

# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

## FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD**  
**CATÓLICA**  
DEL PERÚ

### Estudio para la Implementación de Redes de Nueva Generación (NGN) en Lima-Metropolitana

Tesis para optar el Título de Ingeniera de Telecomunicaciones, que presenta el  
bachiller:

**Patricia Norma Manco Araujo**

**Percy Fernández Pilco**

Lima, Noviembre del 2012

## **Dedicatoria**

**A Dios.** *Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.*

**A mis Padres.** *Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.*

**Al profesor Percy Fernandez.** *Por su apoyo y buenos consejos para lograr el desarrollo del presente trabajo, así como las enseñanzas que nos dejó por la gran persona que siempre fué.*

## **Resumen**

El objetivo de la presente tesis es demostrar las ventajas y beneficios de la implementación de la Red Next Generation Network (NGN) en Lima-Metropolitana. La Red NGN está basada en una serie de plataformas y protocolos, los cuales deben trabajar de una manera ordenada y jerárquica para el buen funcionamiento de la red y seguir ofreciendo los servicios actuales así como nuevos servicios de redes avanzadas, todas ellas basadas en plataformas de red IP. Se realizó un estudio mercado de los servicios ofrecidos actualmente por los operadores, en donde se puede apreciar la cantidad de clientes por servicio y la penetración de estos servicios a lo largo de los años 2007-2011. Seguidamente se presentan además los servicios que se podrían ofrecer con el desarrollo de esta tecnología, estos servicios tales como IPTV y teleconferencias, que son ofrecidos en otros países, como México y España, por ejemplo.

La Ingeniería del proyecto propone la ubicación de puntos de presencia (PoP) en áreas estratégicas, de tal manera que se atienda las necesidades de los usuarios. Se propone además el tipo de topología a usar así como los elementos de red necesarios para su puesta en servicio.

Finalmente se realiza el análisis financiero de los servicios ofrecidos en el sector de telecomunicaciones del mercado de Lima – Metropolitana, basando el estudio en valores obtenidos de los indicadores estadísticos del Regulador Osiptel, permitiendo demostrar la rentabilidad de la implementación de la red propuesta en la presente tesis.

## Índice

Índice.....	4
Lista de Figuras.....	6
Lista de Tablas.....	8
Introducción.....	10
Capítulo 1 Marco Teórico.....	12
1.1 Niveles Físicos de la Red.....	14
1.1.1 Plano de Acceso.....	14
1.1.2 Plano de Transporte.....	15
1.1.2.1 Control de Transporte.....	16
1.1.2.2 Gestión de la Red.....	17
1.1.3 Plano de Control.....	18
1.1.3.2 Gestión de Servicio.....	19
1.1.4 Plano de Servicio y Aplicación.....	21
1.2 Plataformas y Protocolos de redes de NGN:.....	22
1.2.1 Softswitch.....	22
1.2.1 Protocolo SIP.....	24
1.2.2.1 Arquitectura de un Sistema de Protocolo SIP.....	25
1.2.2.2 Funcionamiento del Protocolo SIP.....	26
1.2.3 Protocolo H323.....	28
1.2.3.1 Componentes del Protocolo H323.....	28
1.2.3.2 Fases de una Llamada H323.....	28
1.2.4 Protocolo SS7.....	31
1.2.4.1 Arquitectura de una Red SS7.....	31
1.2.4.2 Tipos de Enlace de Señalización en SS7.....	32
1.2.4.3 Pila de Protocolos en SS7.....	33
1.2.4.4 Proceso de Llamada en SS7.....	33
1.2.5 Red MPLS.....	34
1.2.5.1 Soporte de Calidad de Servicio (QoS).....	35
1.2.5.2 Ingeniería de tráfico.....	35
1.2.5.3 Soporte para Redes Privadas Virtuales (VPNs).....	36
1.2.5.4 Soporte Multiprotocolar.....	36
1.2.6 Protocolo OSPF.....	37
Capítulo 2 Mercado para NGN en Lima-Metropolitana.....	39
2.1 Evaluación Socio-Económica del Mercado de Lima- Metropolitana	39
2.1.1 Situación del Servicio de Internet en el Mercado de Lima- Metropolitana.....	40
2.1.1.1 Análisis del Servicio de Internet entre los años 2007 y 2009 ..	40
2.1.1.1.1 Dial-Up.....	40
2.1.1.1.2 Líneas Dedicadas Alámbricas.....	42
2.1.1.1.3 Líneas Dedicadas Inalámbricas.....	43
2.1.1.1.4 Otras Tecnologías.....	45
2.1.1.2 Análisis del Servicio de Internet entre los años 2010 y 2011 ..	46

2.1.2	Situación del Servicio de Telefonía en el Mercado de Lima	
	Metropolitana.....	48
2.1.2.1	Telefonía Fija.....	48
2.1.2.2	Telefonía Móvil.....	51
2.1.2.3	Telefonía Pública.....	53
2.1.3	Televisión de Paga.....	54
2.2	Desarrollo de los Servicios de Telecomunicaciones	
	Relacionados con NGN.....	57
2.2.1	Servicio VoIP (Voice over Internet Protocol).....	57
2.2.2	Servicio Triple Play.....	58
2.2.3	Servicio IPTV (Internet Protocol Television).....	59
2.2.4	Otros Servicios.....	61
2.3	Determinación de la Demanda.....	61
2.3.1	Tarifas del Mercado del Servicio de VoIP.....	61
2.3.2	Tarifas del Mercado del Servicio de Triple Play.....	62
2.3.3	Tarifas del Mercado del Servicio de IPTV.....	62
Capítulo 3	Ingeniería del proyecto.....	63
3.1	Topología Tipo Malla.....	64
3.2	Red de Transporte.....	65
3.2.1	Técnica de Multiplexación DWDM.....	67
3.3	Red de Acceso.....	67
3.3.1	Tecnología de Acceso Inalámbrico WiMAX.....	68
3.3.1.1	Modelo de Capas Referencial de la IEEE 801.16.....	70
3.3.2	Acceso a través de Tecnología Fibra Óptica.....	71
3.3.2.1	Características y Ventajas de la Fibra Óptica.....	72
3.3.3	Acceso a través de Tecnología ADSL.....	73
Capítulo 4	Análisis Económico de la Implementación de Red NGN.....	76
4.1	Análisis de Entorno de Mercado.....	76
4.2	Evaluación Financiera.....	79
4.2.1	Sustento Metodológico.....	79
4.2.2	Ingresos.....	79
4.2.3	Opex.....	82
4.2.4	Capex.....	83
4.2.5	Tiempo de Implementación de la Red NGN.....	85
4.2.6	Costo de Capital Promedio Ponderado (WACC).....	85
4.2.7	Resultados Finales de Rentabilidad del Proyecto.....	88
	Conclusiones.....	90
	Recomendaciones.....	91
	Bibliografía.....	92

## Lista de Figuras

FIGURA 1-1:	ARQUITECTURA DE LA RED NGN.....	14
FIGURA 1-2:	TIPOS DE ACCESO A LA RED DE SERVICIOS .....	15
FIGURA 1-3:	MODELO DE TRABAJO DE SOFTSWITCH .....	22
FIGURA 1-4:	NGN ARQUITECTURA Y ELEMENTOS DE RED.....	24
FIGURA 1-5:	COMPONENTES DE LA ARQUITECTURA SIP.....	26
FIGURA 1-6:	ESTABLECIMIENTO Y LIBERACION DE UNA SESION SIP.....	27
FIGURA 1-7:	PROCESO DE UNA LLAMADA H323.....	30
FIGURA 1-8:	PUNTOS DE SEÑALIZACION EN SS7.....	32
FIGURA 1-9:	TIPOS DE ENLACE DE SEÑALIZACION EN SS7.....	33
FIGURA 1-10:	ESTABLECIMIENTO Y LIBERACION DE LLAMADA SS7.....	34
FIGURA 1-11:	FUNCIONAMIENTO DE UNA RED MPLS .....	37
FIGURA 2-1:	SITUACION DEL MERCADO DEL SERVICIO DE DIAL-UP DEL TIPO DE TECNOLOGIA DE ACCESO LINEAS DEDICADAS ALAMBRICAS ENTRE LOS AÑOS 2007 Y 2009.....	41
FIGURA 2-2:	SITUACION DEL MERCADO DEL SERVICIO DE INTERNET DEL TIPO DE TECNOLOGIA DE ACCESO LINEAS DEDICADAS ALAMBRICAS ENTRE LOS AÑOS 2007 Y 2009.....	42
FIGURA 2-3:	SITUACION DEL MERCADO DEL SERVICIO DE INTERNET DEL TIPO DE TECNOLOGIA DE ACCESO LINEAS DEDICADAS INALAMBRICAS ENTRE LOS AÑOS 2007 Y 2009.....	44
FIGURA 2-4:	SITUACION DEL MERCADO DEL SERVICIO DE INTERNET DEL TIPO DE TECNOLOGIA DE ACCESO OTRAS TECNOLOGIAS ENTRE LOS AÑOS 2007 Y 2009 .....	45
FIGURA 2-5:	SITUACION DEL MERCADO DEL SERVICIO DE INTERNET PARA LOS TIPOS DE SUSCRITORES RESIDENCIAL, COMERCIAL Y GOBIERNO DE ACUERDO A LOS TIPOS DE TECNOLOGIA DE ACCESO EN EL AÑO 2010 .....	47
FIGURA 2-6:	SITUACION DEL MERCADO DEL SERVICIO DE INTERNET PARA LOS TIPOS DE SUSCRITORES RESIDENCIAL, COMERCIAL Y GOBIERNO DE ACUERDO A LOS TIPOS DE TECNOLOGIA DE ACCESO EN EL AÑO 2011 .....	48
FIGURA 2-7:	INDICADORES ESTADISTICOS DEL SERVICIO DE TELEFONIA FIJA ENTRE LOS AÑOS 2007 Y JUNIO DEL 2011 .....	50
FIGURA 2-8:	REPRESENTACION PORCENTUAL DEL MERCADO DE TELEFONIA FIJA ENTRE LOS AÑOS 2007 Y JUNIO DEL 2011.....	50
FIGURA 2-9:	INDICADORES ESTADISTICOS DEL SERVICIO DE TELEFONIA MOVIL ENTRE LOS AÑOS 2007 Y JUNIO DEL 2011.....	52
FIGURA 2-10:	REPRESENTACION PORCENTUAL DEL MERCADO DE TELEFONIA MOVIL A JUNIO DEL 2011.....	52
FIGURA 2-11:	INDICADORES ESTADISTICOS DEL SERVICIO DE TELEFONIA PUBLICA ENTRE LOS AÑOS 2009 JUNIO DEL 2011.....	53
FIGURA 2-12:	REPRESENTACION PORCENTUAL DEL MERCADO DE TELEFONIA PUBLICA ENTRE LOS AÑOS 2009 Y JUNIO DEL 2011.....	54
FIGURA 2-13:	INDICADORES ESTADISTICOS DEL SERVICIO DE TELEVISION DE PAGA ENTRE LOS AÑOS 2007 Y JUNIO DEL 2011.....	56



FIGURA 2-14:	<i>INDICADORES ESTADISTICOS DEL SERVICIO DE TELEVISION DE PAGA DE JUNIO DEL 2011</i> .....	57
FIGURA 2-15:	<i>NGN PERU</i> .....	58
FIGURA 2-16:	<i>SERVICIOS OFRECIDOS POR TRIPLE PLAY</i> .....	59
FIGURA 2-17:	<i>ARQUITECTURA DE RED IPTV</i> .....	60
FIGURA 3-1:	<i>TOPOLOGIA DE RED IP/MPLS</i> .....	64
FIGURA 3-2:	<i>ENLACE DE RED 10 GIGABIT ETHERNET</i> .....	66
FIGURA 3-3:	<i>ENLACE DE RED 1 GIGABIT ETHERNET</i> .....	67
FIGURA 3-4:	<i>COBERTURA DE RED WIMAX</i> .....	68
FIGURA 3-5:	<i>MULTIPLEXACION DE ANCHO DE BANDA EN SUBCANALES</i> .....	69
FIGURA 3-6:	<i>SUBPORTADORAS EN OFDM</i> .....	69
FIGURA 3-7:	<i>MODELO REFERENCIAL DE LAS CAPAS MAC Y FISICA</i> .....	70
FIGURA 3-8:	<i>ESQUEMA DE CONEXION ADSL</i> .....	74
FIGURA 3-9:	<i>DISTRIBUCION DE ANCHOS DE BANDA ASIGNADOS AL SERVICIO TELEFONICO E INTERNET</i> .....	74
FIGURA 4-1:	<i>INGRESOS DEL SECTOR DE TELECOMUNICACIONES ENTRE LOS AÑOS 2006 Y 2011</i> .....	76
FIGURA 4-2:	<i>PARTICIPACION DEL TOTAL DE INGRESOS POR TIPO DE SERVICIO ENTRE LOS AÑOS 2006 Y 2011</i> .....	77
FIGURA 4-3:	<i>SUSCRIPTORES MOVILES VERSUS PENETRACION</i> .....	78
FIGURA 4-4:	<i>DISTRIBUCION DEL TOTAL DE LINEAS EN LIMA Y RESTO DEL PERU ENTRE LOS AÑOS 2006 Y 2011</i> .....	78

## Lista de Tablas

TABLA 1-1:	<i>FUNCIONES DEL CONTROL DE TRANSPORTE DEL PLANO DE TRANSPORTE</i>	17
TABLA 1-2:	<i>FUNCIONES DE GESTION DE RED DEL PLANO DE TRANSPORTE</i>	18
TABLA 1-3:	<i>FUNCIONES DE CONTROL DE SERVICIO DEL PLANO DE CONTROL</i>	19
TABLA 1-4:	<i>FUNCIONES DE GESTION DE SERVICIO DEL PLANO DE CONTROL</i>	21
TABLA 2-1:	<i>DISTRIBUCION DEL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA DE ACUERDO AL TIPO DE ACCESO DIAL-UP Y TIPOS DE SUScriptor EN EL AÑO 2007</i>	41
TABLA 2-2:	<i>FUNCIONES DE GESTION DE RED DEL PLANO DE TRANSPORTE</i>	41
TABLA 2-3:	<i>DISTRIBUCION DEL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA DE ACUERDO AL TIPO DE ACCESO DIAL-UP Y TIPO DE SUBSCRIPtor EN EL AÑO 2009</i>	42
TABLA 2-4:	<i>DISTRIBUCION DEL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA DE ACUERDO AL TIPO DE ACCESO DE LINEAS DEDICADAS ALAMBRICAS Y TIPO DE SUBSCRIPtor EN EL AÑO 2007</i>	43
TABLA 2-5:	<i>DISTRIBUCION DEL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA DE ACUERDO AL TIPO DE ACCESO DE LINEAS DEDICADAS ALAMBRICAS Y TIPO DE SUBSCRIPtor EN EL AÑO 2008</i>	43
TABLA 2-6:	<i>DISTRIBUCION DEL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA DE ACUERDO AL TIPO DE ACCESO DE LINEAS DEDICADAS ALAMBRICAS Y TIPO DE SUBSCRIPtor EN EL AÑO 2009</i>	43
TABLA 2-7:	<i>DISTRIBUCION DEL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA DE ACUERDO AL TIPO DE ACCESO LINEAS DEDICADAS INALAMBRICAS Y TIPOS DE SUScriptor EN EL AÑO 2007</i>	44
TABLA 2-8:	<i>DISTRIBUCION DEL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA DE ACUERDO AL TIPO DE ACCESO LINEAS DEDICADAS INALAMBRICAS Y TIPOS DE SUScriptor EN EL AÑO 2008</i>	45
TABLA 2-9:	<i>DISTRIBUCION DEL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA DE ACUERDO AL TIPO DE ACCESO LINEAS DEDICADAS INALAMBRICAS Y TIPOS DE SUScriptor EN EL AÑO 2009</i>	45
TABLA 2-10:	<i>DISTRIBUCION DEL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA DE ACUERDO AL TIPO DE ACCESO OTRAS TECNOLOGIAS Y TIPOS DE SUScriptor EN EL AÑO 2007</i>	46
TABLA 2-11:	<i>DISTRIBUCION DEL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA DE ACUERDO AL TIPO DE ACCESO OTRAS TECNOLOGIAS Y TIPOS DE SUScriptor EN EL AÑO 2008</i>	46
TABLA 2-12:	<i>DISTRIBUCION DEL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA DE ACUERDO AL TIPO DE ACCESO OTRAS TECNOLOGIAS Y TIPOS DE SUScriptor EN EL AÑO 2009</i>	46
TABLA 2-13:	<i>DISTRIBUCION DEL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA DEL SERVICIO DE TELEFONIA FIJA POR OPERADOR ENTRE LOS AÑOS 2007 Y JUNIO DEL 2007</i>	49
TABLA 2-14:	<i>DISTRIBUCION DEL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA DEL SERVICIO DE TELEFONIA MOVIL POR OPERADOR</i>	



ENTRE LOS AÑOS 2007 Y JUNIO DEL 2007.....	51
TABLA 2-15: COMPORTAMIENTO DEL MERCADO DE TELEFONIA PUBLICA ENTRE LOS AÑOS 2007 Y JUNIO DEL 2011.....	53
TABLA 2-16: COMPORTAMIENTO DEL MERCADO DE TELEVISION DE PAGA ENTRE LOS AÑOS 2007 Y JUNIO DEL 2011.....	55
TABLA 2-17: TARIFAS DE EMPRESAS QUE OFRECEN VOIP.....	61
TABLA 2-18: TARIFAS DEL SERVICIO DE TRIPLE PLAY.....	62
TABLA 2-19: TARIFAS DEL SERVICIO DE IPTV.....	62
TABLA 3-1: INTERFASES FÍSICAS DEFINIDAS EN EL ESTÁNDAR IEEE 802.16.....	71
TABLA 3-2: COMPARACIÓN ENTRE CABLES CONVENCIONALES Y LA FIBRA ÓPTICA.....	73
TABLA 4-1: RELACION POBLACIONAL DE LIMA METROPOLITANA CON EL DEPARTAMENTO DE LIMA.....	80
TABLA 4-2: NUMERO DE SUSCRIPTORES INCREMENTALES EN LIMA METROPOLIANA.....	81
TABLA 4-3: REPRESENTACION PORCENTUAL DEL ARPU DE VOZ Y DATOS ENTRE LOS AÑOS 2013 Y 2018.....	81
TABLA 4-4: INGRESOS INCREMENTALES EN LIMA METROPOLITANA.....	82
TABLA 4-5: OPEX RELACIONADO A LA IMPLEMENTACION DE RED NGN..	82
TABLA 4-6: AHORRO EN OPEX CON IMPLEMENTACION DE RED NGN.....	83
TABLA 4-7: CAPEX RELACIONADO A LA IMPLEMENTACION DE RED NGN	84
TABLA 4-8: TIEMPO DE IMPLEMENTACION DE RED NGN.....	85
TABLA 4-9: ESTRUCTURA DE FINANCIAMIENTO DE AMERICA MOVIL – LATAM.....	87
TABLA 4-10: RESULTADOS WACC.....	88
TABLA 4-11: RESULTADOS DE FLUJO DE CAJA INCREMENTAL.....	88
TABLA 4-12: RESULTADOS DEL VALOR INCREMENTAL DEL PROYECTO Y SU PERIODO DE RECUPERO.....	88

## **Introducción**

Debido a la gran cantidad de servicios que hoy en día se vienen ofreciendo, y esto sumado a la diversidad de los medios de transmisión y control de los mismos, los operadores se enfrentan a muchos problemas, relacionados a la introducción de nuevos servicios, ampliación de las redes convergentes y a la aparición de redes totalmente IP [TUN2008]. Además de ello, debido al manejo independiente de las redes de servicios de voz y de transmisión de datos, se tiene un gasto económico alto para mantener cada red y sus servicios activos, lo cual no resulta muy conveniente. Es así, como algunos años atrás se ha puesto en estudio la convergencia de estas redes y servicios para tratar de solucionar estos problemas. Estos avances, se han ido desarrollando en base a plataformas que permiten soportar diferentes tipos de comunicaciones digitalizadas para lograr una uniformidad en la transmisión y procesamiento de dichas señales.

Es por ello que el objetivo de la presente tesis es establecer los procedimientos y cálculos necesarios para la implementación de las redes de nueva generación (NGN) en Lima-Metropolitana.

La presente tesis toma como referencia los conceptos establecidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), órgano permanente que estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios, y publica la normativa sobre los mismos, con vista a la normalización de las telecomunicaciones a nivel mundial [ITU2004].

Esta nueva arquitectura de red NGN se caracteriza porque permite la convergencia de las diferentes redes de voz, datos y de los modernos servicios multimedia [ITU2004], basándose en infraestructuras de red del protocolo IP, redes MPLS y protocolo SIP.

La plataforma de la red NGN consta de 4 planos: Plano de acceso, plano de transporte, plano de control y el plano de servicios-aplicaciones, introduciendo en esta nueva red el concepto de modelo horizontal, con el cual se logra independencia entre los planos de transporte y servicios-aplicaciones, de tal manera que si se quiere agregar algún servicio, éste se logrará, sin tener que hacer alguna modificación en la capa de transporte.

La red NGN ofrece a los operadores la posibilidad de desarrollar nuevos servicios y que éstos se implementen de una manera rápida, esto gracias a la independencia vertical entre los planos. Entre sus ventajas tenemos, que ofrece mayor ancho de banda en comparación con las redes tradicionales, lo cual permitirá dar solución a los problemas de

manejo independiente de redes y sus servicios, también ofrece calidad de servicio de extremo a extremo para distintos tipos de tráfico.

La red NGN actualmente está teniendo una gran demanda, como por ejemplo en Bulgaria la compañía BTC (Bulgarian Telecommunication Company) implementó esta tecnología durante el año 2004; en los Países Bajos, la compañía telefónica KPN, que está desarrollando una red NGN. Además de ellas, en el Reino Unido la compañía British Telecom (BT) introdujo el popular acrónimo 21CN (21st Century Networks) ligado como término a NGN impulsando el desarrollo y operación con nuevos conmutadores y redes All-IP; tal es así que el desarrollo llegó a nuestro país hace algunos años, llegándose a implementar, de manera aun no madura, la Red NGN.

La presente tesis consta de 4 capítulos. El capítulo 1 denominado Marco Teórico muestra la infraestructura de la red NGN, sus plataformas y protocolos. El capítulo 2 denominado Mercado para NGN en Lima-Metropolitana muestra la evaluación socio-económica, el desarrollo de los servicios de telecomunicaciones así como también su demanda y los servicios que se van a ofrecer con esta nueva red. El capítulo 3, denominado Ingeniería de Proyecto, muestra las tecnologías y equipos a tener en cuenta durante la implementación de la Red NGN. El capítulo 4, denominado Análisis Económico de la Implementación de red NGN, muestra los gastos, ingresos y tiempos de implementación que permitirán demostrar la rentabilidad de implementación de una red NGN.



## **Capítulo 1**

### **Marco Teórico**

La arquitectura de NGN es una propuesta de tecnología de red, la cual es considerada una red funcional multiservicio, basada en la tecnología IP, por lo cual es capaz de manejar voz, video y datos.

Ofrece servicios diferenciados y acordes a la calidad de los servicios demandados por las aplicaciones de cliente.

Es una red escalable que permitirá futuras evoluciones, permitiendo que los nuevos servicios se adapten a esta red, ya que tiene interfaces abiertas entre los planos de control, transporte y servicio-aplicaciones.

Uno de los cambios más importantes que trae consigo la arquitectura NGN, es la clara separación entre sus diferentes funcionalidades, la más resaltante es la separación entre el plano de servicio-aplicaciones y el plano de transporte, lo que implica una independencia funcional, a diferencia de lo que ocurre en las arquitecturas de redes existentes, en las cuales dichas funcionalidades tienen una fuerte dependencia, por ejemplo para un servicio de transmisión de datos necesariamente le corresponde una

red de transporte para datos (las comunicaciones de voz no pueden darse a través de ellas), para un servicio de telefonía le corresponde una red de transporte para comunicaciones en la banda de voz, por supuesto cada una de ellas satisfaciendo los requerimientos propios de cada servicio.

Esta dependencia vertical entre las funciones de la red cambiará con la nueva arquitectura de red NGN, en su lugar habrá una direccionalidad horizontal, por ejemplo en el plano de transporte se ha separado las capacidades de acceso, de las capacidades del núcleo de transporte (core).

Es así que la arquitectura NGN, estará conformada por cuatro planos: plano de acceso, plano de control, plano de transporte y plano de servicio-aplicación.

Se prevé que en el futuro, en la NGN también se incluya la teledifusión, cabe resaltar que esta red se basa en la convergencia de los servicios de las telecomunicaciones, por lo cual además de ofrecer nuevos servicios también se puede ofrecer los servicios actuales del mercado.

Es importante señalar que el protocolo sobre el que se soporta NGN es el protocolo IP, esto no implica que los servicios se brinden bajo un esquema del mejor esfuerzo (best effort) que caracteriza a Internet, sino que a diferencia de ello la red NGN brindará calidad de servicio con capacidad para satisfacer requerimientos específicos de los usuarios, asimismo se debe resaltar el hecho que también está contemplada la migración e integración de las redes de telefonía convencionales, por lo que la migración hacia NGN es un tema muy importante; y que aun debe seguir estableciendo normas regulatorias de acuerdo a los mercados de telecomunicaciones.

Indudablemente que la dirección futura de NGN es la convergencia de las redes fijas, móviles y los equipos o terminales de los usuarios; actualmente los grupos de estudio de la NGN están fuertemente acoplados con los grupos de estudios de las redes móviles; en la UIT están los grupos FGNGN(Focus Group NGN) y SG13 (Service Group 13) con el SG19 (Service Group 19) y en ETSI están TISPAN con 3G (Tercera generación), por lo que puede esperarse que pronto no habrá distinción entre lo fijo y lo móvil aún en las tecnologías de última milla, además otra tendencia es la convergencia con la difusión de radio y televisión, la teledifusión como ya ha sido mencionado.

## 1.1 Niveles Físicos de la Red

En la figura 1-1 que se muestra a continuación, se aprecia la arquitectura de la red NGN, luego se explicará cada uno de los planos que la conforman:

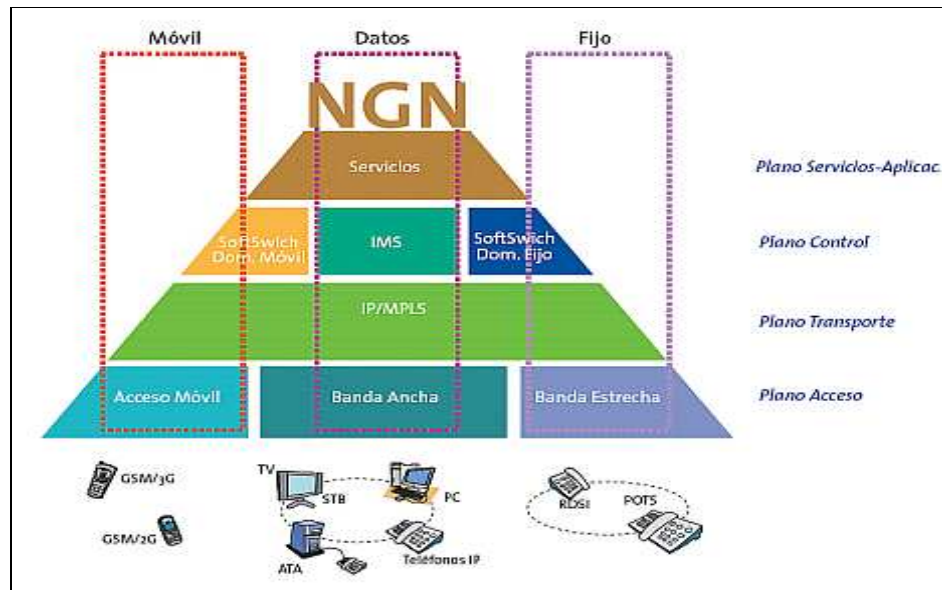


FIGURA 1-1: ARQUITECTURA DE LA RED NGN

Fuente: “Boletín de la sociedad de la Información: Tecnología e Innovación”  
[BOL2009]

### 1.1.1 Plano de Acceso

Este plano está formado por los diferentes equipos o terminales que permiten a los suscriptores tener acceso a la red. Es en éste plano en donde se inicia el proceso de transformación de los formatos originales para que puedan ser transportados a la red. El plano de control permite la convergencia de las comunicaciones fijas y móviles, ya que el usuario puede decidir si desea acceso fijo o móvil a la red.

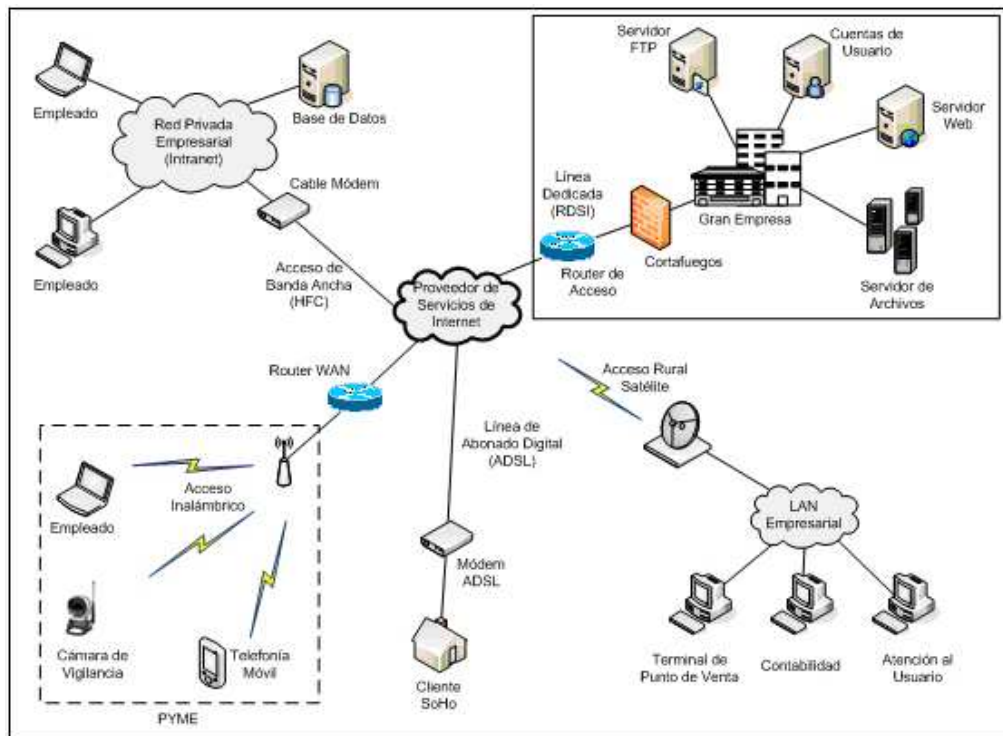
Este plano realiza las siguientes funciones:

- Ingeniería de tráfico para mover los paquetes a través del acceso correcto, y transportarlos a la red.
- Ingeniería de tráfico con mecanismos de calidad de servicio (Quality of service - QoS) para transportar los paquetes de acuerdo sus prioridades.



- Ingeniería de tráfico para hacer filtrados de tráfico, como por ejemplo bloqueos de tráfico.
- Conteo de paquetes transportados para la facturación.

En la figura 1-2, se puede apreciar los tipos más comunes de acceso con los que se trabaja en el plano de acceso.



**FIGURA 1-2: TIPOS DE ACCESO A LA RED DE SERVICIOS**  
Fuente: “Análisis Tecnológico”. [ANA2009]

### 1.1.2 Plano de Transporte

Es la capa encargada de iniciar, mantener y crear la conexión end-to-end de acuerdo al servicio requerido, la capacidad del terminal, el estatus de la red y la disponibilidad de los recursos de la red.

Hay dos funciones básicas dentro de esta capa:

- Control del transporte.
- Gestión de la red.

Estas dos funciones interactúan entre ellas.

### 1.1.2.1 Control de Transporte

- Maneja la conectividad end-to-end:

Primero inicia la conectividad end-to-end de acuerdo al servicio requerido, capacidad del terminal y disponibilidad de recursos en la red donde:

- El servicio requerido es provisto por las funciones de gestión de la capa de servicio, el cual contiene parámetros de prioridad, tipo de conexión, de calidad de servicio y seguridad.
  - La prioridad se ofrece de acuerdo a la estrategia de negocio, basada en la importancia que tenga el servicio para un negocio, relaciones de negocio que se tenga con el proveedor, el tipo de clase del suscriptor y el nivel de satisfacción del SLA (Service Level Agreement) del cliente.
  - El tipo de conexión es simplex o dúplex, punto a punto, punto a multipunto o multipunto a multipunto.
  - Los parámetros de QoS son ancho de banda, retardo (delay), pérdida de paquetes.
  - Seguridad en cuanto a la confidencialidad de la información, evitando cualquier tipo de alteración de los datos.
  - La capacidad del terminal depende de las tecnologías de acceso. La disponibilidad de los recursos de red dependen de los accesos que se tengan disponibles, ya que si un equipo de acceso demora mucho en su tiempo de procesamiento, del mismo modo demorará la disponibilidad de éste, con lo cual no se logrará tener una eficiencia en el uso de los recursos de red.
- Mantiene la conectividad end-to-end:
    - Cuando un problema es monitoreado, las funciones de la capa de control y de transporte son informadas, y la conectividad end-to-end es nuevamente iniciada.
    - Cuando un recurso de red es pedido por otra conectividad end-to-end con mayor prioridad, se reinicia esta conectividad.
  - Termina la conectividad end-to-end:
    - Cuando el servicio es finalizado normalmente.
    - Cuando se han dado los recursos de red a otra conectividad con mayor prioridad.

- Monitorea el desempeño de la conectividad end-to-end:
  - Se inicia un monitoreo después del inicio de la conectividad end-to-end.
  - Gestiona la movilidad entre redes de acceso:
    - Ocurre cuando un terminal se está moviendo a través de diferentes redes de acceso o de diferentes operadores. [WIL2008]

En la tabla 1-1, se puede observar las funciones del control de transporte del plano de transporte:

**TABLA 1-1: FUNCIONES DEL CONTROL DE TRANSPORTE DEL PLANO DE TRANSPORTE**

Fuente: “Next Generation Networks. Perspectives and potentials” [WIL2008]

<b>Plano de Control</b>
<b>CONTROL DE SERVICIO (1)</b>
Componente de Servicio IMS
Componente de servicio de emulación PSTN/ISDN
Componente de servicio de simulación PSTN/ISDN

### 1.1.2.2 Gestión de la Red

Maneja las siguientes funciones:

- Manejo de un inventario automático y activo:
  - Definición de un umbral de capacidad, para poder proveer recursos de red de manera automática cuando haya carga de tráfico constante.
  - Se utiliza tecnología de actualización de información, para preguntar a los nodos de la red sobre la topología de red, el hardware, software, direcciones IP de los nodos, etc.; de tal manera que se tenga un conocimiento constante de la red ante posibles cambios en su topología.
- Configuración remota y centralizada:
  - Manejo de los recursos de red, para poder monitorear constantemente la disponibilidad y carga de la red.

- Gestión del rendimiento:
  - Monitorear el desempeño de cada núcleo de red y su acceso a la misma.
  - Análisis de la tendencia del desempeño, predecir problemas potenciales y tomar las medidas respectivas para evitar cualquier problema.
  - Tratar de recuperar el problema monitoreado para informar al personal de trabajo con la información relevante. [WIL2008]

En la tabla 1-2, se indican las funciones de gestión de red de la capa de transporte:

**TABLA 1-2: FUNCIONES DE GESTION DE RED DEL PLANO DE TRANSPORTE**  
Fuente: “Next Generation Networks. Perspectives and potentials” [WIL2008]

<b>Plano de Transporte</b>
<b>GESTIÓN DE RED (2)</b>
Manejo de un inventario automático y activo
Configuración remota y centralizada
Gestión del rendimiento

### 1.1.3 Plano de Control

El plano de control de la red NGN consiste de una serie de mecanismos, como hardware y software, que permiten que los elementos de la red puedan interactuar entre ellos y cumplir sus funciones de control, de establecimiento, de reservas de ancho de banda, de gestionamiento del cliente, de políticas de seguridad, de facturación, de calidad de servicio, etc. [WIL2008]

Vale mencionar que los protocolos, para el encaminamiento, están basados en la distribución de información que se tenga sobre los recursos y la topología de red; por otro lado los protocolos de señalización están distribuidos para el establecimiento, cierre y mantenimiento de conexiones con requisitos de QoS. Además están los mecanismos de restauración, que permiten restaurar una conexión, y para ello requieren conocer los recursos y topologías de la red.

Para ello describiremos las funciones concernientes al plano de control:

### 1.1.3.1 Control de Servicio

Es el responsable de llevar el control de los servicios de NGN, y está compuesto por componentes como la IMS (servicio de IP multimedia basado en el protocolo SIP), PSTN/ISDN, etc.

En la tabla 1-3 que se muestra a continuación podemos ver algunos otros componentes de este plano:

**TABLA 1-3: FUNCIONES DE CONTROL DE SERVICIO DEL PLANO DE CONTROL**  
Fuente: "Next Generation Networks. Perspectives and potentials" [WIL2008]

<b>Plano de Control</b>
<b>CONTROL DE SERVICIO (1)</b>
Componente de Servicio IMS
Componente de servicio de emulación PSTN/ISDN
Componente de servicio de simulación PSTN/ISDN

### 1.1.3.2 Gestión de Servicio

Se encarga de asignar recursos de acuerdo a la prioridad requerida por el servicio, para generar requerimientos de conectividad end-to-end para asegurar que el servicio ha llegado al usuario final de acuerdo a las políticas establecidas y para que luego de acuerdo a ello, el usuario pague por el uso del servicio.

Sus funciones son:

- **Gestión de políticas del negocio:**  
Las políticas de negocio son las estrategias que toma un negocio, ante la clase de clientes.
- **Definir la prioridad del servicio:**  
Se define de acuerdo a la importancia del servicio requerido, la suscripción del cliente.

- Define el método de facturación:
  - Basado en:
    - Campañas del servicio.
    - Día y hora de uso del servicio, hay diferentes tarifas para fin de semana, para días de semana, noche, etc.
    - Tipo de suscriptor, ya que puede ser un cliente oro (gold), tendrá precios más bajos por llamada o por unidad de tráfico.
    - Uso acumulado del servicio de un cliente, ya que mientras se tenga más consumo del servicio menor precio se pagará por unidad de tráfico.
    - Tarifas especiales para grupos familiares.
    - La facturación también depende de la QoS, ya que se pagará bajos precios cuando la QoS es muy baja. [WIL2008]
- Gestión del cliente:
  - Gestiones que se debe tomar en cuenta del cliente:
    - Suscripción del cliente.
    - Provisión del servicio al cliente.
    - Tener cuidado con el servicio que se le da al cliente, por ejemplo en la suscripciones on-line, provisión del servicio, etc.
    - Facturación del cliente.
    - Información del cliente, como perfil del cliente, número, dirección, perfil del servicio, si es puntual o no en los pagos, etc.
- Gestión de calidad se servicio:
  - Monitoreo de la calidad del servicio que se le está brindando al cliente.
- Gestión de seguridad:
  - Servicio de control de acceso, solo tendrá acceso los clientes autorizados, los servicios, y contenidos de información.
  - Integridad y confidencialidad de la información, para garantizar la seguridad de los datos almacenados, prevenir alteración de información, etc.
  - Políticas de seguridad, aplicar seguridad de acuerdo al servicio prestado al cliente. [WIL2008]



En la tabla 1-4, se puede observar las funciones antes descritas:

**TABLA 1-4: FUNCIONES DE GESTION DE SERVICIO DEL PLANO DE CONTROL**

Fuente: “Next Generation Networks. Perspectives and potentials” [WIL2008]

<b>Plano de Control</b>
<b>GESTIÓN DE SERVICIO (2)</b>
Gestión de políticas
Prioridad del servicio
Método de facturación
Gestión del cliente
Gestión de calidad del servicio

#### 1.1.4 Plano de Servicio y Aplicación

Es en este plano donde se encuentran definidos cada uno de los servicios que soportará la red NGN, además también se define cómo serán brindados los servicios, reserva de ancho de banda, identificación de prioridades de acuerdo al servicio contratado por los clientes (se refiere a la calidad de servicio acordado para uno o varios clientes), etc.

Además se encarga de proveer la habilitación para la creación del servicio, aplicación, contenido e información. Los habilitadores pueden ser llamados APIs estandarizados.

La seguridad y fiabilidad de este plano está basada en los requerimientos del servicio. El servicio de red maneja las siguientes habilitaciones:

- Habilitación de registros
- Habilitación de descubrimientos (Discovery)
- Monitoreo de uso y desempeño de los habilitadores
- Provisión de mayor capacidad cuando hay sobrecarga constante.

Gestiones del proveedor, entre las cuales tenemos:

- Registro del proveedor (de acuerdo con la SLA).
- Autenticación del proveedor cuando usa habilitadores (APIs).
- Monitoreo del desempeño del servidor del proveedor.

## 1.2 Plataformas y Protocolos de Redes de NGN

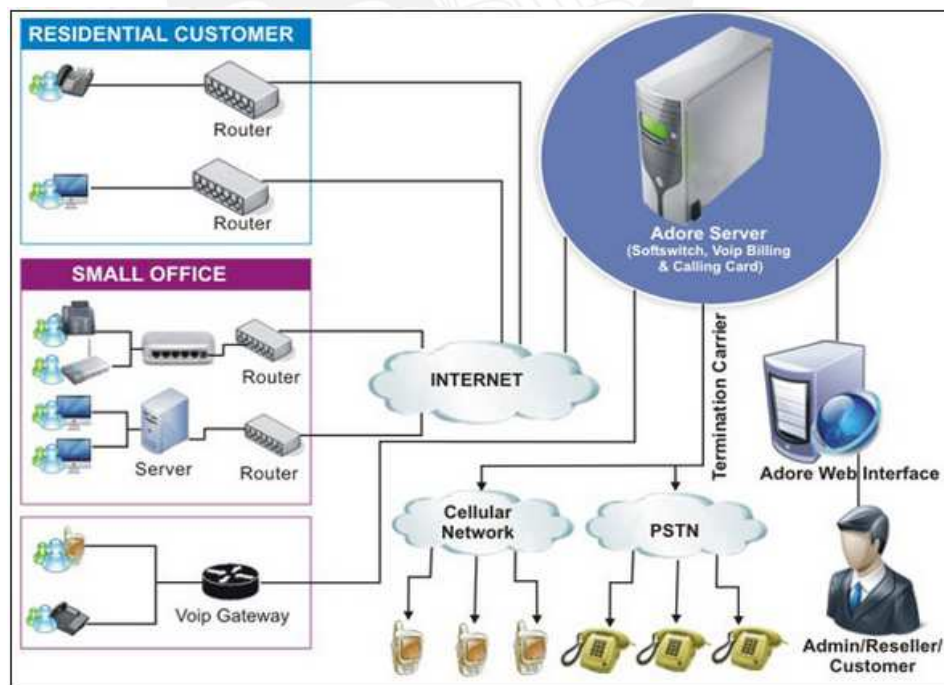
La Red NGN se basa en una serie de plataformas y protocolos los cuales interactúan de una manera ordenada y jerárquica garantizando el correcto transporte de los servicios de punto a punto.

### 1.2.1 Softswitch

Es un dispositivo que provee control de llamadas y servicios inteligentes para redes de conmutación de paquetes, además sirve como plataforma de integración para aplicaciones e intercambio de servicios.

Son dispositivos que usan estándares abiertos permitiendo de esta manera poder integrar nuevos servicios de voz, video y datos con gran eficiencia además de ser independiente de la infraestructura de red.

Maneja un conjunto de productos, protocolos y aplicaciones que permiten el acceso de cualquier dispositivo a los servicios de Internet así como a los servicios de telecomunicaciones sobre redes IP. [MAT2010]



**FIGURA 1-3: MODELO DE TRABAJO DE SOFTSWITCH**  
Fuente: "Softswitch and Calling Card" [SOF2009]

Entre las características más resaltantes se tiene [MAT2010]:

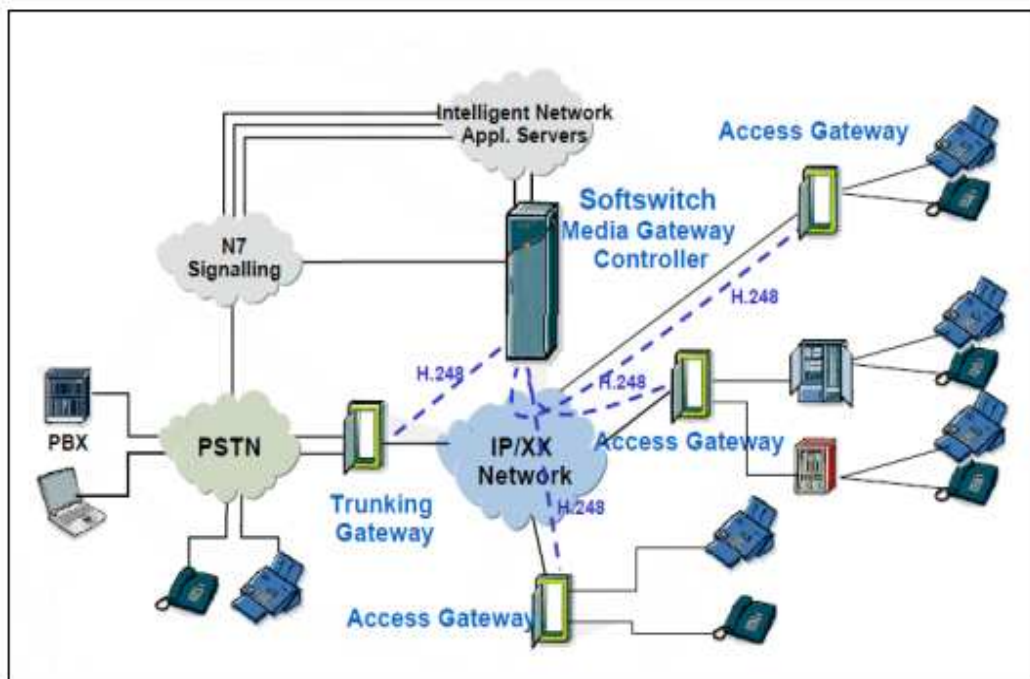
- Proveer a través de una red IP una comunicación de voz iniciada en una plataforma de sistema telefónico tradicional, brindando el servicio de manera confiable.
- Permite proveer nuevas aplicaciones multimedia, caracterizadas por:
  - Permite controlar servicios de conexión asociados a las pasarelas multimedia (Media Gateway) y los puntos terminales que utilizan IP como protocolo nativo.
  - Enrutamiento de llamadas de acuerdo a la señalización e información almacenada en la base de datos de los clientes.
  - Interfaces con funciones de gestión para los sistemas de facturación.
  - Soporta múltiples protocolos de señalización como H323, SIP, MGCP y otros.

Un Softswitch puede consistir de uno o más componentes, sus funciones pueden residir en un sistema o expandirse a través de varios sistemas. Un Gateway Controller combinado con el Media Gateway y Signalling Gateway representan la mínima configuración de un Softswitch.

Los componentes más comunes de un Softswitch son [CAP2012]:

- Media Gateway Controller: Es la unidad funcional del Softswitch. Mantiene las normas para el procesamiento de llamadas. Frecuentemente esta unidad es referida como Call Agent o Media Gateway Controller. Algunas veces el Call Agent es referido como el centro operativo del Softswitch. Este componente se comunica con las otras partes del Softswitch y componentes externos usando diferentes protocolos.
- Signalling Gateway: Sirve como puente entre la red de señalización SS7 y los nodos manejados por el Softswitch en la red IP.
- Media Gateway: Actualmente soporta TDM para transporte de paquetes de voz al switch. Las aplicaciones de codificación de voz, decodificación y compresión son soportadas, así como las interfaces PSTN y los protocolos CAS e ISDN.
- Media Server: Mejora las características funcionales del Softswitch si es requerido soporta Digital Signal Processing (DSP) así como las funcionalidad de IVR. [MAT2010]

- Feature Server: Controla los datos para la facturación, para ello usa los recursos de los componentes del Softswitch.
- Services Targeted: traslación de direcciones, enrutamientos, emergencias, llamadas en espera.
- Service Interface: Posee arquitectura independiente de señalización, soporta SIP, H.323, SS7 e ISDN.



**FIGURA 1-4: NGN ARQUITECTURA Y ELEMENTOS DE RED**  
Fuente: "Materia REDES II – NGN Next Generation Network" [MAT2010]

### 1.2.2 Protocolo SIP

Es un protocolo de inicio de sesión (SIP, Session Initiation Protocol), es un protocolo de señalización de capa de aplicación que define la iniciación, modificación y terminación de sesiones de conexión. Entre las aplicaciones donde se usa este protocolo tenemos el establecimiento de llamadas VoIP, mensajería instantánea, movilidad 3G, etc.

Este protocolo está normado en la RFC 2543 y en la RFC 3261, permite establecer, cambiar o terminar llamadas entre uno o más usuarios.

El protocolo SIP realiza funciones de sesión y funciones no relacionadas con la sesión. [MEG2006]

Las invitaciones de SIP son usadas para crear sesiones y llevar las descripciones de la sesión que permiten que los participantes convengan en un sistema de tipos de medios compatibles. El protocolo SIP hace uso de elementos llamados servidores Proxy para ayudar a encaminar peticiones a la localización actual del usuario, a autenticar y autorizar a usuarios para los servicios, implementar políticas de encaminamiento, y proporcionar servicios a los usuarios. SIP funciona por encima de diversos protocolos del transporte. [MEG2006]

Las funciones de sesión son:

- Establecimiento.
- Negociación de medios.
- Modificación.
- Terminación.
- Cancelación.
- Señalización en llamada.
- Control de llamada.
- Configuración de QoS.

Las funciones no relacionadas con la sesión son:

- Movilidad.
- Transporte de mensajes.
- Autenticación. [CAS2005]

### 1.2.2.1 Arquitectura de un Sistema de protocolo SIP

Está Conformado por:

- Modelo cliente – servidor.
- Mensajes de petición y respuesta.
- Agentes de usuario, los cuales son:
  - Agentes de usuarios clientes (UAC).
  - Agentes de usuarios servidores (UAS).
- Servidores Proxy, de registro y de redirección. [RED2003]

En la figura 1-5, se puede observar los componentes de la arquitectura de un protocolo SIP:

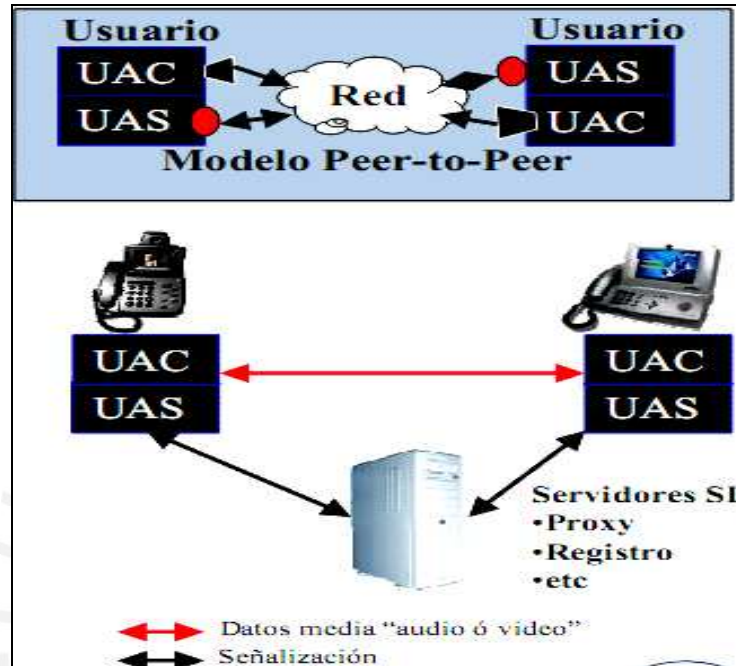


FIGURA 1-5: COMPONENTES DE LA ARQUITECTURA SIP  
Fuente: "Protocolo para voz IP" [CAS2005]

### 1.2.3.2 Funcionamiento del Protocolo SIP

Utiliza una serie de métodos y respuestas [SIP2012]:

a) Métodos:

La RFC 3261 define 6 métodos:

- INVITE: método que permite la iniciación a una sesión enviando una solicitud a un usuario o para modificar algunos parámetros.
- BYE: permite la liberación de una sesión iniciada, este método puede ser emitido por el que genera o recibe la llamada.
- REGISTER: permite registrar al User Agent.
- ACK: confirmación de establecimiento de sesión.
- CANCEL: método a través del cual se pide el abandono de una llamada, pero solo el método BYE puede terminar la llamada.
- OPTIONS: método que monitorea las capacidades de un User Agent o de un servidor.

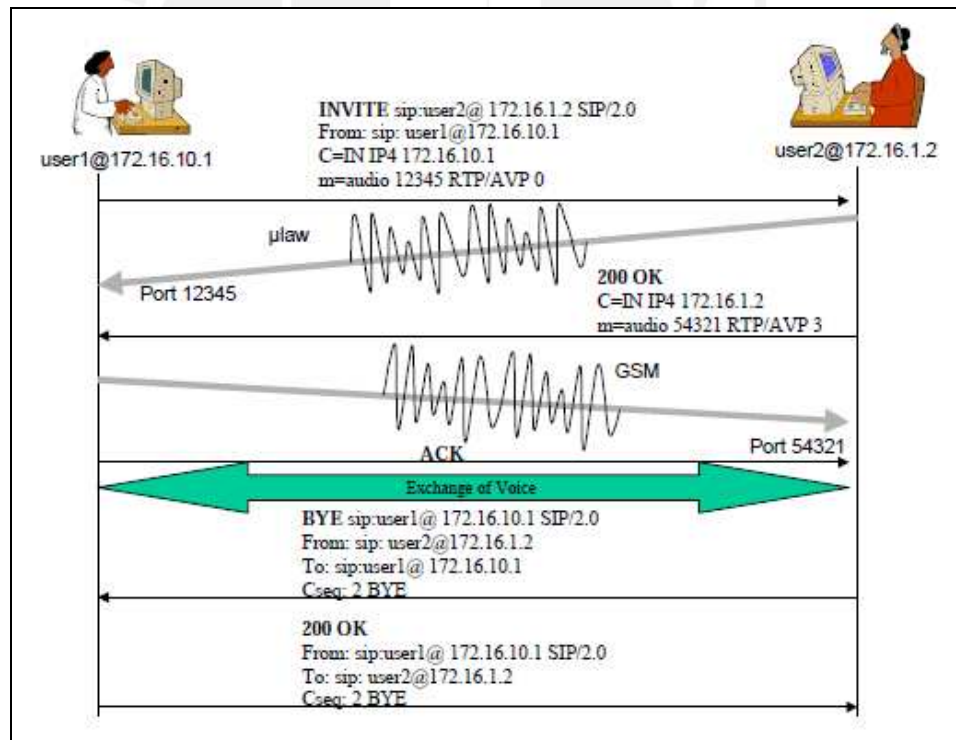


## b) Respuestas:

Después de haber recibido e interpretado los requerimientos SIP, el destinatario devuelve una respuesta SIP. Existen 6 clases de respuestas:

- Clase 1xx: confirmación de requerimiento recibido.
- Clase 2xx: éxito, requerimiento recibido, entendido y aceptado.
- Clase 3xx: reenrutamiento de la llamada cuando no puede ser establecida.
- Clase 4xx: error de requerimiento cliente, no puede ser atendido por el servidor, requerimiento debe ser modificado antes de ser reenviado.
- Clase 5xx: error servidor, no puede atender el requerimiento supuestamente válido.
- Clase 6xx: respuesta de fracaso, el requerimiento no puede ser atendido por ningún servidor.

La Figura 1-6 permite ver la iniciación y finalización de una sesión SIP:



**FIGURA 1-6: ESTABLECIMIENTO Y LIBERACION DE UNA SESION SIP**

Fuente: "Protocolos de Señalización para el transporte de voz sobre redes IP" [PRO2011]

### 1.2.3 Protocolo H323

El estándar H.323 es un conjunto de normas y protocolos recomendados por la ITU-T. Esta recomendación describe los terminales y otros componentes que proveen servicios de comunicación multimedia a través de redes basadas en paquetes sin garantizar calidad de servicio.

#### 1.2.3.1 Componentes del Protocolo H323 [RED2012]

a) Terminal:

Equipo usado por el usuario, el cual puede ser implementado mediante software (desde una computadora) o mediante hardware (dispositivo físico).

b) Gateways:

Proporcionan comunicaciones bidireccionales en tiempo real entre terminales de la red IP y otros terminales de una red conmutada.

c) Gatekeepers:

Son el centro de toda organización de VoIP y son el equivalente a las centralitas privadas o PBX (Private Branch eXchange).

Se encarga de registrar los terminales, así como la asignación de ancho de banda necesario para garantizar la comunicación o rechazarla si la red está saturada.

d) Multipoint Control Unit (MCU):

Permite conectar dos o más terminales para que realice una llamada o videoconferencia.

Un MCU comprende dos unidades lógicas:

- Multipoint Controller (MC): gestiona las conexiones y se encarga de realizar la negociación entre los terminales para determinar las capacidades para el proceso de audio y video.
- Multipoint Processor (MP): mezcla, conmuta y procesa los diferentes canales de audio, video y/o datos y los envía a los participantes.

#### 1.2.3.2 Fases de una Llamada H.323 [RED2012]

a) Establecimiento:

El terminal se registra en el gatekeeper utilizando el protocolo RAS (mensajes de ARQ y ACF). Mediante el protocolo H.225 se envía un mensaje de inicio de

llamada (SETUP) con los datos (IP y puerto) del llamante y llamado. El terminal llamado contesta con CALL PROCEEDING.

El segundo terminal tiene que registrarse con el gatekeeper al igual que el primer terminal.

Con el mensaje ALERTING se indica el inicio de generación de tono y con el mensaje CONNECT se da inicio a la conexión.

b) Señalización de control:

Se abre una negociación mediante el protocolo H.245 para establecer quién será maestro y quién esclavo, las capacidades de los participantes y los códecs de audio y video a utilizar.

Luego se abre el canal de comunicación (direcciones IP, puerto).

c) Audio y datos y/o video:

Los terminales inician la comunicación y el intercambio de audio, datos y/o video mediante RTP/RTCP.

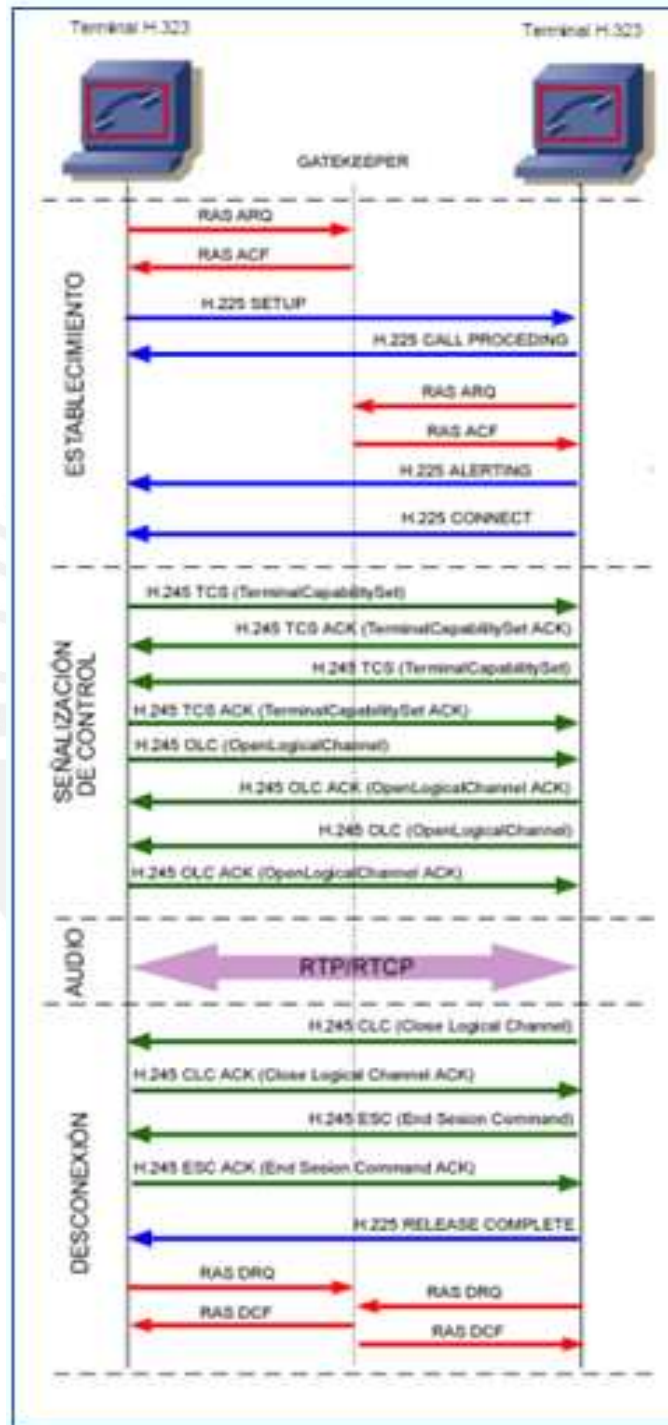
d) Desconexión:

Cualquiera de los participantes activos puede iniciar el proceso de finalización de llamada mediante mensajes Close Logical Channel y End Session Comand de H.245.

Posteriormente utilizando H.225 se cierra la conexión con el mensaje RELEASE COMPLETE.

Finalmente se liberan los registros con el gatekeeper utilizando mensajes del protocolo RAS.

En la Figura 1-7 se observa el proceso de una llamada H.323:



**FIGURA 1-7: PROCESO DE UNA LLAMADA H323**  
Fuente: "Redes de Comunicación" [RED2012]

#### 1.2.4 Protocolo SS7

El protocolo SS7 es un estándar definido por la ITU-T, donde se definen los procedimientos y protocolos mediante los cuales los elementos de una red de telefonía pública intercambian información sobre una red digital para realizar el establecimiento, mantenimiento y liberación de llamadas fijas o móviles.

Este protocolo de señalización puede ser extendido desde una red telefónica básica a:

- Red Inteligente
- Red Digital de Servicios Integrados (RDSI)
- Redes ATM
- Redes Móviles GSM

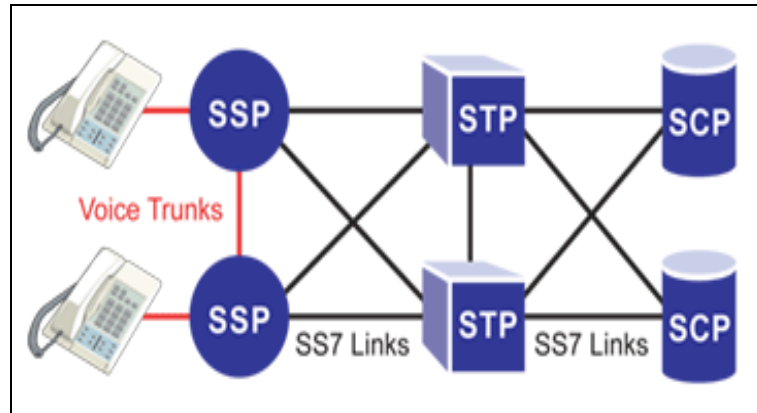
##### 1.2.4.1 Arquitectura de Red SS7

Todos los Nodos en la red SS7 son llamados Puntos de Señalización. Un punto de señalización es capaz de discriminar mensajes y enrutar mensajes SS7 a otro punto de señalización [SIS2012].

Hay 3 tipos de puntos de señalización [LOB2012]:

- SSP (Service Switching Point):  
Son los elementos de la red en los que se comienza, conmuta o termina las llamadas. Se comunican con otros SSPs para establecer, gestionar o liberar recursos necesarios. Pueden comunicarse con los SCPs para encaminar las llamadas.
- STP (Signal Transfer Point):  
Son conmutadores de tráfico de señalización, ya que encaminan los mensajes de señalización desde un punto de entrada a uno de salida.
- SCP (Signal Control Point):  
Concentran la inteligencia de la red SS7. Actúan como base de datos, almacenan información de operación, mantenimiento y servicios suplementarios.

En la Figura 1-8 se observa los puntos de señalización en SS7:



**FIGURA 1-8: PUNTOS DE SEÑALIZACIÓN EN SS7**  
Fuente: "Tutorial de SS7" [TUT2012]

#### 1.2.4.2 Tipos de Enlace de Señalización en SS7

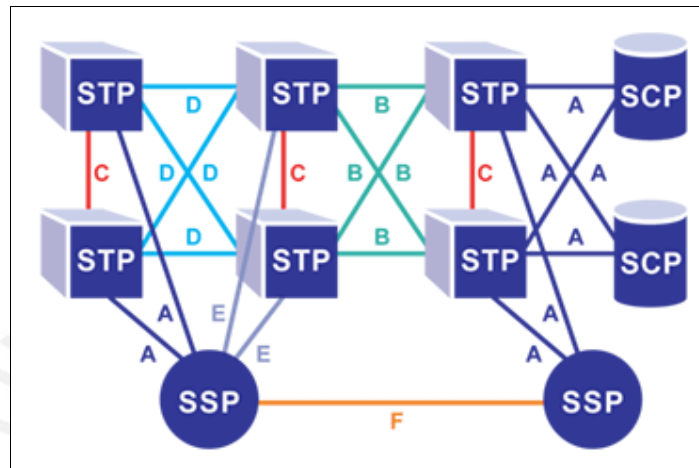
Existen 6 tipos de enlaces, los cuales son clasificados de acuerdo al uso en la red de señalización SS7 [TUT2012]:

- Enlace A:  
Conecta un punto de señalización final, un SSP o SCP, a un STP. Solo se transmiten los mensajes originados por o destinados al punto de señalización final.
- Enlace B:  
Conecta un STP a otro STP.
- Enlace C:  
Conecta a un STP con su pareja. Se usa típicamente cuando un STP no tiene otra ruta disponible para llegar a otro elemento por algún error en los enlaces.
- Enlace D:  
Conecta a algún par secundario de STPs hacia un primario. Los STPs secundarios dentro de una misma red se conectan vía enlaces tipo D.
- Enlace E:  
Conecta un SSP con un STP alternativo. Los enlaces E proveen una ruta alternativa para conectar con un STP.



- Enlace F:  
Conecta a dos puntos de señalización final (SSPs y SCPs). No se usan regularmente en las redes con STP, ya que se pensaron para conectar directamente dos puntos de señalización.

En la Figura 1-9 se muestran los tipos de enlace de señalización SS7:



**FIGURA 1-9: TIPOS DE ENLACE DE SEÑALIZACION EN SS7**  
Fuente: "Tutorial de SS7" [TUT2012]

#### 1.2.4.3 Pila de Protocolos en SS7 [BAR2012]

- Message Transfer Protocol (MTP1, MTP2 y MTP3):  
Relacionadas a la capa física, de enlace de datos y de red respectivamente.
- Signalling Connection Control Part (SCCP):  
Proporciona mecanismos para la transferencia de datos a través de la red SS7.
- Transaction Capabilities Application Part (TCAP):  
Hace referencia a las instrucciones enviadas entre aplicaciones.
- Telephony User (TUP) e ISDN User Part (ISUP):  
Proporcionan circuitos relacionados con la señalización para establecer, mantener y concluir las llamadas.

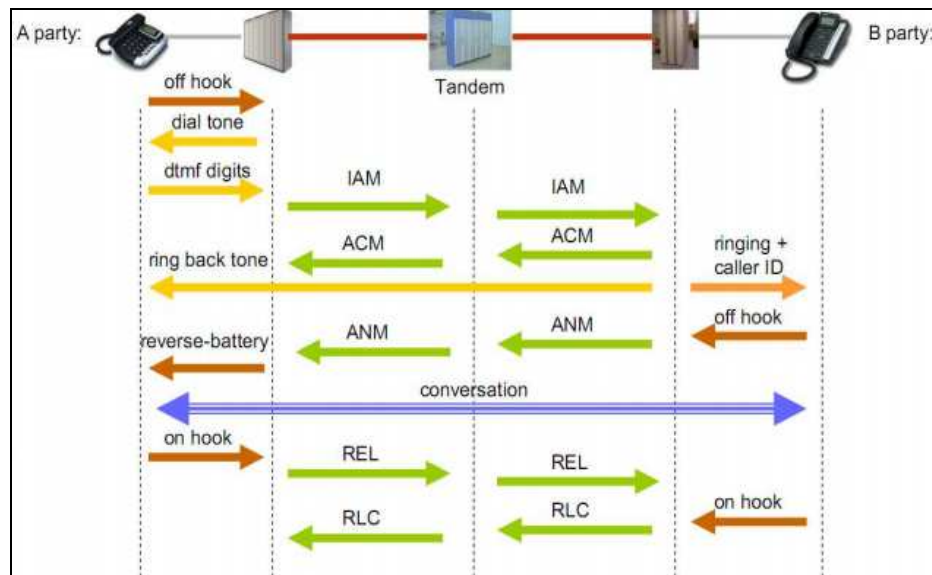
#### 1.2.4.4 Proceso de Llamada en SS7 [BAR2012]

Se inicia una llamada cuando el SSP origen envía mensaje IAM al SSP destino, el mensaje enviado contiene información del número llamante, el número llamado, CIC (Código Identificador de Circuito), entre otros. Una vez que este mensaje llega al SSP destino, éste envía un mensaje ACM indicando que se ha reservado el

canal, luego de ello se envía el Ring Back Tone. Una vez que se estableció la conexión con la reserva de canal, el usuario llamado contesta el teléfono y se envía un mensaje ANM de llamada activa.

Una vez que se corta la llamada desde el SSP origen, se envía el mensaje REL para liberar el canal antes reservado, y el SSP destino responde con un mensaje de RLC, con lo que se confirma la liberación del canal y la finalización de la llamada.

En la figura 1-10 se muestra el proceso de una llamada SS7:



**FIGURA 1-10: ESTABLECIMIENTO Y LIBERACION DE LLAMADA SS7**  
Fuente: "Velarde, Edgard. Blog de telecomunicaciones" [VEL2008]

### 1.2.5 Red MPLS

Multiprotocol Label Switch (MPLS), es un multiprotocolo de conmutación de etiquetas que reduce el tiempo de procesamiento de los paquetes mejorando de esta manera el desempeño de la red.

Su funcionamiento se basa en el etiquetado de paquetes, de acuerdo a las etiquetas que fueron añadidas en la capa 2; vale decir que al ser etiquetadas ya se está ofreciendo una calidad de servicio. Por otro lado este etiquetado de capa 2, explica porque esta red es "Multi-Protocol", ya que permite su portabilidad sobre múltiples tecnologías como ATM, Frame Relay, etc.

### 1.2.5.1 Soporte de Calidad de Servicio (QoS)

El soporte de QoS permite a los administradores de redes garantizar la habilitación de los recursos necesarios para las aplicaciones que así lo requieran sin arriesgar el buen desempeño de las demás aplicaciones.

La asignación de recursos de basa en prioridades, ya que se asignará mayor cantidad de recursos a aquellas aplicaciones que tengan mayor prioridad, como por ejemplo aplicaciones de video, audio, etc.

La QoS es un requisito muy importante de la red MPLS, ya que cumple con las necesidades actuales de transmitir mayores cantidades de información en menos tiempo como video, audio en tiempo real (streaming media), etc.

Con la QoS que ofrece MPLS se mejora la interacción del usuario con el sistema y reduce costos al asignar recursos con mayor eficiencia (bandwidth).

Mejora el control sobre la latencia, para asegurar la capacidad de transmisión de voz sin interrupciones y por último disminuye el porcentaje de paquetes desechados por los enrutadores: confiabilidad (reliability). [MOR2007]

Los niveles de calidad de servicio que los operadores deben establecer para garantizar el QoS extremo - extremo a los usuarios finales están definidos por la ITU-T en la recomendación Y.1541; en donde se especifican los tiempos de atención que se debe cumplir para cada una de las 5 clases de QoS definidas [ITU2011].

### 1.2.5.2 Ingeniería de Tráfico

La ingeniería de tráfico es la habilidad de definir rutas de manera dinámica y planear la asignación de recursos en base a la demanda de ciertas aplicaciones, de tal manera que se obtenga una buena optimización de la red, además de proporcionar balanceo de carga y proporcionar diferentes niveles de soporte dependiendo de las demandas de tráfico de los usuarios.

El ruteo dinámico es la capacidad de re-rutear inteligentemente los flujos, de tal manera que se pueda cambiar de ruta los flujos de paquetes de acuerdo a la demanda de tráfico de cada flujo.

MPLS emplea la ruta más corta que cumpla con los requisitos del flujo de tráfico, que incluye: requisitos de ancho de banda, de medios y de prioridades sobre otros flujos. [MOR2007]

Para la presente tesis la ingeniería de tráfico se dará lugar en el plano de transporte, ya que trabajará con el ruteo dinámico de flujos de paquetes IP.

### 1.2.5.3 Soporte para Redes Privadas Virtuales (VPNs)

MPLS permite ofrecer un manejo eficiente de las redes virtuales privadas, ya que la información de una red privada debe atravesar la red de una manera eficaz y transparente para el usuario, eliminando cualquier tráfico externo y protegiendo a la información. Las VPNs creadas con tecnología MPLS tienen una mayor capacidad de expansión y son más flexibles en cualquier red, principalmente IP. [MOR2007]

El funcionamiento de MPLS-VPN es reenviar el flujo de paquetes a través de túneles privados utilizando etiquetas para identificar si un flujo de paquetes pertenece o no a una VPN y de esa manera filtrar información que no corresponde a una determinada VPN.

Principales ventajas de MPLS-VPN:

- Uso eficiente de los recursos de red.
- Seguridad y rapidez de transmisión de información.
- Reducción de costos mediante consolidación de servicios.
- Ofrece servicios de valor agregado. [BOL2009]
- Permite maximizar la capacidad de ampliación, logrando un gran aumento en cuanto a los clientes VPN. [BOL2009]

### 1.2.5.4 Soporte Multiprotocolar

Esta capacidad permite que la red MPLS pueda trabajar con diversas tecnologías, tales como las redes ATM y Frame Relay; de igual manera lo hacen los routers y switches, ya que están preparados para trabajar con ATM y Frame Relay; lo cual permitirá optimizar el uso de recursos de red, y por lo tanto ofrecerá QoS.

En la figura 1-11 se puede apreciar el funcionamiento de una red MPLS:

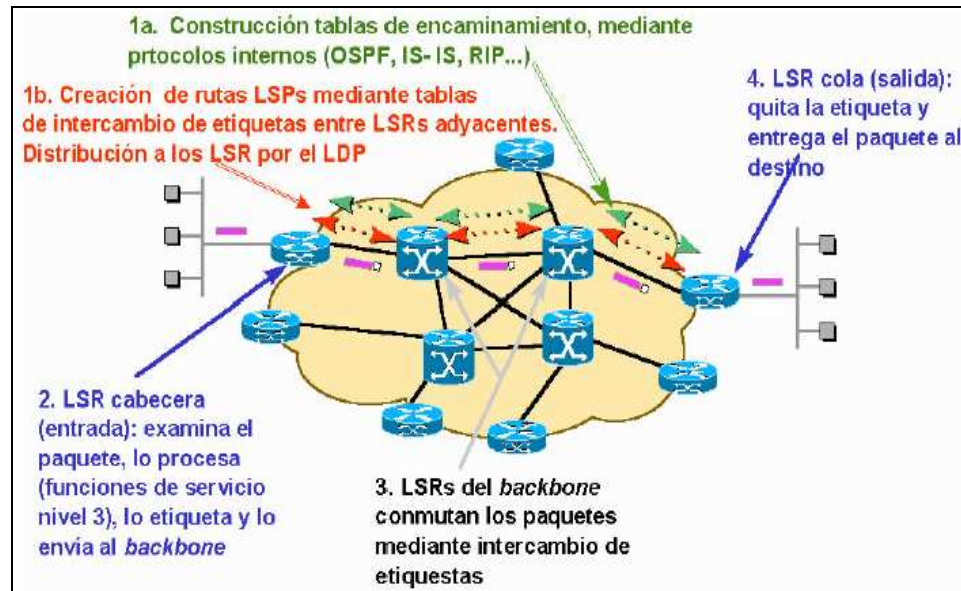


FIGURA 1-11: FUNCIONAMIENTO DE UNA RED MPLS

Fuente: "Una Arquitectura de Backbone para Internet del Siglo XXI" [CAN2008]

### 1.2.6 Protocolo OSPF

Es un protocolo de enrutamiento interno, opera como protocolo de estado de enlace, e implementa el algoritmo Dijkstra para calcular la ruta más corta hacia una red destino. Su métrica de enrutamiento es el costo de los enlaces, parámetro que se calcula en función del ancho de banda; por este motivo es de gran importancia la configuración del parámetro bandwidth (ancho de banda) en las interfaces que participan de este proceso de enrutamiento. [GER2006]

Es un estándar abierto, lo cual permite su fácil interacción con diversos sistemas operativos, tales como Windows 2003 Server, Linux, Cisco IOS, etc.

Las principales características de OSPF son:

- Su tiempo de convergencia es menor que los protocolos de vector por distancia.
- No actualiza toda la tabla de enrutamiento, lo cual hace que su tiempo de procesamiento sea menor que otros protocolos.
- No es propenso a bucles de enrutamiento.
- Utiliza el ancho de banda de los enlaces como base de la métrica.

Opera estableciendo relaciones de adyacencia con los dispositivos vecinos, a los que envía periódicamente paquetes hello. Adicionalmente, cada vez que un enlace cambia de estado inunda la red con la notificación de este cambio; y cada 30 minutos envía a los dispositivos vecinos (o adyacentes) una actualización conteniendo todos los cambios de estado de enlace de ese periodo. [GER2006]







## **Capítulo 2**

### ***Mercado para NGN en Lima-Metropolitana***

#### **2.1 Evaluación Socio-Económica del Mercado de Lima-Metropolitana**

En el presente capítulo se hará un estudio de los servicios de Telecomunicaciones en el mercado de Lima-Metropolitana basado en los indicadores estadísticos brindados en la página web del Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones, Osiptel en adelante.

Como es de saberse, desde hace algunos años atrás el desarrollo de las telecomunicaciones viene dándose a pasos agigantados, tal es así que en la década de los 80's muchos hogares contaban con el servicio de telefonía fija, el cual para fines de los 90's ya se había convertido en un servicio básico y no suntuoso; y junto con éste la aparición de nuevos servicios de Internet y Telefonía Móvil entre otros, los cuales se analizarán en los siguientes puntos del presente capítulo.

A continuación se presentará un estudio de los servicios de telecomunicaciones en el mercado de Lima-Metropolitana, analizando éstos de acuerdo al tipo de suscriptor del servicio y tipo de tecnología de acceso.

### **2.1.1 Situación del Servicio de Internet en el Mercado de Lima-Metropolitana**

La información brindada por Osiptel para el servicio de Internet ha sido clasificada en dos grupos, tipos de suscriptores y tipos de tecnología de acceso. Los tipos de suscriptores corresponden a los tipos de clientes en el mercado, tal es así que se tienen suscriptores Residencial, Empresarial o Comercial, Cabina Pública, Gobierno y Otros (referidas a tecnologías ADSL, Cablemódem y WAP). Entre los tipos de tecnologías de acceso con los cuales se tiene conexión a los servicios de Internet se tiene Dial-Up Fijo, Líneas Dedicadas Alámbricas, Líneas Dedicadas Inalámbricas, xDSL, Cablemódem, WiMax, Satelital y Otros.

Estas clasificaciones presentan algunas variaciones después del año 2009, por ello se realizará estudios del servicio de Internet en dos etapas, la primera etapa entre los años 2007 y 2009, y la segunda etapa entre los años 2010 y 2011.

Cabe mencionar que estas variaciones se deben a la constante evolución y desarrollo de los tipos de tecnología de acceso en los últimos años.

#### **2.1.1.1 Análisis del Servicio de Internet entre los años 2007 y 2009**

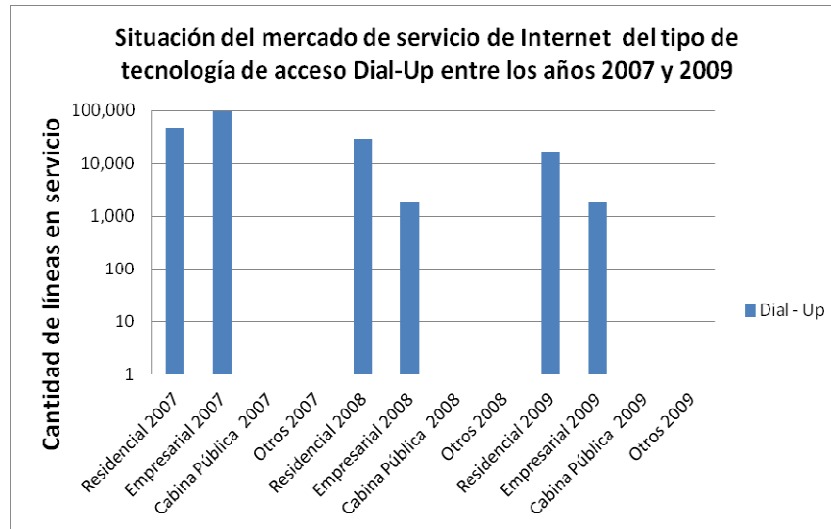
El análisis en esta primera parte se realizará de acuerdo a los tipos de tecnología de acceso establecidas por Osiptel.

##### **2.1.1.1.1 Dial-Up**

Este tipo de tecnología de acceso permite la conexión a Internet a través de un módem y una línea telefónica.

En la Figura 2-1 se puede apreciar el comportamiento de los 4 tipos de suscriptor para la modalidad de acceso Dial-Up, se observa presencia en el sector Residencial y Empresarial entre los años 2007 y 2009; para los sectores Cabina Pública y Otros no observa presencia en el mercado.

Cabe mencionar que para ambos suscriptores, Residencial y Empresarial, ha disminuido la teledensidad en el mercado para el acceso de Dial-Up, siendo el sector Residencial el que ha mantenido mayor teledensidad.



**FIGURA 2-1 : SITUACION DEL MERCADO DEL SERVICIO DE INTERNET DEL TIPO DE TECNOLOGIA DE ACCESO DIAL-UP ENTRE LOS AÑOS 2007 Y 2009.**

Fuente: "OSIPTEL" [OSI2011]

En las tabla 2-1, 2-2 y 2-3, se puede ver la cantidad de líneas en servicio de los suscriptores que usan la modalidad de acceso Dial-Up para el acceso al servicio de Internet de los años 2007, 2008 y 2009 respectivamente.

**TABLA 2-1: DISTRIBUCION DELMERCADO DE LIMA METROPOLITANA DE ACUERDO AL TIPO DE ACCESO DIAL-UP Y TIPOS DE SUSCRIPTOR EN EL AÑO 2007**

Fuente: "OSIPTEL" [OSI2011]

Tipo de Suscriptores	2007			
	Residencial	Empresarial	Cabina Pública	Otros
Dial - Up	46,071	97,594	0	0

**TABLA 2-2: DISTRIBUCION DELMERCADO DE LIMA METROPOLITANA DE ACUERDO AL TIPO DE ACCESO DIAL-UP Y TIPOS DE SUSCRIPTOR EN EL AÑO 2008**

Fuente: "OSIPTEL" [OSI2011]

Tipo de Suscriptores	2008			
	Residencial	Empresarial	Cabina Pública	Otros
Dial - Up	27,955	1,807	0	0

**TABLA 2-3: DISTRIBUCION DEL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA DE ACUERDO AL TIPO DE ACCESO DIAL-UP Y TIPOS DE SUScriptor EN EL AÑO 2009**

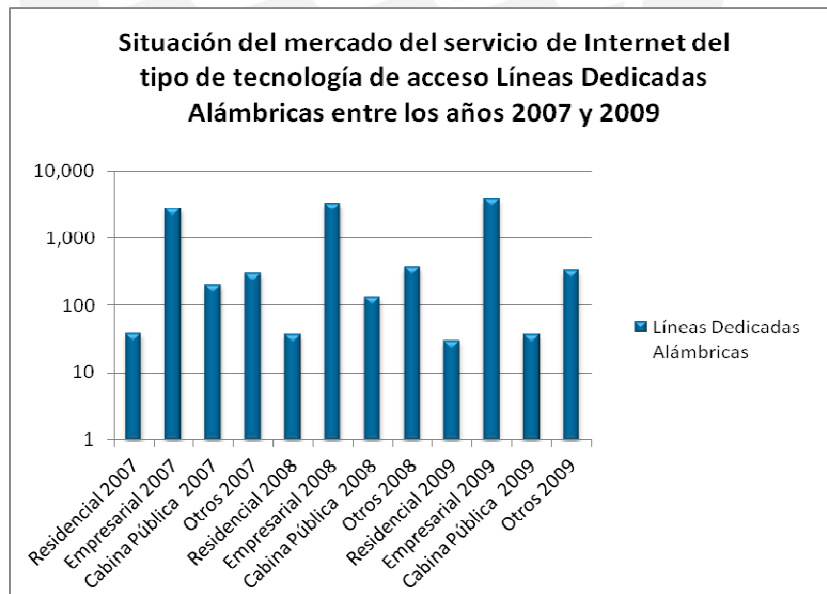
Fuente: "OSIPTEL" [OSI2011]

Tipo de Suscriptores	2009			
	Residencial	Empresarial	Cabina Pública	Otros
Dial - Up	16,910	1,807	0	0

De las Tablas 2-1, 2-2 y 2-3, se puede resaltar como ha disminuido la cantidad de líneas en servicio de los suscriptores Residencial y Empresarial.

**2.1.1.1.2 Líneas Dedicadas Alámbricas**

La Figura 2-2 muestra la teledensidad del servicio de Internet de acuerdo a la modalidad de acceso de Líneas Dedicadas Alámbricas, donde se observa el auge de este tipo de acceso para el suscriptor Empresarial entre los años 2007 y 2009; los demás suscriptores no tuvieron mucha acogida en el mercado para este tipo de acceso.



**FIGURA 2-2: SITUACION DEL MERCADO DEL SERVICIO DE INTERNET DEL TIPO DE TECNOLOGIA DE ACCESO LINEAS DEDICADAS ALAMBRICAS ENTRE LOS AÑOS 2007 Y 2009.**

Fuente: "OSIPTEL" [OSI2011]

Las Tablas 2-4, 2-5 y 2-6 muestran la cantidad de líneas en servicio de Líneas Dedicadas Alámbricas para los diferentes tipos de suscriptores de acuerdo a los indicadores estadísticos de Osiptel en los años 2007, 2008 y 2009 respectivamente.

**TABLA 2-4: DISTRIBUCION DEL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA DE ACUERDO AL TIPO DE ACCESO LINEAS DEDICADAS ALAMBRICAS Y TIPOS DE SUSCRIPTOR EN EL AÑO 2007.**

Fuente: "OSIPTEL" [OSI2011]

Tipo de Suscriptores	2007			
	Residencial	Empresarial	Cabina Pública	Otros
Líneas Dedicadas Alámbricas	38	2,775	203	305

**TABLA 2-5: DISTRIBUCION DEL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA DE ACUERDO AL TIPO DE ACCESO LINEAS DEDICADAS ALAMBRICAS Y TIPOS DE SUSCRIPTOR EN EL AÑO 2008.**

Fuente: "OSIPTEL" [OSI2011]

Tipo de Suscriptores	2008			
	Residencial	Empresarial	Cabina Pública	Otros
Líneas Dedicadas Alámbricas	37	3,266	132	372

**TABLA 2-6: DISTRIBUCION DEL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA DE ACUERDO AL TIPO DE ACCESO LINEAS DEDICADAS ALAMBRICAS Y TIPOS DE SUSCRIPTOR EN EL AÑO 2009.**

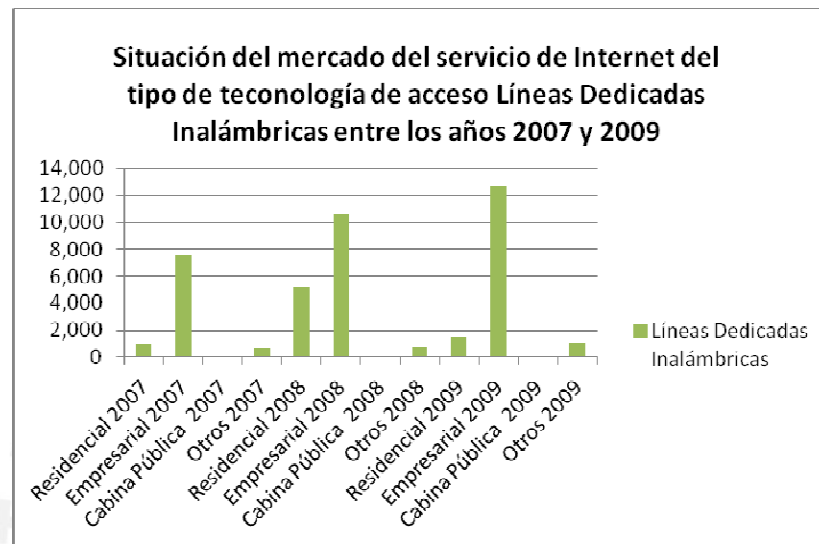
Fuente: "OSIPTEL" [OSI2011]

Tipo de Suscriptores	2009			
	Residencial	Empresarial	Cabina Pública	Otros
Líneas Dedicadas Alámbricas	30	3,848	37	331

### 2.1.1.1.3 Líneas Dedicadas Inalámbricas

La Figura 2-3, muestra la teledensidad del servicio de Internet, en la modalidad de acceso de Líneas Dedicadas Inalámbricas de acuerdo al tipo de suscriptor

entre los años 2007 y 2009, siendo el suscriptor Empresarial, el que presenta la mayor teledensidad, además de haber logrado mayor penetración a lo largo de los años 2007, 2008 y 2009, tal es así que en el año 2009 tuvo 12,673 líneas en servicio.



**FIGURA 2-3: SITUACION DEL MERCADO DEL SERVICIO DE INTERNET DEL TIPO DE TECNOLOGIA DE ACCESO LINEAS DEDICADAS INALAMBRICAS ENTRE LOS AÑOS 2007 Y 2009.**

Fuente: "OSIPEL" [OSI2011]

Las tablas 2-7, 2-8 y 2-9 muestran la distribución del mercado de Internet entre los suscriptores de acuerdo a la modalidad de acceso de Líneas Dedicadas Inalámbricas entre los años 2007 y 2009, siendo el suscriptor Empresarial el que domina este mercado.

**TABLA 2-7: DISTRIBUCION DEL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA DE ACUERDO AL TIPO DE ACCESO LINEAS DEDICADAS INALAMBRICAS Y TIPOS DE SUSCRIPTOR EN EL AÑO 2007.**

Fuente: "OSIPEL" [OSI2011]

Tipo de Suscriptores	2007			
	Residencial	Empresarial	Cabina Pública	Otros
Líneas Dedicadas Inalámbricas	898	7,615	82	674



**TABLA 2-8: DISTRIBUCION DEL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA DE ACUERDO AL TIPO DE ACCESO LINEAS DEDICADAS INALAMBRICAS Y TIPOS DE SUSCRIPТОR EN EL AÑO 2008.**

Fuente: "OSIPEL" [OSI2011]

Tipo de Suscriptores	2008			
	Residencial	Empresarial	Cabina Pública	Otros
Líneas Dedicadas Inalámbricas	5,163	10,626	18	774

**TABLA 2-9: DISTRIBUCION DEL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA DE ACUERDO AL TIPO DE ACCESO LINEAS DEDICADAS INALAMBRICAS Y TIPOS DE SUSCRIPТОR EN EL AÑO 2009.**

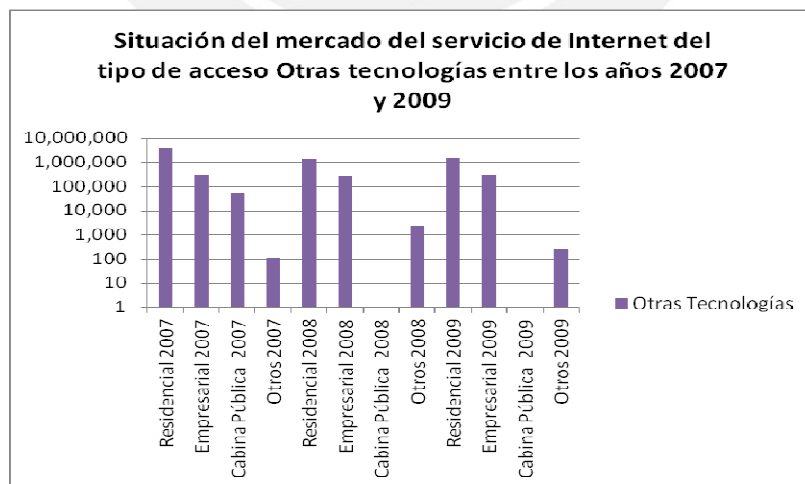
Fuente: "OSIPEL" [OSI2011]

Tipo de Suscriptores	2009			
	Residencial	Empresarial	Cabina Pública	Otros
Líneas Dedicadas Inalámbricas	1,496	12,673	21	1,014

#### 2.1.1.1.4 Otras Tecnologías

El tipo de acceso Otras Tecnologías según el regulador Osiptel, hace referencia a las tecnologías ADSL, Cablemódem y WAP.

La Figura 2-4, muestra la gran teledensidad del cliente Residencial sobre los otros suscriptores, sin embargo cabe resaltar que el cliente Empresarial también ocupa un mercado importante, según se observan los datos de la Figura 2-4.



**FIGURA 2-4: SITUACION DEL MERCADO DEL SERVICIO DE INTERNET DEL TIPO DE TECNOLOGIA DE ACCESO OTRAS TECNOLOGIAS ENTRE LOS AÑOS 2007 Y 2009.**

Fuente: "OSIPEL" [OSI2011]

Las tablas 2-10, 2-11 y 2-12 muestran la cantidad de líneas en servicio del tipo de acceso Otras Tecnologías para los diferentes tipos de suscriptores de acuerdo a los indicadores estadísticos establecidos por Osiptel.

**TABLA 2-10: DISTRIBUCION DEL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA DE ACUERDO AL TIPO DE ACCESO OTRAS TECNOLOGIAS Y TIPOS DE SUSCRIPTOR EN EL AÑO 2007.**

Fuente: "OSIPTTEL" [OSI2011]

Tipo de Suscriptores	2007			
	Residencial	Empresarial	Cabina Pública	Otros
Otras Tecnologías	3,703,800	288,959	52,224	117

**TABLA 2-11: DISTRIBUCION DEL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA DE ACUERDO AL TIPO DE ACCESO OTRAS TECNOLOGIAS Y TIPOS DE SUSCRIPTOR EN EL AÑO 2008.**

Fuente: "OSIPTTEL" [OSI2011]

Tipo de Suscriptores	2008			
	Residencial	Empresarial	Cabina Pública	Otros
Otras Tecnologías	1,329,804	260,302	0	2,352

**TABLA 2-12: DISTRIBUCION DEL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA DE ACUERDO AL TIPO DE ACCESO OTRAS TECNOLOGIAS Y TIPOS DE SUSCRIPTOR EN EL AÑO 2009.**

Fuente: "OSIPTTEL" [OSI2011]

Tipo de Suscriptores	2009			
	Residencial	Empresarial	Cabina Pública	Otros
Otras Tecnologías	1,489,870	299,171	0	242

De las Tablas 2-10, 2-11 y 2-12 se aprecia claramente el dominio del suscriptor Residencial sobre los demás suscriptores. Cabe mencionar que el suscriptor Empresarial también tiene presencia en el mercado, aunque no mayor que el Residencial.

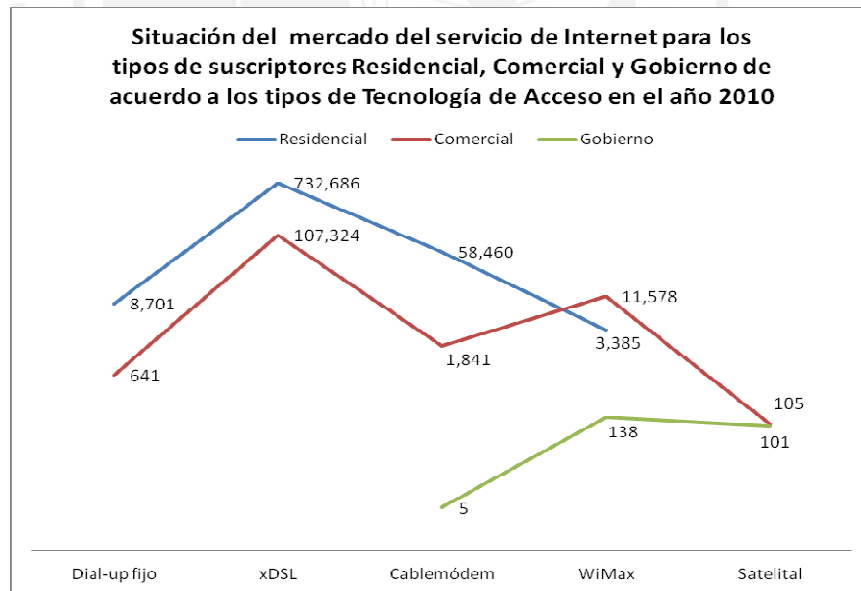
### 2.1.1.2 Análisis del Servicio de Internet entre los años 2010 y 2011

Continuando con el estudio del mercado del servicio de Internet entre los años 2010 y 2011, el regulador Osiptel estableció nuevas clasificaciones en los tipos de Tecnologías de Acceso, tal es así, que entre las nuevas clasificaciones se tiene xDSL, Cabledem, WiMax, Satelital, Wi-Fi y Otros. De igual manera, en la

actualidad se tienen más tipos de suscriptores, Residencial, Comercial, Cabina Pública, Gobierno, Otros y No Clasificados; de los cuales solo se trabajará con Residencial, Comercial y Gobierno, por tener una presencia considerable en el mercado a diferencia de los otros tipos de suscriptores.

En la Figura 2-5 se observa el comportamiento de los tipos de suscriptores de acuerdo al tipo de Tecnología de Acceso; tal es así, que se observa que el suscriptor Residencial tiene mayor presencia en el mercado del servicio de Internet en la modalidad de acceso xDSL, seguida por Dial-Up fijo y finalmente por el tipo de acceso WiMax.

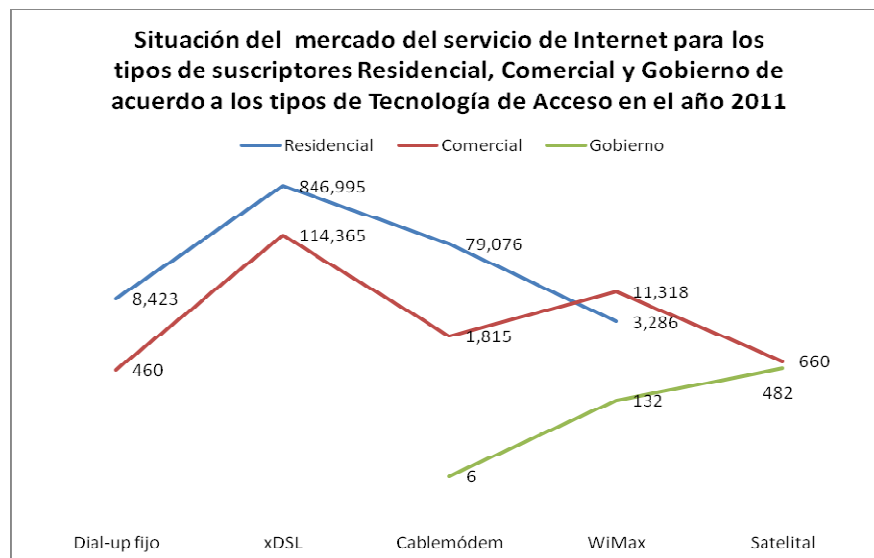
El tipo de suscriptor Comercial presenta mayor teledensidad en la modalidad de acceso xDSL llegando a 107,324 líneas en servicio a diferencia del acceso satelital, con tan sólo 101. El tipo de suscriptor Gobierno presenta poca presencia en el mercado de Internet para los 3 tipos de acceso de acuerdo a los indicadores estadísticos de Osiptel, siendo el tipo de acceso Wi-Max el que presenta mayor mercado y Cablemódem el de menor mercado.



**FIGURA 2-5: SITUACION DEL MERCADO DEL SERVICIO DE INTERNET PARA LOS TIPOS DE SUSCRIPTORES RESIDENCIAL, COMERCIAL Y GOBIERNO DE ACUERDO A LOS TIPOS DE TECNOLOGIA DE ACCESO EN EL AÑO 2010.**

Fuente: "OSIPTTEL" [OSI2011]

La Figura 2-6 muestra el comportamiento de los tipos de suscriptores en el año 2011, siendo el suscriptor Residencial el que muestra mayor teledensidad en el mercado para los tipos de acceso Dial-Up Fijo, xDSL y Cablemódem; lo cual no ocurre para el tipo de acceso WiMax donde el suscriptor Comercial tiene mayor teledensidad. Al igual que en el año 2010, el suscriptor Gobierno tiene muy poco mercado.



**FIGURA 2-6: SITUACION DEL MERCADO DEL SERVICIO DE INTERNET PARA LOS TIPOS DE SUSCRIPТОRES RESIDENCIAL, COMERCIAL Y GOBIERNO DE ACUERDO A LOS TIPOS DE TECNOLOGIA DE ACCESO EN EL AÑO 2011.**

Fuente: "OSIPTEL" [OSI2011]

## 2.1.2 Situación del Servicio de Telefonía en el Mercado de Lima-Metropolitana

En este punto se hará el estudio básicamente de la comunicación por voz, el cual ha sido dividido en tres tipos de servicio: Telefonía Fija, Telefonía Móvil y Telefonía Pública.

### 2.1.2.1 Telefonía Fija

A fines del año 2004, el servicio de telefonía fija era brindado sólo por 5 empresas operadoras: Telefónica del Perú S.A.A., Telmex Perú S.A., Comunicaciones Móviles S.A., Americatel Perú e Impsat Perú S.A., de los cuales sólo la empresa Telefónica del Perú operaba a nivel nacional, mientras que las otras 4 solo en Lima. [OSI2011]

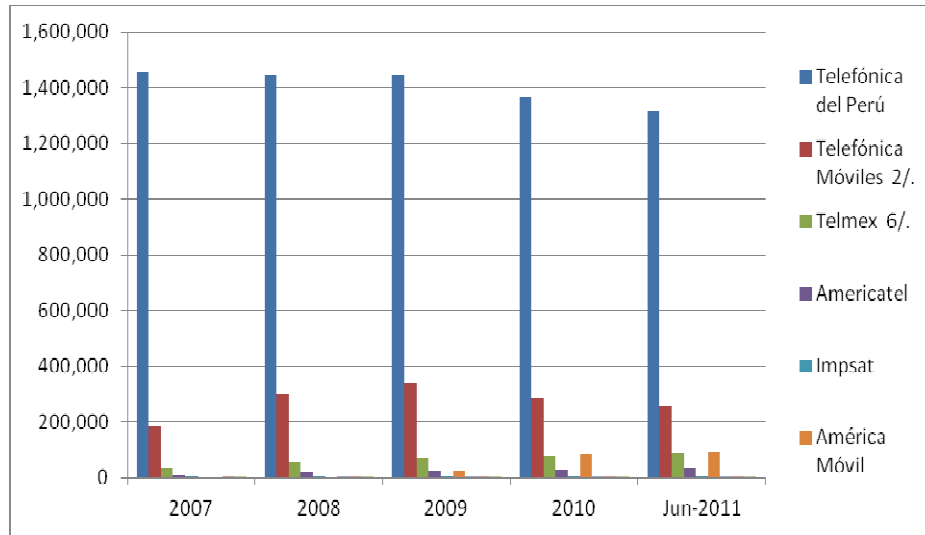
En la tabla 2-13, se indican las líneas en servicio de telefonía fija del mercado de Lima – Metropolitana entre los años 2007 y Junio del 2011.

**TABLA 2-13: DISTRIBUCION DEL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA DEL SERVICIO DE TELEFONIA FIJA POR OPERADOR ENTRE LOS AÑOS 2007 Y JUNIO DEL 2011.**

Fuente: "OSIPTEL" [OSI2011]

Operadores de Telefonía Fija	2007	2008	2009	2010	jun-11
Telefónica del Perú	1,455,358	1,442,838	1,442,838	1,366,203	1,318,017
Telefónica Móviles 2/.	187,363	301,138	337,728	285,801	255,785
Telmex 6/.	32,582	53,549	70,419	78,912	89,135
Americatel	9,192	17,883	25,306	30,438	32,596
Impsat	5,184	5,537	5,527	5,686	5,705
América Móvil	-	-	27,187	85,072	92,709
Perusat	-	4,193	5,422	6,385	6,520
Infoductos y Telecom	1,372	1,135	645	649	621
Gilat To Home	155	282	372	521	567

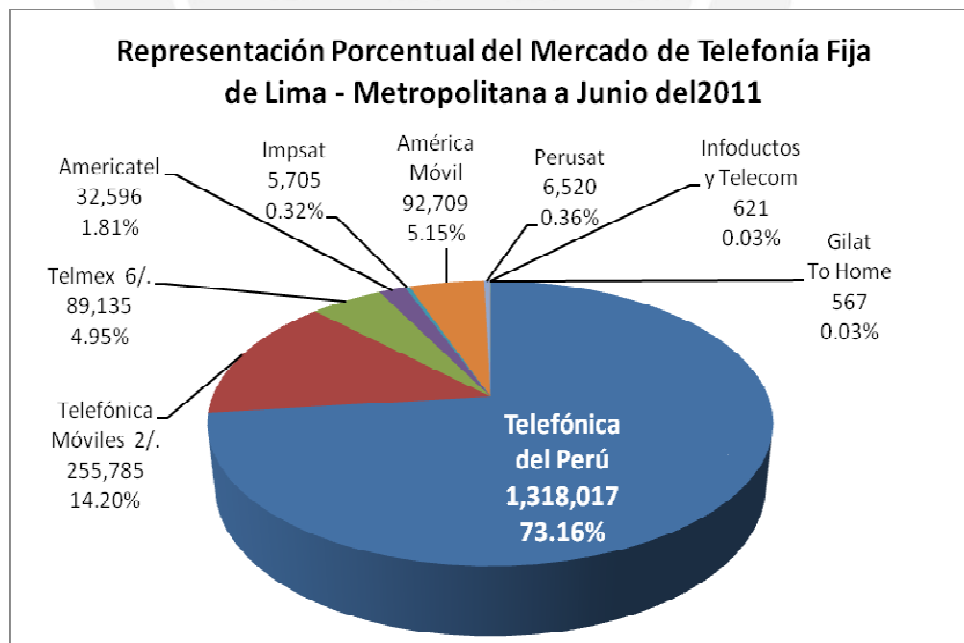
En la Figura 2-7, se puede observar el comportamiento del mercado de telefonía fija de las operadoras más resaltantes, donde se aprecia claramente el dominio de Telefónica del Perú sobre las demás operadoras, tal es así que en el año 2007 contaba con 1,455,358 líneas en servicio. Cabe resaltar que Telefónica del Perú disminuyó su teledensidad en el mercado entre los años 2007 y junio del 2011, y a pesar de ello ha mantenido el dominio del servicio de telefonía fija sobre las demás operadoras. Muy de lejos y en segundo lugar se observa a Telefónica Móviles, teniendo su auge en el año 2009 llegando a 337,728 líneas en servicio. Se puede apreciar a Telmex y América Móvil en tercer y cuarto lugar respectivamente, operadoras que han ido ganando mercado a lo largo de los años 2007 y junio 2011.



**FIGURA 2-7: INDICADORES ESTADISTICOS DEL SERVICIO DE TELEFONIA FIJA ENTRE LOS AÑOS 2007 Y JUNIO DEL 2011.**

Fuente: "OSIPTEL" [OSI2011]

En la figura 2-8 se muestra la cantidad de líneas en servicio y sus equivalentes porcentuales a fines de Junio del 2011 por operador, observándose una vez más el dominio de Telefónica del Perú sobre las demás operadoras.



**FIGURA 2-8: REPRESENTACION PORCENTUAL DEL MERCADO DE TELEFONIA FIJA ENTRE LOS AÑOS 2007 Y JUNIO DEL 2011.**

Fuente: "OSIPTEL" [OSI2011]



### 2.1.2.2 Telefonía Móvil

La telefonía móvil es uno de los servicios que ha logrado un gran crecimiento en el mercado peruano en los últimos años, especialmente en el mercado de Lima-Metropolitana.

La telefonía móvil no sólo permite la comunicación de voz entre dos usuarios, en donde al menos uno de ellos está en movimiento, sino que también permite ofrecer servicios de valor agregado como acceso a Internet, teleconferencias, entre otros.

Cabe mencionar que la gran penetración de este tipo de telefonía se debe a la facilidad de comunicación a cada minuto y desde cualquier lugar con cobertura.

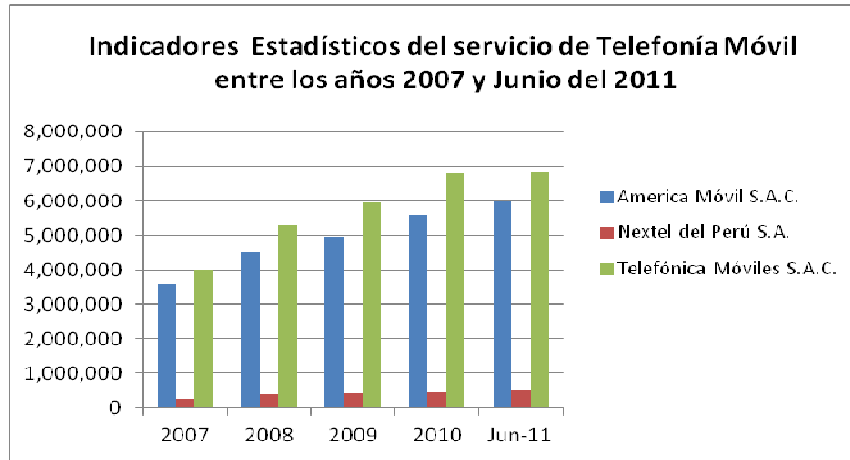
La telefonía móvil permitió y seguirá permitiendo el desarrollo de las empresas MYPES y PYMES.

La tabla 2-14 muestra la cantidad de líneas en servicio de telefonía móvil en Lima – Metropolitana entre los años 2007 y Junio del 2011 por operadora.

**TABLA 2-14: DISTRIBUCION DEL MERCADO DE LIMA METROPOLITANA DEL SERVICIO DE TELEFONIA MOVIL POR OPERADOR ENTRE LOS AÑOS 2007 Y JUNIO DEL 2011.**  
Fuente: "OSIPTEL" [OSI2011]

Operadores de Telefonía Móvil	2007	2008	2009	2010	jun-11
América Móvil S.A.C.	3,585,427	4,510,105	4,960,436	5,607,050	5,967,009
Nextel del Perú S.A.	256,658	389,513	419,266	443,525	534,476
Telefónica Móviles S.A.C.	4,011,799	5,268,172	5,960,263	6,800,239	6,821,412

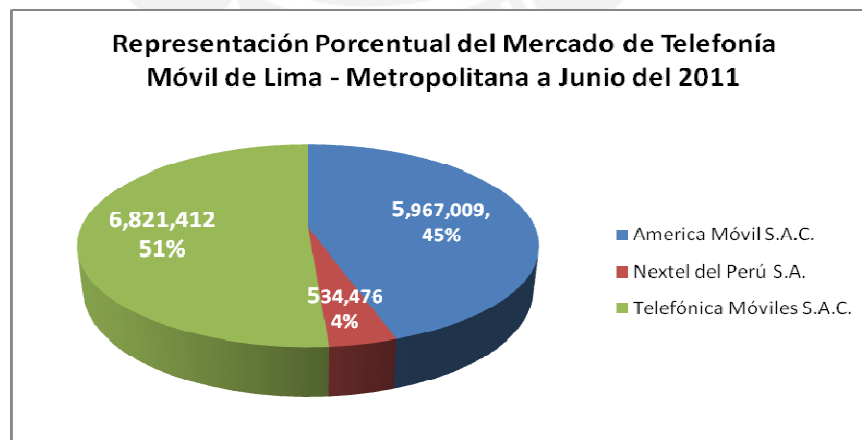
La Figura 2-9 muestra el comportamiento del mercado de telefonía móvil en los últimos años, notándose el dominio del mercado por las operadoras Telefónica Móviles y América Móvil, en primer y segundo lugar respectivamente.



**FIGURA 2-9: INDICADORES ESTADISTICOS DEL SERVICIO DE TELEFONIA MOVIL ENTRE LOS AÑOS 2007 Y JUNIO DEL 2011.**  
Fuente: "OSIPTTEL" [OSI2011]

El mercado de la telefonía móvil se muestra como un mercado muy ambicioso, que con la constante evolución de la tecnología para la mejora de servicios y nuevos terminales, seguirá ganando aun un mayor mercado, esto lo podemos corroborar con el comportamiento del mercado observado en la Figura 2-9.

La Figura 2-10 muestra un mercado competitivo de telefonía móvil entre las operadoras más representativas de Lima - Metropolitana, tal es así que Telefónica Móviles tiene el 51% de líneas en servicio, seguida por América Móvil con 45% y Nextel con 4%.



**FIGURA 2-10: REPRESENTACION PORCENTUAL DEL MERCADO DE TELEFONIA MOVIL A JUNIO DEL 2011.**  
Fuente: "OSIPTTEL" [OSI2011]

### 2.1.2.3 Telefonía Pública

Este tipo de servicio está referido a la telefonía que se brinda en la vía pública, servicio por cual se paga de acuerdo a los minutos de consumo de cada usuario.

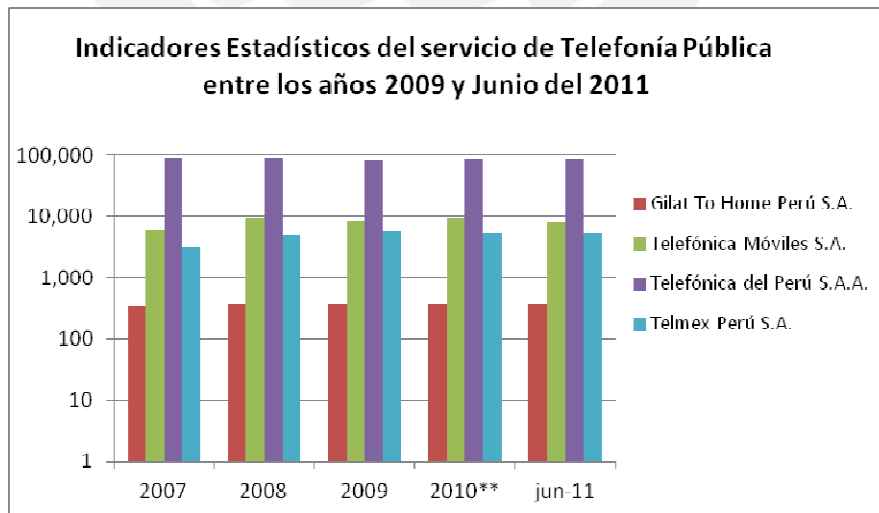
La Tabla 2-15, muestra las líneas en servicio de las operadoras más representativas del mercado de Telefonía Pública entre los años 2007 y Junio del 2011.

**TABLA 2-15: COMPORTAMIENTO DEL MERCADO DE TELEFONIA PÚBLICA ENTRE LOS AÑOS 2007 Y JUNIO DEL 2011.**

Fuente: "OSIPTEL" [OSI2011]

Operadores de Telefonía Pública	2007	2008	2009	2010**	jun-11
Gilat To Home Perú S.A.	334	365	371	378	378
Telefónica Móviles S.A.	6084	9165	8569	9409	8027
Telefónica del Perú S.A.A.	88711	91078	82953	85598	85244
Telmex Perú S.A.	3008	5129	5772	5401	5276

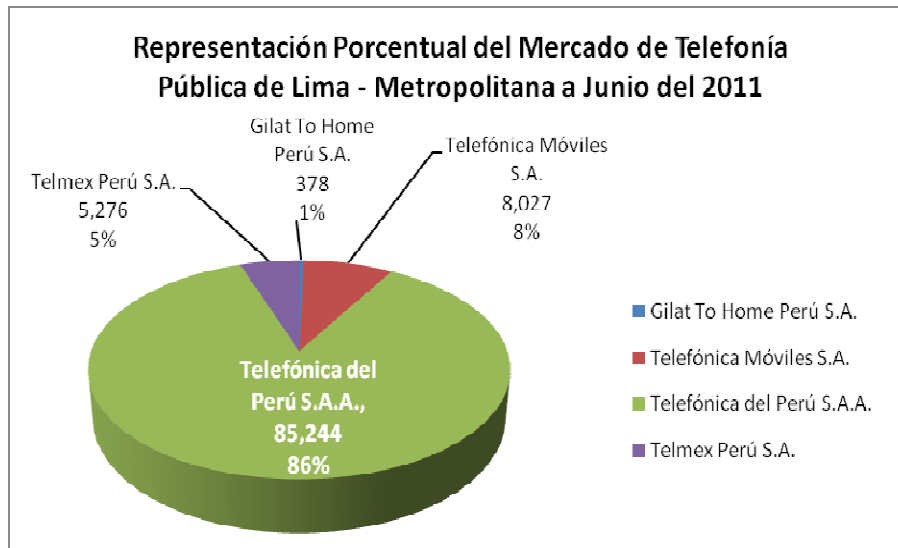
La Figura 2-11, muestra el mercado dominio de la operadora Telefónica del Perú sobre las operadoras indicadas en la leyenda, muy de lejos y en segundo lugar se encuentra Telefónica Móviles.



**FIGURA 2-11: INDICADORES ESTADISTICOS DEL SERVICIO DE TELEFONÍA PÚBLICA ENTRE LOS AÑOS 2009 Y JUNIO DEL 2011.**

Fuente: "OSIPTEL" [OSI2011]

El tercer lugar lo ocupa Telmex Perú y con muy poco mercado la operadora Gilat to Home en cuarto lugar. Para poder apreciar de manera más clara la repartición del mercado de telefonía móvil de manera porcentual se presenta la Figura 2-12.



**FIGURA 2-12: REPRESENTACION PORCENTUAL DEL MERCADO DE TELEFONIA PÚBLICA ENTRE LOS AÑOS 2009 Y JUNIO DEL 2011.**  
Fuente: "OSIPTTEL" [OSI2011]

La Figura 2-12, muestra que a Junio del 2011 se sigue manteniendo el dominio de mercado de la empresa operadora Telefónica del Perú sobre las operadoras mas representativas del mercado en la actualidad.

### 2.1.3 Televisión de Paga

Este tipo de servicio está referido a la televisión por cable, al cual los usuarios tienen acceso a una cierta cantidad de canales de acuerdo al paquete al que estén inscritos en un operador, éste servicio llega al usuario a través de un cable coaxial.

De acuerdo a los indicadores estadísticos proporcionados por Osiptel, en la tabla 2-16 podemos ver la cantidad de líneas en servicio de Televisión de Paga en Lima – Metropolitana por operador entre los años 2007 y Junio del 2011.

Aquellos indicados como "n.d." (no definido) son las operadoras de las cuales no se tiene completa la información de líneas en servicio en esas fechas.

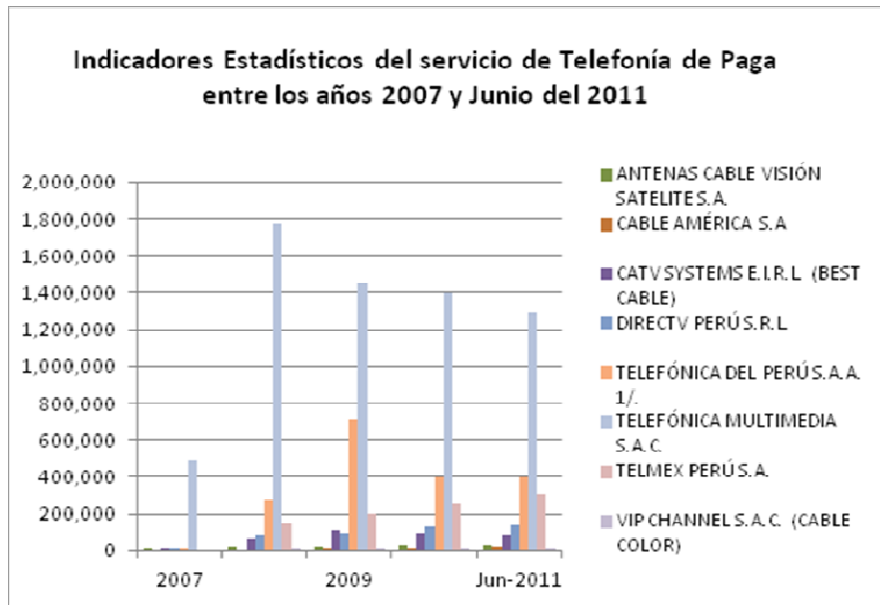
**TABLA 2-16: COMPORTAMIENTO DEL MERCADO DE TELEVISION DE PAGA ENTRE LOS AÑOS 2007 Y JUNIO DEL 2011.**

Fuente: "OSIPEL" [OSI2011]

Operadores de Televisión de Paga	2007	2008	2009	2010	Jun-2011
A&P SERVITEL	n.d.	n.d.	347	705	808
ANGEL BALBÍN (CABLE MUNDO)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2,580
ANTENAS CABLE VISIÓN SATELITE S.A.	4,014	18,462	25,528	34,594	34,506
ASELEC INGENIEROS S.R.L.	n.d.	3,001	2,983	1,463	n.d.
BENJAMÍN CÁRDENAS SALDANA (TV CARD)	894	3,587	3,404	1,616	n.d.
CABLE AMÉRICA S.A.	n.d.	n.d.	13,976	4,688	19,280
CABLE MAX S.A.C.	n.d.	2,537	980	642	n.d.
CABLE UNIÓN	n.d.	n.d.	n.d.	745	n.d.
CABLE VIRTUAL S.A.C.	n.d.	870	1,318	1,329	2,360
CATV SYSTEMS E.I.R.L. (BEST CABLE)	13,583	66,612	108,873	92,754	81,192
DANTE DANIEL DE LA CRUZ CASTRO	599	2,273	1,850	967	n.d.
DEMETRIO RIGOBERTO PICÓN ACOSTA	n.d.	n.d.	n.d.	3,440	2,790
DIRECTV PERÚ S.R.L.	14,720	83,093	95,615	126,685	139,622
J.R. TELECOM S.R.L.	4,446	18,091	20,706	6,962	n.d.
JESUS NAPURI DAVILA	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,328
NEDTEL	691	3,057	3,392	1,866	n.d.
TELECOMUNICACIONES SECHÍN S.A.C.	n.d.	n.d.	1,058	754	n.d.
TELFÓNICA DEL PERÚ S.A.A. 1/.	2,242	274,168	716,542	396,120	n.d.
TELFÓNICA MULTIMEDIA S.A.C.	490,401	1,779,119	1,451,807	1,400,966	1,287,782
TELMEX PERÚ S.A.	n.d.	143,709	202,224	252,550	306,490
TV CABLE DEL NORTE S.R.L.	614	2,724	1,399	1,583	n.d.
VIP CHANNEL S.A.C. (CABLE COLOR)	n.d.	10,801	10,801	12,405	12,866

Para mostrar de manera más clara la situación del mercado de televisión de paga tomaremos como muestra las líneas en servicio de las operadoras más representativas entre los años 2007 y Junio del 2011, además de ello, para aquellas operadoras que aun se reportan como n.d. para Osiptel, se les está considerando la misma cantidad de líneas en servicio que se obtuvo en el reporte anual anterior.

La Figura 2-13 muestra el marcado dominio de la operadora Telefónica Multimedia sobre las demás operadoras entre los años 2007 y Junio del 2011; muy de lejos y en segundo lugar está Telefónica del Perú. En tercer y cuarto lugar se encuentran Telmex y DirecTV Perú respectivamente.

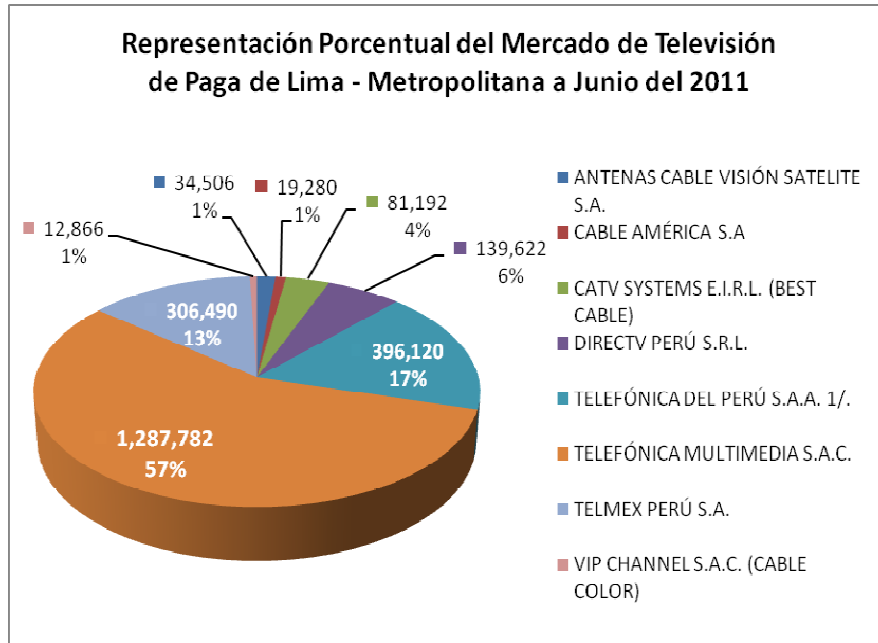


**FIGURA 2-13: INDICADORES ESTADÍSTICOS DEL SERVICIO DE TELEVISION DE PAGA ENTRE LOS AÑOS 200Y Y JUNIO DEL 2011.**  
Fuente: "OSIPTTEL" [OSI2011]

Cabe resaltar en la Figura 2-13, que a pesar de haber tenido un marcado dominio sobre el mercado de televisión de paga, Telefónica Multimedia ha disminuido su teledensidad entre los años 2007 y Junio del 2011; por otro lado se observa que algunas operadoras han logrado mayor penetración en el mercado, tal como Telmex Perú S.A., DirecTV Perú S.R.L. y Antenas Cable Visión Satellite entre las más representativas.

La Figura 2-14 muestra la situación del mercado de televisión de paga a Junio del 2011, actualmente Telefónica Multimedia domina el mercado con una penetración del 57%, seguida por Telefónica del Perú con el 17%. En tercer lugar se encuentra Telmex Perú S.A. con el 13% y en cuarto lugar DirecTV Perú S.R.L. con el 6%.





**FIGURA 2-14: INDICADORES ESTADÍSTICOS DEL SERVICIO DE TELEVISION DE PAGA DE JUNIO DEL 2011.**

Fuente: "OSIPTEL" [OSI2011]

## 2.2 Desarrollo de los Servicios de Telecomunicaciones Relacionados con NGN

Además de los servicios descritos anteriormente, la nueva arquitectura de red NGN permite el ingreso de nuevos servicios tales como Telefonía de VoIP, IPTV, Video Conferencias, Telemedicina, Servicios Multimedia, Juegos Interactivos, entre otros.

### 2.2.1 Servicio VoIP (Voice over Internet Protocol)

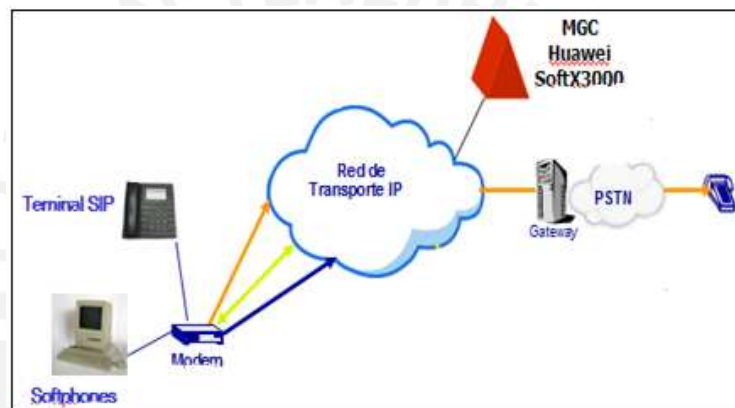
La telefonía IP permite la comunicación de voz a través de una red de datos basada en el protocolo IP. El funcionamiento básico de Telefonía IP se describe a continuación:

Un usuario inicia una llamada, ya sea desde un terminal clásico (teléfonos de casa o celular) o desde un terminal IP, luego pasa esa información por una red de transporte en donde se trabaja dicha información en datos, para luego llegar a su destino final (usuario final), y de acuerdo al terminal que se tenga se hace la conversión respectiva, ya que si el terminal fuese un terminal clásico se tendría que convertir los datos a voz, mediante un media gateway converter, pero si el terminal fuese un terminal IP ya no se requeriría el media gateway converter.

La telefonía IP permite conexiones de intranet entre dos sucursales de una misma empresa de una manera rápida, además permite el ahorro en el consumo de recursos, lo cual es una ventaja ya que genera un ahorro a la empresa en gastos de operación durante el desarrollo de sus gestiones laborales.

Por otro lado se puede seguir manteniendo la interoperabilidad entre la red actual PSTN y la red IP, como se muestra en la Figura 2-5.

En telefonía IP el concepto de calidad incluye aspectos como: red de alta disponibilidad que ofrece hasta un 99.99% de recursos, además de una calidad de voz garantizada (bajos indicadores de errores, de retardo, de eco, etc.). [UCH2008]



**FIGURA 2-15: NGN PERU**  
Fuente: Isaac Palomino [PAL2009]

Actualmente el mercado de Lima-Metropolitana cuenta con varias empresas operadoras que ofrecen el servicio de VoIP, entre ellas tenemos:

- Dialerperu. [DIA2011]
- Perufacil. [PER2011]
- Velatel. [VEL2011]
- Voicered. [VOI2012]

### 2.2.2 Servicio Triple Play

Triple Play se define como el empaquetamiento de los servicios de voz y datos, los cuales viajan a través de la red IP hasta su destino final permitiendo ofrecer 3 servicios en uno sólo, tales como Internet, de alta velocidad, Televisión de paga y Telefonía (comunicación de voz).

Los servicios que se ofrecen en Triple Play son digitalizados y empaquetados con la prioridad y calidad de comunicación que la señal requiere, evitando la pérdida parcial o total de los mismos. [TES2008]

En la Figura 2-16, se puede apreciar los servicios de Triple Play, tal como Telefonía tradicional o IP, acceso a Internet y Televisión.



**FIGURA 2-16: SERVICIOS OFRECIDOS POR TRIPLE PLAY**  
Fuente: "Blog de telecomunicaciones". [VEL2008]

El servicio Triple Play se sitúa en el mercado a partir del año 2009, el cual es ofrecido por la empresa operadora Telmex Perú S.A., teniendo gran cabida en Lima-Metropolitana, gracias a los diferentes tipos de plan del servicio y a los costos bajos del mismo, los cuales son asequibles para los clientes Residenciales especialmente.

### 2.2.3 Servicio IPTV (Internet Protocol Television)

Este concepto ofrece el servicio de Televisión a través de Internet, con direccionamiento multicast usando conexiones de banda ancha proveniente de una red IP. Para hacer uso de este servicio basta tener una PC con Windows Media Player, en el concepto más básico. El proveedor del servicio no emitirá sus contenidos, siendo éstos seleccionados por el usuario de forma local una vez que 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. [BOL2009] Vale decir que a través de un televisor tradicional se puede tener acceso al servicio IPTV pero para ello requiere de un decodificador.

A continuación vemos la arquitectura de una red IPTV.

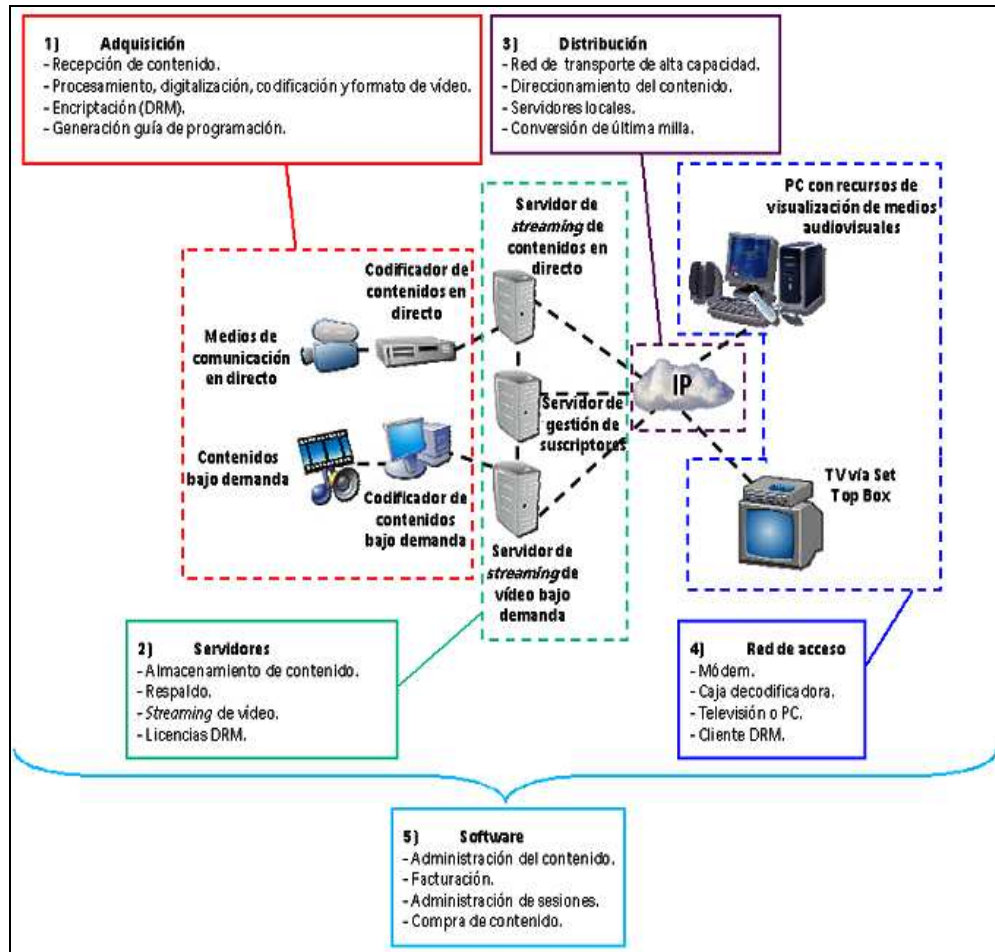


FIGURA 2-17: ARQUITECTURA DE RED IPTV

Fuente: “Boletín de la Sociedad de la Información: Tecnología e innovación” [BOL2009]

Entre los proveedores del servicio IPTV se tiene:

- Emcali:

Empresa colombiana, que ofrece desde del 2009 el servicio de IPTV para empresas. [EMC2009]

- Super Cable:  
El operador de CATV Super Cable ofrecerá IPTV satelital con el integrador IPTV Américas en Costa Rica. [SUP2009]
- Telefónica-Telecom:  
La empresa Telefónica-España, actualmente está ofreciendo el servicio de IPTV, denominado Imagenio. [TEL2012]

#### 2.2.4 Otros Servicios

Entre otros servicios que se puede ofrecer gracias a la nueva arquitectura de red NGN, se tienen los servicios tales como Call Center, Mensajería unificada, Juegos interactivos, Telemedicina, Teleducación, etc.

### 2.3 Determinación de la Demanda

En este capítulo se mencionarán precios ofrecidos por los diferentes operadores. Cabe resaltar, que hay servicios que aún no son ofrecidos en Perú, para tal caso se tomarán como referencias precios de operadoras internacionales para poder analizar la demanda de los nuevos servicios ofrecidos por NGN.

#### 2.3.1 Tarifas del Mercado del Servicio de VoIP

En la tabla 2-17, se puede ver que el costo promedio por minuto es S/. 0.532. Por otro lado, se podría decir que estos precios podrían incluso reducir aún más, esto se concluye por el comportamiento que los servicios de telefonía fija, móvil e internet han venido presentando en los últimos años.

**TABLA 2-17: TARIFAS DE EMPRESAS QUE OFRECEN VOIP**

Empresas	Tarifas (S/. por min.)
Dialerperu	0.348
Perufacil	0.074
Velatel	0.5
Voicered	1.209

### 2.3.2 Tarifas del Mercado del Servicio de Triple Play

En la Tabla 2-18 se aprecia las tarifas actuales del servicio de Triple Play de acuerdo al plan que se desee adquirir:

**TABLA 2-18: TARIFAS DEL SERVICIO DE TRIPLE PLAY**  
Fuente: "Claro Perú". [CLA2012]

	3Play DVR2	3Play DVR3	3Play 5	3Play 3	3Play HD3
Costo (S/.)	291	225	125	195	205

De la tabla 2-18, se observa que los costos del servicio de Triple Play varían desde los S/. 125 a los S/. 291.

### 2.3.3 Tarifas del Mercado del Servicio de IPTV

El servicio de IPTV es actualmente ofrecido por la empresa operadora Telefónica de España, bajo el nombre de Imagenio, el cual ofrece dos tipos de paquetes:

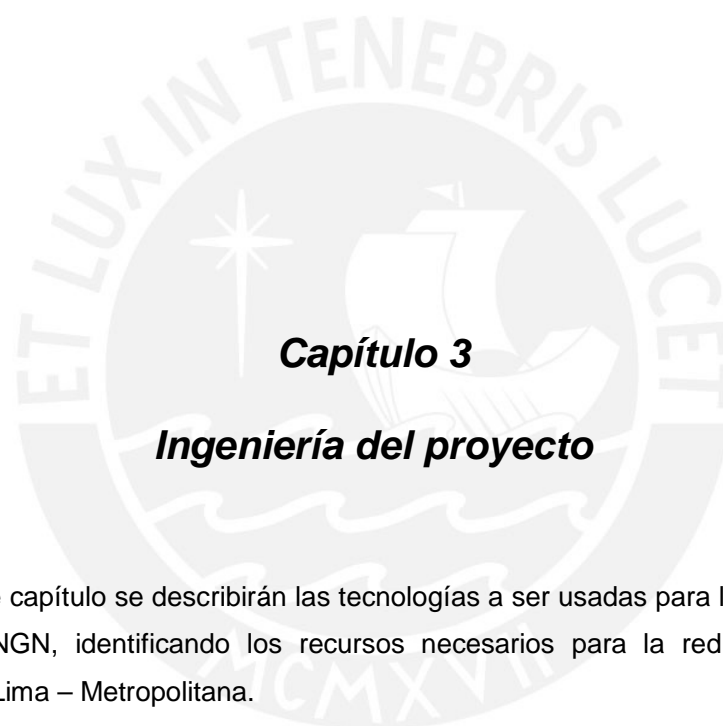
- Imagenio Conexión
- Imagenio Familiar

La diferencia entre estos paquetes, es que Imagenio Familiar ofrece más de 70 canales e Imagenio Conexión no.

**TABLA 2-19: Tarifas del Servicio de IPTV**  
Fuente: "Telefónica España". [TEL2012]

Paquete	Imagenio Conexión		Imagenio Familiar	
	6 Mb	10Mb	6 Mb	10Mb
Costo (S/.)	187	204	225.25	242.25





## **Capítulo 3**

### ***Ingeniería del proyecto***

En el presente capítulo se describirán las tecnologías a ser usadas para la implementación de una red NGN, identificando los recursos necesarios para la red de transporte a desplegar en Lima – Metropolitana.

Se trabajará básicamente sobre 3 puntos importantes, el tipo de topología planteada, la red de transporte y la red de acceso.

En el primer punto, si bien existen diversos tipos de topología de red, tales como las topologías estrella, de bus, mixta, etc; para el caso de la presente tesis se tomará en cuenta la topología tipo Malla. En el segundo punto se describirán las tecnologías a través de las cuales el usuario puede interactuar con la red NGN. Finalmente, se describirá la tecnología planteada para la red de transporte.

### 3.1 Topología Tipo Malla

Se plantea el uso de la topología tipo malla, ya que va de acuerdo con el esquema de red planteado en la presente tesis, además por tratarse de una topología que permite el paso de tráfico directo y porque permite ofrecer redundancia que es uno de los principales objetivos de todo operador. Tener en cuenta además que esta topología está siendo muy usada en la actualidad en las redes de diferentes operadores.

El objetivo es enlazar directamente dos nodos para el paso de tráfico de servicios de clientes, ofreciendo la ventaja de un enlace directo (dedicado) y reenrutando los tráficos de acuerdo al consumo de los mismos, lo cual permitirá reducir las probabilidades de saturación en cada enlace. Además se plantea enlaces redundantes, para garantizar que ante la caída de un enlace, el usuario no se quede sin servicio en ningún momento, y que cualquier tipo de gestión de la red, sea totalmente transparente para él.

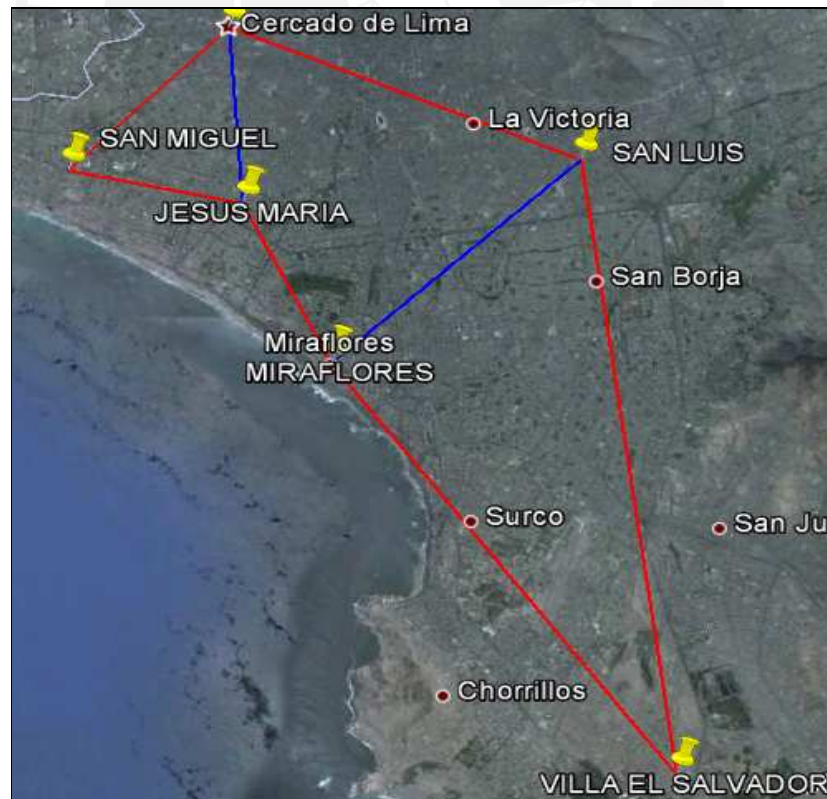


FIGURA 3-1: TOPOLOGIA DE RED IP/MPLS

La red propuesta estará conformada por 6 puntos de presencia en la red (Point of Presence - PoP), los cuales serán distribuidos en Lima-Metropolitana para poder cubrir toda el área en estudio, tal como se muestra en la Figura 3-1.

Se ha planteado la ubicación de los mismos en diferentes distritos con altos consumos de tráfico para atender el mercado de Lima Metropolitana de manera sectorizada y distribuir las capacidades requeridas de acuerdo a la demanda.

Se tendrán 8 enlaces, los cuales permitirán la comunicación entre los PoP's además de la redundancia.

En cada PoP se utilizará un router GSR de la serie 12000, pudiendo ser GSR 12406, con lo cual se estarían usando 6 de ellos.

La distribución de los PoP's será por distrito y de la siguiente manera:

- PoP A, en el distrito del Cercado de Lima.
- PoP B, en el distrito de San Luis.
- PoP C, en el distrito de Villa El Salvador.
- PoP D, en el distrito de Miraflores.
- PoP E, en el distrito de Jesus María.
- PoP F, en el distrito de San Miguel.

Tener en cuenta que la Figura 3-1 muestra los nodos de concentración de la red propuesta, como comentario adicional se propone la instalación del Softswitch en el Pop Villa El Salvador.

### 3.2 Red de Transporte

La red propuesta en la presenta tesis usa como medio de transporte la fibra óptica monomodo (Single Mode), ya que es un medio de transmisión que garantiza altas velocidades de transmisión con pocas atenuaciones.

Es muy importante tener en cuenta el tipo de Fibra Óptica a usar según la recomendación UIT-T G-652, G653 o G655. Dentro de la definición de esta tesis se trabajará con la recomendación G655 que permite trabajar en las ventanas de 1330 y 1550nm. Se usarán 6 enlaces de 10 Giga Ethernet y 2 de 1 Giga Ethernet, ambos

enlaces de fibras ópticas trabajarán con el tipo de modulación de Intensidad (IM) y multiplexación DWDM.

Se usarán dos tipos de enlaces para la conexión de dos PoP's, de tal manera que se tendrán los enlaces:

- 10 Gigabit Ethernet (10GE):

Enlaces que formarán el Backbone de la red propuesta. Cada enlace ofrece velocidades de hasta 10Gigas sobre la tecnología Ethernet para la transmisión de información.

Estos enlaces permiten la conexión directa entre los puntos de presencia de acuerdo a la distribución indicada en la Figura 3-1 (líneas de color rojo).



**FIGURA 3-2: ENLACES DE RED 10 GIGABIT ETHERNET**

- 1 Gigabit Ethernet (1GE):

Se plantea 2 enlaces para la redundancia dentro del Backbone propuesto para ofrecer continuidad de los servicios ante la caída de un enlace 10GE y los clientes no se vean afectados.

Este tipo de enlace ofrece velocidades de hasta 1Giga sobre la tecnología Ethernet (enlaces de color azul).



FIGURA 3-3: ENLACES DE RED 1 GIGABIT ETHERNET

### 3.2.1 Técnica de Multiplexación DWDM

La multiplexación por división de longitud de onda, es una técnica que permite multiplexar varias señales ópticas con sus respectivas señales portadoras en diferentes longitudes de onda, es decir que DWDM permite trabajar con fibras ópticas que operan en las ventanas de transmisión de 1300nm y 1550nm. Esta técnica es muy atractiva para los operadores, ya que permite aumentar su capacidad de transmisión (de voz y data) a través de una sola fibra óptica, ahorrando costos, tanto en material como en mano de obra.

DWDM se usa por lo general para longitudes muy largas (varios kilómetros), y en donde hay grandes demandas de tráfico, tal es así para el caso de la presenta tesis, en la cual se usará esta técnica de multiplexación para los enlaces de 1 Giga Ethernet y 10 Giga Ethernet, que soportarán los tráficos entre los PoP's.

### 3.3 Red de Acceso

La nueva arquitectura de red ofrecida por NGN, permite:

- Acceso Inalámbrico WiMAX
- Acceso por Fibra Óptica
- Acceso ADSL



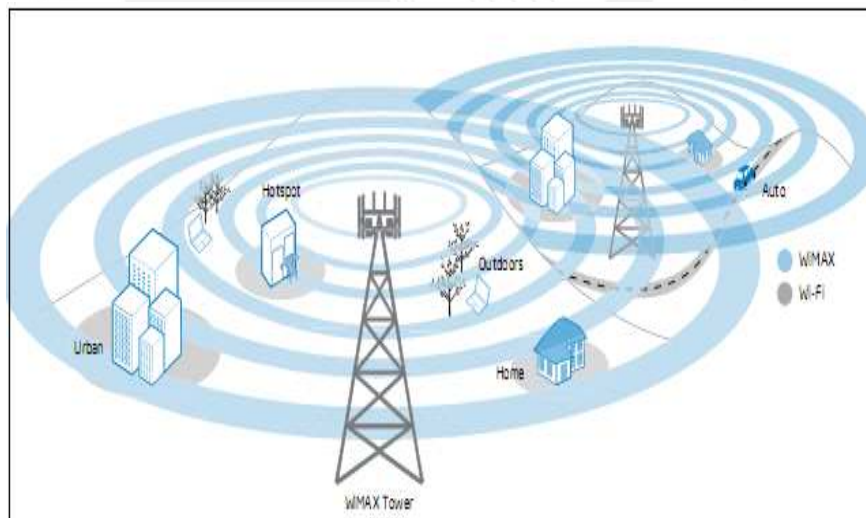
### 3.3.1 Tecnología de Acceso Inalámbrico WiMAX

WiMAX es una tecnología de acceso de inalámbrico de banda ancha basada en el estándar de la IEEE 802.16, trabaja en las frecuencias de 2.5Ghz, 3.5Ghz y 5.7Ghz, en Perú se usan las bandas de 2.5Ghz y 3.5Ghz.

Esta tecnología permite acceso en zonas rurales, donde la concentración de usuarios es baja, ofreciendo un escenario ideal para su despliegue; para el caso de zonas de alta concentración como ciudades pequeñas o medianas, que ya están cubiertas con otras tecnologías, dificultan el despliegue de WiMAX, por ello la IEEE 802.16 trabaja con la tecnología OFDM.

WiMAX ofrece velocidades de hasta 70Mbps y 100Mbps en condiciones ideales, además proporciona acceso de hasta 5 kilómetros de radio sin la necesidad de visión directa.

WiMAX, es una tecnología escalable, ya que ofrece un ancho de banda flexible. Además su calidad de servicio está diseñada para trabajar con servicios de voz y video.



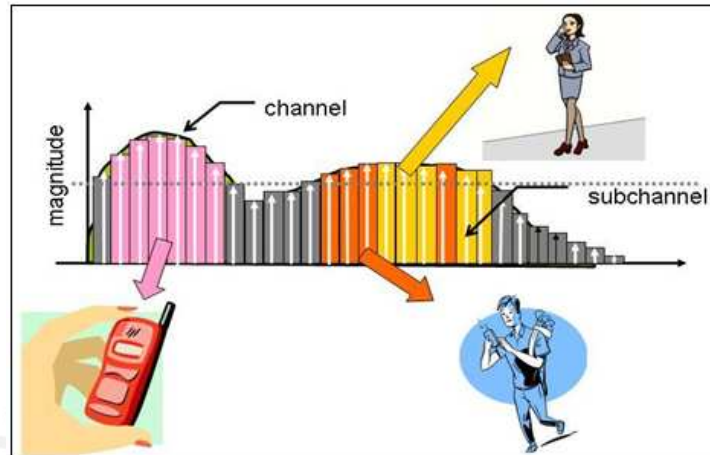
**FIGURA 3-4: COBERTURA DE RED WIMAX**

Fuente: "Mobile Broadband Brought to You by Wimax" [INT2007]

WiMAX, usa la tecnología OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiplex Access), la cual es una técnica de acceso que permite multiplexar varias señales de



diferentes usuarios en subcanales de una misma banda, tal y como se muestra en la Figura 3-5:

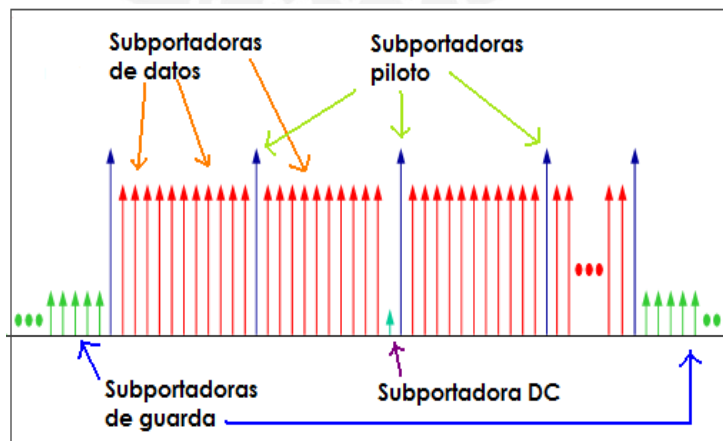


**FIGURA 3-5: MULTIPLEXACION DE ANCHO DE BANDA EN SUBCANALES**

Fuente: "Wireless Networking and Communication Group" [HEA2006]

Existen cuatro tipos de portadoras en OFDM:

- Subportadora de datos, para la transmisión propia de los datos.
- Subportadora piloto, para la estimación de canal y sincronización.
- Subportadora nula, para las bandas de guarda con los otros canales.
- Direct Current (DC), subportadora nula, usada para las conversiones Analógico/Digital.



**FIGURA 3-6: SUBPORTADORAS EN OFDM**

Fuente: "REDES INALAMBRICAS" [CAS2008]

### 3.3.1.1 Modelo de Capas Referencial de la IEEE 801.16

La capa de control de acceso al medio (MAC) está preparada para trabajar con varias capas físicas (PHY), trabajando con una topología punto-multipunto permitiendo el acceso wireless a varios servicios.

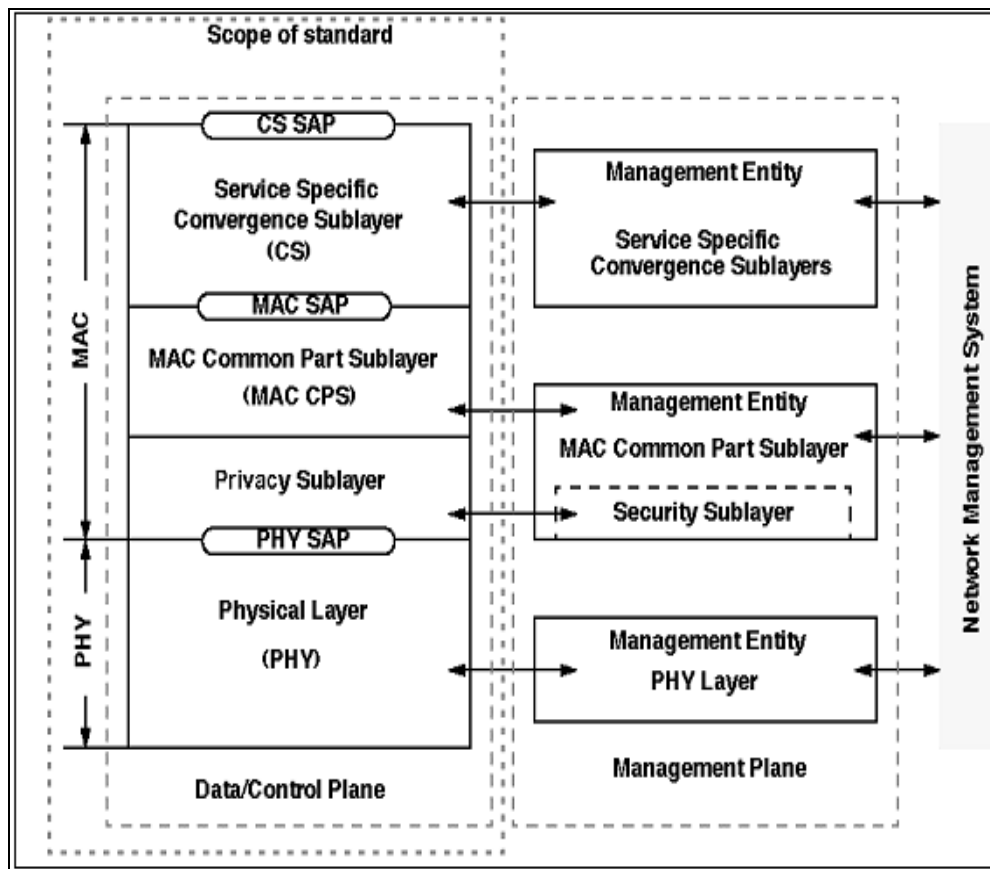


FIGURA 3-7: MODELO REFERENCIAL DE LAS CAPAS MAC Y FISICA

Fuente: "The 802.16 WirelessMan MAC". [IEE2001]

- Capa MAC:

La capa MAC según se aprecia en la Figura 3-7, consta de tres subcapas:

- Subcapa de convergencia (CS), la cual especifica el servicio, y se comunica con su capa inferior, la capa MAC CPS, mediante la MAC SAP.
- Subcapa de la parte común MAC (MAC CPS), reside en el medio de la capa MAC, representa el corazón del protocolo MAC, y es responsable de reservar el ancho de banda, establecimiento de conexión y del mantenimiento de la conexión entre 2 sedes (dos puntos extremos de una conexión).

- Subcapa de seguridad, contiene a su vez una subcapa de seguridad la cual provee autenticación, intercambio de clave segura, encriptación y control de seguridad.
- Capa Física:

Establece la conexión física entre dos extremos, a menudo en ambas direcciones, es decir, para uplink y downlink.

Define la transmisión de secuencia de bits, define el tipo de señal utilizada, tipo de modulación y demodulación, potencia de transmisión entre otras características físicas.

El estándar IEEE 802.16 define cinco interfaces físicas, las cuales serán mostradas en la Tabla 3-1.

**TABLA 3-1: INTERFASES FÍSICAS DEFINIDAS EN EL ESTÁNDAR IEEE 802.16**  
Fuente: "Wimax Technology for broadband for wireless access". [PHY2006]

Designación	Banda de Frecuencia	Sección en el estándar	Duplexación
WirelessMAN-SC (conocida como SC)	10–66 GHz (LOS)	8.1	TDD y FDD
WirelessMAN-SC (conocida como SCa)	Menor 11 GHz (NLOS); licenciada	8.2	TDD y FDD
WirelessMAN-OFDM (conocida como OFDM)	Menor 11 GHz; licenciada	8.3	TDD y FDD
WirelessMAN-OFDMA (conocida como OFDMA)	Menor 11 GHz; licenciada	8.4	TDD y FDD
WirelessHUMAN	Menor 11 GHz; no licenciada	8.5 (además en 8.2, 8.3 y 8.4)	Solo TDD

### 3.3.2 Acceso a través de Tecnología Fibra Óptica

La fibra óptica es un medio de transmisión de guía de onda luminosa, a través de la cual se puede enviar datos a velocidades muy altas, lo cual cumple con las exigencias de las nuevas tecnologías de redes y los servicios ofrecidos por ellos, tales como videos, etc.

La fibra óptica está compuesta por el núcleo (core), el revestimiento (cladding), el cual mediante la reflexión interna mantiene la luz dentro del núcleo, y su forro, recubrimiento de plástico encargado de proteger la fibra y/o maltratos externos.

Según el número de modos de propagación y el índice de refracción, se definen tres tipos básicos de fibra óptica:

- Fibra óptica multimodo de índice escalón, provee anchos de banda menores a 100Mhz por kilómetro, por ello es aplicado en comunicaciones que requieren baja capacidad y enlaces cortos, como comunicación entre computadoras de un edificio. [BYZ2008]
- Fibra óptica multimodo de índice gradual, ofrece ancho de banda desde 100 hasta 2000 Mhz por kilómetro, por ello es aplicado para comunicaciones de mediana capacidad y enlaces medianos (comunicación hasta 140 Mbps).  
Las ventanas de trabajo de una fibra óptica multimodo son 850nm y 1330nm. [BYZ2008]
- Fibra óptica monomodo, la cual ofrece anchos de banda de varios millares de Hertz por kilómetros, provee comunicación de gran capacidad y a larga distancia (comunicación de más de 140 Mbps).  
Su ventana de trabajo es 1310nm, 1550nm y 1625nm. [BYZ2008]

### 3.3.2.1 Características y Ventajas de la Fibra Óptica

- Reducido valor de atenuación, a mayor longitud de onda menor atenuación.
- Elevado ancho de banda, lo cual permite una gran capacidad de información en la transmisión.
- A causa de su carácter dieléctrico, las fibras ópticas presentan un completo aislamiento con el exterior sin radiar ni captar campos electromagnéticos. Por lo tanto no existe el problema (como en los cables de cobre) de diafonía y ruido por las líneas eléctricas.
- Su reducido tamaño y peso, disminuyen los problemas de almacenamiento, transporte y sobre todo de instalación. Las longitudes de instalación son mayores (de varios Km.).

La Tabla 3-2 muestra las ventajas de la fibra óptica sobre otros cables:

**TABLA 3-2: COMPARACIÓN ENTRE CABLES CONVENCIONALES Y LA FIBRA ÓPTICA**

Fuente: "B&Z TELECOM" [BYZ2008]

Tipos de cable	Diámetro del cable (mm)	Peso del cable (Kg/m)	Velocidad de Transmisión (Mbps)	Sección Máxima sin Repetidora (Km)	Capacidad Total de Canales (Canales por cables)	Capacidad de Canales por unidad de Área (Canales/mm <sup>2</sup> )
Cable de 24 fibras monomodo	12	0.128	565	40	92.160 (7680 x 12)	815
Cable de 24 fibras multimodo de índice gradual	12	0.128	140	25	23.040 (1920 x 12)	205
Cable Coaxial de 9.5mm, 18 núcleos	65	11	565	1.5	69.120 (7680 x 9)	21
Cable interurbano con aislamiento de polietileno celular de 0.9mm, 54 pares	28	1	2	3 - 4	600 (30 x 20)	1

Para el caso de la presente tesis se propone el uso de fibra óptica monomodo de 24 hilos, que trabaje en tercera ventana, en la región de 1550nm, de acuerdo a la recomendación G655 de la ITU-T.

### 3.3.3 Acceso a través de Tecnología ADSL

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), es una tecnología de acceso a la red de Internet, a través del par de cobre de la línea telefónica.

Se define como asimétrica ya que las velocidades de uplink (usuario - Internet) son menores que las velocidades de downlink (Internet - usuario).

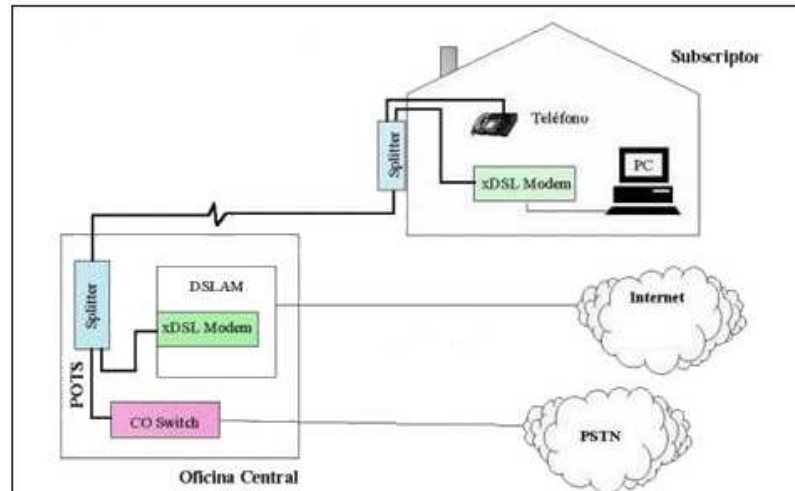


FIGURA 3-8: ESQUEMA DE CONEXION ADSL

Fuente: “Esquema de conexiones ADSL”. [PAC2009]

Se establecen tres tipos de canales de comunicación: de envío de datos, de recepción de datos y el servicio telefónico normal. ADSL usa un Splitter, que permite usar de manera simultánea el servicio telefónico.

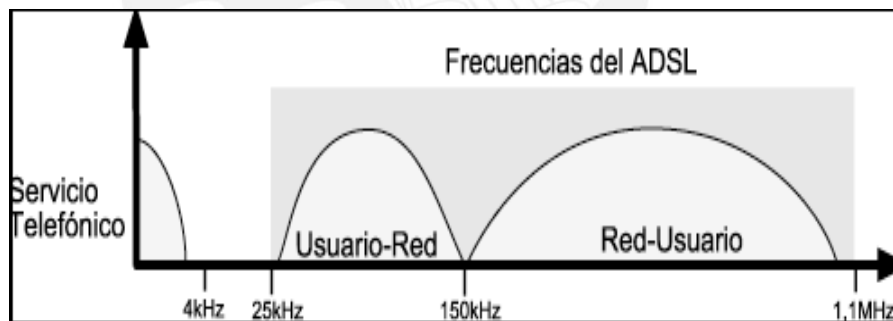


FIGURA 3-9: DISTRIBUCION DE ANCHOS DE BANDA ASIGNADOS AL SERVICIO TELEFONICO E INTERNET

Fuente: “Manual de ADSL”. [HOM2001]

Ventajas de ADSL:

- Usa una infraestructura existente, lo cual hace que el costo de implementación no sea tan cara para los operadores, y por consiguiente para los usuarios.
- Permite conexión permanente tanto al servicio de Internet como de telefonía con un ancho de banda garantizado, ya que la línea existente entre el usuario y la



central no es compartida; además los canales asignados para voz y datos están separados, lo cual hace mejor su calidad de servicio.

- Ofrece velocidades mayores que las obtenidas mediante la marcación desde un teléfono a Internet.
- Permite el uso de nuevos servicios, como telefonía IP.

La señal portadora de alta frecuencia usada en ADSL puede ser modulada de 2 formas, la modulación CAP (Carrierless Amplitud Phase) y modulación DMT (Discrete Multi-tone Modulation). Los organismos de estandarización ANSI, ETSI e ITU optaron por DMT.

La modulación DMT divide las frecuencias disponibles en 256 subcanales, cada uno de estos subcanales también llamados subportadoras son moduladas en cuadratura (modulación QAM) por una parte del flujo total de datos que se van a transmitir. Estas subportadoras están separadas entre sí 4,3125 KHz., y el ancho de banda que ocupa cada subportadora modulada es de 4 KHz.

Los datos se dividen en diversos números de bits y se distribuyen según una determinada combinación de los 256 subcanales creados, en función de su capacidad para efectuar la transmisión. El reparto del flujo de datos entre subportadoras se hace en función de la estimación de la relación Señal a Ruido en la banda asignada a cada una de ellas.

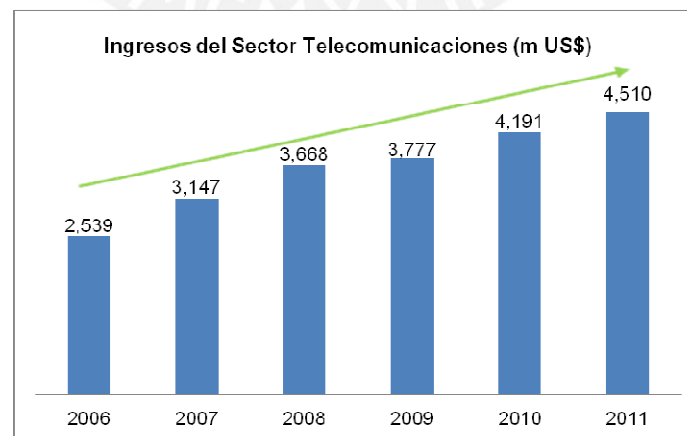
Cuanto mayor es ésta relación, tanto mayor es el caudal que se puede transmitir por una subportadora. Para eliminar el problema del ruido, se transportan más datos en las frecuencias inferiores y menos datos en las superiores. [EST2009]

## Capítulo 4

### **Análisis Económico de la Implementación de Red NGN**

#### 4.1 Análisis de Entorno de Mercado

El mercado de telecomunicaciones en Perú ha mantenido un crecimiento constante en los últimos 5 años. La inversión en este sector también ha respondido al crecimiento del mismo, tal como se muestra en la Figura 4-1.

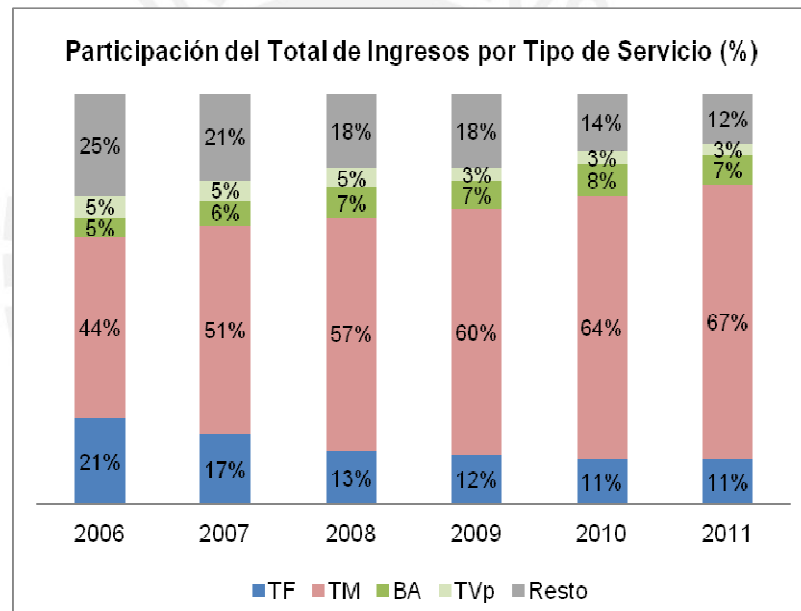


**FIGURA 4-1: INGRESOS DEL SECTOR DE TELECOMUNICACIONES ENTRE LOS AÑOS 2006 Y 2011**

Fuente: "OSIPTEL". [OSI2012]

En la presente tesis, se espera que con la nueva implementación de red NGN, los ingresos incrementales se generen únicamente por el aumento de usuarios móviles en la zona de Lima – Metropolitana.

Tal como lo indica la Figura 4-2, en Perú el servicio móvil ha tomado mayor participación del total de ingresos en el mercado de telecomunicaciones de Lima - Metropolitana, observándose una presencia del 44% en el año 2006 y 67% en el año 2011.

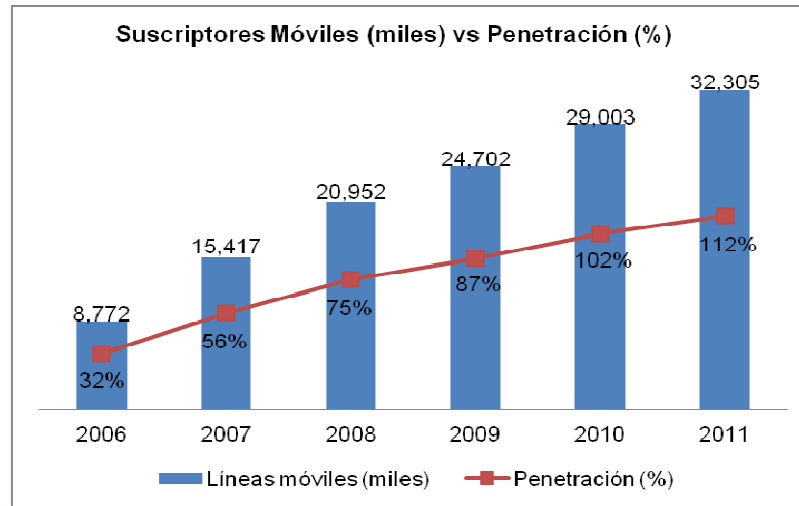


**FIGURA 4-2: PARTICIPACION DEL TOTAL DE INGRESOS POR TIPO DE SERVICIO ENTRE LOS AÑOS 2006 Y 2011**

Fuente: "OSIPTEL". [OSI2012]

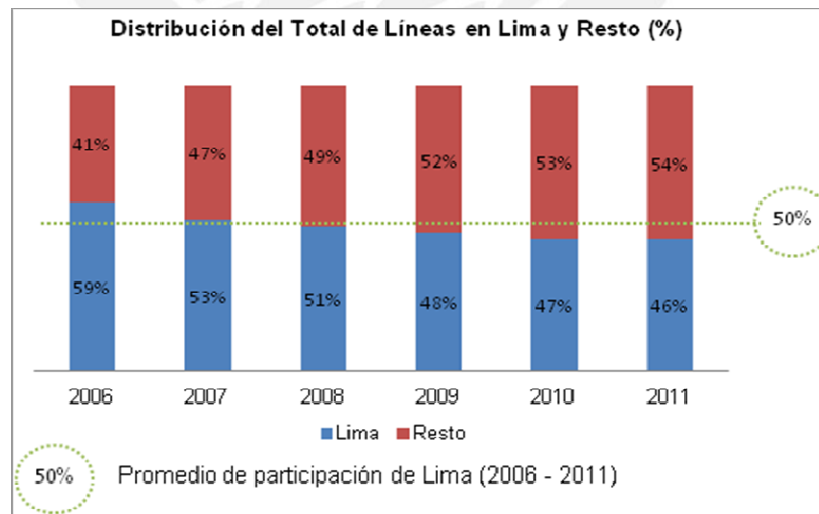
En cuanto al número de suscriptores móviles, éste ha registrado una tasa de crecimiento de 30% en los últimos 5 años, teniéndose 8,772 líneas en servicio en el 2006 y 32,305 en el 2011.

Esta tendencia creciente del número de suscriptores se ve reflejada en el nivel de penetración del servicio de Telefonía Móvil con 112% en el año 2011, tal como se observa en la Figura 4-3.



**FIGURA 4-3: SUSCRITORES MÓVILES VERSUS PENETRACIÓN**  
Fuente: "OSIPTEL". [OSI2012]

Es preciso comentar, que la participación de líneas de Lima y Callao del total en Perú es en promedio el 50% en los últimos 5 años.



**FIGURA 4-4: DISTRIBUCIÓN DEL TOTAL DE LÍNEAS EN LIMA Y RESTO DEL PERÚ ENTRE LOS AÑOS 2006 Y 2011**  
Fuente: "OSIPTEL". [OSI2012]

## 4.2 Evaluación Financiera

### 4.2.1 Sustento Metodológico

Este proyecto consiste en la implementación de una red NGN en una determinada zona de Lima Metropolitana, basando la infraestructura actual sobre un operador existente, y sobre la cual se trabajará.

Para este caso, el método a ser utilizado será el de flujos de caja incrementales; en el cual se registran sólo los ingresos y costos directamente atribuibles a esta iniciativa de inversión.

La evaluación se hará por 5 años, periodo máximo trazado para la recuperación de la inversión, esto debido a las tendencias de comportamiento del mercado con la constante evolución de las tecnologías y el factor necesidad de acceso a éstas por parte de los usuarios.

### 4.2.2 Ingresos

En esta evaluación financiera se ha determinado que los ingresos incrementales están únicamente relacionados a los suscriptores móviles adicionales que con la implementación de la nueva red NGN se podrá atender, por ello en el análisis se considera el nivel de penetración móvil en crecimiento, en los últimos 5 años.

Los ingresos resultan de 2 componentes:

1. Ingresos por voz = suscriptores incrementales móviles \* ARPU voz
2. Ingresos por datos = suscriptores incrementales móviles \* ARPU datos

Para el cálculo del número de suscriptores, se han tomados los datos histórico publicados por el organismo supervisor del sector (OSIPTEL).

Por otro lado, según lo visto anteriormente, el despliegue de la nueva infraestructura será en Lima Metropolitana. Para obtener la base de número de líneas en dicha zona, se ha generado un porcentaje a partir de la distribución poblacional entre Lima Metropolitana y el total del departamento.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Información (INEI), 9 de cada 10 habitantes del departamento de Lima vive en Lima Metropolitana.

**TABLA 4-1: RELACION POBLACIONAL DE LIMA METROPOLITANA CON EL DEPARTAMENTO DE LIMA**

Fuente: "INEI" [INE2012]

Líneas en Servicio	Unidad	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Líneas móviles de un operador	miles susc	1,349	2,241	3,585	4,510	4,960	5,607	6,404
Lima metropolitana (90% del total)	miles susc	1,214	2,017	3,227	4,059	4,464	5,046	5,764

Sobre esta base histórica, se calculó las proyecciones para los siguientes años, basados en un crecimiento de 12% anual en los primeros 2 años, 2012 y 2013; y una tasa de crecimiento anual compuesto (TACC), entre los años 2014 y 2018, de 8%.

Estos crecimientos han sido validados por el comportamiento histórico del número de suscriptores según los indicadores estadísticos de OSIPTEL, esto para el caso de los primeros 2 años de proyección. Y para los siguientes años de proyección, se estima que, debido a la alta penetración móvil en el mercado (> 100%), el crecimiento de los suscriptores será menor respecto de los últimos años, esto debido al periodo de madurez del servicio de voz y crecimiento del servicio de datos móviles en los últimos años.

Finalmente, esta proyección ha sido afectada por un factor de 5% que representa los suscriptores generados únicamente por la ampliación de capacidad de la nueva red.



El número de suscriptores incrementales que aplican para el análisis de proyecto son:

**TABLA 4-2: NUMERO DE SUSCRIPTORES INCREMENTALES EN LIMA METROPOLITANA**

Fuente: "INEI" [INE2012]

	Unidad	2014	2015	2016	2017	2018	TACC
<b>Lima Metropolitana</b>	<b>miles susc.</b>	7,866	8,495	9,175	9,909	10,702	<b>8%</b>
<b>Incremental</b>	<b>miles susc.</b>	393	425	459	495	535	<b>8%</b>

Por el lado de precio, se ha tomado en cuenta un ARPU de voz y datos, por separado.

El ARPU móvil de voz es al término del 2011, según información de mercado, US\$ 9.2 para el operador representativo del estudio. Sobre este dato, se ha calculado el ARPU móvil datos. Según, las investigaciones de mercado, la tendencia de los datos móviles será en los próximos años creciente. Se proyecta, de acuerdo con estudios recientes, que los datos participarán del ARPU móvil total con un 15% y llegarán, en 5 años, a duplicar dicha participación.

En ese sentido, el ARPU voz y datos registrará el siguiente comportamiento:

**TABLA 4-3: REPRESENTACION PORCENTUAL DEL ARPU DE VOZ Y DATOS ENTRE LOS AÑOS 2013 Y 2018**

Fuente: "INEI" [INE2012]

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Arpu voz (%)</b>	85%	82%	80%	77%	72%	68%
<b>Arpu datos (%)</b>	15%	18%	20%	23%	28%	32%

El ARPU datos crecerá 19% anualmente durante el período de análisis. Es importante precisar que la tendencia de datos permitirá, en el futuro, que los operadores puedan ofrecer el servicio de voz a través del protocolo de datos IP.

Por otro lado, el ARPU de voz caerá un 2% anualmente, esto se debe al comportamiento reciente de los servicios de voz en que las tarifas on-net pueden llegar a 0, sobre todo para los planes contrato. Esto ya ocurre por ejemplo en Estados Unidos y algunos países de Europa.

El cuadro final de ingresos sería el siguiente:

**TABLA 4-4: INGRESOS INCREMENTALES EN LIMA - METROPOLITANA**

Fuente: "INEI" [INE2012]

	Unidad	2014	2015	2016	2017	2018	TACC
<b>Incremental</b>	<b>miles susc.</b>	364	393	425	459	495	<b>8%</b>
<b>ARPU voz</b>	<b>US\$</b>	8.6	8.4	8.3	8.1	8	<b>-2%</b>
<b>ARPU datos</b>	<b>US\$</b>	1.5	1.9	2.1	2.4	3.1	<b>19%</b>
<b>Ingresos incrementales</b>	<b>miles US\$</b>	<b>4,606</b>	<b>5,126</b>	<b>5,713</b>	<b>6,584</b>	<b>7,664</b>	<b>14%</b>

### 4.2.3 Opex

En cuanto a los costos operativos incrementales, la implementación de este proyecto genera un ahorro del 20% en los siguientes rubros de los costos operativos.

**TABLA 4-5: OPEX RELACIONADO A LA IMPLEMENTACIÓN DE RED NGN**

	Unidad	Promedio mensual	Anual	Ahorro
Soporte de red de conmutación	US\$	242,891	2,914,689	582,938
Mantenimiento y reparación de salas de equipos Core	US\$	1,227	14,725	2,945
Mantenimiento y reparación de POPs	US\$	8,238	98,852	19,770
Mantenimiento de aire acondicionado	US\$	3,319	39,828	7,966
<b>Total</b>	<b>US\$</b>		<b>3,068,094</b>	<b>613,619</b>

Sobre esta base, se han calculado los flujos de ahorro de los años de análisis periodo del 2014 al 2018, con un crecimiento (TACC) de 1,5% en dicho periodo, validado por expertos en el sector.

**TABLA 4-6: AHORRO EN OPEX CON IMPLEMENTACION DE RED NGN**

OPEX	2014	2015	2016	2017	2018	TACC
Ahorro Opex	622,823	632,165	641,648	651,273	661,042	1.50%

#### 4.2.4 Capex

Para la implementación de la red de transporte de la red NGN se ha realizado la compra de una serie de equipamiento de Hardware y Software, que servirán como puntos de concentración y agregación con la red existente.

La ubicación de estos equipos en cada punto de concentración está estratégicamente ubicada permitiendo un trabajo jerárquicamente ordenado, haciendo posible la implementación de la Red NGN así como su robustez y escalabilidad.

La conformación principal de los equipos nuevos en la red son Routers y Softswitch. Por otro lado para la implementación de la Red propuesta se debe tener en consideración los siguientes gastos:

- Costos relacionados a las obras civiles necesarias asociadas a la expansión de planta interna.
- Costos relacionados a la instalación, encendido y buen funcionamiento de los equipos.
- Costo relacionado a la puesta en servicio de los nuevos equipos con la red existente para ir formando la Red NGN.
- Costos relacionados a la interconexión de los equipos nuevos entre sí para terminar de armar la Red NGN.

- Costos relacionados al servicio de configuración de los equipos nuevos por personal capacitado del proveedor.
- Costos de capacitación al personal de mantenimiento de la empresa, relacionado al personal encargado de los cambios en las configuraciones en la red, así como personal encargado del mantenimiento de los equipos para su buen desempeño.

En la Tabla 4-7 se mostrarán los diversos rubros de inversión en que se incurrirá para poner en marcha la nueva implementación de red.

**TABLA 4-7: CAPEX RELACIONADO A LA IMPLEMENTACION DE RED NGN**

N°	Descripción	Total (US\$)
2	Empalme de F.O. Monomodo sin servicio	18
6	Instalación conjunto de terminación para F.O. en Nodo o Pop	156
6	Instalación jumper ó pigtail en Nodo o Pop	13
6	Instalación panduit de F.O. para cliente	41
2	Manipulación de caja de empalme	37
6	Manipulación bandejas y cables en Pop o Nodo	110
6	Medición de atenuación media de la fibra SM. MM (una)	56
6	Medición perdida de retorno SM. MM.(una)	39
52	Canalización de vía bajo pista de concreto	2,480
52	Costo de F.O. SM. en Tercera Ventana	1,177
		<b>4,128</b>
<b>Costo de los routers</b>		
6	Costo Router CRS-1	1,253,208
6	Servicio de instalación de router, cableado y puesta en servicio	140,604
6	Diseño instalación y configuración	238,415
		<b>1,632,226</b>
1	Costo Softswitch [SQU2009], servicios de instalación y puesta en servicio	<b>713,208</b>
		<b>2,349,562</b>

#### 4.2.5 Tiempo de Implementación de la Red NGN

Para la implementación de la Red NGN se plantean etapas de planificación para lograr los objetivos del mismo, para ello se organiza una serie de etapas, las cuales deberán ser respetadas para llevar a cabo el desarrollo del proyecto. En el análisis de factibilidad económica, esta variable está considerada. Por tal razón, el 2013 es el año de la implementación (inversión inicial) y los años 2014-2018 son los años de los flujos incrementales.

**TABLA 4-8: TIEMPO DE IMPLEMENTACION DE RED NGN**

Etapas	Tiempos Referenciales
Acondicionamiento de los PoP's en la Planta Interna	4 meses
Instalación del equipamiento en los PoP's	3 meses
Pruebas para la puesta en servicio de cada PoP	2 meses
Prueba de puesta en servicio de la red NGN	2 meses
Tiempo de Reserva	1 mes
<b>Total de tiempo de implementación</b>	<b>1 año</b>

#### 4.2.6 Costo de Capital Promedio Ponderado (WACC)

El WACC es el costo que enfrenta el inversionista al comprometer sus recursos en determinada inversión, dejando de lado otras alternativas.

La metodología utilizada es la siguiente:

$$WACC = r_E * (E / (E+D)) + r_D * (1 - t_e) * (D / (E+D)) \quad (1)$$

Donde:

$r_E$  : Costo de capital propio

E : Capital propio total

$r_D$  : Costo de la deuda

$t_e$  : Tasa impositiva

D : Deuda total

A continuación se dará mayor detalle del cálculo de cada uno de los componentes de la fórmula.

- Costo de capital propio ( $r_E$ )

Para determinar este parámetro se ha utilizado el modelo de evaluación de activos CAPM (Capital Asset Pricing Model).

Dicho modelo propone hallar el costo de capital bajo la siguiente fórmula:

Donde:

$$r_E = R_f + \beta * (R_m - R_f) + RP \quad (2)$$

$R_f$  : Tasa libre de riesgo

$\beta$  : Beta del sector

$R_m - R_f$  : Prima por riesgo de mercado

$RP$  : Prima por riesgo país

- Tasa libre de riesgo ( $R_f$ )

Hace referencia al entorno esperado para un activo sin riesgo de incumplimiento. Para el presente análisis se ha considerado el promedio aritmético de los rendimientos del tesoro americano en el periodo 1928 – 2011. Dicho promedio asciende a 5,41%.

- Prima por riesgo ( $R_m - R_f$ )

Corresponde a la diferencia entre la rentabilidad esperada de invertir en activos riesgosos y la tasa libre de riesgo.

El valor de este parámetro ha sido tomado de la página web de Damodaran (página web de información para desarrollar modelos financieros). Dicho valor es de 5,79%.

- Riesgo país ( $RP$ )

Hace referencia a la compensación adicional al inversionista por invertir en el sector de telecomunicaciones en Perú. Esta prima se ha determinado mediante el promedio simple mensual de EMBI+ Perú en el periodo de enero 2006 – julio 2012. El promedio calculado asciende a 184,1 pbs, que representa una tasa de 1,84%.



- Beta del sector ( $\beta$ )  
Representa la volatilidad de una cartera respecto al conjunto del mercado del cual forma parte, recogiendo con ello el riesgo sistemático.  
Su valor es de 1.61.
- Estructura de financiamiento ( $E+D$ )  
Hace referencia a la posibilidad de financiar los gastos e inversiones.  
La estructura está compuesta por el nivel de deuda y de patrimonio sobre el total de financiamiento.  
Para la evaluación financiera se ha calculado el promedio de la estructura de financiamiento de América Móvil durante el periodo de 2005 a 2011.

**TABLA 4-9: ESTRUCTURA DE FINANCIAMIENTO DE AMERICA MOVIL – LATAM**

Fuente: “América Móvil Anual Report 2011” [AME2011]

AMX -Latam	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Promedio (%)
% deuda	63%	66%	64%	67%	61%	74%	82%	<b>68%</b>
% patrimonio	37%	34%	36%	33%	39%	26%	18%	<b>32%</b>

Los resultados muestran que esta empresa de telecomunicaciones se financia, en promedio, con 68% de deuda con terceros y 32% de capital propio.

- Costo de la deuda ( $r_D$ ):  
Calculado a partir del promedio simple mensual de la tasa de interés activa en moneda extranjera durante el periodo de enero 2006 – julio 2012.  
El valor estimado asciende a 9,5%.
- Tasa impositiva ( $t_e$ ):  
Se ha considerado una tasa de impuesto a la renta de 30%. Además se incluye la participación de trabajadores de 10%.

A continuación se muestran los resultados:

**TABLA 4-10: RESULTADOS WACC**

Ítem	Valor
Tasa libre de riesgo (Rf)	3.60%
Beta telecom	1.77
Riesgo país - Perú (Rp)	1.80%
Prima de mercado	5.80%
Costo de capital	<b>15.70%</b>
Costo de deuda	9.50%
Patrimonio / (Deuda + Patrimonio)	32.20%
Deuda / (Deuda + Patrimonio)	67.80%
Impuesto a la renta combinado	37%
<b>WACC (US\$)</b>	<b>9.10%</b>

#### 4.2.7 Resultados Finales de Rentabilidad del Proyecto

Los resultados finales obtenidos son mostrados en la Tabla 4-11:

**TABLA 4-11: RESULTADOS DE FLUJO DE CAJA INCREMENTAL**

Variables	Und	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos	US\$		4,606	5,126	5,713	6,584	7,664
Opex	US\$		-622,823	-632,165	-641,648	-651,273	-661,042
Inversión	US\$	2,349,562					
FC libre	US\$	-2,349,562	627,429	637,291	647,361	657,856	668,706
FC acumulado	US\$	-2,349,562	-1,722,133	-1,084,842	-437,481	220,376	889,082

**TABLA 4-12: RESULTADOS DEL VALOR INCREMENTAL DEL PROYECTO Y SU PERIODO DE RECUPERO**

Valor incremental del nuevo proyecto de implementación de red NGN	US\$ 155,789
Periodo de recuperación de la inversión incremental	3.67 años

Finalmente, podemos concluir que el valor de este proyecto adicional, para un horizonte temporal de 5 años, es de US\$ 155,789. Asimismo, su inversión será recuperada en un plazo aproximado de 3.67 años.

El periodo de recuperación se debe directamente al ahorro que esta implementación genera en los gastos de mantenimiento y reparación de la red actual de la compañía.

En esta evaluación se está tomando un escenario conservador con un porcentaje incremental mínimo (5%). Sin embargo, la coyuntura en el país sugiere que los servicios de datos serán los que tomen mayor relevancia en la participación de los ingresos para los operadores, en los próximos años. Por tanto, es probable que esta red NGN tenga la capacidad de soportar un incremental de datos móviles mayor al considerado en este análisis y así generen ingresos adicionales.



## CONCLUSIONES

1. La infraestructura de la Red NGN permite a los operadores ofrecer los servicios de voz y datos actuales así como los nuevos servicios de redes avanzadas, todas ellas basadas en plataformas de redes IP.
2. Debido a que la red NGN ofrece interfaces abiertas, permite la interoperabilidad con diferentes redes de acceso, dentro de las cuales, las redes inalámbricas son las redes que tienen y tendrán mayor éxito ya que no requieren mayor trabajo en planta externa como si lo requiere una red alámbrica, reduciendo tiempos y costos de implementación.
3. La tecnología de la Red NGN ofrece una economía de escala, ya que al ofrecer libre acceso propiciará mayor teledensidad de sus servicios en el mercado de Lima – Metropolitana, generando un mayor consumo y menores costos para los usuarios.
4. La migración a una Red NGN está basada principalmente por la necesidad producida ante el desarrollo de nuevas tecnologías que requieren una red basada en IP y que soporte altos flujos de tráfico garantizando calidad de servicio de los mismos. Por otro lado y no menos importante, la migración también está motivada por factores económicos, debido a que los servicios serán transmitidos a través de la misma red multiservicios reduciendo costos de mantenimiento y por el libre acceso a la misma.
5. Del estudio realizado en la presente tesis se concluye que la Red NGN permite ofrecer al mercado de Lima – Metropolitana numerosos servicios multimedia con mayor facilidad de acceso ofrecida por las redes inalámbricas, generando altos ingresos a los operadores y reduciendo los costos de los servicios; ello lo hace rentable permitiendo demostrar la rentabilidad y ventajas de la implementación de la Red NGN.

## RECOMENDACIONES

1. Se plantea el uso de la nueva arquitectura de Red NGN, debido a la necesidad del mercado de Lima-Metropolitana, ante las nuevas tecnologías y plataformas que estas requieren.
2. Debido a la gran carga de tráfico que tiene que soportar la red de transporte, además de ofrecer gran confiabilidad, se recomienda el uso de fibra óptica tanto en los enlaces principales como en los enlaces de contingencia, debido a que ofrece altas velocidades de transmisión con muy poca atenuación, cumpliendo así con las exigencias de las nuevas tecnologías de redes.
3. Se recomienda no instalar tecnología propietaria, ya que NGN al ser una tecnología de interfaces abiertas permite el acceso de varias tecnologías, es decir que ofrece libre competencia y gran escalabilidad.
4. Se recomienda capacitar previamente al personal involucrado en la implementación de esta tecnología para obtener un buen resultado en el desempeño de desarrollo que todo este proyecto implica.
5. En el ámbito regulatorio se recomienda, que toda norma regulatoria sea generada a la medida, es decir, que esté preparada para emular las condiciones de comportamiento del mercado y pueda coexistir bajo esquemas de igualdad entre los operadores y usuarios. Además se debe considerar que toda norma que sea regulada debe garantizar el continuo desarrollo y evolución, así como la libre competencia.
6. Se recomienda establecer normas para la migración de servicios a una red NGN en los países en desarrollo y que éstas se realicen en base al comportamiento de usuarios, operadores y de las mismas tecnologías para establecer los niveles de calidad así como la equidad en el cobro de los servicios.

## Bibliografía

- [WIL2008] WILEY. "Next Generation. Networks. Perspectives and potentials". Febrero 2008.
- [VOI2012] VOICERED. "Voicered". URL: [www.voicered.com](http://www.voicered.com). 2012
- [VEL2011] VELATEL PERU. "Perusat. Tarifas". URL: <http://www.velatel.com.pe/>. 2012
- [UNI2008] UNIVERSIDAD DE CHILE. "Telefonía IP en la Universidad de Chile".2008.
- [TUT2012] TUTORIAL SS7. URL: <http://pt.com/resources/tutorials/ss7-tutorial?p=/page/tutorials/ss7-tutorial>. 2012
- [TUN2008] TUNEZ. URL: [www.itu.int/ITU-treg/Events/Seminars/GSR/GSR07/contributions/tun-es.pdf](http://www.itu.int/ITU-treg/Events/Seminars/GSR/GSR07/contributions/tun-es.pdf). 2012
- [TES2008] TESIS GRADO. "Estudio y Diseño de un sistema triple play con criterios de calidad total para una empresa que brinda servicios de televisión por suscripción."URL: [www.dspace.espol.edu.ec](http://www.dspace.espol.edu.ec). 2011
- [TEL2012] TELEFONICA ESPAÑA. URL: [www.telefonica.es/on/pub/servicios/onTOEntrada/0,,entrada%2Bprecios\\_tv%2Bv\\_segmento%2BEMPR%2Bv\\_idioma%2Bes%2Bmenu\\_cab\\_sup%2Btelevision%2BambitoAcceso%2Bpub,00.html?uri=/on/io/es/tienda/precios/television\\_1.html&v\\_procede=TV02&ow=TV022000&v\\_segmento=EMPR&v\\_idioma=es](http://www.telefonica.es/on/pub/servicios/onTOEntrada/0,,entrada%2Bprecios_tv%2Bv_segmento%2BEMPR%2Bv_idioma%2Bes%2Bmenu_cab_sup%2Btelevision%2BambitoAcceso%2Bpub,00.html?uri=/on/io/es/tienda/precios/television_1.html&v_procede=TV02&ow=TV022000&v_segmento=EMPR&v_idioma=es). 2012
- [SUP2009] SUPER CABLE. URL: <http://nextvlatam.com/?lang=es>. 2012
- [SIP2012] SIP PROTOCOL. URL: [http://www.rediris.es/mmedia/gt/gt2003\\_1/sip-gt2003.pdf](http://www.rediris.es/mmedia/gt/gt2003_1/sip-gt2003.pdf). 2012
- [RED2012] REDES DE COMUNICACIONES. URL: [http://guimi.net/monograficos/G-Redes\\_de\\_comunicaciones/G-RCnode67.html](http://guimi.net/monograficos/G-Redes_de_comunicaciones/G-RCnode67.html). 2012
- [PHY2006] PHYSICAL LAYER. "Wimax Technology for broadband for wireless access".
- [PER2011] PERUFACIL. URL: [www.perufacil.com/](http://www.perufacil.com/). 2012
- [PAL2009] PALOMINO. URL: [http://www.inictel.uni.edu.pe/videos/VSemTec/Tecnologia\\_Industria\\_Inclusion/2\\_Tecnologias\\_en\\_redes\\_de\\_Nueva\\_Generacion.pdf](http://www.inictel.uni.edu.pe/videos/VSemTec/Tecnologia_Industria_Inclusion/2_Tecnologias_en_redes_de_Nueva_Generacion.pdf). 2011
- [PAC2009] PACIFITEL. URL: [www.pacifictel.net/images/diagramaADSL.jpg](http://www.pacifictel.net/images/diagramaADSL.jpg). 2012
- [OSI2011] OSIPTEL. "Indicadores Estadísticos". URL: [www.osiptel.gob.pe](http://www.osiptel.gob.pe). 2012



- [MOR2007] MORALES. "Protocolo MPLS".  
www.catarina.udlap.mx/u\_dl\_a/tales/documentos/lis/morales\_d\_l/capitulo2.pdf.
- [MON2003] MONTESINO, FEDERICO. "SIP: Session Initiation Protocol IRIS-MEDIA. XV Grupos de Trabajo de RedIRIS". 2003. URL:  
[www.rediris.es/mmedia/gt/gt2003\\_1/sip-gt2003.pdf](http://www.rediris.es/mmedia/gt/gt2003_1/sip-gt2003.pdf). 2012
- [MEG2006] MEGAWAN. URL: voip.megawan.com.ar/doku.php/sip. 2011
- [MAT2010] MATERIA: REDES II. URL:  
<http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/gilberto/redes/NGN.pdf>. 2012
- [LOB2012] LOBO CASTAÑON ANA. "Sistemas de Señalización UIT N7". URL:  
[http://www.it.uniovi.es/docencia/Telematica/com/material/teoria/2008/Tema\\_3\\_SS7\\_telematica\\_parte1.pdf](http://www.it.uniovi.es/docencia/Telematica/com/material/teoria/2008/Tema_3_SS7_telematica_parte1.pdf). 2011
- [ITU2011] ITU-T. URL: <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.1541-201112-l/en>. 2012
- [ITU2004] ITU-T Recommendation Y.2001 "SERIES Y: GLOBAL INFORMATION INFRASTRUCTURE, INTERNET PROTOCOL ASPECTS AND NEXT GENERATION NETWORKS 2004". 2012.
- [IEE2001] IEEE WirelessMAN 802.16. "The 802.16 WirelessMan MAC". URL:  
wirelessman.org/docs/01/80216-01\_58r1.pdf. 2011.
- [HOM2001] HOMELLOP. URL: [www.ayuda-internet.net/tutoriales/redes/adsl/index.html](http://www.ayuda-internet.net/tutoriales/redes/adsl/index.html). 2012
- [HEA2006] HEATH ROBERT. "Wireless Networking and Communication Group". URL:  
images.google.com.pe/imgres?imgurl=http://users.ece.utexas.edu/~rheath/research/multihop/ofdm.jpg&imgrefurl=http://users.ece.utexas.edu/~rheath/research/multihop/ofdm.php&usq=\_\_x2MUQkDRBBpy4NQoLmXxowzaUNw=&h=498&w=708&sz=43&hl. 2011.
- [GER2006] GEROMETTA OSCAR. URL:  
librosnetworking.blogspot.com/2006/11/introduccion-ospf.html. 2011
- [BOL2009] BOLETIN INFORMATIVO. URL:  
sociedaddelainformacion.telefonica.es/jsp/articulos/detalle.jsp?elem=4642. 2012
- [EST2009] ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED ADSL2+ APLICADO A LA CIUDAD DE GUAYAQUIL. URL:  
[www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1235/1/2366.pdf](http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1235/1/2366.pdf). 2012

- [EMC2009] EMCALI. “Emcali lanza portal de IPTV para empresas”. URL: [www.tvtelco.com/Nota.aspx?IdContenido=923](http://www.tvtelco.com/Nota.aspx?IdContenido=923). 2011.
- [DIA2011] DIALERPERU. URL: [www.dialerperu.net](http://www.dialerperu.net). 2012.
- [CLA2012] CLARO PERU. URL: <http://www.claro.com.pe/wps/portal/pe/pc/hogar/todo-claro/3play>. 2012.
- [CAS2005] CASTAÑEDA. URL: [www.cudi.edu.mx/primavera\\_2005/presentaciones/rodolfo\\_castaneda.pdf](http://www.cudi.edu.mx/primavera_2005/presentaciones/rodolfo_castaneda.pdf)
- [CAP2012] Capítulo 2: ARQUITECTURA DE REDES NGN. 2012. <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/211/3/Capitulo%202.pdf>
- [CAN2008] CANALIS, MARIA. "MPLS Multiprotocol Label Switching: Una Arquitectura de Backbone para la Internet del Siglo XXI". URL: <http://exa.unne.edu.ar/depar/areas/informatica/SistemasOperativos/MPLS.PDF>. 2011.
- [BYZ2008] B&Z Telecom. “Características de las fibras ópticas. Capítulo1 y 7”. 2008
- [BAR2012] BARRIOS ALBAVERA. URL: <http://es.scribd.com/doc/28763918/Sistema-de-senalizacion-SS7>. 2012.
- [ANA2009] “ANALISIS TECNOLOGICO”. URL: <http://www.asein.org/tecno/contenido/tecno00.html>. 2011.
- [AME2011] AMERICA MOVIL. URL: <http://www.americamovil.com.mx/bis/Y2011/financial.html> Fuente: “América Móvil Anual Report 2011” [AME2011]. 2012.
- [VEL2008] VELARDE EDGAR. “Blog de Telecomunicaciones” URL: [blog.pucp.edu.pe/item/15757#more](http://blog.pucp.edu.pe/item/15757#more). 2010.
- [NUE2003] NUEVA GENERACION DEL ADSL. “Sistemas de Acceso Óptico”. URL: [www.gatv.ssr.upm.es/stelradio/STEL/adjuntos/material\\_consulta/3\\_apuntes\\_adsl2plus.pdf](http://www.gatv.ssr.upm.es/stelradio/STEL/adjuntos/material_consulta/3_apuntes_adsl2plus.pdf). 2010.
- [INT2007] INTEL. “Mobile Broadband Brought to You by Wimax”. URL: [download.intel.com/network/connectivity/products/wireless/welcome-to-your-internet-future.pdf](http://download.intel.com/network/connectivity/products/wireless/welcome-to-your-internet-future.pdf). 2011.
- [SQU2009] SQUIRE TECHNOLOGIES. “SVI\_C4 Class 4 Softswitch”. URL: [www.squire-technologies.co.uk/docs/SVI\\_Softswitch.pdf](http://www.squire-technologies.co.uk/docs/SVI_Softswitch.pdf). 2012
- [PRO2011] Protocolos de Señalización para el transporte de voz sobre redes IP.
- [SIS2012] Sistemas de señalización. URL: <http://www.angelfire.com/linux/mungmac01/curso2.pdf>. 2012.