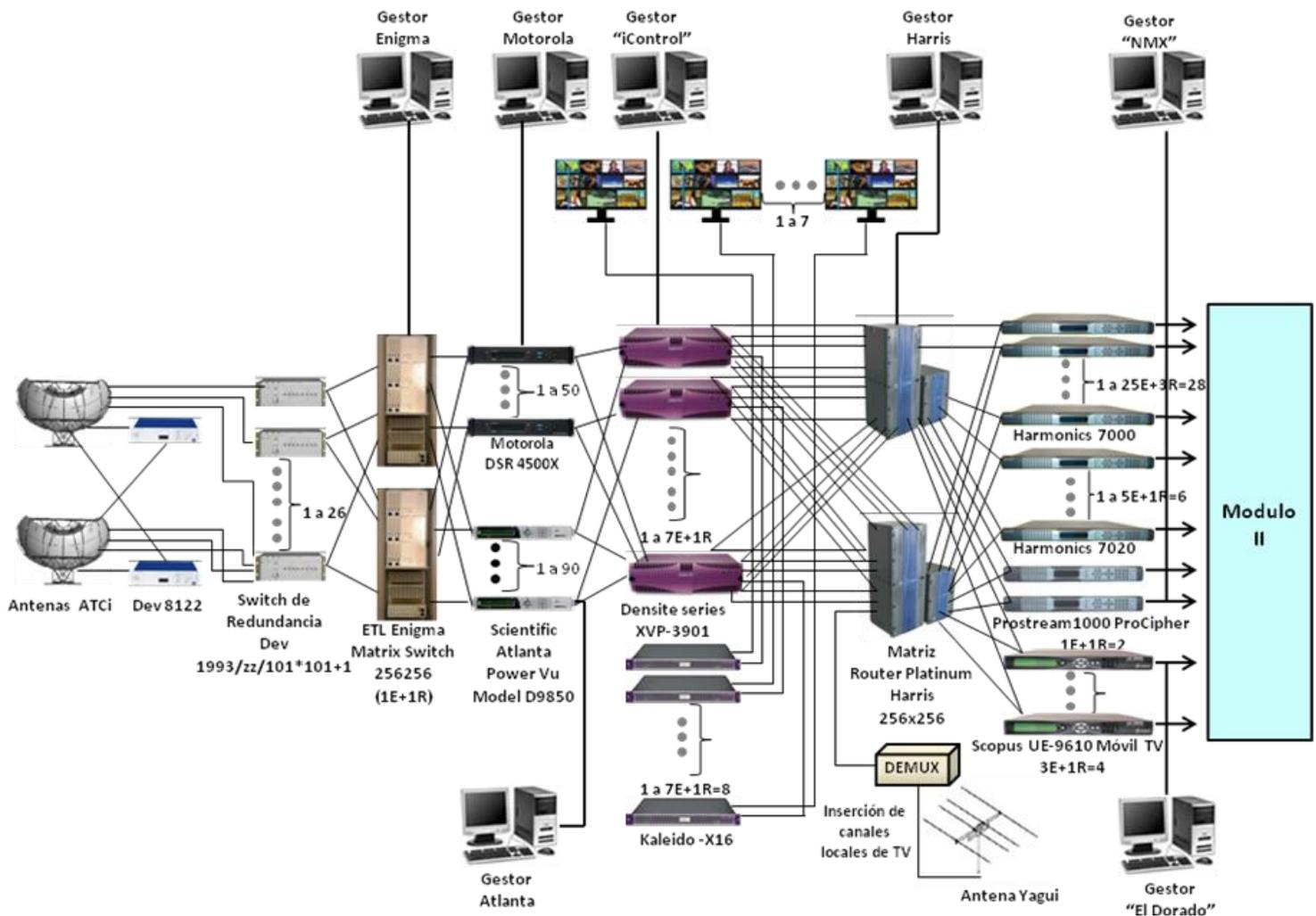


Figura 4.5. Propuesta de arquitectura de la Etapa de Contenidos considerando los elementos técnicos-operativos

#### 4.2.2. Modulo de Aplicaciones en Servidores

De acuerdo a sus características y ventajas que nos proporciona IBM Blade Center HS12 es el elegido para nuestra propuesta de red IPTV.

*Nota.* Para ver la información completa de este equipo consulte el Anexo1 (Tabla A16).

**Switch-Router.** Para este equipo se elije el Switch-Router 7450 ESS de Alcatel.

*Nota.* Para ver la información completa de este equipo consulte el Anexo1 (Tabla A17).

**Router.** Por los beneficios y ventajas que nos proporciona se elije el Router 7750 SR de Alcatel.

*Nota.* Para ver la información completa de este equipo consulte el Anexo1 (Tabla A18).

**Router.** El equipo utilizado en la red dorsal se elije el Router Cisco CRS-1, por sus grandes ventajas.

*Nota.* Para ver la información completa de este equipo consulte el Anexo1 (Tabla A19).

**Firewall.** Se elije el equipo Juniper ISG 2000 por sus ventajas.

*Nota.* Para ver la información completa de este equipo consulte el Anexo1 (Tabla A20).

Asumiendo los equipos anteriormente considerados y propuestos para nuestro proyecto, obtenemos la siguiente propuesta de arquitectura para el módulo de aplicaciones en servidores:

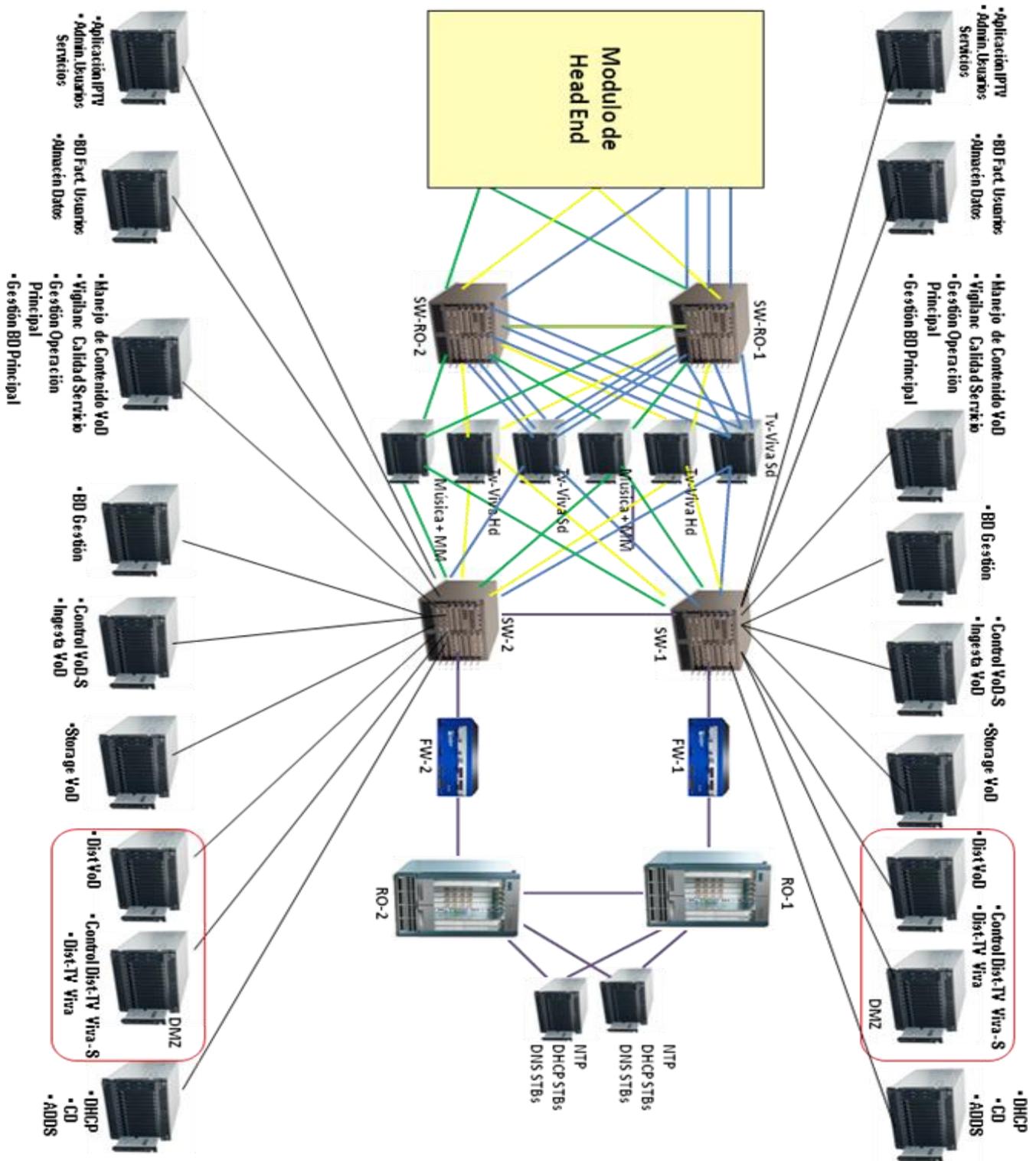


Figura 4.6. Propuesta de Arquitectura con equipos en el Nodo de Televisión Primario (NTvP)

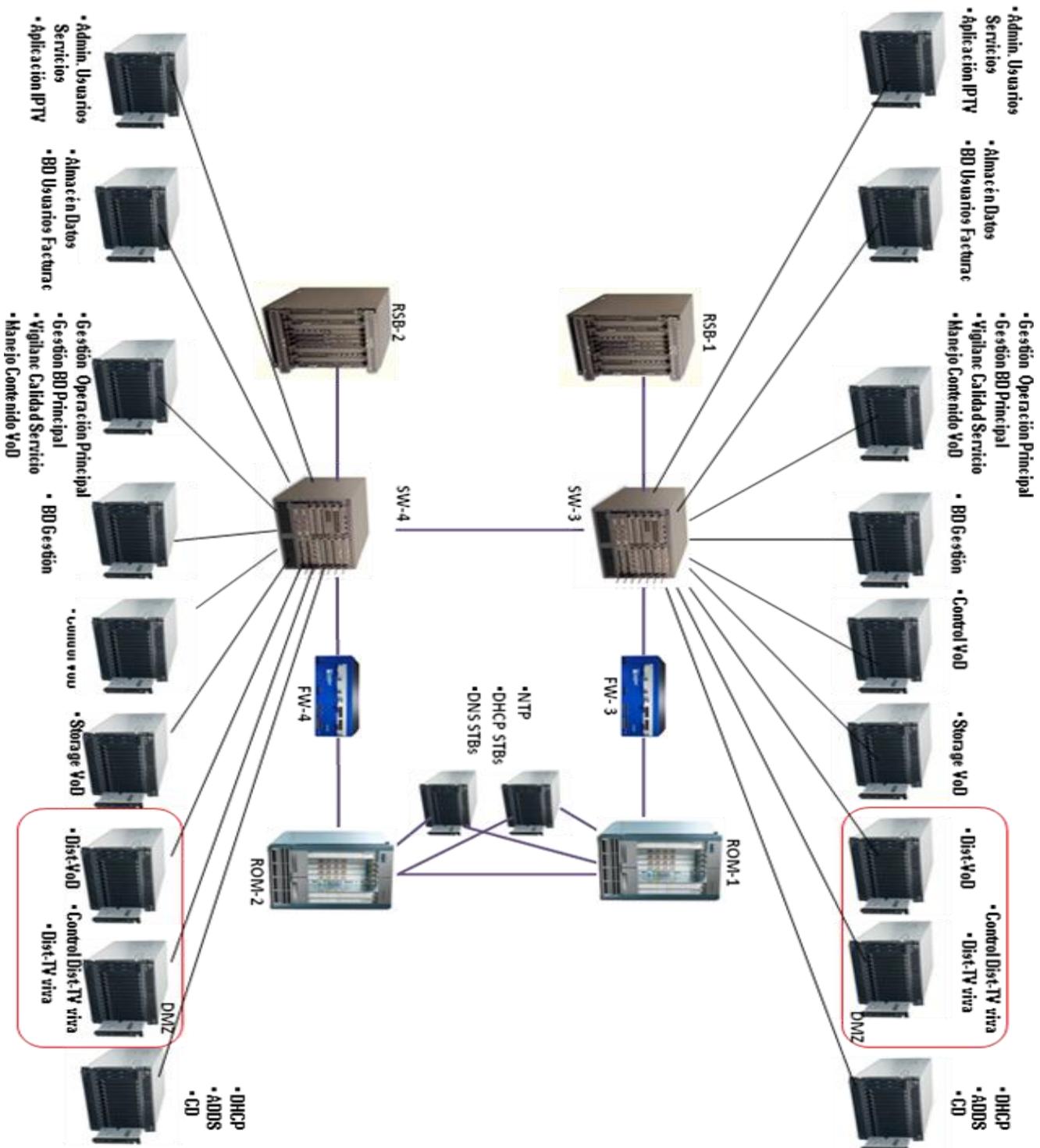


Figura 4.7. Propuesta de Arquitectura con equipos en el Nodo de Televisión Secundario (NTVs)

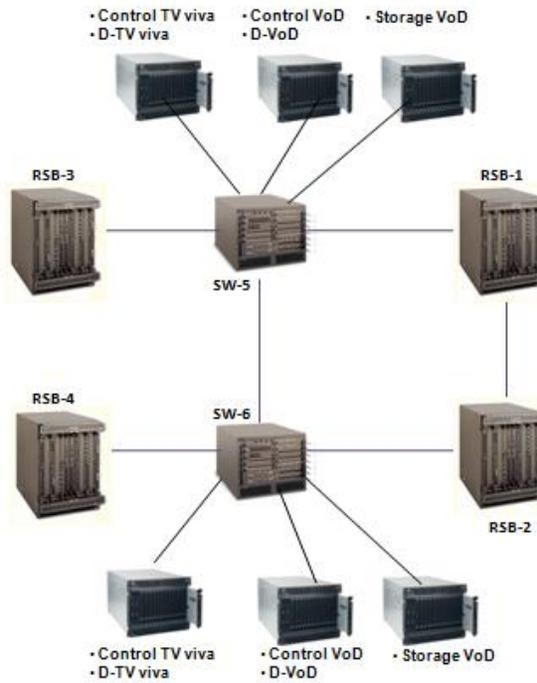


Figura 4.8. Propuesta de Arquitectura con equipos en el Nodo de Televisión Terciario (NTvT)

### 4.2.3. Modulo de Red

#### Sub-Módulo de Red Dorsal

Considerando los equipos Router Cisco CRS-1, se obtiene la siguiente arquitectura de red dorsal:

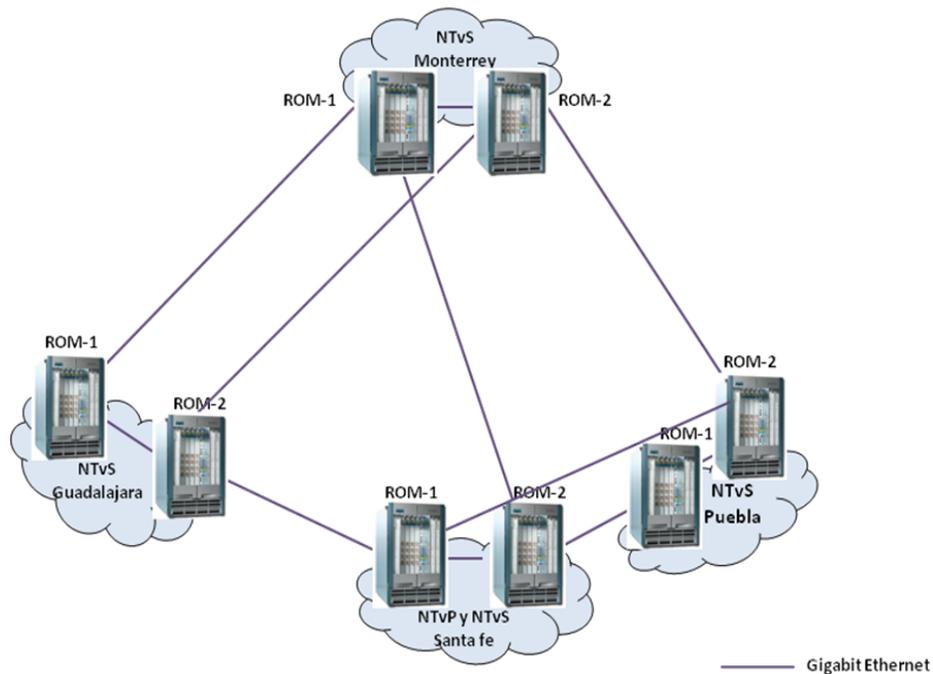


Figura 4.9. Propuesta de red dorsal con equipos seleccionados

**Sub-Módulo de Red Distribución**

De acuerdo a los equipos seleccionados obtenemos la siguiente arquitectura de red:

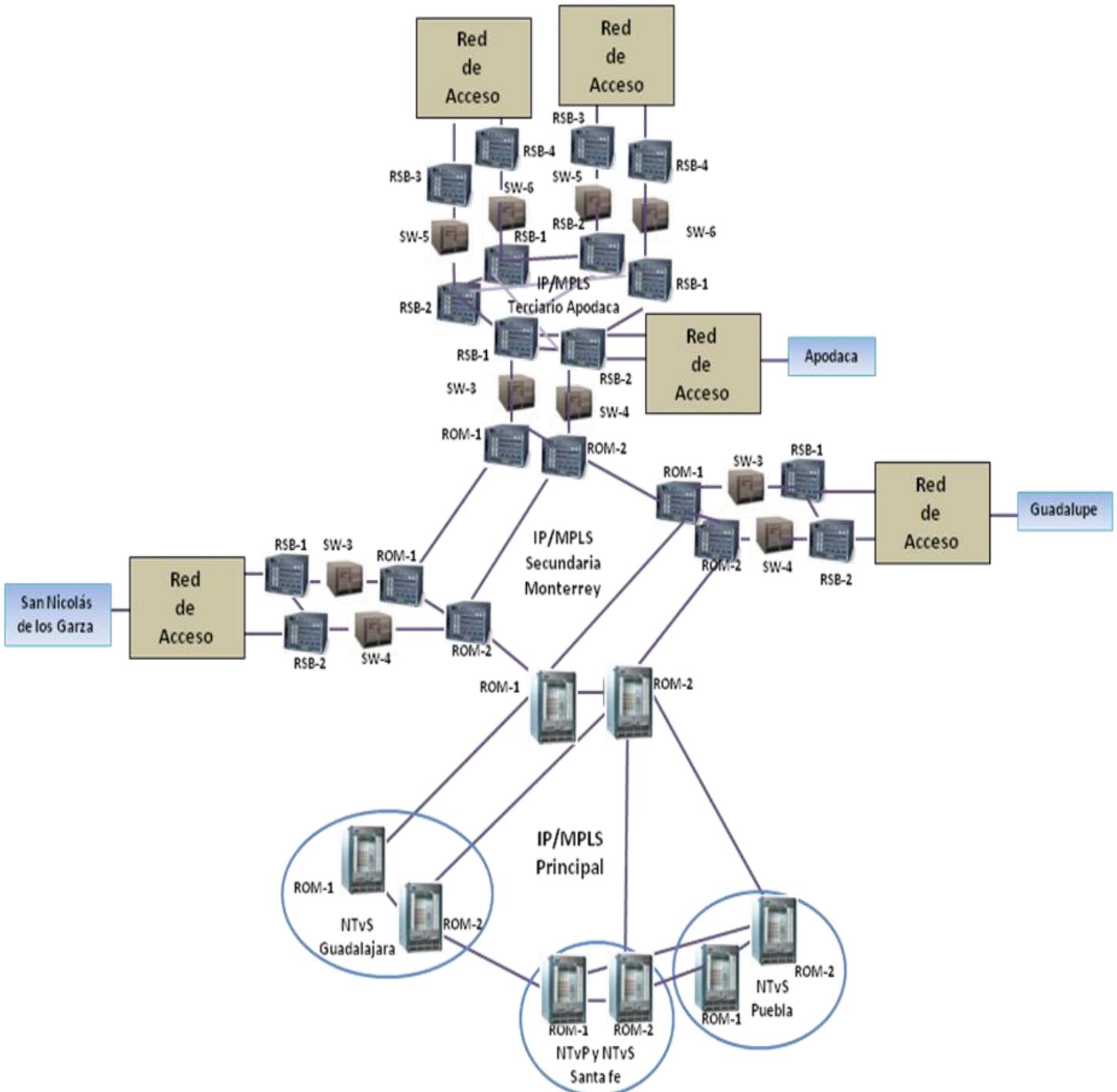


Figura 4.10. Arquitectura de Red de Dorsal y de Distribución con equipos para el sitio de Monterrey

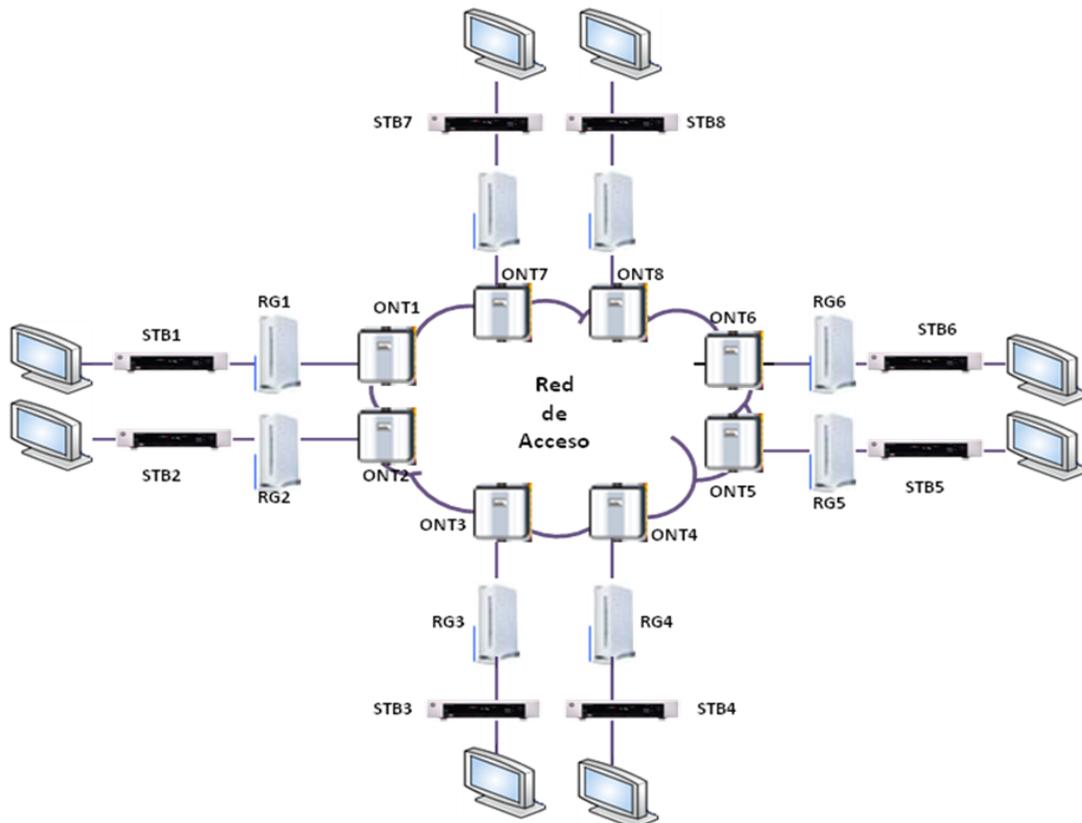


### Sub-Módulo en el Hogar

**Set Top Box:** El equipo seleccionado es el Motorola VIP 1616 T.

*Nota.* Para ver la información completa de estos equipos consulte el Anexo1 (Tabla A22).

Por lo tanto se obtiene la siguiente arquitectura para el hogar:



**Figura 4.12. Red en el hogar con equipos**

## CAPITULO 5 PRUEBAS Y RESULTADOS

### 5.1. Introducción

Es importante considerar una propuesta de posibles pruebas que se le podrían aplicar a mi propuesta de red considerando el equipo seleccionado; estas pruebas permitirán evaluar, valorar y medir mi proyecto una vez que se tenga planeado ejecutarlo; cabe mencionar que el objetivo de mi tesis no pretende abarcar esa etapa de evaluación ni mucho menos la parte de ejecución, es por eso que únicamente hago mención de pruebas de laboratorio que podrían ser aplicadas y que podrían ser objeto de estudio alguna otra persona interesada en darle seguimiento realizando probablemente una tesis de maestría o grado posterior.

Por otro lado, es importante mostrar algunos resultados de otra plataforma diferente a la mía de ciertas pruebas que pude realizar en el laboratorio de Telmex TV; es importante enfatizar esta plataforma de totalmente diferente a mi propuesta de red, es ajeno a lo que presento en mi proyecto pero que es de gran importancia ya que me permitió comprender la arquitectura de una red IPTV, nos permite ubicarnos en dicho contexto, verificar y corroborar resultados específicos; así como le da sustento y valor a mi proyecto y así mismo las pruebas que realice en dicho laboratorio se podrían anexar a las que ya había mencionado y que podrían considerarse para aplicarlas en mi proyecto.

Considerando las etapas<sup>52</sup> por las que debe de pasar la realización de un proyecto, y de acuerdo al alcance y análisis realizado en los capítulos anteriores, mi proyecto cubre las siguientes etapas (subrayadas en con color amarillo):

ETAPAS	PASOS
Inicialización	Preparación del Proyecto
	Objetivo del Proyecto
	Definición de las Características
	Propuesta del Proyecto
Diseño	Planificación del Proyecto
	Valorización de las opciones tácticas y estratégicas
	Dimensionamiento del proyecto
Evaluación	Implementación del Proyecto en Laboratorio
	Elaboración de Procedimientos de Pruebas
	Ejecución de Pruebas en el Laboratorio
Ejecución	Implementación del Proyecto Propuesto
	Puesta en Marcha

 Etapas que abarca mi proyecto

 Etapas que debe de cubrir un proyecto

<sup>52</sup> Microsoft, Windows Server 2003, Planear implementaciones de servidores, Mc Graw Hill

De acuerdo a las etapas mencionadas anteriormente no existe la posibilidad en forma práctica de realizar pruebas y resultados ya que forman parte de la etapa de la evaluación y ejecución; por lo tanto este capítulo se dividirá en dos partes:

1. **Primera Parte.** Muestro una lista posible de pruebas que permitirán a evaluar mi proyecto en laboratorio antes de su posible ejecución.
2. **Segunda Parte.** Se muestran los resultados de algunas pruebas realizadas a un arquitectura similar a mi propuesta (Telmex TV) pero también diferente, dichas pruebas me sirvieron para analizar y comprender mucho mejor una arquitectura IPTV; siendo importantes para la realización de mi proyecto, permitiéndonos conocer el funcionamiento real de dicha tecnología, obtener y verificar posibles resultados arrojados por una arquitectura real datos que nos servirán como referencia para una posible implementación de mi propuesta a futuro.

## Primera Parte. Pruebas Posibles para evaluación de mi propuesta

### Prueba 1. Verificar la redundancia de alimentación de los equipos (Ejemplo: Switch 7450 Alcatel)

**Objetivo:** Probar que cuando la fuente principal deje de funcionar, se active una alarma de aviso y el sistema no deje de funcionar.

#### Equipo a Utilizar

- Laptop con puerto serial DB-25 ó DB-9
- Switch-Router 7450 ESS7 de Alcatel
- Cable con puerto serial
- Centro de Carga

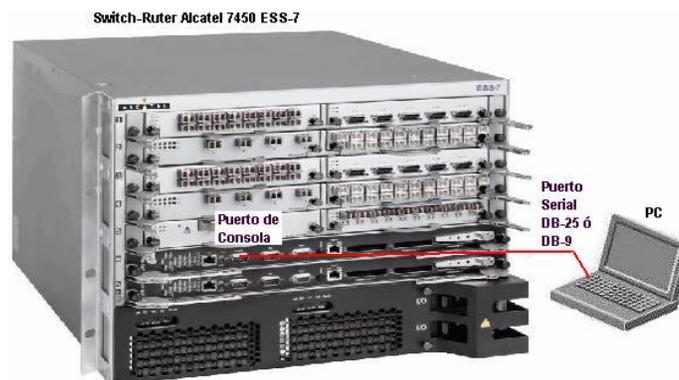


Figura 5.1. Conexión entre Switch-Router 7450 ESS7 de Alcatel y la Laptop

**Procedimiento:**

- a. Se conecta el puerto de la consola del Switch-Router 7450 ESS7 de Alcatel con el puerto serial DB-25 ó DB-9; como se muestra en la figura (C).
- b. Verificar conexiones de la prueba No.1
- c. Verifique que el ruteador no se apague, y se active la alarma correspondiente en la “terminal” de la laptop para cada una de las fuentes.
- d. Al restablecer los interruptores del centro de carga, verifique la desactivación de la alarma antes provocada para cada una de las fuentes.
- e. Realizar las anotaciones correspondientes.

**Resultados Esperados**

Centro de Carga	Descripción Operativa
Apagar los interruptores del centro de carga	Activación de las alarmas para cada fuente
Restablecer los interruptores del centro de carga	Desactivación de las alarmas en cada fuente

**Resultados Obtenidos:**

Cumple	SI/NO

**Prueba 2. Velocidad Máxima de Forwarding de los Puertos Gigabit Ethernet en un switch**

**Objetivo:** Determinar la velocidad máxima de forwarding de un Switch de Video 7450 ESS-7 de ALU para todos los puertos 10 Gigabit Ethernet que contienen una sola VLAN.

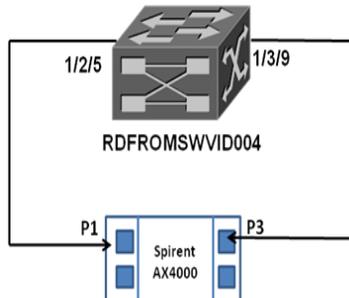
**Descripción**

El tráfico TCP/IP v4 será enviado con un patrón de tráfico en malla para determinar la forwarding de transferencia. En una segunda prueba el tráfico local se mantendrá en cada tarjeta, probando la capacidad de conmutación total de la distribución de los procesadores de cada tarjeta.

**Equipo a Utilizar**

- Switch de Video 7450 ESS-7
- Analizador Spirent AX/4000

### Diagrama a utilizar



### Parámetros a considerar

Pruebas de Aplicación	Spirent AX/4000, 100 Host por Puerto, pruebas para pérdida de paquetes
Numero de direcciones de capa 2	100
Patrón de Tráfico	Malla completa, trafico bidireccional
Tamaño de paquetes	64 bytes
Tasa de tráfico	Máxima tasa por tarjeta para lograr una pérdida insignificante o igual a cero.
Duración de la prueba	60 segundos

### Procedimiento

- Se conecta el puerto 1/2/5 del Switch de Video 7450 ESS-7 de ALU al puerto 1 del analizador Spirent AX/4000.
- Se conecta el puerto 1/3/9 del Switch de Video 7450 ESS-7 de ALU al puerto 3 del analizador de Spirent AX/4000.
- Generar un tráfico IPv4 de 100 Mbps que circule por ambos puertos del RDFROMSWVID004
- Verificar la velocidad de forwarding en ambos puertos.
- Anotar los resultados y observaciones correspondientes en la siguiente tabla

### Resultados

Tamaño del paquete	Mejor caso en el patrón de tráfico	Peor caso en el patrón de tráfico
64 Byte		
Perdida de paquetes		

### Prueba 3. Máxima Tasa de Forwarding para una sola tarjeta

**Objetivo:** Evaluar la Tasa de forwarding de las tarjetas del Switch de Video de Video 7450 de ALU

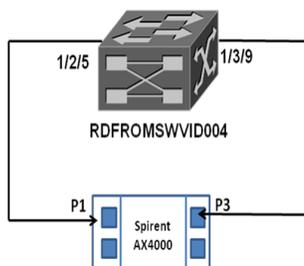
#### Descripción

Los puertos de la tarjeta bajo prueba (1/2/5 y 1/2/6) se conectan al analizador AX/4000, probar con flujos de datos usando IPv4 durante 60 segundos. El tráfico será enviado al 100% de carga usando tramas de 64-bytes y la tasa total de forwarding de la tarjeta se registrara.

#### Equipo a Utilizar

- Switch de Video de Video 7450 ESS-7
- Analizador Spirent AX/4000

#### Diagrama a utilizar



#### Procedimiento

- Se conecta el puerto 1/2/5 del Switch de Video 7450 ESS-7 de ALU al puerto 1 del analizador Spirent AX/4000.
- Se conecta el puerto 1/3/9 del Switch de Video 7450 ESS-7 de ALU al puerto 3 del analizador de Spirent AX/4000.
- Generar un tráfico IPv4 de 100 Mbps que circule por ambos puertos del RDFROMSWVID004 durante 60 segundos
- Verificar la tasa de forwarding en ambos puertos.
- Anotar los resultados y observaciones correspondientes en la siguiente tabla

#### Resultados

Descripción	Performance con paquetes de 64 bytes
Puertos Gigabit Ethernet	
10/100/1000 Puertos Ethernet	

#### Prueba 4. Correcta transmisión de los paquetes VRRP

**Objetivo:** Comprobar que el router 7750 de Alcatel transmite los paquetes con los valores de campo correctos.

#### Equipo a Utilizar:

- Router 7750 de Alcatel (ROVID001)
- Analizador Spirent AX/4000

#### Diagrama a Utilizar:



#### Procedimiento:

- Habilitar VRRP en el ROVID001 a través del puerto 2/1/4
- Enviar transmisiones al ROVID001 en estado maestro utilizando el analizador AX/4000
- Observar los paquetes transmitidos por el ROVID001

#### Resultados Obtenidos

TTL	
PROTOCOLO IP	
TIPO DE CAMPO	
VERSION VRRP	
PRIORIDAD AL CAMPO	
DIRECCION IP FUENTE	
DIRECCION IP DESTINO	
DIRECCION MAC	
CAPA DE ENLACE DESTINO/MULTICAST	
CHECKSUM VRRP	

#### Prueba 5. Latencia en Routers

**Objetivo:** Medir la latencia media y máxima para el tráfico IPv4 e IPv6 de un router 7750 de Alcatel

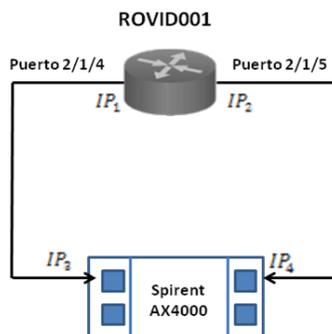
#### Descripción

La presente prueba se le realizará en dos puertos del router 7750 de Alcatel, utilizando el analizador de Spirent AX/4000. Las pruebas se ejecutaran utilizando paquetes de 64-byte enviados a 90% de carga en 2 puertos de 120 segundos.

### Equipo a utilizar:

- Router 7750 de Alcatel (ROVID001)
- Analizador AX/4000

### Diagrama



### Tabla de resultados

Descripción	2 Puertos GigaEthernet
Latencia Media de IPv4	
Latencia Máxima de IPv4	
Latencia Media de IPv6	
Latencia Máxima de IPv6	

### Prueba 6. Mediciones de un canal de Alta definición

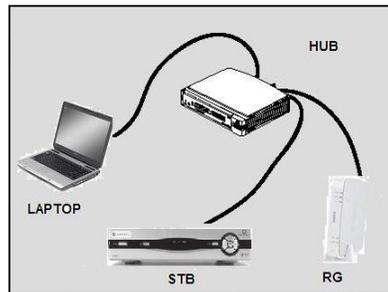
**Objetivo:** Medición de los parámetros de una señal de televisión de Definición estándar, alta definición y música a través de sus codificadores respectivos.

#### Lista de Pruebas

- Monitorear los errores que puedan ocurrir a lo largo del Transporte de Flujo de video en un canal de televisión de definición estándar a través de su respectivo codificador de video, en diferentes tiempos determinados utilizando la herramienta del ClearSight.
- Monitorear los errores que puedan ocurrir a lo largo del Transporte de Flujo de video en un canal de televisión de alta definición a través de su respectivo codificador de video, en diferentes tiempos determinados utilizando la herramienta del ClearSight.
- Monitorear los errores que puedan ocurrir a lo largo del Transporte de Flujo de video en un canal de música a través de su respectivo codificador de video, en diferentes tiempos determinados utilizando la herramienta del ClearSight

### Equipo a Utilizar:

- ✚ Hub
- ✚ STB (Set top Box)
- ✚ RG (Residencial Gateway)
- ✚ Cables RJ-45
- ✚ Computadora de Escritorio o Laptop
- ✚ Software ClearSighth



### Prueba 7. Arranque de los clientes IPTV

**Objetivo:** Verificar que la autenticación del cliente es satisfactoria, el cliente obtuvo de forma satisfactoria una IP y la Señal de TV está disponible.

#### Descripción

- Reiniciar el cliente para comenzar el servicio IPTV.
- Validar que la Secuencia de arranque de los clientes IPTV adquiriendo direccionamiento IP del servidor DHCP en la red IPTV mediante el protocolo DHCP.

**Prueba 8.** Reinicio y validación del cliente ante situaciones diversas de pérdida del video.

**Objetivo:** Validar que los dispositivos del cliente se inicializan y entonanán nuevamente el canal de televisión.

#### Descripción

- Validar que el cliente reinicializa de forma correcta con video después de una falla de energía.
- Validar que al desconectar el cableado de red este se congela y al volver a conectar el cable de red el video continúa visualizándose de forma correcta

### Prueba 9. Calidad de la entrega de servicios

**Objetivo:** Validar los parámetros que miden la calidad de servicio

**Descripción:**

- Medir en el entorno Red del Cliente el desempeño de los canales de TV en vivo, durante un lapso de 3 a 12 hrs sobre un canal de video específico (FOX, SONY, WB, etc. ).
- Verificar su grupo multicast.
- JITTER menor a 10 ms.
- Media Delivery Index (MDI) y Delay Factor (DF) menor a 50 ms.
- Media Delivery Index (MDI) y Media Loss Ratio (MLR) menor a .004
- Calidad de audio, valor R: 69, el valor de alta calidad es 93.
- MOS (valor de alta calidad: 4.2).
- Paquetes fuera de secuencia: 0.
- Tramas tiradas: 0
- Tramas duplicadas 0

**Herramientas a utilizar:**

- ClearSight

### Prueba 10. Validación de Servicios

**Objetivo:** Validar los servicios de Televisión Broadcast con audio, DVR (Grabación de Video Digital) y VoD.

**Descripción**

- Validar los cambios de canal y al mismo tiempo realizar compras de PPV, Grabación de canales y Navegación en Internet.
- Validar la funcionalidad de la GUIA y el MENU en pantalla.

### Prueba 11. Grabación y calidad de grabación en Disco Duro de Canales

**Objetivo:** Validar la grabación de los canales de televisión en discos duros.

**Descripción:**

- Grabación y calidad de grabación en Disco Duro de Canales:
- Validar la grabación de canales en el disco duro del cliente por periodos cortos y largos de tiempo
- Programar eventos de grabación de canales por periodos cortos y largos de tiempo.
- Considerar durante la programación de grabación de canales en un mismo periodo de tiempo.

## SEGUNDA PARTE. Resultados de Pruebas realizadas en el Laboratorio de Telmex TV a una red IPTV real diferente a mi propuesta de red

### Prueba 1. Validar que canales de televisión están entrando a cada codificador de video

**Descripción de la Prueba.** Para la realización de la presente prueba nos apoyaremos en la herramienta visual, realizando el seguimiento de cables.

#### Equipo a utilizar:

- Codificador de video Harmonic's H.264 SD

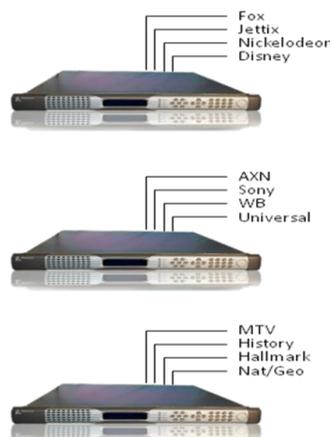


Figura 5.1. Diagrama que muestra los codificadores de video y los canales que contiene cada uno

# Codificador de video	Canales	Canales	Canales	Canales
Codificador de video 2	Disney	Nickelodeon	Jettix	Fox
Codificador de video 2	Universal	WB	Sony	AXN
Codificador de video 3	Nat/Geo	HALLMARK	History	MTV

Tabla 5.2. Canales del codificador de video Harmonic's

#### Conclusiones de la presente prueba:

En esta prueba únicamente se muestran los canales que se encuentran configurados en cada codificador de video.

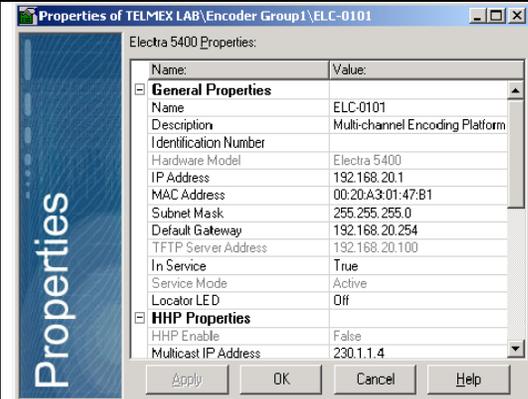
**Prueba 2.** Validar las direcciones MAC, las direcciones IP, mascarar de red y puertos de enlace que le corresponden a cada codificador de video.

**Descripción de la Prueba.** Para la realización de esta prueba nos apoyaremos en la herramienta de gestión NMX de Harmonic's.

**Equipo a utilizar:**

- Codificador de video Haronic's H.264 SD
- Herramienta de monitoreo y gestión NMX de Harmonics

**Resultados**

PANTALLAS	RESULTADOS										
	<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #d9ead3;">Codificador de video</th> <th style="background-color: #d9ead3;">Encoder 1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #d9ead3;">Dirección IP</td> <td style="background-color: #fff2cc;">192.168.20.1</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #d9ead3;">Mascara de Subred</td> <td style="background-color: #fff2cc;">255.255.255.0</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #d9ead3;">Puerta de enlace</td> <td style="background-color: #fff2cc;">192.168.20.254</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #d9ead3;">Dirección MAC</td> <td style="background-color: #fff2cc;">00:20:a3:01:47:B1</td> </tr> </tbody> </table>	Codificador de video	Encoder 1	Dirección IP	192.168.20.1	Mascara de Subred	255.255.255.0	Puerta de enlace	192.168.20.254	Dirección MAC	00:20:a3:01:47:B1
Codificador de video	Encoder 1										
Dirección IP	192.168.20.1										
Mascara de Subred	255.255.255.0										
Puerta de enlace	192.168.20.254										
Dirección MAC	00:20:a3:01:47:B1										

**Tabla 5.3.** Dirección MAC, Dirección IP, Mascara de red y Puertas de enlace de un codificador de video

Los demás resultados se presentan en el anexo 2.

**Conclusiones de la Prueba:**

En esta prueba verificamos algunos parámetros importantes de cada codificador de video entre los mas importantes se encuentra la dirección IP Multicast.

**Prueba 3. Mediciones de un canal de Alta definición**

**Objetivo:** Medición de los parámetros de una señal de alta definición utilizando los codificador de videos Harmonic's 7020.

**Descripción**

- Monitorear los errores que puedan ocurrir a lo largo del Transporte de Flujo de video en un canal de alta definición a través de un del codificador de video Harmonic's 7020 en diferentes tiempos determinados utilizando el analizador de protocolos ClearSight.

### Equipo a Utilizar:

- ✚ Hub
- ✚ STB (Set top Box)
- ✚ RG (Residencial Gateway)
- ✚ Cables RJ-45
- ✚ Computadora de Escritorio o Laptop
- ✚ Software ClearSight

### Resultados:

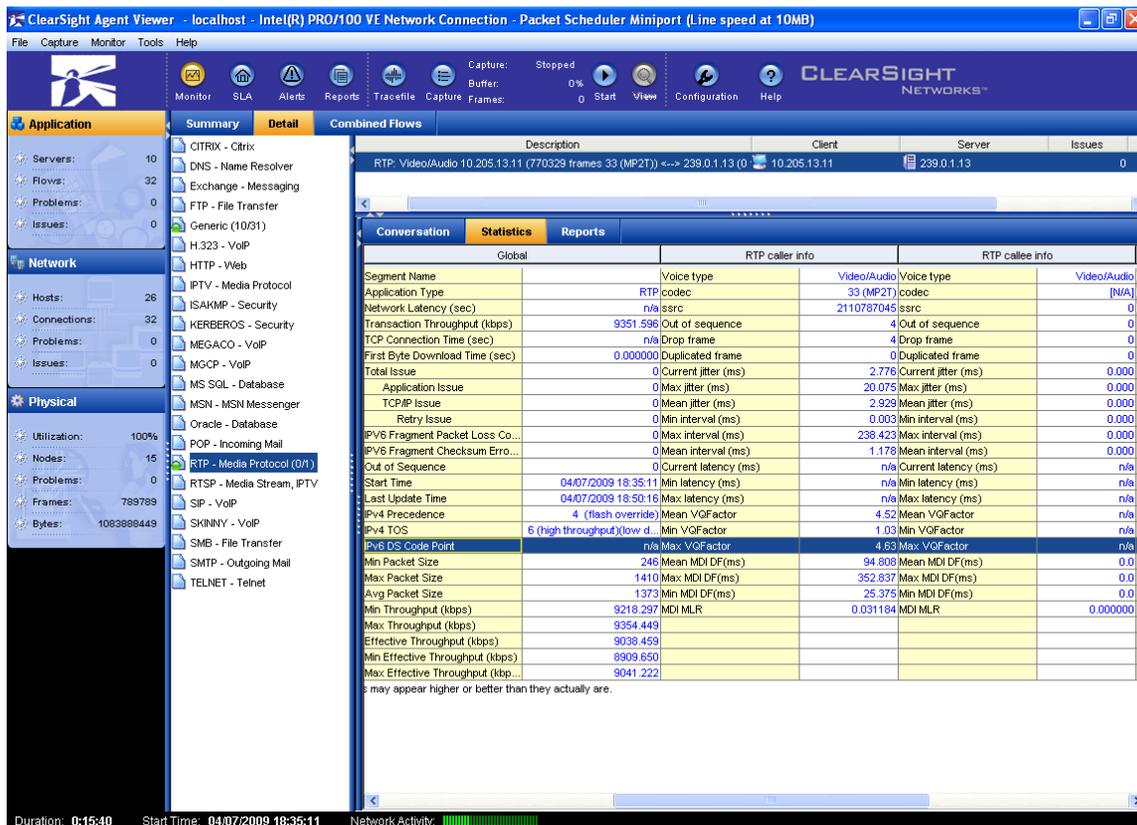


Figura 5.4. ClearSight que muestra la continuidad de errores del canal DW de alta definición estándar a través del codificador de video Harmonic's 7020 a los 15 minutos de ser monitoreado

- ✚ Los parámetros importantes que hay que considerar es el MDI (Media Delivery Index), el cual controla tanto la calidad de una secuencia de vídeo emitido, así como para abrir el sistema de márgenes para los sistemas de IPTV al proporcionar una medida precisa de las fluctuaciones y los retrasos a nivel de red (Internet Protocol, IP), que son las principales causas de pérdida de calidad; este parámetro se encuentra en dos números separados: El factor de retardo (DF) y la Tasa de Pérdida Media (MLR), se recomienda que el valor máximo para MDI DF sea entre 9-50ms y el MDI MLR menor a 0.004 para la SDTV ó VOD y 0.005 para la HDTV.

- ✚ La siguiente tabla arroja la cantidad de errores que arrojo en diferentes lapsos de tiempo

TIEMPO	ERRORES CONTINUOS
15 min	4
30 min	5
45 min	6
60 min	132

Los resultados completos se encuentran en el Anexo 2.

## TRABAJOS A FUTURO

Tomando como referencia mi propuesta, los trabajos a futuro que podrían realizarse en base a lo que propongo serían:

- ✚ Como muestro mi proyecto no abarca la etapa de dimensionamiento sin embargo; menciono parte de ella pero sería factible que en trabajos posteriores se pudiera tocar a fondo dicho tema; ya que permitiría obtener un diseño más completo de mi propuesta.
- ✚ La implementación del proyecto en un laboratorio; nos permitiría medir y evaluar el funcionamiento los elementos considerados en mi propuesta, se corregirán y mejorarán posibles fallas antes de la ejecución final.
- ✚ Realización de las pruebas mencionadas y la adición de algunas mas que se propongan, obteniendo resultados reales y lo más exactos posibles; y la comparación de los resultados con los obtenidos en el Laboratorio de Telmex TV.
- ✚ Ejecución y funcionamiento en tiempo real del proyecto en el mercado, después de haber sido evaluado y perfeccionado en el laboratorio.

## CONCLUSIONES

Como vimos, el presente proyecto tuvo como objetivo proponer una nueva arquitectura que brinde servicios IPTV, basada en un análisis de diferentes arquitecturas por reconocidos proveedores siendo: Alcate-Lucent, Cisco, Siemens, Ericsson, Telmex y Huawei.

A diferencia de la televisión por satélite, televisión por cable, o la televisión digital terrestre (TDT), el proveedor no emitirá sus contenidos siendo estos seleccionados por el usuario de forma local una vez se conecte, sino que los contenidos llegarán sólo cuando el cliente los solicite explícitamente. La clave está en la personalización del contenido para cada cliente de forma individual de manera que el usuario podrá seleccionar los contenidos que desea ver o descargar para almacenar en el receptor y de esta manera poder visualizarlos tantas veces como desee. Se trata en definitiva de un servicio que hace posible una televisión o un cine 'a la carta' en el que cada usuario puede ver el programa o película que desea y en el momento que desea

Así mismo ofrece otras ventajas sobre la televisión digital convencional entre las que se encuentran:

- Video Bajo Demanda: Es la principal ventaja, ya que cada usuario dispone de una televisión a la carta, y puede elegir qué película o programa va ver y a qué hora.
- Mayor contenido: La tecnología IPTV puede ofrecer los mismos canales, eventos deportivos, que las convencionales televisión por cable, satélite o TDT, pero además dentro de su oferta de contenidos puede contar con un almacén de películas y/o programas de televisión que pueden ser vistas por los usuarios durante un tiempo mayor que las películas o eventos en emisión de TV digital convencional.
- Comodidad en visualización: En el formato de video bajo demanda un usuario puede disfrutar del contenido tantas veces como desee. Puede parar una película en cualquier momento, regresar para volver a ver una escena, el video bajo demanda actúa como si una cinta de video o DVD se tratase.
- Publicidad Personalizada: Debido a que se trata de un canal bidireccional, los usuarios podrán determinar y seleccionar cuales son las áreas de interés sobre las que les gustaría recibir ofertas de publicidad, siendo así mucho más efectiva.
- Servicios de Valor Añadido: Estaríamos sentados frente al televisor como si se tratase de la pantalla del ordenador, por lo que tendríamos acceso a todo tipo de información, podríamos tener acceso no solo a contenidos televisivos sino también por ejemplo a contenidos de e-learning, buscadores, e-mail, Messenger, etc.

- Accesible a múltiples dispositivos: Mi proyecto no solo está limitado al uso del televisor sino también pueden acceder a través de su dispositivo móvil.
- Pero de la misma manera no podemos olvidarnos de algunos inconvenientes que presenta como son:
  - Pérdida de paquetes: Dado que este protocolo no está orientado a conexión se pueden experimentar de vez en cuando pérdida de paquetes o retrasos, impidiendo ver y escuchar correctamente la TV, en aquellos casos en la que la pérdida de paquetes es suficientemente elevada.
  - Cobertura: La posibilidad de ofrecer servicios de IPTV a los clientes, es inversamente proporcional a la distancia a la que se encuentre este abonado con la central.
  - Un proyecto de esta magnitud es muy costoso para implementar; sin embargo también nos ofrece el beneficio de ofrecer múltiples servicios a la vez; en este caso únicamente se tocó el tema de televisión pero puede ofrecer mucho más servicios, así como también puede escalar al ofrecer un número mayor de canales y equipos.

Asimismo por ser una propuesta de red propia, puede brindar servicios como proveedor convirtiéndose en una red rentable para muchas empresas más.

Esta propuesta solo abarca ciertas etapas de un proyecto completo, ya que este trabajo tiene como objetivo realizar una propuesta; por lo tanto se deja abierta la posibilidad de que alguien más pueda realizar otro trabajo abarcando las restantes etapas.

## BIBLIOGRAFIA GENERAL

- Weber Joseph & Newberry, IPTV Crash Course, Mc Graw Hill, USA 2007
- B. Casey John & Aupperle Ken, Digital Televisión and the PC, Hauppauge Computer Works, Inc, November 1998
- Carreño Juan Andrés, Documento de Televisión Digital Terrestre, Comisión Digital de Televisión, Bogotá 2008
- Delgado Gutiérrez Alejandro, Flujos de Programa y Transporte MPEG-2, Aplicaciones a DVB, Universidad Politécnica de Madrid.
- Axis, Paper: Compresión de Video Digital, Agosto 2004
- A Guide to Standard and High-Definition Digital Video Measurements, Tektronics.
- IPTV Explained, BroadBand Services Forum, [www.broadbandservicesforum.org](http://www.broadbandservicesforum.org)
- Weber Joseph & Newberry, IPTV Crash Course, Mc Graw Hill, USA 2007
- Cisco IPTV Video Headend, Defining a Superior Video Experience
- Converged Network Solutions (CNS), The Basic Architecture of IPTV, May 2007.
- Donoso Mesiel Yezid, Ortiz Adriana, Herrera Álvaro, Análisis de Rendimiento y pruebas de configuración de transmisiones de datos multipunto bajo árboles dense-mode y sparse-mode, Universidad del Norte Barranquilla, Colombia, 2002.
- Cooper William & Lovelace Graham, IPTV Guide, December 2006
- Amézquita Martínez Carlos, Seminario IPTV, Instituto Tecnológico de Teléfonos de México (INTELME), 2007
- <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/526/3/T10457CAP2.pdf>
- Open IPTV Forum- Functional Architecture, December 2008
- Goldberg Jeff & Kernen Thomas, Networks structures the internet, IPTV and QoE, Cisco Systems, October 2007.
- Jeff Goldberg and Thomas Kernen, Network structures the internet, IPTV and QoE, Cisco Systems, Octubre 2008.

- Peter Arberg, Torbjörn Cagenius, Olle V. Tidblad, Mats Ullerstig and Phil Winterbottom, Network infrastructure for IPTV, Ericsson, 2007.
- DSL Forum TR-101 - Migration to Ethernet-based DSL Aggregation, April 2006 ITU-T Gigabit-capable Passive Optical Network standards G.984.
- Baker, J., Cagenius, T., Goodwin, C., Hansson, M. and Hatas, M.: Deep-fiber broadband access networks. Ericsson Review, Vol. 84(2007)1, pp 4-8.
- Cedervall, M., Horn, U., Hu, Y., Ivars, I. and Näsström, T.: Open IPTV Forum – Toward an open IPTV standard. Ericsson Review, Vol. 84(2007)3, pp 74-78
- Open IPTV Forum, Functional Architecture, V1.2, Decembrer 2008.
- High quality and resilient IPTV multicast architecture Technical White Paper, Nokia Siemens Networks, 2008.
- Michael Lin, Network Software & Systems Technology Group, Cisco Systems 2009.
- Abreu, Marcelo. Análisis de Arquitecturas para un Core IP/MPLS, Universidad de Montecarlo, Facultad de Ingeniería 2008.
- Yezid Donoso Meisel<sup>1</sup>, Ramón Fabregat, José Luis Marzo, Eusebi Calle Multidifusión IP sobre MPLS sin y con QoS: propuesta y análisis de rendimiento, Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia, 2008.
- Alcatel Lucent, The Need for IPTV End to End Solution Integration, 2008.
- [12] Sangjie, Evaluation and optimization of the IPTV Bearer Network, July 2008.
- [13] Alcatel- Lucent, How to get ahead in IPTV, 2009
- [14] Cisco Systems, Planning Guide DWDM, November 2009.
- Alcatel, [www.alcatel-lucent.com](http://www.alcatel-lucent.com)
- ATCi, [www.atci.com](http://www.atci.com)
- Densite, Signal Processing Modular Interfaces.
- Miranda, [www.miranda.com](http://www.miranda.com)
- Juniper, [www.juniper.com](http://www.juniper.com)

- IBM [www.ibm.com](http://www.ibm.com)
- Dell, [www.dell.com](http://www.dell.com)
- Motorola, [www.motorola.com](http://www.motorola.com)
- Cisco, [www.cisco.com](http://www.cisco.com)
- Harmonic's, [www.harmonics.com](http://www.harmonics.com)
- EANTC, Competitive Test Report, [www.eantc.com](http://www.eantc.com)
- Laboratory InterOperability, University of New Hampshire [www.iol.unh.edu](http://www.iol.unh.edu).
- Cisco, [www.cisco.com](http://www.cisco.com).
- Spirent, [www.spirent.com](http://www.spirent.com)

## ANEXO 1

CANALES DE TV DE DEFINICION ESTANDAR					
#	Canal de TV	#	Canal de TV	#	Canal de TV
1	A&E	31	Disney XD	61	Telemundo
2	American Network	32	Enlace	62	Tlnovelas
3	Animal Planet	33	GenTV	63	TNT
4	Animax	34	Golden	64	Tooncast
5	Antena Neox	35	Gourment	65	Travel & Living
6	Arts	36	Grandes Documentales	66	Troncast
7	Arirang	37	History Channel	67	Tru TV
8	AXN	38	Infinito	68	TVC
9	Baby First TV	39	Jams	69	TVC Deportes
10	Baby TV	40	N	70	TVE
11	Bio	41	National Geographic	71	TV Globo
12	BET	42	NFL Network	72	TV5
13	BBC	43	Nick Jr	73	Universal
14	BBC Entertainment	44	Nickelodeon	74	Utilissima
15	Biography Channel	45	Milenio	75	VH1
16	Boomerang	46	MGM	76	Warner
17	Blues	47	TeenNick	77	Canal 2 (D.F)
18	Cartoon Network	48	People & Arts	78	Canal 4 (D.F)
19	CBeebies	49	Playhouse Disney	79	Canal 5 (D.F)
20	CCTV	50	RAI	80	Canal 7 (D.F)
21	Cinemax	51	Reality TV	81	Canal 9 (D.F)
22	Clase	52	Scifi	82	Canal 11 (D.F)
23	CMT	53	Soul	83	Canal 13 (D.F)
24	CNN	54	Sony	84	Canal 22 (D.F)
25	CNNI	55	Space	85	Canal 7 (GDL)
26	Cosmopolitan	56	Speed Channel	86	Canal 4 (GDL)
27	Deutsche Welle	57	Starz	87	Canal 7 (MTY)
28	Discovery Channel	58	TCM	88	Canal 12 (MTY)
29	Disney Channel	59	TDN	89	Canal 9 (Puebla)
30	Discovery Kids	60	Teleformula	90	Canal 12 (Puebla)

Tabla A1. Muestra los canales de televisión de Definición Estándar

CANALES DE PAGO POR EVENTO	
#	Canal de TV
1	ESPN2
2	Cinecanal
3	HBO
4	CNN Internacional
5	Fox Pro
6	Max Prime
7	Movie City
8	Play Boy
9	Real
10	The Film Zone

Figura A2. Muestra los canales de televisión de Pago de evento

CANALES DE TV DE ALTA DEFINICION	
#	Canal de TV
1	ABC Family
2	A&E
3	Cinemax
4	Disney Channel
5	HBO Comedy
6	HBO Zone
7	HBO Latino
8	HBO Family
9	History
10	TruTV

Figura A3. Muestra los canales de Televisión de Alta Definición

CANALES PARA MOVILES (Teléfonos Inteligentes)	
#	Canales educativos
1	Bandamax
2	Cartoon Network
3	CNN
4	Disney Channel
5	ExaTV
6	HBO Premium
7	MTV Music
8	Nat Geographic
9	Ritmoson Latino
10	ESPN

Figura A4. Muestra los canales de televisión para móviles

CANALES DE MUSICA			
#	Canal de Música	#	Canal de Música
1	Bandamax	11	MTV Jam
2	El Clásico	12	MTV Hits
3	Environmental	13	MTV Music
4	Euro Hits	14	Nat Geo Music
5	ExaTV	15	Ritmoson Latino
6	Fiesta Latina	16	Special Weekends
7	Grandes Cantantes	17	TeleHit
8	Jazz Latino	18	VH1
9	Love Music	19	VH1 Classic
10	Much Music	20	VH1 Soul

Tabla A5. Muestra los canales de televisión para móviles

Características	Simulsat 5	Simulsat C/Ku		Simulsat 7
<b>ELECTRICA</b>		C-band	Ku-Band	
<b>Frecuencia</b>	3.4-4.2GHz	3.4-4.2GHz	10.7-12.75GHz	3.4-4.2GHz
<b>Ganancia</b>	44dBi	44.5dBi	47.5dBi	46dBi
<b>Ancho de haz</b>	1.0º	1.0º	0.4º	0.8º
<b>Razón de Voltaje de Onda Estacionaria</b>	1.3	1.3	1.3	1.3
<b>MECANICAS</b>				
<b>Tamaño del Reflector</b>	16.5'x28.0' (5.0x8.8m)	16.5'x 31.6' (5.0x9.8m)		23'x42' (7.0x12.8m)
<b>Montaje</b>	Acero galvanizado	Acero galvanizado		Acero Galvanizado
<b>Cobertura de Arco</b>	70º	70º		70º
<b>Numero de satélites simultáneos</b>	Hasta 35 satélites	Hasta 35 satélites		Hasta a 37 satélites
<b>Piezas de Reflector</b>	3 Secciones	6 Secciones		5 secciones

Tabla A6. Comparativa entre los diferentes modelos de antenas Simulsat

Dev 8122/4/75	Imagen
Banda L 4 Canales Impedancia de 75 ohms Fuentes de alimentación redundantes con estado de salida de alarma. Monitoreo de corriente en los LNBS <b>Costo:</b> 2300 USD = 29,900 Pesos	

Tabla A7. Características y beneficios de Dev 8122/4/75

DEV 1993/zz/m*n+1	Imagen
m = numero de redundancia n= número de canales de señal por la redundancia grupo: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 o 16. Integración del chasis Configuración, monitoreo y control a través de una interfaz web. <b>Costo:</b> 3000 USD = 39,000 pesos	

Tabla A8. Características y beneficios de DEV 1993/zz/m\*n+1

RECEPTOR DECODIFICADOR INTEGRADO	IMAGEN
<p><b>Motorola DSR 4500X</b></p> <p>8 Entradas RF Salidas ASI y DHEI MPEG-2 Main Level@Main Profile y DigiCipher II Digital Video Procesamiento de audio Dolby y AC3. Control de Acceso Condicional DigiCipher II <b>Costo:</b> 1500 USD = 21000 pesos</p>	 <p><b>Motorola DSR 4500X</b></p>
<p><b>Scientific Atlanta Power Vu Model D9850</b></p> <p>4 Salidas Banda L Procesamiento de Audio Dolby y MPEG Acceso Condicional PowerVu con DES o DVB Entradas ASI Salidas de video con audio embebido <b>Costo:</b> 1800 USD = 24000 pesos</p>	 <p><b>Scientific Atlanta Power Vu Model D9850</b></p>

Tabla A9. Características y beneficios de diferentes tipos de IRD

Densite Series XVP-3901	Imagen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesador de Audio y Video SD y HD</li> <li>• Conversión a alta calidad de audio y video.</li> <li>• Monitoreo y Control avanzado</li> <li>• Una sola tarjeta que incluye la integración de video HD, SD y audio</li> <li>• Entradas y salidas de Fibra óptica</li> <li>• Procesamiento de 16 canales</li> <li>• Soporta varios formatos de video</li> <li>• Costo: 3050 USD = 42,700 Pesos</li> </ul>	

Tabla A10. Características y beneficios del equipo Densité Series XVP-3901

Large Routing Platinum Harris	Imagen
<p>Soporta 256x256 en 15RU                      Mayor control y monitoreo de canales                      Señales mixtas incluyendo HD-SDI, SDI, ASI, video analógico, AES y analógica.                      Soporta múltiples formatos en un solo equipo                      Entradas y salidas coaxiales y de fibra óptica.                      Ofrece una gran fiabilidad                      Fuentes de alimentación redundantes                      Grandes niveles de seguridad  <b>Costo:</b> 940 USD = 12,500 Pesos</p>	

Tabla A11. Características y beneficios del equipo Large Routing Platinum Harris

CODIFICADORES DE VIDEO	IMAGEN DEL EQUIPO
<p><b>Harmonic's DiviCom Electra 7000</b></p> <p>Soporta televisión de definición estándar.                      Soporta 4 canales de Televisión.                      Permite una compresión de video de H.264.                      Entradas de video y audio digital                      Formatos de audio: MPEG-1 Layer II, Dolby Digital y ACC.                      Posee su propio Gestor de Red (NMX).  <b>Costo:</b> 1050 USD = 14,700</p>	 <p><b>Harmonic's DiviCom Electra 7000</b></p>

Tabla A12. Características del Codificador de video SD Harmonic's DiviCom Electra 7000

CODIFICADORES DE VIDEO	IMAGEN DEL EQUIPO
<p><b>Harmonic's DiviCom Electra 7020</b></p> <p>Soporta televisión de alta definición                      Soporta 2 canales de Televisión.                      Permite una compresión de video de H.264.                      Entradas de video y audio digital                      Formatos de audio: MPEG-1 Layer II, Dolby Digital y ACC.                      Posee su propio Gestor de Red (NMX).  <b>Costo:</b> 2000 USD = 28,000 Pesos</p>	 <p><b>Harmonic's DiviCom Electra 7020</b></p>

Tabla A13. Características del Codificador de video HD Harmonic's DiviCom Electra 7020

Prostream 1000 Harmonic's	Imagen
<p>Modulo con entradas y salidas ASI            Posee 4 puertos ASI por tarjeta            Capacidades de agregación IP y ASI            Puede proporcionar salidas IP sobre RTP/UDP            Procesamiento de flujo multifuncional, tales como multiplexación, codificación y codificación digital.            Es Flexible            Soporta todas las infraestructuras IP            Cuenta con el gestos NMX que simplifica, configura, monitorea y ofrece redundancia en ambas arquitecturas centralizadas y distribuidas</p> <p><b>Costo:</b> 1020 USD = 14,280 Pesos</p>	

Tabla A14. Características del Codificador de Música Prostream 1000 Harmonic's

UE-9610 Real Time Mobile Encoder Scopus	Imagen
<p>Codificación está basada en H.264            Actualización SD            Puede soportar la codificación de audio HE-AA            Ofrece redundancia de canales para salidas duales GbE IP.            Cuenta con gestor para controlar y monitorear el estado y funcionamiento del equipo llamado el dorado.</p> <p><b>Costo:</b> 1025 USD = 14,300 Pesos</p>	

Tabla A15. Características del Codificador para móviles UE-9610 Real Time Mobile Encoder Scopus

Dell Power Edge M805	IBM Blade Center HS12
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Procesador:</b> AMD Opteron de dos y cuatro núcleos</li> <li>• <b>Memoria:</b> 16 ranuras DIMM, admitiendo 128 GB que usan 16 DIMM de 8G</li> <li>• <b>Sistema operativo:</b> Microsoft Service Windows 2008.</li> <li>• <b>Almacenamiento:</b> Como máximo 2 discos duros SAS de 36GB, 73GB o 146GB, es decir logra una capacidad máxima de almacenamiento interno de 300 GB con dos discos duros.</li> <li>• <b>Alimentación:</b> Suministrada por el chasis blade M1000 Dell.</li> <li>• <b>Costo =</b> 1699 Euros = 27,128 Pesos</li> </ul>	<p>• <b>Procesador:</b> Intel Xenón de un core o dos de hasta 3GHz ó Intel Xenón de cuatro cores de hasta 2.83 GHz.</p> <p>• <b>Memoria:</b> 6 memorias de hasta 24GB.</p> <p>• <b>Sistema operativo:</b> Microsoft Service Windows 2008</p> <p>• <b>Almacenamiento:</b> Hasta 293.6 GB. Proporciona un rendimiento, integración y fiabilidad similares a los de los servidores de doble procesador pero aun precio mas accesible. Reduce costos de energía y de refrigeración.</p> <p>Costo: 1450 Euros = 23,200 Pesos</p>
  <p><b>Chasis Dell Power EdgeM1000</b></p>	  <p><b>Chasis IBM BladeCenter H</b></p>

Tabla A16. Tabla Comparativa de servidores Blade

Switch-Router 7450 ESS de Alcatel	Imagen
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Es un equipo dedicado para servicios multicast de alto rendimiento para la distribución de video.</li> <li>▪ Se considera un equipo de nueva generación para la prestación de servicios triple play.</li> <li>▪ Proporciona la escalabilidad y estabilidad</li> <li>▪ Soporta servicios Ethernet a 100 Gigabit</li> <li>▪ Reduce energía y es de gestión flexible</li> <li>▪ El chasis posee cinco diferentes configuraciones: 1, 6, 7 y 12 slots</li> <li>▪ Posee redundancia de energía</li> <li>▪ <b>Costo:</b> 4950 USD = 64,350 pesos</li> </ul>	

Tabla A17. Características del Switch-Router 7450 ESS de Alcatel

Router 7750 SR de Alcatel	Imagen
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Soporta protocolos Multicast: IGMPv1, IGMPv2, IGMPv3, PIM-SM, PIM-SSM.</li> <li>▪ Aumenta la fiabilidad de los servicios triple play y los servicios empresariales.</li> <li>▪ Entrega hasta 100 Gigabit Ethernet (GbE).</li> <li>▪ Se puede implementar perfectamente en una red convergente IP/MPLS.</li> <li>▪ Reduce costos.</li> <li>▪ Es altamente tolerante a fallos.</li> <li>▪ Apoya la garantía de servicio y herramientas de seguimiento a través de IP, MPLS y los dominios Ethernet.</li> <li>▪ Proporciona una alta redundancia en hardware.</li> <li>▪ Cuenta con un Adaptador de Servicios Agregados (ISA).</li> <li>▪ Reduce el impacto ambiental.</li> </ul>	

Tabla A18. Características del Switch-Router 7450 ESS de Alcatel

Router Cisco CRS-1	Imagen
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Router de Alto rendimiento y reduce costos</li> <li>▪ Router de Borde</li> <li>▪ Apoya la garantía de servicio y herramientas de seguimiento a través de IP, MPLS y los dominios Ethernet</li> <li>▪ Proporciona una alta redundancia en hardware</li> <li>▪ Cuenta con un adaptador de servicios Agregados (ISA)</li> <li>▪ Permite desplegar una infraestructura de red avanzada que permite implementar una gama de servicios triple play.</li> <li>▪ Se considera un router de borde de redes WAN y MAN</li> <li>▪ Soporta protocolos Multicast: IGMPv1, IGMPv2, IGMPv3, PIM-SM, PIM-</li> <li>▪ Reduce el impacto ambiental</li> <li>▪ <b>Costo:</b> 2,995 USD = 116,935 pesos</li> </ul>	

Tabla A19. Características del Router Cisco CRS-1

Firewall Juniper ISG 2000	Imagen
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ofrece un rendimiento multi-gigabit siendo una solución de seguridad ideal para grandes empresas, centros de datos y redes de proveedores de servicios.</li> <li>▪ Ofrece características de seguridad: Sistemas de Prevención a intrusos (IPS), anti-spam, filtrado web y soporta la redirección del antivirus del Protocolo de Adaptación del contenido de Internet (ICAP).</li> <li>▪ Permite la ejecución de las políticas de seguridad para flujos de tráfico, incluso en ambientes de alta complejidad.</li> <li>▪ Ofrece el rendimiento necesario para proteger los entornos de LAN de alta velocidad</li> <li>▪ Asegura una baja latencia en las aplicaciones sensibles, tales como VoIP e IPTV</li> <li>▪ Proporciona la fiabilidad necesaria para el despliegue de las redes de alta velocidad</li> <li>▪ Posee características adicionales de seguridad respaldada por los mejores socios de seguridad: Symantec y SurfControl.</li> <li>▪ Simplifica la integración de la red y ayuda a reducir el costo de futuras mejoras de la red.</li> <li>▪ Posee potentes capacidades de seguridad para facilitar el despliegue de varios subgrupos DMZ internos y externos para evitar el acceso autorizado en la red.</li> <li>▪ Permite el despliegue de seguridad consolidada y el dispositivo de enrutamiento lo que reduce los gastos operativos y de capital.</li> <li>▪ Transforma la infraestructura de la red para asegurar de que es seguro, flexible y escalable</li> <li>▪ <b>Costo:</b> 20,000 USD = 260,000 pesos</li> </ul>	

Tabla A20. Características del Firewall Juniper ISG 2000

Alcatel Lucent 7342 ISAM	Imagen
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Arquitectura basada en Ethernet/IP proporcionando alta capacidad necesaria para ofrecer IPTV y servicios convergentes de red a más de 64 terminales por PON y 2000 terminales por sistemas.</li> <li>▪ Costo bajo para la prestación de servicios triple play en la nueva construcción.</li> <li>▪ Ofrece hasta 4-8 veces más ancho de banda en comparación con otras tecnologías PON</li> <li>▪ Utiliza una tasa para PON de 2.488/1.25Gbps basada en la especificación G.984.3. Proporciona interfaz para los servicios tradicionales de VoIP moderna y protocolos SIP/H.248.</li> <li>▪ Incluye la OLT que la parte que se encuentra en el lugar del usuario</li> <li>▪ <b>Costo:</b> 4,000 USD = 52,000 pesos</li> </ul>	

Tabla A21. Características importantes del ONT 7342 ISAM de Alcatel-Lucent

Motorola VIP 1616 T	Imagen
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Decodificador de Video estándar y de alta definición.</li><li>▪ Disco Duro integrado de 160 GB</li><li>▪ Soporta funcionalidades de la TV digital: Guía de programación electrónica, video bajo pedido y Multicast TV.</li><li>▪ Soporta multiples protocolos IP</li><li>▪ Audio Digital AAC y Dolby Digital AC3.</li><li>▪ Soporta Picture and Picture.</li><li>▪ Codecs de video H.264 (H.264), MPEG-2 y VC-1</li><li>▪ <b>Costo:</b></li></ul>	

Tabla A22. Características del STB Motorola VIP 1616 T

## ANEXO 2

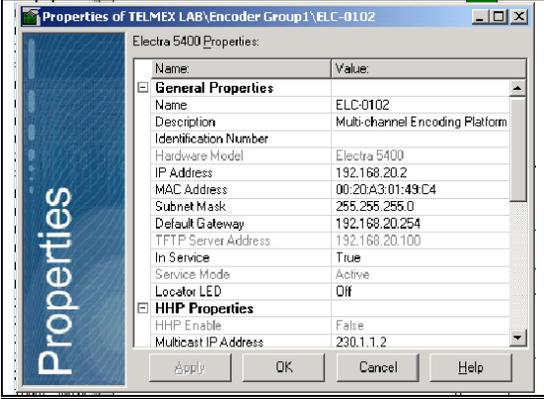
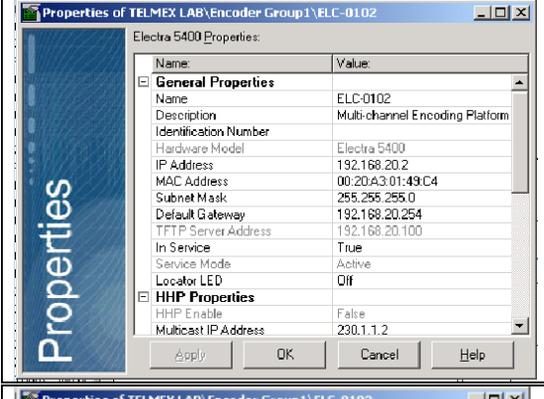
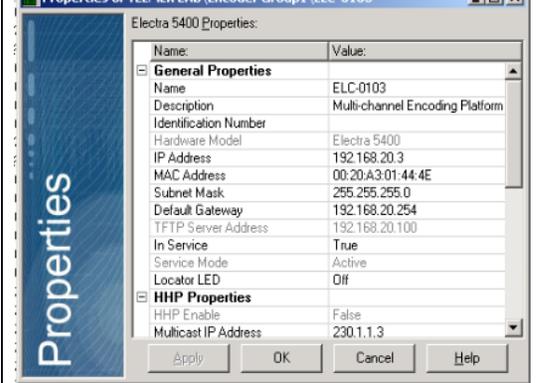
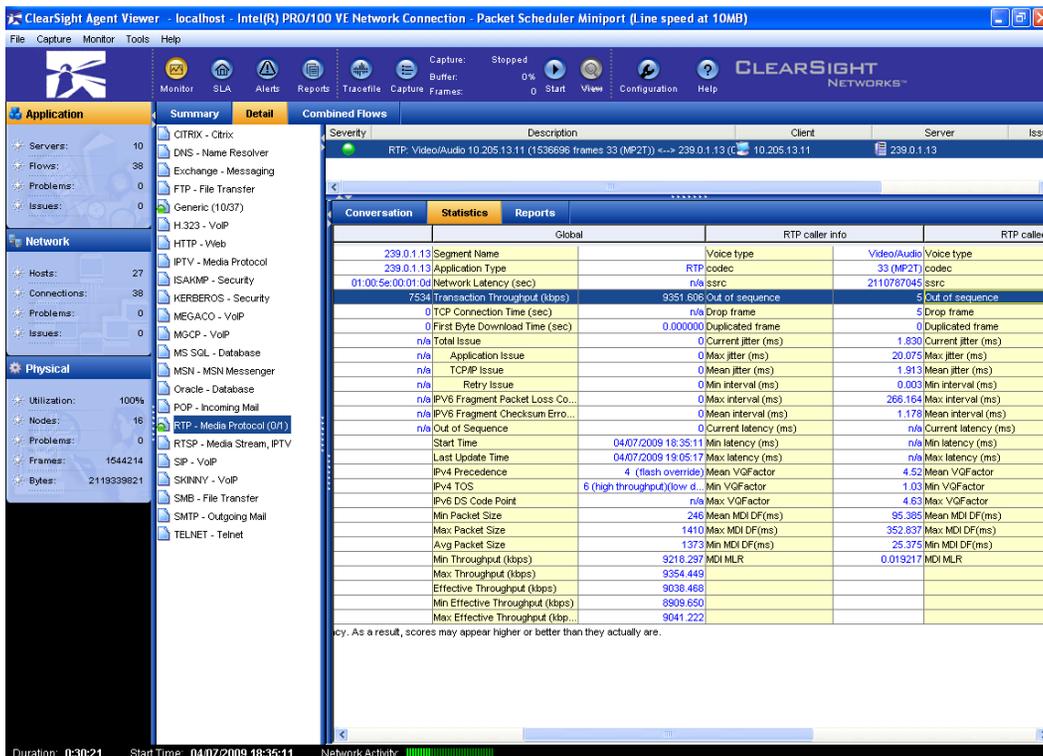
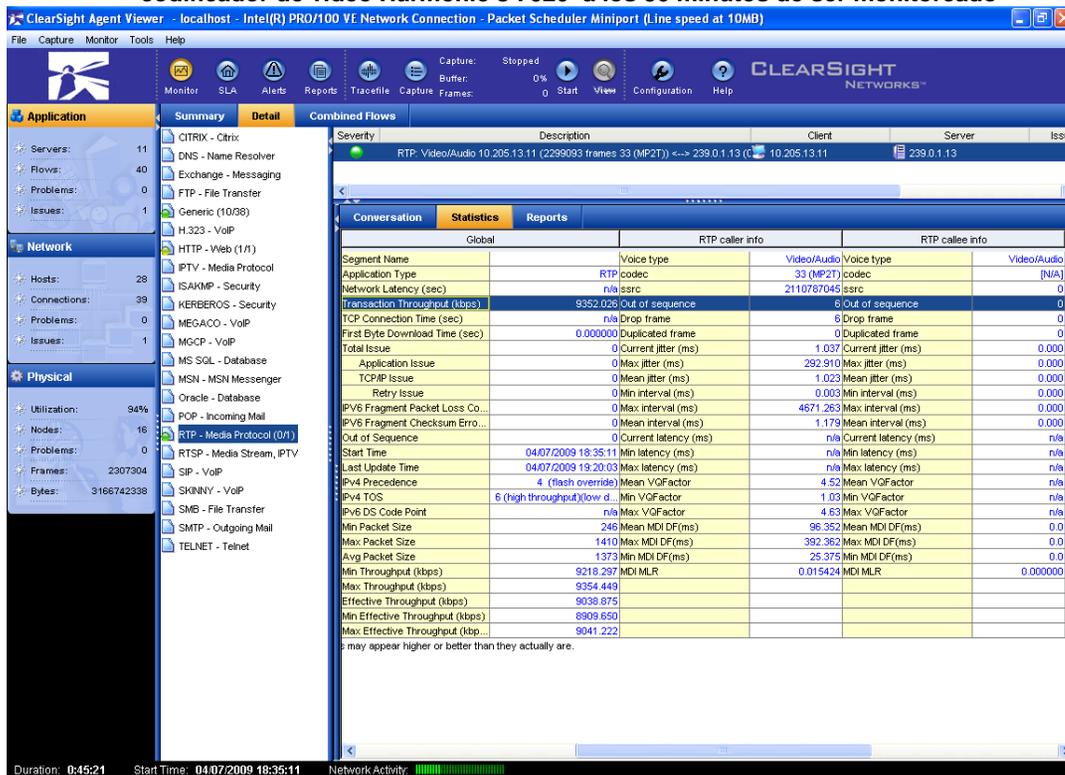
PANTALLAS	RESULTADOS										
	<table border="1"> <tr> <td>Codificador de video</td> <td>Codificador de video 2</td> </tr> <tr> <td>Dirección IP</td> <td>192.168.20.2</td> </tr> <tr> <td>Mascara de Subred</td> <td>255.255.255.0</td> </tr> <tr> <td>Puerta de enlace</td> <td>192.168.20.254</td> </tr> <tr> <td>Dirección MAC</td> <td>00:20:A3:01:49:C4</td> </tr> </table>	Codificador de video	Codificador de video 2	Dirección IP	192.168.20.2	Mascara de Subred	255.255.255.0	Puerta de enlace	192.168.20.254	Dirección MAC	00:20:A3:01:49:C4
Codificador de video	Codificador de video 2										
Dirección IP	192.168.20.2										
Mascara de Subred	255.255.255.0										
Puerta de enlace	192.168.20.254										
Dirección MAC	00:20:A3:01:49:C4										
	<table border="1"> <tr> <td>Codificador de video</td> <td>Codificador de video 3</td> </tr> <tr> <td>Dirección IP</td> <td>192.168.20.3</td> </tr> <tr> <td>Mascara de Subred</td> <td>255.255.255.0</td> </tr> <tr> <td>Puerta de enlace</td> <td>192.168.20.254</td> </tr> <tr> <td>Dirección MAC</td> <td>00:20:A3:01:44:4E</td> </tr> </table>	Codificador de video	Codificador de video 3	Dirección IP	192.168.20.3	Mascara de Subred	255.255.255.0	Puerta de enlace	192.168.20.254	Dirección MAC	00:20:A3:01:44:4E
Codificador de video	Codificador de video 3										
Dirección IP	192.168.20.3										
Mascara de Subred	255.255.255.0										
Puerta de enlace	192.168.20.254										
Dirección MAC	00:20:A3:01:44:4E										
	<table border="1"> <tr> <td>Codificador de video</td> <td>Codificador de video 4</td> </tr> <tr> <td>Dirección IP</td> <td>192.168.20.4</td> </tr> <tr> <td>Mascara de Subred</td> <td>255.255.255.0</td> </tr> <tr> <td>Puerta de enlace</td> <td>192.168.20.254</td> </tr> <tr> <td>Dirección MAC</td> <td>00:20:A3:01:A5:92</td> </tr> </table>	Codificador de video	Codificador de video 4	Dirección IP	192.168.20.4	Mascara de Subred	255.255.255.0	Puerta de enlace	192.168.20.254	Dirección MAC	00:20:A3:01:A5:92
Codificador de video	Codificador de video 4										
Dirección IP	192.168.20.4										
Mascara de Subred	255.255.255.0										
Puerta de enlace	192.168.20.254										
Dirección MAC	00:20:A3:01:A5:92										

Tabla A23. Resultados de las Dirección MAC, Dirección IP, Mascara de red y Puertas de enlace de los 3 codificadores de video restantes



**Figura A24. ClearSighth que muestra la continuidad de errores del canal de DW de alta definicion a través del codificador de video Harmonic's 7020 a los 30 minutos de ser monitoreado**



**Figura A25. ClearSighth que muestra la continuidad de errores del canal de DW de alta definicion a través del codificador de video Harmonic's 7020 a los 45 minutos de ser monitoreado**

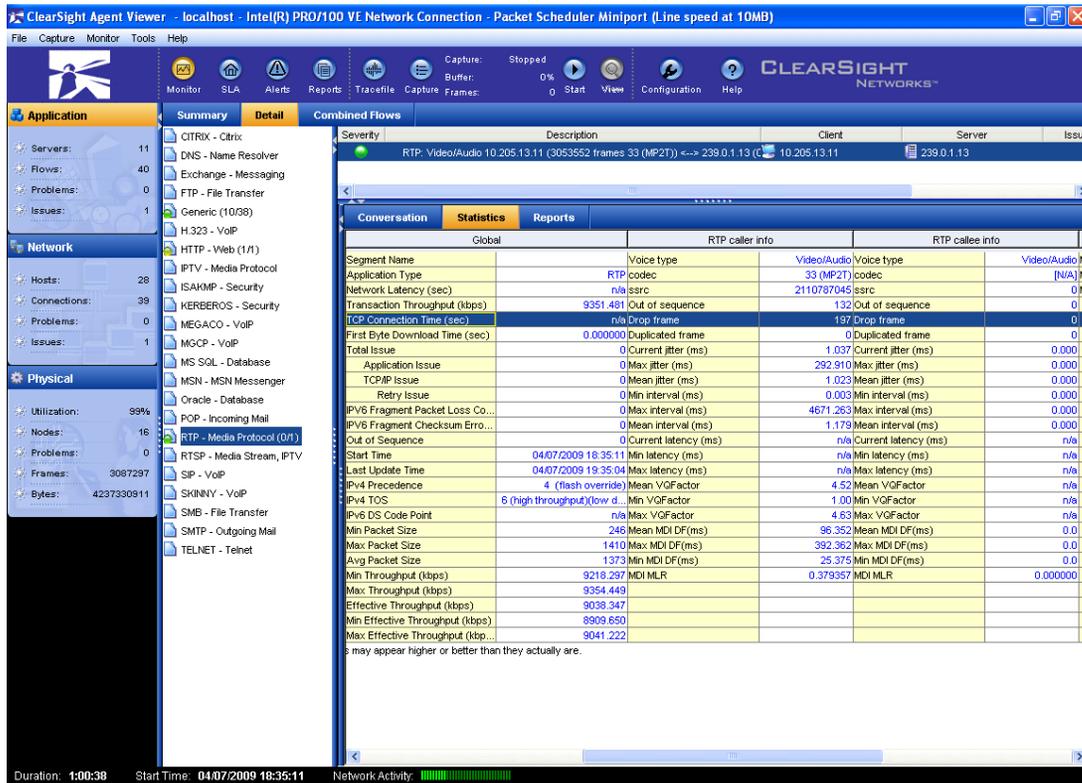


Figura A26. ClearSight que muestra la continuidad de errores del canal de DW de alta definición a través del codificador de video Harmonic's 7020 a los 60 minutos de ser monitoreado



# **PUBLICACIONES**

# **Y**

# **CONGRESOS**



14 del 1o. al 5 de Diciembre de 2008  
**CONVENCIÓN CIENTÍFICA**  
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

44  
ANIVERSARIO  
cujae  
2 0 0 8

# Propuesta para implementar programación de televisión educativa dentro de una Institución de Nivel Superior a través de su propia arquitectura de Red IP actual.

Patricia Zúñiga Vázquez, Héctor Oviedo Galdeano  
SEPI-ESIME-Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional, Edif. Z-4, 3er. Piso,  
Col. Lindavista, CP 07738 México D.F.  
hectorovie@yahoo.com.mx, newroot13ster@gmail.com

*Resumen.-* Es indudable el beneficio de la enseñanza por medios audiovisuales, cada día se elabora material más completo y de mejor calidad en todas y cada una de las disciplinas del conocimiento humano para fines educativos utilizando las herramientas audiovisuales más avanzadas. Es interesante notar como fenómenos complejos (interacción de campos electromagnéticos, manipulación de cadenas de ADN, recreación de modelos matemáticos complejos, etc.) pueden ser visualizados y comprendidos rápidamente por los estudiantes, ahorrándose horas de explicaciones tediosas y muchas veces incomprensibles. Además, existen cada día mayor número de canales de televisión tanto comerciales como no comerciales que difunden este material. Es por eso que resulta importante que cualquier institución educativa pueda contar con transmisión de TV a través de su red de datos IP.

*Abstract.-* The benefit of education by audio-visual means is doubtless, every day is elaborated material more complete and of better quality in each and every one of the disciplines of the human knowledge for educative aims using the audiovisuales tools more outposts. He is interesting to notice like complex phenomena (interaction of electromagnetic fields, manipulation of DNA chains, recreation of complex mathematical models, etc.) can be visualized and be understood quickly by the students, saving itself hours of tedious and often incomprehensible explanations. In addition, they exist every day greater number of as much noncommercial and commercial television channels that they spread this material. It is why it is important that any educative institution can count on transmission of TV through its data network IP.

## I. INTRODUCCION

En este trabajo propone la introducción de uno o varios canales de TV operados por la institución en base a una programación propia de

contenido científico, cultural y tecnológico; aprovechando su propia red existente, así mismo se plantean las adecuaciones necesarias para una transmisión eficiente y de calidad utilizando el concepto IPTV.

## II. TV DIGITAL

La Televisión Digital (DTV), es un nuevo tipo de tecnología en transmisión que va a transformar la televisión tradicional; debido a que la entrega será digital, la señal de televisión va a estar virtualmente libre de interferencias y más eficiente que la tecnología analógica. Actualmente las estaciones de TV tienen la capacidad de ofrecer televisión con una mejor calidad de imagen y sonido envolvente (surround); al transmitir la información utilizada para hacer una imagen y sonido de televisión como "bits de datos" (como una computadora), un transmisor digital puede transmitir más información de la que es actualmente posible con la tecnología de transmisión analógica.

Se decidió emigrar a la televisión digital debido a que principal problema de la televisión analógica es que no saca partido al hecho de que en la mayoría de los casos, las señales de video varían muy poco al pasar de un elemento de imagen (píxel) a los contiguos, o por lo menos existe una dependencia entre ellos. En pocas palabras, se derrocha espectro electromagnético. Además al crecer el número de estaciones transmisoras, la interferencia pasa a convertirse en un grave problema. El transporte de esta señal analógica hasta los hogares ocupa muchos recursos. En el mundo digital esos parámetros se representan por números; en un sistema de base

dos, es decir, usando únicamente los dígitos "1" y "0"

El proceso de digitalización de una señal analógica lo realiza el conversor analógico/digital. Esta representación, numérica en bits, permite someter la señal de televisión a procesos muy complejos, sin degradación de calidad, que ofrecen múltiples ventajas y abren un abanico de posibilidades de nuevos servicios en el hogar. Sin embargo, la señal de televisión digital ofrecida directamente por el conversor analógico/digital contiene una gran cantidad de bits que no hacen viable su transporte y almacenamiento sin un consumo excesivo de recursos. La cantidad de bits que genera el proceso de digitalización de una señal de televisión es tan alta que necesita mucha capacidad de almacenamiento y de recursos para su transporte. Ejemplos de la cantidad de bits que genera la digitalización de 3 diferentes formatos de televisión:

*En formato convencional (4:3)* una imagen digital de televisión está formada por 720x576 puntos (píxeles). Almacenar una imagen requiere: 1 Mbyte. Transmitir un segundo de imágenes continuas, requiere una velocidad de transmisión de 170 Mbits/s.

*En formato panorámico (16:9)* una imagen digital de televisión está formada por 960x 576 puntos (píxeles): requiere un 30% más de capacidad que el formato 4:3

*En formato alta definición* la imagen digital de televisión consiste en 1920 x1080 puntos (píxeles). Almacenar una imagen requiere más de 4Mbyte por imagen. Transmitir un segundo de imágenes continuas, requiere una velocidad de transmisión de 1Gbit/s.

Los principales estándares utilizados en la transmisión de televisión digital son:

- El Estándar Norteamericano (ATSC)
- El Estándar Europeo (DVB)
- El Estándar Japonés (ISDB)

Las diferentes resoluciones pueden operar de modo progresivo, o entrelazado, aunque la más alta sea 1080 donde ya no se puede desplegar de forma progresiva con una secuencia de fotogramas de 59.94 o 60 fotogramas por segundo.

El estándar norteamericano (ATSC) privilegia al sistema de alta definición (HDTV) por sobre otras virtudes como el multicasting y el datacasting; debido a que la población norteamericana prefiere esta definición. Este grupo se encarga del desarrollo de los estándares de la televisión digital en los Estados Unidos, y en base a estos estándares Canadá, México, Corea del Sur y recientemente Guatemala y Honduras adoptaron esta normativa; intenta remplazar al sistema de

televisión analoga NTSC. La televisión digital esta definida por este estándar, como una imagen panorámica de 16:9 con una resolución de 1920x1080 píxeles. Esto es más de seis veces superior al tamaño de resolución de los anteriores estándares. Así mismo el sistema de televisión de Alta Definición HDTV tiene dos modalidades principales: 1,080 líneas activas con 1920 píxeles cuadrados por línea, con barridos entrelazados de 59, 94 y 60 cuadros por segundo (hasta seis veces mas que la NSTC), o 720 líneas activas con 1280 píxeles por línea con barridos progresivos de 59.94 y 60 cuadros por segundos.

El estándar europeo privilegia el multicasting y el datacasting, impulsado por empresas de radiodifusión y distribuidores de equipamiento tales como Nokia, Siemens y BBC (British Broadcasting Corporation, Corporación Británica de Difusión entre otros).

El estándar japonés es una combinación de ambos estándares anteriores porque en el se podía recibir señal con alta definición o bajar la calidad a esta misma para permitir una programación múltiple.

### III. ¿QUE ES LA TECNOLOGÍA IPTV?

El concepto de IPTV describe un sistema donde la televisión digital es entregada utilizando el protocolo de Internet (IP) sobre una infraestructura de red determinada. IPTV permite la entrega de video a una alta calidad en conjunto con muchas ventajas como lo es el Video sobre Demanda (VoD), juegos, interactividad y servicios personalizados.

Existen diversas arquitecturas para la transmisión de servicios de video sobre diferentes tipos de redes de telecomunicaciones pero cualquier red de distribución basada en IP requiere incorporar, al menos los siguientes módulos:

**1. Captura de las señales de video:** En esta etapa se recopila el contenido para integrar la oferta programática.

**2. Almacenamiento y servidores de video:** Se realiza el almacenamiento y respaldo de contenidos, la administración de video bajo demanda, del video streaming de alta velocidad y licencias DRM (Digital Rights Management, Manejo de los Derechos Digitales).

**3. Distribución del Contenido:** Es la etapa de transporte de alta capacidad que permite la transición bidireccional del contenido, control de sesiones, autenticación de usuarios y generación de datos de facturación.

**4. Equipo de acceso al usuario:** Es la etapa que comprende la terminación de la red de transporte y el

domicilio de los usuarios; en donde se coloca el equipo receptor o decodificador conocido como Sep Top Box (por su siglas en inglés, STB) para poder recibir el contenido de la televisión tradicional.

5. **Software:** Es la etapa que muestra dicho servicio de una forma gráfica y amigable, como lo es una guía de programación interactiva, etc.

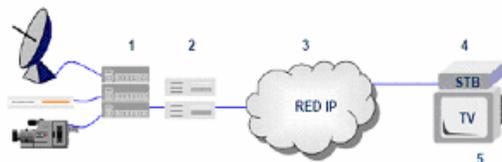


Fig. 1. Muestra la estructura básica de la arquitectura necesaria para IPTV

La capacidad mínima estimada para servicios IPTV se asume entre 1 y 2 Mbit/s por cada canal de definición estándar (SDTV) y 7-8 Mbit/s por cada canal de alta definición (HDTV). Para dos canales simultáneos el ancho de banda neto resultante es de 2-4Mbit/s para un servicio básico o 8-10 Mbit/s si se incluye un canal HDTV en ambos casos utilizando tecnología MPEG-4 para una codificación /compresión de la señal de video. A esta capacidad habría que añadirle en ancho de banda contratado para la conexión a Internet:

Servicio	Tasa Básica	Conexión a Internet	Capacidad Total requerida
Paquete Básico (2 canales SDTV)	2-4 Mbit/s	1 Mbit/s	3-5 Mbit/s
Paquete Básico con 1 canal SDTV+1 HDTV	8-10 Mbit/s	2 Mbit/s	10-12 Mbit/s

Fig. 2. Anchos de banda necesarios para cada conexión

#### IV APLICACION DE LA TECNOLOGIA IPTV A LA RED IP DE UNA INSTITUCION DE NIVEL SUPERIOR PROPUESTA

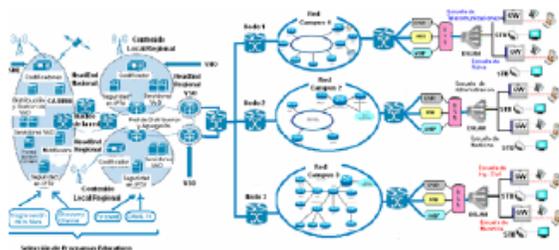


Fig. 3. Propuesta del proyecto de IPTV aplicado a la Red IP de una Institución Educativa de Nivel Superior

EL Super HeadEnd (SHE) involucra los nodos principales

que dan conectividad y distribución de video a diferentes áreas demográficas, es el sitio donde se adquieren (reciben) las señales de broadcast desde diferentes medios, se agregan, se procesan, codifican y desde allí se distribuye al resto de la red. También puede ser un punto donde se realice un almacenamiento primario de contenidos a demanda. Los nodos a considerar son el Nodo de Video Nacional, el Nodo de video Regional y el Nodo del Video Local.

El Head End será el conjunto de elementos que incluyen las funciones de recibir las señales en vivo (transmitidas vía satélite o provistas por fuentes de contenido local) y convertirlas al formato necesario para su transmisión por la red y su posterior recepción por los STB. Por ejemplo está constituido por: antenas para recepción satelital (la mayoría de las señales de difusión se distribuyen vía satélite), los receptores, los servidores de codificación/transcodificación, el sistema de ajuste de BW (Ancho de Banda) del flujo de información (rate shaping), y los equipos de encaminamiento que conforman los streams a insertar en la red de un operador.

El HeadEnd Nacional considerado el primer Nodo de video Nacional involucra la inserción y la ingestión del contenido nacional, los codificadores de video, los servidores CA/DRM, también se encuentra la distribución y gestión de VoD (Video sobre Demanda), así como los servidores de VoD y Middleware así como ve la Seguridad del servicio de IPTV; será la ubicación que nos proveerá la TV broadcast y la adquisición y la distribución de video sobre demanda. Los streams de TV broadcast a nivel Nacional serán recibidos vía satélite y recibidos en el HeadEnd. Así mismo este nodo se conecta con el Nodo de Video Regional (NVR) este nodo soporta la entrega de películas VoD (bajo demanda) y la capacidades del Cambio de Canales Instantáneos (ICC) a una Área de Mercado Demográfico (DMA). Un NVR siempre es colocado con un Nodo de Video Local (NVL) que es donde se encuentran todos los recursos de VoD que son entregados a todos los usuarios de IPTV y estos son controlados por los NVL.

El VHO (Video Hub Office), será el sitio desde donde se distribuyen los contenidos a grupos definidos de usuarios finales a través de la red de agregación (también denominada Metro). En este punto se ubican típicamente los servidores de video y se agrega publicidad; también se encarga de integrar y agregar el contenido local y regional y servicios bajo demanda, al contenido nacional y tiene alcance entre 100,000 y 500,000 hogares. El VSO (Video Serving Office) es el sitio 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; así mismo se encarga de mapear los streams de IPTV a la red acceso para su distribución en los hogares de los consumidores.

El Sistema de video y audio a demanda (VoD) es el sistema cuyo cometido es almacenar y transmitir a la red videos y

pistas de audio que podrán ser solicitados por los clientes para ser recibidos a demanda.

El Middleware es el sistema cuyo cometido es soportar la entrega de servicios de IPTV. El Middleware define y coordina la forma en que el usuario interactúa con el servicio de IPTV, y soporta la interacción de los distintos servidores de aplicaciones con el Head End. El Middleware también podrá contar con un módulo de tasación de servicios. El Middleware constituye una especie de servidor de portal que es accedido y utilizado por una aplicación "cliente" que se ejecuta en el STB.

El manejo de los derechos digitales (DRM, Digital Right Management), es un sistema de control de acceso y protección de copia utilizada para la distribución de medios digitales que se encargará de la encriptación de los contenidos de modo que no se vulneren los derechos de propiedad intelectual de los contenidos al ser transmitidos en la red.

El video entregado por el Nodo de Video Nacional es transportado a través del núcleo de una red IP que consiste de un backbone de fibra (WAN) y varios VHOs. El núcleo de la red obtiene los datos del súper headend y los entrega a la red de acceso. Su principal propósito es proporcionar el adecuado ancho de banda para toda la red de tráfico de datos y video entre los servicios y las fuentes de contenido nacional; también proporciona la capacidad de inserción de contenido local dentro de cada área de servicio específico.

Una vez que el Núcleo de la red divide los servicios como son VoIP, datos de alta velocidad y video; estos son canalizados a la red de distribución y agregación que son entregados a los nodos principales de la institución de nivel superior que estamos considerando (por ejemplo 3 nodos principales) los cuales se conectarán con las tres redes a los cuales tienen acceso y entregarán los servicios anteriormente recibidos; dentro de cada red se manejará tres servicios Video, HSI (High Speed Internet, Internet de Alta Velocidad) y VoIP (Voz sobre IP); en la parte de video se requiere manejar un BSR (Broadband Service Router, Router de Servicios de Banda Ancha) que es un router de la capa 3 que provee conectividad a la red con los usuarios del servicio; y estos a su vez se conectan a un BSA (Broadband Service Aggregation, Agregación de servicios de banda ancha) que es un switch que nos proporciona conectividad al video, HSI y VoIP hacia el DSLAM; también es el responsable de asignar el ancho de banda necesario para cada usuario y para cada servicio de video, HSI y VoIP.

El DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer, (Multiplexor digital de acceso a la línea de abonado) es el dispositivo multiplexor que encargará de separar la voz y los datos de la línea telefónica del usuario enviando la voz hacia la red telefónica, los datos hacia Internet y envía peticiones de video, este sistema se basa en ADSL2+ que es la evolución

del ADSL2 y ADSL de primera generación, su principal característica es que especifica frecuencias de bajada de hasta 2.2 Mhz, mientras que el ADSL2 solo hasta 1.1.Mhz., es decir, se aumenta el número de subcanales de flujo de 256 a 512 canales, con lo que se permite proporcionar en un par de cobre la transmisión hacia el cliente de hasta 24Mbps y flujos de retorno de hasta 1Mbps.

Los paquetes de servicio de IPTV se convierten de nuevo a señales de televisión vía gateways. El gateway se conecta al Set Top Box (STB) que son los equipos que deberán decodificar las señales para que sean transportadas como flujos de información multimedia sobre el protocolo IP para hacerla compatibles con una TV. Cada STB deberá disponer de un control remoto el cual será utilizado por los estudiantes y profesores para enviar las órdenes al sistema. El Gateway es una parte integral de la red que proporciona una interfase manejada entre los usuarios y el equipo (STB, PC, Telefonía, etc.) y los servicios son entregados sobre la infraestructura de la red dentro la institución de nivel superior propuesta, el STB es el dispositivo del consumidor requerido para los servicios de video.

## V. CONCLUSION

Como hemos visto anteriormente a diferencia de una red típica de TV por cable o satélite que utiliza una tecnología de video broadcast, donde todo el contenido fluye constantemente a cada usuario y cambia de canal en su aparato receptor; esta nueva tecnología aplicada a cualquier institución educativa de nivel superior nos ofrece la posibilidad de que el contenido de los programas educativos de interés permanezcan en la red, permitiendo verlos en el momento que de desee, así mismo libera ancho de banda y la selección de los estudiantes y profesores es menos restrictiva, permitiendo la privacidad del cliente de gran manera.

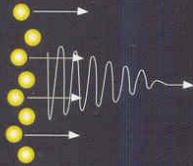
Dentro de cualquier institución, el servicio de IPTV elimina la necesidad de tener una infraestructura paralela para transportar servicio de video en vivo o almacenado, además de que esta solución permite tener material educativo e interactivo disponible para su consulta bajo demanda, tanto local como remota; también incrementa las posibilidades de educación a distancia y al mismo tiempo optimiza la infraestructura necesaria para la misma. De igual forma permite que todas las clases sean impartidas, grabadas y almacenadas de manera eficiente, para que posteriormente puedan ser consultadas cuantas veces sea necesario, tanto de forma local como remota.

## VI. REFERENCIAS

- [1] Lawrence Hart, Introduction To IP Television , United States of America, Ed. Althos Publishing, 2005.p.p. 95
- [2] Amézquita Martínez Carlos E., Seminario IPTV, México, D.F. 2007, Ed. Intelmex
- [3] Huidobro José Manuel, IPTV la Televisión a través de Internet, 2005.
- [4] Yang Xiao, Xiaojiang Du, Jingyuan Zhan, Fei Hu, Sghaier Guizani, "IPTV: The



- [5] killer application for the Next Generation Internet", IEEE Communications Magazine, Vol. 45, Issue 11, November 2007.
- [6] Webber Joseph, Newberry, IPTV Crash Course, United States of America, Ed. Mc. Graw Hill, 2007, p.p.336

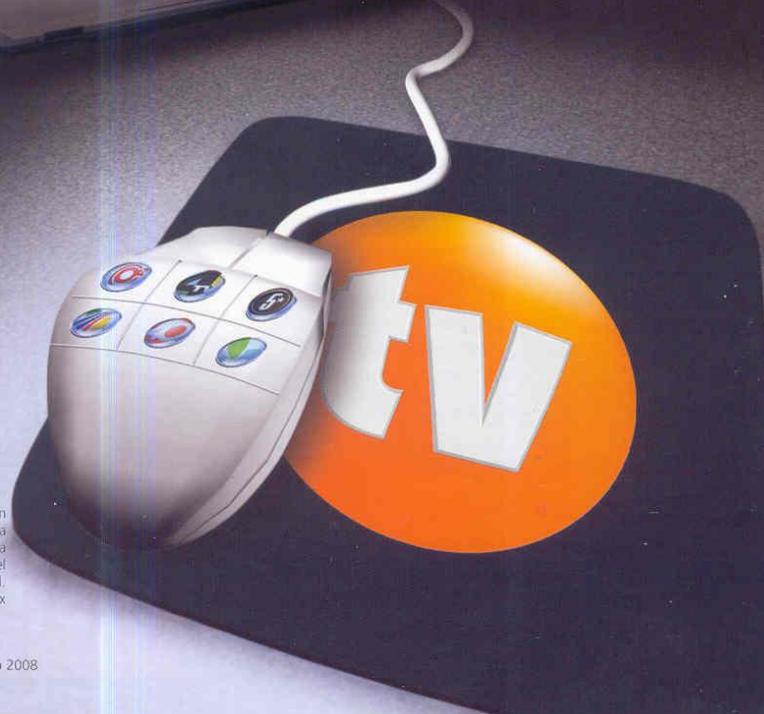
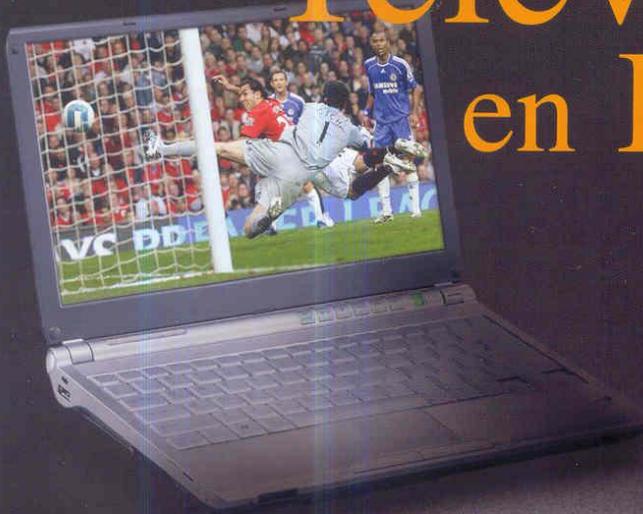


Otra voz... La visión del joven investigador

• *Internet Protocol Televisión (IPTV):*  
Una forma nueva de televidente interactivo

# Televisión en Internet

Patricia Zúñiga Vázquez\*



\*Estudiante de la maestría en Telecomunicaciones de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME), Zacatenco del Instituto Politécnico Nacional. D.e.: pzunigav\_0600@ipn.mx

No sólo la telefonía está sufriendo una drástica transformación por el rápido desarrollo y aplicación de nuevos sistemas, sino que también está enfrentando un interesante reto con la transmisión de la televisión por Internet, lo que se conoce como *Internet Protocol Televisión* (IPTV, en inglés). Esta tecnología transformará la televisión actual en una experiencia totalmente personalizada, para lo cual requerirá de conexiones de Internet de banda ancha. El cambio consiste en que los canales de televisión ya no transmitirán la misma programación para todos los usuarios, los cuales modificarán su actitud meramente pasiva a otra interactiva, en la cual el proveedor de televisión no transmitirá continuamente toda su programación suponiendo que algún usuario se conectará al sistema, sino que será el usuario el que le solicite los contenidos que desea ver y el momento para hacerlo.

La televisión es el resultado de la búsqueda por transmitir imágenes a distancia, realizando un determinado proceso: Se capturan las imágenes y el audio utilizando una cámara de video, se transmiten esas imágenes a través del aire y se reciben esas imágenes y el audio en un aparato receptor de televisión.

La televisión se ha convertido en un medio al alcance de todo público, ocupa un lugar relevante entre los medios de

comunicación mas extendidos como la prensa o la radio; hoy son millones los usuarios que encienden sus aparatos día tras día para informarse y entretenerse. La TV ha impulsado el uso de tecnologías para la distribución de su propia señal de alta calidad por cable (CATV, televisión por cable), por satélite (DBS, Televisión Directa por Satélite) y a través de la línea telefónica (IPTV).

El IPTV es un servicio de valor agregado a la línea telefónica, que se proporciona a través de una conexión a Internet de alta velocidad, emplea como medio físico una línea telefónica ya instalada, residencial o comercial. El Protocolo de Internet (IP en inglés) posibilita que pueda ser proporcionado el servicio de televisión digital y, además garantiza la calidad del servicio. La siguiente imagen muestra la arquitectura básica de esta nueva tecnología y las etapas por las que atraviesa su proceso.

1. Captura de las señales de video: Esta etapa consiste en la recopilación los contenidos provenientes de diversos medios, entre los que se cuentan antenas, cámaras de video, videos pregrabados, etcétera, y que formarán parte de la programación disponible. Posteriormente, se realiza la conversión de las señales de audio y video a formato digital; ya que éstas son más resistentes a la intromisión y eliminación de ruido. A continuación se comprime la información ya digitalizada lo que permite que el método utilizado para su transmisión sea más eficiente.

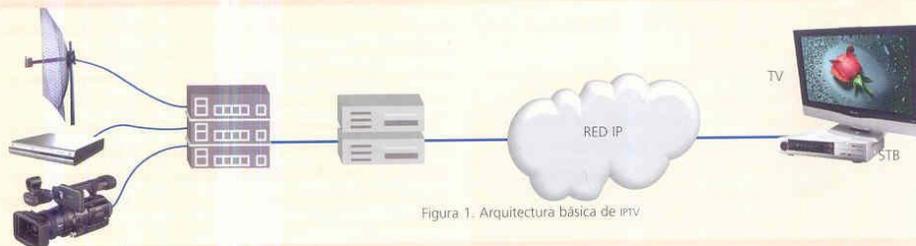


Figura 1. Arquitectura básica de IPTV

2. Almacenamiento y servidores de video: En esta etapa, tanto el contenido de audio y video, como la información correspondiente a la programación del mismo; se convierten a paquetes IP para que pueda ser transportado y distribuido a través de Internet, además de ser almacenado en servidores expofeso para mantener la información disponible para que el televidente pueda verla cuando lo desee.

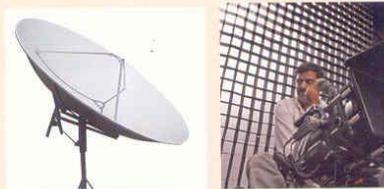


Figura 2. Medios para realizar la captura de video (antena y cámara de video)



Figura 3. Servidor de Video

3. Distribución del contenido: Es aquí cuando los contenidos se envían y se distribuyen a través de la red; por lo que esta debe contar con una tasa de transferencia de información suficiente y un ancho de banda que permita la transmisión.

4. Equipos de acceso y de usuario: Esta parte se refiere a la parte de acceso al cliente, mediante un equipo que permite recibir el contenido de un dispositivo especial, una PC o una televisión convencional. El equipo utilizado permite convertir la señal digital en su forma original, es decir, la convierte a formato analógico, aunque también puede entregarla en formato digital para ser usada en aquellos equipos que estén preparados para reproducir ese tipo de señales.

5. *Software*: Parte responsable de presentar las funcionalidades del servicio al usuario final, de modo gráfico y amigable, tanto la guía de programación, como la creación de ofertas de servicios, administración de interactividad con el cliente y cualquier otro sistema de protección de derechos/copia digital.



Figura 4. Equipo de recepción

Poder recibir televisión a través de una red IP, ofrece múltiples beneficios:

- Soporte de definición estándar y de HD (Alta definición)
- Interactividad, lo cual permite que el usuario tenga acceso a varios servicios:
- Navegar en Internet a través de la televisión
- Participación directa y en vivo de tele-encuestas y tele-voto
- Compra de producto en línea y al momento de estarse anunciando
- Videoconferencia
- Posibilidad de ver programas desde el principio, aún cuando éstos hayan comenzado o inclusive, programas transmitidos previamente, desde horas hasta meses.
- Posibilidad de pausar, retroceder y reproducir a diferentes velocidades.
- Servicios de video en demanda para títulos almacenados, incluyendo programación que ya ha concluido.
- Servicio de videograbadora que permite grabar en vivo o mediante programación al efecto, cualquier transmisión, con la finalidad de verla posteriormente.
- Menús y guías de programación interactivos, con posibilidad de filtrado (por contenido, horarios, tipo de programa, etc.).
- Número casi ilimitado de canales y títulos de video en demanda.

Los principales sectores beneficiados por esta tecnología son:

- Operadores de telecomunicaciones. Para cualquier proveedor de servicios de banda ancha representará una estrategia para incrementar la cantidad de suscriptores y de ingresos.
- Servicios turísticos: Los servicios de televisión, telefonía y banda ancha (Internet) son indispensables y necesarios para la gran mayoría de huéspedes de hoteles. Es posible entregar los 3 servicios de manera unificada. Como ejemplo, con esta tecnología

se evita la necesidad de tener diferentes grupos de cableado para diferentes servicios, ya que IPTV aprovecha los recursos con los que se cuenta, sin necesidad de renovar la infraestructura existente.

- Sector educativo: Permite tener información educativa disponible bajo demanda, lo que incrementa las posibilidades de la educación a distancia, optimizando su infraestructura, además de permitir que todas las clases, sesiones de trabajo, conferencias, etc., queden grabadas.

#### IPTV EN EL MUNDO Y EN MÉXICO

En función del crecimiento en el número de conexiones de banda ancha, IPTV seguirá creciendo muy rápidamente; además de que conforme la tecnología vaya teniendo apertura en distintas empresas, los usuarios exigirán cada vez más el servicio. Así mismo a medida que pase el tiempo, las compañías irán perfeccionando y mejorando los contenidos que ofrecen en televisión sobre IP, lo que repercutirá en el número de canales ofertados. Se estima que en 2009 la televisión sobre IP representará un 10 por ciento del total de televisión de paga en Europa y, según la empresa Alcatel, en 2010, habrá 70 millones de usuarios en el mundo.

Según la empresa de investigación de mercados, Infonetics Research, al término de 2006 ya había 7.2 millones de usuarios de servicios IPTV en el mundo, con un crecimiento anual de 166 por ciento y con una proyección del volumen de negocios multiplicándose por dos, cuando menos hasta 2011. Por su parte, según la consultora Pyramid Research, AT&T anunció inversiones por 4 mil 600 millones de dólares para extender su red IPTV a 19 millones de hogares para fines de 2008 (lo que representaba un 38 por ciento del mercado de Comcast, la principal cableadora estadounidense). En contraparte, en Europa se estima

que los suscriptores de IPTV pasaron de 2.9 millones en 2006, a 5.6 millones al término de 2007.

En España, Telefónica ya trabaja con IPTV desde hace algún tiempo bajo el nombre de Imagenio, contando con más de 400,000 clientes al principio del año 2007 y prevé alcanzar entre 1.2 y 1.4 millones de clientes en España para 2009 y una cifra similar en el mercado latinoamericano.

Otros operadores: Jazztel lo ofrece bajo la marca de Jazztelia TV. Wanadoo también dispone de un servicio similar y Ya.com espera lanzarlo pronto, al igual que Superbanda. En algunos países, como es el caso de Alemania, Francia, Italia (FastWeb), Japón y Reino Unido, existen servicios similares de éxito contando con varios años de experiencia. En los Estados Unidos las compañías Verizon y BellSouth están comenzando a ofrecer sus servicios en este campo y a desarrollar sus propias infraestructuras.

En México este servicio lo ofrecen las empresas Telmex y Maxcom y se estima que generará ingresos de 15 millones de dólares en 2008, según la consultora Signals Telecom Consulting. En el caso de Telmex, aunque el producto está listo para salir al mercado desde hace meses, el servicio no puede ofrecerse por factores de índole política y económica. La prohibición a esta empresa propiedad de Carlos Slim para ofrecer dichos servicios, se presenta cuando Telmex TV es una realidad en Perú y en Colombia, donde se ofrecen vía cable y en Chile, donde se entrega vía satélite.

Según Telmex, el 13 por ciento de los hogares mexicanos tiene acceso a servicios de banda ancha. Sólo en esos hogares es donde sería posible recibir IPTV. Hasta el tercer trimestre de 2007, Telmex contaba con 2.7 millones de clientes de servicios de banda ancha, lo que significa el 85 por ciento de sus clientes totales de Internet.

Existen tres razones primordiales por las que las compañías deberían estar agregando o convirtiendo sus sistemas de televisión, a sistemas de televisión sobre redes de datos:

1. Mayor número de canales: Para proporcionar el servicio, el proveedor solo necesita administrar una conexión entre el usuario final y el origen de la información. Esto es, el proveedor simplemente requiere conectar desde su oficina de distribución, el canal que el usuario ha seleccionado. Dado que los canales de televisión se enrutan a través de una red IP, los sistemas IPTV pueden conectar diversos usuarios a la fuente de la señal, los cuales pueden estar en cualquier parte del mundo.
2. Mayor control: Los usuarios de IPTV pueden tener mayor control sobre sus servicios, configurándolos a su perfil a través de una página Web o una interfaz en su propio dispositivo. El cliente puede agregar o eliminar características cuando lo desee.
3. Más servicios: Algunos servicios avanzados hacen posible direccionar al usuario mensajes comerciales, juegos interactivos multi-jugador, guías avanzadas de programación, canales personalizados y canales globales.

Finalmente, para que inicie la competencia en el campo de IPTV en nuestro país, el problema no radica en el desarrollo y aplicación de la tecnología, sino en aspectos de tipo político y de regulación. "La falta de una verdadera política pública en materia de telecomunicaciones y radiodifusión es lo que nos ha

llevado al espectáculo que hoy tenemos también en este terreno, y en el que los legisladores, en lugar de ser actores decisivos en esta historia, también están como espectadores pasivos" (1).

En el Instituto Politécnico Nacional, en el área de posgrado de Telecomunicaciones de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) Unidad Zacatenco, se desarrolla la propuesta de aplicar IPTV en su red institucional, mediante la recopilación selectiva de programas educativos para que los alumnos puedan verlos en el momento que lo deseen; para desarrollar dicho proyecto se requiere de apoyo económico por parte de los directivos y el apoyo tecnológico a los recursos humanos. El proyecto aun se encuentra en la etapa de planeación y diseño y se espera que traiga consigo la ventaja de que los estudiantes, profesores y personal de la institución, puedan observar y aprender, además de tener disponible de manera interactiva y ágil, información importante y útil para su desarrollo profesional e intelectual.

#### REFERENCIAS

- (1) "Telecom y Medios", *El Universal*, sección finanzas, 17 de julio 2007, Gabriel Sosa Plata.
- Lawrence Hart, *Introduction To IPTV Television, United States of America, 2005.*
- Amézquita Martínez Carlos E., *Seminario IPTV, México, D.F. 2007*
- Huidobro José Manuel, *IPTV la Televisión a través de Internet, 2005.*
- Cisneros Juárez Marco, Colón González Porfirio, *Manual de Instalación y Mantenimiento IPTV Planta Exterior, Instituto Tecnológico de Teléfonos de México, 2007.*



## Letter

### Buchdahl-Goenner-Kohler Identity in $(L_4, g)$

B E Carvajal-Gómez<sup>1</sup>, J López-Bonilla<sup>2</sup> and P Zúñiga-Vázquez<sup>3</sup>

**ABSTRACT.** It is known that in  $R_4$  the Lanczos density is an exact ordinary divergence. Here we exhibit the generalization of such result to  $(L_4, g)$ .

**KEYWORDS:** Buchdahl-Goenner-Kohler Identity; Lanczos Density; Divergence.

#### I. DEVELOPMENT

Buchdahl [1,2] and Goenner-Kohler [3] showed that, in any Riemannian 4-space, the Lanczos density [4-6]:

$$K = \frac{1}{2} \varepsilon^{abcd} R_{abpq} R^{pqcd}, \quad (1)$$

where  $\varepsilon^{ijpq}$  is the totally antisymmetric symbol of Levi-Civita and  $R_{abpq}$  is the curvature tensor, is an ordinary divergence [5,6]  $\left(, i = \frac{\partial}{\partial x^i} \right)$ :

$$K = \left[ -2 \varepsilon^{ijab} \Gamma_{c mj}^k \left( \Gamma_{c kb,a}^m + \frac{2}{3} \Gamma_{c kb}^t \Gamma_{c ta}^m \right) \right]_{,i}, \quad (2)$$

being  $\Gamma_{c jr}^k$  the Christoffel symbols. The result (2) implies that the Euler-Lagrange equations (via Hilbert's variation [7,8]) of the Lagrangian  $K$  leads to  $0 = 0$ , in according with Lanczos [4].

Here we show the extension of (2) to  $(L_4, g)$ , that is, to a space where the affine connection (perhaps nonsymmetric)  $\Gamma_{jr}^i$  is independent of the metric tensor  $g_{ab} = g_{ba}$ . In fact, the curvature tensor is given by:

$$R^i{}_{j pq} = \Gamma^i{}_{jq,p} - \Gamma^i{}_{jp,q} + \Gamma^m{}_{jq} \Gamma^i{}_{mp} - \Gamma^m{}_{jp} \Gamma^i{}_{mq}, \quad (3)$$

<sup>1</sup> Lab. de Electrónica-UPIITA, Instituto Politécnico Nacional Av. IPN #2580, Col. Barrio La Laguna, Ticomán 07738 México  
<sup>2,3</sup> ESIME-Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional Anexo Edif.3, Col. Lindavista, CP07738 México, D.F. [jlopezb@ipn.mx](mailto:jlopezb@ipn.mx)

with the properties [9]:

$$R^i_{j pq} = -R^i_{j qp}, \quad (4.a)$$

$$R^i_{j pq;r} + R^i_{jqr;p} + R^i_{jrp;q} = R^i_{jmr} S^m_{pq} + R^i_{jmp} S^m_{qr} + R^i_{jm q} S^m_{rp}, \quad (4.b)$$

where  $;$ r means covariant derivative with respect to  $\Gamma^i_{jc}$  and:

$$S^i_{jr} = \Gamma^i_{jr} - \Gamma^i_{rj}, \quad (5)$$

is the antisymmetric torsion tensor.

Besides, we have the nonmetricity tensor [9]:

$$Q_{ijr} = g_{ij;r}, \quad (6.a)$$

which implies the relation:

$$g_{ij;r} = Q_{ijr} + \Gamma_{ijr} + \Gamma_{jir}, \quad \Gamma_{abc} \equiv g_{am} \Gamma^m_{bc} \quad (6.b)$$

It is clear that  $Q_{ijr} = 0$  when  $\Gamma^i_{jr} = \Gamma^i_{rj}$  for  $R_4$ .

From (4,5,6) we obtain the useful expressions:

$$R_{ijpq} = \Gamma_{ijq;p} - \Gamma_{ijp;q} + \Gamma^r_{jp} \Gamma_{riq} - \Gamma^r_{jq} \Gamma_{rip} + \Gamma^r_{jp} Q_{ir q} - \Gamma^r_{jq} Q_{ir p}, \quad (7.a)$$

$$= -R_{jiqp} + (\Gamma_{ijq} + \Gamma_{jiq})_{;p} - (\Gamma_{ijp} + \Gamma_{jip})_{;q} + \Gamma^r_{ip} Q_{jr q} - \Gamma^r_{iq} Q_{jrp} + \Gamma^r_{jp} Q_{ir q} - \Gamma^r_{jq} Q_{ir p}, \quad (7.b)$$

$$= -R_{jiqp} + Q_{ijp;q} - Q_{ijq;p} + Q_{ijr} S^r_{pq} \quad (7.c)$$

$$\varepsilon^{abpq} R_{ijpq} = -\varepsilon^{abpq} R_{jipq} - 2\varepsilon^{abpq} \left( Q_{ijq;p} + \frac{1}{2} Q_{ijr} S^r_{qp} \right), \quad (7.d)$$

$$\varepsilon^{abpq} R^i_{ab;p} = \varepsilon^{abpq} (R^i_{mp} S^m_{ab} - R^i_{mab} Q^{jm}_p), \quad (7.e)$$

besides, we may remember that:

$$\varepsilon^{ijab}_{;r} = 0, \quad M^r_{;r} = M^r_{;r} \quad (7.f)$$

are valid when  $M^r$  is a density of weight one.

Then from (1, 7.c,d) we have the following relations:



Maestría en Ciencias en Ingeniería de Telecomunicaciones  
Instituto Politécnico Nacional

